

CONTENIDO

Página

PRÓLOGO

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
1.1	INFORMACIÓN PRELIMINAR SOBRE EL ALCANCE .....	1
1.2	INFORMACIÓN PRELIMINAR SOBRE EL ENFOQUE .....	1
2.	ALCANCE DE APLICACIÓN.....	2
3.	TERMINOLOGÍA .....	3
T.1	SISTEMAS DE MEDICIÓN Y SUS COMPONENTES .....	3
T.2	CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS .....	7
T.3	ENSAYOS Y CONDICIONES DE ENSAYO.....	9
T.4	EQUIPO ELECTRÓNICO O ELÉCTRICO .....	10
4.	DESCRIPCIÓN .....	10
4.1	COMPONENTES DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN .....	11
4.2	CONCEPTO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN .....	12
4.3	MEDICIÓN DE CAUDAL .....	13
5.	UNIDADES DE MEDICIÓN Y ABREVIATURAS .....	13
5.1	UNIDADES DE MEDICIÓN.....	13
5.2	ABREVIATURAS.....	13
6.	REQUISITOS METROLÓGICOS .....	14
6.1	CLASES DE EXACTITUD .....	14

	Página
6.2	ERRORES MÁXIMOS PERMISIBLES (EMPS) PARA SISTEMAS DE MEDICIÓN .14
6.3	EMPS PARA MÓDULOS .....14
6.4	OTROS DESEMPEÑOS METROLÓGICOS DE DDPCS.....19
6.5	EMPS PARA CALCULADORES.....21
6.6	ERROR DE REPETIBILIDAD DE UN MÓDULO DE MEDICIÓN.....21
6.7	DURABILIDAD DE UN MÓDULO DE MEDICIÓN.....21
6.8	ERRORES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA INSTRUMENTOS EN SERVICIO O VERIFICACIONES POSTERIORES .....22
7.	REQUISITOS TÉCNICOS PARA SISTEMAS DE MEDICIÓN .....22
7.1	GENERALIDADES.....22
7.2	MÓDULO DE MEDICIÓN .....24
7.3	CONVERSIÓN A VOLUMEN A CONDICIONES BASE O MASA .....26
7.4	DETERMINACIÓN DE ENERGÍA.....30
7.5	MARCADO .....34
7.6	SELLADO .....35
8.	REQUISITOS TÉCNICOS PARA MEDIDORES, MÓDULOS DE MEDICIÓN Y DISPOSITIVOS AUXILIARES .....36
8.1	MEDIDOR Y MÓDULO DE MEDICIÓN .....36
8.2	DISPOSITIVO INDICADOR.....37
8.3	DISPOSITIVO DE IMPRESIÓN .....38
8.4	DISPOSITIVO DE MEMORIA.....39
8.5	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN ASOCIADOS .....39
8.6	DISPOSITIVO DE CONVERSIÓN .....40

	Página
8.7 CALCULADOR.....	40
8.8 DISPOSITIVO PARA DETERMINACIÓN DE PODER CALORÍFICO.....	41
8.9 DISPOSITIVO PARA CONVERSIÓN DE ENERGÍA.....	42
9. REQUISITOS TÉCNICOS PARA DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.....	43
9.1 REQUISITOS GENERALES.....	43
9.2 DISPOSITIVO DE SUMINISTRO DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA.....	43
9.3 FACILIDADES DE VERIFICACIÓN.....	44
10. CONTROL METROLÓGICO.....	48
10.1 GENERALIDADES.....	48
10.2 HOMOLOGACIÓN.....	49
10.3 VERIFICACIÓN INICIAL.....	62
10.4 SOPORTES DOCUMENTALES, SISTEMAS DE CALIDAD Y CONTROLES DE RUTINA.....	63
10.5 SOPORTES DOCUMENTALES, SISTEMAS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD Y CONTROLES DE RUTINA.....	63
<b>ANEXOS</b>	
ANEXO A (Obligatorio) PRUEBAS DE DESEMPEÑO POR INFLUENCIA AMBIENTAL PARA SISTEMAS DE MEDICIÓN ELECTRÓNICOS.....	65
ANEXO B (Obligatorio) PRUEBAS DE INFLUENCIA PARA HOMOLOGACIÓN DE MÓDULOS DE MEDICIÓN.....	74
ANEXO C (Obligatorio/informativo) PRINCIPIOS DE APROXIMACIÓN MODULAR Y CÁLCULO DE ERROR.....	80
ANEXO D (Informativo) CONSIDERACIONES GENERALES PARA SISTEMAS DE MEDICIÓN DE GAS.....	91

	Página
<b>ANEXO E (Obligatorio/informativo)</b> <b>GASES DE CALIBRACIÓN .....</b>	<b>100</b>
<b>ANEXO F (Informativo)</b> <b>MÍNIMAS CANTIDADES DE PRUEBA PARA SISTEMAS Y DISPOSITIVOS DE</b> <b>MEDICIÓN .....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXO G (Informativo)</b> <b>CONVERSIÓN DE MASA DE GAS A VOLUMEN A CONDICIONES BASE.....</b>	<b>107</b>
<b>ANEXO H (Informativo)</b> <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>111</b>
<b>TABLAS</b>	
<b>Tabla 1. EMPs para sistemas de medición .....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 2. EMPs para módulos .....</b>	<b>15</b>
<b>Tabla 3-2. EMPs en volumen a condiciones base o masa para dispositivos de</b> <b>conversión probados como un todo.....</b>	<b>18</b>
<b>Tabla 4. Intervalo de tiempo para la medición del poder calorífico y la</b> <b>determinación del poder calorífico representativo .....</b>	<b>31</b>

## PRÓLOGO

La Organización Internacional de Metrología Legal (OIML) es una organización mundial, intergubernamental cuyo objetivo primordial es armonizar las regulaciones y los controles metrológicos ejercidos por los servicios metrológicos nacionales, o por organizaciones relacionadas, de sus Países Miembros. Las categorías principales de las publicaciones de la OIML son:

**Recomendaciones Internacionales (OIML R)**, las cuales son modelos de regulaciones que establecen las características metrológicas requeridas para ciertos instrumentos de medición y cuáles son los métodos y equipos específicos para verificar su conformidad; los Países Miembros de la OIML deberán implementar estas Recomendaciones en la mayor medida posible;

**Documentos Internacionales (OIML D)**, los cuales son de naturaleza informativa y tienen la intención de mejorar la labor de los servicios metrológicos;

**Publicaciones Internacionales Básicas (OIML B)**, las cuales definen las reglas de operación de las diversas estructuras y sistemas de OIML;

**Guías Internacionales (OIML G)**, las cuales son de naturaleza informativa y cuyo propósito se orienta hacia el brindar directrices para la aplicación de ciertos requisitos de metrología legal.

**Los Borradores de Recomendaciones OIML, Documentos y Guías** son desarrollados por Comités Técnicos o Subcomités los cuales están conformados por los Países Miembros. Ciertas instituciones internacionales y regionales también participan de una base consultiva. Entre la OIML y ciertas instituciones, tales como ISO y la IEC se establecen acuerdos de cooperación, con el objetivo de evitar requisitos contradictorios; en consecuencia, fabricantes y usuarios de instrumentos de medición, laboratorios de ensayo, etc., pueden aplicar simultáneamente las publicaciones OIML y aquellas de otras instituciones.

**Las Recomendaciones Internacionales, los Documentos y las Guías** son publicadas en Francés (F) e Inglés (E) y están sujetas a revisión periódica.

Adicionalmente, la OIML participa en la publicación de **Vocabularios (OIML V)** y periódicamente comisiona a Expertos en metrología legal para escribir **Reportes de Expertos (OIML E)**. El propósito de los Reportes de Expertos se orienta hacia el suministro de información y el asesoramiento de las autoridades metrológicas, son escritas exclusivamente desde el punto de vista de su autor, sin involucrar a un Comité Técnico o Subcomité, ni al CMI. Por lo tanto, no necesariamente representan el punto de vista de la OIML.

Esta publicación - referencia OIML R XXX, edición 200X (E) – fue desarrollada por el Subcomité Técnico OIML TC 8/SC 7 Medición de Gas. Fue aprobado para su publicación final por el Comité Internacional de Metrología Legal en el 200X.

Las Publicaciones OIML pueden descargarse de la página oficial de la OIML en archivos de formato PDF. Información adicional sobre las Publicaciones OIML puede obtenerse en la sede de la Organización:

**Bureau International de Métrologie Légale**  
**11, rue Turgot - 75009 Paris - France**  
**Telephone: 33 (0)1 48 78 12 82**  
**Fax: 33 (0)1 42 82 17 27**  
**E-mail: [biml@oiml.org](mailto:biml@oiml.org)**  
**Internet: [www.oiml.org](http://www.oiml.org)**

**DOCUMENTO EN ESTUDIO**

## SISTEMAS DE MEDICIÓN PARA GAS COMBUSTIBLE

### 1. INTRODUCCIÓN

#### 1.1 INFORMACIÓN PRELIMINAR SOBRE EL ALCANCE

Tradicionalmente y hasta ahora, en muchos países, la metrología legal estaba relacionada principalmente con los medidores de gas en el campo de la medición de gas. Sin embargo, en general, el precio de la transacción de una cantidad de gas no depende solamente del volumen medido usando medidores de volumen sujetos a control metrológico, sino también sobre los parámetros de medición (instalación, medidor de gas, presión, temperatura) y la naturaleza del gas. Por estas razones, esta Recomendación introduce la noción de **“sistema de medición”**.

Las autoridades nacionales pueden decidir, si el control metrológico legal es aplicable:

- 1) Solamente a los medidores

En este caso es suficiente referirse únicamente a las Recomendaciones relevantes aplicables de la OIML.

- 2) Solamente a algunas partes individuales del sistema de medición

En este caso deberán referirse solamente a los requisitos correspondientes aplicables a dichas partes en esta Recomendación, con la posibilidad, en la medida en que se relacione al medidor, de referirse solamente a las Recomendaciones OIML relevantes sin tomar en cuenta las condiciones de instalación, por ejemplo.

- 3) Al sistema de medición completo

En este caso deberán referirse a todas las partes relevantes de esta Recomendación aplicables para el tipo de sistema de medición y deberán decidir cuales tipos de sistemas de medición están sujetos a control legal (energía o masa o volumen a condiciones base).

#### 1.2 INFORMACIÓN PRELIMINAR SOBRE EL ENFOQUE

Esta Recomendación usa nuevos conceptos en metrología legal tales como el concepto de “soportes documentales” (véase la definición en el numeral T.1.20) y la combinación cuadrática de errores máximos permisibles aplicable a módulos en vías de determinar el máximo error

permisible del sistema de medición. Este concepto no “garantiza” que cada medición cumple satisfactoriamente los errores máximos permisibles pero es consistente con el hecho de que en el campo de la medición de gas nadie tiene que pagar por una medición individual pero sí por una combinación de mediciones consecutivas, y que la probabilidad de que todos los elementos del sistema operen en las peores condiciones al mismo tiempo, es muy baja.

Este enfoque se dirige hacia la implementación de herramientas que son usadas en general en el campo del cálculo de incertidumbre, pero en ningún caso se considerará que los errores que están determinados en el marco de este documento pueden ser considerados como incertidumbres o como cumpliendo satisfactoriamente todos los criterios necesarios aplicables al cálculo de incertidumbre. Esta aproximación debe ser considerada como de tipo convencional, siendo un buen compromiso entre una aproximación científica y una aproximación práctica pero rigurosa.

Esta aproximación deberá permitir una mejor idea de la exactitud global de las mediciones, al ser comparada contra el resultado que se obtendría de una adición aritmética de EMPs individuales, aplicable a los componentes del sistema de medición y de las desviaciones de los errores bajo el efecto de magnitudes de influencia, por ejemplo.

### **1.3 INFORMACIÓN SOBRE LOS ALCANCES DE OIML TC 8/SC 7 y TC 8/SC8**

Los alcances de los dos subcomités son respectivamente:

OIML TC 8/SC 7: Medición de gas.

OIML TC 8/SC8: Medidores de gas.

Básicamente el trabajo desarrollado al nivel de esta Recomendación está más dedicado a sistemas integradores y a sistemas hechos de módulos evaluados por separado, donde el trabajo desarrollado por OIML TC8/SC 8 se dirige a los fabricantes que desarrollan medidores de gas en los cuales las funcionalidades correspondientes a estos módulos pueden en general estar construidos en una unidad individual. Esta Recomendación no suministra ningún requisito aplicable a medidores.

## **2. ALCANCE DE APLICACIÓN**

Esta Recomendación aplica a sistemas de medición de gas combustible:

- con un caudal máximo de diseño  $Q_{m\acute{a}x}$  igual a, o mayor que, 100 m<sup>3</sup>/h a condiciones base y para presiones de operación iguales a, o mayores que, 200 kPa (2 bar) absoluta,
- no provistos con medidores de gas de diafragma.

Puede aplicar a sistemas de medición muy grandes localizados en la frontera entre dos países así como a sistemas de medición más pequeños, con la excepción de sistemas de medición de gas natural comprimido para vehículos (GNC).

Sin embargo, las disposiciones de esta Recomendación pueden ser adaptadas para otros casos.

Esta Recomendación establece los requisitos metrológicos y técnicos aplicables a los sistemas de medición sujetos a controles de metrología legal.

Serán considerados diferentes tipos de sistemas de medición:

- sistemas de medición que proveen indicaciones de volumen a condiciones base (como se define en esta Recomendación) o masa convertida a partir de un volumen de gas determinado a condiciones de medición o a condiciones base,
- sistemas de medición que proveen directamente la masa de gas,
- sistemas de medición que proveen indicación de energía correspondiente a un volumen a condiciones base o a una masa de gas.

El concepto de sistema de medición puede involucrar datos y figuras provistos de acuerdo con los soportes documentales. A menudo esto es necesario, en particular para la determinación de energía. En este caso el propósito de esta Recomendación es proveer a los miembros herramientas con el fin de gestionar la energía sobre una base metrológica (véase los ejemplos en el literal D.3). No se pretende prohibir a los miembros el uso de otras herramientas que permiten la gestión de la energía (véase los ejemplos en el literal D.4).

La conversión de masa a volumen no es del alcance de esta Recomendación, sin embargo, este documento no está destinado a eliminar esta posibilidad, en cuyo caso tendrán que ser adaptadas en esta Recomendación las disposiciones apropiadas. El Anexo G brinda información sobre este tipo de conversión.

Esta Recomendación también provee la forma en que los sistemas de medición son aprobados y verificados. Los requisitos para sistemas de medición son complementarios a aquellos aplicables a solamente a los medidores como se provee en las Recomendaciones OIML relevantes (R 6, R 32 y R 137-1).

### 3. TERMINOLOGÍA

La terminología usada en esta Recomendación está conforme con el Vocabulario Internacional de Términos generales en metrología (VIM) y el Vocabulario de Metrología Legal (VML-2000). Para los propósitos de esta Recomendación, aplican las siguientes definiciones.

NOTA Aquellas terminologías deberán ser consideradas como parte de esta Recomendación.

#### T.1 SISTEMAS DE MEDICIÓN Y SUS COMPONENTES

**T.1.1 Medidor.** Instrumento destinado para medir, memorizar e indicar el volumen o masa de gas pasando a través del dispositivo de medición de caudal, a las condiciones de medición.

NOTA El indicador puede ser un dispositivo de indicación remoto.

**T.1.2 Dispositivo de medición de caudal.** Parte del medidor que convierte el flujo de volumen o masa del gas a ser medido, en señales para el calculador. Este incluye el sensor y el transductor de medición.

**T.1.2.1 Sensor (VIM 4.14).** Elemento de un instrumento de medición o de una cadena de medición que es afectado en forma directa por la magnitud por medir.

**T.1.2.2 Transductor de Medición (VIM 4.3).** Dispositivo que suministra una magnitud de salida que tiene una relación determinada con la magnitud de entrada.

**T.1.3 Calculador.** Parte del sistema de medición que recibe las señales de salida del (de los) dispositivo(s) de medición de caudal o de otro calculador y posiblemente de los instrumentos de medición asociados, transformándolos, y, si es apropiado, almacenando los resultados en la memoria hasta que estos sean usados. Adicionalmente, el calculador debe estar en capacidad de transmitir y recibir datos de equipos periféricos.

NOTA Un sistema de medición puede tener uno, dos o más calculadores, por ejemplo uno mecánico que elabora el volumen a las condiciones de medición y transmite el valor a un dispositivo indicador mecánico, uno electrónico que elabora también el volumen a condiciones de medición, asociado a un dispositivo indicador electrónico, y otro diferente para elaborar el valor convertido.

**T.1.4 Dispositivo indicador (VIM 4.12 adaptado).** Parte de un instrumento de medición que muestra los resultados de medición.

**T.1.5 Dispositivo auxiliar.** Dispositivo, diferente del dispositivo indicador principal, conectado a un calculador, destinado para desempeñar una función particular, directamente involucrado en elaborar, transmitir o indicar resultados de medición.

Los principales dispositivos auxiliares son:

- dispositivo indicador repetidor,
- dispositivo de impresión,
- dispositivo de memoria,
- dispositivo indicador totalizador,
- dispositivo de conversión.

NOTA 1 Un dispositivo auxiliar puede o no estar sujeto a control de metrología legal de acuerdo con su función dentro del sistema de medición o según las regulaciones nacionales.

NOTA 2 Un dispositivo auxiliar puede estar integrado dentro del calculador, dentro del medidor, o constituir un equipo periférico vinculado al calculador por medio de una interfaz.

**T.1.6 Dispositivo adicional.** Elemento o dispositivo, diferente de uno auxiliar, necesario para garantizar una correcta medición o destinado a facilitar las operaciones de medición, o que podría de alguna forma afectar la medición.

Ejemplos de dispositivos adicionales son:

- filtro,
- dispositivo de acondicionamiento de flujo,
- derivación o línea de by-pass,
- válvulas,
- dispositivos de reducción de presión localizados aguas arriba o aguas abajo del medidor,
- sistemas de muestreo,
- tubería.

**T.1.7 Sistema de medición.** Sistema que comprende el módulo de medición (véase el numeral T.1.8), todos los dispositivos auxiliares, los dispositivos adicionales y, cuando sea apropiado, un sistema de soportes documentales asegurando la calidad y la trazabilidad de los datos.

**T.1.8 Módulo de medición.** Subensamblaje de un sistema de medición que corresponde al (a los) medidor(es), asociado -donde sea aplicable- con un calculador adicional con un dispositivo de corrección y un dispositivo indicador, y a todas las demás partes del circuito de gas del sistema de medición (en particular dispositivos adicionales).

**T.1.9 Instrumento de medición asociado.** Instrumento para medir determinadas magnitudes que son características del gas (temperatura, presión, poder calorífico...) las cuales son usadas por el calculador con la finalidad de hacer una corrección y/o una conversión.

**T.1.10 Factor de corrección (adaptado del VIM 3.16).** Factor numérico (constante simple o proveniente de una función matemática "f(q)") por el cual se multiplica el resultado no corregido, para compensar un error sistemático.

#### **T.1.11 Dispositivos de corrección y ajuste**

**T.1.11.1 Dispositivo de ajuste.** Dispositivo incorporado en el medidor que solamente permite el desplazamiento de la curva de error relativo, generalmente paralelo a la misma, con el objeto de llevar los errores dentro de los errores máximos permisibles y ajustar el error medio ponderado (véase el numeral T.2.20) como mínimo.

**T.1.11.2 Dispositivo de corrección.** Dispositivo conectado o incorporado en el medidor y/o un calculador para corrección automática del volumen a condiciones de medición, tomando en cuenta el caudal y/o las características del gas a ser medido (temperatura, presión, composición del gas, etc...) y curvas de calibración preestablecidas.

NOTA Las características del gas pueden, tanto ser medidas usando instrumentos de medición asociados, o almacenadas en una memoria dentro del instrumento.

#### **T.1.12 Dispositivo de conversión**

NOTA 1 En esta Recomendación la expresión "dispositivo de conversión" se refiere a los dispositivos de conversión así como a la función de conversión en un calculador.

NOTA 2 Un calculador, un dispositivo de corrección y un dispositivo de conversión pueden estar combinados en una unidad individual.

**T.1.12.1 Dispositivo de conversión de volumen.** Dispositivo que automáticamente convierte el volumen medido a las condiciones de flujo a volumen a condiciones base o a masa tomando en cuenta las características del gas medido (P. Ej. presión, temperatura, composición, densidad) usando instrumentos de medición asociados o almacenando en una memoria.

El cociente entre el volumen a condiciones base o de la masa con respecto al volumen a condiciones de medición, se denomina "factor de conversión".

**T.1.12.2 Dispositivo de conversión de energía.** Dispositivo que automáticamente multiplica el volumen a condiciones base o la masa por el poder calorífico representativo del gas.

**T.1.13 Condiciones de medición.** Condiciones del gas a las cuales la cantidad es medida en el punto de medición (temperatura y presión del gas medido).

**T.1.14 Condiciones base.** Condiciones específicas a las cuales son convertidas las cantidades de gas medidas.

NOTA El término "condiciones de referencia" es usado frecuentemente en lugar de "condiciones base".

**T.1.15 Poder calorífico superior.** Cantidad de calor que puede ser liberado de la combustión completa en aire, de una cantidad específica de gas, de manera que la presión a la cual la reacción toma lugar y permanece constante, y todos los productos de combustión son llevados a la misma temperatura específica que los demás reactantes -todos estos productos estando en estado gaseoso- excepto el agua formada por combustión, la cual es condensada al estado líquido a la temperatura especificada [adaptada de la norma ISO 6976:1995(E), página 2].

NOTA 1 En las siguientes partes de esta Recomendación, se usa el término poder calorífico por poder calorífico superior.

NOTA 2 La entalpía de condensación y la entalpía de combustión dependen directamente de la temperatura y la presión; por consiguiente la energía se considera a condiciones base.

NOTA 3 El poder calorífico deberá determinarse sobre una base másica o volumétrica.

**T.1.16 Poder calorífico representativo.** Poder calorífico individual o combinación de poderes caloríficos cuyo valor es considerado, de acuerdo con la constitución del sistema de medición, el poder calorífico más apropiado a asociar con la cantidad medida con el objeto de calcular la energía.

**T.1.17 Dispositivo para determinación de poder calorífico (DDPC).** Instrumento de medición asociado para la obtención del poder calorífico del gas.

**T.1.18 Registro de auditoría.** Conjunto de registros electrónicos y/o físicos (papel) que proveen un examen completo de las variables medidas, los parámetros de configuración y los resultados de los cálculos para comprobar la exactitud de una medición y cualquier corrección necesaria.

NOTA Los registros requeridos pueden incluir: volúmenes a condiciones de medición, presiones, temperaturas, poderes caloríficos, especificaciones de parámetros y de las ecuaciones de conversión, volúmenes y energía a condiciones base, datos de calibración, y registros de alarma.

**T.1.19 Comunicación segura.** Comunicación, física o no, entre elementos de un sistema de medición asegurando que la información transferida de uno de estos elementos a otro, no pueda ser alterada por el usuario, por influencias externas o por falla del sistema.

NOTA Esta seguridad está dada por dispositivos de sellado y/o por facilidades de verificación.

**T.1.20 Soportes documentales.** Documentos de soporte establecidos por el usuario de un sistema de medición con el objeto de dar confianza a las Autoridades Nacionales de que las operaciones están ejecutándose de acuerdo con las expectativas metrológicas cuando estas no se realizan mediante el uso de instrumentos de medición asociados sujetos a control y/o comunicaciones seguras.

NOTA Los soportes documentales pueden ser parte de un sistema de aseguramiento de la calidad.

**T.1.21 Factor de compresibilidad.** Parámetro que indica la desviación a partir del gas ideal (véase la norma ISO 12213-1).

NOTA En general en esta Recomendación se usa la relación de factores de compresibilidad  $Z/Z_b$  a condiciones de medición y a condiciones base respectivamente.

**T.1.22 Condiciones nominales de operación.** Condiciones de uso normales, promedio o típicas de un sistema de medición o de un dispositivo suministradas por el fabricante.

**T.1.23 Principales magnitudes por medir.** Volumen a condiciones de medición, volumen a condiciones base, masa o energía.

## T.2 CARACTERÍSTICAS METROLÓGICAS

**T.2.1 Indicación(es) primaria(s).** Indicación(es) (mostrada(s), impresa(s) o memorizada(s)) la(s) cual(es) está(n) sujeta(s) a control de metrología legal.

NOTA Indicaciones diferentes de las indicaciones primarias se conocen comúnmente como indicaciones secundarias.

**T.2.2 Incertidumbre de medición (VIM 3.9).** Parámetro, asociado con el resultado de una medición, que caracteriza a la dispersión de los valores que en forma razonable se le podrían atribuir a la magnitud por medir.

**T.2.3 Valor convencionalmente verdadero (de una magnitud) (VIM 1.20).** Valor atribuido a una magnitud particular y reconocido, a veces por convención, como poseedor de una incertidumbre apropiada para un propósito dado.

**T.2.4 Error de medición (absoluto) (VIM 3.10).** Resultado de una medición menos un valor verdadero de la magnitud por medir.

NOTA Puesto que no se puede determinar un valor verdadero, en la práctica se utiliza un valor convencionalmente verdadero.

**T.2.5 Error relativo (VIM 3.12).** Error de medición dividido por un valor verdadero de la magnitud por medir.

**T.2.6 Error máximo permisible (EMP) (adaptado del VIM 5.21).** Valores extremos de un error permitidos por esta Recomendación.

**T.2.7 Trazabilidad de una medición (VIM 6.10).** Propiedad del resultado de una medición o del valor de un patrón, en virtud de la cual ese resultado se puede relacionar con referencias estipuladas, generalmente patrones nacionales o internacionales, a través de una cadena ininterrumpida de comparaciones que tengan todas incertidumbres determinadas.

**T.2.8 Intervalos de medición especificados.** Conjunto de valores de magnitudes por medir o cantidades características del gas para las cuales se espera que el error caiga dentro de los límites especificados en esta Recomendación. En general los límites superior e inferior del intervalo de medición especificado son llamados valor máximo y valor mínimo, respectivamente (por ejemplo: caudal máximo 2 000 m<sup>3</sup>/h, caudal mínimo 50 m<sup>3</sup>/h).

NOTA 1 Esta definición aplica al sistema de medición y también a los elementos que componen el sistema de medición.

NOTA 2 Las magnitudes por medir principales o cantidades características para el módulo de medición son el caudal, la presión o la temperatura del gas.

NOTA 3 Un dispositivo de conversión tiene un intervalo de medición específico para cada cantidad que el procesa.

**T.2.9 Caudal máximo del sistema de medición  $Q_{\text{máx}}$ .** Caudal igual a la suma de los caudales de todos los medidores en brazos paralelos (donde aplique) que conforman el sistema cuando uno de estos medidores alcanza su máximo caudal bajo las condiciones especificadas de uso, estando todos los medidores en operación.

**T.2.10 Caudal mínimo del sistema de medición  $Q_{\text{mín}}$ .** Caudal igual a o mayor que el más pequeño "caudal mínimo" de los medidores individuales.

**T.2.11 Mínima cantidad medida.** Cantidad más pequeña para la cual la medición es metrológicamente aceptable para dicho sistema.

NOTA Un sistema de medición tiene una mínima cantidad medida para cada magnitud por medir principal que procese (volúmenes, masa o energía).

**T.2.12 Desviación mínima de la cantidad especificada.** Error máximo permisible positivo para una cantidad mínima medida por un sistema de medición o un módulo de medición.

**T.2.13 Error de repetibilidad (adaptada del VIM 3.6).** Para propósitos de esta Recomendación, es la diferencia entre el mayor y el menor de los resultados de mediciones sucesivas de una misma cantidad llevadas a cabo bajo las mismas condiciones.

**T.2.14 Error intrínseco.** Error determinado bajo condiciones de referencia.

**T.2.15 Error intrínseco inicial.** Error intrínseco determinado de manera previa a todos los ensayos de desempeño.

**T.2.16 Falla.** Diferencia entre el error de indicación y el error intrínseco de un sistema de medición o de sus elementos constitutivos.

### **T.2.17 Falla significativa**

**T.2.17.1 Para las principales magnitudes por medir (volumen, masa o energía).** Falla cuya magnitud es mayor que un décimo de la magnitud del máximo error permisible para la magnitud por medir. Sin embargo, cualquiera que sea la cantidad medida:

- fallas mayores que un décimo de la magnitud del máximo error permisible correspondiente a una cantidad igual a 1 min. a  $Q_{\text{máx}}$  siempre se considerarán como significativas,
- fallas menores que la desviación mínima de la cantidad especificada relevante nunca se considerarán como significativas.

NOTA 1 Para las principales magnitudes por medir este concepto aplica solamente a las partes electrónicas del sistema de medición (en general el calculador) pero no al medidor como tal. Los medidores deberán ser ensayados y evaluados de acuerdo con las Recomendaciones Internacionales OIML específicas aplicables.

NOTA 2 La falla significativa para un calculador es calculada sobre la base del máximo error permisible aplicable a la magnitud por medir y no sobre la base del máximo error permisible aplicable al calculador.

NOTA 3 Cuando un dispositivo es usado para medición de dos o más magnitudes por medir principales (un calculador, por ejemplo), este tiene una falla significativa para cada magnitud por medir.

**T.2.17.2 Para instrumentos de medición asociados diferentes de DDPCs.** Falla cuya magnitud es mayor que la mitad de la magnitud del máximo error permisible para la magnitud por medir relevante. Sin embargo, una falla, la magnitud de la cual es menor que 2 intervalos de escala del instrumento de medición asociado nunca se considerará como significativa.

NOTA Para instrumentos de medición asociados, diferentes a DDPCs este concepto se aplica a todo el instrumento de medición asociado, o solamente a la parte electrónica, dependiendo del objeto de ensayo

**T.2.17.3 Para DDPCs.** Falla cuya magnitud es mayor que un quinto de la magnitud del máximo error permisible para el poder calorífico. Sin embargo, una falla cuya magnitud sea menor a 2 intervalos de escala del DDPC nunca se considerará como significativa.

NOTA Para DDPCs este concepto aplica a todo el dispositivo.

**T.2.17.4 Las siguientes fallas no serán consideradas como significativas:**

- fallas resultantes de causas simultáneas independientes entre sí dentro del mismo instrumento o dentro de su facilidad de verificación;
- fallas temporales resultantes de variaciones momentáneas en la indicación, pero las cuales no pueden ser interpretadas, almacenadas o transmitidas como resultados de medición.

**T.2.18 Deriva (VIM 5.16).** Variación lenta de una característica metrológica de un instrumento de medición.

**T.2.19 Efecto de instalación.** Cualquier diferencia en el desempeño del módulo de medición que surja entre la calibración bajo condiciones ideales y las condiciones reales de uso. Esta diferencia puede ser ocasionada por diferentes condiciones de flujo debido al perfil de velocidad, perturbaciones o por diferentes regimenes de trabajo (pulsación, flujo intermitente, flujo alternado, vibraciones...).

**T.2.20 Error Promedio Ponderado (EPP).** Combinación ponderada de errores de un medidor o de un módulo de medición. El EPP es usado para ajustar la curva de error lo más cerca posible al cero. El EPP se calcula de la siguiente forma:

$$EPP = \frac{\sum_{i=1}^n k_i \times E_i}{\sum_{i=1}^n k_i}$$

en donde

- n es mayor o igual a 6, siendo el número de mediciones  $i$  ejecutadas a diferentes caudales  $Q_i$ ,
- $k_i$  representa los factores de ponderación,
- $E_i$  representa el error al caudal  $Q_i$ .

Para cada caudal,  $k_i = Q_i/Q_{m\acute{a}x}$ , excepto para  $Q_i = Q_{m\acute{a}x}$  para el cual el factor de ponderación es igual a 0,4.

NOTA Cuando el intervalo de medición especificado para un módulo de medición incluye un solo medidor, conociéndose de antemano, y cuando su intervalo es menor que el intervalo máximo de medición especificado para el medidor, se recomienda determinar el EPP y ajustar el medidor únicamente sobre el intervalo de operación real, ajustando las marcas en consecuencia.

**T.2.21 Durabilidad.** Capacidad de una parte electrónica del sistema de medición para mantener sus características de desempeño sobre un período de uso.

**T.2.22 Intervalo de ajuste de un dispositivo para determinación de poder calorífico.** Intervalo de tiempo o número de mediciones entre dos ajustes necesarios de un dispositivo para determinación de poder calorífico.

### T.3 ENSAYOS Y CONDICIONES DE ENSAYO

**T.3.1 Magnitud de influencia (VIM 2.7).** Magnitud que no es la magnitud por medir, pero que incide en el resultado de la medición.

**T.3.2 Factor de influencia.** Magnitud de influencia que tiene un valor dentro de las condiciones asignadas de funcionamiento del sistema de medición como se especifica en la presente Recomendación Internacional.

**T.3.3 Perturbación.** Magnitud de influencia por fuera de las condiciones asignadas de funcionamiento del sistema de medición.

NOTA Una magnitud de influencia es una perturbación, si para dicha magnitud de influencia no están especificadas las condiciones asignadas de funcionamiento.

**T.3.4 Condiciones asignadas de funcionamiento (adaptada del VIM 5.5).** Condiciones de utilización que constituyen el intervalo de valores de las magnitudes de influencia para las cuales las características metrológicas están destinadas a permanecer dentro de los errores máximos permisibles.

**T.3.5 Condiciones de referencia (adaptada del VIM 5.7).** Conjunto de valores de referencia o de intervalos de referencia de los factores de influencia, prescritos para el ensayo de desempeño de un sistema de medición o de un dispositivo, o para la intercomparación de resultados de mediciones.

**T.3.6 Ensayo de desempeño.** Ensayo destinado a verificar si el equipo de medición bajo prueba (EBP) es capaz de cumplir con sus funciones previstas.

**T.3.7 Ensayo de durabilidad.** Ensayo destinado a verificar si el módulo de medición es capaz de mantener sus características de desempeño durante un período de uso.

#### **T.4 EQUIPO ELECTRÓNICO O ELÉCTRICO**

**T.4.1 Dispositivo electrónico.** Dispositivo que emplea subconjuntos electrónicos y desempeña una función específica. Los dispositivos electrónicos suelen fabricarse como unidades separadas y están en capacidad de ser ensayados independientemente.

NOTA 1 Los componentes electrónicos de DDPCs no se ensayan por separado.

NOTA 2 Un sistema de medición que incluya al menos un dispositivo electrónico sujeto a control legal se denomina un sistema de medición electrónico.

**T.4.2 Facilidad de verificación.** Facilidad que está incorporada en un sistema de medición, la cual permite que sean detectadas las fallas importantes para tomar las acciones respectivas.

NOTA La verificación de un dispositivo de transmisión tiene por objeto verificar que toda la información que es transmitida (solamente dicha información) es recibida íntegramente por el equipo receptor.

**T.4.3 Facilidad de verificación automática.** Facilidad de verificación que opera sin la intervención de un operador.

**T.4.4 Facilidad de verificación automática permanente (Tipo P).** Facilidad de verificación automática que opera de manera continua durante toda la operación de medición.

**T.4.5 Facilidad de verificación automática intermitente (Tipo I).** Facilidad de verificación automática que interviene a intervalos determinados de tiempo o cantidad.

**T.4.6 Facilidad de verificación no automática (Tipo N).** Facilidad de verificación que requiere la intervención de un operador.

#### **4. DESCRIPCIÓN**

Como regla general de acuerdo con el máximo caudal de un sistema de medición, así como las consideraciones técnicas y económicas, las Autoridades Nacionales deben imponer:

- la clase de exactitud;
- el tipo de conversión (véase el numeral 7.3.2);
- componentes a incluir en el sistema de medición. El literal E.3.1 provee sugerencias para este propósito.

#### 4.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN

##### 4.1.1 Un medidor por sí solo no es un sistema de medición o un módulo de medición

Un sistema de medición puede incluir elementos de la siguiente lista no exhaustiva:

- medidor(es) o módulo de medición;
- facilidades de verificación;
- sellos metrológicos;
- dispositivos de conversión; (\* si aplican)
- dispositivos para determinación de poder calorífico; (\* si aplican)
- memoria o dispositivo de impresión y registrador cronológico automático; (\* de acuerdo con la regulación nacional)
- equipo de conmutación para seleccionar el número apropiado de líneas de medición correspondiente a la carga real de la estación y usado para asegurar que cualquier medidor en servicio está midiendo flujos entre su  $Q_{\min}$  y  $Q_{\max}$ ; (\*)
- sistema de extracción y acondicionamiento de muestras de gas; (\* si aplican)
- provisiones para la calibración del dispositivo para determinación de poder calorífico incluyendo patrones de calibración; (\* si aplican)
- válvulas de aislamiento; (\*\*)
- tuberías y accesorios adicionales; (\*\*)
- filtros y separadores; (\*\*)
- equipos para precalentamiento de gas; (\*\*)
- equipos para reducir los niveles de ruido; (\*\*)
- equipos para control de flujo y presión de la estación o de la línea de medición; (\*\*)
- equipos para prevenir la formación de hielo e hidratos; (\*\*)
- equipos para absorber vibraciones y pulsaciones; (\*\*)
- dispositivos para acondicionamiento del perfil de flujo; (\*\*)
- otros componentes; (\*\*)

- soportes documentales y sistemas de aseguramiento de la calidad. (\*\*\*)
- \* siempre será parte del sistema de medición cuando esté presente
- \*\* son parte del sistema de medición cuando existen riesgos de que los mismos influyeran el desempeño del sistema de medición
- \*\*\* son parte del sistema de medición cuando sea necesario asegurar la integridad y/o la correcta operación del sistema de medición

**4.1.2** Si varios medidores y/o dispositivos de medición de caudal están destinados para una sola operación de medición, se considera que estos medidores están incluidos dentro del mismo módulo de medición o sistema de medición.

Si varios medidores y/o dispositivos de medición de caudal están previstos para operaciones de medición independientes (diferentes contratos) tienen elementos en común (calculador, filtros, dispositivo de conversión, etc.), cada medidor y/o dispositivo de medición de caudal se considera que constituye, en conjunto con los elementos comunes, un módulo de medición o sistema de medición.

## **4.2 CONCEPTO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN**

De acuerdo con la manera en que se recolecten las características relevantes del gas, un sistema de medición puede consistir de (véase el literal E.1):

- 1) Módulos separados (módulo de medición, dispositivo de conversión, dispositivo para determinación de poder calorífico...) los cuales cumplen satisfactoriamente los requisitos de cada módulo y dichos módulos están conectados a través de comunicaciones seguras, garantizando la transmisión confiable de los datos.
- 2) Módulos separados que cumplen satisfactoriamente los requisitos de cada módulo pero dichos módulos no están conectados a través de comunicaciones seguras, garantizando la transmisión confiable de los datos. En este caso los soportes documentales deberán asegurar la trazabilidad de los datos usados para la determinación de las magnitudes por medir correspondientes.
- 3) Módulos separados que cumplen satisfactoriamente los requisitos de cada módulo y toman en consideración de los datos que no son medidos (por ejemplo la presión del gas en el caso del volumen convertido) o que no son medidos localmente (por ejemplo poder calorífico del gas en el caso de determinación remota).

En este caso los soportes documentales deberán asegurar:

- la representatividad de los datos tomados en cuenta, y
- la trazabilidad de los datos usados para la determinación de las magnitudes por medir correspondientes.

Es posible la combinación de los casos 2 y 3.

La autoridad legal podrá decidir si el control metrológico se aplica a cada uno de los tipos de sistemas de medición referenciados o si solamente aplica a algunos tipos.

### 4.3 MEDICIÓN DE CAUDAL

Varios principios físicos diferentes pueden ser usados para determinar las cantidades de gas (véase el literal E.2).

## 5. UNIDADES DE MEDICIÓN Y ABREVIATURAS

### 5.1 UNIDADES DE MEDICIÓN

El volumen deberá indicarse en metros cúbicos. La masa deberá indicarse en toneladas o kilogramos. La energía deberá indicarse en joule y/o kilowatt-hora. El poder calorífico deberá indicarse en alguna de las anteriores unidades de energía por unidad de masa o volumen a condiciones base. Para las mediciones provistas por otros instrumentos de medición asociados, será necesario referirse a la lista de unidades del SI.

### 5.2 ABREVIATURAS

- Para caudales:
  - $Q_{\min}$ : Caudal mínimo
  - $Q_{\max}$ : Caudal máximo
- Para temperatura ambiente:
  - $T_{\text{am.}\min}$ : valor mínimo del intervalo
  - $T_{\text{am.}\max}$ : valor máximo del intervalo
- Para temperatura de gas:
  - $T_{\min}$ : valor mínimo del intervalo
  - $T_{\max}$ : valor máximo del intervalo
- Para presión del gas:
  - $P_{\min}$ : valor mínimo del intervalo
  - $P_{\max}$ : valor máximo del intervalo
- Para suministro de alimentación eléctrica:
  - $U_{\text{nom}}$ : valor nominal de suministro de alimentación eléctrica
  - $F_{\text{nom}}$ : valor nominal de la frecuencia de suministro de alimentación eléctrica
- EPP: error promedio ponderado
- EMP: error máximo permisible
- PC: poder calorífico (símbolo Hs)

- DDPC: dispositivo para la determinación del poder calorífico
- MCM: mínima cantidad medida para volúmenes o masa
- MCMe : mínima cantidad medida para energía
- E mín: desviación mínima de la cantidad especificada

## **6. REQUISITOS METROLÓGICOS**

### **6.1 CLASES DE EXACTITUD**

Los sistemas de medición son clasificados en tres Clases de exactitud A, B, C.

### **6.2 ERRORES MÁXIMOS PERMISIBLES (EMPs) PARA SISTEMAS DE MEDICIÓN**

**6.2.1** Los errores relativos máximos permisibles, positivos o negativos, para los sistemas de medición son especificados en la Tabla 1. Estos valores son aplicables para homologación y para verificación inicial.

Tabla 1. EMPs para sistemas de medición

<b>Errores máximos permisibles en la determinación de...</b>	<b>Clase de exactitud A</b>	<b>Clase de exactitud B</b>	<b>Clase de exactitud c</b>
Energía	± 1,0 %	± 2,0 %	± 3,0 %
Volumen corregido, masa corregida o masa directa	± 0,9 %	± 1,5 %	± 2,0 %

**6.2.2** Sin embargo la magnitud del error máximo permisible (después del cálculo como un valor absoluto) debe ser igual o mayor que la desviación mínima de la cantidad especificada E min el cual es dado por la formula:

$$E_{min} = 2 \times MCM \times EMP$$

en donde

MCM es la mínima cantidad medida para la magnitud por medir,

EMP es el valor relevante en la tabla.

### **6.3 EMPs PARA MÓDULOS**

#### **6.3.1 General**

**6.3.1.1** El error máximo permisible, positivo o negativo, para módulos (partes o funciones como las enunciadas en la Tabla 2) son especificados en la Tabla 2. Estos valores son aplicables a la homologación y verificación inicial.

Tabla 2. EMPs para módulos

Error máximo permisible en...	Clase de exactitud A	Clase de exactitud B	Clase de exactitud C
Medición de volumen a condiciones de medición (véase el numeral 6.3.2)	± 0,70 %	± 1,20 %	± 1,50 %
Conversión a volumen a condiciones base o masa (véase el numeral 6.3.3)	± 0,50 %	± 1,00 %	± 1,50 %
Medición de poder calorífico (únicamente DDPG) (véase el numeral 6.3.4)	± 0,50 %	± 1,00 %	± 1,00 %
Determinación del poder calorífico representativo (véase el numeral 6.3.4)	± 0,60 %	± 1,25 %	± 2,00 %
Conversión en energía (véase el numeral 6.3.4)	Véase el numeral 6.5	Véase el numeral 6.5	Véase el numeral 6.5

**6.3.1.2** Sin embargo para volumen a condiciones de medición la magnitud del error máximo permisible (después del cálculo como un valor absoluto) debe ser igual o mayor que la desviación mínima de la cantidad especificada  $E_{min}$  la cual es dada por la formula:

$$E_{min} = 2 \times MCM \times EMP$$

en donde

MCM es la mínima cantidad medida para la magnitud por medir,

EMP es el valor relevante en la tabla.

**6.3.1.3** Además cuando no se puede verificar directamente la conformidad con la Tabla 1, la conformidad del sistema de medición es evaluada mediante cálculos. Por convención y donde sea aplicable, el error permisible máximo global de un sistema de medición es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados del error máximo permisible de los siguientes módulos (véase el Anexo C para un ejemplo):

- Módulo de medición (Medición de la cantidad a condiciones de medición),
- Conversión de esta cantidad en volumen a condiciones base o en masa,
- Determinación del poder calorífico.

### **6.3.2 Medición de volumen a condiciones de medición**

El error permisible máximo en medición de volumen a condiciones de medición aplica para homologación o verificación inicial donde:

- El medidor es corregido (o EPP fijado en su mínimo) donde sea necesario o aplicable,
- El medidor es ajustado a su condición nominal de operación,
- Son tomados en cuenta los efectos de instalación (véase el Anexo B).

Cuando un módulo de medición es sujeto a una primera etapa de verificación (antes de la verificación in-situ o si esta verificación es considerada suficiente por la autoridad – véase el numeral 10.3) los EMPs para esta verificación son calculados de acuerdo con la formula proporcionada en el literal B.6.1.

NOTA Los EMPs aplicables a los módulos de medición, especificado para medición de volumen o masa pueden ser más pequeño que el valor correspondiente especificado en otras Recomendaciones aplicables a los medidores (véase también el numeral 7.2.1.1). Como consecuencia, podría ser necesario un dispositivo de corrección adicional al medidor.

### **6.3.3 Conversión a volumen a condiciones base o en masa**

Los errores máximos permisibles en la conversión a volumen a condiciones base o en masa puede ser verificado con base en una aproximación modular como la establecida en los numerales 6.3.3.1 o 6.3.3.2, o con base a una aproximación global como la establecida en el numeral 6.3.3.3. Las tres aproximaciones son consideradas como equivalentes y para los dispositivos de conversión evaluados de acuerdo a los numerales 6.3.3.1 o 6.3.3.2 se considera que cumplen los requisitos globales para dispositivos de conversión en el numeral 6.3.3.3.

En los tres casos cuando alguna característica del gas no es medida usando un instrumento de medición asociado (presión o factor de compresibilidad en particular), esto se debería tener en cuenta con el fin de determinar el cumplimiento del requisito de conversión de la Tabla 2.

En donde sea necesario, el factor de compresibilidad convencionalmente verdadero debe ser calculado de acuerdo con la norma ISO 12213.

#### **6.3.3.1 Primera aproximación modular**

En la primera aproximación modular, el instrumento de medición asociado y los cálculos son verificados separadamente. Cada instrumento de medición asociado es verificado globalmente (Tabla 3-1), usando la indicación disponible en el dispositivo de conversión. La verificación de los cálculos consiste en verificar los cálculos concernientes a cada cantidad característica del gas (véase el numeral 6.3.3.1.1) y el cálculo para la conversión (véase el numeral 6.5).

Los instrumentos de medición asociados son aprobados para o con uno de algunos tipos de dispositivos de conversión en orden a asegurar la compatibilidad de la asociación.

Los dispositivos de conversión que cumplen a cabalidad lo estipulado en los numerales 6.3.3.1.1, 6.3.1.2 y 6.5 se considera que cumplen los requisitos correspondientes fijados en la Tabla 2 (Teniendo en cuenta las consideraciones generales en la introducción del numeral 6.3.3 si únicamente es medida la temperatura).

**6.3.3.1.1** Los EMPs aplicables al instrumento de medición asociado relevante son fijados en la Tabla 3-1. Estos valores son aplicables para homologación y verificación inicial.

**Tabla 3-1. EMPs para instrumentos de medición asociados diferentes a DDPG**

<b>Error permisible máximo en</b>	<b>Clase de exactitud A</b>	<b>Clase de exactitud B</b>	<b>Clase de exactitud C</b>
Temperatura	± 0,5 °C	± 0,5 °C	± 1,0 °C
Presión	± 0,2 %	± 0,5 %	± 1,0 %
Densidad	± 0,35 %	± 0,7 %	± 1,0 %
Factor de compresibilidad	± 0,3 %	± 0,3 %	± 0,5 %

**6.3.3.1.2** Los errores máximos permisibles en el cálculo de cada cantidad característica del gas, positiva o negativa, son iguales a un quinto del valor relevante especificado en la Tabla 3-1.

### **6.3.3.2 Segunda aproximación modular**

En la segunda aproximación modular, los instrumentos de medición asociados y los cálculos son verificados separadamente, pero cada instrumento de medición asociado es verificado globalmente (véase la Tabla 3-1), usando la indicación disponible en el mismo instrumento de medición asociado. Esta indicación debe corresponder a aquella que es directamente procesada para el volumen corregido. Entonces la verificación de los cálculos consiste únicamente en la verificación de los cálculos para la conversión (véase el numeral 6.5).

En este caso el instrumento de medición asociado entrega una señal digital. Ellos pueden ser considerados como intercambiables siempre que el tipo de certificado de examinación proporcione todas las condiciones necesarias de compatibilidad con la calculadora del dispositivo de conversión.

Los dispositivos de conversión usando instrumentos de medición asociados que entregan una señal procesada directamente para la conversión y la cual satisface lo estipulado en el numeral 6.3.3.1.2 y que satisfacen el numeral 6.5 se considera que cumplen los requisitos correspondientes dados en la Tabla 2 (Teniendo en cuenta las consideraciones generales establecidas en la introducción del numeral 6.3.3 si únicamente es medida la temperatura).

Estos valores son aplicables a homologación y a verificación inicial.

### **6.3.3.3 Aproximación global**

En esta aproximación el dispositivo de conversión es probado como un todo, calculador asociado con los instrumentos de medición asociados.

Los dispositivos de conversión los cuales satisfacen lo establecido en la Tabla 3-2 se considera que cumple con los requisitos correspondientes dados en la Tabla 2 (Teniendo en cuenta las consideraciones generales establecidas en la introducción del numeral 6.3.3 si únicamente es medida la temperatura).

**Tabla 3-2. EMPs en volumen a condiciones base o masa para dispositivos de conversión probados como un todo**

Condiciones de prueba y tipos de conversión	Clase de exactitud A	Clase de exactitud B	Clase de exactitud C
Pruebas en condiciones de referencia para todos los tipos de conversión	0,3 %	0,5 %	0,7 %
Pruebas a condiciones asignadas de funcionamiento para dispositivos de conversión ejecutando como una función solo de la temperatura	(no relevante)	0,7 %	1,0 %
Pruebas en condiciones asignadas de funcionamiento para otros dispositivos de conversión	0,5 %	1,0 %	1,5 %

### 6.3.4 Conversión en energía / determinación del poder calorífico

En orden a determinar los errores sobre el poder calorífico (PC), el valor convencional debe ser calculado de acuerdo a la norma ISO 6976.

**6.3.4.1** La conversión en energía resulta de la multiplicación de la masa o volumen corregido por el poder calorífico representativo.

Los EMPs en la multiplicación son aquellos dados en el numeral 6.5. Como estos EMPs son pequeños en comparación al EMPs aplicable a la determinación del PC, no se requiere tomarlos en consideración en el cálculo final del error en energía.

**6.3.4.2** De acuerdo a la descripción de los posibles sistemas de medición dados en el numeral 4.2, la determinación del PC puede demandar soportes documentales. Este es el caso cuando el PC no es determinado localmente (en la misma ubicación que el módulo de medición) y/o cuando el PC no es medido continuamente y asociado con la cantidad medida sin un cambio en el tiempo.

Como consecuencia y por definición el error de conversión en energía resulta de los siguientes posibles componentes:

- El error en el dispositivo para determinación de poder calorífico (DDPC),
- La incertidumbre (expandida) resultante del hecho que el PC no es perfectamente estable y no es continuamente medido UC,
- La incertidumbre (expandida) resultante del hecho que el PC no está asociado a la cantidad medida sin un cambio en el tiempo, UT,
- La incertidumbre (expandida) resultante del hecho que el PC no es determinado localmente, UL,
- Otras posibles componentes de incertidumbre, UO.

La estimación de la incertidumbre expandida debería ser hecha de acuerdo a la Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición (edición 1995). La manera como se determinan y

combinan estas componentes con el fin de calcular el error de conversión en energía esta dado en el numeral 7.4.2.

**6.3.4.3** Para Clases A y B, los EMPs en la determinación del PC representativo son ligeramente mayores que los máximos EMPs para un DDPC. Esto es necesario debido a la componente de incertidumbre  $U_c$ . Las consecuencias prácticas de los números de la Tabla 2 son en general:

- Un sistema de medición Clase A involucra un (o más para una mejor exactitud) DDPC(s) local Clase A,
- Un sistema de medición Clase B involucra uno o más DDPC(s) Clase A asociados con soporte documental relevante o uno o más DDPC(s) Clase B local,
- Un sistema de medición Clase C involucra uno o mas DDPC(s) Clase A o Clase B asociados con los soportes documentales relevantes.
- Un sistema de medición Clase C involucra uno o mas DDPC(s) Clase A o Clase B asociados con los soportes documentales relevantes.

#### **6.4 OTROS DESEMPEÑOS METROLÓGICOS DE UN DDPC**

Los requisitos desde el numeral 6.4.1 hasta los numerales 6.4.6 y 6.4.9 aplican a todos los tipos de DDPCs. En adición lo estipulado desde el numeral 6.4.7 hasta el numeral 6.4.8 proporcionan requisitos adicionales para tipos específicos de DDPCs.

##### **6.4.1 Requisitos generales**

El DDPC completo (no únicamente la parte electrónica) debe cumplir con los requisitos generales especificados en el numeral 9.1.

##### **6.4.2 Repetibilidad**

El error de repetibilidad (como se define en el numeral T.2.13) del DDPC debe ser menor o igual a un quinto de la magnitud del EMP que podría ser aplicable al valor medio del resultado de la medición.

##### **6.4.3 Intervalo de ajuste y deriva**

La deriva al final del intervalo de ajuste debe ser menor o igual a la mitad de la magnitud del EMP. El intervalo de ajuste y el procedimiento de ajuste deben ser especificados por el fabricante.

Para DDPC adaptados con un medio de ajuste interno automático, el medio no debe ser propenso a la deriva y el ajuste debe ser ejecutado automáticamente al final del intervalo de ajuste o debe ser generado automáticamente un llamado de advertencia para el ajuste al final del intervalo de ajuste.

##### **6.4.4 Influencia de la composición del gas**

El fabricante tiene que especificar las características (límites de composición química) del gas a ser medido.

Para gases del mismo poder calorífico la influencia de la composición debe ser menor o igual a dos quintos ( $2/5$ ) de la magnitud del EMP.

NOTA Se asume que las incertidumbres en el PC de los gases de calibración son consistentes con los requisitos.

#### **6.4.5 Tiempo de respuesta**

Las siguientes disposiciones son aplicables para el DDPC mismo y no para el DDPC complementado con la línea de muestreo.

NOTA: El retardo debido a la línea de muestreo tiene que ser considerada en la componente de incertidumbre UT (cambio en el tiempo).

Para cualquier cambio instantáneo en el poder calorífico de al menos 5 MJ dentro del intervalo de medición, el cambio en la indicación después de 1 h debe ser al menos de 99 % de la variación efectiva. Como consecuencia, el intervalo de medición debe ser por lo menos de 5 MJ.

#### **6.4.6 Influencia del suministro de gas**

El fabricante debe proporcionar condiciones de referencia y condiciones asignadas de funcionamiento para:

- Presión del gas(es) suministrado(s)
- Caudal de gas(es) suministrado(s)

#### **6.4.7 Disposiciones específicas aplicables a los calorímetros**

##### **6.4.7.1 Influencia de la presión atmosférica**

El DDPC debe ser diseñado y fabricado para que se mantenga y opere como fue diseñado y para que su error no exceda los errores máximos permisibles cuando es sometido a variaciones en la presión atmosférica.

Las correspondientes condiciones de funcionamiento asignadas deben ser especificadas por el fabricante.

##### **6.4.7.2 Efectos de instalación**

El fabricante debe proporcionar cualquier información necesaria sobre la capacidad del calorímetro para ser sometido a movimientos de aire ambiente (corrientes de aire). El certificado de homologación establece cualquier información apropiada.

#### **6.4.8 Disposiciones específicas aplicables a cromatógrafos de gas**

Un cromatógrafo debe ser capaz de medir al menos los siguientes componentes:

- Nitrógeno
- Dióxido de carbono
- Metano
- Etano
- Propano
- Iso-butano

- n-butano
- n-pentano
- Iso-pentano
- Neo-pentano
- Hexanos y superiores

Si el fabricante proporciona más componentes, los gases de calibración deben ser escogidos según sea el caso. El alcance de medición debe ser especificado por el fabricante. No debe iniciar en cero y no debe ser nulo.

#### 6.4.9 Otras influencias para todas las tecnologías

El fabricante tiene que declarar otras influencias que haya identificado. Esta declaración es verificada en la homologación teniendo en cuenta el estado del arte. Para ese propósito se es considerada que una influencia menor a un quinto de la magnitud del EMP no es significativa.

Cualquier influencia significativa (teniendo en cuenta el estado del arte) debe ser especificada en el certificado de homologación, acompañado con los soportes documentales.

En general la influencia de la humedad relativa del gas natural no es relevante para las tecnologías aparte del principio estequiométrico.

Teniendo en cuenta la información citada anteriormente, en homologación, verificación inicial o verificación posterior, la Autoridad podría:

- Rechazar el DDPC propuesto si no satisface la situación real del sistema de medición,
- O dictar la toma de influencias significativas dentro del cálculo de incertidumbre,
- Probar otras posibles influencias si se considera que el estado del arte no ha sido respetado (únicamente para homologación).

#### 6.5 EMPs PARA CALCULADORES

Los errores máximos permisibles, positivos o negativos, sobre el cálculo de cantidades de gas, aplicable a calculadores electrónicos son igual a 0.05 % del valor verdadero calculado.

NOTA este requisito es aplicable a cualquier cálculo y no únicamente al cálculo de conversión.

#### 6.6 ERROR DE REPETIBILIDAD DE UN MÓDULO DE MEDICIÓN

Para cualquier cantidad mayor o igual al volumen o masa correspondiente a 5 min. a  $Q_{max}$ , el error de repetibilidad del módulo de medición debe ser menor o igual a un quinto (1/5) del valor especificado en la primera línea de la Tabla 2 (véase condiciones de prueba en el numeral 10.2.7.3).

#### 6.7 Durabilidad de un módulo de medición

Para un gas dado, si es aplicable dentro de su alcance de medición especificado, los módulos de medición deben presentar una magnitud de la variación de los errores sistemáticos estimados después de las pruebas de durabilidad menor a un cuarto (1/4) del EMP para las

condiciones de medición especificadas en la primera línea de la Tabla 2. (Véase condiciones de prueba el numeral condiciones de prueba en el numeral 10.2.6.2.4).

## **6.8 ERRORES MÁXIMOS PERMISIBLES PARA INSTRUMENTOS EN SERVICIO O VERIFICACIONES POSTERIORES**

Los EMPs para sistemas de medición y elementos de sistemas de medición “en servicio” o en verificaciones posteriores no debería exceder 1 o 2 veces (relación a ser fijada por la autoridad nacional) el valor permitido en verificación inicial.

## **7. REQUISITOS TÉCNICOS PARA SISTEMAS DE MEDICIÓN**

### **7.1 GENERALIDADES**

La regulación nacional debería establecer que está prohibido tomar ventaja de los EMPs u otras tolerancias en esta recomendación y como consecuencia, se debe preparar para tomar las acciones apropiadas, en particular en lo que concierne a:

- La política relacionada con la selección y el uso de los medios de calibración,
- El ajuste de los módulos de medición usando dispositivos de ajuste o corrección para la adecuación respectivamente del EPP o del error a valores cercanos a cero, incluso cuando los errores están dentro de los errores máximos permisibles,
- El ajuste y uso de los DDPCs.

#### **7.1.1 Dispositivos auxiliares**

**7.1.1.1** Donde los dispositivos auxiliares sean hechos obligatorios por esta Recomendación o por una regulación nacional o internacional, ellos son considerados como parte integral del sistema de medición y están sujetos por consiguiente a control metrológico y deben ser conformes con las disposiciones de esta Recomendación.

**7.1.1.2** Cuando los dispositivos auxiliares no están sujetos a control metrológico, el sistema de medición debe ser examinado para asegurar que estos dispositivos auxiliares no afectan el desempeño metrológico del sistema de medición. En particular, el sistema debe continuar operando correctamente y su función metrológica no debe ser afectada cuando cualquier tipo de equipo periférico, en particular un dispositivo auxiliar, es conectado (o desconectado).

Adicionalmente, estos dispositivos deben llevar una inscripción la cual es claramente visible para indicar al usuario que no son controlados cuando indican un resultado de medición visible al usuario.

#### **7.1.2 Alcances de medición especificados**

**7.1.2.1** Los alcances de medición (caudales, temperaturas, presión...) de un sistema de medición deben ser incluidos dentro de los alcances de medición de cada uno de sus componentes.

**7.1.2.2** Cuando diferentes medidores son operados en paralelo en un módulo de medición; se deben tener en cuenta los caudales límites de cada uno de los medidores ( $Q_{max}$ ,  $Q_{min}$ ).

**7.1.2.3** El alcance de medición debe satisfacer las condiciones de uso del módulo de medición, este último debe ser diseñado para que el caudal este entre el caudal mínimo y el caudal máximo, excepto durante una parada.

La relación  $Q_{max}/Q_{min}$  para el módulo de medición debe ser especificada por el fabricante.

### **7.1.3 Condiciones asignadas de funcionamiento**

**7.1.3.1** Las condiciones aplicadas al sistema de medición son divididas dentro de tres grupos:

- Condiciones climáticas,
- Condiciones mecánicas,
- Condiciones eléctricas y electromagnéticas.

La clasificación esta dada en el Anexo A. Las clases deben estar de acuerdo con las condiciones de uso de los sistemas de medición.

El alcance medioambiental de un sistema de medición debe estar incluido dentro del alcance medioambiental de cada uno de sus componentes.

NOTA 1 A un sistema de medición pueden aplicar diferentes clases medioambientales. No todos los componentes son instalados en la misma locación por ejemplo: los medidores pueden ser localizados en una facilidad al aire libre mientras el calculador electrónico esta localizado en un cuarto con condiciones controladas.

NOTA 2 Las clases aplicables deben ser determinadas en la homologación y su aplicabilidad para el uso debe ser controlada en la verificación inicial y verificaciones posteriores del sistema de medición.

**7.1.3.2** Las condiciones asignadas de funcionamiento son especificadas en el Anexo A para cada factor de influencia.

### **7.1.4 Indicaciones**

**7.1.4.1** De acuerdo con el tipo de sistema de medición, el resultado final es expresado en términos de:

- Volumen (a condiciones base) o masa;
- Energía que es el resultado de la multiplicación de la cantidad de gas por el poder calorífico representativo del gas.

El símbolo o el nombre de la unidad debe aparecer en las cercanías de la indicación.

**7.1.4.2** El sistema de medición se debe proporcionar con dispositivos capaces de indicar resultados de medición (indicación, impresión o dispositivos de almacenamiento) la cantidad total (volumen, masa o energía) y al menos, donde sea apropiado para cada línea de medición, la siguiente información:

- el volumen a condiciones base, la masa o la energía,
- la cantidad de gas a condiciones de funcionamiento,
- la cantidad corregida si es aplicable,

- los valores de corrección si son aplicables,
- el poder calorífico si es aplicable,
- las cantidades medidas por otro instrumento de medición asociado (por ejemplo: presión, temperatura y composición),
- la indicación de alarmas,
- los factores de conversión si son aplicables;
- la relación de los factores de compresibilidad  $Z/Z_b$ ,
- Cualquier dato de entrada que afecte los resultados metrológicos.

**7.1.4.3** El uso de la misma pantalla para la indicación del volumen a condiciones de funcionamiento y de volumen a condiciones base, de masa o energía esta autorizado siempre que la naturaleza de la cantidad indicada sea clara y que esta indicación este disponible cuando se solicite.

La energía o cuando no este disponible el volumen a condiciones base o la masa debe ser preferiblemente indicada. Esta cantidad relevante debe ser indicada permanentemente o debe ser capaz de ser indicada por un comando especial.

**7.1.4.4** Un sistema de medición puede tener diferentes dispositivos de indicación para la misma cantidad, cada uno debe reunir los requisitos de esta Recomendación si ellos son obligatorios o necesarios. Los intervalos de escala de varias indicaciones pueden ser diferentes.

**7.1.4.5** Para cualquier cantidad medida relacionada con la misma medición y magnitud por medir, la indicación proporcionada por varios dispositivos no debe desviarse una de la otra por más de un intervalo de escala o el mayor de los dos intervalos de escala si son diferentes.

**7.1.4.6** Las indicaciones primarias en volumen, masa o energía (cuando sea aplicable) deben estar disponible para el acuerdo final de la transacción. Las Autoridades Nacionales peden establecer la duración para la disponibilidad de estas indicaciones.

Además cuando es requerido o usado un dispositivo de impresión o memoria para asegurar esta disponibilidad, deben tener la capacidad de dejar un margen para impresión automática o memorización en intervalos de tiempo predeterminados. Los dispositivos de impresión y/o de memoria deben ser capaces de imprimir y/o memorizar parámetros termodinámicos, totales, tiempos de inicio y parada de las alarmas también como toda la información relevante para establecer la cronología de los eventos de medición, por ejemplo la impresión de la numeración de las hojas, fecha, hora, etc.

## **7.2 MÓDULO DE MEDICIÓN**

### **7.2.1 Generalidades**

**7.2.1.1** El(los) medidor(es) de un módulo de medición debe(n) cumplir con la Recomendación Internacional aplicable cuando ella existe, a menos que se indique otra cosa en esta Recomendación. Los errores permisibles máximos fijados en esta Recomendación son aplicables al módulo de medición y no solo al medidor.

**7.2.1.2** La construcción del módulo de medición debe permitir la instalación de medidores individuales que estén de acuerdo con los requisitos de montaje.

El medidor de gas debe ser montado en la tubería, de acuerdo a:

- Las disposiciones dadas en el certificado de homologación del módulo de medición si este último ha sido proporcionado,
- Las disposiciones aplicables en los estándares ISO,
- Las instrucciones del fabricante y en general,
- Los requisitos de esta recomendación.

**7.2.1.3** Si el gas es propenso a fluir en ambas direcciones, el módulo de medición debe ser diseñado y controlado en orden a realizar mediciones exactas en ambas direcciones y debe registrar las cantidades correspondientes separadamente. Si el módulo de medición no está diseñado y controlado en orden a realizar mediciones exactas en ambas direcciones, la dirección del flujo debe ser claramente marcada y el módulo de medición debe ser fijado con un dispositivo anti-retorno si es necesario.

**7.2.1.4** Si un medidor para determinadas condiciones de suministro es propenso a sobrecargas, debe ser proporcionado un dispositivo limitador de flujo. Este dispositivo debe ser instalado aguas abajo del medidor. Debe ser posible sellarlo (véase el numeral 7.6). El dispositivo limitador de flujo puede ser mecánico o electrónico.

**7.2.1.5** Las válvulas que pueden afectar la exactitud de las mediciones deben ser adaptadas con elementos de sellado.

**7.2.1.6** Cualquier dispositivo adicional conectado al módulo de medición debe ser diseñado para que no interfiera con la exactitud del proceso de medición. El medidor tiene que ser aislado de las fuentes de pulsaciones de gas, por ejemplo, cerca de un regulador de flujo o un compresor de gas (véase el literal B.2 en particular).

**7.2.1.7** Si el sistema esta adaptado con dispositivos de calentamiento aguas arriba de las líneas de medición, un dispositivo debe mantener la temperatura dentro de un alcance de temperatura de operación aceptable, de acuerdo con el dispositivo de conversión usado.

## **7.2.2 Brazos paralelos**

**7.2.2.1** Dado el alcance de medición de caudal especificado puede ser necesario considerar diferentes brazos en paralelo. Los medidores localizados en brazos de medición paralelos no deben ser capaces de influir en la características metrológicas uno del otro.

**7.2.2.2** Las autoridades nacionales pueden decidir que el control metrológico requiere un número de líneas paralelas para que el flujo máximo pueda ser medido cuando alguna línea esta en parada mientras las otras líneas están trabajando dentro de sus límites específicos.

**7.2.2.3** Si hay la posibilidad de poner líneas en paralelo o en serie, las conexiones deben ser dispuestas sobre la tubería principal aguas arriba y aguas abajo de las líneas rectas requeridas aguas arriba y aguas abajo del medidor. Generalmente, tiene que ser localizada una válvula de aislamiento aguas arriba y otra aguas abajo (por ejemplo, una válvula de parada con venteo al aire) para cada línea.

**7.2.2.4** Los módulos de medición deben contar con las disposiciones para la selección de ramales en paralelo para que el caudal en cada ramal permanezca entre el  $Q_{\max}$  y  $Q_{\min}$  del medidor. La conexión o desconexión de los ramales en paralelo puede ser manual o automática.

**7.2.2.5** El diseño debe contar con las disposiciones para evitar algún flujo de gas, real o ficticio, a través de ramales cerrados. Esto puede involucrar facilidades mecánicas y/o de verificación.

### **7.2.3 By-pass**

**7.2.3.1** La disponibilidad contractual del flujo de gas podría requerir by-pass para la estación.

Cuando el módulo de medición cuenta con by-pass, debe ser registrado el tiempo inicial y final de esta operación.

**7.2.3.2** Cuando son integradas válvulas de acción rápida dentro de la instalación, se debe suministrar un by-pass de equilibrio con un diámetro pequeño. El by-pass debería ser controlado por una válvula de mariposa facilitando el proceso de poner el medidor y la tubería asociada bajo presión y prevenir daños en el medidor de gas.

### **7.2.4 Posibilidad de pruebas en sitio**

La autoridad nacional podrá requerir disposiciones hechas para el uso de cualquier método reconocido para control y/o verificación del módulo de medición en sitio, en particular en módulos de medición con  $Q_{\max}$  igual o superior a  $10000 \text{ m}^3/\text{h}$  a condiciones base (o equivalente para masa).

## **7.3 CONVERTIR A VOLUMEN A CONDICIONES BASE O MASA**

El texto de esta sub-cláusula es aplicable principalmente a los dispositivos de conversión para los cuales los cálculos de conversión son hechos numéricamente por medio de un calculador electrónico. Pueden aplicarse conceptos similares mediante analogía a otros tipos de dispositivos de conversión.

### **7.3.1 Condiciones base**

Las siguientes condiciones base son preferidas por algunos estándares de ISO: 101325 kPa y 288,15 K para determinar el volumen, y 288,15 K para determinar el poder calorífico. La conversión a otras condiciones puede ser realizada de acuerdo con los estándares relevantes ISO o nacionales.

### **7.3.2 Tipos de conversión**

En esta recomendación son tratados seis tipos de conversiones:

- Conversión de volumen como una función únicamente de la temperatura (llamada conversión T);
- Conversión de volumen como una función de la presión y de la temperatura con factor de compresibilidad constante (llamada conversión PT);
- Conversión de volumen como una función de la presión, la temperatura y teniendo en cuenta el factor de compresibilidad (llamada conversión PTZ); y,

- Conversión de volumen como una función de la densidad (conversión por densidad),
- Conversión de masa como una función del volumen y la densidad a condiciones de medición,
- Conversión de masa como una función del volumen y la densidad a condiciones base.

La conexión entre el calculador y los transductores de medición, si existe, son elementos del dispositivo de conversión.

Esta recomendación se ocupa de dispositivos de conversión probados como un instrumento, o como un calculador y sus instrumentos de medición asociados.

### 7.3.2.1 Conversión de volumen como una función únicamente de la temperatura (conversión T)

En este caso el dispositivo de conversión compuesto por un calculador y un transductor de temperatura convierte el volumen  $V$  a condiciones de medición y la temperatura a las condiciones base (presión  $P_b$ , temperatura  $T_b$ ,  $Z_b$ ).

El volumen a condiciones base  $V_b$  es obtenido mediante la relación:

$$V_b = K \times \frac{1}{T} \times V$$

$K$  es un valor fijo obtenido mediante la relación

$$K = \frac{P}{P_b} \times T_b \times \frac{Z_b}{Z}$$

La presión y  $Z$  no son medidos, pero deben ser incluidos como valores fijos en el procesamiento del factor de conversión.

### 7.3.2.2 Conversión de volumen como una función de presión y temperatura (conversión PT)

En este caso el dispositivo de conversión consiste en un calculador, un transductor de presión y un transductor de temperatura. El factor de compresibilidad puede ser considerado como un valor fijo calculado a partir de las condiciones medias de medición y la composición media del gas.

El volumen a condiciones base es obtenido mediante la relación:

$$V_b = K' \times \frac{P}{T} \times V$$

$K'$  es un valor fijo obtenido mediante la relación:

$$K' = \frac{1}{P_b} \times T_b \times \frac{Z_b}{Z}$$

$Z$  no es medido, pero debe ser incluido como un valor fijo en el procesamiento del factor de conversión

### 7.3.2.3 Conversión de volumen como una función de presión, temperatura y la desviación de la ley de gases perfectos (Conversión PTZ)

En este caso, el dispositivo de conversión consiste en un calculador, un transductor de presión, un transductor de temperatura y opcional un instrumento de medición asociado a la medición de compresibilidad del gas.

La desviación de la ley de gases ideales es compensada mediante la medición o cálculo del factor de compresibilidad usando una ecuación apropiada como una función de la presión, la temperatura y las propiedades del gas.

Los parámetros del gas no medidos usados para el cálculo de la compresibilidad pueden ser preestablecidos al momento de la instalación.

El volumen a condiciones base es obtenido mediante la relación:

$$V_b = \frac{P}{P_b} \times \frac{T_b}{T} \times \frac{Z_b}{Z} \times V$$

### 7.3.2.4 Conversión de volumen como una función de la densidad (conversión por densidad)

En este caso, el dispositivo de conversión consiste en un calculador y un transductor de densidad.

El volumen a condiciones base  $V_b$  es obtenido mediante la relación:

$$V_b = \frac{V \times \rho}{\rho_b}$$

en donde

$V$  volumen a condiciones de medición

$\rho$  densidad a condiciones de medición

$\rho_b$  densidad a condiciones base

$\rho_b$  es proporcionada en la norma ISO 6976

### 7.3.2.5 Conversión de masa como una función del volumen y densidad a condiciones de medición

En este caso, el dispositivo de conversión consiste en un calculador y un transductor de densidad.

La masa  $M$  es obtenida mediante la relación:

$$M = V_b \times \rho_b$$

en donde

$V$  volumen a condiciones de medición

$\rho$  densidad a condiciones de medición

### 7.3.2.6 Conversión de masa como una función del volumen y densidad a condiciones base

En este caso, primeramente el volumen a condiciones de medición es convertido en volumen a condiciones base usando una de los tipos de conversión citados aquí anteriormente.

Luego la masa  $M$  es obtenida mediante la relación:

$$M = V_b \times \rho_b$$

en donde

$V_b$  volumen a condiciones base

$\rho_b$  densidad a condiciones base

$\rho_b$  es proporcionada en la norma ISO 6976

### 7.3.3 Instrumentos de medición asociados

En principio, las magnitudes características en la medición de gas usadas para la conversión deben ser medidas por medio de instrumentos de medición asociados.

Sin embargo, dependiendo de las regulaciones nacionales, es permitido que algunas de estas magnitudes no sean medidas en la ubicación del sistema de medición o que los instrumentos del sistema de medición asociados no estén sujetos a un control cuando puede demostrarse que los requisitos del EMP en los valores convertidos son cumplidos a cabalidad. Esta demostración hace parte de los soportes documentales.

#### 7.3.3.1 Sensor de temperatura

El sensor de temperatura debe ser instalado con el fin de asegurar que la temperatura medida sea la temperatura a condiciones de medición. Debe ser posible la verificación en sitio de la temperatura medida. Para este propósito, se debe localizar una conexión roscada adicional e independiente localizada a una corta distancia del sensor de temperatura a verificar.

#### 7.3.3.2 Transductor de presión

El transductor de presión debe ser conectado en la toma para medición de presión del medidor.

Para evitar los errores debido a variación en la presión atmosférica, se debe determinar la presión absoluta.

Cuando es usado un transductor de presión manométrica, debe ser posible preestablecer el valor promedio de la presión atmosférica. El valor de la presión atmosférica se debe calcular teniendo en cuenta la altitud del sitio de instalación.

Se debe diseñar para que la medición de presión pueda ser verificada usando un medio para medición de presión apropiado en el punto de medición de presión (tomas o conexiones T).

#### 7.3.3.3 Puntos de medición no estándar

Los instrumentos de medición asociados para los cuales no hay puntos de conexión estándar se deben instalar cerca al medidor con el propósito de determinar con suficiente exactitud la magnitud concerniente.

Con tal de que esto sea cumplido satisfactoriamente, los instrumentos de medición pueden ser usados para generar conversiones y correcciones para los medidores.

Estos instrumentos no deben afectar el correcto funcionamiento del medidor.

La desviación en la indicación debido a la ubicación de los puntos de medición no debe exceder el 20 % del error máximo permisible para la conversión. Sujeto al cumplimiento de estos requisitos, el mismo instrumento de medición asociado puede ser usado para la realización de conversiones y correcciones para dos o más medidores.

NOTA Este requisito es verificado mediante cálculos

#### **7.3.4 Instalación**

El dispositivo de conversión se debe instalar de manera adecuada para su aplicación. La presencia de dispositivos de conversión no debe afectar la integridad metrológica del medidor y el dispositivo al cual está asociado.

El dispositivo de conversión y el instrumento de medición asociado deben operar dentro de sus condiciones de operación nominales.

Las conexiones del instrumento de medición asociado deben estar de acuerdo con los requisitos del fabricante y los certificados de homologación.

### **7.4 DETERMINACIÓN DE ENERGÍA**

#### **7.4.1 intervalo de tiempo para la determinación del poder calorífico**

**7.4.1.1** La energía a ser determinado debería ser la suma de las energías instantáneas entregadas. Sin embargo, en la práctica esto no es posible, y es aceptable no asociar el poder calorífico instantáneo al volumen instantáneo correspondiente a condiciones base o masa si:

- Es determinado un poder calorífico a intervalos de tiempo mayores o iguales al mínimo intervalo de tiempo dado en la Tabla 4,
- este poder calorífico representativo está basado en mediciones de poder calorífico individuales a intervalos de tiempo menores o iguales al máximo valor aceptable dado en la Tabla 4,
- el poder calorífico representativo está asociado a la cantidad medida durante el intervalo de tiempo en que el poder calorífico es determinado,
- la estabilidad del poder calorífico durante el intervalo de tiempo de determinación del poder calorífico representativo es considerado como componente de la incertidumbre.

En otras palabras esto conlleva a un valor convencional verdadero resultante de la multiplicación de las cantidades medidas durante un periodo de tiempo de al menos el mínimo intervalo de tiempo por el poder calorífico representativo correspondiente a esta duración. Por otra parte, exceptuando casos particulares identificados o la práctica nacional, no es necesario tener en consideración la variación de consumo durante este período.

La autoridad nacional puede fijar un intervalo de tiempo máximo para la determinación del poder calorífico representativo.

Tabla 4. Intervalo de tiempo para la medición del poder calorífico y la determinación del poder calorífico representativo

Clase de exactitud	A	B	C
Intervalo de tiempo máximo aceptable para mediciones de poder calorífico individuales	15 min y dependiendo de la estabilidad del poder calorífico	1 h	1 h
Mínimo intervalo de tiempo para la determinación del poder calorífico representativo	Apropiado para la aplicación	1 d	1 d
NOTA estos valores aplican para cualquiera que sea el método de muestreo o de medición.			

7.4.1.2 En general, la exactitud en energía es verificada en función de una aproximación modular y la noción de desviación de energía mínima especificada es insignificante en este caso. En el caso de la verificación directa de energía, como se determinó en el numeral 6.2, la magnitud del error máximo permisible nunca es menor que la desviación de energía mínima especificada. Para este propósito la cantidad medida mínima para energía MCM<sub>e</sub> es:

$$MCM_e = Q_{min} \times t \times PC$$

en donde

Q<sub>min</sub> Caudal mínimo del sistema de medición para el volumen a condiciones base o masa.

t el mayor de los dos siguientes valores:

- intervalo de tiempo efectivo entre la determinación de los poderes caloríficos representativos para la transacción,
- 1 h.

PC: Poder calorífico nominal medible especificado por quien suministra el gas.

## 7.4.2 Determinación del error en energía

### 7.4.2.1 Error del DDPC

Para calcular el error en el PC es posible usar el error de medición real del DDPC pero en general el error del DDPC no puede ser conocido para cada condición de uso. En lugar de eso es más fácil considerar el EMP aplicable al DDPC. Se considera que un DDPC cumple con todos los requisitos dados en el numeral 6.4 si tiene errores de medición menores o iguales a los EMP aplicables para el.

Estos EMPs, llamados posteriormente como EMPDDPC, son usados como el componente relevante para calcular el error en el PC.

Para la combinación de las componentes y en la medida que sea necesario, estos EMPs pueden ser reducidos a una resultante "incertidumbre estándar", uDDPC, dividiendo por el factor de cobertura apropiado (véase el numeral 7.4.2.6).

### 7.4.2.2 Incertidumbre en la determinación del tiempo

Se tiene que cumplir lo estipulado en el numeral 7.4.1 y por convención la incertidumbre expandida en la determinación del tiempo se asume como nula siempre que el transito de la

muestra y la demora en el análisis de gas sean insignificantes o puedan ser corregidos sin incertidumbre significativa.

Cuando no sea el caso, estos componentes son evaluados de acuerdo a los soportes documentales. Al nivel de esta Recomendación Internacional no es posible establecer más especificaciones al respecto y la validación de la evaluación de estas componentes es responsabilidad de la Autoridad.

Para la combinación de estas componentes y en la medida que sea necesario, la incertidumbre expandida se puede reducir a una incertidumbre estándar,  $u_T$ , dividiendo por el factor de cobertura apropiado (véase el numeral 7.4.2.6).

#### **7.4.2.3 Incertidumbre en la estabilidad del PC**

Durante el intervalo de tiempo en que es determinado el PC representativo, la estabilidad del PC instantáneo define una componente de incertidumbre,  $u_C$ .

Esta componente es evaluada de acuerdo con los soportes documentales. Al nivel de esta RI no es posible establecer más especificaciones al respecto y la validación en la evaluación de esta componente es responsabilidad de la autoridad. En el Anexo C se suministran algunos ejemplos.

Para la combinación de las componentes y en la medida que sea necesario, esta incertidumbre expandida se puede reducir a una incertidumbre estándar,  $u_C$ , dividiendo por el factor de cobertura apropiado (véase el numeral 7.4.2.6).

#### **7.4.2.4 Incertidumbre por la ubicación**

Cuando el PC no es determinado localmente, la incertidumbre expandida correspondiente,  $u_L$ , es evaluada de acuerdo con los soportes documentales. Esta componente puede ser debido a dos causas principales: origen diferente de los gases y demora en el tránsito del gas entre el punto de medición para la magnitud medida y el PC. Al nivel de esta RI no es posible establecer más especificaciones al respecto y la validación en la evaluación de esta componente es responsabilidad de la autoridad. En el Anexo C se suministran algunos ejemplos.

Para la combinación de las componentes y en la medida que sea necesario, esta incertidumbre expandida se puede reducir a una incertidumbre estándar,  $u_L$ , dividiendo por el factor de cobertura apropiado (véase el numeral 7.4.2.6).

#### **7.4.2.5 Otras incertidumbres**

Sin una razón particular, el valor de esta componente es nulo. Sin embargo la Autoridad podrá decidir que este no es el caso, por ejemplo, cuando:

- La configuración del SM es compleja y es necesario determinar la incertidumbre estándar tipo A de acuerdo como se establece en la GUM,
- Se ha identificado que el consumo de gas no es constante (en un contrato específico por citar un ejemplo) y probablemente tenga un efecto significativo en el resultado final,
- El nivel de confianza en la trazabilidad del PC no es suficiente en caso de no asegurar la comunicación, hay posibles efectos de interferencia en las mediciones del PC como se indica en el numeral 6.4.9.

En este caso, la incertidumbre expandida correspondiente,  $UO$ , es evaluada de acuerdo a los soportes documentales y si es relevante el certificado de homologación del DDPC. Al nivel de esta RI no es posible establecer más especificaciones al respecto y la validación en la evaluación de esta componente es responsabilidad de la autoridad.

Para la combinación de las componentes y en la medida que sea necesario, esta incertidumbre expandida se puede reducir a una incertidumbre estándar,  $uO$ , dividiendo por el factor de cobertura apropiado (véase el numeral 7.4.2.6).

#### 7.4.2.6 Combinación de componentes

Sin una razón en particular, el factor de cobertura convencional para la determinación de cualquiera de las incertidumbre estándar (a partir de la incertidumbre expandida) mencionadas anteriormente es 2. Esta figura es también usada cuando se determina el error combinado del PC,  $E_{PC}$ , después que ha sido calculada la incertidumbre estándar correspondiente.

##### 7.4.2.6.1 Caso sencillo

Lo siguiente es aplicable a casos sencillos tales como un único DDPC local, pero también a situaciones complejas solo si pueden ser hechas algunas suposiciones. Los ejemplos dados en el Anexo C deberían cubrir un gran número de situaciones.

Cuando todos los factores de cobertura son igual a 2 este error combinado es obtenido mediante una de las dos formulas siguientes:

$$E_{PC} = \sqrt{EMP_{DDPC}^2 + U_T^2 + U_C^2 + U_L^2 + U_O^2}$$

$$E_{PC} = 2\sqrt{u_{DDPC}^2 + u_T^2 + u_C^2 + u_L^2 + u_O^2}$$

en donde

$$u_{DDPC} = \frac{EMP_{DDPC}}{2} \quad \text{y} \quad u_i = \frac{U_i}{2} \quad (i = T, C, L, O)$$

Cuando todos los factores de cobertura no pueden ser considerados iguales a 2 o cuando una componente de incertidumbre es calculada directamente como una desviación estándar experimental, es apropiado el uso de la segunda formula.

$E_{PC}$  es el error en la determinación del PC y, como ya se mencionó y porque los cálculos de error son muy pequeños, es también el error en la conversión en energía.

##### 7.4.2.6.2 Caso complejo

En un caso complejo real, podría ser necesario calcular la incertidumbre combinada de acuerdo a la GUM, teniendo en cuenta tanto las incertidumbres estándar elementales como las dadas aquí arriba y/o cualquier componente de incertidumbre estándar evaluada de acuerdo a los soportes documentales.

El error en la determinación del PC es dos veces esta incertidumbre combinada.

##### 7.4.2.7 Error del sistema de medición de energía

Cuando se evalúa el desempeño de acuerdo a una aproximación modular (caso general), el error del sistema de medición es insignificante ya que cada módulo cumple los requisitos que le

son aplicables, y teniendo en cuenta que los EMPs globales son calculados con base a los EMPs aplicables a los módulos.

## **7.5 MARCADO**

**7.5.1** Cada sistema de medición, módulo de medición, dispositivo o instrumento de medición asociado, los cuales han sido sujetos a una homologación, deben llevar, legible e indeleblemente, sobre el dispositivo de indicación o sobre una placa de identificación especial, las siguientes indicaciones, hasta donde sea relevante:

- a) Marca de homologación;
- b) Etiqueta de identificación del fabricante o marca comercial;
- c) Nombre escogido por el fabricante (no obligatoria);
- d) Número serial y año de fabricación; y, si es aplicable,
- e) Caudal mínimo,  $Q_{\min}$ ;
- f) Caudal máximo,  $Q_{\max}$ ;
- g) Presión máxima del gas,  $P_{\max}$ ;
- h) Presión mínima del gas,  $P_{\min}$ ;
- i) Temperatura máxima del gas,  $T_{\max}$ ;
- j) Temperatura mínima del gas,  $T_{\min}$ ;
- k) Clase de exactitud;
- l) Naturaleza del gas (gases) medido;
- m) Poder calorífico mínimo;
- n) Poder calorífico máximo;
- o) Clase climática y mecánica, I o O como se define en el Anexo A;
- p) Información apropiada relacionada con la determinación del factor de compresibilidad.

Si diferentes medidores están en operación en un sistema sencillo, usando elementos comunes, las indicaciones reglamentarias para cada parte (elemento) del sistema de medición puede reunirse en una sola placa.

Las indicaciones, inscripciones o diagramas requeridos por esta recomendación o por el certificado de homologación, se debe escribir legible en el dispositivo de indicación o cerca de el.

**7.5.2** El diseñador del sistema de medición se debe asegurar que las marcas señaladas en el dispositivo indicador de cualquier medidor que hace parte del sistema de medición no deben contradecir la placa de identificación del sistema de medición (por ejemplo el rango  $Q_{\min}$ - $Q_{\max}$

indicado por el medidor podría no ser mayor que el alcance correspondiente para el módulo de medición).

## **7.6 SELLADO**

### **7.6.1 General**

El sellado es realizado preferiblemente por medio de sellos de plomo. Sin embargo, son permitidos otros tipos de sello en instrumentos frágiles o cuando estos sellos proporcionan suficiente integridad, como sellos electrónicos por citar un ejemplo.

Los sellos deben, en todos los casos, ser de fácil acceso.

El sellado de los dispositivos se proporcionará a todas las partes del sistema de medición que no pueden materialmente ser protegidos contra probables acciones para influenciar la exactitud del sistema de medición.

El sellado de los dispositivos debería evitar que los parámetros (entre otros parámetros de corrección y conversión) utilizados para determinar los resultados de medición se puedan alterar cuando estos parámetros no se gestionan de acuerdo con los soportes documentales o sistema de aseguramiento de la calidad proporcionando la trazabilidad de las modificaciones.

Una placa de estampado, que tiene como fin recibir el control de las marcas se sellará o se fijará permanentemente en el sistema de medición. Esta placa de estampado puede ser combinada con la placa de identificación del sistema de medición.

### **7.6.2 Dispositivos de sellado electrónico**

**7.6.2.1** Cuando se accede a los parámetros que participan en la determinación de los resultados de medición que necesitan ser protegidos pero no cuentan con sellos mecánicos, la protección debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Se debe permitir el acceso únicamente a personal autorizado, por ejemplo por medio de un código (clave) o un dispositivo especial (llave, etc); el código debe ser modificable. Sin embargo la autoridad nacional puede considerar que un código no es suficiente;
- b) Se debe poder memorizar todas las intervenciones entre dos verificaciones. El registro debe incluir la fecha y un elemento característico que identifica la persona autorizada que está haciendo la intervención (véase el literal a); la rastreabilidad de las intervenciones debe ser asegurada por al menos dos años; si debe ocurrir la eliminación de una intervención previa para permitir un nuevo registro, se debe borrar el registro más antiguo.

**7.6.2.2** Para sistemas de medición con partes que pueden ser desconectadas una de la otra por parte del usuario y que son intercambiables, deben cumplir los siguientes requisitos:

- a) No debe ser posible el acceso a parámetros que participen en la determinación de resultados de medición a través de puntos desconectados a menos que se cumplan los requisitos dados en el numeral 7.6.2.1;
- b) Se debe prevenir la interposición de cualquier dispositivo que pueda influenciar la exactitud por medio de la electrónica y la seguridad en el procesamiento de datos o, si no es posible, por medios mecánicos.

**7.6.2.3** Para sistemas de medición con partes que pueden ser desconectadas una de la otra por el usuario y que son intercambiables, aplican los requisitos del numeral 7.5.2.2. Además, estos sistemas de medición se deben proporcionar con dispositivos que no permitan su operación si varias partes no están conectadas de acuerdo con la configuración dada por el fabricante.

NOTA Las desconexiones que no son permitidas al usuario se pueden prevenir, por ejemplo mediante un dispositivo que impida cualquier medición después de la desconexión y reconexión.

## **8. REQUISITOS TÉCNICOS PARA MEDIDORES, MÓDULOS DE MEDICIÓN Y DISPOSITIVOS AUXILIARES**

### **8.1 MEDIDOR Y MÓDULO DE MEDICIÓN**

#### **8.1.1 Dispositivo de ajuste**

Los medidores y los módulos de medición pueden estar provistos de un dispositivo de ajuste, el cual permite modificar la relación entre el volumen indicado y la cantidad real pasando a través del sistema, mediante una operación sencilla.

Cuando el dispositivo de ajuste modifique esta relación de manera discontinua, los valores consecutivos de la relación no deberán diferir en más de 0,001 para las Clases A y B, o 0,002 para la Clase C.

Después de la determinación de los errores de indicación, el ajuste deberá ejecutarse de forma que el error promedio ponderado (EPP) sea lo más cercano a cero que el dispositivo permita. El EPP debe calcularse a las condiciones de operación nominales.

Se prohíben los ajustes por medio de un by-pass al (los) medidor(es).

#### **8.1.2 Dispositivo de corrección**

Los módulos de medición pueden incorporar dispositivos de corrección; tales dispositivos siempre se consideran como parte integral del módulo de medición.

Los errores máximos permisibles definidos en la Tabla 2 son aplicables a la cantidad corregida (a las condiciones de medición).

El propósito de un dispositivo de corrección es reducir los errores tan cerca de cero como sea posible.

Todos aquellos parámetros que no sean medidos pero que son necesarios para corregir deberán estar contenidos en el calculador antes de ejecutar cualquier operación de medición. El certificado de homologación deberá fijar las condiciones de los parámetros de verificación que son necesarios para evaluar la conformidad al momento de la verificación el dispositivo de corrección.

El dispositivo de corrección no debe permitir la corrección de una deriva preestablecida en relación al tiempo o el volumen, por ejemplo.

Cuando se use un dispositivo de corrección, debe garantizarse que la curva de error a usar sea relevante para las condiciones operacionales reales y que el dispositivo de corrección sea capaz de corregir todas las desviaciones registradas cuando se calibre el módulo de medición al cual se conectará.

La curva de error debe corregirse por medio de una función de corrección  $f(q)$  de manera que para cada punto de operación la cantidad corregida debe ser igual a la cantidad indicada por los medidores multiplicada por la función de corrección  $f(q)$ .

Los parámetros que determinan función de corrección  $f(q)$  pueden derivarse de los siguientes:

- de una tabla de desviaciones para todos los caudales evaluados en la calibración (por ejemplo: corrección por interpolación lineal entre todos los puntos de calibración); o
- a partir de los coeficientes de un polinomio de grado apropiado, y obtenido por ajuste de todos los puntos obtenidos en la calibración (ajuste mediante el método de mínimos cuadrados, véase la norma ISO 7066); o
- por cualquier otro método especificado por el fabricante.

En cualquier caso, la selección de los parámetros de la función de corrección  $f(q)$  deben asegurar que en todos los puntos, la curva de error es definida, continua y derivable para caudales entre  $Q_{\min}$  y  $Q_{\max}$ .

La corrección se autorizará solamente entre los diferentes puntos de calibración (no se admite extrapolación).

Como consecuencia, nunca podrá ejecutarse una corrección por debajo del  $Q_{\min}$  y por encima del  $Q_{\max}$ .

El fabricante tiene que demostrar que el tiempo de reacción de un dispositivo de corrección es consistente con la exactitud esperada en el caso de variaciones súbitas del caudal.

## **8.2 DISPOSITIVO INDICADOR**

### **8.2.1 Disposiciones generales**

**8.2.1.1** La lectura de las indicaciones deberá ser precisa, fácil y libre de ambigüedades. Si el dispositivo comprende varios elementos, éste deberá organizarse de forma tal que la lectura de la cantidad medida pueda hacerse mediante la simple yuxtaposición de las indicaciones de los diferentes elementos.

El signo decimal deberá aparecer de forma clara.

Las indicaciones de las principales magnitudes por medir deberán expresarse con ocho cifras significativas.

**8.2.1.2** El intervalo de escala de la indicación deberá ser de la forma  $1 \times 10^n$ ,  $2 \times 10^n$  o  $5 \times 10^n$  en unidades autorizadas de la cantidad medida, donde  $n$  es un número entero positivo, negativo, o cero.

**8.2.1.3** Para las cantidades medidas la desviación mínima de la cantidad especificada como se define en el numeral T.2.12 deberá ser igual o mayor que los siguientes valores:

- para dispositivos de indicación continua, la cantidad medida correspondiente a 2 mm sobre la escala o a un quinto del intervalo de escala (del primer elemento para los dispositivos de indicación mecánica), el que sea mayor, y;

- para dispositivos de indicación discreta, la cantidad medida correspondiente a dos intervalos de escala.

### **8.2.2 Dispositivos de indicación mecánica de medidores**

Cuando la graduación de un elemento es completamente visible, el valor de una revolución de dicho elemento deberá estar en la forma de  $10^n$  unidades autorizadas de volumen, masa o energía; sin embargo, esta regla no aplica al elemento correspondiente al alcance máximo del dispositivo indicador.

Sobre un dispositivo indicador que tenga varios elementos, el valor de cada revolución de un elemento cuya graduación es completamente visible debe corresponder al intervalo de escala del siguiente elemento.

Un elemento del dispositivo indicador puede tener movimiento continuo o discontinuo, pero cuando elemento diferentes del primero tienen solamente una parte de sus escalas visible a través de las ventanas, estos elementos deberán tener movimiento discontinuo.

El avance en una cifra de cualquier elemento que tenga movimiento discontinuo deberá ocurrir y ser completado cuando el elemento precedente pase de 9 a 0.

Cuando el primer elemento tiene solamente una parte de su escala visible a través de una ventana y tiene un movimiento continuo, la dimensión de dicha ventana deberá ser al menos igual a 1,5 veces la distancia entre dos graduaciones de marcas de escala consecutivas.

Todas las marcas de escala deberán tener el mismo ancho, constante a través de su línea y no exceder un cuarto del espaciamiento de escala. El espaciamiento aparente de escala deberá ser igual o mayor que 2 mm. La altura aparente de las cifras deberá ser igual a o mayor que 4 mm, a menos que se especifique algo diferente en los requisitos para sistemas de medición particulares.

### **8.2.3 Dispositivos de indicación electrónica**

La altura mínima de las cifras deberá ser 4 mm y el ancho mínimo deberá ser 2,4 mm.

Deberá ser posible leer los valores indicados clara y correctamente, dentro de un ángulo de  $55^\circ$  normal a la ventana, dentro del intervalo especificado de temperatura ambiente.

Cuando no se usan todos los dígitos del dispositivo indicador, cada dígito a la izquierda del dispositivo indicador que no está siendo usado deberá indicar cero.

Si el indicador no es permanente, el tiempo de indicación deberá ser al menos de 10 s.

Más aún, cuando el indicador es secuencial y automático, la energía o cuando ésta no esté disponible el volumen a condiciones base o la masa deberán mostrarse a intervalos no mayores que 15 s. Cada cantidad deberá mostrarse por al menos 5 s.

## **8.3 DISPOSITIVO DE IMPRESIÓN**

### **8.3.1 Escala de impresión**

El intervalo de escala impresa deberá ser de la forma  $1 \times 10^n$ ,  $2 \times 10^n$  o  $5 \times 10^n$  unidades autorizadas de cantidad, donde n es un número entero positivo, negativo o cero.

La escala de impresión no deberá ser inferior al menor de los intervalos de escala de los dispositivos indicadores.

### **8.3.2 Cantidad impresa**

Cuando un dispositivo de impresión provee el resultado de medición, deberán imprimirse la unidad de medición usada o su símbolo y el signo decimal (si lo contiene).

### **8.3.3 Parámetro de identificación**

El dispositivo de impresión también puede imprimir información que identifique la secuencia de medición, tal como: secuencia, número, fecha, identificación del medidor, etc.

Si el dispositivo de impresión está conectado a más de un sistema de medición, este deberá imprimir la identificación del sistema relevante.

## **8.4 DISPOSITIVO DE MEMORIA**

### **8.4.1 Unidad de almacenamiento**

Los sistemas de medición pueden disponer de un dispositivo de memoria para almacenar los resultados de medición hasta su uso o de mantener un registro de las transacciones comerciales, suministrando evidencias en caso de una disputa. Se considera que los dispositivos usados para leer la información almacenada están incluidos en los dispositivos de memoria.

### **8.4.2 Confiabilidad y capacidad de los medios**

Los medios sobre los cuales se almacenan los datos deben tener la suficiente permanencia para asegurar que los datos no se corrompan bajo condiciones normales de almacenamiento. Deberá haber suficiente almacenamiento de memoria para cualquier aplicación particular.

### **8.4.3 Agotamiento de la capacidad de almacenamiento**

Cuando el almacenamiento esté lleno, se permite borrar datos almacenados cuando se cumplan las siguientes dos condiciones:

- los datos se borran en el mismo orden en que se grabaron, respetándose las reglas establecidas para aplicación particular,
- la eliminación se lleva a cabo después de una operación manual especial.

### **8.4.4 Protección del almacenamiento de datos**

El registro en la memoria deberá ser tal que sea imposible modificar valores almacenados sin romper los sellos o ejecutar acciones similares.

## **8.5 INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN ASOCIADOS**

### **8.5.1 Generalidades**

Los instrumentos de medición asociados deberán estar de conformidad con las normas y Recomendaciones Internacionales pertinentes. Adicionalmente, dichos instrumentos deberán

poseer una exactitud tal que se cumplan los requisitos de exactitud aplicables a los sistemas de medición y los componentes, dados en el numeral 6.3.

Los instrumentos usados para la medición de temperatura, presión, presión diferencial, densidad y aquellos usados para determinar el poder calorífico deberán mostrar directamente y/o registrar los valores medidos, o deberán estar asociados con un transmisor para enviar las señales a un equipo aparte, usado para mostrar, registrar, o almacenar las cantidades medidas. En cualquier caso los resultados de medición deberán ser accesibles.

### **8.5.2 Intervalos de escala para instrumentos de medición asociados diferentes a DDPC**

La indicación de intervalos de escala de la densidad, la presión y la temperatura no deberán exceder el 25 % de los errores máximos permisibles para los instrumentos de medición asociados.

### **8.5.3 Intervalo de escala para DDPC**

Según sea el caso, el intervalo de escala deberá ser:  $5 \text{ kJ/m}^3$  o  $1 \text{ Wh/m}^3$ , o  $5 \text{ kJ/kg}$  o  $1 \text{ Wh/kg}$ .

## **8.6 DISPOSITIVO DE CONVERSIÓN DE VOLUMEN**

### **8.6.1 Generalidades**

**8.6.1.1** Todos los elementos constitutivos de los dispositivos de conversión deberán estar contruidos de materiales que tengan las calidades apropiadas para resistir las diversas formas de degradación que pueden ocurrir bajo condiciones normales de operación, tal y como lo especifique el fabricante. Los dispositivos de conversión instalados correctamente también serán capaces de resistir las influencias externas normales. Los dispositivos de conversión deberán, bajo todas las circunstancias, soportar sobrecargas de presión y de temperatura para las cuales fueron diseñados, sin fallas en su funcionamiento.

**8.6.1.2** Los dispositivos de conversión deberán estar diseñados de forma que estos no degraden la exactitud de medición del medidor con el cual se asocien.

**8.6.1.3** El factor de conversión deberá recalcularse a intervalos que no excedan los treinta segundos.

Sin embargo, cuando no se recibe señal del medidor de gas por más de treinta segundo, el recálculo no se requiere hasta que se reciba la siguiente señal.

**8.6.1.4** Los dispositivos de conversión pueden asociarse con interfaces permitiendo la conexión de dispositivos suplementarios. Tales conexiones no deberán degradar la operación metrológica del dispositivo de conversión.

**8.6.1.5** Los cables de interconexión entre el calculador y los transductores son parte integral del dispositivo de conversión. El fabricante deberá especificar la longitud y características de las uniones de interconexión donde estas puedan afectar la seguridad o la exactitud de la medición del dispositivo de conversión.

## **8.7 CALCULADOR**

**8.7.1** Los datos no medidos necesarios para las conversiones y la corrección deberán estar incluidos en el calculador antes de ejecutar una medición. Deberá ser posible imprimirlos o mostrarlos en la memoria del calculador. Cualquier modificación de los datos no medidos

deberá requerir una ruptura de los sellos de seguridad o una actualización del registro de auditoría.

**8.7.2** En caso de que cualquier calculador se suspenda, este deberá mantener en su memoria las magnitudes por medir principales, parámetros de entrada como por ejemplo la presión, la temperatura y las indicaciones de alarma. El calculador deberá mantener los valores que estaban al momento en que se suspendió.

Los datos permanecerán accesibles por un mínimo de seis meses. El calculador deberá ser capaz de reanudar su operación normal tan pronto como la causa de su suspensión haya sido eliminada.

## **8.8 DISPOSITIVO PARA DETERMINACIÓN DE PODER CALORÍFICO**

### **8.8.1 Tipos de dispositivos para determinación de poder calorífico**

El poder calorífico del gas natural puede determinarse usando diferentes técnicas, las cuales hacen parte de las siguientes categorías:

- medición directa, P. Ej.
  - combustión directa,
  - combustión catalítica,
- medición indirecta, P. Ej.
  - combustión estequiométrica,
- determinación por inferencia, P. Ej.
  - correlación con otras propiedades medidas,
  - cálculo basado en la composición.

Dependiendo de algunas condiciones, pueden usarse dispositivos de medición en-línea o por fuera de línea.

Los dispositivos para determinación de poder calorífico en-línea tienen su sistema de muestreo conectado directamente a la red de gas.

En los dispositivos para la determinación del poder calorífico por fuera de línea, el muestreo se realiza indirectamente, usando por ejemplo cilindros de gas.

Cuando se tenga sistema de muestreo, este no deberá influenciar otras partes del sistema de medición y también deberá permitir la toma de muestras representativas del gas que pasa por el medidor.

Las directrices para el diseño y la operación de sistemas de muestreo se describen en la norma ISO 10715 (Gas natural – Directrices para el muestreo).

### **8.8.2 Procedimientos de ajuste**

El objetivo de un procedimiento de ajuste es llevar al dispositivo para la determinación del poder calorífico a su condición de operación de conformidad con su uso y exactitud previstos.

Si aplica (véanse los numerales 6.4.3 y 8.8.3), el fabricante deberá suministrar el procedimiento de ajuste apropiado.

En particular, los procedimiento de ajuste deberán establecerse tomando en cuenta los siguientes factores:

- el número de gases de calibración para cubrir el intervalo operacional;
- el intervalo de ajuste (P. Ej. el intervalo entre ajustes será una función de la estabilidad y la repetibilidad del instrumento de medición);
- la duración del ensayo de ajuste y del número de ajustes.

Estos gases de calibración deberán ser preparados y certificados de acuerdo con el Anexo E.

La incertidumbre de medición de los gases de calibración deberá cumplir satisfactoriamente el requisito dado en el numeral 10.

Para dispositivos cromatográficos, el gas deberá contener los componentes esenciales.

### **8.8.3 Intervalo de ajuste**

El intervalo de ajuste deberá estar limitado con el propósito de evitar correcciones excesivas. Los respectivos límites deberán ser los apropiados para el uso previsto. El DDPC nunca deberá operar por fuera de su alcance y generar un mensaje de advertencia.

### **8.8.4 Políticas metrológicas relativas a las mediciones de poder calorífico**

De acuerdo con sus políticas, las Autoridades metrológicas pueden imponer, en particular, una o más de las siguientes disposiciones:

- periodicidad de las rutinas de verificación de DDPC por parte del usuario,
- periodicidad de las rutinas de ajuste de DDPC por parte del usuario,
- prohibir al usuario el acceso a los dispositivos de ajuste de DDPC,
- la presencia de medios de ajuste automático interno para DDPC,
- el(los) tipo(s) de DDPC a ser usados.

### **8.8.5 Almacenamiento de datos**

El DDPC deberá estar acompañado de un dispositivo auxiliar que permita el almacenamiento apropiado de los datos con el propósito de determinar valores representativos de poder calorífico.

## **8.9 DISPOSITIVO DE CONVERSIÓN DE ENERGÍA**

Cualquier disposición relevante en el numeral 8.6 aplica por analogía a los dispositivos de conversión de energía.

## **9. REQUISITOS TÉCNICOS PARA DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS**

### **9.1 REQUISITOS GENERALES**

**9.1.1** Los sistemas y dispositivos de medición electrónicos se deben diseñar y fabricar para que sigan funcionando tal como fueron diseñados y para que su error no exceda los errores máximos permisibles bajo las condiciones nominales de funcionamiento que se definen en los numerales 6.2 y 6.3.

NOTA Para instrumentos de medición fabricados, la reglamentación nacional o regional podría prever que la operación permanente bajo condiciones nominales de funcionamiento es responsabilidad del fabricante. Esto puede permitir al fabricante reemplazar elementos puramente digitales los cuales no pueden influenciar las características y/o el desempeño de los instrumentos de medición mediante otros elementos equivalentes sin tener que demostrar que el IM continua funcionando como fue diseñado.

**9.1.2** Los sistemas y dispositivos de medición electrónicos se deben diseñar y fabricar de tal forma que no ocurran fallas significativas cuando son expuestos a las perturbaciones especificadas en el Anexo A.

**9.1.3** Los requisitos en los numerales 9.1.1 y 9.1.2 deben ser permanentes. Para este propósito los sistemas de medición electrónicos se deben proporcionar con las facilidades de verificación especificadas en el numeral 9.3. Sin embargo este requisito no es aplicable al aseguramiento interno (facilidades para verificación interna...) de medidores de gas diseñados en conformidad con una recomendación internacional OIML.

**9.1.4** Un patrón de un sistema o dispositivo de medición cumple con los requisitos dados de los numerales 9.1.1 a 9.1.3 si pasa las pruebas y la inspección especificadas en los numerales (10.2.11.1 y 10.2.11.2).

**9.1.5** Los sistemas de medición deben permitir la recuperación de la información relacionando la cantidad medida contenida dentro del instrumento de medición antes de una falla significativa ocurrida y detectada por las facilidades de verificación.

**9.1.6** Las conexiones eléctricas deberían ser claramente identificadas. Si están destinados a ser utilizados separadamente con equipos periféricos aprobados, deben adaptarse al estándar de comunicación eléctrico usado por el equipo periférico para transmitir su información. La compatibilidad no solo incluirá los niveles y la forma de la señal eléctrica, sino también el protocolo de comunicación en uso.

NOTA este numeral es únicamente aplicable a los aspectos metrológicos del enlace.

### **9.2 DISPOSITIVOS PARA SUMINISTRO DE ENERGÍA**

#### **9.2.1 Suministro de energía externa (AC o DC)**

En caso de falla del suministro de energía externo y ante la falla del suministro de energía de emergencia, se deben registrar los últimos parámetros y alarmas medidos.

#### **9.2.2 Dispositivo alimentado con baterías**

El fabricante debe especificar la duración mínima de funcionamiento sin reemplazo de las baterías bajo las siguientes condiciones:

- Entrada de frecuencia máxima permisible desde el medidor;

- Temperatura ambiente mínima;
- $P_{\text{máx}}$  y  $T_{\text{mín}}$ .

El instrumento debe indicar que la batería o cualquier forma de suministro eléctrico tienen que ser recargados o remplazados antes que se haya excedido el 90 % de la vida o de la vida estimada de la batería.

Debe ser posible el reemplazo de la batería sin romper cualquier sello metrológico del dispositivo. Se pueden proporcionar sellos separados para el compartimiento de la batería.

Durante el cambio de la batería se tiene que mantener la siguiente información (cuando sea aplicable):

- la energía,
- el volumen a condiciones base,
- la masa,
- el volumen a condiciones de medición,
- el volumen corregido,
- el poder calorífico,
- la indicación de alarmas,
- el registro de eventos,
- los datos entrados especificados en el numeral 8.7.1.

Se debe usar el tipo de batería especificado por el fabricante.

### **9.3 FACILIDADES DE VERIFICACIÓN**

#### **9.3.1 Acciones de las facilidades de verificación**

La detección mediante las facilidades de verificación de fallas significativas debe resultar en las acciones siguientes, de acuerdo con su tipo:

##### **9.3.1.1 Facilidades de verificación de Tipo N**

Una alarma visible o audible para la atención del operador.

##### **9.3.1.2 Facilidades de verificación de Tipo I o P**

- corrección automática de la falla, o,
- parada únicamente del dispositivo defectuosos cuando el sistema de medición continúa cumpliendo con las regulaciones sin este dispositivo, o,
- una alarma visible o audible para el operador. Esta alarma debe operar hasta que la causa de la alarma sea suprimida. Adicionalmente, cuando el sistema de medición

transmite datos al dispositivo auxiliar, la transmisión se debe acompañar por un mensaje indicando la presencia de la falla.

NOTA 1 La tercera acción no es aplicable para las perturbaciones especificadas en el Anexo A, ya que no se permiten fallas significativas durante las pruebas.

NOTA 2 Adicionalmente, el sistema de medición puede ser provisto con dispositivos para estimar la cantidad de gas que ha pasado a través de la instalación durante el evento de la falla. El resultado de este estimado no debe ser malinterpretado como una indicación válida.

Sin embargo no es suficiente una alarma visible o audible a menos que la alarma sea transferida a una estación remota. La transmisión de la alarma no necesita ser asegurada siempre que su evento, si lo hay, siga siendo accesible hasta el arreglo de la transacción.

### **9.3.2 Facilidades de verificación para los dispositivos de medición de flujo**

El objetivo de estas facilidades de verificación es verificar la presencia de los dispositivos de medición de flujo, su correcta operación y corrección de la transmisión de datos.

**9.3.2.1** Cuando las señales producidas por los dispositivos para medición de flujo se componen de pulsos, cada uno es representativo de un volumen elemental, la facilidad de verificación debe operar al menos cada dos pulsos. Sin embargo, si el periodo entre dos pulsos consecutivos es menor de 30 s, no es necesario para la facilidad de verificación operar más que una vez por minuto.

Los dispositivos de medición de flujo pueden generar más de una señal primaria de orígenes diferentes (diferentes fases y/o frecuencias). En este caso, una facilidad de verificación del Tipo I se puede usar para comparar las diferentes señales.

Cuando las señales producidas por los dispositivos para medición de flujo se componen de pulsos, cada uno es representativo de un volumen elemental, se debe considerar la seguridad Nivel B especificada en el estándar ISO 6551, excepto para equipos con una longitud de cable de más de 3 m, para los cuales puede ser aplicado el Nivel C.

Debe ser posible demostrar la operación de esta facilidad de verificación durante la homologación:

- Por desconexión del transductor de medición,
- por la remoción de una de las fuentes de impulso del sensor,
- por remoción del suministro de energía del transductor de medición.

Esta comprobación también debe ser posible en la verificación inicial a menos que la presencia y la eficiencia de la facilidad de verificación estén aseguradas mediante la homologación.

**9.3.2.2** En caso de cualquier otra posibilidad tecnológica, la facilidad de verificación debe asegurar niveles equivalentes de seguridad.

### **9.3.3 Facilidades de verificación para el calculador**

Los siguientes requisitos aplican a cualquier parte del sistema que realiza los cálculos, la calculadora por supuesto, pero también en particular, a los dispositivos para determinar el poder calorífico o si aplica a otros instrumentos de medición asociados.

El objeto de esta facilidad de verificación es comprobar que el sistema calculador funciona correctamente y asegurar la validez de los cálculos realizados.

No hay método especial reglamentario para indicar que estas facilidades de verificación funcionan correctamente.

**9.3.3.1** La verificación del funcionamiento del sistema de cálculo debe ser de Tipo P o I. en este último caso, debe ocurrir la verificación, al menos, cada 5 min.

El objetivo de la verificación es comprobar que:

- a) el valor de todas las instrucciones y datos almacenados permanentemente son correctos, mediante métodos tales como:
  - resumir todas las instrucciones y códigos de datos y comparar la suma con un valor fijo,
  - bit de paridad línea y columna (LRC y VRC),
  - comprobar la redundancia cíclica (CRC 16),
  - doble almacenamiento de datos independiente,
  - almacenamiento de datos en “codificación segura”, por ejemplo protegido por suma de chequeo, bit de paridad línea y columna,
- b) todos los procesos de transferencia interna y almacenamiento de datos relevantes para el resultado de medición son ejecutados correctamente, mediante métodos tales como:
  - rutinas de escritura – lectura,
  - conversión y reconversión de códigos,
  - uso de la “codificación segura” (suma de chequeo, bit de paridad),
  - doble almacenamiento.

**9.3.3.2** La verificación de la validez de los cálculos debe ser de Tipo P. esta consiste en verificar el valor correcto de todos los datos relacionados con la medición en cualquier momento que estos datos sean internamente almacenados o transmitidos desde/hacia equipos periféricos a través de una interfase; esta verificación puede ser hecha por medio de métodos tales como bit de paridad, suma de chequeo o doble almacenamiento.

Adicionalmente, el sistema de cálculo se debe proveer con un medio de control de la continuidad del programa de cálculo.

#### **9.3.4 Facilidad de verificación para los dispositivos de indicación**

El objetivo de esta facilidad de verificación es comprobar que las indicaciones primarias sean mostradas y que corresponden con los datos provistos por el calculador, adicionalmente, tiene por objeto verificar la presencia de los dispositivos indicadores, cuando son removibles.

El control se puede realizar de acuerdo con el primer enfoque, ya sea en el numeral 9.3.4.2 o en el segundo enfoque numeral 9.3.4.3.

**9.3.4.1** A menos que la presencia y la eficiencia de la facilidad de verificación se asegure mediante la homologación, debe ser posible determinar durante la verificación que las facilidades de verificación del dispositivo de indicación están trabajando, por uno de estos dos:

- mediante desconexión de todo o parte del dispositivo de indicación, o mediante
- una acción en la cual se simule una falla en el display, como utilizando un botón de pruebas.

#### **9.3.4.2 Primer enfoque**

Esta verificación consiste en verificar el dispositivo de indicación completo.

La facilidad de verificación del dispositivo de indicación es de Tipo P. Sin embargo, puede ser de Tipo I si se proporciona una indicación primaria por otro dispositivo.

Los métodos pueden incluir, por ejemplo:

- para dispositivos de indicación que usan filamentos incandescentes o LEDs, medición de la corriente en los filamentos,
- para dispositivos de indicación que usan tubos fluorescentes, medición del voltaje de red, o,
- para dispositivos de indicación que usan cristal líquido, verificación de la salida del voltaje de control de las líneas segmentos y de los electrodos comunes, con el fin de detectar cualquier desconexión o cortocircuito entre los circuitos de control.

#### **9.3.4.3 Segundo enfoque**

Primero, la facilidad de verificación para el dispositivo de indicación debe incluir verificación Tipo I o Tipo P de los circuitos electrónicos usados por el dispositivo de indicación (excepto en los circuitos de conducción de la misma pantalla). La Tipo I puede ser usada si se proporciona una indicación primaria por otro dispositivo.

Segundo, la facilidad de verificación para el dispositivo de indicación debe incluir una verificación Tipo N para la pantalla.

Este control debe tener las siguientes características:

- visualización de todos los elementos ("ocho" pruebas),
- extinción de todos los elementos ("blanco"),
- visualización de los "ceros" o,
- cualquier otra secuencia de pruebas automáticas mostrando todos los posibles estados para cada elemento del display.

#### **9.3.5 Facilidades de verificación para dispositivos auxiliares**

Un dispositivo auxiliar (dispositivo redundante, dispositivo de impresión, dispositivo de memoria, etc.) con indicación primaria debe incluir facilidades de Tipo I o P. el objeto de esta facilidad de verificación es comprobar la presencia de los dispositivos auxiliares, cuando es un

dispositivo necesario, y verificar la correcta transmisión de datos entre el calculador y el dispositivo auxiliar.

En particular, la verificación de un dispositivo de impresión tiene como fin asegurar que los controles de impresión correspondan a los datos transmitidos por el calculador. A menos que se deba verificar lo siguiente:

- presencia del papel,
- el circuito de control electrónico (excepto el circuito conductor del mismo mecanismo de impresión).

Durante la homologación debe ser posible comprobar que las facilidades de verificación del dispositivo de impresión están funcionando, mediante la simulación de un fallo en la impresión, como usando un botón de prueba. Esta verificación también debe ser posible en la verificación inicial a menos que la presencia y la eficiencia de la facilidad de verificación se asegure mediante la homologación.

En el caso de un dispositivo de memoria se debe verificar la correcta memorización.

En caso de que la acción de la facilidad de verificación sea una advertencia, se debe determinar en o mediante los dispositivos auxiliares en cuestión.

### **9.3.6 Facilidades de verificación para los instrumentos de medición asociados**

Los instrumentos de medición asociados deben incluir una facilidad de verificación Tipo P. El objetivo de esta facilidad de verificación es asegurar que la señal dada por estos instrumentos asociados esta dentro de un rango de medición predeterminado.

NOTA esta disposición no esta relacionada con el valor de las fallas importantes, pero es con el fin de proporcionar durabilidad.

Mientras es detectado un funcionamiento defectuoso por la facilidad de verificación, no se permitirá cualquier nuevo aumento de las cantidades convertidas. Sin embargo, se permite calcular por separado valores de información convertidos cuando la señal dada por los instrumentos asociados está fuera de un rango de medición predeterminado.

El volumen a condiciones de medición, y si es incluido el volumen corregido, siempre debe aumentar.

En los casos donde los instrumentos de medición asociados desarrollan cálculos, en particular a dispositivos para determinación del poder calorífico, aplican adicionalmente las disposiciones dadas en el numeral 9.3.3.

### **9.3.7 Facilidad de verificación para el control del equipo controlador de flujo**

Aplican las disposiciones dadas en el numeral 9.3.6 para el control de equipo controlador de flujo

## **10. CONTROL METROLÓGICO**

### **10.1 GENERALIDADES**

**10.1.1** Un sistema de medición siempre deberá ser examinado en su lugar de uso. En cualquier caso el sistema de medición en uso tiene que cumplir satisfactoriamente o tiene que asumirse que cumple satisfactoriamente los requisitos aplicables.

Esto también podría llevar a ejecutar pruebas en sitio. Sin embargo, en particular para el caso de un medidor o un módulo de medición, las pruebas en sitio son generalmente difíciles o imposibles de ejecutar. Por esta razón, la Autoridad Nacional puede decidir cuales pruebas se desarrollarán en laboratorio. Esta Recomendación ha sido establecida (en particular el Anexo B) con el propósito de brindar confianza a las mediciones en sitio aún si algunas pruebas no se ejecutan en sitio.

También debe tenerse en cuenta que de acuerdo con las actuales prácticas, la verificación de energía solamente puede llevarse a cabo sobre la base de la verificación por separado de los módulos. Esta aproximación modular conduce a verificar en laboratorio o en sitio de acuerdo con lo que sea más apropiado para cada módulo (véase el Anexo C):

- el medidor teniendo en cuenta las condiciones de instalación del mismo dentro del sistema, lo que representa el módulo medidor,
- si aplica, el dispositivo para convertir la cantidad a las condiciones de medición a volumen a condiciones base o a masa,
- si aplica, el dispositivo usado para determinar el poder calorífico,
- si aplica, el dispositivo para convertir el volumen a condiciones base o la masa en energía.

**10.1.2** Cuando se ejecuta una prueba, la incertidumbre expandida  $U$  (con  $k=2$ ) para la determinación de errores asociados a indicaciones de volumen o masa, deberá ser menos de la tercera parte del error máximo permisible aplicable en la homologación, en la verificación inicial y posteriores. Sin embargo, la incertidumbre nunca requiere ser menor de 0,3 %.

NOTA Esta última cifra se orienta a una relación incertidumbre / EMP que puede considerarse grande en metrología legal para homologación pero que corresponde al estado del arte para calibración en medición de gas y a la necesidad de la industria, incluso puede dar lugar a una falsa idea de la exactitud real teniendo en cuenta las incertidumbres. Además:

- a menudo el patrón usado para ajuste es el mismo usado para verificación,
- el EMP aplica a errores después de ajuste usando EPP o corrección.

Esto limita el riesgo de rechazo indebido de instrumentos correctos.

Para la determinación de errores en indicaciones poder calorífico la incertidumbre expandida deberá ser menor que la tercera parte del error máximo permisible aplicable a cada etapa del control metrológico.

La estimación de la incertidumbre expandida se realiza de acuerdo con la Guía para la expresión de la incertidumbre en medición (edición 1995).

En la medida de lo posible, los patrones de trabajo y su uso estarán sujetos a las Recomendaciones Internacionales específicas.

## **10.2 HOMOLOGACIÓN**

### **10.2.1 Generalidades**

Los sistemas de medición sujetos a control metrológico legal deberán estar sujetos a homologación.

La homologación de un sistema de medición es un concepto general puesto que un sistema puede involucrar componentes muy diferentes del medidor, los cuales pueden estar compartidos con otros sistemas. Esto también puede involucrar soportes documentales. En particular, esto puede ser cierto para un sistema de medición Clase C. En cualquier caso, la homologación (o homologación unitaria) para sistemas completos deberá concederse después de haber verificado que los requisitos especificados en esta Recomendación se cumplen satisfactoriamente para el sistema. Sin embargo, esto muestra que el concepto de sistema de medición puede ser muy abstractivo y en algunos casos el certificado de homologación puede ser reemplazado por cualquier documento adecuado que suministre la autorización exigida por la Ley.

Además, los elementos de un sistema de medición, y en particular aquellos mencionados en la siguiente lista, pueden estar sujetos a homologación por separado (bien sea en virtud de la presente Recomendación o de recomendaciones específicas o del certificado de homologación del sistema de medición):

- módulo medidor;
- calculador electrónico asociado con el dispositivo indicador;
- dispositivo indicador;
- dispositivo de conversión;
- instrumento de medición de presión asociado;
- instrumento de medición de temperatura asociado;
- instrumento de medición de densidad asociado; y,
- dispositivo para la determinación del poder calorífico.

Sin embargo, se considera que no es necesaria la homologación de un sensor de temperatura de conformidad con la norma IEC 751/A2.

En la medida de lo posible, información sobre la compatibilidad de un dispositivo con otros es suministrada en el certificado de homologación.

## **10.2.2 Documentación**

**10.2.2.1** La solicitud de homologación de un sistema de medición o de un elemento constitutivo de un sistema de medición deberá estar acompañada de los siguientes documentos:

- una descripción de las características técnicas y del principio de operación;
- un dibujo o fotografía;
- diagramas de instrumentación y procesos;
- una lista de partes (con la descripción de aquellas partes y materiales constitutivos cuando sea relevantes a nivel metrológico);
- un diagrama de ensamble (con la identificación de los elementos constitutivos);

- para el sistema de medición, las referencias a los certificados de homologación de los elementos constitutivos, en caso de que aplique;
- para un módulo medidor y un medidor equipado con un dispositivo de corrección, una descripción de los medios usados para determinar los parámetros de corrección;
- un diagrama mostrando las posiciones de los sellos y marcas de verificación;
- un plan de las inscripciones prescritas;
- para un DDPC, sus procedimientos de ajuste;
- los soportes documentales; y,
- cualquier documento o prueba que soporte la suposición de que el diseño y construcción del sistema de medición cumple los requisitos de esta Recomendación.

**10.2.2.2** En el caso de un sistema de medición electrónico, la solicitud también deberá incluir:

- cuando apliquen, una descripción de los sellos electrónicos;
- una descripción funcional de los diferentes dispositivos electrónicos;
- un diagrama de flujo del software, explicando como opera el dispositivo electrónico.

**10.2.2.3** El solicitante deberá suministrar a la organización responsable de la evaluación un instrumento que represente el modelo final o acceso completo a la instalación.

### **10.2.3 Certificado de homologación**

El certificado de homologación deberá contener la siguiente información:

- nombre y dirección del beneficiario del certificado de homologación;
- nombre y dirección del fabricante, si este no es el beneficiario;
- tipo y/o nombre comercial;
- principales características técnicas y metrológicas;
- marca de homologación;
- período o límite de validez;
- condiciones nominales de operación;
- condiciones específicas para verificación inicial y posterior, si aplica;
- información sobre la posición de las marcas de homologación, las marcas de verificación inicial y los sellos (por ejemplo fotografías o dibujos);
- lista de los documentos que acompañan el certificado de homologación;
- observaciones especiales.

Cuando aplique, la versión del parte metrológico (el parte completo si no hay un parte metrológico específico) del software evaluado deberá estar indicada en el certificado de homologación o en sus anexos.

#### **10.2.4 Modificación de un modelo aprobado**

El beneficiario de la homologación deberá informar al ente que concedió la homologación acerca de cualquier modificación o cualquier adición sobre un modelo aprobado.

Las modificaciones o adiciones deberán estar sujetas a aprobación suplementaria cuando estas influyen o puedan influenciar los resultados de medición o las características metrológicas.

La organización a cargo de la aprobación del modelo modificado tiene que considerar la naturaleza de la modificación y los registros iniciales al momento de decidir cuándo y en qué medida extiende los exámenes y pruebas aplicables que tienen que ser desarrollados sobre el modelo modificado. Deberá llevarse a cabo una homologación nueva o suplementaria cuando el sistema de medición o dispositivo modificados dejen de cumplir las disposiciones del certificado de aprobación inicial.

#### **10.2.5 Homologación de un sistema de medición**

La homologación de un sistema de medición comprende la verificación de si los elementos constitutivos del sistema satisfacen los requisitos aplicables (aún si la homologación no es solicitada para los elementos constitutivos) y que estos elementos constitutivos son compatibles entre sí. Por ejemplo las pruebas de desempeño sobre la exactitud de un calculador tiendes que ser ejecutadas en cualquier caso cuando un dispositivo incluya un calculador.

Por lo tanto, las pruebas para llevar a cabo la homologación de un sistema de medición deberán determinarse sobre la base de homologaciones (o evaluaciones) ya concedidas a los elementos constitutivos del sistema.

Cuando ninguno de los elementos constitutivos ha sido objeto de homologación por separado, deberán ejecutarse todas las pruebas aplicables citadas en los numerales 10.2.6 a 10.2.12 sobre el sistema de medición completo. De lo contrario, cuando los diferentes elementos constitutivos están todos aprobados por separado, es posible reemplazar la homologación basada en ensayos por la homologación sobre planos y diseños.

También es apropiado reducir el programa de evaluación de la homologación cuando el sistema de medición incluye elementos constitutivos idénticos a aquellos que componen otro sistema de medición que ha sido aprobado, y cuando las condiciones de operación de estos elementos son idénticas.

NOTA Es aconsejable que los elementos constitutivos estén sujetos a homologación por separado cuando se destinan a equipar varios modelos de sistemas de medición. En particular, esto es aconsejable cuando los diferentes sistemas de medición tienen diferentes fabricantes y cuando los entes a cargo de las homologaciones son diferentes.

Cuando el sistema de medición involucre soportes documentales, se implementarán análisis e investigaciones apropiados.

#### **10.2.6 Homologación de un módulo medidor**

Un módulo medidor deberá cumplir todos los requisitos aplicables establecidos en esta Recomendación, en cuanto a la parte hidráulica del sistema de medición, en particular

incluyendo el medidor. Específicamente, la comunicación entre un medidor y un dispositivo electrónico deberá asegurarse con facilidades de verificación.

Es aplicable la filosofía de la aproximación modular especificada en el numeral 10.1.1.

Los siguientes exámenes y pruebas deberán llevarse a cabo sobre el módulo medidor.

El módulo medidor deberá estar dotado de todos los dispositivos auxiliares que puedan influenciar la exactitud del módulo medidor. El dispositivo de medición de caudal también puede ser ensayado sin el calculador y el dispositivo indicador, siempre que estos hayan sido objeto de una homologación por separado. Si dicho dispositivo de medición de caudal está destinado a conectarse con un calculador dotado de un dispositivo de corrección, el algoritmo de corrección tal y como lo describe el fabricante debe ser aplicado a la señal de salida del transductor de medición para determinar su error.

#### **10.2.6.1 Ensayos de exactitud a condiciones nominales de operación**

A las condiciones nominales de operación declaradas por el fabricante, los errores de los módulos de medición deberán determinarse a un mínimo de siete caudales los cuales están distribuidos sobre el intervalo de medición a intervalos apropiados (P. Ej.  $Q_{\min}$ , 5, 15, 25, 40, 70, 100 % de  $Q_{\max}$ ). A cada caudal los errores deberán determinarse al menos tres veces, de manera independiente y consecutiva.

Cada error individual deberá registrarse con el fin de calcular el error global del módulo medidor a las condiciones de medición, teniendo en cuenta los ensayos referenciados en el numeral 10.2.6.2 y establecidos en el Anexo B.

Además de los resultados de los ensayos de exactitud a las condiciones nominales de operación deberán cumplirse los requisitos de repetibilidad dados en el numeral 6.6.

#### **10.2.6.2 Ensayos de exactitud a condiciones de medición**

**10.2.6.2.1** Se realizarán los ensayos descritos en el Anexo.

**10.2.6.2.2** Además, y cuando sea aplicable, los resultados de los ensayos referenciados en los numerales 10.2.6.1 y 10.2.6.2.1 se tomarán en cuenta para determinar los EMPs en la primera etapa de la verificación inicial, de acuerdo con el literal B.6.1.

**10.2.6.2.3** Los ensayos en la situación real de uso pueden ser necesarios de acuerdo con la tecnología y las políticas de la Autoridad Legal. Estos ensayos son obligatorios para medidores de tecnologías diferentes a aquellas consideradas en el Anexo B.

**10.2.6.2.4** Los ensayos de durabilidad deberán ejecutarse usando gas con el cual se prevea el uso del módulo de medición o con un gas de efectos similares considerando la durabilidad. Cuando se tenga previsto el uso del módulo medidor para medir dos o más gases, el ensayo deberá ejecutarse con el gas que suministre las condiciones más severas. Sin embargo, cualquier otro gas puede usarse siempre y cuando se pueda demostrar que el ensayo es equivalente.

Los ensayos pueden realizarse solo sobre el medidor si puede asumirse que las demás partes del módulo medidor no influenciarán el resultado del ensayo.

Un ensayo de exactitud deberá preceder los ensayos de durabilidad.

En principio, la duración del ensayo de durabilidad deberá ser 2000 h en uno o más períodos sin que se extienda por más de 120 d a 150 d.

El ensayo deberá ejecutarse a un caudal entre  $0,8 \times Q_{\text{máx}}$  y  $Q_{\text{máx}}$ .

En la medida de lo posible, el módulo medidor está sujeto a los ensayos de durabilidad sobre un banco de ensayos. Sin embargo, se acepta que el módulo medidor esté montado temporalmente en un sistema de medición bajo operación normal, en cuyo caso es necesario que el caudal nominal de operación del módulo medidor sea superior a  $0,8 \times Q_{\text{máx}}$ .

Después del ensayo de durabilidad, el módulo medidor estará sujeto a un ensayo de exactitud de nuevo. Las desviaciones entre el valor medio de los errores determinados antes y después del ensayo de durabilidad deberán permanecer dentro de los límites especificados en 6.7 sin realizar ningún cambio en el ajuste o la corrección.

**10.2.6.2.5** Cuando el módulo medidor está asociado a componentes electrónicos, será necesario llevar a cabo exámenes y ensayos como se describe en el numeral 10.2.11 para dispositivos electrónicos.

### **10.2.7 Homologación de un dispositivo para determinación de poder calorífico**

Con el propósito de verificar que un DDPC cumple satisfactoriamente los requisitos aplicables, este debe someterse a las siguientes disposiciones.

Antes de los ensayos el DDPC se ajusta de acuerdo con el procedimiento del fabricante.

Cuando sea aplicable (véase el numeral 8.8.3), en el curso de los ensayos el DDPC es reajustado de acuerdo con el intervalo de ajuste y el procedimiento de ajuste especificado por el fabricante. Cualquier ajuste es registrado y deberá mencionarse en el reporte de ensayo.

#### **10.2.7.1 Ensayos de desempeño bajo condiciones de referencia**

Como regla general, los ensayos deberán llevarse a cabo usando un mínimo de seis gases de ensayo con poder calorífico certificado y trazable. El intervalo de poderes caloríficos de estos gases de ensayo deberá ser más amplio que el requerido en el intervalo de operación; normalmente el poder calorífico de uno de los gases de ensayo es ligeramente menor que el mínimo del intervalo operacional y otro es ligeramente superior al valor máximo del intervalo operacional. Los demás gases deberán estar espaciados uniformemente sobre el alcance de medición.

La exactitud del DDPC deberá estar de conformidad con los requisitos de datos en la Tabla 2. Sin embargo, si esta disposición no se cumple para los gases de calibración que tienen valores ligeramente por fuera del intervalo operacional, los ensayos respectivos pueden repetirse con el propósito de adaptarse mejor a este intervalo.

#### **10.2.7.2 Ensayos de desempeño bajo magnitudes de influencia**

Estos ensayos se orientan a verificar que de manera íntegra el DDPC cumple con las disposiciones de los numerales 9.1.1 y 9.1.2 con respecto a las magnitudes de influencia.

Estos ensayos se especifican en el Anexo A.

a) Desempeño bajo el efecto de factores de influencia:

Los ensayos se llevan a cabo usando al menos un gas cuyo poder calorífico o composición difiere mayoritariamente del(los) gas(es) usado(s) para ajuste, cuando sea posible.

Cuando se somete al efecto de los factores de influencia como se describe en el Anexo A, el equipo deberá continuar operando correctamente y los errores no deberán exceder los errores máximos permisibles aplicables.

b) Desempeño bajo el efecto de perturbaciones:

Los ensayos se llevan a cabo usando un gas dentro del intervalo de medición.

Cuando se somete a perturbaciones externas como se establece en el Anexo A, no deberán ocurrir fallas significativas.

### **10.2.7.3 Repetibilidad**

Los ensayos son llevados a cabo usando gases de poder calorífico constante, o de composición constante, según corresponda, pero no necesariamente de valor certificado.

Se usan tres gases, uno cercano al mínimo poder calorífico, uno cercano al máximo poder calorífico y uno aproximadamente en el medio del intervalo. Al menos cinco (y normalmente no más de diez) mediciones son efectuadas con cada gas.

Los tres errores de repetibilidad determinados deberán cumplir satisfactoriamente el requisito dado en el numeral 6.4.2.

### **10.2.7.4 Intervalo de ajuste y deriva**

La verificación del intervalo de ajuste se realiza usando el mismo gas al inicio y al final del intervalo de ajuste.

Se usan los mismos gases a los cuales se hizo referencia en los ensayos de repetibilidad.

La deriva deberá cumplir satisfactoriamente el requisito dado en el numeral 6.4.3. La tolerancia aplica al valor medio de las tres mediciones.

### **10.2.7.5 Influencia de la composición del gas**

El ensayo deberá ejecutarse usando al menos dos gases de composiciones diferentes con aproximadamente el mismo poder calorífico. Estos gases pueden ser usados para los ensayos de exactitud señalados particularmente en el numeral 10.2.7.1.

La diferencia de los valores de poder calorífico debe estar dentro del 3 % y la variación de las fracciones molares de los componentes principales debe ser superior al 5 %.

Tres mediciones de poder calorífico se ejecutan con cada gas. Para cada gas se calcula el valor medio de los tres resultados.

Se calcula la diferencia entre el valor convencionalmente verdadero para el Gas 1 y el valor convencionalmente verdadero para el Gas 2.

Se calcula la diferencia entre el valor medio del Gas 1 y el valor medio del Gas 2.

La diferencia algebraica entre estas dos diferencias deberá cumplir satisfactoriamente los requisitos dados en el numeral 6.4.4.

Si se usan más de dos gases, el procedimiento deberá repetirse y adaptarse.

#### **10.2.7.6 Tiempo de respuesta**

Los gases usados son los mismos empleados en los ensayos del numeral 10.2.7.1 con la mayor diferencia de poderes caloríficos. Uno es suministrado en la entrada del DDPC por al menos tres mediciones con el fin de obtener resultados estables.

Luego, el DDPC se alimenta inmediatamente con el otro gas con el fin de llevar a cabo el número de mediciones necesarias.

Si la conclusión depende del orden del ensayo, este deberá repetirse cambiando la secuencia de los gases.

El DDPC deberá cumplir satisfactoriamente el requisito dado en el numeral 6.4.5. Después de un tiempo dado, ejecutando al menos tres mediciones. Cada medición individual deberá cumplir satisfactoriamente el requisito.

#### **10.2.7.7 Influencia del suministro de gas**

Las influencias de la presión y caudal del suministro de gas(es) se ensayan usando dos de los gases de ensayo del numeral 10.2.7.1 que provean la mayor diferencia en poderes caloríficos.

Los ensayos se llevan a cabo para las condiciones extremas de suministro especificadas por el fabricante. Cuando es ensayado un parámetro, los demás están a condiciones de operación nominal.

Cuando se somete al efecto de estos factores de influencia, el equipo deberá continuar operando correctamente y los errores no deberán exceder los errores máximos permisibles aplicables.

#### **10.2.7.8 Ensayos específicos para calorímetros**

##### **10.2.7.8.1 Influencia de la presión atmosférica**

La influencia de la presión atmosférica se ensaya bajo las condiciones dadas en el literal a) del numeral 10.2.7.2.

Cuando sea sometido al efecto de este factor de influencia, el equipo deberá continuar operando correctamente y los errores no deberán exceder los errores máximos permisibles aplicables.

##### **10.2.7.8.2 Efectos de instalación**

Con respecto a los movimientos de aire no hay ensayos a ejecutar si el fabricante declara que el calorímetro tiene que ser instalado en ambientes sin movimientos de aire. Si el fabricante especifica otras condiciones, los ensayos con los gases especificados en el numeral 10.2.7.7 deben ejecutarse en las condiciones apropiadas.

Las correspondientes condiciones ambientales se especifican en el certificado de homologación.

Cuando sea sometido al efecto de estos factores de influencia, el equipo deberá continuar operando correctamente y los errores no deberán exceder los errores máximos permisibles aplicables.

#### **10.2.7.9 Disposiciones específicas para cromatógrafos de gas**

Para cromatógrafos de gas los ensayos descritos en el numeral 10.2.7.1 deberán llevarse a cabo usando al menos siete gases de composición certificada y con trazabilidad. El intervalo de concentración para cada componente podría ser más amplio que los intervalos operacionales requeridos; lo normal sería que cada componente fuera ensayado a una concentración ligeramente más baja que el valor mínimo especificado y a una concentración ligeramente más alta que el valor máximo especificado excepto donde esta concentración es de 100 %.

Sin embargo, si el requisito no se cumple para los gases de calibración con valores ligeramente por fuera del intervalo operacional, los ensayos correspondientes pueden reiniciarse con el objeto de lograr un mejor ajuste en este intervalo.

#### **10.2.7.10 Ensayos adicionales para otras influencias**

Siempre que sea necesario, los ensayos adicionales se ejecutarán de acuerdo con el estado del arte y las disposiciones dadas en el numeral 6.4.9.

### **10.2.8 Homologación de un dispositivo de conversión de volumen**

**10.2.8.1** Hay tres maneras de verificar la conformidad de un dispositivo de conversión de volumen.

**10.2.8.1.1** La primera forma corresponde al numeral 6.3.3.1 y consiste en verificar por separado:

- 1) La exactitud de los instrumentos de medición asociados (véase la Tabla 3-1 en el numeral 6.3.3.1.1). Cada cantidad representativa del gas se varía por separado. Los ensayos involucran gas combustible o cualquier otro método sustituto apropiado.
- 2) La exactitud en el cálculo de cada característica del gas (véanse los numerales 6.3.3.1.2 y 10.2.10.2). Cada cantidad representativa del gas se varía por separado.
- 3) La exactitud en el cálculo de volumen a condiciones base o masa (véanse los numerales 6.5 y 10.2.10.2). Todas las combinaciones de las cantidades medidas representativas del gas pueden ser ensayadas y, al menos, combinaciones de valores extremos.
- 4) También es necesario llevar a cabo los exámenes y ensayos descritos en el numeral 10.2.11 para dispositivos electrónicos.

Es posible limitar los ensayos sobre los factores de influencia a los peores casos de combinaciones anticipadas a partir de los ensayos 1 a 3.

En principio los ensayos sobre perturbaciones son desarrollados por una combinación de las magnitudes representativas del gas.

**10.2.8.1.2** La segunda opción corresponde al numeral 6.3.3.2 y consiste en verificar por separado:

- 1) La exactitud de los instrumentos de medición asociados (véase la Tabla 3-1 en el numeral 6.3.3.1.1). Cada magnitud representativa del gas se hace variar por separado. Los ensayos involucran gas combustible o cualquier método sustituto apropiado.
- 2) Como los valores procesados por el dispositivo de conversión son suministrados por los instrumentos digitales de medición asociados, la verificación de la exactitud del cálculo de cada característica del gas no es relevante.
- 3) La exactitud en el cálculo del volumen a condiciones base o de la masa (véanse los numerales 6.5 y 10.2.10.2). Todas las combinaciones de las magnitudes representativas del gas medidas pueden ser ensayadas y, al menos las combinaciones de los valores extremos.
- 4) También es necesario ejecutar los exámenes y ensayos descritos en el numeral 10.2.11 para los dispositivos electrónicos.

Es posible limitar los ensayos sobre factores de influencia a los peores casos de combinaciones anticipadas a partir de los ensayos 1 y 3.

En principio, los ensayos sobre perturbaciones son desarrollados para una combinación de las magnitudes representativas del gas.

**10.2.8.1.3** La tercera opción corresponde al numeral 6.3.3.3 y consiste en verificar que el dispositivo de conversión conectado a todos sus instrumentos de medición asociados cumple con las disposiciones de la Tabla 3-2. Para este propósito, el volumen que es convertido a las condiciones de medición se considera libre de error. El procedimiento involucra los siguientes ensayos.

- 1) Ensayos a condiciones de referencia.

Todos los factores de influencia están a las condiciones de referencia y todas las combinaciones de las magnitudes representativas de gas medidas pueden ser ensayadas, y al menos las combinaciones de los valores extremos.

En el caso de un tipo de conversión diferente de una conversión solamente como función de la temperatura, al menos 3 gases de composiciones diferentes deberán usarse con el propósito de evaluar la influencia de los factores de compresibilidad.

- 2) Ensayos a las condiciones de operación establecidas

- a) Dispositivo de conversión que ejecuta la conversión solamente como una función de la temperatura. Cada factor de influencia se varía por separado. Los ensayos son ejecutados para los valores extremos de la temperatura del gas y para el valor nominal.

- b) Para los demás dispositivos de conversión, cada factor de influencia se varía por separado. Todas las combinaciones de las magnitudes medidas representativas del gas pueden ser ensayadas, y preferiblemente las combinaciones de los valores extremos. Sin embargo, es posible limitar los ensayos sobre los factores de influencia a los peores casos de combinaciones anticipadas a partir de los ensayos realizados descritos en 1 y/o de los tipos de gas.

- 3) Ensayos para dispositivos electrónicos

También es necesario ejecutar exámenes y ensayos sobre las perturbaciones descritas en el numeral 10.2.11 para dispositivos electrónicos.

En principio, los ensayos sobre perturbaciones son desarrollados para una combinación de las magnitudes representativas del gas.

**10.2.8.2** En la medida de lo necesario, el certificado de homologación proporciona información sobre la compatibilidad de la salida del medidor con la entrada del dispositivo de conversión y con los instrumentos de medición asociados.

### **10.2.9 Homologación de un dispositivo de conversión de energía**

La homologación de un dispositivo de conversión de energía requiere:

- verificar que las disposiciones dadas en el numeral 10.2.10.1 se cumplen satisfactoriamente;
- ejecutar los exámenes y ensayos descritos en el numeral 10.2.11 para dispositivos electrónicos;
- identificar las condiciones necesarias de compatibilidad, aplicables a los DDPC's asociados o la lista de estos DDPC's.

NOTA En general los DDPC's son aprobados por separado.

La magnitud que es convertida es considerada libre de error.

### **10.2.10 Homologación de para un calculador electrónico**

Los ensayos de homologación son desarrollados sobre el calculador de manera independiente, simulando diferentes entradas con los patrones apropiados.

**10.2.10.1** Los ensayos de exactitud incluyen todos los ensayos para asegurar la exactitud de las indicaciones del resultado de medición (volumen a condiciones de medición, directamente en masa o energía).

Los valores verdaderos son calculados sobre la base de las magnitudes simuladas aplicadas a las entradas del calculador y usando métodos normalizados para los cálculos siempre que sea necesario o que estos existan. El error máximo permisible corresponde a lo establecido en el numeral 6.5.

**10.2.10.2** Cuando el calculador ejecuta los cálculos para un dispositivo de conversión de volumen, en el caso de una aproximación modular, los ensayos establecidos en el numeral 10.2.10.1 son llevados a cabo para el cálculo del volumen a condiciones base o masa.

En el caso de la primera aproximación modular, los ensayos de exactitud también incluyen un ensayo de exactitud sobre la medición de cada magnitud característica del gas. Para este propósito, el error obtenido en la indicación de cada una de estas magnitudes características (estas indicaciones son obligatorias considerando el numeral 8.5.1) es calculado considerando el valor convencionalmente verdadero provisto por el patrón conectado a las entradas del calculador y el cual simula los correspondiente instrumentos de medición asociados. Para cada una de estas magnitudes, los máximos errores permisibles se fijan como está establecido en el numeral 6.3.3.1.2.

Por lo anterior, es necesario ejecutar un ensayo para verificar la presencia y el funcionamiento de las facilidades de verificación relevantes a los instrumentos de medición asociados mencionados en el numeral 9.3.6.

**10.2.10.3** Deben ejecutarse los exámenes y ensayos descritos en el numeral 10.2.11 para dispositivos electrónicos.

### **10.2.11 Homologación para un dispositivo electrónico**

En adición a los exámenes y ensayos descritos en los numerales anteriores, un sistema electrónico de medición o un elemento electrónico que componga dicho sistema deberá estar sujeto a los siguientes exámenes y ensayos.

NOTA Con respecto al software, el trabajo de OIML TC 5/SC 2 debe tomarse en consideración. En caso de que este subcomité no haya suministrado aún los documentos apropiados, las autoridades Nacionales deberán implementar las disposiciones apropiadas.

#### **10.2.11.1 Examen del diseño**

Los documentos deberán examinarse para determinar si el diseño de los dispositivos electrónicos y sus facilidades de verificación cumplen con los requisitos de esta Recomendación.

El examen incluye:

- a) examinar el modo de construcción de los subsistemas electrónicos y los componentes, para verificar su idoneidad para el uso previsto;
- b) considerar las fallas que es probable que ocurran, con el propósito de verificar que en todos los casos considerados, estos dispositivos cumplirán con todos los requisitos del numeral 9.3 y;
- c) verificar la presencia y efectividad de el(los) dispositivo(s) de ensayo para las facilidades de verificación.

#### **10.2.11.2 Ensayos de funcionamiento**

Estos ensayos tienen por objeto verificar que el sistema de medición o el dispositivo cumplen con las disposiciones dadas en los numerales 9.1.1 y 9.1.2 con respecto a las magnitudes de influencia. Estos ensayos se especifican en el Anexo A.

- a) Desempeño bajo el efecto de factores de influencia:

Cuando sea sometido al efecto de factores de influencia según lo dispuesto en el Anexo A, el equipo deberá continuar operando de la manera como se diseñó y los errores no deberán exceder el error máximo permisible aplicable.

- b) Desempeño bajo el efecto de perturbaciones:

Cuando se someta a perturbaciones externas como se describe en el Anexo A, no deberán ocurrir fallas significativas.

### **10.2.11.3 Equipo bajo ensayo (EBE)**

Los dispositivos electrónicos deberán someterse por separado a los ensayos y deberán comprender, en lo que concierne a los módulos de medición, al menos los siguientes dispositivos:

- dispositivo de medición de caudal;
- calculador;
- dispositivo indicador;
- fuente de suministro eléctrico; y,
- dispositivo de corrección, si aplica.

Este equipo debe ser incluido en un sistema que permita una simulación representativa de la operación normal del sistema de medición. Por ejemplo, un dispositivo apropiado puede simular el movimiento del gas.

Los equipos periféricos pueden ensayarse por separado.

DDPC's se ensayan como un conjunto.

### **10.2.12 Homologación para dispositivos auxiliares**

**10.2.12.1** Cuando un dispositivo auxiliar que repite indicaciones primarias está destinado a ser aprobado por separado, sus indicaciones deberán ser comparadas con aquellas provistas por un dispositivo indicador que ya haya sido aprobado y cuyo intervalo de escala sea el mismo, o uno más pequeño. Los resultados deberán satisfacer las disposiciones dadas en el numeral 7.1.4.5.

Cuando sea necesario, las condiciones de compatibilidad con otros dispositivos de un sistema de medición se establecerán en el certificado de homologación.

**10.2.12.2** Los dispositivos electrónicos pueden ser aprobados por separado cuando estos sean usados para la transmisión de indicaciones primarias o otra información necesaria. Por ejemplo, un dispositivo que recibe información de dos o más calculadores y la transmite a un único dispositivo de impresión.

Cuando al menos una de las señales de esta información es análoga, el dispositivo deberá ensayarse en asocio con otro dispositivo cuyos errores máximos permisibles cumplan con lo dispuesto en esta Recomendación.

Cuando todas las señales de esta información son digitales, la anterior disposición puede aplicarse; sin embargo, cuando las entradas y salidas del dispositivo están disponibles, el dispositivo puede ensayarse por separado, en cuyo caso, no se introducirá el error; solamente podrán determinarse los errores debidos al método de ensayo.

En ambos casos y cuando sea necesario, las condiciones necesarias para la compatibilidad con otros dispositivos de un sistema de medición son establecidas en el certificado de homologación.

### **10.3 VERIFICACIÓN INICIAL**

La verificación inicial consiste en verificar que el sistema de medición cumple satisfactoriamente el conjunto completo de requisitos metrológicos aplicables al sistema de medición en el sitio de uso.

NOTA: Esto no significa que cada disposición de esta Recomendación es verificada en la verificación inicial y que cada ensayo o examen es ejecutado en el sitio de uso (véase el numeral 10.1.1).

#### **10.3.1 Verificación inicial de un módulo de medición**

**10.3.1.1** Excepto cuando el certificado de homologación suministra disposiciones específicas, la verificación inicial de un módulo de medición se ejecuta:

- sobre el intervalo completo de caudal del módulo de medición,
- bajo las condiciones nominales de operación (presión, temperatura...),
- con el(los) gas(es) a medir.

Cuando el certificado de homologación establece disposiciones específicas, en la medida de lo necesario, proporciona también cualquier corrección y/o condiciones que deba aplicarse.

**10.3.1.2** Existen varias maneras para asegurar que el módulo de medición cumple satisfactoriamente el conjunto completo de requisitos.

La manera ideal consiste en ejecutar la verificación completa en el sitio de uso real.

Sin embargo, quizás no es posible ejecutar todos los ensayos en el sitio de uso real: por ejemplo todos los caudales pueden no estar disponibles el día de la verificación. En este caso es necesario llevar a cabo la verificación en dos etapas.

Además, los ensayos (o algunos ensayos) en el sitio real de uso no son necesarios cuando puede demostrarse que los correspondientes ensayos ejecutados en un banco de pruebas son representativos de la situación real y cuando no es probable que el comportamiento del sistema se vea influenciado por el desmontaje, transporte y montaje. En este caso la segunda etapa de la verificación, si es apropiado, no requiere incluir los ensayos (o todos los ensayos) pero puede consistir solamente en un examen.

En cualquier caso, para tecnologías que no se mencionan en el Anexo B la verificación inicial deberá incluir siempre una evaluación metrológica del sitio de uso real.

**10.3.1.3** En el caso de una primera etapa de verificación, siempre que sea posible, pueden considerarse la verificación individual del dispositivo de medición de caudal y del calculador.

En cualquier caso, cualquier dispositivo auxiliar o adicional que posiblemente inflencie el desempeño del sistema deberá estar presente en cada etapa de la verificación.

**10.3.1.4** La verificación inicial incluye la corrección más cercana posible a cero de los errores individuales por medio del dispositivo de corrección o del EPP por medio del dispositivo de ajuste. Después de la corrección o ajuste, todos los errores deberán ser o deberán ser capaces de considerarse dentro de los EMP's. Después de la corrección o del ajuste es aconsejable ejecutar un nuevo ensayo con el propósito de confirmar la corrección o el ajuste.

Sin embargo, es posible considerar que no es necesario ajustar el EPP cuando se cumpla el siguiente conjunto de condiciones:

- en el caso de la primera etapa de una verificación;
- se tiene la intención de realizar una segunda etapa de verificación incluyendo ensayos de exactitud en el sitio real de uso y;
- la curva de error está dentro del intervalo correspondiente al intervalo aplicable de de EMP's.

A continuación, todos los errores son registrados y el EPP tiene que ajustarse con respecto a la segunda etapa de verificación, comprobándose los requisitos enunciados anteriormente.

En el caso de un dispositivo de corrección, y cuando los parámetros de corrección están determinados en la primera etapa de verificación, la presencia de estos parámetros en el dispositivo de corrección deberán verificarse en la segunda etapa de verificación.

### **10.3.2 Verificación inicial de dispositivos de conversión**

La verificación inicial de los dispositivos de conversión es llevada a cabo en una o dos etapas.

En cualquier caso, esta incluye al menos un examen en el sitio real de uso.

El cumplimiento con los requisitos deberá verificarse después del ajuste de los instrumentos.

Deberán usarse varios gases de calibración, con poderes caloríficos espaciados uniformemente a lo largo del alcance de medición para el sitio de instalación.

### **10.3.3 Verificación inicial de un sistema de medición**

La verificación inicial incluye los ensayos y exámenes ahora – después ejecutados de acuerdo con las disposiciones de los numerales 10.3.1 y 10.3.2:

- 1) Un examen de la conformidad del sistema de medición y de todos sus elementos;
- 2) Un ensayo y examen metrológicos del módulo de medición;
- 3) Un ensayo y examen metrológico del dispositivo de conversión de volumen y del los instrumentos de medición relevantes asociados, si aplica;
- 4) Un ensayo y examen metrológico del dispositivo de conversión de energía y del dispositivo para determinación del poder calorífico, si aplica;
- 5) Un examen de la idoneidad de los soportes documentales, si aplica.

## **10.4 VERIFICACIONES POSTERIORES**

Las verificaciones posteriores pueden ser idénticas a la verificación inicial.

## **10.5 SOPORTES DOCUMENTALES, SISTEMAS DE ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD Y CONTROLES DE RUTINA**

**10.5.1** De acuerdo con la definición de un sistema de medición, un sistema de soportes documentales puede considerarse como parte integral del sistema de medición (véase el literal E.1).

Además, un sistema de aseguramiento de la calidad puede considerarse como esencial para asegurar el correcto uso y la integridad fundamental de la instalación. Particularmente, esto puede ser importante para la calibración y el mantenimiento de los dispositivos para determinación de poder calorífico cuando estos están sujetos a procesos de calibración por parte del usuario. Durante la operación, deberá preservarse la integridad fundamental.

Cuando los soportes documentales y -si aplica- el sistema de aseguramiento de la calidad, son necesarios para asegurar el desempeño y/o la integridad del sistema de medición, estos deberán ser parte del sistema de medición y se consideran disposiciones obligatorias, y deberán ejecutarse como tal.

**10.5.2** Los soportes documentales, el sistema de aseguramiento de la calidad o la regulación pueden prever que se ejecuten ensayos de rutina. Los resultados de los ensayos de rutina deberán compararse con los límites preestablecidos y a partir de las diferencias deberán ejecutarse las acciones apropiadas.

DOCUMENTO EN ESTUDIO

**ANEXO A**  
(Obligatorio)

**PRUEBAS DE DESEMPEÑO POR INFLUENCIA AMBIENTAL PARA SISTEMAS DE  
MEDICIÓN ELECTRÓNICOS**

**A.1 GENERAL**

Este anexo define el programa de pruebas de desempeño propuesto para verificar que los sistemas de medición electrónicos o dispositivos electrónicos puedan desempeñarse y funcionar como se establece en un ambiente dado y bajo condiciones específicas. Cada prueba indica, cuando es conveniente, las condiciones de referencia para determinar el error intrínseco.

Estas pruebas complementan cualquier otra prueba reglamentaria.

Quando los efectos de la magnitud de influencia se están evaluando, todas las otras magnitudes de influencia son mantenidas en valores dentro de los límites de la condición de referencia.

**A.2 NIVELES DE SEVERIDAD (VÉASE LA NORMA OIML D11)**

Para cada prueba de desempeño, son indicadas las condiciones típicas de prueba: que corresponden a las condiciones ambientales mecánicas y climáticas a las cuales el sistema de medición es usualmente expuesto.

Los sistemas de medición están divididos en dos clases de acuerdo a las condiciones ambientales mecánicas o climáticas:

- Clase I para instrumentos fijos o dispositivos instalados dentro de una construcción,
- Clase O para instrumentos fijos o dispositivos instalados a la intemperie,

Sin embargo, el solicitante de la homologación podría especificar las condiciones ambientales en el documento suministrado al servicio de metrología, basado en el propósito de uso del instrumento o dispositivo. En este caso, el servicio de metrología lleva a cabo las pruebas de desempeño a niveles de severidad correspondientes a estas condiciones ambientales. Si es garantizado en la homologación, la placa de información debe indicar los límites correspondientes de uso. Los fabricantes deben informar a los usuarios potenciales la condición de uso para las cuales el instrumento está aprobado. El servicio de metrología debe verificar que la condición de uso se conoce.

**A.3 CONDICIONES DE REFERENCIA**

Temperatura ambiente	:	20 °C ± 5 °C
Temperatura del gas 1) 2):	:	Condiciones de operación nominal declaradas por el fabricante ± 5 °C
Humedad relativa	:	60 % ± 15 %
Presión atmosférica	:	86 kPa a 106 kPa
Voltaje de alimentación	:	Voltaje nominal ( $U_{nom}$ )
Frecuencia de alimentación	:	Frecuencia nominal ( $f_{nom}$ )
Caudal (si es relevante)	:	0,95 x $Q_{max}$ a $Q_{max}$

1) para partes del módulo de medición que necesiten ser probados con gas

2) puede ser empleado un gas sustituto por razones de seguridad

Durante cada prueba, la temperatura y la humedad relativa no deben variar más de 5 °C o 10 % respectivamente dentro del rango de referencia.

#### **A.4 PRUEBAS DE DESEMPEÑO**

Las siguientes pruebas pueden ser llevadas a cabo en cualquier orden

Pruebas		Naturaleza de la magnitud de influencia	Niveles de severidad para clases (referenciado a OIML D 11)	
			I	O
A.4.1	Calor seco	Factor de influencia	2	3
A.4.2	Frío	Factor de influencia	2	3
A.4.3.a	Calor húmedo, estado estable	Factor de influencia	1	2
A.4.3.b	Calor húmedo, cíclico	Perturbación	1	2
A.4.4	Vibración (aleatorio)	Perturbación	1	1
A.4.5.a	Radiación, campos electromagnéticos de radio frecuencia de origen general	Perturbación	3	3
A.4.5.b	Radiación, campos electromagnéticos de radio frecuencia causados por teléfonos de radio digital	Perturbación	3	3
A.4.6	Campos de radio frecuencia conducida	Perturbación	3	3
A.4.7	Descarga electrostática	Perturbación	3	3
A.4.8	Sobre-tensión en la señal, datos y líneas de control	Perturbación	3	3
A.4.9	Variaciones de voltaje en líneas DC	Factor de influencia	-	-
A.4.10	Variaciones de voltaje en líneas AC	Factor de influencia	1	1
A.4.11	Caídas de voltaje en líneas AC, interrupciones cortas, y variaciones de voltaje	Perturbación	2	2
A.4.12	Estallidos (transientes) en líneas AC y DC y en líneas de señales	Perturbación	3	3
A.4.13	Sobre - tensión en líneas de energía principales en AD y DC	Perturbación	3	3
A.14.14	Voltaje de baterías internas	Factor de influencia	1	1

Para pruebas CEM (compatibilidad electromagnética) los niveles de severidad son aquellos correspondientes a ambientes industriales.

Las pruebas mencionadas involucran la parte electrónica del sistema de medición o sus dispositivos.

Se deben tomar las siguientes reglas para estas pruebas:

1) **Magnitudes de prueba**

Algunas magnitudes de influencia tienen probablemente un efecto constante en el resultado de la medición y no un efecto proporcional relacionado con la cantidad medida. El valor de la falla significativa está relacionado con la cantidad medida; por lo tanto, para ser capaz de comparar los resultados obtenidos en diferentes laboratorios, es necesario desarrollar una prueba sobre una cantidad correspondiente para que lo entregado en 1 min. a caudal máximo, no sea menor que una cantidad correspondiente al número apropiado de intervalos de escala especificado en el Anexo F. Algunas pruebas, sin embargo, podrían requerir más de 1 min., en cuyo caso se debería llevar a cabo en el menor tiempo posible.

2) **Influencia de la temperatura del gas**

Las pruebas de temperatura tienen que ver con la temperatura ambiente y no con la temperatura del gas usado. Por consecuencia es recomendable usar un método de

prueba con simulación para que la temperatura del gas no afecte los resultados de la prueba.

3) Presión atmosférica

La presión se debe mantener en las condiciones de referencia para todas las pruebas.

**A.4.1 Calor seco**

Estándares aplicables	IEC 60068 – 2 – 2 IEC 60068 – 3 – 1
Método de prueba	Calor seco (no condensado)
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento con las estipulaciones dadas en el numeral 9.1.1 bajo condiciones de alta temperatura
Procedimiento de prueba (*)	La prueba consiste en la exposición del EBP a una temperatura de 55 °C (Clase C) o 40 °C (Clase B) bajo condiciones de "aire libre" por periodo de 2 h después que el EBP ha alcanzado estabilidad en la temperatura. El EBP se debe probar en al menos un caudal (o caudal simulado): <ul style="list-style-type: none"> <li>- A la temperatura de referencia de 20 °C siguiendo el acondicionamiento;</li> <li>- A la temperatura de 55 °C o 40 °C, 2 h después de la estabilización de temperatura,</li> <li>- Después la recuperación del EBP a la temperatura de referencia de 20 °C.</li> </ul>
Severidades de la prueba	1) Temperatura: <ul style="list-style-type: none"> <li>- nivel de severidad 2: 40 °C</li> <li>- nivel de severidad 3: 55 °C</li> </ul> 2) Duración: 2 h
Número de ciclos de prueba	Un ciclo
Variaciones permisibles máximas	- Todas las funciones deben operar como fueron diseñadas y - Todos los errores deben estar dentro del error permisible máximo.
(*) Este procedimiento de prueba ha sido dado en forma condensada, solo para fines informativos, y es adaptado de la publicación referenciada IEC. Antes de realizar la prueba, se debería consultar la publicación aplicable. Este comentario también aplica para los procedimientos de prueba mas adelante.	

**A.4.2 Frío**

Estándares aplicables	IEC 60068-2-1 IEC 60068-3-1
Método de prueba	Frío
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento con las estipulaciones dadas en el numeral 9.1.1 bajo condiciones de baja temperatura
Procedimiento de prueba en resumen	La prueba consiste en la exposición del EBP a una temperatura de -25 °C (Clase C) o -10 °C (Clase B) bajo condiciones de "aire libre" por un periodo de 2 h después que el EBP ha alcanzado la estabilidad de temperatura. El EBP se debe probar al menos a un caudal (o caudal simulado): <ul style="list-style-type: none"> <li>- a la temperatura de referencia de 20 °C siguiendo el acondicionamiento;</li> <li>- a una temperatura de -25 °C o -10 °C, 2 h después de la estabilización,</li> <li>- después la recuperación del EBP a la temperatura de referencia de 20 °C.</li> </ul>
Severidades de las pruebas	1) Temperatura: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nivel de severidad 2: -10 °C</li> <li>- Nivel de severidad 3: - 25 °C</li> </ul> 2) Duración: 2 h
Número de ciclos de prueba	Un ciclo
Variaciones máximas permisibles	-Todas las funciones deben operar como fueron diseñadas y -Todos los errores deben estar dentro de los errores máximos permisibles

**A.4.3 Calor húmedo**

**A.4.3a Calor húmedo, estado estable (Sin condensación)**

Estándares aplicables	IEC 60068-2-78 IEC 60068-3-4			
Método de prueba	Calor húmedo, estado estable			
Objeto de la prueba	<p>Verificar el cumplimiento con las estipulaciones dadas en el numeral 9.1.1 bajo condiciones de alta humedad y temperatura constante</p> <p>Las pruebas de estado estable deberían ser siempre usadas donde la adsorción o absorción desempeñe la parte principal. Cuando esta involucrada la difusión pero no la respiración, tampoco se deben aplicar las pruebas de estado estable o las pruebas cíclicas dependiendo del tipo de EBP y su aplicación.</p>			
Procedimiento de prueba en resumen	La prueba consiste en la exposición del EBP al alto nivel de temperatura especificado y a la humedad relativa constante especificada por cierto tiempo fijo definido por el nivel de severidad. El EBP debe ser manejado con tal que no ocurra condensación de agua en el.			
Severidades de las pruebas	Nivel de severidad	1	2	
	Temperatura	30	40	°C
	Humedad	85	93	% rel
	Duración	2	4	Días
Variaciones permisibles máximas	<p>Después de la aplicación de los factores de influencia y la recuperación:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Todas las funciones deben ser operados como fueron diseñadas y</li> <li>- Todos los errores deben estar dentro de los errores máximos permisibles.</li> </ul>			

**A.4.3.b Calor húmedo, cíclico (condensando)**

Estándares aplicables	IEC 60068-3-4 IEC 60068-2-30			
Método de prueba	Calor húmedo, cíclico			
Objeto de la prueba	<p>Verificar el cumplimiento con las estipulaciones dadas en el numeral 9.1.1 bajo condiciones de alta humedad cuando se combina con cambios de temperatura cíclicos.</p> <p>Las pruebas cíclicas deben ser aplicadas en todos los casos donde la condensación es importante o cuando la penetración de vapor será acelerada por el efecto respiro.</p>			
Procedimiento de prueba en resumen	<p>La prueba consiste en la exposición del EBP a variaciones de temperatura cíclicos entre, 25 °C y la temperatura más alta de 55 °C (Clase C) o 40 °C (Clase B), manteniendo la humedad relativa por encima de 95 % durante los cambios de temperatura y durante las fases a baja temperatura, y a 93 % en las fases de temperatura más alta. Debería ocurrir condensación en el EBP durante el incremento de la temperatura.</p> <p>El ciclo de 24 h consiste de:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) incremento de la temperatura durante 3 h</li> <li>2) sostenimiento del valor más alto hasta 12 h desde el inicio del ciclo</li> <li>3) descenso de la temperatura al valor más bajo dentro de 3 h a 6 h, la velocidad de descenso durante la primera hora y media debe ser tal que el valor más bajo podría ser incrementado en 3 h.</li> <li>4) sostenimiento de la temperatura en el valor bajo hasta que el ciclo de 24 h este completo.</li> </ol> <p>El periodo de estabilización antes y de recuperación después de la exposición al ciclo debe ser tal que todas las partes del EBP estén dentro de 3° de su temperatura final. El EBP no esta energizado cuando se aplican las perturbaciones.</p>			
Severidades de prueba	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Temperatura más alta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- nivel de seguridad 1: 40 °C</li> <li>- nivel de seguridad 2: 55 °C</li> </ul> </li> <li>2) Duración: 24 h</li> </ol>			
Número de ciclos de prueba	Dos ciclos			
Variaciones máximas permisibles	Después de la aplicación de las perturbaciones y la recuperación tanto la diferencia entre cualquier indicación antes de la prueba y la indicación después de la prueba no debe exceder los valores dados en el numeral T.2.17 o el sistema de medición debe detectar y actuar en un fallo significativo, de conformidad con el numeral 9.3.1.			

**A.4.4 Vibración (aleatorio)**

Estándares aplicables	IEC 60068-2-64 IEC 60068-2-47		
Método de prueba	Vibración aleatoria		
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento de lo estipulado en el numeral 9.1.1 bajo condiciones de vibración aleatoria		
Procedimiento de prueba en resumen	<p>El EBP debe, a su vez, ser probado en tres, ejes mutuamente perpendiculares montados sobre una instalación rígida mediante su medio de montaje normal.</p> <p>El EBP debe ser normalmente montado para que la fuerza gravitacional actúe en la misma dirección como lo haría en condiciones normales de uso. Donde los efectos de la fuerza gravitacional no es importante el EBP podría ser montado en cualquier posición.</p> <p>Cuando el factor de influencia es aplicado, el EBP:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- no está energizado,</li> <li>- no está montado sobre un sistema de tubería,</li> <li>- no está puesta ninguna cubierta de protección</li> </ul>		
Severidad de pruebas	Nivel de severidad	1	Unit
	Rango de frecuencia total	10-150	Hz
	Nivel total RMS	1.6	m.s <sup>-2</sup>
	Nivel ASD 10-20 Hz	0.05	m <sup>2</sup> .s <sup>-3</sup>
	Nivel ASD 20-150 Hz	-3	dB/octave
	Duración por eje (o un periodo más largo si es necesario para llevar a cabo la medición)	2	Min
Errores máximos permisibles	<p>Después de la aplicación del factor de influencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Todas las funciones deben operar como se diseñaron y</li> <li>- todos los errores deben estar dentro del error máximo permisible.</li> </ul>		

**A.4.5 Inmunidad a radio frecuencia**

Estándar aplicable	IEC 61000-4-3
Método de prueba	Campo electromagnético irradiado
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento de lo estipulado en el numeral 9.1.2 bajo condiciones de campos electromagnéticos.
Procedimiento de prueba en resumen	<p>El EBP debe ser expuesto a la fuerza de un campo electromagnético como es especificado por los niveles de severidad y una uniformidad de campo como es definido por el estándar referido.</p> <p>El campo electromagnético puede ser generado en diferentes facilidades, sin embargo el uso esta limitado por las dimensiones del EBP y el rango de frecuencia de la facilidad.</p>
Variaciones máximas permisibles	Tanto la diferencia entre cualquier indicación durante la prueba y la indicación bajo condiciones de referencia no debe exceder los valores dados en el numeral T.2.17 o el sistema de medición debe detectar y actuar sobre una facha importante, en conformidad con el numeral 9.3.1

**A.4.5.a Irradiado, frecuencias de radio, campos electromagnéticos de origen general**

Nivel de severidad		3	Unidades
Rango de frecuencia	80 – 800 Mhz	10	V/m
	960 – 1400 mhz	10	
Modulación		80 % AM, 1 kHz, onda senoidal	

**A.4.5.b Irradiado, radio frecuencia, campos electromagnéticos causados por medio de teléfonos de radio digital**

Niveles de severidad		3	Unidades
Rango de frecuencia	800 – 960 Mhz	10	V/m
	1400 – 2000 Mhz	10	
Modulación		80 % AM, 1 kHz, onda senoidal	

**A.4.6 Conducido, radio frecuencia, campos electromagnéticos**

Estándar aplicable	IEC 61000-4-6		
Método de prueba	Campos electromagnéticos conducidos		
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento de lo estipulado en el numeral 9.1.2 bajo condiciones de campos electromagnéticos.		
Procedimiento de prueba en resumen	Corriente electromagnética de radio frecuencia, simulando la influencia de los campos electromagnéticos se debe acoplar o inyectar dentro de la red de electricidad y dentro de los puertos del EBP usando dispositivos de acoplamiento/desacoplamiento como se define en el estándar referido. Se debe verificar el desempeño del equipo de prueba el cual esta compuesto de un generador de radio frecuencia, dispositivos de (des-)acoplamiento, atenuadores, etc.		
Niveles de severidad	3	Unidades	
Amplitud de radio frecuencia (50 Ω)	10	V (e.m.f)	
Rango de frecuencia	0,15 - 80	MHz	
Modulación	80 % AM, 1 kHz onda senoidal		
Variación permisible máxima	Tanto la diferencia entre cualquier indicación durante la prueba y la indicación bajo condiciones de referencia no debe exceder los valores dados en el numeral T.2.17 o el sistema de medición debe detectar y actuar ante un fallo importante, en conformidad con el numeral 9.3.1		

**A.4.7 Descarga electrostática**

Estándar aplicable	IEC 61000-4-2		
Método de prueba	Descarga electrostática (DEE)		
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento de lo estipulado en el numeral 9.1.2 bajo condiciones de descargas electrostáticas directas o indirectas		
Procedimientos de prueba en resumen	Se debe usar un generador de DEE con un desempeño como el definido en el estándar referido. Antes de iniciar las pruebas, el desempeño del generador debe ser verificado. Se deben aplicar al menos 10 descargas. El intervalo de tiempo entre descargas sucesivas debe ser de al menos 10 s. Para el EBP que no está equipado con un terminal a tierra, el EBP debe ser completamente descargado entre descargas. La descarga de contacto es el método de prueba preferido. Cuando no se puedan aplicar las descargas de contacto se deben usar descargas de aire. Aplicación directa: En el modo de descarga de contacto que se llevaran a cabo sobre superficies conductivas, el electrodo debe estar en contacto con el EBP. En el modo descarga de aire sobre superficies aisladas, el electrodo es acercado al EBP y la descarga ocurre por chispa. Aplicación indirecta: Las descargas son aplicadas en el modo de contacto para acoplar los planos montados en los alrededores del EBP.		
Niveles de severidad <sup>(1)</sup>	3	Unidades	
Voltaje de prueba	Descarga por contacto	6	kV
	descarga por aire	8	kV
Nota	En este caso, "nivel" significa "hasta el nivel especificado" (por ejemplo, la prueba debe también ser desempeñada a lo niveles más bajos especificados en el estándar)		
Variación máxima permisible	Tanto la diferencia entre cualquier indicación durante la prueba y la indicación bajo condiciones de referencia no debe exceder los valores dados en T.2.17 o el sistema de medición debe detectar y actuar ante una falla importante, en conformidad con el numeral 9.3.1.		

#### A.4.8 Aumentos repentinos de la señal, datos y líneas de control

Estándar aplicable	IEC 61000-4-5		
Método de prueba	Picos eléctricos		
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento de lo estipulado en el numeral 9.1.2 bajo condiciones donde los picos eléctricos son sobrepuestos sobre I/O y puertos de comunicación.		
Procedimiento de prueba en resumen	<p>Debe ser usado un generador de picos con las características de desempeño como las especificadas en el estándar de referencia. Las pruebas consisten en la exposición a picos para los cuales el tiempo de subida, ancho del pulso, valores pico de salida en voltaje/corriente sobre alta/baja carga de impedancia y el mínimo intervalo de tiempo entre dos pulsos sucesivos esta definido en el estándar referido.</p> <p>Las características del generador deben ser verificados antes de conectar el EBP. Deben ser aplicados al menos 3 picos positivos y negativos. La red de inyección depende de si la línea de picos está acoplada dentro y está definida en el estándar de referencia.</p> <p>Si el EBP está en un instrumento de integración (medidor), los pulsos de prueba deben ser continuamente aplicados durante el tiempo de medición.</p>		
Niveles de seguridad (clases de instalación)		3	Unidad
Líneas desbalanceadas	Línea a línea	1.0	kV
	Línea a tierra	2.0 <sup>(1)</sup>	kV
Líneas balanceadas	Línea a línea	N.A.	-
	Línea a tierra	2.0	kV
Notas	<sup>(1)</sup> Probado normalmente con protección primaria		
Variaciones permisibles máximas	Después de la aplicación de las perturbaciones y la recuperación, tanto la diferencia entre cualquier indicación antes de la prueba y la indicación después de la prueba no deben exceder los valores dados en el numeral T.2.17 o el sistema de medición debe detectar y actuar ante una falla principal, en conformidad con el numeral 9.3.1.		

#### A.4.9 Variaciones de voltaje en líneas DC

Estándar aplicable	IEC 60654-2
Método de prueba	Variación en voltaje de alimentación de líneas DC
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento de lo estipulado en el numeral 9.1.1 bajo condiciones de variación en el voltaje de alimentación de líneas DC
Procedimiento de prueba en resumen	La prueba consiste en la exposición al suministro de energía especificado por un periodo suficiente para el establecimiento de la estabilidad
Severidad de las pruebas	<p>El límite superior será el nivel DC al cual el EBP ha sido fabricado para automáticamente detectar las condiciones de alto nivel.</p> <p>El límite más bajo será el nivel DC al cual el EBP ha sido fabricado para automáticamente detectar las condiciones de nivel bajo.</p> <p>El EBP debe cumplir con los errores permisibles máximos especificados a niveles de voltaje entre los dos niveles.</p>
Variaciones permisibles máximas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todas las funciones deben operar como se diseñaron y</li> <li>- todos los errores deben estar dentro de los errores máximos permisibles.</li> </ul>

#### A.4.10 Variaciones de voltaje en líneas AC

Estándares aplicables	IEC/TR3 61000-2-1 IEC 61000-2-2 IEC 61000-4-1
Métodos de prueba	Variación en voltaje y frecuencia de alimentación en líneas AC (monofásico)
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento de lo estipulado en el numeral 9.1.1 bajo condiciones de variación en el voltaje y la frecuencia de alimentación en AC
Procedimiento de prueba en resumen	La prueba consiste en la exposición del EBP a variaciones de voltaje de alimentación, mientras el EBP esta operando bajo condiciones atmosféricas normales.
Severidad de las pruebas	Líneas de voltaje: límite superior: $U_{nom} + 10\%$ límite inferior: $U_{nom} - 15\%$
Número de ciclos de prueba	Un ciclo
Variaciones permisibles máximas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todas las funciones deben operar como fueron diseñadas</li> <li>- Todos los errores debe estar dentro de los errores permisibles máximos</li> </ul>

**A.4.11 Caídas de voltaje en líneas AC, interrupciones cortas, y variaciones de voltaje**

Estándares aplicables	IEC 61000-4-11 IEC 61000-6-1 IEC 61000-6-2				
Métodos de prueba	Reducciones de corto tiempo en líneas de voltaje				
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento de lo estipulado en el numeral 9.1.2 bajo condiciones de reducciones de corto tiempo en líneas de voltaje				
Procedimiento de prueba en resumen	Es usado un generador de prueba adecuado para reducir por un periodo de tiempo definido la amplitud del voltaje en la línea AC. El desempeño del generador de prueba debe ser verificado antes de conectar el EBP. Las reducciones en las líneas de voltaje deben ser repetidas 10 veces con un intervalo de al menos 10 s.				
Niveles de severidad	2			Unidad	
Prueba	Prueba a	Prueba b	Prueba c		
Reducción de voltaje	Reducción	0	0	70	%
	Duración	0,5	1	25/30	periodos
Interrupción de voltaje	Interrupción	>95			%
	Duración	250/300			periodos
Variaciones permisibles máximas	Tanto la diferencia entre cualquier indicación durante la prueba y la indicación bajo condiciones de referencia no debe exceder los valores dados en el numeral T.2.17 o el sistema de medición debe detectar y actuar ante una falla importante, en conformidad con el numeral 9.3.1				
NOTA Los niveles de severidad son una interpretación de la norma IEC 61000-4-11 y de acuerdo a la norma IEC 61000-6-1 y la norma IEC 61000-6-2.					
NOTA El valor 0 como "reducción" no significar que la reducción es nula. Ver el significado de este parámetro en el estándar apropiado.					

**A.4.12 Estallidos (transientes) en líneas AC y DC y en líneas de señales**

Estándares aplicables	IEC 61000-4-1 IEC 61000-4-4			
Métodos de prueba	Estallidos eléctricos			
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento de lo estipulado en el numeral 9.1.2 bajo condiciones donde los estallidos eléctricos son sobrepuestos en las líneas de voltaje y si es aplicable sobre entradas/salidas y puertos de comunicación.			
Procedimiento de prueba en resumen	Debe ser usado un generador de estallido con las características de desempeño como es especificado en el estándar de referencia. La prueba consiste en la exposición a estallidos de voltaje para los cuales la frecuencia de repetición de los impulsos y los valores pico de la salida de voltaje sobre 50Ω de carga están definidos en el estándar de referencia. Las características del generador deben ser verificadas antes de conectar el EBP. Deben ser aplicados al menos 10 positivos y 10 negativos estallidos de fase aleatorios. Para el acoplamiento de los estallidos dentro de las entradas/salidas y las líneas de comunicación, debe ser usada una abrazadera de sujeción como es definido en el estándar.			
Niveles de severidad	3			Unidad
Amplitud (valor pico)	Líneas de suministro <sup>(1)</sup>	2		kV
	Líneas de señales <sup>(2)</sup>	1		kV
Frecuencia de repetición	5			kHz
Variación permisible máxima	Tanto la diferencia entre cualquier indicación durante la prueba y la indicación bajo condición de referencia no debe exceder los valores dados en el numeral T.2.17 o el sistema de medición debe detectar y actuar ante una falla importante, en conformidad con el numeral 9.3.1			
NOTA 1 Únicamente para instrumentos alimentados con líneas de suministro de energía AC o DC.				
NOTA 2 Señales de Entrada/Salida, puertos de control y datos.				

**A.4.13 Sobretensión en líneas de alimentación AC y DC**

Estándar aplicable	IEC 61000-4-5	
Método de prueba	Sobretensión eléctrica	
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento de lo estipulado en los numerales 5.1.1 o 5.1.2 bajo condiciones donde la sobre tensión eléctrica son sobreponer en las líneas de voltaje	
Procedimiento de prueba en resumen	<p>Debe ser usado un generador de sobretensión con características de desempeño como las especificadas en el estándar de referencia. Las pruebas consisten en la exposición a sobretensión para lo cual el tiempo de subida, el ancho del pulso, los valores pico del voltaje/corriente de salida sobre carga de impedancia alta/baja y el intervalo de tiempo mínimo entre dos pulsos sucesivos son definidos en el estándar de referencia.</p> <p>Las características del generador deben ser verificadas antes de conectar el EBP. En líneas de suministro AC deben ser aplicadas sincronizadamente al menos 3 sobretensiones positivas y negativas con voltaje de suministro AC en ángulos de 0°, 90°, 180° y 270°. En líneas de alimentación DC, deben ser aplicadas al menos 3 sobretensiones positivas y negativas. La red de inyección depende de si la línea de sobretensión está acoplada dentro y está definida en el estándar de referencia.</p> <p>Si el EBP esta integrado en un instrumento, la prueba de pulsos debe ser continuamente aplicado durante el tiempo de medición.</p>	
Nivel de severidad (clase de instalación)	3	Unidad
Línea a línea	1.0	kV
Línea a tierra	2.0	kV
Variación máxima permisible	Después de la aplicación de las perturbaciones y la recuperación, tanto la diferencia entre cualquier indicación antes de la prueba y la indicación después de la prueba no debería exceder los valores dados en el numeral T.2.17 o el sistema de medición debe detectar y actuar ante una falla principal, en conformidad con el numeral 9.3.1	

**A.4.14 Voltaje de la batería interna (si es relevante)**

Estándar aplicable	No hay referencia oo estándar para esta prueba	
Método de prueba	Variación en el voltaje de suministro	
Objeto de la prueba	Verificar el cumplimiento de lo estipulado en el numeral 9.1.1 bajo condiciones de bajo voltaje de batería	
Procedimiento de prueba	<p>La prueba consiste en la exposición a la condición especificada dela batería por un periodo suficiente para obtener estabilidad de temperatura y para ejecutar las mediciones requeridas.</p> <p>Si es usada una fuente de energía alternativa (suministro de energía estándar con capacidad suficiente de corriente) en bancos de pruebas para simular la batería, es importante que la impedancia interna del tipo de batería especificado también sea simulado. La impedancia interna máxima de la batería es especificada por el fabricante del instrumento.</p> <p>Secuencia de prueba:                      Estabilizar el suministro de energía en un voltaje dentro de los límites definidos y aplicar la medición y/o condición de carga. Registrar los siguientes datos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>fecha y hora</li> <li>temperatura</li> <li>voltaje de suministro de energía</li> <li>modo funcional</li> <li>mediciones y/o condiciones de carga</li> <li>indicaciones (como sea aplicable)</li> <li>errores</li> <li>desempeño funcional</li> </ol> <p>reducir el voltaje de alimentación al EBP hasta que el equipo claramente cese su función apropiadamente de acuerdo a las especificaciones y requisitos metrológicos, y note los siguientes datos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>voltaje de suministro de energia</li> <li>indicaciones</li> <li>errores</li> <li>otras respuestas relevantes del instrumento</li> </ol>	
Límite mas bajo del voltaje	El voltaje más bajo al cual el EBP funciona apropiadamente de acuerdo a las especificaciones	
Número de ciclos	Al menos un ciclo de pruebas para cada modo funcional	
Variaciones máximas permisible	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Todas las funciones deben operar como fueron diseñados y</li> <li>- Todos los errores deben estar dentro del error permisible máximo.</li> </ul>	

**ANEXO B**  
(Obligatorio)

**PRUEBAS DE INFLUENCIA PARA HOMOLOGACIÓN  
DE MÓDULOS DE MEDICIÓN**

Este anexo provee las condiciones para los ensayos de influencia de módulos de medición y las máximas influencias permisibles.

Estos ensayos deben ejecutarse para todas las tecnologías.

Sin embargo, en particular las pruebas de influencia hidráulica son adaptadas a para las tecnologías más conocidas consideradas en este anexo, las cuales son:

- medidores de turbina,
- medidores de pistón rotativo,
- medidores de placa de orificio,
- medidores ultrasónicos,
- medidores vortex,
- medidores másicos tipo Coriolis.

Esta es la razón por la cual la aproximación modular completa solamente es posible para estas tecnologías. Para otras tecnologías los ensayos en sitio siempre son necesarios (en adición a lo siguiente) en la homologación y en la verificación inicial. Sin embargo, como se indica en el numeral 10.2.6.2.3, la autoridad legal puede requerir ensayos en condiciones reales de uso para todas las tecnologías.

Además, si las disposiciones del numeral B.2 son aplicables a cualquier módulo de medición, algunas disposiciones específicas pueden ser aplicadas para tecnologías específicas o para casos particulares como se estableció en el numeral B.7

**B.1 DISPOSICIONES GENERALES**

De acuerdo con la manera en que el medidor es instalado, en particular las longitudes de tubería recta aguas arriba del medidor, el mismo medidor puede pertenecer a módulos de medición de diferentes clases de exactitud.

Las longitudes rectas mínimas, otras condiciones necesarias (presencia de acondicionador de flujo...) y las correspondientes clases de exactitud deberán estar indicadas en el certificado de homologación.

**B.2 INFLUENCIA DE LA INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA**

**B.2.1** Las longitudes mínimas de tubería recta aguas arriba del medidor deberán ser al menos el doble del diámetro nominal de la entrada del medidor. Las longitudes mínimas de tubería recta aguas abajo del medidor deberán ser al menos el doble del diámetro nominal de la salida del medidor.

NOTA Estos valores mínimos se consideran con el propósito de asegurar la compatibilidad con los ensayos previstos para la aplicación de la OIML R 32; las mínimas longitudes rectas efectivas deberán ser propuestas por el fabricante de acuerdo con las normas internacionales y validadas en el curso del proceso de evaluación.

Esta Recomendación propone la instalación de reguladores de presión aguas abajo de los medidores. En cualquier caso, el certificado de aprobación de modelo de un módulo de medición deberá incluir información sobre la posibilidad o no de la presencia de un regulador de presión aguas arriba del medidor, de conformidad con lo siguiente:

- Para un módulo de medición Clase A, un regulador de presión nunca deberá instalarse con una longitud recta aguas arriba menor a 50 veces el diámetro nominal de la entrada del medidor, o el módulo de medición deberá ser ensayado con el tipo de regulador de presión previsto, tanto en la homologación como en la instalación en sitio, en la verificación inicial o después de cada operación de mantenimiento que probablemente influya en el desempeño metrológico.
- Para los módulos de medición Clase B o C, un regulador de presión nunca deberá instalarse con una longitud recta aguas arriba menor a 10 veces el diámetro nominal de la entrada del medidor, o el módulo de medición deberá ser ensayado con el tipo de regulador de presión previsto y el certificado de homologación deberá indicar el uso previsto con dicho tipo de regulador de presión y las longitudes efectivas rectas aguas arriba.

Estas disposiciones aplican sin perjuicio del numeral B.7 para tecnologías específicas.

**B.2.2** El módulo de medición deberá someterse a los siguientes ensayos para la influencia de las perturbaciones de flujo con los correspondientes dispositivos aguas arriba del medidor.

Estos ensayos son ejecutados a una presión y temperatura de gas estables.

#### **Primer ensayo**

Las configuraciones de ensayos son aquellas referenciadas en el numeral A.2.1 de la norma OIML R 32, excepto a que de acuerdo con lo especificado por el fabricante, la longitud recta aguas arriba puede ser mayor al doble del diámetro de entrada del medidor.

Los ensayos se ejecutan para las configuraciones a y b como se indica en la norma OIML R 32.

#### **Segundo ensayo**

La configuración de ensayo es la referenciada en el literal A.3.1 de la norma OIML R 32, excepto que de acuerdo con la especificación del fabricante, la longitud recta aguas arriba puede ser mayor que dos veces el diámetro de entrada del medidor.

#### **Tercer ensayo**

El fabricante deberá especificar la distancia mínima a la cual un regulador de presión puede localizarse aguas arriba del medidor.

El tercer ensayo no es aplicable cuando esta distancia es mayor que o igual 50 veces el diámetro nominal de la entrada del medidor para la Clase A y 10 veces el diámetro nominal de la entrada del medidor para las Clases B y C.

Cuando el módulo de medición requiere ser ensayado, como consecuencia del numeral B.2.1, el regulador de presión es del mismo tipo de aquel que se instalará.

La distancia mínima y el tipo de regulador especificado por el fabricante se registran en el certificado de homologación.

La desviación de los errores con y sin el regulador de presión (sin ajustes sobre el medidor) deberán registrarse.

### **Criterio de aceptación**

Para el primero y segundo ensayos, si el módulo de medición solamente consiste de un medidor y una longitud recta aguas arriba del doble del diámetro de entrada (y lo mismo aguas abajo), la máxima influencia permisible, positiva o negativa, es 0,33 %.

La mayor influencia efectiva en valor absoluto para las pruebas mencionadas anteriormente se denominará como  $\Delta F$  de ahora en adelante, con el propósito de calcular la influencia global como se solicita en el numeral B.5. Sin embargo las figuras correspondientes al tercer ensayo no son tomadas en cuenta cuando el módulo de medición está destinado para ser ensayado en el sitio de instalación con la presencia efectiva del regulador de presión.

NOTA El módulo de medición está compuesto por el medidor y las longitudes rectas declaradas por el fabricante, teniendo en cuenta las consideraciones sobre la presencia de un regulador de presión como se mencionó anteriormente.

### **B.3 INFLUENCIA DE LA PRESIÓN DEL GAS**

El módulo de medición deberá someterse a un ensayo para determinar la influencia de la presión del gas. Sin embargo, en la práctica es posible ejecutar este ensayo sobre el medidor de manera exclusiva, si de acuerdo con la tecnología del medidor, puede asumirse que la conclusión del ensayo sería la misma.

Este ensayo deberá ejecutarse con gas combustible a una temperatura estable. Sin embargo, otros gases pueden usarse si la equivalencia ha sido demostrada previamente.

#### **Ensayo**

Consiste en determinaciones y comparaciones de la curva de error a la presión nominal de gas declarada por el fabricante, con las curvas de error para las presiones de gas mínima y máxima, tal y como las declara el fabricante.

NOTA El ensayo puede ejecutarse a una presión más baja que la máxima presión si se establece que esta no tendrá una influencia significativa sobre el resultado del ensayo. Sin embargo, se requiere una presión de ensayo mínima de 20 bar (si el valor máximo es superior).

### **Criterio de aceptación**

La influencia de la presión del gas, positiva o negativa, no deberá exceder 0,5 %. La mayor influencia efectiva en valor absoluto se denominará como  $\Delta P$  de ahora en adelante, con el propósito de calcular la influencia global como se menciona en el numeral B.5.

### **B.4 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DEL GAS**

El módulo de medición deberá someterse a un ensayo para determinar la influencia de la temperatura del gas. Este ensayo denominado "ensayo básico" deberá ejecutarse con gas combustible a una presión estable. Sin embargo, otros gases podrían ser usados si preliminarmente se demuestra su equivalencia.

Este ensayo no es fácil de ejecutar en la práctica. En consecuencia se aplican las siguientes reglas:

- 1) Para las tecnologías mencionadas en la introducción de este anexo no se requieren ensayos e investigaciones cuando las condiciones nominales de operación para la temperatura del gas están en el intervalo entre 5 °C y 30 °C.
- 2) en todos los otros casos es permitido ejecutar la prueba básica si la influencia de la temperatura del gas puede ser evaluada implementando cualquier prueba y/o investigación sustituta.

Si se ejecuta una prueba (básica o no), es posible hacerlo sobre el medidor solo si de acuerdo a la tecnología del medidor esta establecido que la conclusión de la última prueba podría ser la misma.

### Prueba básica

Consiste en la determinación y comparación de la curva de error a la temperatura nominal del gas como es declarada por el fabricante con las curvas de error a la temperatura del gas alta y baja como es declarado por el fabricante.

### Criterios de aceptación

Si se ejecuta la prueba básica, la mayor influencia en el valor absoluto es registrada y llamada  $\Delta T$  de aquí en adelante, con el fin de calcular la influencia global tal como se establece en el literal B.5.

Si no es ejecutada la prueba básica, cualquier evaluación implementando una prueba sustituta y/o investigación debe conducir a la conclusión que la influencia de la temperatura del gas debería ser menor o igual a 0,5.

Si no es ejecutada la prueba básica, en cualquier caso la influencia de la temperatura del gas  $\Delta T$  es tomada convencionalmente igual a 0,5 % en orden a calcular la influencia global tal como se establece en el literal B.5.

## B.5 INFLUENCIA GLOBAL

La influencia global  $\Delta I$  de las cantidades de influencia o parámetros mostrados arriba es calculada con la siguiente formula

$$\Delta I = [(\Delta F)^2 + (\Delta P)^2 + (\Delta T)^2]^{1/2}$$

en donde, el significado de  $\Delta F$ ,  $\Delta P$  y  $\Delta T$  es dado arriba.

El mayor error individual arriba es valor absoluto registrado de acuerdo al numeral 10.2.6.1 es llamado  $E_n$ .

El mayor error individual a condiciones de medición  $E_m$  es calculado con la siguiente formula:

$$E_m = [(E_n)^2 + (\Delta I)^2]^{1/2}$$

Este valor debe ser menor o igual al máximo error permisible dado en la Tabla 2.

## B.6 EMPs EN VERIFICACIÓN INICIAL

### B.6.1 EMPs en la primera etapa de la verificación inicial

Asumiendo que las pruebas de influencia son reproducibles para el patrón los resultados citados aquí anteriormente son usados para determinar los EMPs en la primera etapa de la verificación inicial.

Los EMPs en la primera etapa de la verificación inicial (EMP1), positivo o negativo, son calculados usando la siguiente formula:

$$(B1)^2 = (MPE1)^2 + (\Delta F)^2 + (\Delta P)^2 + (\Delta T)^2$$

en donde

- B es el valor dado en la primera línea de la Tabla 2 para la clase de exactitud apropiada,
- $\Delta F$ ,  $\Delta P$ ,  $\Delta T$  son los valores obtenidos anteriormente.

NOTA Los EMP1s, son aplicables a resultados de medición individual, y no valores medios de los errores.

### B.6.2 EMPs en la segunda etapa de verificación inicial

EMPs en la segunda etapa de verificación inicial, positiva o negativa, son los valores dados en la primera línea de la Tabla 2 para la clase de exactitud apropiada (Véase el literal B1).

NOTA B1 es aplicable a resultados de medición individual, y no a valores medios de error.

## B.7 CASOS ESPECÍFICOS

### B.7.1 Medidores tipo platina de orificio

Las pruebas dadas en los literales B.2 a B.4 no son necesariamente para módulos de medición con un medidor tipo platina de orificio cuando se construyen, instalan, operan y verifican de acuerdo a la norma ISO 5167.

En este caso se considera que el módulo de medición cumple los requisitos para Clase A cuando es instalado bajo las condiciones previstas en la norma ISO 5167 y está adecuado con instrumentos de medición asociados Clase A.

El módulo de medición podría también cumplir los requisitos para otras clases cuando es instalado en otras condiciones apropiadas especificadas en este estándar y es indicado en el certificado de aprobación de modelo.

### B.7.2 Medidores rotativos tipo pistón

Cuando no son ejecutadas las pruebas correspondientes,  $\Delta F$  es considerado igual a 0,33 %.

No son necesarias las pruebas para la influencia de la presión. Cuando no son ejecutadas estas pruebas  $\Delta P$  es considerado igual a 0,5 %.

Lo establecido en el literal B.2 concerniente a los reductores de presión no es aplicable a medidores rotativos tipo pistón.

### B.7.3 Aprobación de un único modulo de medición (aprobación de modelo unitaria)

Cuando un módulo de medición es diseñado, construido e instalado como un único módulo, las pruebas en el literal B.2.1 podrían ser remplazadas por pruebas en el sitio actual de uso con tal que estas condiciones de prueba sean representativas de todas las condiciones críticas que probablemente ocurren en el sitio.

Esto no evita la ejecución de otras pruebas en este anexo y la aplicación de las estipulaciones dadas en los literales B.5 y B.6.

Cada resultado de prueba debe cumplir los EMPs a condiciones de prueba dadas en la Tabla 2 en el numeral 6.2.1. La influencia a ser usada para la aplicación de las Cláusulas dadas en el literal B.5 y B.6 es la mayor diferencia entre las pruebas a condiciones normales y las pruebas en cada condición crítica. Cuando no se conocen las condiciones nominales se escoge como resultados a condiciones nominales los valores medios de prueba en condiciones críticas.

DOCUMENTO EN ESTUDIO

### ANEXO C

(Obligatorio hasta donde interesen los principios)  
(Informativo hasta donde interesen los ejemplos)

## PRINCIPIOS DE APROXIMACIÓN MODULAR Y CÁLCULO DE ERROR

### C.1 PRINCIPIOS

**C.1.1** La aproximación modular está basada en el hecho que los errores permisibles máximos especificados son aplicables a cada una de las siguientes funciones (véase la Tabla 2):

- medición a condiciones del medidor,
- conversión a condiciones base,
- conversión en energía.

Además para la medición, los errores máximos permisibles podrían ser aplicados separadamente para:

- el medidor (corregido si es necesario),
- influencias sobre el medidor (véase el Anexo B).

Comenzando desde estos errores máximos permisibles modulares, puede ser calculado el error permisible máximo global para el sistema (véase la Tabla 1) usando la raíz cuadrada de la suma de todos los errores permisibles máximos relevantes al cuadrado (véase el ejemplo en el literal C.2).

La misma aproximación podría ser usada para aprobación de un dispositivo de conversión.

**C.1.2** Cuando se calcula el error de un sistema de medición o de un dispositivo aplican las siguientes reglas, a menos que sean proporcionadas estipulaciones específicas:

- 1) En donde los errores efectivos de los componentes o módulos son conocidos, ellos son tomados en cuenta,
- 2) En donde no son conocidos (pero los errores cumplen con los errores permisibles máximos para el módulo relevante o dispositivo), son considerados los errores permisibles máximos para los componentes, si los parámetros correspondientes son o no medidos. Es este último caso, los soportes documentales del sistema deben asegurar que la incertidumbre del parámetro no medido es al menos tan buena como el correspondiente EMP (véase el ejemplo en el literal C.3).
- 3) En cualquier caso en que un módulo haya cumplido con sus propios EMPs aplicables.

### EJEMPLOS

- para un sistema de medición Clase C, donde el poder calorífico no es medido localmente los soportes documentales deben asegurar un incertidumbre/error global para la conversión de energía de al menos 2 % ( $k/2$ );
- para un sistema de medición Clase C, donde la presión del gas no es medida para la determinación del volumen corregido, es posible cumplir con el requisito con un dispositivo de conversión usando únicamente un instrumento de medición asociado para temperatura el cual cumple los requisitos establecidos en la

Tabla 3, proporcionando los soportes documentales que aseguren una incertidumbre/error global de al menos 1 % para presión ( $k=2$ );

- para un sistema de medición Clase B, donde el factor de compresibilidad del gas no es medido para la determinación del volumen corregido, es posible cumplir los requisitos con un dispositivo de conversión usando instrumentos de medición asociados para temperatura y presión los cuales cumplen los requisitos en la Tabla 3-1, proporcionando los soportes documentales que aseguren una incertidumbre/error global de al menos 0,3 % para el factor de compresibilidad ( $k=2$ ).

**C.1.3** la aproximación modular conduce a la combinación de incertidumbres y errores máximos permisibles aplicables para estos elementos en orden a calcular los errores de los dispositivos incluyendo estos elementos o los sistemas de medición.

Para este propósito cuando un error o un error permisible máximo ha sido combinado con incertidumbre estándar, el factor de cobertura que es usado debe ser convencionalmente igual a 2.

De acuerdo con la misma lógica cuando es calculada una incertidumbre estándar combinada el error esperado correspondiente debe ser igual a dos veces este valor. El error convencional determinado debe ser menor o igual al error permisible máximo (véase el ejemplo en el literal C.3).

**C.2 EJEMPLO DE CÁLCULO DE EMO (SISTEMA DE MEDICIÓN CLASE A)**

Módulo	EMP modular (%)	Cuadrado del EMP modular	Sistema de medición convertido a condiciones base	Sistema de medición convertido en energía
Módulo de medición	0,7	0,49	0,49	0,49
Conversión a condiciones base	0,5	0,25	0,25	0,25
Determinación de la conversión en energía	0,6	0,36	---	0,36

Cuadrado del EMP para sistemas de medición	---	---	0,74	1,10
EMP para sistemas de medición (%)	---	---	0,86 (redondeado a 0,9)	1,049 (redondeado a 1)

**C.3 EJEMPLOS DE CÁLCULO DE ERROR**

**C.3.1 Primer ejemplo: DDPG local**

El propósito de este ejemplo es evaluar el desempeño de un sistema de medición de energía Clase A (SM) incluyendo lo siguiente:

- un módulo de medición Clase A,
- un dispositivo de conversión de volumen Clase A,

- un dispositivo de conversión de energía involucrando 2 dispositivos para la determinación del poder calorífico locales.

### C.3.1.1 Error del módulo de medición (MM)

El MM está adaptado con diferentes brazos. Sin embargo la única información útil disponible es que se conocen los EMPs del MM en todas las condiciones de operación.

El error que será usado para el calculo del error del SM es igual al EMP aplicable igual a 0,7 %.

$$E_{MC}=0,7 \%$$

### C.3.1.2 Error en la conversión de volumen

La única información útil disponible es se conocen los EMPs del dispositivo para conversión de volumen en todas las condiciones de operación.

El error que será usado para el cálculo del error del SM es igual al EMP aplicable igual a 0,55.

$$E_{QC}=0,5 \%$$

### C.3.1.3 Error en la determinación del PC

#### Error en los DDPCs

La única información útil disponible es que se conocen los EMP del DDPC y todos los requisitos en todas las condiciones de operación.

Los errores que serán usados para los cálculos del error en la determinación del PC es igual al EMP aplicable igual a 0,5 %. Cuando únicamente está en operación un DDPC la incertidumbre correspondiente es compuesta por:

$$u_{DDPC} = \frac{0,5}{2} \%$$

$$u_{DDPC} = 0,25 \%$$

Adicionalmente, los errores del DDPC podrían ser considerados como independientes uno del otro porque los DDPC son de dos tipos diferentes. Cuando los dos DDPC están operando se considera el valor medio de operación. La componente de incertidumbre correspondiente es:

$$u_{DDPC} = \frac{0,5}{2\sqrt{2}} \%$$

$$u_{DDPC} = 0,177 \%$$

#### Incertidumbre en la determinación del tiempo

Para un SM Clase A esta componente es igual a cero

$$u_T = 0$$

### Incertidumbre en la estabilidad del PC

Para cada DDPC el PC es determinado cada 5 min. Se considera que la componente de incertidumbre correspondiente es proporcionada por la mayor desviación estándar experimental del valor medio encontrado. La mayor desviación estándar experimental (de resultados individuales) conocida es 0,456 %. como son ejecutadas 12 mediciones en una hora para determinar el PC representativo, la componente de incertidumbre relevante es:

$$u_C = \frac{0,456}{\sqrt{12}} \%$$

$$u_C = 0,132 \%$$

### Incertidumbre por la ubicación

Los DDPC son locales por lo cual la componente de incertidumbre correspondiente es nula

$$u_L = 0$$

NOTA si los resultados de medición proporcionados por estos DDPC son usados para sistemas de medición remotos podría usarse una corrección sobre el PC por demora en el tránsito con una incertidumbre asociada.

### Otras incertidumbres

So están identificadas otras componentes.

$$u_O = 0$$

### Error en la determinación del PC

En el caso de la operación de únicamente un DDPS, el error en la determinación del PC es igual a:

$$u_{PC} = 2\sqrt{(0,25^2 + 0,132^2)}$$

$$u_{PC} = 0,57 \%$$

En el caso de la operación de dos DDPC, el error en la determinación del PC es igual a:

$$u_{PC} = 2\sqrt{(0,177^2 + 0,132^2)}$$

$$u_{PC} = 0,44 \%$$

#### C.3.1.4 Error del sistema de medición

Todos los módulos de medición cumplen con los EMP y el SM es aceptable.

En el caso de 2 DDPC, el error del SM podría ser estimado menor o igual que:

$$C = 0,96 \%$$

#### C.3.2 Segundo ejemplo: Reconstrucción del PC y una demostración posterior

Una red es suministrada mediante gas de dos orígenes diferentes cada uno en un punto de entrada. Un DDPC es usado en cada punto de entrada. La red está dividida en tres zonas.

Zona 1 En las proximidades del punto de entrada 1, el PC es considerado como el medido en esta entrada con una demora por tránsito.

Zona 2 El gas entregado es una mezcla de los gases de los dos orígenes dependiendo a cada momento del consumo de todos los sistemas de medición de la red y de la configuración de la red. Para cada sistema de medición la compañía de gas usa un software que tiene en cuenta los parámetros apropiados para la determinación del PC local. Esto es llamado el procedimiento de reconstrucción.

Zona 3 En la vecindad del punto de entrada 2, el PC es considerado como el medido en esta entrada con una demora por tránsito.

### **C.3.2.1 Zonas 1 y 3**

Véase el literal C.3.1, teniendo en cuenta la nota en el apartado sobre incertidumbre por ubicación. La distinción de las Zonas 1 y 3 podría ser interesante en particular en orden a considerar el caso de un sistema de medición Clase A sin DDPC local.

### **C.3.2.2 Zona 2**

El propósito de este ejemplo es evaluar el desempeño de un sistema de medición de energía Clase B incluyendo lo siguiente:

- un módulo de medición Clase B,
- un dispositivo para la determinación del volumen Clase B,
- un dispositivo para conversión de energía usando valores reconstruidos (calculados) de PC, asociado con los soportes documentales involucrados en particular con DDPC (posiblemente en adición a algunos fijos) portátiles sobre la red después de la llamada verificación de DDPC.

#### **C.3.2.2.1 Error del módulo de medición (MM)**

La única información útil disponible es que se conocen los EMP del MM en todas las condiciones de operación.

#### **C.3.2.2.2 Error en la conversión de volumen**

La única información útil disponible es que se conocen los EMP del dispositivo para la conversión de volumen en todas las condiciones de operación.

#### **C.3.2.2.3 Error en la determinación del PC**

Podría ser posible imaginar el cálculo de los componentes de incertidumbre correspondiente de acuerdo a un método sofisticado implementado de acuerdo a la GUM. Sin embargo esta decidido dejar a la compañía de suministro de gas reportar el funcionamiento del software y comparar estos reportes de funcionamiento con el desarrollo experimental.

En la práctica las compañías de gas reportan que de acuerdo con el software implementado y los soportes documentales, ningún valor verdadero de PC en sitio debería desviarse del valor calculado determinado mediante el software por más de un valor reportado (VR). Sin embargo se podría realizar una concesión por una ligera desviación para estos reportes, por ejemplo por un evento fortuito un día en un mes, correspondiendo a un nivel de desviación de  $29/30 = 0,966 \%$ .

Esto lo establecen las autoridades de control en la siguiente forma:

- 1) En la prueba inicial, son usados y localizados temporalmente DDPC de verificación Clase A (en adición a los posibles fijos) para algunas ubicaciones apropiadas. Se verifica que todos los PC calculados (usando el software) no se desvíen del PC medido localmente por más que el valor establecido.
- 2) esta suposición es verificada continuamente, de una ubicación a otra, usando algunos DDPC de verificación Clase A.

### Error en los DDPC

Los DDPC tienen en cuenta para los cálculos del error los DDPC de verificación. Para la Zona 2, los DDPC usados en los puntos de entrada son parte de los soportes documentales (como el software de reconstrucción) pero no tienen que ser considerados para la determinación de los errores en el PC. No obstante los DDPC en los puntos de entrada necesitan estar sujetos al control legal porque los resultados del poder calorífico esta basado en ellos.

La única información útil disponible es que se conocen los EMP de los DDPC y todos los requisitos en todas las condiciones de operación.

Los errores que serán usados para el cálculos del error en la determinación del PC es igual al EMP aplicable que es 0.5 %. La componente de incertidumbre correspondiente es:

$$u_{PC} = \frac{0,5}{2} \% = 0,25\%$$

### Incertidumbre en la determinación del tiempo

Este componente es igual a cero:

$$u_T = 0$$

### Incertidumbre en la estabilidad del PC

La estabilidad a ser considerada podría ser la estabilidad calculada PC durante el periodo de determinación del PC representativo. Sin embargo podría decidirse considerar la estabilidad observada usando los valores obtenidos desde el DDPC de verificación.

Se considera que la componente de incertidumbre correspondiente es proporcionada por la desviación estándar experimental típica de los valores medios relevantes. Para este ejemplo este valor típico es:

$$u_C = 0,227 \%$$

### Incertidumbre en la ubicación

Teniendo en cuenta la demostración referida aquí arriba. Se considera, de acuerdo a la convención, que la incertidumbre por ubicación es igual al valor anunciado anteriormente AV dividido por 2.

$$u_L = \frac{AV}{2} \%$$

El valor anunciado es 1 % y entonces:

$$u_L = 0,5 \%$$

NOTA la demostración podría haber conducido a la conclusión que la Zona 2 debería haber sido partida en 2 zonas: una en Clase B y una en Clase C para la determinación del PC.

### Otras incertidumbres

No están identificadas otras componentes, o más exactamente, si hay alguna, es considerada incluida en  $u_L$ .

$$u_o = 0$$

### Error en la determinación del PC

El error en la determinación del PC es igual a

$$u_{PC} = 2\sqrt{(0,25^2 + 0,227^2 + 0,5^2)}$$

$$u_{PC} = 1,21 \%$$

Este valor esta en conformidad con las líneas correspondientes en la Tabla 2.

#### C.3.2.2.4 Error en el sistema de medición

Como cada módulo del sistema de medición cumple con los EMP, el error del sistema de medición de energía es aceptable.

### C.3.3 Tercer ejemplo: Asignación de PC promedio diario

Considerar un área un una red suministrado desde un punto de entrada, es usado un DDPG Clase A en el punto de entrada. El sistema de medición considerado en esta área y en este ejemplo son algunos Clase B. los EMP para la determinación del PC representativo en esta área es entonces 1,25 %.

Se asume que esta área es vaciada al menos dentro de un día, por ejemplo, que el gas que entra a esta área la deja como mínimo en menos de un día, por que están siendo consumidos o porque fluyen a través a áreas aguas abajo. Esta suposición puede ser demostrada teniendo en cuenta el volumen hidráulico del área y la peor condición de operación,  $T_{\min}$ ,  $P_{\max}$ .

En este caso, únicamente dos calidades de gas pueden coexistir en esta área al mismo tiempo durante un día  $j$ , los posibles residuos del gas  $G_{j-1}$  los cuales entraron en el día  $j-1$ , que podría no haber sido consumido o no haber abandonado todavía, y el gas que está llegando  $G_j$  durante el día  $j$ .

Asumiendo que el PC promedio diario en el día  $j$  es  $PC_j$ , respectivamente  $PC_{j-1}$  para el día  $j-1$ , y  $DPC = |PC_j - PC_{j-1}|$ .

### Error en el DDPG

La componente de incertidumbre debido al DDPG que será usado para los cálculos del error en la determinación del PC es igual al MEP aplicable a la Clase A, 0,5 %:

$$u_{DDPC} = \frac{0,5}{2} \% = 0,25 \%$$

### Incertidumbre en la determinación del tiempo

En este día,  $u_{DDPC} = 0$

### Incertidumbre por ubicación

Debido a las posibles conexiones complejas de las tuberías en esta área, no es posible determinar la ubicación exacta de cada calidad de gas.

El gas en esta área es asignada durante este día en promedio  $PC = (PC_{j-1} + PC_j)/2$ , con una incertidumbre  $(PC_j - PC_{j-1})/\sqrt{12} = DPC/\sqrt{12}$  (distribución rectangular).

$$U_L^2 = \frac{DPC^2}{12}$$

### Incertidumbre en la estabilidad del PC

El PC es determinado en el DDPC Clase a cada 5 min., lo que conduce a  $12 \times 24 = 288$  análisis al día.

Asumiendo que la desviación estándar experimental máxima es 0,5 %. la componente de incertidumbre relevante del valor medio es entonces:

$$u_C = \frac{0,5}{\sqrt{288}} = 0,03\%$$

Debido al rango esperado del PC para las tuberías de transmisión de gases y para el gran número de análisis, esto conduce siempre a una pequeña figura en la práctica.

### Otras incertidumbres

Ninguna otra componente está identificada

$$u_0 = 0$$

### Error en la determinación del PC representativo diario

$$E_{PC} = 2\sqrt{(0,25^2 + \frac{D_{PC}^2}{12} + 0,03^2)}$$

### Reunión de los requisitos en la práctica

Para  $D_{PC} = 1,98 \%$ ,  $E_{PC} = 1,25 \%$

En este caso, el requisito es conocido ( $EMP < 1,25 \%$ ) siempre y cuando el área sea vaciada dentro de un día, la desviación estándar experimental del PC diariamente es menor que 0,5 % y la variación de un día a otro del promedio de PC diario,  $D_{PC}$ , es menor o igual que  $< 2 \%$ .

En la práctica, mientras la información proporcionada por la compañía de gas, de acuerdo con los soportes documentales, que estas tres suposiciones iniciales han sido conocidas, esta

compañía de gas esta facultada para usar este procedimiento en esta área durante este periodo de tiempo para este gas.

De acuerdo a la convención general usada en este documento se introdujo un factor de cobertura de 2 (equivalente a un nivel de confianza de 95 % asumiendo una distribución normal), podría hacerse una concesión para una ligera desviación por este criterio, por ejemplo por caso fortuito un día en un mes, correspondiente a un nivel de concordancia de  $29/30 = 0,9666 \%$ .

#### C.4 OTROS EJEMPLOS DE GESTIÓN DEL PODER CALORÍFICO Y ENERGÍA

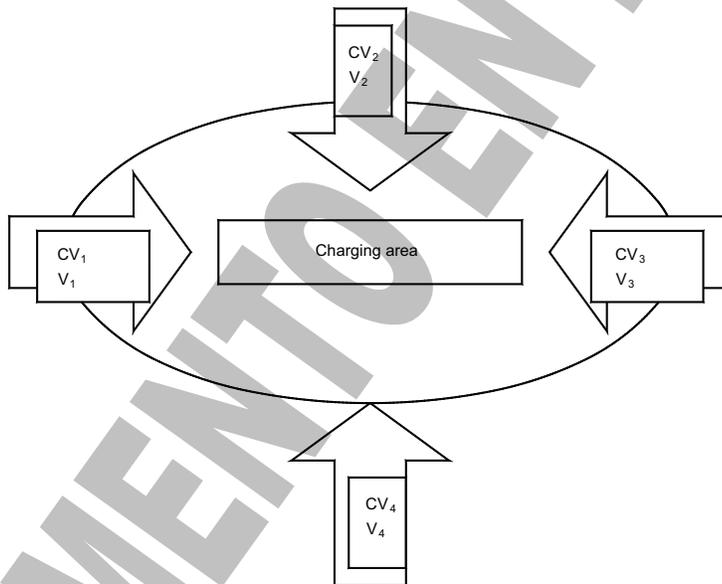
##### C.4.1 Primer ejemplo

###### Definiciones básicas:

“área de carga” es un área para la cual el transportador de gas usa un poder calorífico único para el cálculo de la energía transportada a las afueras o a tuberías operadas por otros PGTs.

“punto de entrada” están localizados en donde el gas pasa desde el sistema de transmisión nacional de alta presión al sistema de distribución del área de carga.

El ejemplo es un área de carga siendo suministrada a través de 4 puntos de entrada en los cuales los gases de diferentes poderes caloríficos entran al sistema de distribución.



##### A. Asignación fija basada en la más baja fuente de PC

La regulación requiere que sobre una base diaria el poder calorífico más bajo de cualquier gas que entre en el área de carga sea usado en el cálculo de la cantidad de energía transportada a las afueras en el área de carga.

En el ejemplo el gas que pasa cada uno de los puntos de entrada tendrá su poder calorífico determinado en el punto de entrada o en un punto sobre la tubería de alta presión alimentando el punto. El poder calorífico más bajo de PC<sub>1-4</sub> determinado en estos puntos de entrada es asignado a todas las interfases dentro del área de carga (sobre una base diaria).

Hay mediciones de PC pero no son requeridas las mediciones de volumen.

### B. Asignación variable basada en flujo de acuerdo a al PC promedio

La regulación requiere el cálculo del flujo de acuerdo con el poder calorífico promedio (FPCP) para cada día a partir de:

$$FPCP = E / V$$

en donde

$E$  = la suma de todas las entradas de energía relevantes en los puntos de entrada; y

$V$  = la suma de todas las entradas de volumen en los puntos de entrada.

Para el ejemplo:

$$FPCP = (PC_1 \cdot V_1 + PC_2 \cdot V_2 + PC_3 \cdot V_3 + PC_4 \cdot V_4) / (V_1 + V_2 + V_3 + V_4)$$

Esto requiere que cada punto de entrada se tenga medición de volumen y poder calorífico, en sitio o por atribución desde otra parte.

Los poderes caloríficos son el promedio diario para el punto de entrada y los volúmenes son el total para el día.

#### C.4.2 Segundo ejemplo

Los medidores de volumen, los dispositivos de conversión y los dispositivos para la determinación del poder calorífico (DDPC) junto con sus dispositivos adicionales relevantes son sujetos a aprobación de modelo, verificación inicial y final y se deben usar únicamente bajo condiciones de instalación aprobadas.

El gas que ha sido contabilizado en términos de energía  $E$  el cual es calculado del volumen del gas entregado  $V$  y su poder calorífico representativo  $\bar{H}$ .

El poder calorífico de gases diferentes entrando en el área de carga deben ser determinados en sitios representativos mediante métodos aprobados.

El poder calorífico representativo para cada sitio  $x(\bar{H}_x)$  puede ser calculado como el valor promedio ponderado aritmético o ponderado con el volumen. El volumen representativo ponderado mensualmente  $\bar{H}_x(m)$  (promedio de  $d$  días en el mes) es calculado a partir del volumen diario y del poder calorífico diario  $H_x(d)$ , el último siendo promediado aritméticamente sobre todos los  $n$  poderes caloríficos individuales  $H_{x,n}$

$$H_x(d) = \frac{\sum_{1}^n H_{x,n}}{n} \quad 1)$$

$$\bar{H}_x(m) = \frac{\sum_{1}^d H_x(d)V(d)}{\sum_{1}^d V(d)} \quad 2)$$

El ponderado mensual del poder calorífico  $H'_x(m)$  es calculado a partir de los poderes caloríficos diarios  $H_x(d)$ :

$$\overline{H_x(m)} = \frac{\sum_1^d H_x(d)}{d} \quad 2')$$

El poder calorífico medio anual  $\overline{H_x(y)}$  es calculado a partir de los volúmenes mensuales  $V(m)$  y poderes caloríficos mensuales  $\overline{H_x(m)}$  o  $H'_x(m)$ :

$$\overline{H_x(y)} = \frac{\sum_1^{m=12} \overline{H_x(m)} V(m)}{\sum_1^{m=12} V(m)} \quad 3)$$

En áreas de carga donde  $j$  gases de diferentes poderes caloríficos se alimentan y mezclan dentro del área en el mismo punto de entrada, el poder calorífico representativo  $H$  es determinado mediante la medición del poder calorífico de la mezcla o mediante el cálculo del poder calorífico medio como el valor medio ponderado a partir de los volúmenes y poderes caloríficos de las corrientes de gas individuales:

$$\overline{H} = \overline{H_x} \quad 4)$$

$$\overline{H} = \frac{\sum_1^j H_j V_j}{\sum_1^j V_j} \quad 4')$$

En áreas de carga en donde gases de diferentes poderes caloríficos están alimentando el área en puntos de entrada localizados en lugares diferentes, los poderes caloríficos son determinados para cada punto de entrada ( $H_x$ ). Si el poder calorífico en los diferentes puntos de entrada no difiere por más que el error máximo permisible en uso a partir del valor medio ponderado para esta área de carga, puede ser usado este valor medio ponderado. De otra manera, debe ser usado un sistema más o menos sofisticado.

$$\left(\overline{H_x} - \overline{H}\right)_{for\ all\ x} \leq mpe_{en\ servicio} \Rightarrow \overline{H} = \overline{H_x} \quad 5)$$

$$\left(\overline{H_x} - \overline{H}\right)_{for\ any\ x} > mpe_{en\ servicio} \Rightarrow State\ reconstrucción \quad 5')$$

**ANEXO D**  
(Informativo)

**CONSIDERACIONES GENERALES EN LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN DE GAS**

**D.1 CONSTITUCIÓN DE UN SISTEMA DE MEDICIÓN DE ENERGÍA**

A continuación se encuentran las diferentes posibilidades de construcción de un sistema de medición legal comenzando con una indicación de volumen convertida a condiciones base. Lo cual debe adaptarse en caso de una conversión de masa o masa directa.

Son aseguradas las comunicaciones principales relacionadas con el módulo de medición.

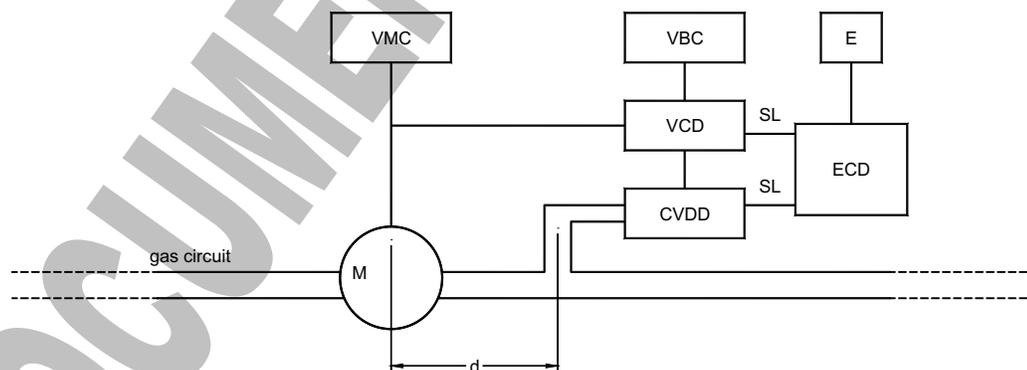
Para las funciones de conversión debe asegurarse cualquier comunicación o la comunicación entre DCV y los DCE y entre los DDPC y los DCE debe ser tal que los soportes documentales del sistema aseguren que los datos son usados apropiadamente como se describe más adelante. Lo principal de los soportes documentales del sistema es también aplicable cuando la presión no es medida en el punto de medición.

**ABREVIACIONES Y SIMBOLOS**

M	Medidor (M)
VMC	Volumen a condiciones de medición (VCM)
VCD	Dispositivo para conversión de volumen (DCV)
VBC	Volumen a condiciones base (VCB)
CVDD	Dispositivo para la determinación del poder calorífico (DDPC)
ECD	Dispositivo para conversión de energía (DCE)
E	Energía (E)
SL	Comunicación asegurada (CA)
NS	Comunicación no asegurada (CNA)
ME	Dato entrado manualmente (EM)

**PRIMER CASO**

Comunicación asegurada y un DDPC cerca al medidor



Este sistema es un clásico sistema para medición legal

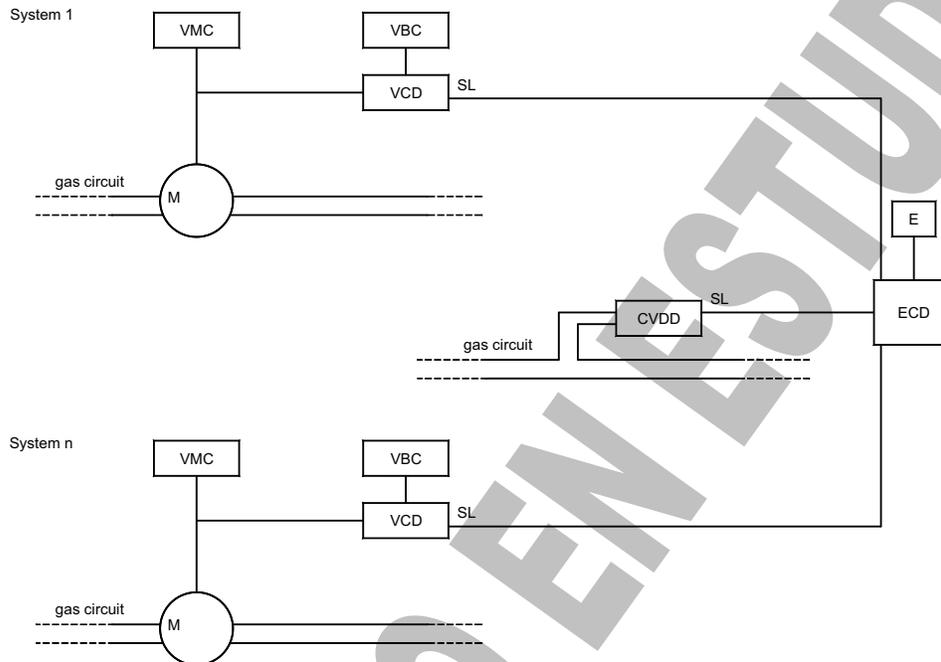
NOTA la distancia d es para que las características del gas medido sean las mismas que las del gas que es analizado en el DDPC.

## SEGUNDO CASO

Comunicación asegurada y un DDPG remoto

Este es el caso por ejemplo en donde es usado un DDPG para determinar el poder calorífico para una región.

NOTA la distancia entre el DCE y los restantes sistemas de medición no es relevante, tampoco es relevante el número de DCE.



Un instrumento para medición legal esta compuesto de:

- un sistema de medición en si y
- Soportes documentales para asegurar que los datos usados para los cálculos de energía y poder calorífico representativo del gas que está pasando por cada medidor.

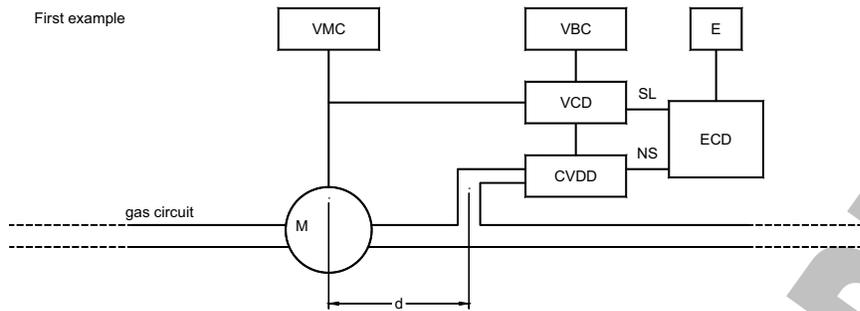
NOTA Los soportes documentales son definidos por las autoridades nacionales

## TERCER CASO

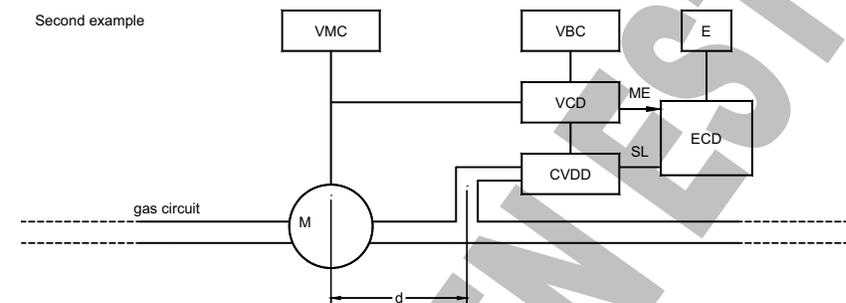
Sin comunicación asegurada y/o datos entrados manualmente

NOTA esto es relevante en el caso donde al menos una comunicación no es asegurada.

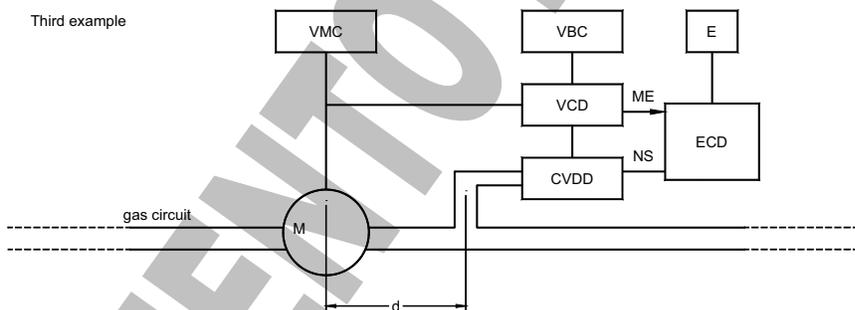
- Primer ejemplo



- Segundo ejemplo



- Tercer ejemplo



Un instrumento de medición legal esta compuesto de:

- un sistema de medición en si y
- los soportes documentales para asegurar que los datos usados para calcular la energía son correctos y que son medidos por el DCV y el DDPC y,
- además en casos de DDPC remotos, los soportes documentales aseguran que los datos usados para calcular la energía son representativos del poder calorífico del gas que está pasando por cada medidor.

NOTA Los soportes documentales son proporcionados por las autoridades nacionales.

## **D.2 TECNOLOGÍAS PARA MEDICIÓN DE FLUJO**

Los medidores adaptados en sistemas de medición en el alcance de esta recomendación podrían ser de cualquier tecnología con la excepción de medidores de diafragma, aunque es posible el acercamiento modular completo para las tecnologías consideradas en el Anexo B.

### **D.2.1 Placa de orificio, venturi, Boquillas**

Véase la norma ISO 5167.

### **D.2.2 Medidores tipo Turbina**

La turbina es un medidor en el cual el flujo de gas conduce una rueda, el número de rotaciones de esta corresponde a una medición proporcional al volumen de gas transmitido. Véase la norma OIML R 32 (bajo revisión)

### **D.2.3 Medidores de pistón rotativo**

El medidor de pistón rotativo es un medidor en donde las paredes internas limitan las cámaras de medición las cuales son puestas en revolución bajo la acción del gas; el número de revoluciones de estas paredes corresponde a la medición del volumen de gas transmitido. Véase la norma OIML R 32 (bajo revisión).

### **D.2.4 Medidor ultrasónico**

El medidor determina la cantidad de gas transmitida por integración del flujo de gas, el cual es definido por la medición del tiempo de tránsito empleado por una onda ultrasónica (este tiempo depende de la velocidad del sonido en el gas y la velocidad del gas) o por el cambio de la frecuencia Doppler de una onda ultrasónica.

### **D.2.5 Medidores Vortex**

Los medidores Vortex operan mediante la medición de los vértices formados en lados alternativos de un cuerpo no aerodinámico, el cual se encuentra localizado en la corriente de flujo. La frecuencia de formación de los vértices es proporcional al número de Strouhal del fluido.

### **D.2.6 Medidor de flujo másico tipo Coriolis**

Es un instrumento de medición que determina la cantidad de masa en un flujo de gas usando el fenómeno de la fuerza de Coriolis sin el uso de otros dispositivos auxiliares o datos de propiedades físicas del gas.

### **D.2.7 Otros principios de medición**

Cualquier otro principio de medición que proporcione una señal de salida en función del volumen, masa o energía que ha cruzado el medidor.

## **D.3 DISEÑO DE SISTEMAS DE MEDICIÓN**

El diseño de un sistema de medición debe estar basado en los valores máximo y mínimo relacionados con:

- El caudal de volumen, masa o energía;
- la presión de diseño y la presión de operación;
- la temperatura del gas y la temperatura ambiente;
- la composición del gas.

**D.3.1 Criterios de diseño mínimos**

De acuerdo con los criterios de citados anteriormente, las autoridades podrían decidir las consideraciones técnicas y económicas para la constitución de un sistema de medición. La siguiente tabla da los lineamientos para esto.

**Tabla 5. Criterios de diseño mínimo para la construcción de un sistema de medición**

<b>Qmax de diseño a condiciones base m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Menor o igual a 1000</b>	<b>Mas de 1000</b>	<b>Mas de 10000</b>	<b>Mas de 100000</b>
Curva del medidor para corrección del error		*	*	*
Facilidades para sistemas de prueba locales			*	*
Conversión de temperatura	*	*	*	*
Conversión de presión		*	*	*
Determinación local del PC <sup>1</sup> y calidad del gas			*	*
Determinación del PC remota (muestreado o calculado)	*	*	*	
Registro de las cantidades por intervalos de tiempo			*	*
Alternativas para las conversiones dadas anteriormente: medición de densidad			*	*
Clase de exactitud	C	B	A o B	A
* Dispositivo o función recomendada				
1 PC = poder calorífico				

**D.3.2 Medición de las características del gas**

Con el fin de obtener la mejor exactitud, la medición de las características del gas (presión, temperatura, densidad) deberían realizarse sobre cada brazo de medición para que:

- No influye ni el flujo ni la magnitud transmitida; y,
- Asegurar que los valores de las magnitudes medidas corresponden con las condiciones en los puntos de medición de flujo de gas.

Un instrumento de medición asociado es suficiente para que todo el sistema de medición mida los parámetros (densidad, poder calorífico, etc....) los cuales son comunes a todos los brazos bajo condiciones de operación normal y para medir la composición del gas, con tal que se respete la máxima influencia especificada en el numeral 7.3.4.3.

Para la medición de densidad, el uso de dos instrumentos de medición es recomendado para detectar un error en uno de ellos.

### **D.3.3 Equipo opcional**

El sistema de medición podría transmitir información metrológica a otros equipos tales como totalizadores, registradores o equipos de telemetría. El estatus legal (sujeto o no a control) de la información transmitida esta sujeta a consideración de las autoridades.

Las variables medidas en la estación de medición podrían ser mostradas, registradas o almacenadas en forma analógica o en formato digital y podría ser grabado y almacenado por dispositivos apropiados como una función del tiempo y el volumen.

### **D.3.4 Temperatura ambiente**

Algunos tipos de equipos, como calculadoras y otros dispositivos electrónicos, solo pueden operar correctamente dentro de un rango limitado de temperatura (las condiciones de operación son especificadas en el numeral 7.1.2). Donde es controlada la temperatura ambiente se requiere mantener la exactitud de este tipo de equipos, el operador debería verificar que la temperatura ambiente es apropiadamente monitoreada y mantenida.

## **D.4 CONSIDERACIONES RELACIONADAS CON EL PERFIL DE FLUJO A LA ENTRADA**

Para todos los tipos de tecnologías de medición que son afectadas por el perfil de flujo a la entrada es esencial tener perfiles de flujo de gas completamente desarrollados, a propósito de las condiciones del fluido y del flujo.

### **D.4.1 Condiciones**

La condición de vértices y los perfiles de velocidad podrían ser aceptados si el efecto es más pequeño que el especificado por el fabricante del medidor o si esta dentro del apropiado estándar del producto.

### **D.4.2 Requisitos de tubería**

Con el fin de alcanzar unas condiciones del perfil de flujo aceptables, se tomarán las medidas generales dadas a continuación. Estas medidas pueden ser relacionadas con las observaciones específicas para diferentes tipos de medidores y establecidas en el literal D.2, teniendo en cuenta que todos los medidores no tienen la misma sensibilidad a los disturbios en el perfil de flujo.

Véase el literal D.4.4 para la evaluación de otros métodos.

- a) la tubería necesaria aguas arriba y aguas abajo también el medidor de gas deberían todos tener el mismo diámetro nominal.
- b) Cualquier válvula en la entrada del tramo de tubería recta aguas arribadle medidor debería normalmente de una válvula de diámetro completo teniendo el mismo diámetro

de la tubería. Esta válvula debería estar completamente abierta cuando el medidor este realizando las mediciones.

- c) Deberían tomarse precauciones adicionales, respecto al perfil de flujo, si aguas arriba del medidor se encuentra localizada una válvula reguladora de flujo o un regulador de presión.
- d) Se debería evitar el uso de adaptaciones de tubería o equipo que genere marcadamente asimetría o perfiles de flujo con swirl sobre una longitud suficiente, dependiendo del tipo de medidor, aguas arriba del medidor de gas. Por ejemplo codos simples o dobles, reductores, etc.
- e) las configuraciones de tubería que generan swirl. (por ejemplo codos que no están coplanares se debería evitar sobre longitudes suficientes – dependiendo del tipo de medidor- aguas arriba del medidor de gas, ya que el swirl puede continuar sobre longitudes de tubería recta muy largas p.e. mas de 100 D dependiendo del número de Reynolds, rugosidad de la tubería, etc....).

#### D.4.3 Acondicionadores de flujo

Si no puede ser alcanzada la condición requerida aguas arriba de un medidor dado para mantener su exactitud (por ejemplo: porque el espacio es insuficiente o porque el sistema de medición está combinado con una estación de regulación de presión), se debería instalar un acondicionador de flujo. Se debería especificar en el mismo momento de la aprobación de modelo la distancia aguas arriba con el fin de permitir al perfil de flujo obtener la calidad requerida tanto para el perfil de velocidades y la distribución de turbulencia.

Como el acondicionador de flujo influye en la exactitud del medidor, el medidor y el acondicionador de flujo deberían ser calibrados como una unidad individual. Se debe asegurar la posición relativa del medidor y del acondicionador de flujo.

#### D.4.4 Evaluación de un perfil de flujo aceptable

Cuando la tubería y/o el acondicionador de flujo no proporcionan la calidad requerida para el perfil de flujo aguas arriba, has dos posibilidades:

- a) Medir el perfil de flujo y verificar tanto en el perfil de flujo en la tubería como a la entrada del medidor si satisface las características descritas arriba.
- b) o, calibrar el medidor de gas incluyendo su tubería aguas arriba y el acondicionador de flujo, siendo transportado todo sin desensamblar después de la calibración o con precauciones especiales para asegurar que la tubería y el medidor son instalados en la misma posición que durante la calibración (véase el parágrafo anterior)

NOTA Se deben considerar estas estipulaciones como un consejo, por ejemplo para la industria del gas, pero no debe ser considerada como una contradicción del Anexo B.

#### D.4.5 Flujo inestable

En algunas aplicaciones el flujo de gas podría ser pulsante, con vibraciones, intermitente o alternativo, los efectos resultantes en la indicación de la medición son dependientes del tipo de medidor, su diseño, la densidad del gas y el régimen de trabajo del sistema de medición completo. Puede conducir a errores sistemáticos importantes en la medición. Se deben tener en cuenta los efectos del flujo inestable en la fase de diseño de los sistemas de medición también como al momento de la selección del medidor.

#### **D.4.5.1 Efectos de pulsación**

Se tienen que verificar los efectos de pulsación cuando el medidor es instalado aguas abajo o aguas arriba de:

- Compresores tipo pistón,
- Medidores de gas de tipo pistón rotativo,
- Finales muertos de tubería generando resonancia o
- Reguladores de presión inestables.

La influencia de la pulsación puede ser reducida mediante el incremento de la distancia entre el medidor y la fuente de pulsación o mediante el uso de un amortiguador de pulsaciones apropiado.

#### **D.4.5.2 Vibraciones**

Las vibraciones pueden incrementar cuando la frecuencia mecánica natural del sistema de tubería es igual o muy cercana a la frecuencia de excitación causada por los elementos mencionados anteriormente (véase el literal D.4.5.1), por los mismos medidores de gas o por pulsaciones de flujo inducidas. Para prevenir o minimizar los efectos sobre el medidor de gas se deberían realizar los cálculos apropiados para el sistema de medición completo, preferiblemente en la etapa de diseño. En particular, no se deberían instalar medidores ultrasónicos donde las frecuencias de vibración (o sus armónicos) puedan estar cerca a las frecuencias usadas por los transductores ultrasónicos.

#### **D.4.5.3 Flujo intermitente**

Un flujo intermitente es generado si el caudal repetitivamente cambia entre un caudal casi constante a una condición de no flujo. Para los medidores de gas con elementos móviles/rotativos, en particular para los medidores de gas tipo turbina, pueden ser inducidos errores de medición de 20 % o más en las mediciones después del arranque. Además, se tiene que poner atención a la escogencia del tamaño óptimo del medidor de gas.

#### **D.4.5.4 Régimen alternativo**

Para condiciones de trabajo alternativas de un medidor de gas se debería aplicar análogamente lo establecido para flujo intermitente

### **D.4.6 Relación de especificaciones para medidores de gas rotativos tipo pistón**

#### **D.4.6.1 Perfil de velocidad aguas arriba**

A baja presión, los medidores de gas de desplazamiento positivo no son generalmente sensibles a la configuración de la tubería.

Para altas presiones, por ejemplo por encima de 700 kPa, es necesario ubicar aguas arriba y aguas abajo secciones de tubería recta con el mismo diámetro nominal que las bridas del medidor.

#### **D.4.6.2 Incrementos de presión generados por el medidor**

Pequeñas variaciones de volumen durante el ciclo de operación del medidor son inherentes a la operación de algunos tipos de medidores de desplazamiento rotativos. Estas variaciones generan pequeños incrementos de presión tanto aguas arriba como aguas abajo del medidor. Para configuraciones en serie o en paralelo se requiere adecuar la tubería con el fin de eliminar el riesgo de interferencia.

DOCUMENTO EN ESTUDIO

**ANEXO E**  
(Obligatorio / informativo)  
**GASES DE CALIBRACIÓN**

**E.1 GASES DE CALIBRACIÓN PARA INSTRUMENTOS PARA LA DETERMINACIÓN DEL PODER CALORÍFICO**

Los gases de calibración certificados para poder calorífico y composición, en donde sea aplicable, son usados durante aprobación de modelo, verificación inicial, verificación subsecuente, y cuando es autorizado en operación normal de instrumentos para medición del poder calorífico.

Los requisitos generales relacionados con estabilidad, preparación, certificación y uso, los requisitos específicos (técnicos) describen los campos de aplicación y las propiedades (composición, valores certificados, pureza, incertidumbre).

De acuerdo a la aplicación los gases de calibración implican diferentes requisitos específicos.

<b>E.1.1 Requisitos Generales</b>	<b>Posibles métodos para cumplir el requisito / comentario</b>
<b>E.1.1.1</b> Reactividad de los gases	
Los componentes del gas de calibración no deben reaccionar con otros componentes.	Deben ser usados únicamente hidrocarburos saturados, gases permanentes y dióxido de carbono.
<b>E.1.1.2</b> Reactividad con materiales	
<p>Los componentes del gas no deben reaccionar con o ser influenciados por materiales usados por el cilindro, válvulas, sellos, etc.</p> <p>Se deben evitar los efectos de adsorción o minimizarlos a un grado insignificante.</p> <p>No debe ocurrir difusión a través de los sellos.</p>	<p>Cf. ISO 10715 (997): gas natural – guía pra toma de muestras, Cap. 6 - 7</p>
<p><b>E.1.1.3</b> Condensación</p> <p>Durante el uso, transporte y almacenamiento no debe ocurrir cambios de la composición cuantitativa y cualitativa.</p> <p>Durante la preparación, transporte y almacenamiento, la temperatura del envase no debe alcanzar o caer por debajo de la temperatura de rocío, incluyendo un margen de seguridad.</p> <p>Durante el uso, la temperatura del cilindro de gas de calibración debe exceder la temperatura de rocío, incluyendo un margen de seguridad.</p> <p>No debe ocurrir condensación.</p> <p>Durante la expansión a través de las válvulas, tubos o reguladores de presión, el enfriamiento debido al efecto Joule/Thomson no debe causar condensación.</p>	<p>La temperatura de rocío del gas debe ser conocida y el gas mantenido por encima de esta temperatura.</p> <p>Si es necesario, debe proporcionarse con el cilindro un dispositivo de calentamiento.</p> <p>Si es necesario, los dispositivos respectivos deben estar equipados con un calentador de suficiente potencia para calentar el gas lo suficientemente por encima de la temperatura ambiente, para que incluso con expansión adiabática la temperatura exceda el punto de rocío mas su margen de seguridad.</p> <p>La determinación del punto de rocío y las presiones máximas durante y después del proceso de llenado tienen que ser ejecutadas mediante:</p> <p>a) un método de medición apropiado (cf. ISO NO 15972-2). Gas natural – medición de propiedades – componente único y propiedades de condensación – Parte 2: Punto de rocío de hidrocarburos.</p>

Continúa . . .

E.1.1 Requisitos Generales	Posibles métodos para cumplir el requisito / comentario
<p><b>E.1.1.3</b> Condensación</p>	<p>b) calculo con un programa de computador apropiado para propiedades de fase.</p> <p>c) Estimación sobre las bases de los factores de compresión calculados (cf. ISO 12213: Gas natural – cálculo del factor de compresibilidad).</p> <p>d) estimación sobre la base de presión de vapor.</p> <p>Estos métodos son dados en el orden preferido.</p>
<p><b>E.1.1.4</b> Tiempo de vida y presión final</p> <p>Debe ser especificado el tiempo de vida máximo de los gases de calibración.</p> <p>La presión final en un cilindro de gas de calibración no debe caer por debajo de la presión ambiente más un margen de seguridad suficiente para prevenir la difusión de aire dentro del cilindro.</p>	<p>No debería exceder 5 años.</p>
<p><b>E.1.1.5</b> Toma de muestras</p> <p>La toma de muestras de gases de calibración debe ser hecha únicamente por personal calificado de acuerdo a las buenas prácticas de laboratorio aceptadas para gases puros</p>	
<p><b>E.1.1.6</b> Preparación, certificación y trazabilidad</p>	
<p>La preparación debería preferiblemente ser hecha por métodos gravimétricos</p>	<p>Cf. ISO 6142: gas natural – preparación de mezclas de gas para calibración – método gravimétrico.</p>
<p>La composición final del gas debe ser verificada mediante cromatografía de gas o por cualquier otro método apropiado.</p>	<p>Cf. ISO 6143: análisis de gas – verificación de mezclas de gas para calibración por un método de comparación.</p>
<p>Todos los gases de calibración deben ser trazables a los patrones nacionales o internacionales. La certificación para la incertidumbre requerida en el poder calorífico o composición del gas debe ser ejecutado por una institución autorizada.</p>	<p>El poder calorífico puede ser calculado a partir de la composición conocida, donde la incertidumbre en la determinación de la concentración es lo suficientemente inferior al EMP, o determinado directamente usando un instrumento de medición.</p>
<p><b>E.1.1.7</b> Certificado</p>	
<p>Cada cilindro debe estar acompañado por un certificado e instrucciones detalladas por el expedidor.</p>	<p>La cantidad de información de este certificado son los datos obligatorios y opcionales como en la ISO/DIS 6141 (06/97). Un extracto de esta información tiene que ser fijado al cilindro.</p> <p>Especialmente, debe ser dada la temperatura mínima de transporte.</p>
<p><b>E.1.1.8</b> Unidades</p>	
<p>La unidad de composición a ser usada es moles o fracción masa; todas las otras propiedades deben ser dadas en las unidades respectivas del SI.</p>	

## **E.1.2 Requisitos específicos para gases de calibración de instrumentos para la determinación del poder calorífico**

### **E.1.2.1 Gases para aprobación de modelo**

Los gases de calibración para aprobación de modelo son escogidos por la institución respectiva de acuerdo a la propiedad bajo investigación.

### **E.1.2.2 Gases para verificación inicial y subsecuente**

Cuando sea apropiado, después de cada verificación, los cilindros deben ser sellados.

### **E.1.2.3 Gases para ajustes continuos y para verificaciones de rutina**

Cuando se autorice, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante y los resultados de la aprobación de modelo, debe ser usado ninguno, uno o más gases de calibración de composición certificada y poder calorífico certificado para la calibración continua y ajuste de los instrumentos durante el periodo valido de verificación.

Cuando es usado únicamente un gas de calibración, el gas de calibración debería tener poder calorífico similar en el largo plazo con el valor medio para el sitio de la instalación. Cuando son usados dos o mas gases de calibración, los gases de calibración deberían ser igualmente espaciados con el fin de cubrir el rango de PC a largo plazo para el sitio de la instalación.

Los cilindros de gas de calibración deben estar permanentemente conectados al instrumento, la tubería deberá ser fácilmente visible sin conexiones adicionales. Debe ser usada una técnica para prevenir la mezcla de gas de calibración y gas de la tubería. Todas las conexiones deben estar selladas durante la verificación.

El intercambio del gas de calibración requiere una nueva verificación.

### **E.1.2.4 Gases para trabajo de mantenimiento**

Si se realizan trabajos de mantenimiento regular durante el periodo valido de verificación es necesario mantener el instrumento en las condiciones apropiadas de trabajo, los gases de calibración a ser usados son escogidos durante el proceso de aprobación de modelo de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Este trabajo de mantenimiento y la calibración deben ser posibles sin romper los sellos.

## **E.1.3 Composición y propiedades físicas**

El gas de calibración debe contener todos los componentes relevantes para el propósito deseado. Sus propiedades químicas y físicas (poder calorífico, densidad, índice de Wobbe) deben ser adecuados para la identificación de los factores de influencia por calibración y su eliminación mediante ajuste.

### **E.1.3.1 Mezclas recomendadas**

La siguiente tabla resume las composiciones recomendadas de las diferentes categorías del gas de calibración y las propiedades a ser certificadas. La desviación de las recomendaciones podría ser especificada en el certificado de aprobación de modelo.

Principio físico	Medición directa	Medición indirecta	Técnicas de correlación	Cálculo a partir de la composición
<b>Propósito</b>				
<b>Calibración</b>	CH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> /N <sub>2</sub> CH <sub>4</sub> /C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> CH <sub>4</sub> /N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> Certificado por PC (H <sub>2</sub> ; CH <sub>4</sub> : pureza)	De acuerdo a los principios físicos dados por el certificado de aprobación de modelo  El certificado para PC y las propiedades físicas respectivas		6 o más componentes*  certificado por composición y PC
<b>Verificación</b>	2 o 3 mezclas de componentes como las mostradas arriba  Certificado para PC	6 o más mezclas de componentes*  certificado por PC		
<b>Aprobación de modelo</b>	De acuerdo al organismo de aprobación			
<b>Mantenimiento</b>	De acuerdo a las recomendaciones del fabricante como se especifica en la aprobación de modelo			
* CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , N <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>				

Cuando se preparan las mezclas, la desviación relativa de la concentración de cada componente con respecto al valor nominal dado en la aprobación de modelo en la mezcla final debe ser inferior al 5 % y la desviación del poder calorífico menor a 1 %.

### E.1.3.2 Incertidumbre de los valores certificados

Para todos los gases de calibración la incertidumbre del poder calorífico certificado debe ser menor a 1/3 del error máximo permisible, tanto como sea posible, tal como se determina en ISO 6976 (1995) 9 – Exactitud: Gas natural – Cálculo del poder calorífico, densidad, densidad relativa e Índice de Wobbe a partir de la composición.

Ejemplo de incertidumbres para gases de calibración certificados por composición:

- Etano, propano, 2-metilpropano, n-butano, nitrógeno: 1 % relativo
- Todos los otros componentes: 2 % relativo
- Metano: 0,2 % relativo (si se determina directamente)

NOTA 1 Si la composición del metano no es determinada directamente, esta composición es la diferencia entre el 100 % y a suma del contenido de otros componentes.

NOTA 2 Algunas autoridades nacionales son empleadas para comparar la diferencia entre los poderes caloríficos medidos directamente (usando un DDPC bien conocido) y los poderes caloríficos calculados a partir de la composición medida. En este caso el resultado debe ser consistente teniendo en cuenta las incertidumbres.

### E.1.3.3 Valores usados para cálculo

Los cálculos de las propiedades del gas deben ser hechas de acuerdo a ISO 6976 (1995): Gas natural. Cálculo del poder calorífico, densidad, densidad relativa e Índice de Wobbe a partir de la composición.

### E.1.3.4 Pureza

La pureza recomendada de los gases empleados para las mezclas y como gases puros es:

- Nitrógeno, dióxido de carbono, hidrogeno: 99.999 %
- Metano: 99.995 %
- Etano, propano, n-butano: 99,95 %
- Todos los otros componentes: 99 %

Son permitidos gases con purezas más bajas sujeto a las impurezas que están siendo certificadas y sus concentraciones teniendo en cuenta en el cálculo la composición de la mezcla y el poder calorífico.

La determinación de la pureza debe ser ejecutada por una institución autorizada.

### Ejemplos de mezclas

#### a) Gases de calibración para calorímetros

Componente										
Nitrógeno	N <sub>2</sub>					7,00	8,70	11,70	17,5	17,00
Hidrógeno	H <sub>2</sub>		99,999							49,00
Metano	CH <sub>4</sub>	99,995		87,70	93,50	93,00	91,30	88,30	82,50	34,00
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>			12,30	6,50					
Poder calorífico	MJ/m <sup>3</sup>	39,831	12,752	43,545	41,793	37,036	36,358	35,160	32,846	19,769
Densidad estándar	kg/m <sup>3</sup>	0,7175	0,0899	0,7952	0,7585	0,7548	0,7639	0,7799	0,8108	0,5001

#### b) Gases de calibración para cromatógrafos

Componente										
Helio	He									0,5
Oxígeno	O <sub>2</sub>							0,5		0,5
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0,40	14,40	12,00	10,30	1,00	4,00	4,00	4,00	5,00
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	1,80	1,00	4,50	1,00	0,9	1,50	1,50	1,50	1,00
Monóxido de carbono	CO									0,50
Hidrogeno	H <sub>2</sub>									1,00
Metano	CH <sub>4</sub>	84,00	81,00	82,00	83,00	96,40	83,85	88,45	88,90	86,44
Etileno	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>									0,50
Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	9,40	3,00	0,75	4,00	1,00	8,20	4,00	4,00	2,50
Propileno	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>									0,50
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	3,40	0,50	0,30	1,25	0,25	2,00	1,00	1,00	1,00
n-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	1,00	0,10	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
2-Metil-propano (iso-Butano)	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>			0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
n-Pentano	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>							0,05	0,05	0,05
2-metilbutano (iso-pentano)	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>			0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
2,2-dimetilpropano (neopentano)	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>								0,05	
n-Hexano	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>							0,05	0,05	0,06
Poder calorífico	MJ/m <sup>3</sup>	44,729	34,977	37,074	37,691	39,942	41,727	39,794	40,053	38,926
Densidad estándar	Kg/m <sup>3</sup>	0,8635	0,8339	0,8552	0,8348	0,7524	0,8435	0,8107	0,8084	0,8028

**ANEXO F**  
(Informativo)

**MÍNIMAS CANTIDADES DE PRUEBA PARA DISPOSITIVOS Y SISTEMAS DE MEDICIÓN**

Suponiendo que se puede asumir que la mayor componente de incertidumbre es debido al redondeo de los intervalos de escala digital, se podría considerar lo siguiente.

En el caso de un intervalo de escala  $s$  la determinación de los errores de un medidor se puede demostrar que la ley de distribución es triangular y que la incertidumbre estándar  $u_s$  es:

$$u_s = \frac{s}{\sqrt{6}}$$

Para esto, se tiene que considerar que una única lectura proporciona una distribución rectangular y que la lectura de la cantidad medida es hecha por la diferencia de 2 valores consecutivos, lo cual resulta en una distribución triangular.

Con un factor de cobertura igual a 2, la incertidumbre expandida correspondiente  $U$  es:

$$U = 2u_s$$

El requisito de incertidumbre en aprobación de modelo comparado con la tolerancia  $T$  es:

$$U \leq \frac{T}{3}$$

es decir:

$$s \times \sqrt{6} \leq T$$

- 1) Caso de determinación del error en un sistema de medición completo con  $EMP = \pm 1,5 \%$  (ejemplo)

$$T = EMP = 1,5 \times 10^{-2} \times Q$$

La cantidad  $Q$  es

$$Q = n \times s$$

donde  $n$  es el número de intervalos de escala que de hecho es lo que estamos mirando. Esto conlleva a:

$$s \times \sqrt{6} \leq 0,015 \times n \times s$$

es decir:

$$n \geq \frac{100\sqrt{6}}{1,5} = 163,3$$

redondeando a

$$n \geq 164$$

- 2) Caso de la determinación del error de un módulo de medición con EMP = ± 1 % (posible ejemplo en una verificación inicial; véase el literal B.6)

$$n \geq 163,3 \times 1,5 / 1 \quad (\text{relación de EMP})$$

$$n \geq 245$$

- 3) Caso de determinación de la repetibilidad de un medidor con una tolerancia = ± 0,3 % (ejemplo)

$$n \geq 163,3 \times 1,5 / 0,3$$

$$n \geq 817$$

- 4) Caso de determinación del error de un calculador Clase A

$$T = 5 \times 10^{-4} \times n \times s$$

$$n \geq 163,3 \times 1,5 \times 10^{-2} / 5 \times 10^{-4}$$

$$n \geq 4899$$

- 5) Caso de la determinación de la falla de un calculador de volumen de medición Clase A a condiciones de medición

$$T = VS \quad (\text{valor significativo})$$

$$T = EMP / 10 = 0,7 \times 10^{-3} \times n \times s$$

$$n \geq 3500$$

## CONCLUSIÓN

Para sistemas de medición o módulos de medición es necesario calcular la cantidad mínima de prueba para cada aplicación. El número de intervalos de escala el cual es encontrado se debería incrementar porque la suposición “se puede asumir que la mayor componente de incertidumbre es debido al redondeo de los intervalos de escala digital” no es verdad en general.

Para calculadores, los casos 4 y 5 corresponden a la condición más severa y se piensa que las pruebas ejecutadas siempre con cantidades correspondientes a 5000 intervalos de escala. Sin embargo en casos de necesidad (pruebas largas), se puede calcular el número apropiado. Note que la suposición “se puede asumir que la mayor componente de incertidumbre es debido al redondeo de los intervalos de escala digital” es verdad en general para los calculadores.

**ANEXO G**  
(Informativo)

**CONVERSIÓN DE MASA DE GAS A VOLUMEN A CONDICIONES BASE**

**G.1 CÁLCULO DE VOLUMEN A CONDICIONES BASE A PARTIR DE LA MASA**

Conociendo el peso o la masa ( $w$ ) de una cantidad de gas, la ecuación para calcular el volumen a condiciones base ( $V_b$ ) es como sigue:

$$V_b = \frac{w}{\rho} \quad 1)$$

en donde

- $w$  = peso o masa de gas
- $V_b$  = volumen de gas a condiciones base
- $\rho_b$  = densidad de gas a condiciones base

**G.1.1 Cálculo de caudal volumétrico a condiciones base a partir del caudal másico**

Conociendo el caudal másico ( $Q_m$ ) de una cantidad de gas, la ecuación para calcular el caudal volumen a condiciones base ( $Q_{v_b}$ ) es como sigue:

$$Q_{v_b} = \frac{Q_m}{\rho_b} \quad 1.1)$$

en donde

- $Q_m$  = caudal másico del gas
- $Q_{v_b}$  = caudal volumétrico del gas a condiciones base
- $\rho_b$  = densidad del gas a condiciones base

**G.1.2 Unidades típicas de medición para cálculos de volumen a condiciones base**

Variable	Unidades del SI
$w$	kg
$V_b$	m <sup>3</sup>
$Q_m$	kg/h
$Q_{v_b}$	m <sup>3</sup> /h
$\rho_b$	kg/m <sup>3</sup>

**G.2 CÁLCULO DE LA DENSIDAD A CONDICIONES BASE USANDO UN LA LEY DE GASES NO-IDEALES**

Los cálculo de la densidad del gas a condiciones base ( $\rho_b$ ) es fijada por la ley de gases no - ideales. La ecuación es como sigue:

$$\rho_b = \frac{P_b M_r}{Z_b R T_b} \quad 2)$$

en donde

$\rho_b$	=	densidad del gas a condiciones base
$P_b$	=	presión del gas a condiciones base
$M_r$	=	masa molar del gas
$Z_b$	=	compresibilidad del gas a condiciones base
$R$	=	constante de gas universal
$T_b$	=	temperatura a condiciones base

### G.2.1 Cálculo de densidad base usando la densidad relativa

Un método alternativo para calcular la densidad del gas a condiciones base ( $\rho_b$ ) es mediante la utilización de la densidad relativa ( $G_r$ ) o gravedad específica del gas. Esta ecuación es como sigue:

$$\rho_b = G_r \rho_{b(Air)} \quad 2.1)$$

en donde

$\rho_b$	=	densidad del gas a condiciones base
$G_r$	=	densidad relativa del gas a condiciones base
$\rho_{b(Air)}$	=	densidad del aire a condiciones base

### G.2.2 Unidades típicas de medición para los cálculos de densidad base

Variable	Unidades del SI
$\rho_b$	kg/m <sup>3</sup>
$P_b$	MPa
$M_r$	kg/mol
$Z_b$	adimensional
$R$	MPa.m <sup>3</sup> /mol.K (0,00831451)
$G_r$	adimensional
$\rho_{b(Air)}$	kg/m <sup>3</sup> (1,2254 kg/m <sup>3</sup> a 0,101325 MPa y 288,15 K) (1,2254 kg/m <sup>3</sup> a 101,325 kPa y 15 °C)

**G.3 VARIABLES DE CÁLCULO EN LA SECCIÓN 2 PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD A CONDICIONES BASE ( $\rho_b$ )**

**G.3.1 La presión a condiciones base ( $P_b$ )**

La presión a condiciones base es determinada por acuerdos contractuales, algunas unidades de conversión comunes son las siguientes:

Unidad A	Conversión (Unidad A x Conversión = Unidad B)	Unidad B
Bar	100 000	Pa
kPa	1 000	Pa
MPa	1 000 000	Pa

**G.3.2 Masa molar ( $M_r$ )**

La masa molar de un gas ( $M_r$ ) en “kg/mol” es calculada de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$M_r = \sum_{i=1}^N x_i M_{ri}$$

en donde

- $M_{r(gas)}$  = masa molar del gas
- $N$  = número de componentes en la mezcla de gas
- $i$  = secuencia de números, i hasta N
- $x_i$  = fracción molar del componente número i
- $M_{ri}$  = peso molar del componente i

Como un ejemplo, el peso molar de una mezcla de tres componente de gas natural que contiene 90 % de metano, 5 % de dióxido de carbono, y 5 % de nitrógeno debería calcularse como sigue:

Componente de gas natural	Masa molar kg/mol		Fracción molar (%)		Producto entre la masa molar y la fracción
Metano	16.043	X	0.900	=	14.439
N <sub>2</sub>	28.013	X	0.050	=	1.401
CO <sub>2</sub>	44.010	X	0.050	=	2.201
Etano	30.170	X	0.000	=	0.000
Propano	44.097	X	0.000	=	0.000
I-Butano	58.123	X	0.000	=	0.000
N-Butano	58.123	X	0.000	=	0.000
I-Pentano	72.150	X	0.000	=	0.000
N-Pentano	72.150	X	0.000	=	0.000
N-Hexano	86.177	X	0.000	=	0.000
N-Heptano	100.204	X	0.000	=	0.000
N-Octano	114.231	X	0.000	=	0.000
N-Nonano	128.258	X	0.000	=	0.000
$M_{r(gas)}$ = suma de los productos					18.040

### G.3.3 Factor de compresibilidad a condiciones base ( $Z_b$ )

El cálculo del factor de compresibilidad puede ser realizado por métodos citados en las siguientes referencias de medición

*International Organization for Standardization, ISO 6976 - Natural Gas Calculation of Calorific Values, Density, Relative Density, and Wobbe Index from Composition*

Manteniendo los siguientes ejemplos nacionales para ser decidido por el BIML

Cualquier otra tabla aceptada para uso a nivel nacional, por ejemplo en los Estados Unidos:

*American Gas Association, Report Number 8 - Compressibility Factors of Natural Gas and other Related Hydrocarbon Gases*

*Gas Processors Association, GPA STD 2145 - Table of Physical Constants for Hydrocarbons and other Compounds of Interest to the Natural Gas Industry.*

DOCUMENTO EN ESTUDIO

ANEXO H  
(Informativo)

BIBLIOGRAFÍA

- [1] *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology (VIM)*. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML. *International Organization for Standardization, Geneva, 1993.*
- [2] *International Vocabulary of Terms in Legal Metrology (VIML)*. OIML, Paris, 2000
- [3] *Bureau International des Poids et Mesures (1998): The International System of Units (SI), Organisation Intergouvernementale de la Convention du Mètre, 7th edition*, BIPM, Paris, 1998.
- [4] *Bureau International des Poids et Mesures (2000): The International System of Units, Supplement 2000: addenda and Corrigenda to the 7th edition (1998)*, BIPM, Paris, 2000
- [5] *OIML International Document D 2: Legal Units of Measurement*, OIML, Paris, 1999
- [6] *OIML International Document D 11: General Requirements for Electronic Measuring Instruments*. OIML, Paris, 2004.
- [7] *Guide to the expression of uncertainty in measurement*. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML. *International Organization for Standardization, Geneva, 1995*
- [8] *OIML Recommendation R 137-1: Gas  $Z_b$* , OIML, Paris, 2006
- [9] *ISO 12213-1 (2006): Natural Gas — Calculation of Compression Factor — Part 1: Introduction and Guidelines*, ISO, Geneva, 2006
- [10] *ISO 12213-2 (2006): Natural Gas — Calculation of Compression Factor — Part 2: Calculation Using Molar-Composition Analysis*, ISO, Geneva, 2006
- [11] *ISO 12213-3 (2006): Natural Gas — Calculation of Compression Factor — Part 3: Calculation Using Physical Properties*, ISO, Geneva, 2006
- [12] *ISO 6976 (1995) With Corrigendum 1 (1997), Corrigendum 2 (1997) and Corrigendum 3 (1999): Natural Gas, Calculation of Calorific Values, Density, Relative Density, Wobbe Index from Composition*, ISO, Geneva, 1995.
- [13] *IEC 60068-2-1 (1990-05) With Amendments 1 (1993-02) and 2 (1994-06) Environmental Testing, Part2: Tests, Test A: Cold*
- [14] *IEC 60068-2-2 (1974-01), With Amendments 1 (1993-02) and 2 (1994-05) Environmental Testing Part2: Tests. Test B: Dry heat*
- [15] *IEC 60068-3-1 (1974-01) With Amendment 1 (1978-01) Environmental Testing - Part 3: Background Information - Section One: Cold and dry heat tests*
- [16] *IEC 60068-3-4 (2001-08) Environmental Testing - Part 3-4: Supporting Documentation And Guidance - Damp Heat Tests*

- [17] IEC 60068-2-30 (2005-08) *Environmental Testing Part 2: Tests. Test Db and Guidance: Damp Heat, Cyclic (12 + 12-hour Cycle)*
- [18] IEC 60068-2-31 (1969-01) *With Amendment 1 (1982-01) Environmental Testing Part 2: Tests Test Ec: Drop and Topple, Primarily for Equipment-type Specimens*
- [19] IEC 60068-2-47 (2005-04) *Environmental Testing Part 2-47: Test Methods, Mounting of Components, Equipment and Other Articles for Vibration, Impact and Similar Dynamic Tests*
- [20] IEC 60068-2-64 (1993-05), *With Corrigendum 1(1993-10) Environmental Testing - Part 2: Test Methods, Test Fh: Vibration, Broad-band Random (digital control) and Guidance*
- [21] IEC 60068-2-78 (2001-08) *Environmental Testing - Part 2-78: Tests - Test Cab: Damp Heat, Steady State*
- [22] IEC 60654-2 (1979-01) *With Amendment 1 (1992-09) Operating Conditions for Industrial-Process Measurement and Control Equipment. Part 2: Power*
- [23] IEC 61000-2-2 (2002-03) *Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 2-2: Environment - Compatibility Levels for Low-frequency Conducted Disturbances and Signalling in Public Low-voltage Power Supply Systems*
- [24] IEC 61000-4-1 (2006-10) *Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4-1: Testing and Measurement Techniques - Overview of IEC 61000-4 Series*
- [25] IEC 61000-4-2 (1995-01) *With Amendment 1 (1998-01) and Amendment 2 (2000-11) Basic EMC Publication Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 4: Testing and Measurement Techniques, Section 2: Electrostatic Discharge Immunity Test. Consolidated Edition: IEC 61000-4-2 (2001-04) Ed. 1.2*
- [26] IEC 61000-4-3 (2006-02) *Electromagnetic Compatibility (EMC)L: Part 4: Testing and Measurement Techniques, Section 3: Radiated, Radio-frequency, Electromagnetic Field Immunity Test*
- [27] IEC 61000-4-4 (2004-07) *With Corrigendum 1 (2006-08) Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 4: Testing and Measurement Techniques - Section 4: Electrical Fast Transient/burst Immunity Test. Basic EMC Publication*
- [28] IEC 61000-4-5 (2005-11) *Electromagnetic Compatibility (EMC)- Part 4-5: Testing and Measurement Techniques - Surge Immunity Test*
- [29] IEC 61000-4-6 (2003-05) *With Amendment 1 (2004-10) and Amendment 2 (2006-03) Electromagnetic Compatibility (EMC): Part 4: Testing and Measurement Techniques, Section 6: Immunity to Conducted Disturbances, Induced by Radio-frequency Fields. Consolidated Edition: IEC 61000-4-6 (2006-05) Ed. 2.2*
- [30] IEC 61000-4-11 (2004-03) - *Part 4-11: Testing and Measuring Techniques - Voltage Dips, Short Interruptions and Voltage Variations Immunity Tests*
- [31] IEC 61000-6-1 (2005-03) *Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 6: Generic Standards - Section 1: Immunity for Residential, Commercial and Light-industrial Environments.*

- [32] IEC 61000-6-2 (2005-01) *Electromagnetic Compatibility (EMC) - Part 6-2: Generic Standards - Immunity for Industrial Environments.*

PREPARADO POR: \_\_\_\_\_  
LUIS HERNANDO GIL

grr.

DOCUMENTO EN ESTUDIO