

Abril 2005

TÍTULO

Sistemas de detección de fugas

Parte 5: Sistemas de detección de fugas de tanques por indicador de nivel

Leak detection systems. Part 5: Tank gauge leak detection systems.

Systèmes de détection de fuites. Partie 5: Systèmes de détection de fuites au moyen de jauges automatiques en citernes.

CORRESPONDENCIA

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN 13160-5 de septiembre de 2004.

OBSERVACIONES

ANTECEDENTES

Esta ha sido elaborada por el comité técnico AEN/CTN 62 *Bienes de Equipo Industriales y Equipos a Presión* cuya Secretaría desempeña BEQUINOR.

Editada e impresa por AENOR
Depósito legal: M 18207:2005

© AENOR 2005
Reproducción prohibida

LAS OBSERVACIONES A ESTE DOCUMENTO HAN DE DIRIGIRSE A:

AENOR

C Génova, 6
28004 MADRID-España

Asociación Española de
Normalización y Certificación

Teléfono 91 432 60 00
Fax 91 310 40 32

35 Páginas

Grupo 22

ICS 23.020.10

Versión en español

Sistemas de detección de fugas
Parte 5: Sistemas de detección de fugas de tanques por indicador de nivel

Leak detection systems. Part 5: Tank gauge leak detection systems.

Systèmes de détection de fuites. Partie 5: Systèmes de détection de fuites au moyen de jauges automatiques en citernes.

Leckanzeigesysteme. Teil 5: Tankinhalts-Leckanzeigesysteme.

Esta europea ha sido aprobada por CEN el 2004-07-09. Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento Interior de CEN/CENELEC que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la europea como nacional.

Las correspondientes listas actualizadas y las referencias bibliográficas relativas a estas normas nacionales, pueden obtenerse en la Secretaría Central de CEN, o a través de sus miembros.

Esta europea existe en tres versiones oficiales (alemán, francés e inglés). Una versión en otra lengua realizada bajo la responsabilidad de un miembro de CEN en su idioma nacional, y notificada a la Secretaría Central, tiene el mismo rango que aquéllas.

Los miembros de CEN son los organismos nacionales de normalización de los países siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

CEN
COMITÉ EUROPEO DE NORMALIZACIÓN
European Committee for Standardization
Comité Européen de Normalisation
Europäisches Komitee für Normung
SECRETARÍA CENTRAL: Rue de Stassart, 36 B-1050 Bruxelles

© 2004 Derechos de reproducción reservados a los Miembros de CEN.

ÍNDICE

	Página
PRÓLOGO	6
1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	7
2 NORMAS DE CONSULTA	7
3 TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	7
3.1 Términos y definiciones	7
3.2 Abreviaturas	8
4 GENERAL	8
5 DETECCIÓN DINÁMICA DE FUGAS (CATEGORÍA A)	9
6 DETECCIÓN ESTADÍSTICA DE FUGAS EN REPOSO [CATEGORÍA B (1)]	9
7 DETECCIÓN ESTÁTICA DE FUGAS DE TANQUES POR INDICADOR DE NIVEL [CATEGORÍA B (2)]	9
8 DISPOSITIVO INDICADOR DE FUGA	9
9 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE TIPO PARA LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS DE TANQUES UTILIZANDO LOS DATOS DEL INDICADOR DE NIVEL, CATEGORÍAS A Y B (1)	9
9.1 Objetivo del ensayo	9
9.2 Equipo de ensayo	10
9.3 Método de ensayo	11
9.4 Análisis e informe de los resultados de ensayo	15
9.5 Análisis estadístico	16
10 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE TIPO PARA LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS DE TANQUES POR INDICADOR DE NIVEL DE CATEGORÍA B(2)	20
10.1 Objetivo de ensayo	20
10.2 Evaluación	21
10.3 Equipo de ensayo	21
10.4 Método de ensayo	22
10.5 Resultados del ensayo	25
10.6 Análisis estadístico	25
ANEXO A (Normativo) ADQUISICIÓN DE DATOS SOBRE EL TERRENO PARA PROPORCIONAR UNA BASE DE DATOS NORMALIZADA PARA EL ENSAYO DE SISTEMAS LÓGICOS (SOFTWARE) DE DETECCIÓN DE FUGAS DE CATEGORÍAS A Y B(1)	27
A.1 Objetivo	27
A.2 Requisitos	28
A.3 Equipo	29

A.4	Método	30
A.4.1	Preparación.....	30
A.4.2	Registro de datos del contenido del tanque.....	30
A.4.3	Registros de entrega.....	31
A.4.4	Recuperación de datos	31
A.4.5	Temperatura del producto entregado	32
A.4.6	Determinación del régimen de entrega.....	32
A.5	Carga y verificación de datos	32
BIBLIOGRAFÍA.....		34
Tablas		
Tabla 1	Requisitos de prestaciones para las categorías de detección de fugas.....	8
Tabla 2	Selección de archivos de datos de acuerdo a la capacidad del tanque y temperatura a la sombra.....	12
Tabla 3	Secuencia de ensayos para la detección de fugas en las categorías A y B(1)	15
Tabla 4	Resumen de resultados de una evaluación cualitativa.....	18
Tabla 5	Secuencia de ensayos para la categoría B(2) de detección de fugas	24
Tabla A.1	Rango de parámetros	29

PRÓLOGO

Esta Europea EN 13160-5:2004 ha sido elaborada por el Comité Técnico CEN/TC 221 *Tanques metálicos realizados en fábrica*, cuya Secretaría desempeña DIN.

Esta europea debe recibir el rango de nacional mediante la publicación de un texto idéntico a la misma o mediante ratificación antes de finales de marzo de 2005, y todas las normas nacionales técnicamente divergentes deben anularse antes de finales de marzo de 2005.

Esta europea consta de 7 partes:

Sistemas de detección de fugas;

Parte 1: Principios generales.

Parte 2: Sistemas por presión y vacío.

Parte 3: Sistemas de líquido para tanques.

Parte 4: Sistemas de detección de líquido y/o gas en espacios de contención o intersticiales.

Parte 5: Sistemas de detección de fugas de tanques por indicador de nivel.

Parte 6: Sistemas estáticos de detección de fugas en pozos de vigilancia.

Parte 7: Requisitos generales y métodos de ensayo para espacios intersticiales, revestimientos interiores y envolturas protectoras frente a las fugas.

De acuerdo con el Reglamento Interior de CEN/CENELEC, están obligados a adoptar esta europea los organismos de normalización de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Chipre, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Grecia, Hungría, Irlanda, Islandia, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Malta, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa, Suecia y Suiza.

1 OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Este documento especifica los requisitos relativos a los sistemas de detección de fugas de clase IV para su utilización exclusiva con líquidos, según se define en el objeto y campo de aplicación de la Norma EN 13352.

2 NORMAS DE CONSULTA

Las normas que a continuación se indican son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las referencias con fecha, sólo se aplica la edición citada. Para las referencias sin fecha se aplica la última edición de la (incluyendo cualquier modificación de ésta).

EN 228 – *Combustibles para automoción. Gasolina sin plomo. Requisitos y métodos de ensayo.*

EN 590 – *Combustibles para automoción. Diesel. Requisitos y métodos de ensayo.*

EN 976-1 – *Tanques enterrados de plásticos reforzados con fibra de vidrio (PRFV). Tanques cilíndricos horizontales para el almacenamiento sin presión de carburantes petrolíferos líquidos. Parte 1: Requisitos y métodos de ensayo para tanques de una sola pared.*

EN 12285-1 – *Tanques de acero fabricados en taller. Parte 1: Tanques horizontales cilíndricos, de pared simple o de pared doble, para el almacenamiento enterrado de líquidos inflamables y no inflamables contaminantes del agua.*

EN 13160-1:2003 – *Sistemas de detección de fugas. Parte 1: Principios generales.*

EN 13160-2 – *Sistemas de detección de fugas. Parte 2: Sistemas por presión y vacío.*

EN 13160-3 – *Sistemas de detección de fugas. Parte 3: Sistemas de líquido para tanques.*

EN 13160-4 – *Sistemas de detección de fugas. Parte 4: Sistemas de detección de líquido y/o gas en espacios de contención o intersticiales.*

EN 13160-6 – *Sistemas de detección de fugas. Parte 6: Sistemas estáticos de detección de fugas en pozos de vigilancia.*

EN 13352:2002 – *Especificación para el rendimiento de medidores automáticos del contenido en un tanque.*

EN 28601 – *Elementos de datos y formatos de intercambio. Intercambio de información. Representación de la fecha y de la hora. (ISO 8601:1988 y Erratum 1:1991).*

3 TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Para los fines de este documento, se aplican los términos y definiciones dados en la Norma EN 13160-1:2003 junto con los siguientes:

3.1 Términos y definiciones

3.1.1 rendimiento cuantitativo: Indicación numérica del caudal de fuga estimado para un ensayo dado.

3.1.2 rendimiento cualitativo: Indicación pasa/no pasa para un ensayo dado con referencia a un caudal de fuga especificado.

3.2 Abreviaturas

<i>B</i>	es el sesgo
<i>LL</i>	es el límite de confianza menor para la probabilidad de detección
<i>UL</i>	es el límite de confianza mayor para la probabilidad de detección
<i>ECM</i>	es el error cuadrático medio
<i>PD</i>	es la probabilidad de detección
<i>PFA</i>	es la probabilidad de falsa alarma
<i>PI(total)</i>	es la proporción de registros inválidos para todos los registros
<i>PI(fuga)</i>	es la proporción de registros inválidos para los tanques con fuga
<i>PI(estanco)</i>	es la proporción de registros inválidos para los tanques estancos
<i>R</i>	es el caudal de fuga simulada
<i>C</i>	es el criterio o umbral para la indicación de una fuga
<i>B</i>	es el sesgo estimado del sistema
<i>SD</i>	es la desviación típica
<i>t_b</i>	es el sesgo de ensayo <i>t</i> con doble muestra

4 GENERAL

Los principios generales deben estar de acuerdo a la Norma EN 13160-1.

Los sistemas de detección de fugas de tanques por indicador de nivel deben dividirse en dos categorías de funcionamiento:

- Categoría A: Sistemas de detección de fugas para tanques y conductos conectados con el tanque.
- Categoría B: Sistemas de detección de fugas únicamente para tanques.

Los requisitos mínimos de prestaciones para cada categoría están en la tabla 1.

Tabla 1
Requisitos de prestaciones para las categorías de detección de fugas

Categoría	Caudal de fuga $l \cdot h^{-1}$	Tiempo máximo de detección
A Detección dinámica de fugas	4,0	24 h
	2,0	7 días
	0,8	14 días
B(1) Detección estadística de fugas en reposo	4,0	24 h
	2,0	7 días
	0,8	14 días
B(2) Detección estática de fugas	0,4	6 h

Además de los requisitos de prestaciones en términos de caudales de fuga especificados de la tabla 1, el sistema de detección de fugas de tanques por indicador de nivel debe ser capaz de detectar una pérdida grande de 300 l o más en un tiempo máximo de 30 min.

Cualquier sistema de medición utilizado para cualquiera de las categorías de detección de fugas debe tener capacidad de detección de agua de acuerdo a la Norma EN 13352.

5 DETECCIÓN DINÁMICA DE FUGAS (CATEGORÍA A)

Para esta categoría, el sistema debe comunicarse con el sistema de medición, asociado con la retirada del producto del tanque de almacenamiento, para recibir detalles de todos los volúmenes dispensados desde el tanque. Al caudal de fuga especificado de acuerdo a la tabla 1, el sistema debe tener una probabilidad de detección de, al menos, un 95% mientras que el valor de falsa alarma no debe exceder del 5%.

6 DETECCIÓN ESTADÍSTICA DE FUGAS EN REPOSO [Categoría B (1)]

Para esta categoría, el sistema debe ser capaz de detectar el caudal de fuga especificado de acuerdo con la tabla 1 con una probabilidad de, al menos, el 95% mientras que el valor de falsa alarma no debe exceder del 5%.

7 DETECCIÓN ESTÁTICA DE FUGAS DE TANQUES POR INDICADOR DE NIVEL [CATEGORÍA B (2)]

Para esta clasificación, el sistema debe ser capaz de detectar, cuando no se dispense producto del tanque o no se suministre producto al mismo, el caudal de fuga especificado en la tabla 1 con una probabilidad de, al menos, el 95% mientras que el valor de falsa alarma no debe exceder del 5%.

8 DISPOSITIVO INDICADOR DE FUGA

Debe proporcionarse un dispositivo indicador de fuga. Además, para las categorías A y B, deben cumplirse los requisitos del dispositivo de control del indicador de nivel como se define en la Norma EN 13352. Debe activarse una alarma cada vez que se detecte un caudal de fuga igual o por encima del valor especificado, de acuerdo con la tabla 1.

En caso de que no se alcancen prestaciones de acuerdo con la tabla 1 dentro de los niveles requeridos de probabilidad, los resultados deben anotarse como inconcluyentes.

9 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE TIPO PARA LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS DE TANQUES UTILIZANDO LOS DATOS DEL INDICADOR DE NIVEL, CATEGORÍAS A Y B (1)

9.1 Objetivo del ensayo

9.1.1 El objetivo del ensayo es evaluar la idoneidad de un sistema lógico de detección (software) que utiliza datos del indicador de nivel para detectar las pérdidas de producto almacenado a partir de:

- en caso de la categoría A, un tanque de almacenamiento y/o conductos de extracción, o
- en el caso de la categoría B(1), un tanque de almacenamiento.

Los ensayos se realizan para determinar:

9.1.1.1 Que un caudal de fuga de $4 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ se detecte dentro de 24 h con una probabilidad de detección no menor del 95% y una probabilidad de falsa alarma no mayor del 5%.

9.1.1.2 Que un valor de fuga de $2 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ se detecte dentro de 7 días con una probabilidad de detección no menor del 95% y una probabilidad de falsa alarma no mayor del 5%.

9.1.1.3 Que un valor de fuga de $0,8 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ se detecte dentro de 14 días con una probabilidad de detección no menor del 95% y una probabilidad de falsa alarma no mayor del 5%.

En cada caso, los ensayos se realizan siguiendo un período de inicialización equivalente a un máximo de 28 días de funcionamiento, durante el cual el sistema en ensayo procesa los datos de funcionamiento normales sin fugas inducidas.

9.1.2 Los datos de una base de datos de ensayo normalizada pre-registrada reunidos de acuerdo con el anexo A se someterán al sistema bajo ensayo cubriendo los rangos mostrados para cada uno de los siguientes (por tanque):

- | | |
|--|---|
| 9.1.2.1 Temperatura diaria a la sombra: | de $-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+30 \text{ }^{\circ}\text{C}$; |
| 9.1.2.2 Capacidad del tanque de almacenamiento: | de 10 000 l a 50 000 l; |
| 9.1.2.3 Producción diaria media (por tanque): | de 1 000 l a 12 000 l por día; |
| 9.1.2.4 Cantidad suministrada por tanque: | de 2 750 l a 9 500 l; |
| 9.1.2.5 Temperatura de suministro: | de $-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+25 \text{ }^{\circ}\text{C}$; |
| 9.1.2.6 Frecuencia de suministro: | de 2 a 7 por semana; |
| 9.1.2.7 Precisión del dispensador individual: | de $-0,3\%$ a $+0,3\%$ del volumen dispensado. |

9.1.3 El sistema en ensayo debe calificarse para la utilización con archivos de base de datos representando al menos uno de los apartados 9.1.3.1 y 9.1.3.2 y opcionalmente los apartados 9.1.3.3, 9.1.3.4, 9.1.3.5 y/o 9.1.3.6:

- 9.1.3.1** Sistemas de extracción por aspiración (se incorpora un dispositivo de bombeo hidráulico dentro del dispensador).
- 9.1.3.2** Sistemas de extracción presurizados (el producto se transfiere del tanque al dispensador mediante una unidad de bombeo separada).
- 9.1.3.3** Sistemas de dispensación combinados (el producto de dos o más tanques se mezcla en el dispensador).
- 9.1.3.4** Sistemas de colectores de tanques (se conectan juntos dos o más tanques para que el combustible pueda extraerse de los mismos independientemente).
- 9.1.3.5** Sistemas de sifón de tanque (se conectan juntos dos o más tanques para que el combustible no pueda extraerse de los mismos independientemente).
- 9.1.3.6** Extracción múltiple (mínimo de 2 dispensadores por tanque, aspiración o presión).

9.1.4 El sistema sometido a ensayo debe calificarse para su utilización como sistema de detección de fugas de categoría A o categoría B(1).

9.1.5 El sistema sometido a ensayo debe calificarse para su utilización con datos correspondientes a cada tipo de producto del que se detectarán los fugas, tales como gasolina sin plomo de acuerdo a la Norma EN 228, diesel de acuerdo a la Norma EN 590.

9.2 Equipo de ensayo

9.2.1 Se requiere el siguiente equipo de ensayo:

9.2.1.1 Un ordenador y periféricos asociados para la transmisión de datos.

9.2.1.2 Un soporte lógico (software) de simulación de fugas y análisis de datos, necesario para procesar los archivos de base de datos de ensayo normalizada para simular fugas en los datos como se describe en el apartado 9.3 y someter los datos al software del sistema por indicador de nivel del tanque bajo ensayo.

9.3 Método de ensayo

9.3.1 Objetivo. El objetivo del programa de ensayo es verificar que el sistema de ensayo transmitirá los resultados del ensayo de fugas de acuerdo con el criterio del apartado 9.1.1 cuando los datos de la base de datos de ensayo normalizada se procesan mediante el software de detección de fugas siguiendo las modificaciones para simular fugas a varios caudales.

El fabricante debe suministrar el sistema bajo ensayo en forma de software instalado en un ordenador que sea capaz de leer y procesar los archivos de la base de datos de ensayo normalizada. Estos archivos se proporcionarán en un formato normalizado (como se define en el anexo A) y deben aceptarse sin ningún tratamiento previo.

El fabricante debe definir el periodo de inicialización requerido para el sistema bajo ensayo, que no debe exceder de 28 días.

9.3.2 Clasificación y selección de archivos. Debe seleccionarse un conjunto de archivos de la base de datos normalizada, que incluya datos apropiados para las aplicaciones enumeradas en los apartados 9.1.3, 9.1.4 y 9.1.5 para las que el sistema bajo ensayo se va a cualificar.

Para cada tipo de sistema de extracción y combustible, los archivos seleccionados deben cumplir las siguientes condiciones:

Para cada uno de los métodos de extracción enumerados en el apartado 9.1.3 y para cada combustible enumerado en el apartado 9.1.5, entre el 25% y el 75% de los archivos de datos seleccionados deberían tomarse de tanques donde se utiliza ese tipo de sistema de extracción o combustible. El mismo archivo de datos puede cubrir dos o más aplicaciones, por ejemplo un tanque colector utilizando una extracción presurizada por múltiples dispensadores.

Los sistemas de detección de fugas a ensayarse proporcionarán un rendimiento cuantitativo o cualitativo. Un rendimiento cualitativo indicará un resultado pasa/no pasa de acuerdo con la tabla 1.

Los tamaños mínimos de las muestras para los archivos de datos, que deben recogerse para cada uno de estos tipos, son:

9.3.2.1 Sistemas con rendimiento cuantitativo: ≥ 100 archivos (no más de 15 de un mismo tanque).

9.3.2.2 Sistemas con rendimiento cualitativo: ≥ 240 archivos (no más de 36 de un mismo tanque).

Los archivos de la base de datos deben clasificarse para formar un conjunto de datos ordenados que se divida en 5 grupos iguales de acuerdo con los percentiles 20, 40, 60 y 80 del rango de temperatura a la sombra registrado. Cada uno de los cinco grupos debe además dividirse en 3 subgrupos iguales, de acuerdo a los percentiles 33 y 67 del rango de tamaños de tanque registrados, de tal forma que los subgrupos se determinen independientemente para cada uno de los cinco grupos.

Para sistemas con un rendimiento cuantitativo, deben seleccionarse tres archivos de forma aleatoria de cada uno de los 15 subconjuntos, para proporcionar una muestra de 45 archivos para la evaluación posterior.

Para sistemas con un rendimiento cualitativo, deben seleccionarse ocho archivos de forma aleatoria de cada uno de los 15 subconjuntos, para proporcionar una muestra de 120 archivos para la evaluación posterior.

Por ejemplo, para los datos recogidos sobre los rangos de temperatura a la sombra y capacidad del tanque como se define en los apartados 9.1.2.2 y 9.1.2.3, los archivos deberían clasificarse como se muestra en la tabla 2 y deberían seleccionarse n archivos de cada subconjunto como se muestra, donde $n = 3$ para sistemas cuantitativos y $n = 8$ para sistemas cualitativos:

Tabla 2
Selección de archivos de datos de acuerdo a la capacidad del tanque y temperatura a la sombra

Capacidad del tanque	Temperatura a la sombra				
	-5 °C a percentil 20	Percentil 20 a 40	Percentil 40 a 60	Percentil 60 a 80	Percentil 80 a 30 °C
10 000 l a percentil 33	Se seleccionan n archivos de forma aleatoria				
Percentil 33 a 67	Se seleccionan n archivos de forma aleatoria				
Percentil 67 a 50 000 l	Se seleccionan n archivos de forma aleatoria				

9.3.3 Fugas de tanque simuladas (constante). Las fugas de tanques se simulan como una pérdida continua de producto desde el tanque a un caudal de fuga constante. La cifra en un registro que representa el volumen de producto almacenado se reduce mediante un valor equivalente a la cantidad de producto que se perdería al caudal especificado durante el período de tiempo entre ese registro y su predecesor. Las pérdidas simuladas para todos los períodos de tiempo previos se acumulan y el total se resta de la cifra que representa el volumen almacenado. Estas pérdidas acumuladas también se suman a cada suministro acontecido para que la cifra sustraída se incremente uniformemente.

Por lo tanto, la cifra que representa el volumen, v_i , del i° registro se reemplaza por v_i' , calculada de acuerdo con la ecuación (1):

$$v_i' = v_i - \sum_{j=1}^i (t_j - t_{j-1}) R \quad (1)$$

donde

R es el caudal de fuga simulado;

t_j es el tiempo marcado del j° registro;

t_{j-1} es el tiempo marcado del registro anterior al j° .

Cuando los tanques se conectan por un sifón, la cantidad de producto correspondiente a la fuga sobre el intervalo de tiempo especificado se divide por el número de tanques en el sifón y esta cantidad se resta de los registros para cada uno de los tanques conectados por el sifón.

9.3.4 Fugas de tanque simuladas (variable). Las fugas de los tanques se simulan como una pérdida continua de producto desde el tanque a un caudal de fuga variable que disminuye a medida que la cantidad de producto almacenado se reduce. La cifra en un registro que representa el volumen de producto almacenado se reduce mediante un valor equivalente a la cantidad de producto que se perdería al caudal especificado durante el período de tiempo entre ese registro y su predecesor. Los registros en un archivo se dividen en conjuntos; cada uno de ellos comprende todos los registros entre un suministro y el siguiente. Por lo tanto los registros sucesivos en un conjunto siempre presentan una disminución en el volumen almacenado. Cuando hay n registros en un conjunto y el volumen almacenado del j° registro es v_j , el caudal de fuga r_j para ese registro se calcula como una función del caudal de fuga nominal a simular R , de acuerdo a la ecuación (2):

$$r_j = \frac{n \sqrt{v_j}}{\sum_{k=1}^n \sqrt{v_k}} R \quad (2)$$

Por lo tanto, la cifra que representa el volumen, v_i , del i° registro se reemplaza por v_i' , calculada de acuerdo con la ecuación (3):

$$v_i' = v_i - \sum_{j=1}^i (t_j - t_{j-1}) r_j \quad (3)$$

Las pérdidas simuladas para períodos previos se acumulan y sustraen de forma similar de la cifra que representa el volumen almacenado. Estas pérdidas acumuladas también se suman a cada suministro acontecido para que la cifra sustraída se incremente uniformemente.

Cuando los tanques se conectan por un sifón, la cantidad de producto correspondiente a la fuga sobre el intervalo de tiempo especificado se divide por el número de tanques en el sifón y esta cantidad se resta de los registros para cada uno de los tanques conectados por el sifón.

9.3.5 Fugas en conductos simuladas (extracción por aspiración y presión). Las fugas de conductos de extracción se simulan como una pérdida de producto del conducto a un caudal de fuga constante pero sólo mientras se extrae combustible de un dispensador. Cada archivo de datos se procesa primero para acumular el tiempo total durante el que se extrae el combustible del conducto. El volumen total de producto que se perdería transcurrida la duración del archivo (T) a un caudal de fuga constante, R , se calcula y divide por el tiempo total de suministro para dar un caudal de fuga, R' , durante el suministro, véase la ecuación (4):

$$R' = \frac{R \cdot T}{\sum_{j=1}^n (te_j - ts_j)} \quad (4)$$

donde

te_j es el tiempo final del suministro j° ;

ts_j es el tiempo inicial de suministro j° ;

n es el número total de suministros en el archivo;

T es el tiempo transcurrido desde el inicio al fin del archivo.

La cifra en un registro que representa el volumen de producto almacenado se reduce mediante un valor equivalente a la cantidad de producto que se perdería al caudal R' durante el período de tiempo entre el registro y su predecesor, pero sólo mientras se extrae combustible de un dispensador durante este período. Las pérdidas simuladas para todos los períodos de tiempo previos se acumulan y el total se resta de la cifra que representa el volumen almacenado en este y todos los registros posteriores (incluyendo períodos en los que el fuel no se extrae del tanque). Estas pérdidas acumuladas también se suman a cada suministro acontecido para que la cifra sustraída se incremente uniformemente.

Por lo tanto, la cifra que representa el volumen, v_i , del i° registro se reemplaza por v_i' , calculada de acuerdo con la ecuación (5):

$$v_i' = v_i - \sum_{j=1}^m (te_j - ts_j) R' \quad (5)$$

donde

m es el número de suministros cuyo tiempo final es anterior al tiempo de marcado del i° registro.

Cuando los tanques se conectan por un sifón, la cantidad de producto correspondiente a la fuga sobre el intervalo de tiempo especificado se divide por el número de tanques conectados al colector y esta cantidad se resta de los registros para cada uno de los tanques conectados.

9.3.6 Valores de fuga inducidos – sistemas cuantitativos. La muestra seleccionada de 45 archivos se subdivide de forma aleatoria en cuatro conjuntos, uno de 15 archivos y tres de 10 archivos cada uno. Para cada caudal de fuga especificado a detectar de acuerdo con la tabla 1, las fugas simuladas se inducen en estos conjuntos sobre la siguiente base:

9.3.6.1 15 archivos: caudal de fuga cero;

9.3.6.2 10 archivos: caudal de fuga especificado x 0,5;

9.3.6.3 10 archivos: caudal de fuga especificado;

9.3.6.4 10 archivos: caudal de fuga especificado x 1,5.

Para impedir que el sistema bajo ensayo redondee los caudales de fuga identificados a estos valores, en cada conjunto de archivos, los caudales de fuga reales inducidos se reparten de forma aleatoria en una banda de $\pm 20\%$ sobre los caudales de fuga de acuerdo a los apartados 9.3.6.1 a 9.3.6.4.

Cuando ambos caudales de fuga constante y variable se simulan, se utiliza el mismo conjunto de archivos original para ambas simulaciones con el mismo caudal de fuga de acuerdo con los apartados 9.3.6.1 a 9.3.6.4, para permitir la realización de comparaciones posteriores de los diferentes tipos de fugas.

9.3.7 Valores de fuga inducidos – sistemas cualitativos. La muestra seleccionada de 120 archivos se subdivide de forma aleatoria en dos conjuntos, cada uno de ellos de 60 archivos. Para cada caudal de fuga especificado a detectar, las fugas simuladas se inducen en estos conjuntos como sigue (no se aplica otro reparto adicional de forma aleatoria):

9.3.7.1 60 archivos: caudal de fuga cero;

9.3.7.2 60 archivos: caudal de fuga especificada.

9.3.8 Secuencia de ensayo

Para cada ensayo, los archivos de cada conjunto, según se define en el apartado 9.3.6 ó 9.3.7 según el caso, deben someterse cada uno de ellos al sistema bajo ensayo. El sistema debe procesar los archivos como si estos datos representados se recogieran durante la operación normal y debe dar un caudal de fuga estimado para cada archivo o una indicación pasa/no pasa según el caso, a partir de datos limitados a aquellos que se tomarían durante el período de detección necesario (como se define en los apartados 9.1.1.1, 9.1.1.2 ó 9.1.1.3). Antes de cada ensayo, los archivos deben someterse al sistema bajo ensayo, que comprende los datos del mismo tanque pero sin ninguna fuga inducida. Esto debe representar un tiempo transcurrido igual al período de iniciación especificado por el fabricante.

La secuencia de ensayo debe estar de acuerdo con la tabla 3 y con lo siguiente:

Ensayo 1: Fuga de tanque simulada (constante) de acuerdo al apartado 9.1.1.1;

Ensayo 2: Fuga de tanque simulada (constante) de acuerdo al apartado 9.1.1.2;

Ensayo 3: Fuga de tanque simulada (constante) de acuerdo al apartado 9.1.1.3;

Ensayo 4: Fuga de tanque simulada (variable) de acuerdo al apartado 9.1.1.1;

Ensayo 5: Fuga de tanque simulada (variable) de acuerdo al apartado 9.1.1.2;

Ensayo 6: Fuga de tanque simulada (variable) de acuerdo al apartado 9.1.1.3;

Ensayo 7: Fuga de conducto simulada de acuerdo al apartado 9.1.1.1;

Ensayo 8: Fuga de conducto simulada de acuerdo al apartado 9.1.1.2;

Ensayo 9: Fuga de conducto simulada de acuerdo al apartado 9.1.1.3.

NOTA – Los ensayos de 7 a 9 se omiten para los sistemas de categoría B(1).

Tabla 3
Secuencia de ensayos para la detección de fugas en las categorías A y B(1)

Número de ensayo	Tipo de fuga simulada	Caudales de fugas $l \cdot h^{-1}$	Duración de los datos días
1	Tanque (constante)	0; <i>2,0</i> ; 4,0; <i>6,0</i>	1
2	Tanque (constante)	0; <i>1,0</i> ; 2,0; <i>3,0</i>	7
3	Tanque (constante)	0; <i>0,4</i> ; 0,8; <i>1,2</i>	14
4	Tanque (variable)	0; <i>2,0</i> ; 4,0; <i>6,0</i>	1
5	Tanque (variable)	0; <i>1,0</i> ; 2,0; <i>3,0</i>	7
6	Tanque (variable)	0; <i>0,4</i> ; 0,8; <i>1,2</i>	14
7	Conducto	0; <i>2,0</i> ; 4,0; <i>6,0</i>	1
8	Conducto	0; <i>1,0</i> ; 2,0; <i>3,0</i>	7
9	Conducto	0; <i>0,4</i> ; 0,8; <i>1,2</i>	14

NOTA – Los caudales de fuga mostrados en cursiva no se aplican a sistemas cualitativos.

9.4 Análisis e informe de los resultados de ensayo

9.4.1 Resultados de ensayo de fuga simulada. Los resultados de los ensayos aplicables 1 a 3 y 7 a 9 del apartado 9.3.8 deben evaluarse de acuerdo con el análisis estadístico dado en el apartado 9.5. Los ensayos 4 a 6 (caudal de fuga variable) se someten únicamente al ensayo de diferencia media. Todos los ensayos aplicables deben satisfacerse, es decir, las fugas simuladas deben indicarse dentro de los periodos de tiempo requeridos y dentro de los límites requeridos de probabilidad de detección y de probabilidad de falsas alarmas. Si cualquiera de los criterios de los apartados 9.1.1.1 a 9.1.1.3 no se cumple en cualquier ensayo correspondiente entonces el sistema no debe aprobarse. Además, si la media de las diferencias entre los caudales de fuga indicados para simulaciones de fugas constantes y variables es menor que cero entonces el sistema no debe aprobarse. Por lo tanto, debe cumplirse la siguiente condición si el ensayo se considera satisfecho, véase la ecuación (6):

$$\bar{r}_v - \bar{r}_c > 0 \tag{6}$$

donde

r_v es el caudal de fuga indicado medio para la simulación de fuga variable;

r_c es el caudal de fuga indicado medio para la simulación de fuga constante.

El número de resultados correctos pasa/no pasa de un sistema cualitativo para caudales de fuga variables debe ser al menos tan alto como para los caudales de fugas constantes.

NOTA – Como las fugas se definen como positivas y las ganancias como negativas, el valor variable menos el valor constante debería ser mayor que cero para satisfacer el ensayo.

9.4.2 Cualificación para la utilización. Las condiciones de utilización definidas en los apartados 9.1.3, 9.1.4 y 9.1.5 que se han aplicado durante el ensayo deben identificarse en base a la selección de archivos especificados de acuerdo al apartado 9.3.2. La aprobación de tipo debe restringirse a las condiciones así determinadas. Para cada condición de utilización, las variaciones de las desviaciones típicas entre los resultados del ensayo de fuga de tanques con y sin una condición particular, deben cumplir los criterios definidos en el apartado 9.5.12 o la aprobación de tipo no debe darse para esta condición de utilización. No obstante, cuando los resultados para una condición particular de utilización cumplan los requisitos de prestaciones sin inclusión de datos que no tengan esta condición de utilización, la aprobación de tipo debe darse.

9.5 Análisis estadístico

9.5.1 Generalidades. Los caudales de fuga estimados o indicaciones pasa/no pasa registrados en cada ensayo de fuga simulada se utilizan para predecir las prestaciones del sistema bajo ensayo en términos de cumplimiento de los criterios de probabilidad de detección y probabilidad de falsa alarma. Se proporcionan apartados separados para describir el análisis de datos para los métodos cuantitativo y cualitativo.

9.5.2 Estadísticas básicas para sistemas cuantitativos. Las n parejas de datos de caudales de fuga (simulados) indicados e inducidos se utilizan para calcular el error cuadrático medio ECM , el sesgo y la varianza del sistema bajo ensayo como se describe a continuación.

9.5.3 Resultados no concluyentes o inválidos. Si un ensayo particular no produce resultados válidos; significa que el software de detección de fugas del sistema de ensayo determina que ha ocurrido un problema de funcionamiento que indica que los datos no son adecuados, que por tanto el caudal de fuga válido no puede estimarse, y por consiguiente que el ensayo no es válido. Tales resultados deben registrarse como un resultado inválido.

Se requiere un número mínimo de ensayos válidos para la evaluación. Para los sistemas que presenten resultados cuantitativos, se requiere un mínimo de 40 ensayos válidos (sobre los 45 previstos). Además, en cada grupo de caudales de fuga nominales no más del 25% de los resultados pueden ser inválidos. Para sistemas que presentan resultados cualitativos, se requieren al menos 90 ensayos válidos (sobre los 120 previstos).

9.5.4 Error cuadrático medio. El error cuadrático medio, ECM , véase la ecuación (7):

$$ECM = \sum_{i=1}^n (L_i - S_i)^2 / n \quad (7)$$

donde

L_i es el caudal de fuga indicado registrado por el sistema de ensayo y S_i es el caudal de fuga inducido real, para i de 1 a n para las diferentes bases de datos. Para el sesgo, B , véase la ecuación (8):

$$B = \sum_{i=1}^n (L_i - S_i) / n \quad (8)$$

El sesgo, B , es la diferencia media entre los caudales de fuga indicado e inducido sobre el número de ensayos. El sesgo es una medida de la precisión del sistema de ensayo y puede ser positivo o negativo.

9.5.5 Varianza y desviación típica. La varianza se calcula de la ecuación (9):

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n [(L_i - S_i) - B]^2 / (n - 1) \quad (9)$$

La desviación típica se indica mediante *SD*. La desviación típica es la raíz cuadrada de la varianza.

9.5.6 Ensayo para sesgo cero. Para determinar si el sistema bajo ensayo tiene un sesgo estadísticamente diferente a cero, se realiza el siguiente ensayo estadístico sobre el sesgo, *B*, calculado anteriormente. Se calcula la estadística *t* de acuerdo a la ecuación (10):

$$t = \sqrt{n} B / SD \quad (10)$$

A partir del valor *t*, se obtiene el valor crítico correspondiente a un *t* con (*n*-1) grados de libertad y a un nivel de significancia bilateral del 5%. Por ejemplo, con *n* = 45, hay 44 grados de libertad y el nivel de significancia bilateral del 5% conduce a un valor crítico de 2,015. Este valor se indica mediante *t_c*. Se compara el valor absoluto de *t* en relación a *t_c*. Si el valor absoluto del *t* calculado es menor que el valor crítico, el sesgo no es significativamente diferente de cero y el sistema se asume sin sesgo. Si el valor absoluto del valor calculado de *t* excede del valor crítico entonces el método tiene un sesgo significativo. Si el sesgo, *B*, es positivo, el sistema sobreestima sistemáticamente el caudal de fuga. Si *B* es negativo, el sistema subestima el caudal de fuga.

9.5.7 Probabilidad de falsa alarma, PFA. La probabilidad de falsa alarma, *PFA*, es la probabilidad de que el caudal de fuga indicado excede el umbral o criterio para la indicación de una fuga cuando el tanque o conducto es realmente estanco. Generalmente, si el caudal de fuga estimado excede un caudal o umbral de fuga especificado, *C* (por ejemplo 0,9 l/h), el sistema bajo ensayo considera que el tanque tiene una fuga. Si *C* indica el criterio o umbral para la indicación de una fuga, *B* el sesgo estimado del sistema y *SD* la desviación típica, entonces la probabilidad de una falsa alarma puede escribirse de acuerdo a la ecuación (11):

$$PFA = P \{ t > (C - B) / SD \} \quad (11)$$

donde la probabilidad se calcula a partir de una distribución *t* con el número de grados de libertad asociados con la desviación típica, que debería ser 44 donde se utiliza el conjunto completo de 45 ensayos. Esta fórmula supone que los errores se distribuyen aproximadamente de forma normal. Si el sesgo *B* no fuera significativamente diferente de cero, se considera cero.

9.5.8 Probabilidad de detección de un caudal de fuga específico, PD. La probabilidad de detección, *PD*, es la probabilidad de que el sistema identificará correctamente una fuga de tamaño especificado. En general, para un caudal de fuga de tamaño *R*, *PD* viene dado por la ecuación (12):

$$PD = P \{ t > (C - R - B) / SD \} \quad (12)$$

donde *C*, *B* y *SD* son los mismos de antes, y la probabilidad se calcula a partir de la distribución *t* con grados de libertad correspondientes a la *SD*, que deberían ser 44 si se utiliza el conjunto usual de 45 registros.

9.5.9 Media y desviación típica de un ensayo de tanque estanco. Los ensayos realizados bajo la condición de no fuga (tanque estanco) proporcionan estimaciones directas de las prestaciones del sistema sobre un tanque estanco. Se calcula la media y la desviación típica para los ensayos sobre los registros del tanque estanco mediante la utilización de las fórmulas anteriores restringiendo los datos a los datos de los registros del tanque estanco. El tamaño de la muestra, *n*, también se reducirá a 15 si hay 15 registros sin fugas inducidas, por ejemplo.

9.5.10 Estadísticas para sistemas cualitativos. Los resultados de base del sistema bajo ensayo son informes sobre si el tanque y/o los conductos son estancos o tienen fugas. Como se ha indicado anteriormente, hay posibilidad de que algunos resultados no sean válidos. Estos resultados pueden tabularse en la tabla 4 para resumir los resultados.

Tabla 4
Resumen de resultados de una evaluación cualitativa

Estado real	Resultado			
	Estanco	Con fugas	Inválido	Total ($T_1 + L_1 + X_1$)
Estanco	T_1	L_1	X_1	N_1
Con fugas	T_2	L_2	X_2	N_2

Los números de la tabla 4 se utilizan para estimar directamente el *PFA* y el *PD*. El número de resultados estancos incorrectamente identificados como fuga, dividido por el número total de ensayos de estanquidad da una estimación del *PFA*, véase la ecuación (13):

$$PFA = L_1 / (N_1 - X_1) \quad (13)$$

donde las letras en las celdas de la tabla 4 denotan el número de resultados en la categoría indicada por la etiqueta de la celda.

De forma similar, el *PD* se estima mediante el número de resultados de ensayo de fugas identificados correctamente o de acuerdo a la ecuación (14):

$$PD = L_2 / (N_2 - X_2) \quad (14)$$

En la tabla 4, N_1 , es el número de registros de datos sin fuga inducida y N_2 es el número de registros de datos con fugas inducidas. Ambos números son normalmente 60.

La proporción de registros declarados inválidos debe registrarse también separadamente para los registros estancos y con fuga además de para todos los registros. Estas proporciones se calculan de acuerdo a las ecuaciones (15), (16) y (17):

$$PI(\text{estanco}) = X_1 / N_1 \quad (15)$$

$$PI(\text{fuga}) = X_2 / N_2 \quad (16)$$

y

$$PI(\text{total}) = (X_1 + X_2) / (N_1 + N_2) \quad (17)$$

para la proporción de registros inválidos entre estancos, con fugas y todos los registros, respectivamente. La proporción de registros inválidos entre todos los registros de tanques proporciona una estimación de la proporción de tanques en una población representada por la base de datos de evaluación para la que este método no puede utilizarse.

Para que el método cumpla la norma de prestaciones requerida, el *PFA* debe ser menor o igual a 0,05 (5%) y el *PD* debe ser al menos 0,95 (95%). Si el número de registros (estancos o con fuga) fuese 60, el sistema bajo ensayo podría tener al menos 3 errores fuera de los 60 registros y todavía cumplir con estos requisitos. Es posible que el sistema no tuviera ningún error, dando un *PFA* estimado de 0 o un *PD* estimado de 1. Dado que en la práctica se supone que ningún sistema presenta ningún error, es importante calcular un intervalo de confianza para la proporción discreta de falsas alarmas o de detecciones para dar una indicación de qué rango debería suponerse para *PFA* o *PD* en la práctica.

Mientras la base de datos de evaluación no contenga ningún error, el límite de confianza para *PFA* se da mediante la ecuación (18):

$$UL = 1 - \alpha^{1/N_1} \quad (18)$$

donde $(1 - \alpha)$ es el coeficiente de confianza, que se fija generalmente en 0,95. Para uno o más errores, los límites de confianza se calculan a partir de límites de confianza para un parámetro de una distribución binomial. Estos límites pueden encontrarse por ejemplo en *CRC Handbook of Tables for Probability and Statistics*¹⁾.

Si no se presenta ningún error en la evaluación de detección de fugas, puede calcularse un límite de confianza más bajo para *PD* de acuerdo a la ecuación (19):

$$LL = \alpha^{1/N_2} \quad (19)$$

donde de nuevo $(1 - \alpha)$ es el coeficiente de confianza, que se fija generalmente en 0,95. Para uno o más errores en la detección de fugas se utilizan límites de confianza binomiales.

9.5.11 Comparación de pares de caudales de fuga variable y constante. Las fugas variables se simulan sobre todos los registros del tanque para los que se simularon las fugas matemáticas. Aproximadamente se utilizan números iguales de cada caudal de fuga nominal. Debería hacerse notar que estos pares de simulación de caudales de fuga variable y constante se realizan sobre los mismos datos de registro básicos de un tanque.

El resultado serán pares de caudales de fuga estimados por el sistema. Un miembro del par será el caudal de fuga estimado para un registro de datos con un caudal de fuga simulado constante. El otro miembro del par será el caudal de fuga estimado por el sistema cuando se simuló un caudal de fuga variable con el mismo caudal medio o producto total.

Para los sistemas cuantitativos, se calculan las diferencias entre estos pares de caudales de fuga estimados bajo caudales de fuga constantes o variables (sobre el mismo registro de datos). Se resta el caudal de fuga registrado con un caudal de fuga simulado constante del caudal de fuga registrado con un caudal de fuga simulado variable. Se calcula la media de estas diferencias. (Es conveniente ser consciente de que estas diferencias no se utilizan para el cálculo de *PD* y *PFA*). Para que el sistema cuantitativo reciba la aprobación de tipo, la media de estas diferencias debe ser mayor o igual a cero.

Para los sistemas cualitativos a cualificar, el sistema debe identificar al menos las mismas fugas con simulación de caudal de fuga variable que con simulación de caudal de fuga constante. Es decir, la proporción de registros de fuga que el sistema identifica correctamente debe ser al menos tan grande con el caudal de fuga variable como con el caudal de fuga constante. Esta proporción debe ser al menos del 95%. Si hay 60 registros con fugas inducidas y 3 están mal clasificados como estancos, se considerará que se ha cumplido el criterio del 95%, pero no si son 4 incorrectos.

9.5.12 Validación de las condiciones de utilización. Si el sistema se ha de validar para una condición particular de utilización, entre el 25% y el 75% de los datos de evaluación vienen de tanques donde se aplique esta condición.

Para justificar una condición de utilización, los resultados para tanques con la condición aplicada deben demostrar que son similares a los de tanques donde no se aplica. Para realizar esta comparación, se dividen los registros de datos entre dos grupos basados en si se aplica o no la condición. Para los sistemas cuantitativos, el número en cada grupo no es crítico, pero para los sistemas cualitativos debe haber al menos 21 registros estancos y 21 registros con fugas simuladas en cada grupo.

Para los sistemas cuantitativos, se calcula la media y la desviación típica por separado para los dos grupos. Esto puede hacerse utilizando las ecuaciones de los apartados 9.5.4 y 9.5.5 por separado para los dos grupos. Se utiliza un ensayo *F* de doble muestra para ensayar si las varianzas de los dos grupos son iguales, véase la ecuación (20):

$$F = (SD_1 / SD_2)^2 \quad (20)$$

donde SD_1 y SD_2 son las desviaciones típicas calculadas de los dos grupos.

1) Véase el anexo B (informativo).

Para la determinación de la relación F , se utiliza la desviación típica con el valor calculado más grande en el numerador. Se compara el valor calculado de F con el percentil 95 de una distribución F con $(n_1 - 1)$ grados de libertad en el numerador (correspondiente a SD_1) y $(n_2 - 1)$ grados de libertad en el denominador (correspondiente a SD_2). Los tamaños de las muestras son n_1 y n_2 , respectivamente. Si el valor calculado de F es menor que el valor de la tabla, no hay evidencia significativa de que sean diferentes las dos varianzas de población. En este caso, la utilización del sistema se justifica cuando se aplique y cuando no se aplique la condición de utilización.

Si el valor calculado de F excede del valor de la tabla, la diferencia de las dos varianzas es significativa al nivel de significancia del 5%. Ésta es la prueba de que las prestaciones del sistema se ven afectadas bajo la condición de utilización en cuestión. En este caso, se continúa el cálculo del PD y PFA por separado para los dos grupos. Si ambos grupos cumplen las normas de prestaciones el sistema puede utilizarse tanto si se aplica o no la condición de utilización. Si solo un grupo cumple las normas de prestaciones, la utilización del sistema se limita al grupo (con o sin la condición aplicada) para el que se cumplen las normas de prestaciones.

Si las desviaciones típicas no son diferentes significativamente, se realiza un ensayo para ver si el sesgo es diferente para los dos grupos de tanques. Se utiliza un ensayo t de muestra doble para ensayar si hay alguna diferencia significativa en el sesgo, véase la ecuación (21):

$$t_b = (B_1 - B_2) / (S_p \sqrt{(1/n_1 + 1/n_2)}) \quad (21)$$

donde S_p es la desviación típica común de los dos grupos y se calcula de acuerdo a la ecuación (22):

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)SD_1^2 + (n_2 - 1)SD_2^2}{(n_1 + n_2 - 2)}} \quad (22)$$

Se compara t_b con un valor crítico bilateral del 5% a partir de una distribución t con $(n_1 + n_2 - 2)$ grados de libertad. Si el valor absoluto de t_b no excede del valor crítico entonces no hay evidencia de que el sesgo sea diferente con o sin la condición de utilización aplicada y la utilización del sistema está justificada en cada caso.

Si el valor absoluto de t_b no excede el percentil del valor de t , el sistema tiene un sesgo significativamente diferente en los dos casos. En este caso, se continúa el cálculo de PD y PFA por separado para los dos grupos. Si ambos grupos cumplen las normas de prestaciones, el sistema puede utilizarse si se aplica o no la condición de utilización. Si solo un grupo cumple las normas de prestaciones, la utilización del sistema se limita al grupo (con o sin la condición aplicada) para el que se cumplen las normas de prestaciones.

Para los sistemas cualitativos, se calcula PFA y PD como se describe en el apartado 9.5.10, por separado para cada grupo. Si ambos grupos cumplen las normas de prestaciones, el sistema puede utilizarse si se aplica o no la condición de utilización. Si sólo un grupo cumple las normas de prestaciones pero el otro no, los resultados deben limitarse al grupo (con o sin la condición aplicada) para el que se cumplen las normas de prestaciones.

10 PROCEDIMIENTO DE ENSAYO DE TIPO PARA LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS DE TANQUES POR INDICADOR DE NIVEL DE CATEGORÍA B(2)

10.1 Objetivo de ensayo

El objetivo del ensayo es evaluar la idoneidad de un sistema indicador de nivel de tanques para la detección de pérdidas de producto de un tanque de almacenamiento durante períodos en los que no se añade o retira producto almacenado del tanque. Los ensayos se realizan para determinar

- que un caudal de fuga de $0,4 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ se detecta dentro de 6 h con una probabilidad de detección no menor al 95% y una probabilidad de falsas alarmas no superior al 5%. Cuando se ha traspasado producto al tanque bajo ensayo, se permite un período adicional de 5 h para la estabilización.

NOTA – El método de ensayo se prevé para utilizarse únicamente con sistemas de detección de fugas volumétricas, es decir, aquellos que registren un caudal cuantitativo de la fuga. No está previsto para utilizarse con sistemas que proporcionan únicamente una indicación pasa/no pasa cualitativa.

Los ensayos se realizan utilizando un tanque que contenga gasolina sin plomo de acuerdo a la Norma EN 228, bajo las condiciones ambientales presentes en la instalación de ensayo.

10.2 Evaluación

Los caudales de fuga registrados por el sistema bajo ensayo en un número de condiciones de ensayo se analizarán estadísticamente para determinar el caudal de fuga que puede detectarse con las probabilidades requeridas de detección y falsas alarmas. El ensayo se considerará satisfactorio cuando este caudal de fuga sea igual o menor que el especificado en el apartado 10.1.

Los ensayos comprenden variaciones en la cantidad de caudal de fuga inducido y en la temperatura del producto almacenado. Además, los ciclos repetidos de llenado y vaciado se emplean para introducir un grado de deformación del tanque, y la detección del caudal de fuga requerido debe alcanzarse bajo tales condiciones.

10.3 Equipo de ensayo

Se requerirá el siguiente equipo de ensayo:

10.3.1 Un tanque de ensayo horizontal de doble pared fabricado en taller de acuerdo a la Norma EN 12285-1 o EN 976-1 de capacidad mínima de 30 000 l enterrado en el lugar de ensayo de acuerdo a las instrucciones del fabricante. El tanque debe equiparse con un sistema de detección de fugas independiente aprobado de acuerdo con las Normas EN 13160-1, EN 13160-2 para clase I, EN 13160-3 para clase II o EN 13160-4 para clase III.

10.3.2 Un indicador de nivel automático para el tanque de acuerdo a la Norma EN 13352 clase A para la medición del nivel del producto.

10.3.3 Un dispositivo apropiado instalado en el tanque de ensayo para el control continuo de la temperatura del producto, es decir, un dispositivo de medición de temperatura con un error máximo admisible (absoluto) mejor que 0,27 K y una repetitividad mejor que 0,13 K. El dispositivo consta de una serie de sensores de temperatura verticales sobre la altura del recipiente de ensayo con una separación de (30 ± 1) cm entre los sensores de temperatura.

10.3.4 Una cantidad apropiada de gasolina sin plomo de acuerdo a la Norma EN 228 para llenar el tanque al 95% de su capacidad nominal.

10.3.5 Un segundo contenedor (por ejemplo, un tanque enterrado o por encima del suelo o un camión cisterna) con una capacidad mínima nominal de 15 000 l, junto con una bomba y mangueras apropiadas para transferir producto a y desde el tanque de ensayo.

10.3.6 Un intercambiador de calor u otro dispositivo de calentamiento capaz de calentar y enfriar la gasolina sin plomo en ± 3 K, con una incertidumbre de $\pm 0,5$ K, antes de transferirla al tanque de ensayo.

10.3.7 Una bomba peristáltica de caudal variable u otra apropiada capaz de retirar líquido del tanque de ensayo a caudales preestablecidos entre $0,2 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$ y $0,8 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$, con una precisión del 2%.

10.3.8 Un cronómetro con incrementos de 1 s para una duración mínima total de 24 h, con una incertidumbre de 5 s.

10.3.9 Un equipo de medición de presión barométrica y de temperatura atmosférica apropiado para el control continuo de las condiciones ambientales en las zonas de emplazamiento del ensayo donde se instalan los componentes del sistema bajo ensayo.

10.3.10 Un pozo de vigilancia, de acuerdo con la Norma EN 13160-6.

10.3.11 Un tubo de inmersión para medir el nivel de las aguas subterráneas en el pozo.

10.4 Método de ensayo

10.4.1 Preparación. El sensor del indicador de nivel bajo ensayo debe instalarse en el tanque de ensayo de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Siempre que sea posible se deberían utilizar los accesorios del fabricante. El sensor bajo ensayo se conecta al dispositivo de control del indicador de nivel bajo ensayo que se sitúa en las condiciones ambientales de laboratorio.

Se aplica tensión al sistema indicador de nivel para que se inicialice de acuerdo a las instrucciones de funcionamiento del fabricante, de forma que el sistema esté completamente operativo.

Los instrumentos de control de presión atmosférica y temperatura se instalan para que estas condiciones puedan controlarse en la proximidad de todos los componentes del sistema indicador de nivel. Este equipo se utiliza durante toda la duración del ensayo para asegurar que todos los ensayos se realizan dentro del rango de condiciones ambientales especificado en el apartado 6.1 de la Norma EN 13352:2002, correspondiente a la localización donde se instalan los componentes del sistema bajo ensayo.

El sistema de detección de fugas independiente instalado en el tanque de ensayo funciona durante todo el ensayo para asegurar que el tanque permanece estanco de manera permanente. El funcionamiento correcto se verifica mediante la ejecución de los procedimientos de auto control del sistema al comienzo y final de cada ensayo.

10.4.2 Estabilización y realización de los ensayos. Antes del programa de ensayos, y con el sistema indicador de nivel totalmente operativo, el tanque se llena al 95% de su capacidad nominal con el líquido de ensayo. El tanque se deja estabilizar durante un período de tiempo igual al período de estabilización definido en el apartado 10.1. El sistema bajo ensayo se pone en funcionamiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante para que se realice un ensayo de fugas. El propósito de este ensayo es establecer que el sistema bajo ensayo se ha instalado y funciona correctamente y que el resultado del ensayo está actualizado. En el caso de que el sistema no funcione correctamente, éste puede rectificarse y volverse a comenzar el ensayo.

10.4.3 Procedimiento de ensayo. Los ensayos se realizan por pares, alternando ciclos de vaciado y de llenado del tanque. Para cada ensayo a realizar, se utiliza el siguiente procedimiento para cada par de ensayos:

10.4.3.1 Se bombea producto fuera del tanque hasta vaciarlo el 50%, se mide y registra la temperatura del producto que queda en el tanque.

10.4.3.2 Se rellena el tanque hasta el 95% de la capacidad total nominal con producto calentado o enfriado a la temperatura de ensayo especificada, se mide y registra la temperatura del producto añadido.

10.4.3.3 Se mide y registra la temperatura del producto en el tanque de ensayo y después se permite que el tanque se estabilice durante el período especificado en el apartado 10.1.

10.4.3.4 Se pone en marcha del dispositivo de control de temperatura del producto del tanque.

10.4.3.5 Se mide y registra el nivel de agua subterránea en el pozo de vigilancia.

10.4.3.6 Se regula la bomba peristáltica a un caudal de $\pm 20\%$ del primer caudal de fuga especificado del par de ensayos y se registra el caudal real de bombeo.

10.4.3.7 Se arranca la bomba peristáltica y se pone a cero el cronómetro.

10.4.3.8 Se pone en marcha el sistema bajo ensayo de acuerdo con las instrucciones del fabricante para que se inicie el ensayo de fuga.

10.4.3.9 Se pone en marcha el cronómetro.

10.4.3.10 Se para el cronómetro en el momento en que la unidad de control del indicador indica la conclusión del ensayo de fuga o se excede el período máximo de detección especificado en el apartado 10.1.

10.4.3.11 Se registra el caudal de fuga detectado como se indica por los medios especificados en las instrucciones del fabricante o el hecho de que no se completó el ensayo de fuga (si esto fue debido a un fallo del equipo, se repite el ensayo después de rectificarse).

10.4.3.12 Se mide y registra la temperatura del producto en el tanque de ensayo.

10.4.3.13 Se comprueba que durante el ensayo la temperatura no varió más de $\pm 0,5$ K sobre el caudal registrado al inicio del ensayo.

10.4.3.14 Se para la bomba peristáltica.

10.4.3.15 Se regula la bomba peristáltica a un caudal de $\pm 20\%$ del segundo caudal de fuga especificado del par de ensayos y se registra el caudal real de bombeo.

10.4.3.16 Se arranca la bomba peristáltica y se pone a cero el cronómetro.

10.4.3.17 Se pone en marcha el sistema bajo ensayo de acuerdo con las instrucciones del fabricante para que se inicie el ensayo de fuga. Este debe realizarse dentro de los 15 min siguientes al final del primer ensayo de fuga.

10.4.3.18 Se pone en marcha el cronómetro.

10.4.3.19 Se para el cronómetro en el momento en que la unidad de control del indicador indica la conclusión del ensayo de fuga o se excede el período máximo de detección especificado en el apartado 10.1.

10.4.3.20 Se registra el caudal de fuga detectado como se indica por los medios especificados en las instrucciones del fabricante o el hecho de que no se completó el ensayo de fuga (si esto fue debido a un fallo del equipo, se repite el ensayo después de rectificarse).

10.4.3.21 Se mide y registra la temperatura del producto en el tanque de ensayo.

10.4.3.22 Se comprueba que durante el ensayo la temperatura no varió más de $\pm 0,5$ K sobre el valor registrado al inicio del ensayo.

10.4.3.23 Se para la bomba peristáltica.

10.4.3.24 Se mide y registra el nivel de agua subterránea en el pozo de vigilancia.

Si en alguno de los ensayos la temperatura del producto controlada de forma continua varía más de $\pm 0,5$ K, el resultado del ensayo se descarta y se repite el ensayo.

Si los niveles de agua subterránea medidos al inicio y final de cualquier par de ensayos difieren más de 10 mm, los resultados del ensayo se descartan y se repiten el par de ensayos.

10.4.4 Programa de ensayo. Deben realizarse los ensayos de la serie siguiente:

Tabla 5
Secuencia de ensayos para la categoría B(2) de detección de fugas

	Número de ensayo	Caudal de fuga $l \cdot h^{-1}$ $\pm 20\%$	Temperatura diferencial de llenado °C
Ciclo vaciado/llenado	1	0,2	0
	2	0,0	0
Ciclo vaciado/llenado	3	0,4	+3
	4	0,2	+3
Ciclo vaciado/llenado	5	0,0	+3
	6	0,8	+3
Ciclo vaciado/llenado	7	0,4	-3
	8	0,0	-3
Ciclo vaciado/llenado	9	0,2	-3
	10	0,8	-3
Ciclo vaciado/llenado	11	0,8	+3
	12	0,0	+3
Ciclo vaciado/llenado	13	0,0	0
	14	0,8	0
Ciclo vaciado/llenado	15	0,0	-3
	16	0,2	-3
Ciclo vaciado/llenado	17	0,4	0
	18	0,2	0
Ciclo vaciado/llenado	19	0,8	0
	20	0,4	0
Ciclo vaciado/llenado	21	0,2	+3
	22	0,4	+3
Ciclo vaciado/llenado	23	0,8	-3
	24	0,4	-3

Los diferenciales de temperatura se calculan como la diferencia de temperatura entre el producto en el tanque y el producto que se añade al tanque.

Los caudales de fuga exactos de acuerdo a la tabla 5 pueden no alcanzarse (se permite una tolerancia de $\pm 20\%$), por lo tanto el caudal de fuga inducido real debe medirse y registrarse separadamente.

10.5 Resultados del ensayo

Los resultados de los ensayos aplicables del 1 al 24 del apartado 10.4.4 deben evaluarse de acuerdo con el análisis estadístico dado en el apartado 10.6. Debe calcularse el caudal de fuga mínimo que puede detectarse dentro de los límites requeridos para la probabilidad de detección y la probabilidad de falsas alarmas. Si este caudal de fuga es mayor que el especificado en el apartado 10.1, el sistema no debe recibir la aprobación de tipo. Si cualquier ensayo falló al proporcionar una indicación del caudal de fuga dentro del periodo máximo de detección especificado, el sistema no debe recibir la aprobación de tipo.

10.6 Análisis estadístico

10.6.1 Generalidades. Los caudales de fuga estimados registrados en cada ensayo de fuga se utilizan para predecir las prestaciones del sistema bajo ensayo en términos de cumplimiento de los criterios de probabilidad de detección y de probabilidad de falsa alarma.

10.6.2 Estadísticas básicas para sistemas cuantitativos. Los n pares de datos de caudales de fuga indicados e inducidos ($n = 24$ para el programa de ensayo mencionado) se utilizan para calcular el error cuadrático medio, ECM , el sesgo y la varianza del sistema bajo ensayo como sigue:

10.6.3 Error cuadrático medio. El error cuadrático medio, ECM , se da por la ecuación (23):

$$ECM = \sum_{i=1}^n (L_i - S_i)^2 / n \quad (23)$$

donde L_i es el caudal de fuga indicado registrado por el sistema bajo ensayo y S_i es el valor de fuga inducido real, para i de 1 a n durante el programa de ensayo. El sesgo, B , se estima por la ecuación (24):

$$B = \sum_{i=1}^n (L_i - S_i) / n \quad (24)$$

El sesgo, B , es la diferencia media entre los caudales de fuga indicado e inducido sobre el número de ensayos. El sesgo es una media de la precisión del sistema bajo ensayo y puede ser o positivo o negativo.

10.6.4 Varianza y desviación típica. La varianza se determina de la ecuación (25):

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n [(L_i - S_i) - B]^2 / (n - 1) \quad (25)$$

Se indica la desviación típica mediante SD . La desviación típica es la raíz cuadrada de la varianza.

10.6.5 Ensayo para sesgo cero. Para determinar si el sistema bajo ensayo tiene un sesgo que es estadísticamente diferente de cero, se realiza el siguiente ensayo estadístico sobre el sesgo, B , calculado previamente. Se calcula el valor estadístico t de acuerdo a la ecuación (26):

$$t = \sqrt{n} B / SD \quad (26)$$

A partir del valor t , se obtiene el valor crítico correspondiente a t con $(n - 1)$ grados de libertad y un nivel de significancia bilateral del 5%. Por ejemplo, con $n = 24$, hay 23 grados de libertad y el nivel de significancia bilateral del 5% conduce a un valor crítico de 2,07. Se indica este valor mediante t_c . Se compara el valor absoluto de t en relación a t_c . Si el valor absoluto de t calculado es menor que el valor crítico, el sesgo no es significativamente diferente de cero y el sistema se asume sin sesgo y es probable que sea exacto. Si el valor absoluto del valor calculado de t excede del valor crítico entonces el método tienen un sesgo significativo. Si el sesgo, B , es positivo, el sistema sistemáticamente sobreestima el caudal de fuga. Si B es negativo, el sistema subestima el caudal de fuga.

10.6.6 Probabilidad de falsa alarma, *PFA*. La probabilidad de falsa alarma, *PFA*, es la probabilidad de que el caudal de fuga indicado exceda el umbral o criterio para la indicación de una fuga cuando el tanque o conducto es realmente estanco. Generalmente, si el caudal de fuga estimado excede un caudal o umbral de fuga especificado, *C* (por ejemplo $0,9 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$), el sistema bajo ensayo considera que el tanque presenta una fuga. Si *C* indica el criterio o umbral para la indicación de una fuga, *B* el sesgo estimado del sistema y *SD* la desviación típica, la probabilidad de falsa alarma pueden escribirse como se da en la ecuación (27):

$$PFA = P \{ t > (C - B) / SD \} \quad (27)$$

donde se calcula la probabilidad a partir de una distribución *t* con el número de grados de libertad asociados con la desviación típica, que debería ser 23 si utiliza el conjunto completo de 24 ensayos. Esta fórmula asume que los errores se distribuyen aproximadamente de forma normal. Si el sesgo, *B*, no fuese significativamente diferente de cero, *B* se considera cero.

10.6.7 Probabilidad de detección de un caudal de fuga específico, *PD*. La probabilidad de detección, *PD*, es la probabilidad de que el sistema identifique correctamente una fuga de un tamaño especificado. En general para un caudal de fuga de tamaño *R*, *PD* viene dado por la ecuación (28):

$$PD = P \{ t > (C - R - B) / SD \} \quad (28)$$

donde *C*, *B*, y *SD* son los mismos caudales que antes, y la probabilidad se calcula a partir de la distribución *t* con los grados de libertad correspondientes a *SD*, que deberían ser 23 si se utiliza el conjunto normal de 24 registros.

ANEXO A (Normativo)

ADQUISICIÓN DE DATOS SOBRE EL TERRENO PARA PROPORCIONAR UNA BASE DE DATOS NORMALIZADA PARA EL ENSAYO DE SISTEMAS LÓGICOS (SOFTWARE) DE DETECCIÓN DE FUGAS DE CATEGORÍAS A Y B(1)

A.1 Objetivo

El propósito de este procedimiento es recoger datos de los lugares de explotación (donde se dispensan productos petrolíferos a vehículos a motor) para la construcción de una base de datos normalizada para utilizarla para valorar la aptitud de los sistemas informáticos para detectar pérdidas de producto almacenado en un tanque y/o en conductos de extracción. El nivel de detalle dado se considera suficiente para definir totalmente los datos que deben recogerse para cada lugar de explotación a partir de que se utilicen uno o más tanques para la recogida de datos. Tal base de datos se utiliza para los ensayos de aprobación de tipo.

Los datos se recogen por cada tanque sobre los rangos mostrados para cada uno de los siguientes parámetros:

Temperatura diaria a la sombra:	de -5 °C a + 30 °C;
Capacidad del tanque de almacenamiento:	de 10 000 l a 50 000 l;
Producción diaria media del tanque:	de 1 000 l por día a 12 000 l por día;
Cantidad suministrada por tanque:	de 2 750 l a 9 500 l;
Temperatura de suministro:	de -5 °C a +25 °C;
Frecuencia de suministro:	de 2 a 6 por semana;
Precisión del dispensador individual volumétrico:	de -0,3% a +0,3%.

Estos parámetros se calculan o miden para cada tanque sobre un período de 42 días de acuerdo con los umbrales definidos en el capítulo A.2.

Los datos se recogen sobre los emplazamientos incluyendo los siguientes tipos de sistemas de extracción:

- sistemas de extracción por aspiración (se incorpora un dispositivo de bombeo hidráulico dentro del dispensador);
- sistemas de extracción presurizados (el producto se transfiere del tanque al dispensador mediante una unidad de bombeo separada);
- sistemas de dispensación combinados (el producto de dos o más tanques se mezcla en el dispensador);
- sistemas de colectores de tanques (se conectan juntos dos o más tanques para que el combustible puede extraerse de los mismos independientemente);
- sistemas de sifón de tanque (se conectan juntos dos o más tanques para que el combustible no pueda extraerse de los mismos independientemente);
- extracción múltiple (mínimo de 2 dispensadores por tanque, aspiración o presión).

Los datos se recogen de tanques suministradores de gasolina y diesel.

A.2 Requisitos

Se instala un número de sistemas de indicación de nivel (cumpliendo los requisitos de precisión para el tipo de indicador de nivel del tanque para el que se recoge la base de datos) sobre tanques y/o conductos en los lugares exteriores de explotación. Un lugar de explotación es el lugar donde el producto almacenado se suministra a un tanque y se extrae sobre una base regular para que se cumplan las condiciones del capítulo A.1.

Para cada lugar, se registran los siguientes datos:

- Identificaciones individuales de los tanques {Tanque_ID};
- Identificaciones individuales de las boquillas {Disp*n*_ID};
- Configuración de las conexiones del sifón {Tanque1_ID, Tanque2_ID...};
- Configuración de las conexiones a los colectores {Tanque1_ID, Tanque2_ID...};
- Media diaria de la temperatura a la sombra $\{T_{av} = (T_{m\acute{a}x.} + T_{m\acute{i}n.})/2\}$;
- Nivel de recuperación de vapor instalado {Etapa 1B | Etapa 2}.

NOTA – Los valores diarios de T_{av} se obtienen de los registros meteorológicos para el periodo de la recogida de datos.

Para cada tanque, se registran los siguientes datos:

- construcción {(Acero | fibra de vidrio), (Simple_Pared | Doble_Pared)};
- diámetro del tanque en metros;
- capacidad del tanque en litros;
- producto contenido, por ejemplo, gasolina sin plomo de acuerdo a la Norma EN 228;
- coeficiente de dilatación térmica normalizado del producto contenido (para utilizar en el indicador de nivel del tanque para el cálculo del factor de corrección del volumen F_{CV});
- dispositivo de bombeo {Aspiración | Presión};
- boquillas conectadas {Disp1_ID, Disp2_ID, Disp3_ID...}.
- la tabla de capacidad del tanque utilizada por el indicador de nivel para efectuar la conversión a volumen. Debe contener un mínimo de 20 incrementos de volumen representando divisiones iguales del diámetro del tanque dentro del *EMA* (error máximo admisible) que figura para el tipo de indicador de nivel instalado.
- boquillas conectadas para la recuperación de vapor {Disp1_ID, Disp2_ID, Disp3_ID...}.

Los datos no deben recogerse de tanques en los que se anticipa que habrá variaciones de marea en el nivel de las aguas subterráneas que varíen en cualquier periodo de 7 días en más del 15% del diámetro del tanque.

Para cada boquilla, se registran los siguientes datos:

- precisión de medida {% de desviación del certificado de calibración (no más antiguo de un año)};
- configuración del dispositivo de mezcla {Disp*n*_ID, [Tanque1_ID, %], [Tanque2_ID, %]...}.

Los datos de explotación de estos sistemas se recogen y reúnen en archivos, donde cada archivo contiene datos de un único tanque durante un mínimo de 42 días consecutivos (28 días para la puesta en marcha + 14 días para la detección de fugas). Los archivos pueden solaparse cronológicamente, pero para cualquier par de archivos debe haber datos de, al menos, 14 días consecutivos que no se solapen.

Los lugares de instalación elegidos para la recogida de datos deben seleccionarse para que los datos contenidos en estos archivos satisfagan las siguientes condiciones con respecto a cada uno de los rangos requeridos en el capítulo A.1:

En más del 1% de todos los registros de datos recogidos (en cualquiera de los archivos) el valor medio de la cantidad declarada es igual o menor que el valor más bajo establecido para cada rango.

En más del 1% de todos los registros de datos recogidos (en cualquiera de los archivos) el valor medio de la cantidad declarada es igual o mayor que el valor más alto establecido para cada rango.

Entre estos valores, la distribución del valor paramétrico medio en los registros recogidos debería satisfacer los siguientes criterios:

Tabla A.1
Rango de parámetros

Rango de parámetros % de la escala total	Proporción mínima de archivos dentro del rango %
> 100	1
75 a 100	10
50 a 75	10
25 a 50	10
0 a 25	10
< 0	1

A.3 Equipo

Se requiere el siguiente equipo:

- Un ordenador y periféricos asociados para la transmisión de datos.
- Un soporte lógico (software) de análisis de datos, necesario para procesar los ficheros de datos para determinar si los requisitos de los rangos del capítulo A.1 se han satisfecho de acuerdo con los criterios 6 del capítulo A.2.
- Un recipiente de ensayo calibrado, con una capacidad mínima de acuerdo con las normas nacionales de calibración, que debería calibrarse un mínimo de una vez por año contra referencias de trazabilidad en relación a normas nacionales.
- Un número suficiente de sistemas de medición de tanques del tipo requerido (las sondas internas pueden ser de diferentes tamaños) instalados en los emplazamientos de acuerdo con los requisitos del capítulo A.2. Este equipo debería configurarse completamente, calibrarse mediante las tablas adecuadas de capacidad de tanques y ser operativo.
- Cuando el sistema de medición del tanque no incorpore un dispositivo de almacenamiento de datos fijo (por ejemplo un disco duro) de capacidad suficiente para registrar datos durante el período total de ensayo, debería proporcionarse un dispositivo de recogida y almacenamiento de datos adecuado.

A.4 Método

A.4.1 Preparación

Antes de la recogida de datos, cada sistema de medición de tanque debería tener aplicada tensión, haberse inicializado y estar completamente operativo, con la hora y fecha del sistema ajustadas correctamente. La información enumerada en el capítulo A.2 debería verificarse y registrarse junto con la hora y fecha correspondientes.

Debe establecerse que todos los tanques y todos los conductos conectados a dispensadores estén libres de fugas. Los ensayos de estanquidad que utilizan un sistema independiente pueden proporcionar la verificación adecuada. El método y los resultados de los ensayos realizados deberían registrarse, junto con los detalles de cualquier método de detección de fuga continuo utilizado, (por ejemplo, control del espacio intersticial de los tanques de doble pared). Lo ideal será realizar ensayos de los conductos hidráulicos y ensayos de tanques de precisión. Estos ensayos deberían resultar “sin fugas” antes de comenzar y después del final de la recogida de datos.

A.4.2 Registro de datos del contenido del tanque

Cada sistema indicador de nivel debería dejarse en un estado operativo para registrar los datos requeridos para el análisis como se describe a continuación.

Para los dispensadores de mezcla, los registros del contenido del tanque deberían incluir las lecturas individuales del contador para cada producto dispensado.

Los registros de nivel, volumen y temperatura deberían guardarse al menos una vez por operación de suministro (dentro de un minuto después del final de la operación) o en intervalos no mayores de 0,5 min cuando no hay suministro. Los archivos individuales deberían crearse para cada tanque para cada período de 42 días. Los registros en un archivo deberían tener campos delimitados por comas que contienen los siguientes datos en el formato especificado:

- Número de día (de 0 a 41) {DD};
- Hora marcada a 1 s de resolución {hhmmss} de acuerdo a la Norma EN 28601;
- Volumen de producto almacenado en el tanque a 0,01 l de resolución {VVVVVVVV};
- Nivel de producto almacenado a EMA/10 mm de resolución {LLLLLL};
- Temperatura media del producto en el tanque a EMA/10 °C de resolución {TTTT}.

Además de la temperatura media del producto, deberían guardarse los valores de cada sensor de temperatura de cada sonda individual, junto con las posiciones de los sensores a lo largo de la sonda.

- Número de sensores de temperatura {SS};
- Posiciones de los sensores de temperatura de cada sonda individual a 0,1 mm de resolución {LLLL};
- Valores de los sensores de temperatura de cada sonda individual a EMA/10 °C de resolución {TTTT}.

NOTA – EMA es el error máximo admisible en la medición según se especifica para el tipo de indicador de nivel de tanque utilizado para la recogida de datos.

Registro de muestra – Contenidos del tanque

Todos los campos deberían contener datos numéricos ASCII, justificados a la derecha con espacios o ceros delante. Las siguientes muestras representan una recogida de registros a las 09:56:30 del día 4, con un volumen de producto de 25 645,88 litros, un nivel de producto de 1 875,25 mm, una temperatura media de 8,6 °C, tres sensores de temperatura en posiciones de 300,0 mm, 1 000,0 mm, 1 700,0 mm y con una temperatura de 8,4 °C, 8,6 °C, 8,8 °C.

04,095630,02564588,187525,0860,03,03000,10000,17000,0840,0860,0880

Las operaciones de suministro deberían almacenarse como un conjunto separado de registros en un archivo separado para cada tanque para cada período de 42 días. Los registros en un archivo deberían tener campos delimitados por comas que contienen los siguientes datos en el formato especificado:

- Número de día (de 0 a 41) {DD};
- Tiempo de comienzo de la operación a 1 s de resolución {hhmmss}, de acuerdo a la Norma EN 28601;
- Tiempo de parada de la operación a 1 s de resolución {hhmmss}, de acuerdo a la Norma EN 28601;
- Identificación de la boquilla {FFFF};
- Volumen de la operación (producto dispensado) a 0,01 l de resolución {VVVVVV}.

Registro de muestra – Operación de suministro

Todos los campos deberían contener datos numéricos ASCII, justificados a la derecha con espacios o ceros delante. Las siguientes muestras representan una operación a partir de la posición de suministro de combustible nº 17 (boquilla), hora de comienzo las 11:23:25 del día 12 y hora de parada 11:26:52 con un volumen de 45,88 l:

12,112325,112652,0017,004588

A.4.3 Registros de entrega

El régimen de entrega (entrega en curso/ninguna entrega) no se registra específicamente en el emplazamiento. Se identifica analíticamente mediante el método descrito en el apartado A.4.6.

Deberían guardarse los datos para cada entrega y cuándo ocurre, y el registro debería contener:

- fecha y hora del comienzo de la entrega a 1 s de resolución;
- volumen entregado, según el volumen que ha abandonado el camión, a 1 l de resolución;
- temperatura del producto entregado, calculada a EMA/10 °C de resolución.

NOTA – La temperatura del producto entregado se calcula como se describe en el apartado A.4.5.

A.4.4 Recuperación de datos

Debe establecerse al final de la recogida de datos que todos los tanques y todos los conductos conectados a los dispensadores estén libres de fugas. Deberían repetirse los ensayos descritos en el apartado A.4.1. La información enumerada en el capítulo A.2 debería verificarse de nuevo y registrarse junto con el tiempo y la fecha correspondientes.

A.4.5 Temperatura del producto entregado

La temperatura y el volumen del producto justo antes de cada entrega se obtienen de los registros del tanque correspondientes, junto con la cantidad de la entrega. La temperatura y volumen del producto 30 min después de la entrega también se obtienen de los archivos de datos. De la cantidad de producto en el tanque V_1 , a la temperatura media inicial T_1 , utilizando la cantidad entregada V_d , la cantidad, V_2 y la temperatura media T_2 del producto en el tanque después de la entrega, la temperatura del producto entregado T_d se calcula de acuerdo a la ecuación (A.1):

$$T_d = (V_2 T_2 - V_1 T_1) / V_d \quad (\text{A.1})$$

Debería hacerse notar que el período de 30 min es un compromiso entre una extensión del tiempo de la temperatura de estabilización y una reducción de tiempo durante el cual V_2 puede reducirse de manera significativa por entrega.

A.4.6 Determinación del régimen de entrega

Se aplica un filtro de paso pequeño a los datos de la serie temporal relativa al nivel de combustible adquirido para reducir el ruido aleatorio y periódico. Puede utilizarse una media de filtro recurrente IIR o de ventana móvil. Para un ejemplo de filtro IIR para una tasa de muestra de 30 s, véase la ecuación (A.2):

$$\text{Nivel_Filtrado} = \text{Último_Nivel_filtrado} + K \times (\text{nivel} - \text{Último_Nivel_Filtrado}) \quad (\text{A.2})$$

donde $K = 0,2$.

La siguiente secuencia lógica utiliza el valor del nivel filtrado:

Se registra la altura más baja sobre el tiempo (se utiliza un detector mínimo) en $h_{\min.}$ y el tiempo de muestra $h_{\min.}$ en $t_{\min.}$.

Cuando la altura real exceda $h_{\min.}$ de un umbral inicial, H_s , (donde $H_s = 10$ mm) se ajusta el régimen de entrega en posición activa, se carga un detector de picos (máximo), $h_{\max.}$ con la altura real y se guarda el tiempo de $h_{\max.}$ en $t_{\max.}$.

Se continúa reemplazando $h_{\max.}$ y $t_{\max.}$ con la altura y la hora reales hasta que la altura real sea menor o igual a $h_{\max.}$.

Se ajusta el régimen de entrega en posición inactiva. Los parámetros de entrega requeridos pueden entonces determinarse según lo siguiente:

Volumen entregado: $V_{\text{entregado}} = ((\text{volumen en } h_{\max.}) - (\text{volumen en } h_{\min.}))$

Hora de comienzo de la entrega: $t_{\min.}$

Hora del final de la entrega: $t_{\max.}$

Se carga la altura y el tiempo reales en $h_{\min.}$ y $t_{\min.}$ respectivamente, y se repite la secuencia lógica para detectar la próxima entrega.

A.5 Carga y verificación de datos

Los archivos registrados por el sistema indicador de nivel de tanque se cargan en una base de datos preconfigurada en un ordenador que se utilice para el análisis. Cualquier archivo sujeto a dificultades en el registro de datos, por ejemplo alteración de un sector del disco duro, puede rechazarse, pero si estos archivos exceden del 5% del número total de archivos del sistema, los datos de este sistema deberían considerarse como poco fiables y no deberían utilizarse.

Se realiza un análisis informático de los datos recogidos, junto con la información registrada de acuerdo con los apartados A.4.1 y A.4.4, para verificar que los requisitos del capítulo A.2 se satisfacen. En el caso del capítulo A.1, los datos pueden obtenerse del Instituto Meteorológico Nacional correspondiente para la estación meteorológica más cercana a cada lugar de ensayo. En el caso 7 del capítulo A.1, la temperatura de entrega se calcula utilizando el método descrito en el apartado A.4.5.

Cualquier archivo cuyo tiempo de registro exceda de 42 días puede seccionarse en segmentos de un mínimo de 42 días de duración.

Se realiza otro análisis informático de los datos recogidos para verificar que se satisfacen los requisitos 7 del capítulo A.2 para cada aplicación definida en el capítulo A.1. La base de datos es entonces adecuada para el ensayo de sistemas que han de cualificarse para los usos definidos en el capítulo A.1. Si no se cumple cualquier requisito, deberían repetirse el registro datos (apartados A.4.2 y A.4.3) y la recuperación datos (apartado A.4.4).

BIBLIOGRAFÍA

Beyer, William H., editor, Handbook of Tables for Probability and Statistics, The Chemical Rubber Co. 1968, ISBN# 0-8493-0692-2.

ANEXO NACIONAL (Informativo)

Las normas europeas o internacionales que se relacionan a continuación, citadas en esta norma, han sido incorporadas al cuerpo normativo UNE con los códigos siguientes:

Norma Europea	Norma UNE
EN 228	UNE-EN 228
EN 590	UNE-EN 590
EN 976-1	UNE-EN 976-1
EN 12285-1	UNE-EN 12285-1
EN 13160-1:2003	UNE-EN 13160-1:2003
EN 13160-2	UNE-EN 13160-2
EN 13160-3	UNE-EN 13160-3
EN 13160-4	UNE-EN 13160-4
EN 13160-6	UNE-EN 13160-6
EN 13352:2002	UNE-EN 13352:2002
EN 28601	UNE-EN 28601

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

Dirección C Génova, 6
28004 MADRID-España

Teléfono 91 432 60 00

Fax 91 310 40 32

AENOR AUTORIZA EL USO DE ESTE DOCUMENTO A ARETA
Licencia para un usuario - Copia y uso en red prohibidos