

ASPECTOS A TENER EN CUENTA EN LAS PRUEBAS DE ACEPTACIÓN EN FÁBRICA DE LOS SISTEMAS DE DETECCIÓN DE FUGAS

# Lista de comprobación en pruebas de aceptación en fábrica

Una prueba de aceptación en fábrica (FAT) es un proceso de control de calidad que se efectúa en las instalaciones del fabricante, en el que se someten a pruebas exhaustivas las máquinas, los sistemas o los equipos antes de su entrega al cliente.

El objetivo principal es verificar que el producto cumple todas las especificaciones predefinidas, los criterios de rendimiento y los requisitos del cliente tal y como se describen en la orden de compra o el contrato.

Las FAT suelen incluir pruebas funcionales y de rendimiento, revisión de la documentación, comprobaciones de seguridad y validación del cumplimiento de las normas pertinentes.



Para garantizar que un sistema de detección de fugas funcione a la perfección desde el primer día, es fundamental comenzar con una prueba de aceptación en fábrica sólida. Una FAT precisa y bien estructurada evita sorpresas costosas al confirmar la precisión, la precisión de repetición y el cumplimiento en condiciones de funcionamiento reales.

Esta guía destaca los puntos de control esenciales que le ayudan a proteger la calidad, minimizar el riesgo y aprobar con confianza su sistema antes de la instalación.

Para una prueba de aceptación en fábrica (FAT) de un sistema de detección de fugas utilizado en el control de calidad, hay que tener en cuenta una serie de aspectos específicos para garantizar que el sistema cumple los requisitos de rendimiento, exactitud y conformidad antes de su envío. Hay tres aspectos de especial importancia:

## Definición de criterios de aceptación claros

- ✓ Establecer criterios de aceptación detallados basados en la funcionalidad requerida, la exactitud, la precisión y las normas de conformidad.
- ✓ Incluir la incertidumbre de medición, los patrones de calibración y las condiciones ambientales relevantes para el uso previsto.

## Elaboración de un plan de pruebas detallado

- ✓ Trazar un plan de pruebas exhaustivo que describa las pruebas de medición específicas, los procedimientos y los resultados esperados.
- ✓ Incluir pruebas de rendimiento funcional en dicho plan que simulen condiciones de funcionamiento reales para validar la precisión y la fiabilidad del sistema de medición.

## Calibración y documentación

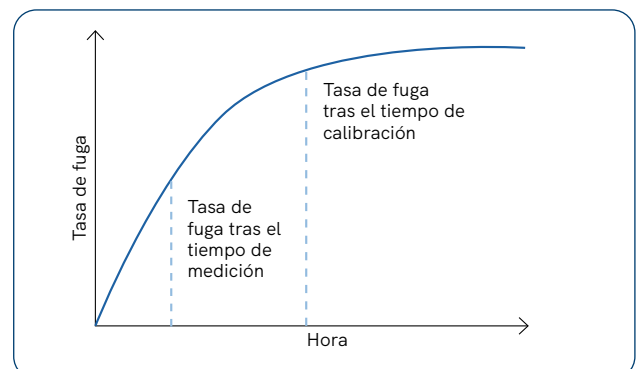
- ✓ Verificar que todos los instrumentos de medición utilizados en la FAT estén correctamente calibrados y dentro de su periodo de validez de calibración.
- ✓ Documentar todos los certificados de calibración y garantizar la trazabilidad con respecto a las normas nacionales o internacionales.

## Garantizar una calibración adecuada

La calibración de un sistema de detección de fugas debe realizarse con exactamente los mismos parámetros que se utilizarán posteriormente en las mediciones; preste especial atención a lo siguiente:

- ➔ Durante la calibración se utiliza el mismo tiempo de medición que en las mediciones.

Para lograr tiempos de ciclo cortos y un alto rendimiento de aspiración en los sistemas automatizados de pruebas de fugas, las mediciones se realizan lo antes posible, mientras la señal del detector de fugas aún está aumentando. Los tiempos de medición diferentes darán lugar a factores de calibración diferentes. Si se utilizan tiempos de medición más largos durante la calibración, las tasas de fuga aparecerán con valores demasiado elevados y se sobreestimarán la sensibilidad del sistema.



→ **La calibración debe realizarse con la misma concentración de gas trazador que en el funcionamiento normal de la prueba**

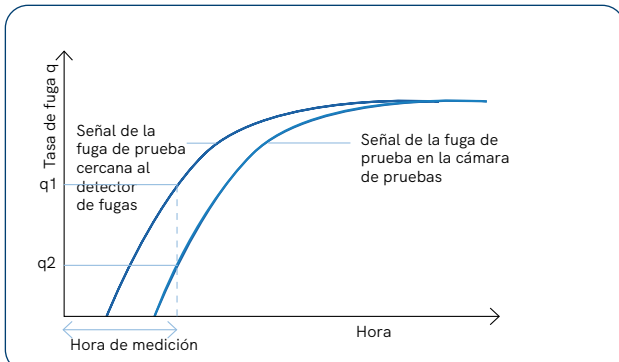
Si la calibración se lleva a cabo con helio al 100 %, pero posteriormente el sistema funciona con una concentración de helio inferior, las fugas pequeñas pasarán desapercibidas. Si la fuga de calibración utilizada se llena con gas trazador al 100 %, pero las piezas se llenan con una concentración inferior, se puede aplicar un factor de corrección a la tasa de fuga calibrada.

→ **La fuga de prueba de calibración debe instalarse en la cámara de pruebas**

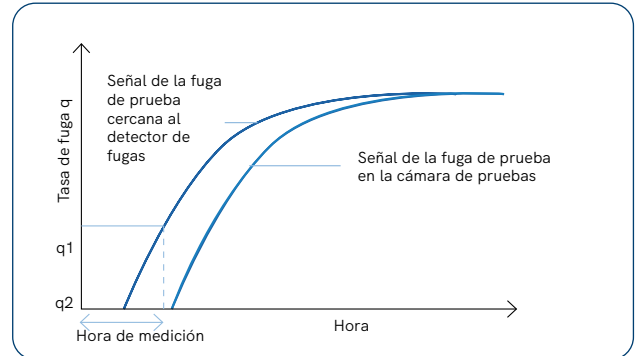


Fuga calibrada con conexión a la cámara de pruebas de fugas

La posición de la fuga de prueba influye en el proceso de calibración debido a los tiempos de reacción variables según la longitud de los recorridos del flujo de gas. Una fuga de prueba cercana a la entrada del detector de fugas (o incluso una fuga de prueba interna) mostrará una tasa de fuga mayor que una fuga de prueba situada en la cámara de pruebas en un momento dado.



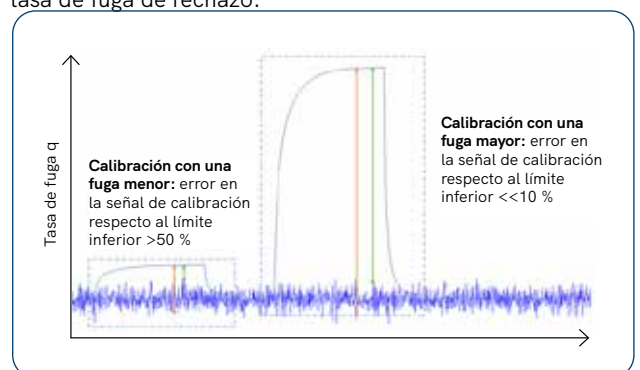
En el peor de los casos, es posible que se detecte una fuga cercana al detector de fugas, mientras que una fuga en la cámara de pruebas no se detectará en absoluto en el tiempo de medición establecido.



El uso de una fuga interna (integrada en el detector de fugas) plantea otro riesgo: a veces se instalan bombas muy grandes en la cámara para lograr tiempos de bombeo rápidos y solo se dirige un modo de caudal parcial de la cámara al detector de fugas. En ese caso, solo una parte del gas que se escapa por la fuga llega al detector de fugas en modo de funcionamiento, mientras que para la calibración se utilizaría la tasa de fuga completa.

→ **La calibración debe realizarse con una fuga de prueba al menos una década de magnitud superior al límite inferior**

Para lograr una calibración estable, siempre es recomendable calibrar con una tasa de fuga que sea al menos una década de magnitud superior a la del límite inferior, de modo que el detector de fugas pueda distinguir claramente entre las señales del límite inferior y las de la fuga de prueba. De este modo, las posibles fluctuaciones del límite inferior tienen una influencia mínima en la señal de calibración. Una fuga calibrada mayor permite una calibración más precisa. Especialmente para la detección de fugas pequeñas, la tasa de fuga utilizada para la calibración debe ser mayor que la tasa de fuga de rechazo.



→ **Garantizar la documentación y la trazabilidad**

Los estándares de fuga incluyen un certificado de calibración que indica la tasa de fuga calibrada, la incertidumbre de la medición y la trazabilidad con respecto a los patrones nacionales. Los certificados de calibración suelen tener una validez de un año. Los estándares de fuga deben volver a certificarse tras ese periodo de tiempo. Las fugas sin certificación válida no son adecuadas para la calibración y supondrán un incumplimiento normativo.

## Verificación de la capacidad de detección adecuada

### → Verificación de que la tasa de fuga mínima detectable coincide con la tasa de fuga de rechazo

Para verificar que se cumplen los criterios de aceptación, utilice una fuga de prueba que coincida con la tasa de fuga de rechazo (diferente de la fuga calibrada). La verificación puede realizarse con una fuga instalada en la cámara de pruebas o con una pieza de prueba que tenga la misma tasa de fuga de rechazo. Si se utiliza una fuga de verificación en la cámara, colóquela en el punto más alejado del detector.



Selección de la fuga atornillable: disponible con una tasa de fuga personalizada que coincida con la tasa de fuga de rechazo

Utilice los mismos parámetros que en el funcionamiento normal (tiempo de medición, concentración de gas trazador) y compruebe que la fuga de verificación se detecta correctamente. En el caso de las fugas atornillables ajustables, asegúrese de que la presión de llenado coincida con la presión de funcionamiento estándar.

### → Garantizar una precisión de repetición suficiente mediante un análisis estadístico

Un análisis de sistema de medición (MSA) es un método estadístico utilizado para evaluar la precisión, la consistencia y la fiabilidad de un sistema de medición. Identifica las variaciones que pueden causar los instrumentos, los procedimientos, los operadores o los factores ambientales para garantizar que las mediciones sean fiables para el control de calidad.

#### Precisión de repetición y de reproducción (R&R) del indicador

La R&R del indicador mide el volumen de variación proviene del equipo (precisión de repetición) y de los diferentes operadores (precisión de reproducción). Muestra si el sistema de medición es adecuado para el control de calidad al indicar la parte de la variación total causada por el error de medición. Los sistemas con una R&R del indicador inferior al 30 % generalmente se dan por aceptables, mientras que los que están por debajo del 10 % se consideran muy buenos.

En la detección de fugas, un estudio de R&R del indicador utiliza múltiples mediciones de diez piezas de prueba realizadas por tres operadores para evaluar la variación de la medición. Si las piezas no pueden proporcionar tasas de fuga consistentes (por ejemplo, celdas de batería con electrolito líquido), se pueden utilizar en su lugar fugas de prueba certificadas. Las piezas deben tener tasas de fuga cercanos a los criterios de estanqueidad, ya que el uso de piezas con tasas de fuga que abarcan varios órdenes de magnitud puede producir resultados engañosos debido a los diferentes errores absolutos y relativos.

## Índices de capacidad del proceso y del sistema de medición

El índice de capacidad del indicador, expresado como  $C_{g'}$ , mide la capacidad del sistema de medición. Un valor de  $C_{g'}$  más alto (típicamente  $\geq 1,33$ ) indica una buena capacidad del indicador, con buena precisión. El índice se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$C_g = \frac{0,2 \cdot T}{6\sigma}$$

Donde T es la tolerancia (rango de variación aceptable) y  $\sigma$  es la desviación estándar. El índice relacionado  $C_{gk}$  incluye el sesgo (precisión) del sistema de medición, lo que proporciona una evaluación más completa de la capacidad del indicador en la siguiente fórmula:

$$C_{gk} = \frac{0,1 \cdot T - |\bar{x}_g - x_m|}{3\sigma}$$

Aquí,  $\bar{x}_g$  y  $x_m$  son la media de la medición y el valor de fuga de prueba, respectivamente. Tanto  $C_g$  como  $C_{gk}$  deberían ser superiores a 1,33 para considerar que el sistema tiene una capacidad completa. Para una descripción más detallada, consulte la bibliografía disponible.

### → Pruebas de deriva y frecuencia de recalibración (precisión de repetición a largo plazo)

Aunque el MSA ofrece buenos parámetros para evaluar la precisión de repetición a corto plazo, es importante evaluar también la precisión de repetición a largo plazo. Si la señal de su sistema de detección de fugas se desvía lentamente con el tiempo, la precisión de repetición a corto plazo puede ser muy buena, pero aun así, durante un turno de trabajo, la deriva de la señal puede dar lugar a un error significativo.

Al evaluar el sistema, asegúrese de verificar el rendimiento a lo largo de al menos un turno, mejor aún uno o dos días, y mida una tasa de fuga conocida a una frecuencia preestablecida, por ejemplo, cada dos horas. La cantidad de deriva detectada determinará la frecuencia con la que será necesario calibrar el sistema de detección de fugas. Un sistema que requiera una recalibración menos frecuente resultará más cómodo de usar y también más fiable en su funcionamiento.

### → Garantizar una recuperación adecuada tras fugas gruesas

La detección de una fuga gruesa aumentará el límite inferior del sistema y puede limitar la capacidad de detección en los siguientes ciclos de prueba de fugas. A menudo se realiza una prueba de fugas gruesas mediante caída de presión antes de llenar la pieza con gas trazador.

Para evaluar el comportamiento del sistema de prueba, se debe aplicar al sistema una fuga gruesa que coincida con el límite de detección de fugas gruesas previo a la prueba (lo que representa el peor de los casos) y, a continuación, se debe medir una fuga de verificación para comprobar que no se pasará por alto ninguna fuga tras una fuga grave previa.

## ¿Todo listo?



### Garantizar una calibración adecuada

- Durante la calibración se utiliza el mismo tiempo de medición que en las mediciones
- La calibración debe realizarse con la misma concentración de gas trazador que en el funcionamiento normal de la prueba
- La fuga de prueba de calibración debe instalarse en la cámara de pruebas
- La calibración debe realizarse con una fuga de prueba al menos una década de magnitud superior al límite inferior
- Garantizar la documentación y la trazabilidad

### Verificación de la capacidad de detección adecuada

- Verificación de que la tasa de fuga mínima detectable coincide con la tasa de fuga de rechazo
- Garantizar una precisión de repetición suficiente mediante un análisis estadístico
- Pruebas de deriva y frecuencia de recalibración (precisión de repetición a largo plazo)
- Garantizar una recuperación adecuada tras fugas gruesas