

# HART® Calibración de transmisores

## Nota de aplicación

### Introducción

En las plantas de procesos actuales, la mayoría de los instrumentos de campo nuevos son instrumentos digitales *inteligentes*. El término *Inteligente* implica un instrumento basado en un microprocesador con funciones adicionales y compensación digital, compatible, además, con todo tipo de sensores y con diferentes variables. Estos instrumentos ofrecen, por lo general, más precisión, estabilidad a largo plazo y fiabilidad que los instrumentos analógicos convencionales.

La clase más conocida de instrumentos inteligentes incorpora el protocolo HART. De hecho, hay más de cinco millones de instrumentos HART repartidos en 100.000 plantas de todo el mundo. HART (el acrónimo de "Highway Addressable Remote Transducer") es una norma industrial que define el protocolo de comunicaciones entre dispositivos de campo inteligentes, así como un sistema de control que emplea cables tradicionales de 4 a 20 mA.

Para que los instrumentos HART resulten de utilidad, necesitan dos tipos de funciones: generación y medición analógicas, y comunicación digital. Hasta hace poco, esto requería dos herramientas independientes: un calibrador y un comunicador. En la actualidad, ambas funciones están disponibles en un solo Calibrador para documentación de procesos HART, que puede ayudarle a reparar de forma rápida y eficaz los instrumentos HART.

**HART**   
COMMUNICATION PROTOCOL



## La calibración de instrumentos HART es necesaria

Un error muy común es creer que la exactitud y la estabilidad de los instrumentos HART hacen innecesaria la calibración. Otro muy frecuente es creer que la calibración puede realizarse restableciendo el rango de los instrumentos de campo con un comunicador HART. Y otro es pensar que el sistema de control puede calibrar instrumentos inteligentes de forma remota. *Estas creencias son falsas.* Todos los instrumentos fluctúan. Restablecer el rango con un comunicador no es lo mismo que realizar una calibración. Se necesita una normativa o un calibrador preciso. La verificación regular del funcionamiento con un calibrador sujeto a las normas nacionales es fundamental debido a:

1. Las desviaciones en el funcionamiento de los instrumentos electrónicos con el paso del tiempo, que se producen por la exposición de los componentes electrónicos y del detector principal a la temperatura, la humedad, los agentes contaminantes, las vibraciones y otros factores medioambientales de campo.
2. Las regulaciones acerca de la seguridad laboral, la seguridad del consumidor y la protección del medio ambiente.
3. Los programas de calidad, como las normas ISO 9000, para todos los instrumentos que influyen en la calidad de los productos.

4. Los requisitos comerciales como los pesos, las medidas y las transferencias de control.

La calibración periódica es también muy aconsejable, ya que las comprobaciones de funcionamiento suelen revelar problemas no relacionados con la instrumentación, como líneas de presión solidificadas o congeladas, instalación de un termopar incorrecto y otros errores.

Un procedimiento de calibración consiste en una prueba de verificación (Valor encontrado), un ajuste al intervalo de tolerancia aceptable, si es necesario, y una prueba de verificación final (Valor dejado) si se ha realizado un ajuste. Los datos de la calibración se recopilarán y se utilizarán para completar el informe de la calibración, que permite documentar el rendimiento del instrumento con el paso del tiempo.

Todos los instrumentos, incluso los HART, deben calibrarse según un programa de mantenimiento preventivo periódico. El intervalo de calibración debe ser lo suficientemente corto como para asegurar que un instrumento nunca se salga de los límites de tolerancia, pero lo suficientemente largo como para evitar calibraciones innecesarias. De igual modo, es posible determinar el intervalo a través de los requisitos de procesos críticos, como la calibración antes de cada lote.

## ¿Cómo se calibran correctamente los instrumentos HART?

Para calibrar un instrumento HART de manera consistente con su aplicación, es muy útil entender la estructura funcional de un transmisor HART típico. El artículo del Apéndice A de Kenneth L. Holladay del Southwest Research Institute (Instituto de Investigación del Sudoeste) describe un instrumento HART típico, y define las prácticas de calibración tanto correctas como incorrectas. Publicado originalmente en *Intech* en mayo de 1996, volvió a imprimirse con la autorización del autor.

**Nota:** si no está familiarizado con la calibración HART o necesita una revisión, este es un momento excelente para detenerse y leer el artículo del Apéndice A. Allí encontrará los aspectos básicos de los instrumentos HART y la forma más adecuada de realizar tareas de mantenimiento en ellos.

Los instrumentos HART constan de tres secciones diferentes (consulte la Figura 1). La calibración HART propiamente dicha puede involucrar el ajuste del sensor, el ajuste de la salida o ambas cosas. El ajuste de los valores del rango (LRV y URV) sin un calibrador no se considera una calibración. El ajuste de la salida ignorando la sección de entrada no es una calibración correcta. *El ajuste de los valores del rango con un calibrador puede ser una buena alternativa para la calibración de instrumentos que funcionen en modo analógico y entre 4 y 20 mA, siempre que la PV y la PVAO no se utilicen en el control del proceso.*

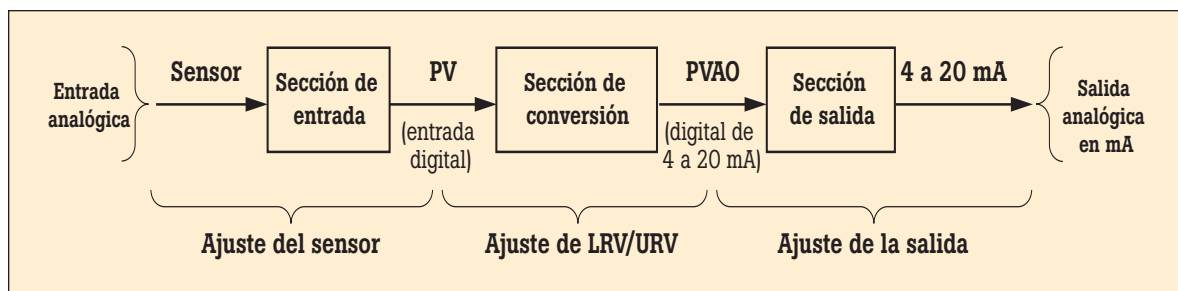


Figura 1.



Figura 2.

**Una nueva herramienta acelera la calibración**

En la actualidad, el mantenimiento de los instrumentos ya no se realiza en un taller, sino en el lugar en cuestión. Esto reduce las interrupciones de los procesos, y evita el tiempo y los gastos que implica devolver los instrumentos al taller. Es habitual utilizar calibradores y comunicadores a la vez

para efectuar calibraciones in situ. No obstante, el deseo de llevar menos equipo y realizar tareas de mantenimiento en el mismo lugar ha propiciado la aparición de una nueva clase de herramientas de calibración.

El nuevo Calibrador para documentación de procesos 754 de Fluke es la primera herramienta para realizar calibraciones de instrumentos HART in situ, y además

de ser potente, resulta muy fácil de utilizar. Basta con pulsar una tecla para acceder al modo HART y consultar la información principal de HART en la pantalla de dispositivos activos (Figura 2). Las demás funciones HART también están disponibles con solo pulsar unas pocas teclas (consulte el árbol de menú de la Figura 3).

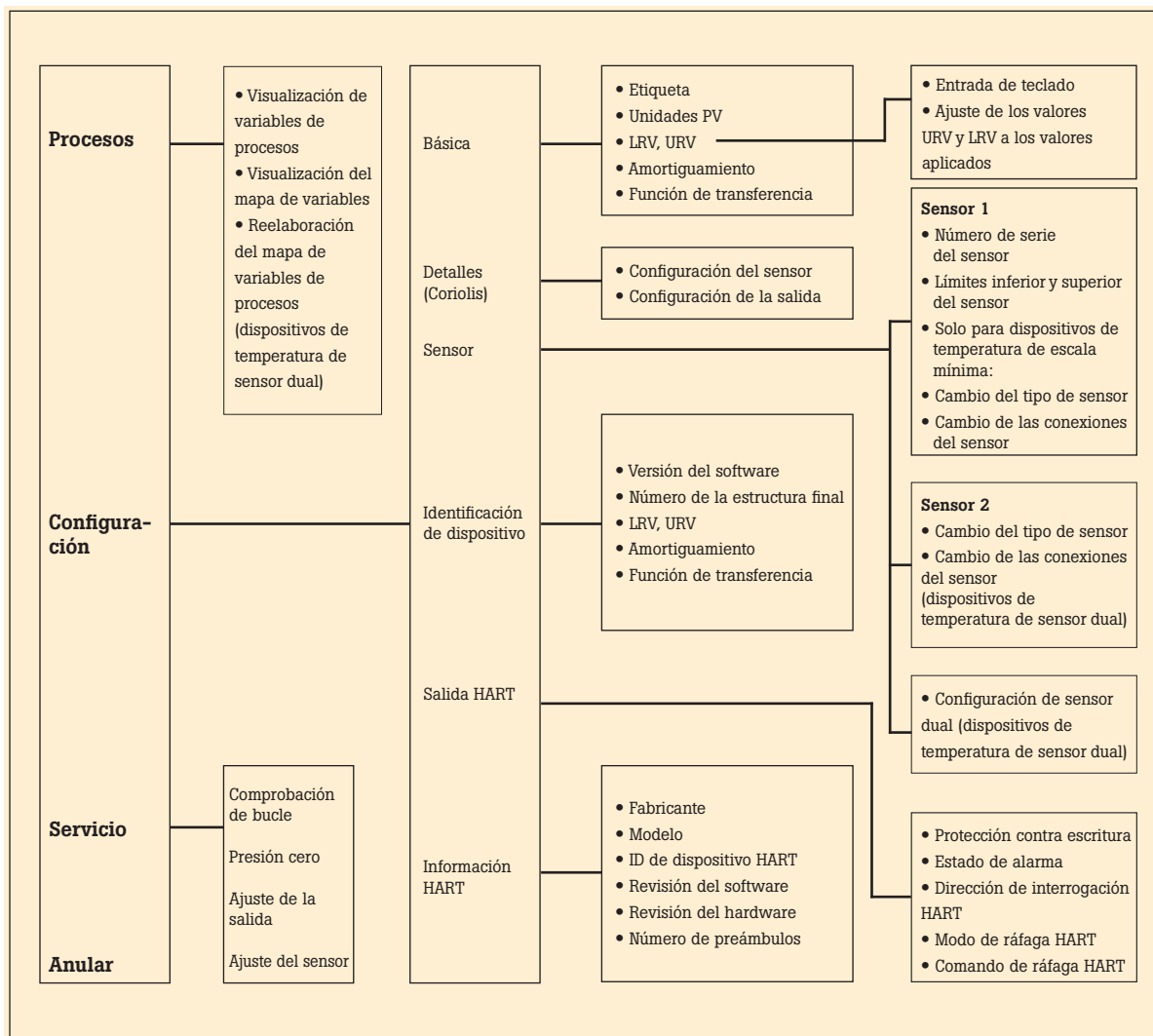


Figura 3.

**¡No necesita comunicador!**

El calibrador 754 no necesita cajas externas o comunicadores para llevar a cabo calibraciones y tareas de mantenimiento HART. Es compatible con muchos modelos conocidos de transmisores HART, y admite más comandos específicos que cualquier otro calibrador HART.

- Determine el tipo, el fabricante, el modelo, la ID de la etiqueta, la PV y la PVAO de los dispositivos HART
- Realice ajustes automáticos en la salida y el sensor HART para los dispositivos seleccionados
- Ajuste el rango, el amortiguamiento y otros parámetros básicos de la configuración del proceso
- Lea y escriba los campos de los mensajes y las etiquetas HART para volver a etiquetar los transmisores inteligentes
- Copie transmisores adicionales con datos básicos de configuración HART

## Compatibilidad versátil con protocolo HART

Con 64 MB de memoria, el 754 admite un amplio conjunto de instrucciones HART:

- **Comandos universales:** ofrecen funciones implementadas en **todos los dispositivos de campo**, como la lectura del fabricante y el tipo de dispositivo, el registro de la variable primaria (PV) o la lectura de la salida de corriente y del porcentaje de escala
- **Comandos de prácticas comunes:** proporcionan funciones comunes para **muchos de los dispositivos de campo (pero no todos)**, como lectura de variables múltiples, configuración de tiempo de amortiguamiento o ejecución de prueba de bucle
- **Comandos específicos de dispositivos:** ofrecen funciones que son **exclusivas de un dispositivo de campo particular**, como el ajuste de los sensores. La versión 754 es compatible con estos dispositivos:

## Modos de operación HART admitidos

- Para el **funcionamiento punto a punto**, el modo más común utilizado, conecta el Fluke 754 a un único dispositivo HART en un bucle de 4-20 mA.
- En modo de **Caída múltiple**, es posible conectar varios instrumentos HART juntos. El calibrador 754 realiza la búsqueda de cada uno, identifica las direcciones en uso y le permite seleccionar el instrumento para la calibración y las operaciones relacionadas.
- En **Modo ráfaga**, el instrumento HART transmite ráfagas de datos sin necesidad de que la unidad maestra se lo solicite. El calibrador 754 puede desactivar el modo ráfaga de los transmisores y activarlo de nuevo si es necesario.

## ¿Aún puede resultar útil el comunicador?

La puesta en servicio de un instrumento HART o la modificación de las variables HART no compatibles con el calibrador 754 requiere el uso de un comunicador. El calibrador 754 ha sido diseñado para realizar la gran mayoría de las operaciones cotidianas que normalmente se efectúan con un comunicador individual. La función HART del calibrador 754 es comparable a la del comunicador HART modelo 475, con la excepción del intérprete DD. El intérprete DD permite a un comunicador normal leer librerías de conjuntos de comandos desde cualquier proveedor HART, pero ofrece funciones muy superiores a las necesarias para el mantenimiento diario de los instrumentos HART.

## Aplicaciones de la calibración HART

Los siguientes ejemplos muestran los métodos que utiliza el calibrador 754 para conseguir que la calibración HART sea una operación eficiente. El calibrador 754 incluye conexión sencilla a través de su cable HART, acceso rápido a los datos HART más importantes, ramificación automática para realizar ajustes adecuados, elaboración automática de plantillas de prueba, y *búsqueda y envío* automáticos de lecturas analógicas durante el ajuste.

Fabricante	Instrumentos de presión	Instrumentos de temperatura	Instrumentos de Coriolis
ABB/Kent-Taylor	600T	658T <sup>1</sup>	
ABB/Hartmann & Braun	Contrans P, <sup>1</sup> Serie AS 800		
Endress & Hauser	CERABAR S, CERABAR M, DELTABAR S	TMT 122 <sup>1</sup> , TMT 182 <sup>1</sup> , TMT 162 <sup>1</sup>	
Foxboro Eckardt		TI/RTT20	
Foxboro/Invensys	I/A Pressure		
Fuji	FCX FCXAZ	FRC	
Honeywell	ST3000	STT25T <sup>1</sup> , STT25H <sup>1</sup>	
Micro Motion			2000 2000 IS 9701 9712 9739
Moore Products		344 <sup>1</sup>	
Rosemount	1151 2088 3001C 3051, 3051S	3044C 644 3144 3244, 3144P	
Siemens	SITRANS P DS SITRANS P ES		
SMAR	LD301	TT301 <sup>1</sup>	
Viatran	I/A Pressure		
Wika	UNITRANS	T32H <sup>1</sup>	
Yokogawa	EJA	YTA 110, 310 y 320	

Tabla 1.

<sup>1</sup>Ajuste del sensor no admitido

## Ejemplo 1

### Calibración de un Transmisor de presión HART Rosemount 3051

#### Conexiones básicas

Este ejemplo asume que el transmisor está aislado del proceso y no está conectado eléctricamente a una fuente de alimentación en bucle. Realice las conexiones básicas con el 3051 según el diagrama de la Figura 4. No es necesario utilizar un resistor de 250 ohmios, puesto que el calibrador 754 ya dispone de uno con la fuente de alimentación en bucle a través de sus conectores de mA. El transmisor 3051 de este ejemplo está configurado para unidades psi.

#### Procedimiento

1. Encienda el calibrador Fluke 754. Pulse la tecla roja **HART** y luego la tecla programable **Loop Power** (Alimentación en bucle) para que el calibrador muestre la información HART básica del transmisor 3051 (Figura 5).
2. Pulse la tecla **HART** de nuevo para seleccionar la configuración del calibrador 754 (Figura 6). Si selecciona **MEAS mA, SOURCE psi** configurará el calibrador para medir la salida analógica en mA y la presión que se esté aplicando simultáneamente a la entrada del transmisor y al módulo de presión (si selecciona **MEAS PV, SOURCE psi** configurará el calibrador 754 para evaluar la salida PV digital desde el transmisor). Pulse **ENTER** para seleccionarlo.

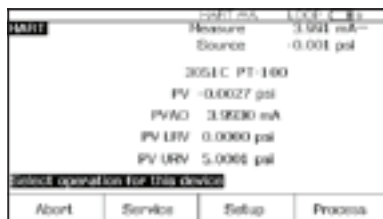


Figura 5.

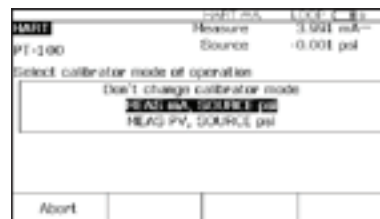


Figura 6.

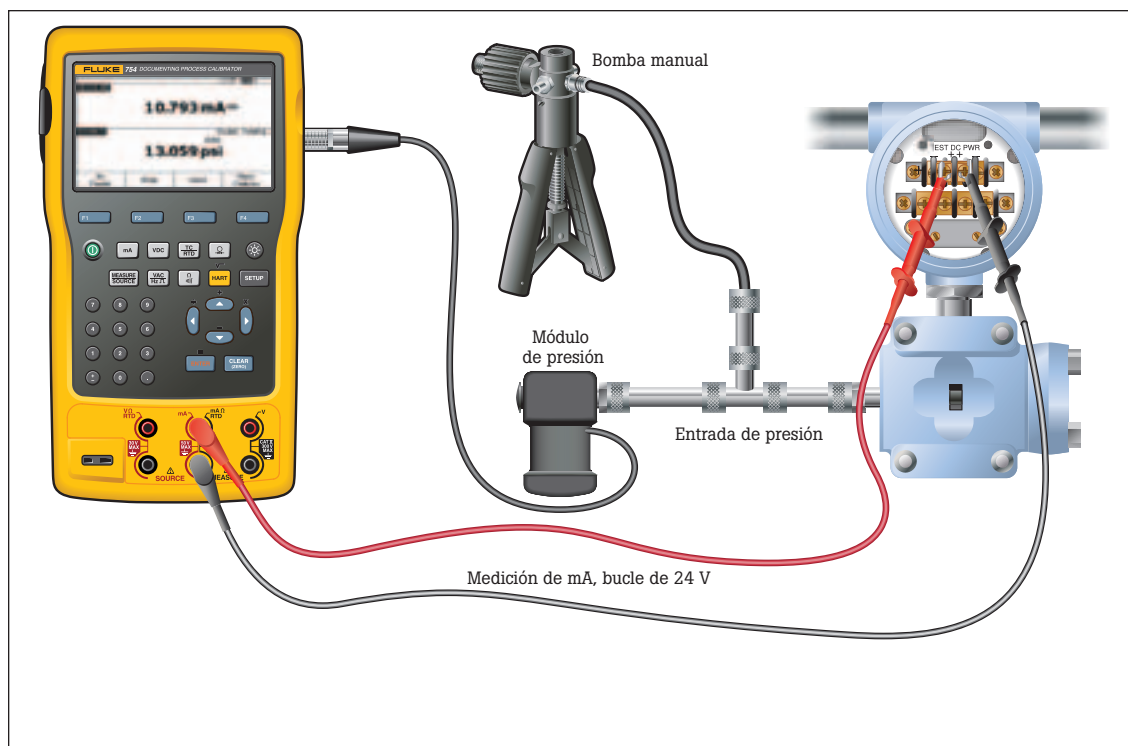


Figura 4

3. Purgue la línea de presión y pulse **CLEAR (ZERO)** para poner el módulo de presión a cero. Pulse la tecla programable **As Found** (Valor encontrado) y luego **ENTER** a fin de seleccionar **Instrument** (Instrumento) para la calibración lineal del transmisor (si el transmisor 3051 está configurado para una salida de raíz cuadrada, seleccione **✓ Instrument**). Como podrá observar, la plantilla de calibración se elaborará automáticamente, salvo en lo que respecta a la tolerancia. Introduzca la tolerancia de prueba apropiada y pulse **Done** (Listo).
4. Pulse la tecla programable **Manual Test** (Prueba manual) para comenzar la calibración. Introduzca las presiones de entrada tal y como se indica en la pantalla SOURCE (Generar). Pulse la tecla programable **Accept Point** (Aceptar punto) cuando se aplique la presión correcta para cada punto. Una vez finalizada la prueba, se mostrará la tabla de resumen de errores (Figura 7). Los errores de prueba que excedan la tolerancia aparecerán resaltados. Cuando termine de leer la tabla, pulse la tecla programable **Done** (Listo). Vuelva a pulsar **Done** (Listo) para aceptar o **ENTER** para cambiar los campos de etiqueta, número de serie o identificación.

SOURCE	HEADLINE	ERROR%
0.000 psi	4.100 mA	0.00
2.500 psi	12.140 mA	0.00
5.000 psi	20.190 mA	0.00

Figura 7.

5. Si la prueba Valor encontrado no se realizó correctamente (es decir, si hubo errores resaltados en la tabla de resumen de errores), será necesario realizar un ajuste. Pulse la tecla programable **Adjust** (Ajustar). Seleccione **Sensor Trim** (Ajustar sensor) y pulse **ENTER** (no seleccione **Pressure Zero Trim** [Ajustar a presión cero]). Es lo mismo que ajustar el sensor por debajo de cero, lo cual es útil para los transmisores de presión que no ofrecen la función Ajustar sensor). La pantalla del calibrador 754 tendrá el mismo aspecto que la Figura 8.

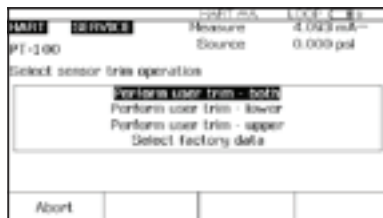


Figura 8.

6. Seleccione **Perform user trim – both** (Realizar ajuste de usuario – ambos) y pulse **ENTER**. Ponga a cero el módulo de presión (ventilación a la atmósfera) pulsando **CLEAR (ZERO)**. Pulse la tecla programable **Continue** (Continuar); se le pedirá el valor de ajuste inferior. Para obtener resultados óptimos, aplique la presión LRV y pulse **Fetch** (Buscar) para cargar el valor que esté siendo medido por el módulo de presión. Pulse **Trim** (Ajustar). Luego pulse **Continue** para desplazarse hasta el ajuste superior. Al igual que antes, aplique la presión URV, pulse **Fetch** y luego **Trim**. Si el transmisor 3051 se utiliza con la salida PV digital, vaya directamente al paso 8 y realice la prueba del Valor dejado. Si en el proceso se utiliza la salida analógica de 4 a 20 mA, vaya al paso 7.

7. Seleccione **Output Trim** (Ajuste de la salida) y pulse **ENTER**. El valor de la variable primaria (PVAO) está en el ángulo superior derecho de la pantalla. Por lo general, es una señal de 4 mA. El valor de mA, medido constantemente por el calibrador Fluke 754, está en el centro de la pantalla. Pulse la tecla programable **Fetch** para cargar el valor medido en mA. Pulse **Send** para enviar el valor al transmisor 3051 y ajustar la sección de salida para el valor de 4 mA. Pulse **Continue** (Continuar) para el ajuste de 20 mA y repita este paso.
8. Una vez finalizado el ajuste de salida, pulse la tecla programable **Done** y continúe con la prueba de verificación del Valor dejado. Pulse la tecla programable **As Left**. Pulse **Done** y luego **Manual Test** (Prueba manual). Aplique las presiones solicitadas y pulse **Accept Point** cuando las lecturas sean estables. Una vez finalizada la prueba aparecerá una tabla de resumen de errores. Si ninguno de los errores está resaltado (Figura 9), el transmisor 3051 habrá superado la prueba de calibración. Si hay errores resaltados, la prueba habrá fracasado y será necesario realizar un nuevo ajuste. Vuelva al paso 5 para realizar ajustes en el transmisor.

SOURCE	HEADLINE	ERROR%
-0.002 psi	4.000 mA	0.04
2.500 psi	12.000 mA	0.01
5.000 psi	20.000 mA	0.05

Figura 9.

## Ejemplo 2

### Calibración de un Transmisor de temperatura HART Rosemount 3144

#### Conexiones básicas

Este ejemplo asume que el transmisor está aislado del proceso y no está conectado eléctricamente a una fuente de alimentación en bucle. Realice las conexiones básicas con el 3144 según el diagrama de la Figura 10. No es necesario utilizar un resistor de 250 ohmios, puesto que el calibrador 754 ya dispone de uno con la fuente de alimentación en bucle a través de sus conectores de mA. El transmisor 3144 de este ejemplo está configurado para un sensor de termopar tipo K con una amplitud de 0 a 300 °C.

#### Procedimiento

1. Encienda el calibrador Fluke 754. Pulse la tecla roja **HART** y luego la tecla programable **Loop Power** (Alimentación en bucle). Pulse **ENTER** para cerrar las pantallas de advertencia; el calibrador 754 mostrará la información HART básica para el transmisor 3144 (Figura 11).
2. Pulse la tecla **HART** de nuevo para seleccionar la configuración del calibrador 754 (Figura 12). Si selecciona **MEAS mA**, **SOURCE T/C typ K** configurará el calibrador para medir la salida analógica en mA del transmisor y generar el estímulo de temperatura correcto en la entrada del transmisor 3144 (si selecciona **MEAS PV**, **SOURCE T/C typ K** configurará el calibrador 754 para que evalúe la salida PV digital desde el transmisor). Pulse **ENTER** para seleccionarlo.

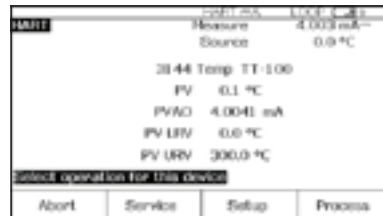


Figura 11.

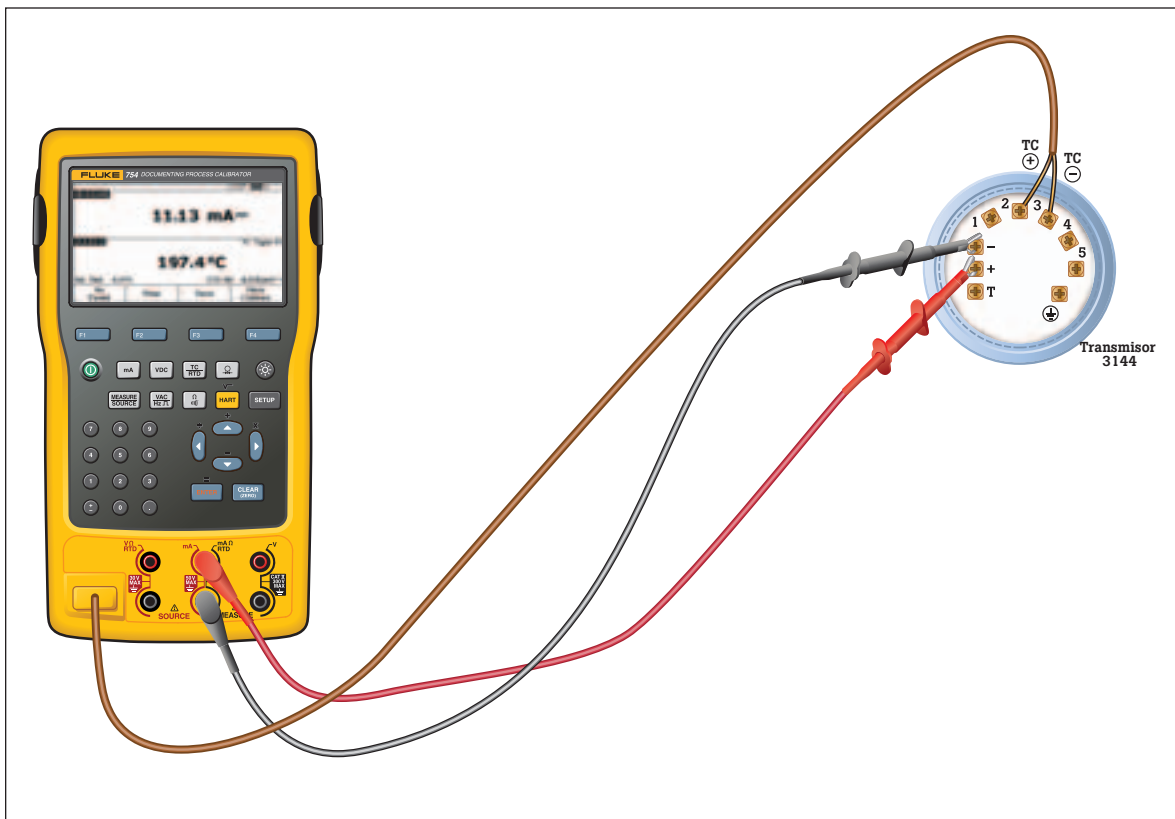


Figura 10.



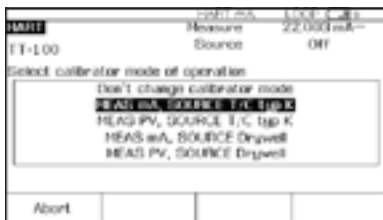


Figura 12.

3. Pulse la tecla programable **As Found** (Valor encontrado) y luego **ENTER** a fin de seleccionar **Instrument** (Instrumento) para la calibración lineal del transmisor. Como podrá observar, la plantilla de calibración se elaborará automáticamente, salvo en lo que respecta a la tolerancia. Introduzca la tolerancia de prueba apropiada y pulse la tecla programable **Done**.

4. Pulse la tecla programable **Auto Test** (Prueba automática) para comenzar la calibración. Una vez que se haya completado la prueba, se mostrará una tabla de resumen de errores (Figura 13). Los errores de prueba que excedan la tolerancia aparecerán resaltados. Cuando termine de leer la tabla, pulse la tecla programable **Done** (Listo). Vuelva a pulsar **Done** (Listo) para aceptar o **ENTER** para cambiar los campos de etiqueta, número de serie o identificación.

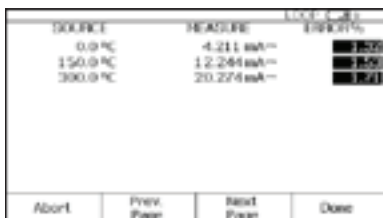


Figura 13.

5. Si la prueba Valor encontrado no se realizó correctamente (es decir, si hubo errores resaltados en la tabla de resumen de errores), será necesario realizar un ajuste. Pulse la tecla programable **Adjust** (Ajustar). Seleccione **Sensor Trim** (Ajustar sensor) y pulse **ENTER**. Seleccione **Perform user trim – both** (Realizar ajuste de usuario - ambos) y pulse **ENTER**. La pantalla del calibrador 754 tendrá el mismo aspecto que la Figura 14.

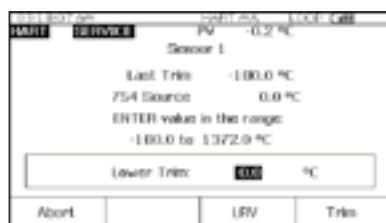


Figura 14.

6. Para obtener resultados óptimos, pulse **LRV** a fin de aplicar la LRV para el valor de ajuste inferior. Pulse **Trim** y luego **Continue** para desplazarse hasta el ajuste superior. Pulse **URV, Trim** (Ajustar) y luego **Done** (Listo). Si el transmisor 3144 se utiliza con la salida PV digital, vaya directamente al paso 8 y realice la prueba del Valor dejado. Si en el proceso se utiliza la salida analógica de 4 a 20 mA, vaya al paso 7.

7. Seleccione **Output Trim** (Ajuste de la salida) y pulse **ENTER**. El valor de la variable primaria (PVAO) está en el ángulo superior derecho de la pantalla (Figura 5). Por lo general, es una señal de 4 mA. El valor de mA, medido constantemente por el calibrador Fluke 754, está en el centro de la pantalla. Pulse la tecla programable **Fetch** para cargar el valor medido en mA. Pulse **Send** para enviar el valor al transmisor 3144 y ajustar la sección de salida para el valor de 4 mA. Pulse **Continue** para el ajuste de 20 mA y repita este paso.



Figura 15.

8. Una vez finalizado el ajuste de salida, pulse la tecla programable **Done** y continúe con la prueba de verificación del Valor dejado. Pulse la tecla programable **As Left**. Pulse **Done** y luego **Auto Test**. Una vez finalizada la prueba, aparecerá una tabla de resumen de errores. Si hay errores resaltados, la prueba habrá fracasado y será necesario realizar un nuevo ajuste. Vuelva al paso 5 para realizar ajustes en el transmisor 3144.

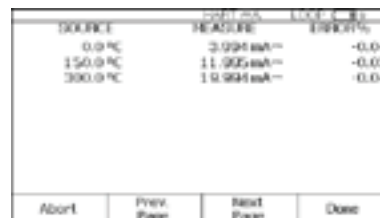


Figura 16.

**Ejemplo 3**

**Calibración de instrumentos HART con comandos universales**

Al permitir el ajuste del sensor, que emplea comandos específicos de los dispositivos, exclusivos de un instrumento en particular, el calibrador 754 es compatible con la mayoría de las cargas de trabajo instaladas de los transmisores HART (consulte la Tabla 1). Por lo tanto, ¿cómo se pueden calibrar instrumentos no compatibles con el calibrador 754?

La respuesta corta es que el calibrador 754 admite los comandos HART universales y los comandos HART de prácticas comunes. El calibrador 754 puede establecer comunicación con casi cualquier instrumento HART y, en la mayoría de los casos, puede realizar un procedimiento de calibración (salvo el ajuste del sensor para los instrumentos no compatibles).

**Este ejemplo se aplica a instrumentos utilizados en modo analógico (4 a 20 mA).** Si el instrumento funciona en modo digital, es decir, si su PV es la variable de salida que se utiliza para el control, solo será necesario calibrar la Sección de entrada. La regulación requerirá un ajuste del sensor, (consulte la Figura 17), lo que significa que, para los instrumentos no compatibles con el calibrador 754, deberá utilizar tanto un calibrador 754 (para realizar las pruebas del Valor encontrado y Valor dejado, y registrar los resultados) como un comunicador (para realizar el ajuste del sensor).

Para los instrumentos utilizados en modo analógico, es decir, donde se utilice una salida analógica de 4 a 20 mA para el control, será posible utilizar el calibrador 754 para realizar la calibración. En este ejemplo, después de realizar una prueba del Valor encontrado y determinar que se necesita un ajuste, primero se realizará un ajuste de la salida para llevar al instrumento al intervalo de tolerancia. Si eso falla, el ejemplo realizará un ajuste de los valores del rango superior e inferior (LRV y URV) para compensar el error de la sección de entrada.

**Nota:** el Apéndice A explica que estos ajustes no constituyen una calibración HART correcta. Aunque esto no es del todo exacto, dichos ajustes son una alternativa de calibración práctica para los instrumentos que funcionan en modo analógico (4 a 20 mA) si las correcciones de error no son muy grandes.

**¿Cómo determinar el modo digital o analógico?**

Si su dirección de interrogación HART tiene asignado un valor entre 1 y 15, el transmisor estará en modo digital. Una dirección 0

(cero) lo fija en un modo de salida analógica de entre 4 y 20 mA. En la dirección 0, el calibrador 754 se conectará automáticamente a un dispositivo de dirección 0; si no hay ningún dispositivo en 0, el calibrador empezará a buscar direcciones de la 1 a la 15. El calibrador 754 también muestra una dirección diferente a cero con la información HART básica.

**Conexiones básicas**

Este ejemplo asume que el transmisor está aislado del proceso y no está conectado eléctricamente a una fuente de alimentación en bucle. Realice las conexiones básicas con el transmisor según el diagrama de la Figura 18. No es necesario utilizar un resistor de 250 ohmios, puesto que el calibrador 754 ya dispone de uno con la fuente de alimentación en bucle de 24 V a través de sus conectores de mA. Este ejemplo asume que se utiliza un transmisor de termopar tipo K con un rango de entrada de 0 a 100 °C, una salida de 4 a 20 mA y una tolerancia de prueba del 0,25%.

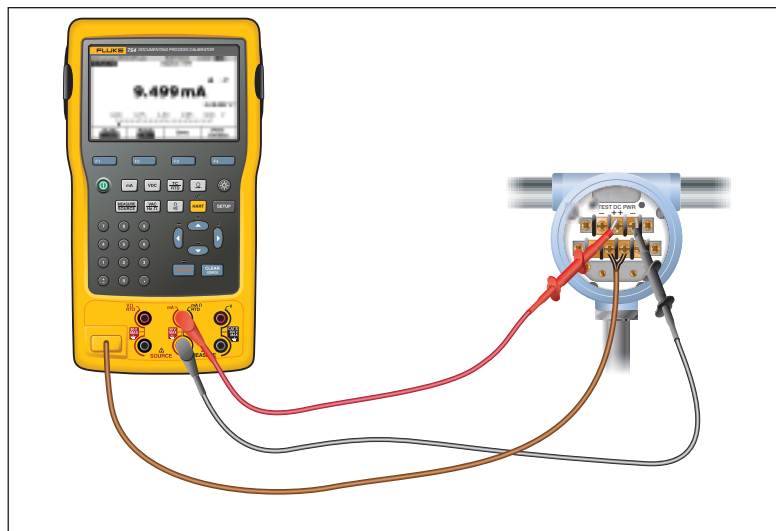


Figura 18.

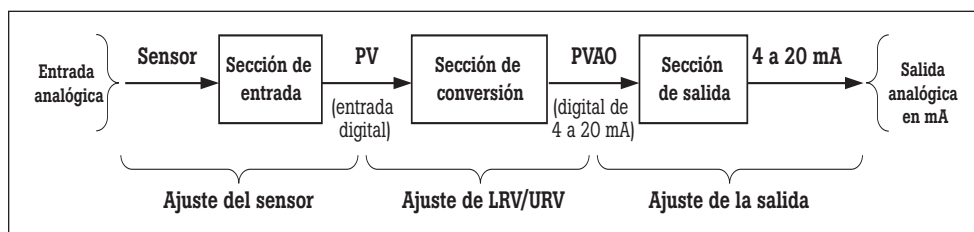


Figura 17.

**Procedimiento**

1. Encienda el calibrador Fluke 754. Pulse la tecla **HART** y la tecla programable **Loop Power** (Alimentación en bucle) (si la alimentación en bucle no se estuviera suministrando con anterioridad). Pulse **ENTER** hasta que desaparezcan todas las advertencias de dispositivos y aparezca la información HART básica (Figura 19).

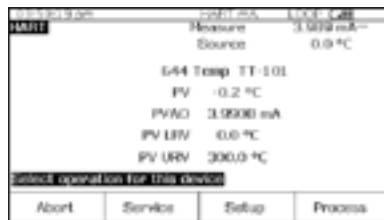


Figura 19.

2. Pulse la tecla **HART** de nuevo para seleccionar la configuración del calibrador 754 (Figura 20). Mueva el cursor hasta **MEAS, mA, SOURCE T/C typ K** (o, si no aparece la configuración de fuente, mida mA) y pulse **ENTER** (si está verificando la PV digital en vez de la salida de mA, es decir, si el transmisor tiene una dirección de interrogación HART diferente a cero, deberá seleccionar **MEAS PV, SOURCE T/C typ K**. [o, si no aparece la configuración de fuente, medir la PV]).

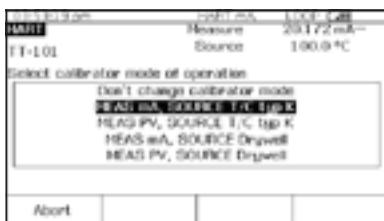


Figura 20.

3. Si no ha configurado la fuente en el paso anterior, pulse el botón Medir/Generar y configure la fuente para un termopar tipo K. Pulse Medir/Generar hasta que esté en la pantalla dual. Pulse la tecla programable **As Found** y **ENTER** para seleccionar la calibración del instrumento. Mueva el cursor hasta **Tolerance** (Tolerancia) e introduzca la tolerancia de prueba apropiada (0,25% en este ejemplo). Compruebe que el Valor correspondiente a 0% y el Valor correspondiente a 100% sean los valores operativos nominales correctos para el transmisor (0 y 100 °C en este ejemplo; Figura 21). Si los valores del rango inferior (0%) y superior (100%) (LRV y URV) han sido modificados previamente con fines de calibración, deberá introducir los valores nominales. Por ejemplo, si una calibración anterior modificó el URV a 100,2 °C, deberá introducir de forma manual el valor nominal de 100 °C para el valor del 100% correspondiente. La introducción de los valores nominales del intervalo y cero garantiza que los errores se calcularán correctamente.

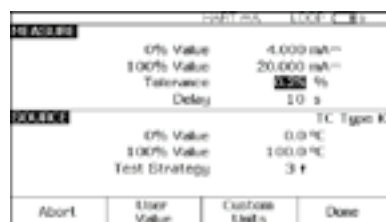


Figura 21.

4. Pulse **Done** y luego **Auto Test**. Una vez que se haya completado la prueba, se mostrará una tabla de resumen de errores (Figura 22). Los errores de prueba que excedan la tolerancia aparecerán resaltados. Si la prueba se realiza correctamente, es decir, si no hay errores resaltados, no será necesario realizar ajustes.

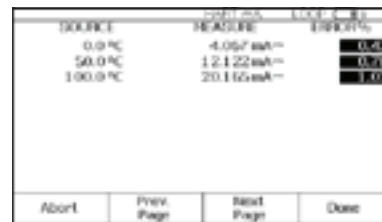


Figura 22.

Si hay errores resaltados, será necesario realizar modificaciones con un ajuste de la salida. Pulse **Done** para salir de la pantalla de resultados, modifique los campos de etiqueta, número de serie o identificación según sea necesario y pulse Done de nuevo.

5. Pulse la tecla programable **Adjust**, seleccione **Output Trim** y pulse **ENTER**. El valor de la variable primaria (PVAO) se encuentra en el ángulo superior derecho de la pantalla (Figura 23). Por lo general, es una señal de 4 mA. El valor real de mA, medido en tiempo real por el calibrador Fluke 754 aparecerá en el centro de la pantalla. Pulse la tecla programable **Fetch** para cargar el valor medido en mA. Pulse la tecla programable **Send** para enviar el valor al transmisor y ajustar la sección de salida para el valor de 4 mA. Pulse **Continue** para el ajuste de 20 mA y repita este paso.



Figura 23.

6. Ahora, realice una prueba del Valor dejado. Pulse **As Left**, **Done** y luego **Auto Test**. Una vez finalizada la prueba aparecerá la tabla de resumen de errores. Si hay errores resalta- dos, la prueba habrá fracasado y será necesario realizar un nuevo ajuste.

**Nota:** si el error del fallo es importante, quizá sea necesario realizar un ajuste del sensor con un comunicador. Sin embargo, es posible realizar el ajuste con un calibrador 754 si se modifica el LRV (valor del rango inferior) y el URV (valor del rango superior) para compensar el error de la Sección de entrada.

7. En el caso de un transmisor de presión que tiene botones de ajuste de intervalo y cero en el instrumento, la calibración será muy sencilla. Solo hay que aplicar una fuente calibrada en los valores LRV y URV, y pulsar los botones correspondientes de inter- valo y cero en el transmisor. A continuación, compruebe la condición del transmisor realizando una prueba de Valor dejado, como la del paso 6. Muchos transmisores HART no tienen ajustes físicos y no necesitan un comunicador ni un *Fluke 754* para ajustar los valores LRV y URV. Para estos casos, continúe con el paso 8.

8. La tabla de resumen de errores (mostrada a partir del paso 6) proporciona los datos necesarios para hacer modifi- caciones de LRV y URV. Anote los valores LRV y URV (en este ejemplo, 0 y 100 °C). Vuelva a la pantalla normal Medir/ Generar del calibrador 754 que muestra la tecla progra- mable **As Left** pulsando la tecla programable **Done** tres veces.

9. Pulse el botón Medir/Generar dos veces, introduzca el valor LRV (en este ejemplo, 0 °C) a través del teclado del calibra- dor 754 y pulse INTRO.

10. Pulse **HART** y luego la tecla programable **Setup** (Configu- ración). Seleccione **Basic** en el menú y pulse **ENTER** para ver los parámetros de configu- ración básicos que aparecen en la Figura 24. Desplace el cursor hasta **Lower Range Value** (Valor de rango infe- rior) y pulse **ENTER**. Desplace el cursor hasta **Apply Values** (Aplicar valores) y pulse **ENTER**. Pulse **ENTER** para seleccionar 4 mA. Pulse la tecla progra- mable Continue (Continuar), utilice cualquier tecla para continuar y luego pulse Set (Definir). Pulse cualquier tecla y las teclas programables Done (Listo) y Abort (Anular) hasta que vuelva a la pan- talla de generación. Con el teclado del calibrador 754, introduzca el valor URV (100 °C en este ejemplo) regis- trado en el paso 8 y pulse **ENTER**.

11. Repita el paso (10) pero, des- pués de seleccionar "Apply values" (Aplicar valores), seleccione 20 mA en lugar 4 mA.

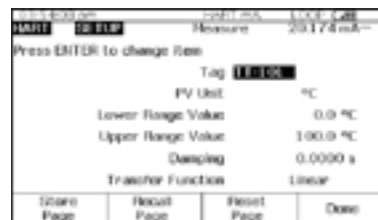


Figura 24.

12. Ahora, pulse **Done** y luego **Abort** tres veces. Realice una nueva prueba del Valor encontrado pulsando **As Found** (asegúrese de que los valores nominales de intervalo y cero originales aparezcan como 0% y 100%). Pulse **Done** y luego **Auto Test**. Una vez finalizada la prueba, aparecerá la tabla de resumen de errores. Si hay errores resaltados, es que la prueba ha salido mal. Repita el ajuste o ajuste la sección del sensor con un comunicador.

**Nota:** si tiene problemas con alguno de estos ejemplos, llame al 1-800-44-FLUKE para obtener ayuda (1-800-443-5853).

## Apéndice A

### Calibración de transmisores HART

Por Kenneth L. Holladay,  
Ingeniero profesional

#### Calibración de un instrumento convencional

Para un instrumento convencional de 4 a 20 mA, solo se necesita un punto de prueba múltiple que estimule la entrada y mida la salida con el fin de caracterizar la exactitud general del transmisor. El ajuste de calibración normal implica ajustar solo los valores de intervalo y cero, puesto que solo hay una operación ajustable entre la entrada y la salida, tal y como se muestra a continuación.

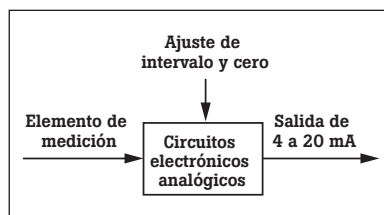


Figura A1. Diagrama de bloques de un transmisor convencional.

Este procedimiento suele conocerse como Calibración de intervalo y cero. Si la relación entre el rango de entrada y salida del instrumento no es lineal, es necesario conocer la función de transferencia para poder calcular las salidas esperadas para cada valor de entrada. Si no conoce los valores de salida esperados, no puede calcular los errores de rendimiento.

#### Calibración de un instrumento HART

Para un instrumento HART, un punto de prueba múltiple entre la entrada y la salida no permite representar con exactitud el funcionamiento del transmisor. Al igual que con un transmisor convencional, el proceso de medición comienza con una tecnología que convierte una cantidad física en una señal eléctrica. Sin embargo, la similitud finaliza aquí. En lugar

de una ruta puramente mecánica o eléctrica entre la entrada y la señal de salida resultante de 4 a 20 mA, un transmisor HART dispone de un microprocesador que manipula los datos de la entrada. Como se muestra en la Figura A2, normalmente hay tres secciones de cálculo involucradas, y cada una de ellas se puede probar y ajustar de forma individual.

Justo antes del primer recuadro, el microprocesador del instrumento mide la propiedad eléctrica que se ve afectada por la variable de procesos de interés. El valor medido puede ser milivoltios, capacitancia, reluctancia, inductancia, frecuencia o alguna otra propiedad. Sin embargo, antes de que pueda ser utilizada por el microprocesador, debe transformarse en un recuento digital con el convertidor analógico a digital (A/D).

En el primer recuadro, el microprocesador depende de la ecuación o la tabla para relacionar el valor del recuento sin procesar con la propiedad (PV) real de interés, como la temperatura, la presión o el flujo. El fabricante se encarga de establecer la forma principal de esta tabla, pero la mayoría de los instrumentos HART incluyen comandos para realizar ajustes de campo. Esto se suele conocer como ajuste del sensor. La salida del primer recuadro es una representación digital de la variable del proceso. Cuando lea la variable del proceso con un comunicador, este será el valor que verá.

El segundo recuadro es una conversión estrictamente matemática de la variable del proceso en la representación equivalente en miliamperios. Los valores del rango del instrumento (relacionados con los valores de cero y amplitud) se utilizan con la función de transferencia para calcular este valor. Aunque una función de transferencia lineal es lo más habitual, los transmisores de presión suelen tener una opción de raíz cuadrada. Otros instrumentos especiales pueden implementar transformaciones matemáticas comunes o tablas de puntos de interrupción definidos por el usuario. La salida del segundo bloque es una representación digital de la salida deseada del instrumento. Cuando lea la corriente de bucle con un comunicador, este será el valor que verá. Muchos instrumentos HART admiten un comando que pone al instrumento en un modo de prueba de salida fijo. Esto anula la salida normal del segundo bloque y sustituye un valor de salida específico.

El tercer recuadro es la sección de salida, donde el valor de salida calculado se convierte a un valor de recuento que se puede cargar en un convertidor digital a analógico. Esto produce la señal eléctrica analógica real. Una vez más, el microprocesador debe depender de ciertos factores de calibración internos para obtener la salida correcta. Ajustar estos factores suele conocerse como ajuste del bucle de la corriente o ajuste de 4 a 20 mA.

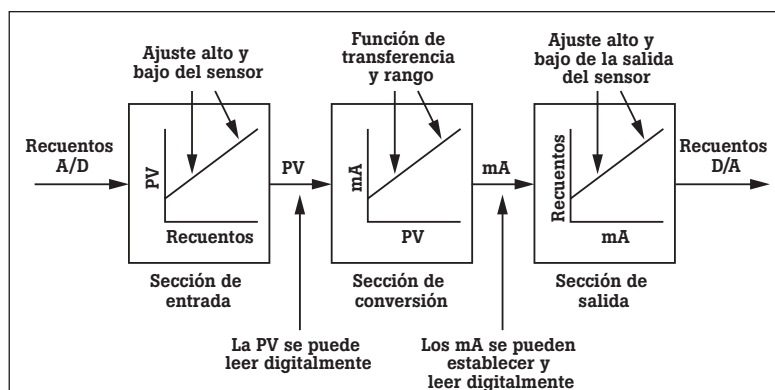


Figura A2. Diagrama de bloques de un transmisor HART.

## Requisitos de la calibración HART

De acuerdo con este análisis, es posible saber por qué un procedimiento de calibración correcto para un instrumento HART es diferente al de un instrumento convencional. Los requisitos de calibración específicos dependen de la aplicación.

Si la aplicación utiliza la representación digital de la variable del proceso para supervisar o controlar, entonces es necesario probar y ajustar la sección de entrada del sensor. Tenga en cuenta que esta lectura es completamente independiente de la salida en miliamperios y no tiene nada que ver con los ajustes de intervalo o cero. La PV leída a través de la comunicación HART continúa siendo exacta, incluso si está fuera del rango de salida asignado. Por ejemplo, un Rosemount 3051c de rango 2 tiene límites de sensor de -250 a +250 pulgadas de agua. Si configura el rango en 0 a 100 pulgadas de agua y luego aplica una presión de 150 pulgadas de agua, la salida analógica se saturará justo por encima de los 20 miliamperios. Sin embargo, el comunicador aún podrá leer la presión correcta.

Si no se utiliza la salida del bucle de corriente (es decir, si el transmisor se emplea únicamente como dispositivo digital), lo único que se necesitará será la calibración de la sección de entrada. Si la aplicación utiliza la salida en miliamperios, entonces la sección de salida deberá probarse y calibrarse. Tenga en cuenta que esta lectura es completamente independiente de la salida en miliamperios y, como antes, no tiene nada que ver con los ajustes de intervalo o cero.

## Calibración de la sección de entrada

Se utiliza la misma técnica básica de prueba y ajuste de puntos múltiples, pero con una nueva definición para la salida. Para ejecutar una prueba, utilice un calibrador que permita medir la entrada aplicada, pero lea

la salida asociada (PV) con un comunicador. Los cálculos de error son más simples, puesto que siempre hay una relación lineal entre la entrada y la salida, y ambas se registran en las mismas unidades de ingeniería. Por lo general, la exactitud deseada para esta prueba será la especificación de exactitud del fabricante.

Si la prueba no es exitosa, siga el procedimiento recomendado por el fabricante para ajustar la sección de entrada. Esto recibe el nombre de ajuste del sensor, y suele implicar uno o dos puntos de ajuste. Los transmisores de presión también suelen tener un ajuste de cero, donde el cálculo de entrada se ajusta para leer cero exactamente (y no rangos bajos). No confunda un ajuste con el restablecimiento del rango ni con los procedimientos que impliquen utilizar los botones de intervalo y cero.

## Calibración de la sección de salida

Como antes, se utiliza la misma técnica básica de prueba y ajuste de puntos múltiples, pero con una nueva definición para la entrada. Para ejecutar una prueba, utilice un comunicador a fin de poner el transmisor en un modo de salida de corriente fija. El valor de entrada para la prueba es el valor en mA que se estableció para el transmisor. El valor de salida se obtiene utilizando un calibrador para medir la corriente resultante. Esta prueba también implica una relación lineal entre la entrada y la salida, y ambas se registran en las mismas unidades de ingeniería (miliamperios). La exactitud deseada para esta prueba también debe reflejar la especificación de exactitud del fabricante.

Si la prueba no se realiza correctamente, siga el procedimiento recomendado por el fabricante para ajustar la sección de salida. Esto recibe el nombre de ajuste de 4 a 20 mA, ajuste del bucle de la corriente o ajuste digital a analógico. El procedimiento de ajuste debe requerir dos puntos de ajuste cercanos o

ligeramente fuera del rango de 4 a 20 mA. No confunda esto con el restablecimiento del rango ni con los procedimientos que impliquen utilizar los botones de intervalo y cero.

## Prueba del rendimiento general

Después de calibrar las secciones de entrada y salida, el transmisor HART debe funcionar correctamente. El bloque del centro de la Figura A2 solo necesita computaciones. Por eso, es posible modificar el rango, las unidades y la función de transferencia sin influir en la calibración. Tenga presente que, aunque el instrumento tenga una función de transferencia inusual, solo funcionará en la conversión del valor de entrada a un valor de salida en miliamperios y, por lo tanto, no estará involucrado en la prueba ni en la calibración de las secciones de entrada y salida.

Si desea validar el rendimiento general de un transmisor HART, ejecute una prueba de intervalo y cero, como si de un instrumento convencional se tratase. Sin embargo, como verá en un momento, el éxito de esta prueba no significa que el transmisor funcione correctamente.

## Efecto del amortiguamiento en el rendimiento de la prueba

Muchos instrumentos HART admiten un parámetro llamado amortiguamiento. Si este no se configura en cero, puede tener un efecto adverso sobre las pruebas y los ajustes. El amortiguamiento provoca una demora entre un cambio en la entrada del instrumento y la detección de dicho cambio en el valor digital para la lectura de la entrada del instrumento, y el valor de salida correspondiente del instrumento. Esta demora inducida por la amortiguación puede superar el tiempo de estabilización utilizado en la prueba o la calibración. El tiempo de estabilización es el período que espera la prueba o la calibración entre el establecimiento de la entrada y la

lectura de la salida resultante. Es aconsejable ajustar el valor de amortiguamiento del instrumento en cero antes de realizar pruebas o ajustes. Después de la calibración, asegúrese de volver a colocar la constante de amortiguamiento en su valor requerido.

## Operaciones que NO son calibraciones correctas

### Cambio de rango digital

Existe la creencia errónea de que cambiar el rango de un instrumento HART con un comunicador permite calibrar el instrumento. Recuerde que una verdadera calibración necesita un patrón de referencia, constituido por lo general por uno o varios equipos de calibración, para proporcionar una entrada y medir la salida resultante. Por lo tanto, y ya que un cambio de rango no toma como referencia ningún patrón de calibración externo, se trata realmente de un cambio de configuración y no de una calibración. Tenga en cuenta que, en el diagrama de bloques de un transmisor HART (Figura 2), cambiar el rango solo afecta al segundo bloque. No tendrá ningún efecto sobre la variable del proceso digital registrada por un comunicador.

### Ajuste de intervalo y cero

Utilizar únicamente los ajustes de intervalo y cero para calibrar un transmisor HART (una práctica habitual en los transmisores convencionales) suele degradar las lecturas digitales internas. Quizá no lo haya notado si nunca ha utilizado un comunicador para leer el rango o los datos digitales del proceso. Como se muestra en la Figura 2, hay más de una salida a tener en cuenta. Los valores de la PV digital y de los miliamperios registrados por un comunicador también son salidas, al igual que el bucle de corriente analógico.

Piense en lo que sucede al utilizar los botones externos de intervalo y cero para ajustar un instrumento HART. Suponga que un técnico de instrumentos instala y prueba un transmisor de presión diferencial que fue configurado de fábrica para un rango de 0 a 100 pulgadas de agua. La prueba del transmisor revela que ahora tiene un desplazamiento del cero de 1 pulgada de agua. Por lo tanto, con ambas aberturas purgadas (en cero), su salida es 4,16 mA en vez de 4 mA, y al aplicar 100 pulgadas de agua, la salida es de 20,16 mA en vez de 20 mA. Para corregir esto, purga ambas aberturas y pulsa el botón de puesta a cero en el transmisor. La salida desciende a 4 mA, de modo que aparentemente el ajuste fue satisfactorio.

Pero si ahora comprueba el transmisor con un comunicador, verá que el rango está entre 1 y 101 pulgadas de agua, y que la PV es 1 pulgada de agua en lugar de 0. Los botones de intervalo y cero modificaron el rango (el segundo bloque). Esta es la única manera que tiene el instrumento para tomar medidas bajo estas condiciones, ya que desconoce el valor real de la entrada de referencia. El instrumento solo puede realizar los ajustes internos apropiados con un comando digital que transmite el valor de referencia.

El modo correcto de corregir una condición de desplazamiento del cero es utilizar un ajuste del cero, que modifica el bloque de entrada del instrumento de modo que la PV digital concuerde con el patrón de calibración. Si planea utilizar los valores digitales del proceso para la representación de seguimientos, cálculos estadísticos o control de mantenimiento, debe desactivar los botones de intervalo y cero, y no volver a emplearlos.

### Ajuste de la corriente de bucle

Otra práctica observada entre los técnicos de instrumentos es la de utilizar un comunicador de mano para ajustar el bucle de la corriente de modo que una entrada exacta del instrumento concuerde con algún dispositivo de visualización del bucle. Si está utilizando un comunicador modelo Rosemount, se trata de un "ajuste del bucle de la corriente con otra escala". Lea de nuevo el ejemplo de desplazamiento del cero antes de pulsar el botón de puesta a cero. Suponga que también hay un indicador digital en el bucle que muestra 0,0 a 4 mA y 100 a 20 mA. Durante la prueba, registró 1 con ambas aberturas purgadas y 101 con 100 pulgadas de agua aplicadas. El técnico utiliza el comunicador para realizar un ajuste del bucle de la corriente de modo que la pantalla muestre correctamente 0 y 100, lo que corrige la salida para que sea 4 y 20 mA, respectivamente.

Aunque esto también puede parecer satisfactorio, presenta un problema fundamental. Para empezar, el comunicador mostrará que la PV aún registra 1 y 101 pulgadas de agua en los puntos de prueba, y la lectura digital de la salida en mA todavía registrará 4,16 y 20,16 mA, aunque la salida real sea de 4 y 20 mA. El problema de la calibración en la sección de entrada se ha ocultado introduciendo un error de compensación en la sección de salida, de modo que ninguna de las lecturas digitales concuerda con los patrones de calibración.

Publicado en *Intech*, en mayo de 1996, y también en *HART Book el 8* de julio de 1998. Reimpreso con la autorización del autor.

**Nota sobre la carga de resultados en el PC**

Si está utilizando calibradores 743/744 o 753/754, puede escoger un paquete de software de gestión de instrumentación de la lista:

**Fluke DPC/TRACK2™**



AMS de Emerson Process Management, (anteriormente, Fisher-Rosemount).



**PRM (Plant Resource Manager, Administrador de recursos de planta) de Yokogawa Electric Corporation.**

**Prime Technologies**



**Process/Track de On Time Support**

Todas las marcas registradas son propiedad de sus respectivos titulares.

**Información para pedidos**

**Calibrador para documentación de procesos FLUKE 753  
Calibrador para documentación de procesos HART FLUKE-754**

Entre los accesorios estándar se incluyen: tres juegos de cables de prueba apilables, tres juegos de sondas de prueba TP220 con tres juegos de pinzas de conexión alargadas, dos juegos de ganchos tipo clip AC280, batería de iones de litio BP7240, cargador de baterías BC7240, maletín blando C799, cable de comunicaciones USB, guía de introducción, manual de instrucciones en CD-ROM, certificado de calibración con trazabilidad NIST, software de prueba DPC/TRACK 2 que permite cargar e imprimir los registros de calibración y tres años de garantía. El modelo Fluke-754 cuenta con un cable de comunicaciones HART.

**Software DPC/TRACK 2 de FLUKE-750SW**

El software DPC/TRACK incluye lo siguiente: el programa, un manual de instrucciones y un cable USB.

**Módulos de presión FLUKE-700 Pxx**

El módulo de presión Fluke incluye lo siguiente: adaptadores BP-ISO (excepto con P29-P31), hoja de instrucciones, informe de calibración de trazabilidad NIST y datos, y un año de garantía.

**Accesorios**

- Fluke-700PMP** Bomba de presión; 100 psi/7 bares
- Fluke-700LTP-1** Bomba de prueba de baja presión
- Fluke-700PTP-1** Bomba neumática de prueba; 600 psi/40 bares
- Fluke-700HTP-1** Bomba hidráulica de prueba; 10.000 psi/700 bares
- Fluke-700HTH-1** Manguera hidráulica de prueba
- Fluke-700PRV-1** Kit de válvula de seguridad de presión para HTP
- Fluke-700-IV** Derivación de corriente (para aplicaciones mA/mA)
- Fluke-700PCK** Kit de calibración de presión
- Fluke-700BCW** Lápiz lector de código de barras
- Fluke-700TC1** Kit de miniconexión TC, 9 tipos
- Fluke-700TC2** Kit de miniconexión TC, JKTERS
- Fluke-700TLK** Kit de cables de pruebas de proceso
- 754HCC** Cable de comunicaciones de instrumentos inteligentes
- BC7240** Cargador de batería
- BP7240** Pack de baterías de iones de litio
- C700** Estuche duro de transporte
- C781** Estuche flexible de transporte
- C799** Estuche flexible de campo



**Fluke. Manteniendo su mundo en marcha.®**

**Fluke Corporation**  
PO Box 9090, Everett, WA 98206 EE.UU.  
Fluke Europe B.V.  
PO Box 1186, 5602 BD  
Eindhoven, Países Bajos

**Si desea obtener más información, llame a los siguientes números de teléfono:**  
En EE. UU. (800) 443-5853 o Fax (425) 446-5116  
En Europa/Oriente Próximo/África +31 (0) 40 2675 200 o Fax +31 (0) 40 2675 222  
En Canadá (800)-36-FLUKE o Fax (905) 890-6866  
Desde otros países +1 (425) 446-5500 o Fax +1 (425) 446-5116  
Página Web: <http://www.fluke.com>

©2004-2011 Fluke Corporation. Especificaciones sujetas a cambios sin previo aviso. Impreso en Estados Unidos. 11/2011 3950653H A-ES-N

No está permitida la modificación del presente documento sin una autorización escrita de Fluke Corporation.