



MANUAL DE OPERACIÓN

Medidor de Flujo Electromagnético

Serie TEM82E

Medición de líquidos conductivos por inducción electromagnética

Agua y agua residual · Industria química · Alimentos · Generación eléctrica · Agricultura



Comercializadora Tecnométrica, S.A. de C.V.

Instrumentación industrial y científica de medición

www.tecnometrica.com.mx

Documento de referencia técnica para el usuario final

Contenido

1. Descripción general.....	5
1.1 Presentación.....	5
1.2 Alcance de este documento.....	5
1.3 Principio de operación.....	5
1.4 Características.....	6
1.5 Aplicaciones.....	6
1.6 Configuraciones disponibles.....	6
2. Seguridad	7
2.1 Instrucciones generales.....	7
2.2 Advertencia sobre las tapas del equipo	7
2.3 Precauciones eléctricas.....	7
2.4 Protección ambiental del equipo	8
3. Marco normativo y validez metrológica	8
3.1 Exactitud declarada	8
3.2 Trazabilidad de la calibración de fábrica.....	8
4. Especificaciones técnicas.....	8
5. Rangos de caudal y tamaños	9
6. Selección de materiales.....	10
6.1 Materiales de recubrimiento	10
6.2 Materiales de electrodo	10
6.3 Criterios de selección	11
7. Dimensiones del sensor bridado	11
8. Sensor de inserción.....	12
8.1 Componentes	13
8.2 Profundidad de inserción.....	14
9. Instalación	15
9.1 Posición de montaje	15
<i>Evitar burbujas de aire</i>	<i>15</i>
<i>Orientación de los electrodos</i>	<i>15</i>
9.2 Tramos rectos.....	16
9.3 Empaques.....	17
9.4 Orientación del tubo de medición.....	17
9.5 Dirección de flujo	19
9.6 Puesta a tierra	19
10. Unidad transmisora y conexonado.....	22
10.1 Bornera del convertidor integral	22
10.2 Bornera del convertidor remoto.....	24
10.3 Conexión de la alimentación	25
10.4 Conexión de las salidas.....	26
11. Operación del convertidor.....	27
11.1 Pantalla principal	27

11.2 Teclado	28
11.3 Estructura de menús.....	28
12. Menú de configuración de caudal.....	29
12.1 Rango de caudal.....	29
12.2 Corte por caudal bajo	30
12.3 Alarmas de caudal.....	30
12.4 Tiempo de amortiguamiento.....	30
12.5 Sentido de flujo e indicación.....	30
13. Menú de configuración del totalizador	31
14. Menú de calibración.....	31
14.1 Calibración de la salida de corriente	31
14.2 Calibración de cero.....	31
15. Menú de configuración de salida de pulso	32
15.1 Modo de frecuencia	32
15.2 Modo de pulso por volumen	32
15.3 Ancho y nivel de pulso.....	32
16. Menú de configuración de comunicación	33
17. Menú de configuración de fábrica	33
17.1 Tamaño del sensor	34
17.2 Coeficiente del sensor (Sensor K).....	34
17.3 Detección de tubería vacía.....	34
17.4 Linealización	35
<i>Reglas de captura de los puntos</i>	<i>35</i>
<i>Tabla de puntos de compensación</i>	<i>35</i>
17.5 Procedimiento de corrección	35
<i>Cálculo del coeficiente de compensación.....</i>	<i>36</i>
<i>Ejemplo de la documentación de origen.....</i>	<i>36</i>
17.6 Densidad del medio	36
18. Menú de parámetros de energía térmica.....	37
19. Solución de problemas.....	37
19.1 Sin despliegue en pantalla	37
19.2 Alarma de excitación	37
19.3 Alarma de tubería vacía	37
19.4 Medición incorrecta de caudal.....	38
19.5 Diagnóstico complementario	38
20. Mantenimiento.....	38
20.1 Rutina de mantenimiento.....	38
20.2 Limpieza de electrodos.....	39
20.3 Registro recomendado	39
21. Alcance de la medición.....	39
21.1 Para qué es adecuado el equipo.....	39
21.2 Consideraciones sobre su uso	40
22. Soporte técnico	40

Anexo A. Formato de verificación y linealización en campo	41
A.1 Datos del equipo	41
A.2 Corrida de verificación	41
<i>Fórmulas de cálculo</i>	41
A.3 Tabla de compensación a cargar.....	41
Anexo B. Lista de verificación de puesta en marcha	43
B.1 Antes de instalar.....	43
B.2 Instalación	43
B.3 Conexionado	43
B.4 Configuración	43
B.5 Registro de línea base	44

1. Descripción general

1.1 Presentación

Los medidores de flujo electromagnéticos operan conforme a la ley de Faraday de la inducción electromagnética. Permiten medir con exactitud el caudal de líquidos que son eléctricamente conductivos, cáusticos, y de líquidos mezclados con sólidos. Se emplean de manera extendida en las industrias petrolera, química, farmacéutica, papelera, de generación eléctrica y de protección ambiental.

1.2 Alcance de este documento

Las secciones 1, 4 a 8, y 10 a 19 corresponden a las especificaciones, la instalación, el conexionado, la configuración y el diagnóstico del equipo. Las secciones 2, 3, 20 y 21 incluyen las instrucciones de seguridad, el marco normativo, el mantenimiento y el alcance de medición desarrollados por Tecnométrica como apoyo técnico al usuario. Los anexos A y B son material de trabajo para la calibración en campo y la puesta en marcha.

Antes de iniciar

- Lea la sección 2 antes de definir el punto de instalación. El equipo no debe montarse en áreas clasificadas como peligrosas por atmósfera explosiva.
- Confirme que el líquido a medir tiene una conductividad superior a 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Por debajo de ese valor el principio de medición no es aplicable.
- Verifique la compatibilidad del recubrimiento y del electrodo con el fluido, conforme a la sección 6.
- Confirme que el punto de instalación permite los tramos rectos requeridos y que la tubería permanecerá llena en todo momento.
- La puesta a tierra del sensor es determinante para la exactitud de la medición. No omita la sección 9.5.

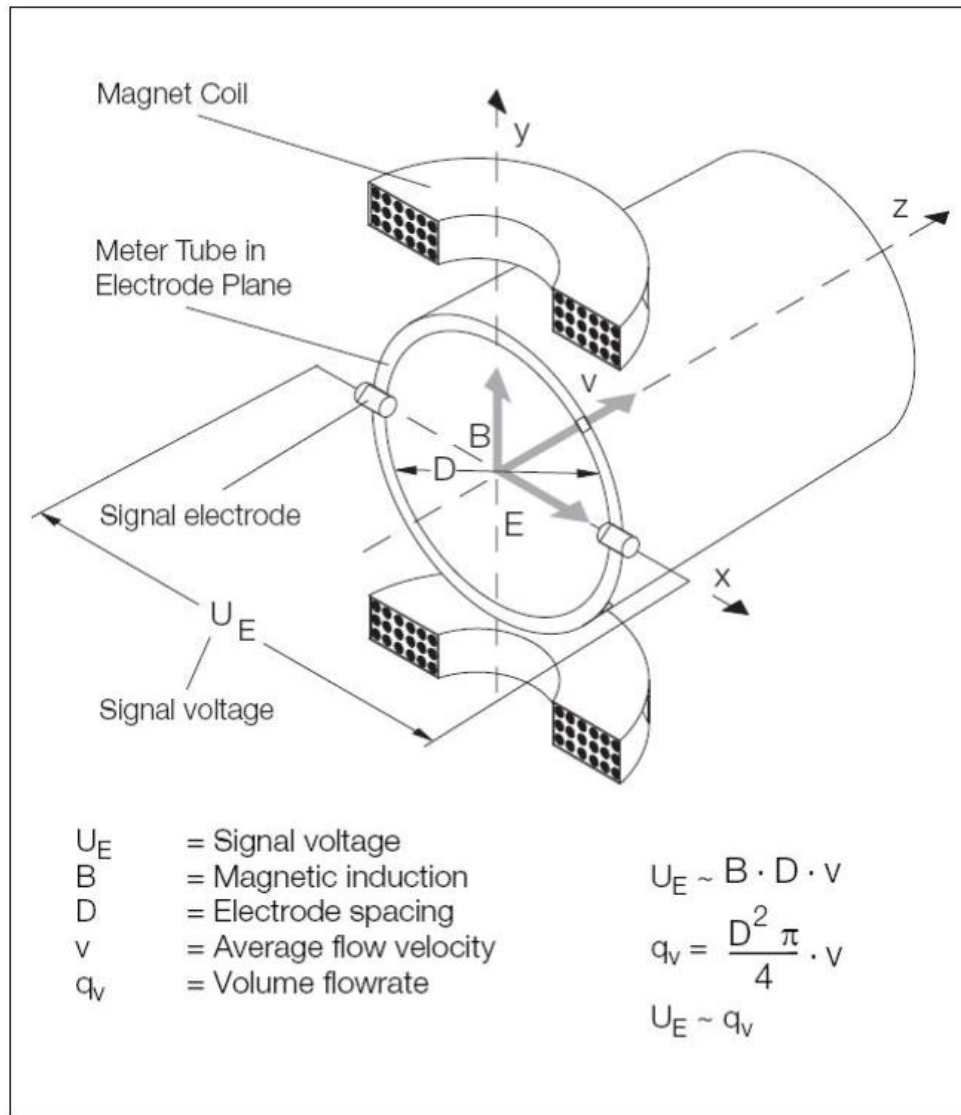
1.3 Principio de operación

La ley de inducción de Faraday constituye la base de los medidores electromagnéticos. Establece que se induce una tensión en un conductor cuando este se desplaza a través de un campo magnético.

Este principio se aplica a un fluido conductivo que circula a través de un campo magnético generado de manera perpendicular a la dirección del flujo. La tensión inducida en el fluido se mide en dos electrodos instalados en posiciones diametralmente opuestas.

La tensión de señal UE es proporcional a la inducción magnética B, al espaciamiento entre electrodos D y a la velocidad media del flujo v. Dado que la inducción magnética B y el espaciamiento D son constantes, existe una relación de proporcionalidad entre la tensión de señal UE y la velocidad media del flujo v. La ecuación del flujo volumétrico muestra que la tensión de señal UE es lineal y proporcional al caudal volumétrico. La tensión de señal inducida se procesa en el convertidor y se traduce en señales analógicas y digitales escaladas.

Símbolo	Magnitud	Relación
UE	Tensión de señal	$UE = B \cdot D \cdot v$
B	Inducción magnética	$qv = (D^2 \pi / 4) \cdot v$
D	Espaciamiento entre electrodos	UE proporcional a qv
v	Velocidad media del flujo	—
qv	Caudal volumétrico	—



1.4 Características

- Sin partes móviles y prácticamente sin pérdida de presión.
- Protección contra corrosión y resistencia a la abrasión.
- Alta exactitud y desempeño estable.
- Alto nivel de inmunidad a la vibración y a la interferencia, con amplio intervalo de medición.
- Interfaz de salida múltiple: 4 a 20 mA, pulso, HART o RS-485.

1.5 Aplicaciones

- Agua y agua residual
- Industria química
- Industria alimentaria
- Ingeniería de generación eléctrica
- Agricultura
- Industria de efluentes

1.6 Configuraciones disponibles

Configuración	Descripción	Consideración
Sensor bridado	El tubo de medición completo se instala en línea entre bridas. Es la configuración de mayor exactitud, ya que el campo magnético abarca toda la sección de la tubería.	Requiere cortar la tubería e instalar contrabridas. Consulte la tabla de dimensiones de la sección 7.
Sensor de inserción	El elemento de medición se introduce en la tubería a través de una base de montaje soldada. Mide la velocidad local y la escala al área de la tubería.	Instalación de menor costo en diámetros grandes, pero de menor exactitud que el sensor bridado. Consulte la sección 8.
Convertidor integral	El convertidor se monta directamente sobre el sensor.	Requiere acceso físico al punto de instalación para leer y configurar.
Convertidor remoto	El convertidor se monta separado del sensor y se conecta mediante cable de señal y de excitación.	Indicado cuando el sensor queda en registro, sumergido, o en un punto de difícil acceso o alta temperatura.

2. Seguridad

Restricción de área clasificada

El convertidor y el medidor de flujo NO DEBEN montarse en áreas clasificadas como peligrosas por presencia de atmósfera explosiva.

Esta restricción es absoluta y no admite excepción mediante cerramientos, purgas ni barreras añadidas en campo.

Si su aplicación se encuentra en un área clasificada, no instale este equipo. Contacte a Tecnométrica para revisar una alternativa con la certificación correspondiente.

2.1 Instrucciones generales

- Lea este manual con cuidado antes de utilizar el producto.
- Conserve este manual para referencia futura. No se asume responsabilidad por daños derivados del uso indebido del producto o de sus accesorios.
- Despresurice y drene la línea antes de intervenir el equipo.
- No exceda la presión nominal correspondiente al diámetro del equipo, conforme a la tabla de dimensiones de la sección 7.
- Verifique que la temperatura del fluido se encuentre dentro del rango del recubrimiento instalado, conforme a la sección 4.
- En los diámetros grandes el peso del equipo requiere soportes independientes de la tubería.

2.2 Advertencia sobre las tapas del equipo

Tapas y cubiertas removibles

Cuando el equipo cuenta con tapas removibles, mantenga la tapa instalada salvo que un módulo accesorio especifique su retiro.

No retire las tapas mientras el equipo está energizado. Hacerlo puede provocar choque eléctrico y riesgo de explosión.

2.3 Precauciones eléctricas

- Verifique la tensión de alimentación antes de energizar. El equipo admite 85 a 265 V CA, o bien 18 a 36 V CD, según el modelo y el cableado.
- Nunca conecte alimentación de corriente alterna a las borneras de corriente directa ni viceversa.

- Conecte la tierra de protección del equipo conforme a los códigos eléctricos nacionales y locales. Omitirlo compromete la protección que ofrece el equipo.
- Instale el cableado de señal y de comunicación separado de los conductores de potencia, para reducir el acoplamiento de ruido eléctrico.
- Evite la instalación cerca de equipos que producen interferencia eléctrica, como motores eléctricos, transformadores y variadores de frecuencia.
- La resistencia de carga del lazo de 4 a 20 mA debe ser menor o igual a 500 ohm.
- Para las salidas de alarma, se recomienda emplear un relevador intermedio de 24 V CD. La corriente de carga debe ser menor o igual a 30 mA.

2.4 Protección ambiental del equipo

- Cuando el equipo se instale en exterior, tome precauciones contra la exposición directa al sol y a la lluvia.
- Instale el equipo con espacio suficiente para el acceso futuro con fines de mantenimiento.
- Asegure que la caja de bornes quede montada por encima de la tubería, para evitar el ingreso de agua.

3. Marco normativo y validez metrológica

Esta sección precisa el alcance metrológico del equipo. Su lectura es indispensable antes de ofertarlo en una licitación o de destinarlo a facturación.

3.1 Exactitud declarada

Concepto	Valor declarado
Exactitud de medición	$\pm 0.25 \%$, o $\pm 0.5 \%$ según se solicite (estándar $\pm 0.5 \%$).
Norma de fabricación declarada	No declarada en la documentación de origen
Certificación metrológica declarada	No declarada en la documentación de origen

3.2 Trazabilidad de la calibración de fábrica

El coeficiente del sensor y el valor de cero se determinan durante la calibración real de caudal en fábrica, y se imprimen en la placa de datos del equipo.

Conserve el registro de estos dos valores. Constituyen la referencia contra la cual se verifica si el equipo ha sido reconfigurado, y son el primer punto de revisión ante una lectura desviada, conforme a la sección 19.

4. Especificaciones técnicas

Parámetro	Especificación
Diámetro nominal	6 a 2800 mm (0.2 a 110 pulgadas)
Presión de trabajo	0.6, 1.0, 1.6, 2.5, 4.0, 6.4, 10, 16 y 25 MPa según configuración
Exactitud	$\pm 0.25 \%$, o $\pm 0.5 \%$ según se solicite
Conductividad mínima del fluido	Mayor a 5 $\mu\text{S/cm}$
Material de electrodo	Acero inoxidable 316L, Hastelloy (HB y HC), tantalio, titanio, platino y carburo de tungsteno
Material de recubrimiento (liner)	Hule, PTFE, FEP y PU
Temperatura del fluido	Recubrimiento de hule: 0 a 70 °C Recubrimiento FEP: -20 a 180 °C

Parámetro	Especificación
	Recubrimiento PTFE: -40 a 180 °C
Temperatura ambiente	-30 a 60 °C (-22 a 140 °F)
Humedad relativa	Menor o igual a 90 % HR
Salida de corriente	4 a 20 mA. Resistencia de carga menor o igual a 500 ohm
Salida de frecuencia	0 a 10 kHz
Salida de pulso	De 0.001 a 1000 litros por pulso
Salidas de alarma	Alarma de caudal alto y alarma de caudal bajo. Corriente de carga menor o igual a 30 mA
Protocolos de comunicación	RS-485 y HART
Alimentación	85 a 265 V CA, o 18 a 36 V CD
Consumo	Menor a 10 W en corriente alterna. Menor a 7.5 W en corriente directa
Entradas de temperatura	Dos entradas para sonda PT1000 o PT100, para las temperaturas T1 y T2
Área de instalación	No apto para áreas clasificadas por atmósfera explosiva

Para diámetros superiores a DN1800 solicite confirmación.

5. Rangos de caudal y tamaños

La tabla siguiente define el rango de caudal de cada diámetro nominal. El límite inferior corresponde aproximadamente a una velocidad de 0.05 m/s y el límite superior a una velocidad de 12 m/s.

La selección del diámetro debe hacerse sobre el caudal real de operación, no sobre el diámetro de la tubería existente. El intervalo de velocidad recomendado para servicio continuo es de 1 a 5 m/s: por debajo de 0.5 m/s el error relativo crece, y por encima de 6 m/s se acelera el desgaste del recubrimiento en fluidos abrasivos.

Diámetro mm (pulg)	Caudal mínimo m³/h	Caudal máximo m³/h
10 (0.4)	0.014	3.39
15 (0.6)	0.03	7.6
20 (0.8)	0.06	13.56
25 (1)	0.09	21.19
40 (1.6)	0.23	54.25
50 (2)	0.35	84.78
65 (2.5)	0.6	143
80 (3)	0.90	217
100 (4)	1.41	339
125 (4.9)	2.21	529
150 (6)	3.18	763
200 (8)	5.65	1356
250 (10)	8.83	2119
300 (12)	12.7	3052
350 (14)	17.3	4154
400 (16)	22.6	5425
450 (18)	28.6	6867

Diámetro mm (pulg)	Caudal mínimo m³/h	Caudal máximo m³/h
500 (20)	35.3	8478
600 (24)	51	12208
700 (28)	69	16616
800 (31)	90	21703
900 (35)	114	27468
1000 (39)	141	33912
1200 (47)	203	48833
1400 (55)	277	66467
1600 (63)	361	86814
1800 (71)	457	109874

6. Selección de materiales

La selección del recubrimiento y del electrodo es la decisión técnica que más determina la vida útil del equipo. Un recubrimiento inadecuado falla por ataque químico o por abrasión; un electrodo inadecuado se pasiva o se corroe y produce deriva de lectura antes de fallar por completo.

6.1 Materiales de recubrimiento

Recubrimiento	Características generales
PFA	Altamente resistente a agentes químicos. Excelente capacidad de temperatura elevada.
PTFE	Altamente resistente a agentes químicos. Excelente capacidad de temperatura elevada.
Hule	Resistencia a la abrasión. Amplio campo de aplicaciones.

Conforme a las especificaciones de la sección 4, también se declaran disponibles los recubrimientos FEP y PU, que la tabla anterior no describe. Confirme la disponibilidad con Tecnométrica.

6.2 Materiales de electrodo

Electrodo	Características generales
Acero inoxidable 316L	Buena resistencia a la corrosión. Buena resistencia a la abrasión. No recomendado para ácido sulfúrico ni ácido clorhídrico.
Hastelloy	Mejor resistencia a la corrosión. Alta resistencia mecánica. Adecuado en aplicaciones con lodos. Efectivo en fluidos oxidantes.
Tantalio	Mejor resistencia química. No recomendado para ácido fluosilícico, ácido fluorhídrico ni hidróxido de sodio.
Titanio	Mejor resistencia química. Mejor resistencia a la abrasión. Adecuado para aplicaciones con agua de mar. No recomendado para ácido fluorhídrico ni ácido sulfúrico.

Conforme a las especificaciones de la sección 4, también se declaran disponibles los electrodos de platino y de carburo de tungsteno, que la tabla anterior no describe.

6.3 Criterios de selección

Condición del servicio	Orientación de selección
Agua potable, agua residual y efluentes	Recubrimiento de hule por resistencia a la abrasión, con electrodo de acero inoxidable 316L. Es la combinación de menor costo y la habitual en servicio municipal.
Lodos y fluidos abrasivos	Recubrimiento de hule y electrodo de Hastelloy. Verifique además la velocidad de operación: por encima de 6 m/s el desgaste del recubrimiento se acelera.
Ácidos y fluidos agresivos	Recubrimiento de PTFE o PFA. El electrodo debe seleccionarse contra el ácido específico: el 316L no aplica para sulfúrico ni clorhídrico, y el titanio no aplica para sulfúrico ni fluorhídrico.
Agua de mar y salmueras	Electrodo de titanio.
Fluidos oxidantes	Electrodo de Hastelloy.
Temperatura elevada	Recubrimiento de PTFE o FEP. El recubrimiento de hule está limitado a 70 °C.

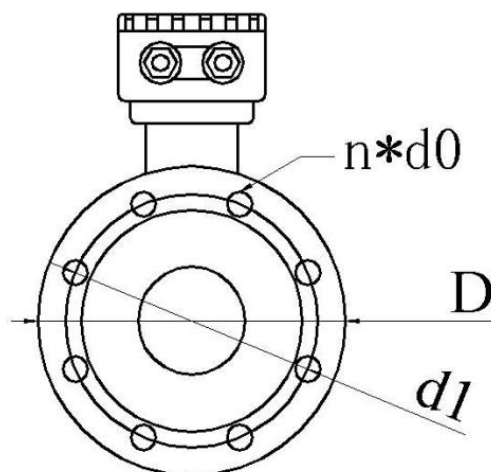
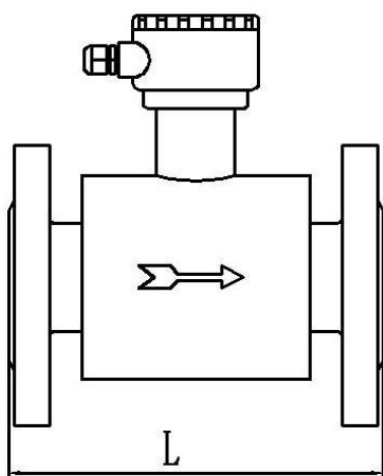
Límites del principio de medición

La conductividad del fluido debe ser mayor a 5 $\mu\text{S/cm}$. Ningún medidor electromagnético mide hidrocarburos, aceites, gases ni agua desmineralizada de alta pureza, independientemente del material seleccionado.

Las tablas anteriores son una guía general y no sustituyen la verificación de compatibilidad para la formulación específica del fluido. Concentración, temperatura y contaminantes modifican el comportamiento.

Consulte la hoja de datos de seguridad del producto y la tabla de compatibilidad química correspondiente. Tecnométrica puede apoyarle en esta verificación.

7. Dimensiones del sensor bridado



DN mm	L con PTFE	L con hule, PFA o FEP	D	d1	n × d0	Presión MPa
10	193	—	90	60	4 × 14	1.6
15	193	—	95	65	4 × 14	1.6
20	193	—	105	75	4 × 14	1.6
25	193	—	115	85	4 × 14	1.6
32	193	—	135	100	4 × 18	1.6
40	193	200	145	110	4 × 18	1.6
50	193	200	160	125	4 × 18	1.6
65	243	250	180	145	4 × 18	1.6
80	244	250	195	160	8 × 18	1.6
100	244	250	215	180	8 × 18	1.6
125	244	250	245	210	8 × 18	1.6
150	290	300	280	240	8 × 23	1.6
200	341	350	335	295	12 × 23	1.6
250	441	450	405	355	12 × 26	1.6
300	490	500	460	400	12 × 26	1.6
350	490	500	500	460	16 × 23	1.0
400	490	500	565	515	16 × 26	1.0
450	540	550	615	565	20 × 26	1.0
500	540	550	670	620	20 × 26	1.0
600	590	600	755	705	20 × 25	0.6
700	690	700	860	810	24 × 25	0.6
800	790	800	975	920	24 × 30	0.6
900	890	900	1075	1020	24 × 30	0.6
1000	990	1000	1175	1120	28 × 30	0.6
1200	1190	1200	1400	1340	32 × 34	0.6
1400	1390	1400	1620	1560	36 × 34	0.6
1600	1590	1600	1820	1760	40 × 34	0.6
1800	1790	1800	2046	1970	44 × 41	0.6
2000	1990	2000	2265	2180	48 × 48	0.6
2200	2190	2200	2475	2390	52 × 48	0.6

Cota	Significado
L	Longitud entre caras de brida. Depende del recubrimiento seleccionado.
D	Diámetro exterior de la brida.
d1	Diámetro del círculo de barrenos.
n × d0	Cantidad de barrenos por su diámetro.

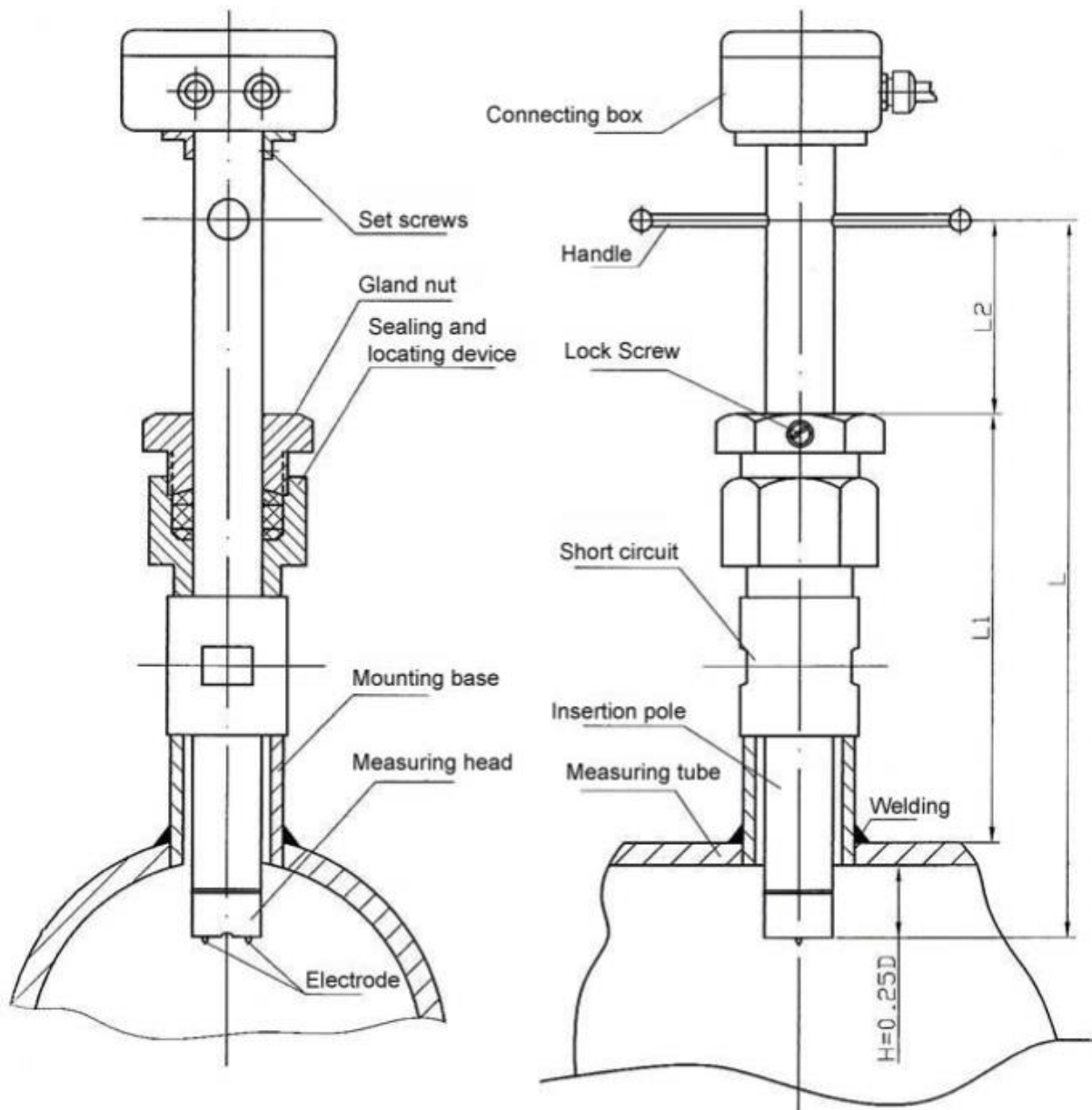
Dimensiones en milímetros. La presión nominal disminuye con el diámetro: 1.6 MPa hasta DN300, 1.0 MPa de DN350 a DN500, y 0.6 MPa de DN600 a DN2200. Los diámetros DN10 a DN32 no ofrecen la opción de recubrimiento de hule, PFA ni FEP. Confirme el estándar de barrenado de la brida con Tecnométrica antes de fabricar las contrabridas, ya que la tabla no lo declara de manera explícita.

8. Sensor de inserción

El sensor de inserción se integra principalmente por la cabeza de medición o tubo de medición, el sistema de excitación, la barra de inserción, la caja de conexión, la base de montaje, y el dispositivo de sellado y posicionamiento.

8.1 Componentes

Componente	Descripción
Cabeza de medición (o tubo de medición)	Se emplea para medir la velocidad del fluido. Está fabricada de materiales aislantes y equipada con un par de electrodos. Salvo la pared interior de la cabeza o del tubo, las demás partes están aisladas del fluido medido.
Sistema de excitación	Está constituido por las bobinas de excitación y un núcleo de hierro, y se emplea para producir el campo magnético. Está sellado y aislado de la barra de inserción.
Barra de inserción	Fabricada de acero inoxidable. La cabeza de medición se fija dentro de la barra de inserción. Los conductores de excitación y de electrodo pasan a través de la barra, sellados respecto del medio medido, y se conectan a la caja de conexión. Un brazo indicador de orientación está soldado a la barra de inserción, para asegurar que el campo magnético, la velocidad del flujo y el alambre del electrodo queden perpendiculares entre sí durante la instalación, conforme a la ley de Faraday.
Caja de conexión	Se ubica por encima del transductor. El conector interior de la caja de conexión se emplea para unir el transductor con el convertidor.
Base de montaje	Se suelda a la tubería medida y se emplea para instalar la parte que conecta la válvula de bola con el transductor.
Dispositivo de sellado	Está compuesto por la base de rosca de compresión, la tuerca prensaestopa, la arandela de hule y el tornillo de posicionamiento. Se emplea para sellar el transductor electromagnético, de modo que pueda soportar la presión de operación.



Without ball valve

8.2 Profundidad de inserción

La documentación de origen indica la cota H igual a $0.25 D$, donde D es el diámetro de la tubería. Esta profundidad sitúa la cabeza de medición en el punto de velocidad media del perfil de flujo desarrollado.

Consideraciones críticas del sensor de inserción

La profundidad de inserción determina de manera directa el resultado de la medición. Un error de posicionamiento se traduce en error de medición permanente, ya que el equipo mide la velocidad local y la escala al área de la tubería.

El brazo indicador de orientación debe quedar alineado con el eje de la tubería, de modo que el plano de los electrodos quede perpendicular al campo magnético y a la dirección del flujo.

El sensor de inserción exige un perfil de flujo desarrollado. Los requisitos de tramo recto de la sección 9.2 son más críticos en esta configuración que en el sensor bridado.

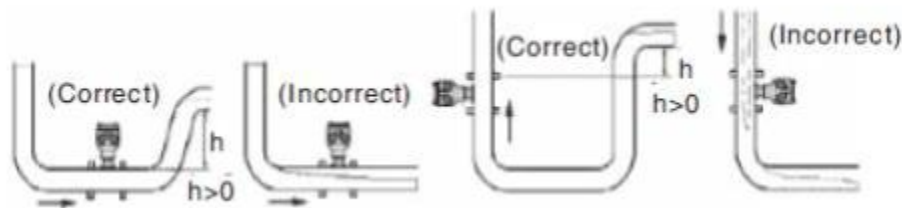
El sensor de inserción no es la configuración indicada cuando se requiere la mayor exactitud posible o cuando la medición tendrá validez ante un tercero. Para esos casos utilice el sensor bridado.

La documentación de origen presenta el mismo diagrama de instalación sin válvula de bola en dos páginas consecutivas, y refiere una configuración con válvula de bola que no está desarrollada. Si su aplicación requiere extracción del sensor bajo presión, solicite a Tecnométrica el detalle de la configuración con válvula de bola.

9. Instalación

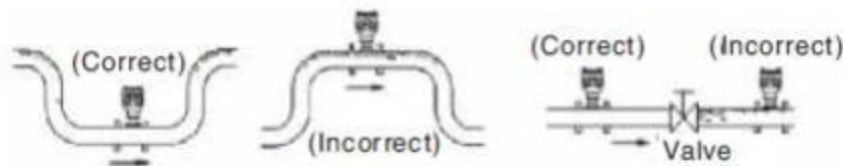
9.1 Posición de montaje

La tubería debe estar completamente llena de líquido. Es indispensable que la tubería permanezca llena en todo momento; de lo contrario la indicación de caudal se ve afectada y se producen errores de medición.



Evitar burbujas de aire

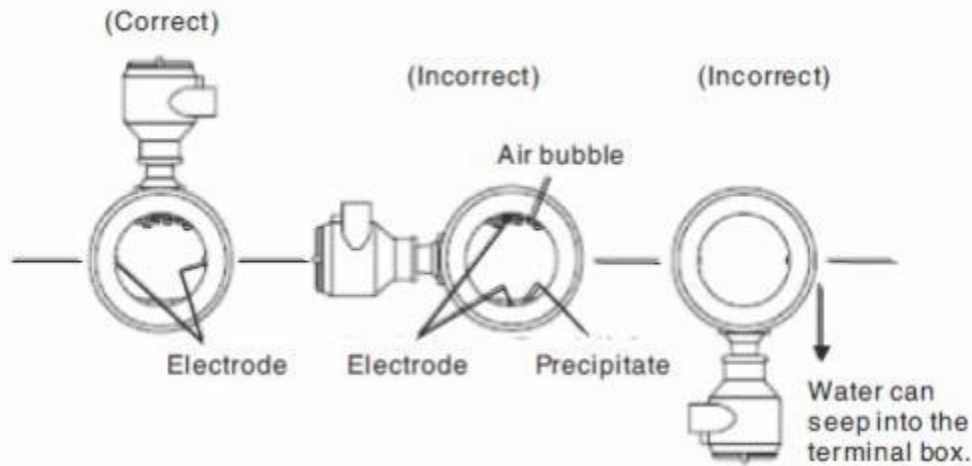
Evite las burbujas de aire. Si ingresan burbujas de aire al tubo de medición, la indicación de caudal se ve afectada y se producen errores de medición.



Orientación de los electrodos

Si los electrodos quedan en posición vertical respecto del piso, las burbujas de aire cercanas a la parte superior o los precipitados acumulados en el fondo pueden causar error de medición. Asegure además que la caja de bornes quede montada por encima de la tubería, para evitar el ingreso de agua.

El eje de los electrodos debe quedar en el plano horizontal. Es el punto de instalación que con mayor frecuencia se omite en campo y el que produce error de medición aparentemente inexplicable.



9.2 Tramos rectos

Para un desempeño óptimo de exactitud se requiere proporcionar tramos rectos de tubería suficientes a la entrada y a la salida. La documentación de origen declara en el texto un requisito equivalente a 3 diámetros de tramo recto del lado de entrada y 2 diámetros del lado de salida. No existen requisitos especiales para reductores concéntricos estándar.

Accesorio aguas arriba	Tramo recto aguas arriba	Tramo recto aguas abajo
Válvula de compuerta completamente abierta	5D o más	2D o más
Tubo reductor (reducción concéntrica)	0 admisible	0 admisible
Tubo expensor (ampliación)	10D o más	2D o más
Te	5D o más	0 admisible
Codo de 90 grados	5D o más	0 admisible
Válvulas diversas	10D o más	2D o más

Discrepancia en el requisito de tramo recto

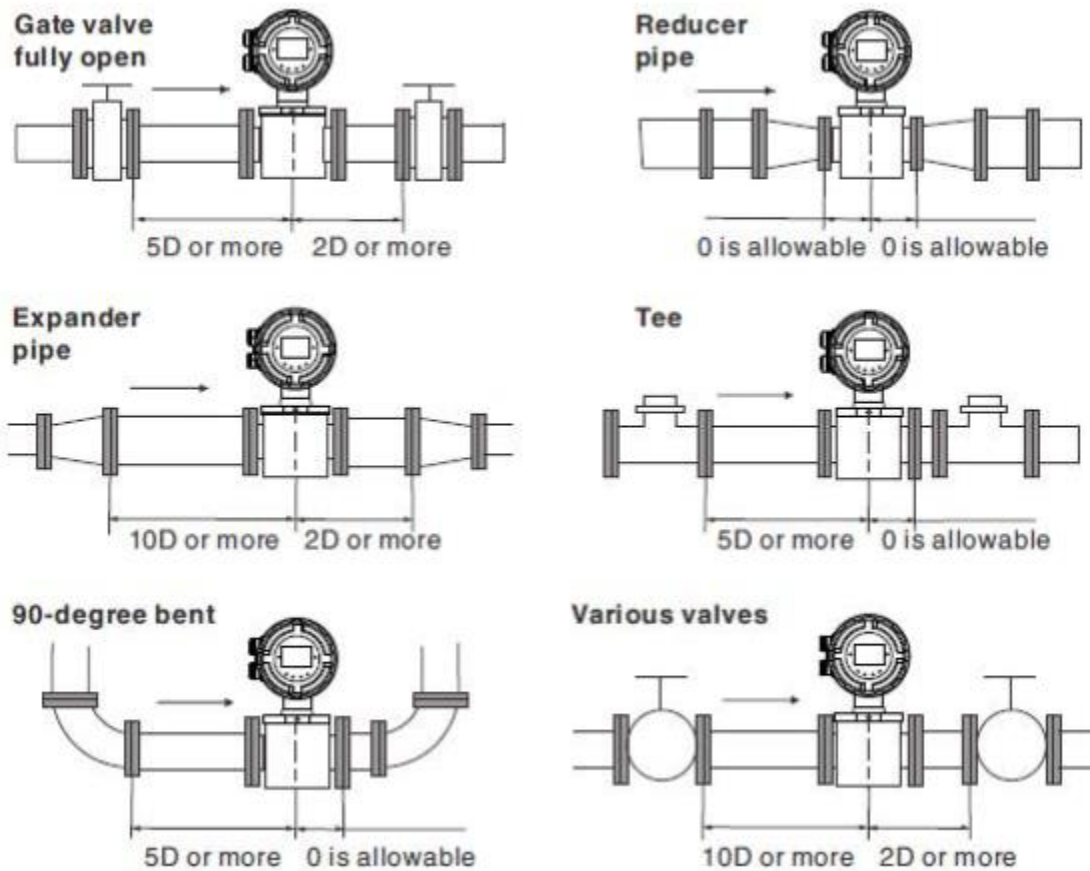
La documentación de origen presenta dos criterios distintos: el texto declara 3D aguas arriba y 2D aguas abajo, mientras que la tabla de accesorios exige entre 5D y 10D aguas arriba según el accesorio.

Tecnométrica recomienda dimensionar la instalación conforme al criterio de la tabla de accesorios, que es el conservador y el que corresponde al accesorio real presente en la línea.

El criterio de 3D del texto no debe emplearse como argumento comercial para reducir el tramo recto sin confirmación escrita del fabricante.

En la configuración de sensor de inserción, aplique en todos los casos el criterio de la tabla de accesorios. La medición de velocidad local es más sensible al perfil de flujo distorsionado que la del sensor bridado.

- Evite todas las ubicaciones de tubería donde el flujo sea pulsante, como el lado de descarga de bombas de pistón o de diafragma.
- Evite las ubicaciones cercanas a equipos que producen interferencia eléctrica, como motores eléctricos, transformadores y variadores de frecuencia.
- Instale el equipo con espacio suficiente para el acceso futuro con fines de mantenimiento.



9.3 Empaques

Empaques de instalación

El recubrimiento aislante del medidor electromagnético, sea de PTFE o de hule, no está previsto para funcionar como material de empaque.

Deben instalarse empaques estándar, que no se suministran con el equipo, para asegurar un sello hidráulico adecuado.

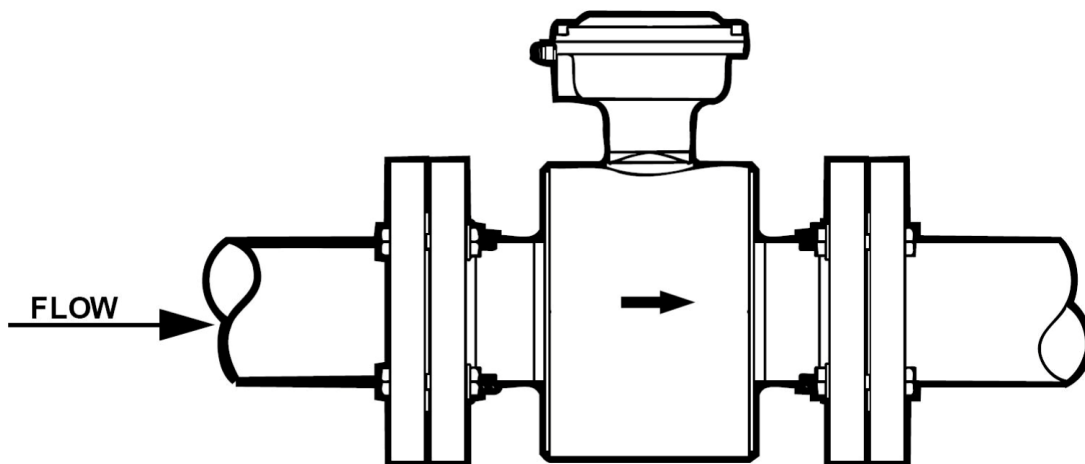
Al instalar los empaques, verifique que queden correctamente centrados, para evitar restricción del flujo o turbulencia.

No utilice grafito ni ningún compuesto de sellado eléctricamente conductivo para retener los empaques en su posición durante la instalación. Hacerlo afecta la exactitud de la lectura de la señal de medición.

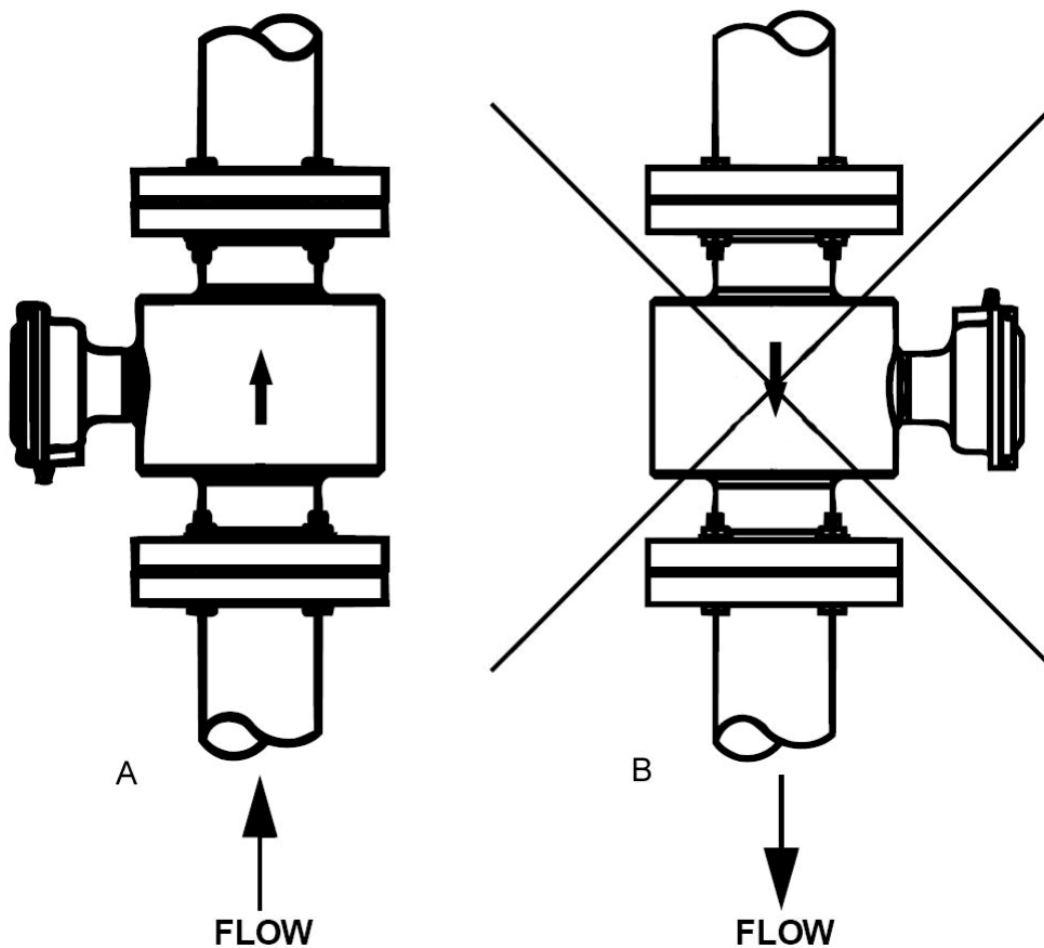
9.4 Orientación del tubo de medición

El tubo de medición debe instalarse en una posición que asegure que permanezca lleno durante la operación. Las posiciones horizontal o inclinada son las preferidas. Las orientaciones descritas a continuación aseguran que los electrodos queden en el plano óptimo para minimizar el efecto del gas atrapado.

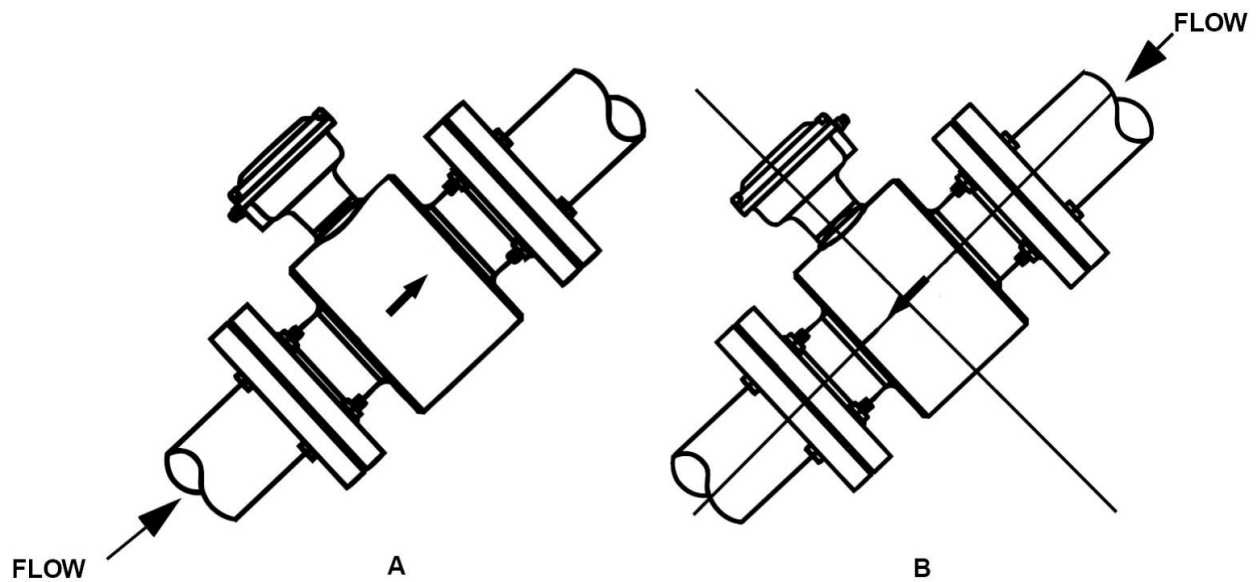
Evite los flujos descendentes en los que la contrapresión no asegura que el tubo de medición permanezca lleno en todo momento.



Orientación Horizontal



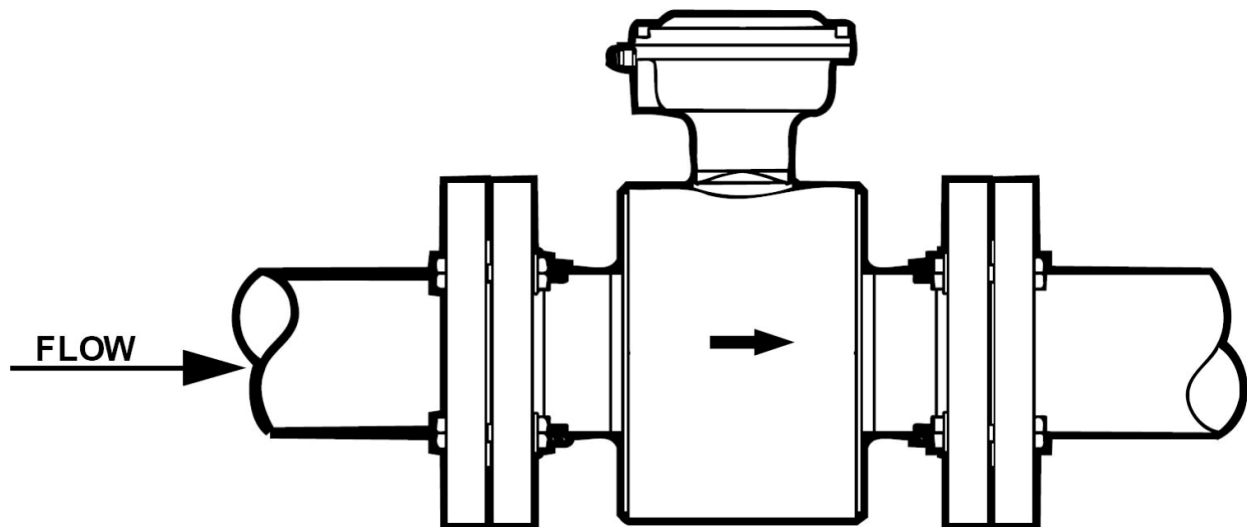
Orientación Vertical



Orientación Inclínada o Declínada

9.5 Dirección de flujo

El tubo de medición debe montarse de modo que el extremo marcado como directo (FORWARD) de la flecha de flujo, indicada en la placa de identificación del tubo de medición, apunte en la dirección del flujo a través del tubo. En esta configuración de montaje, los puertos de conducto quedan orientados hacia aguas arriba.



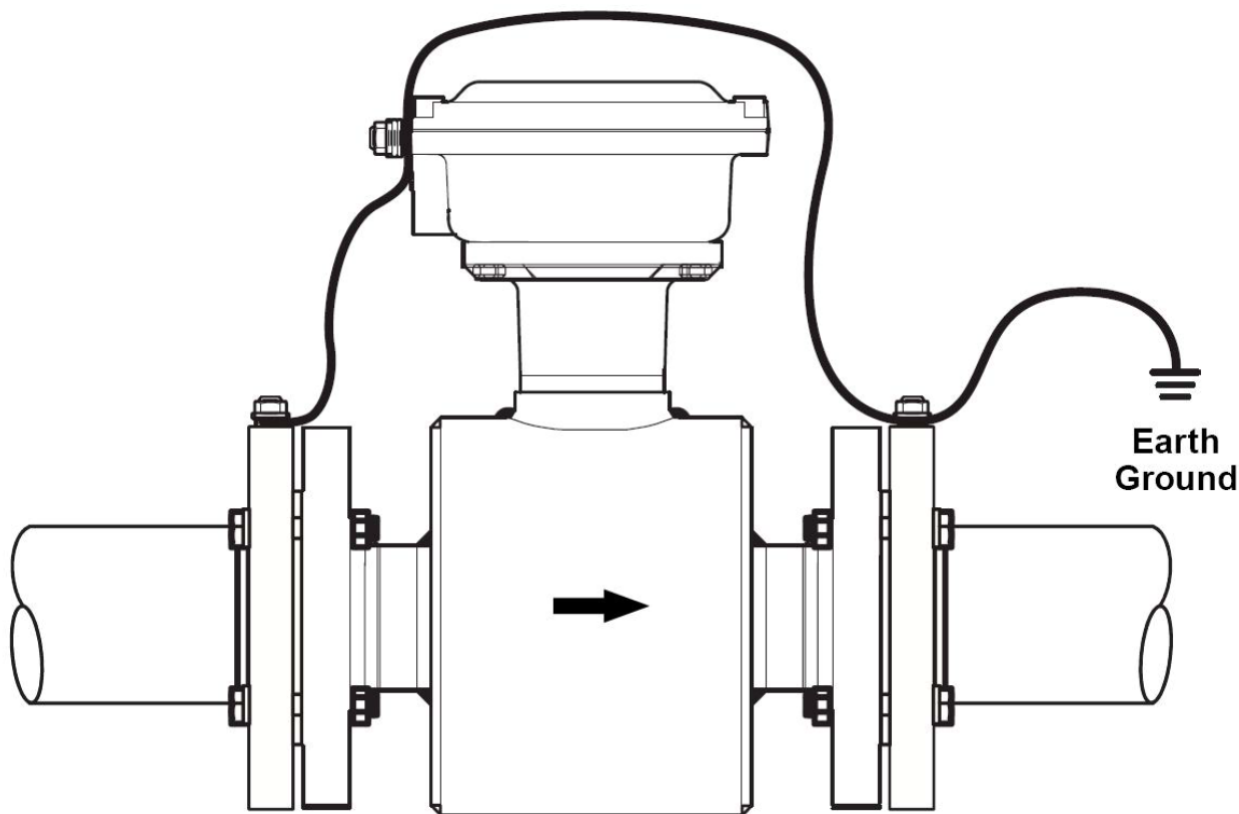
9.6 Puesta a tierra

La puesta a tierra del tubo de medición es uno de los detalles más importantes de la instalación. Una puesta a tierra adecuada asegura que se mida únicamente la tensión inducida en el campo magnético del tubo de medición.

La carcasa del tubo de medición debe conectarse siempre a tierra conforme a los códigos eléctricos nacionales y locales. No hacerlo puede comprometer la protección que ofrece el equipo. El método de puesta a tierra más efectivo es la conexión directa a tierra física con la mínima impedancia posible.

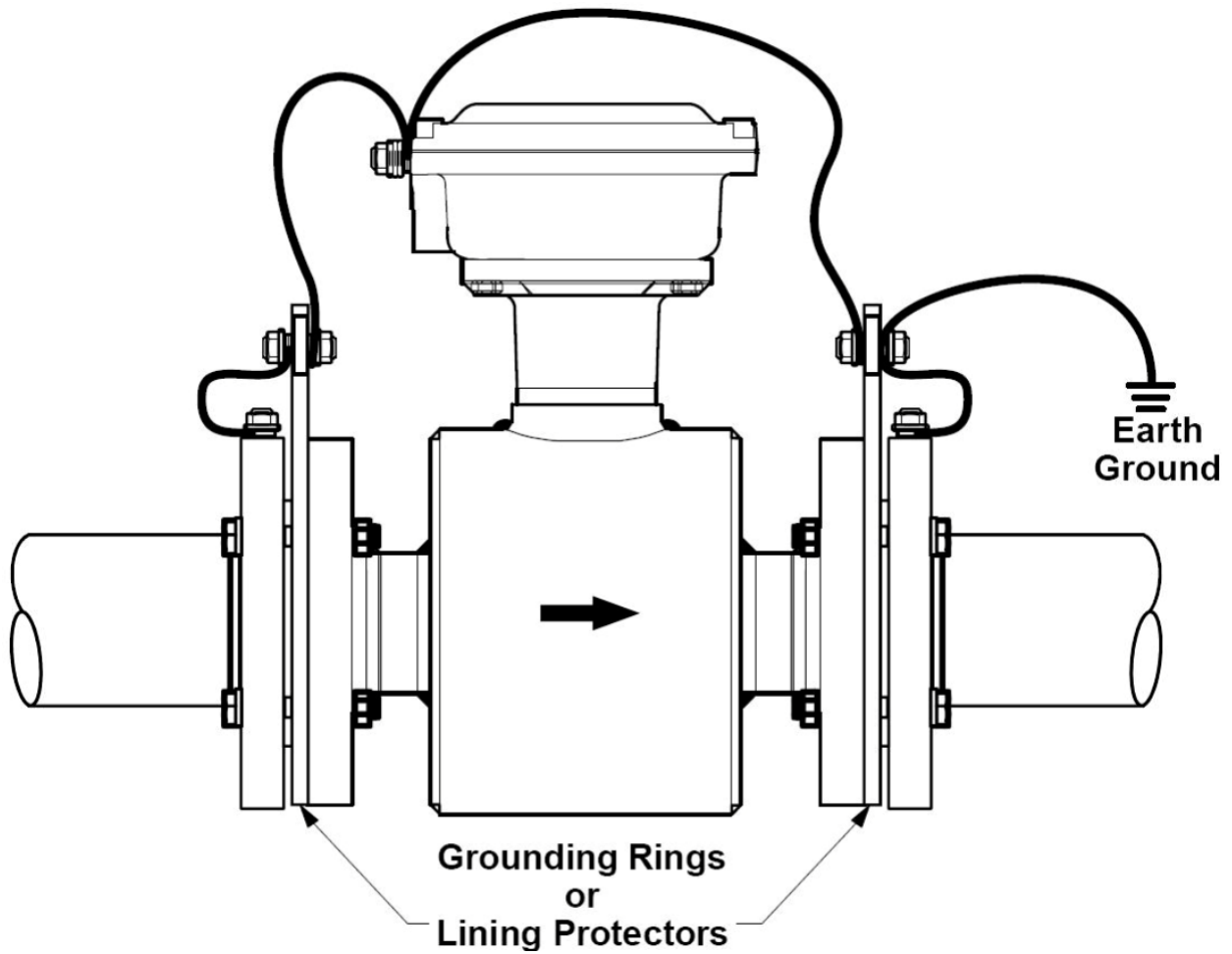
Los anillos de tierra integrados deben conectarse a tierra de manera equivalente a los anillos de tierra no integrados. Utilice la tabla siguiente para determinar la opción de puesta a tierra que corresponde a su instalación.

Tipo de tubería	Sin opciones de tierra	Con anillos de tierra	Con protectores de recubrimiento
Tubería conductiva sin recubrimiento	Conforme a la figura de la imagen 13	No se requiere	Conforme a la figura de la imagen 14
Tubería conductiva con recubrimiento	Puesta a tierra insuficiente	Conforme a la figura de la imagen 14	Conforme a la figura de la imagen 14
Tubería no conductiva	Puesta a tierra insuficiente	Conforme a la figura de la imagen 15	Conforme a la figura de la imagen 15



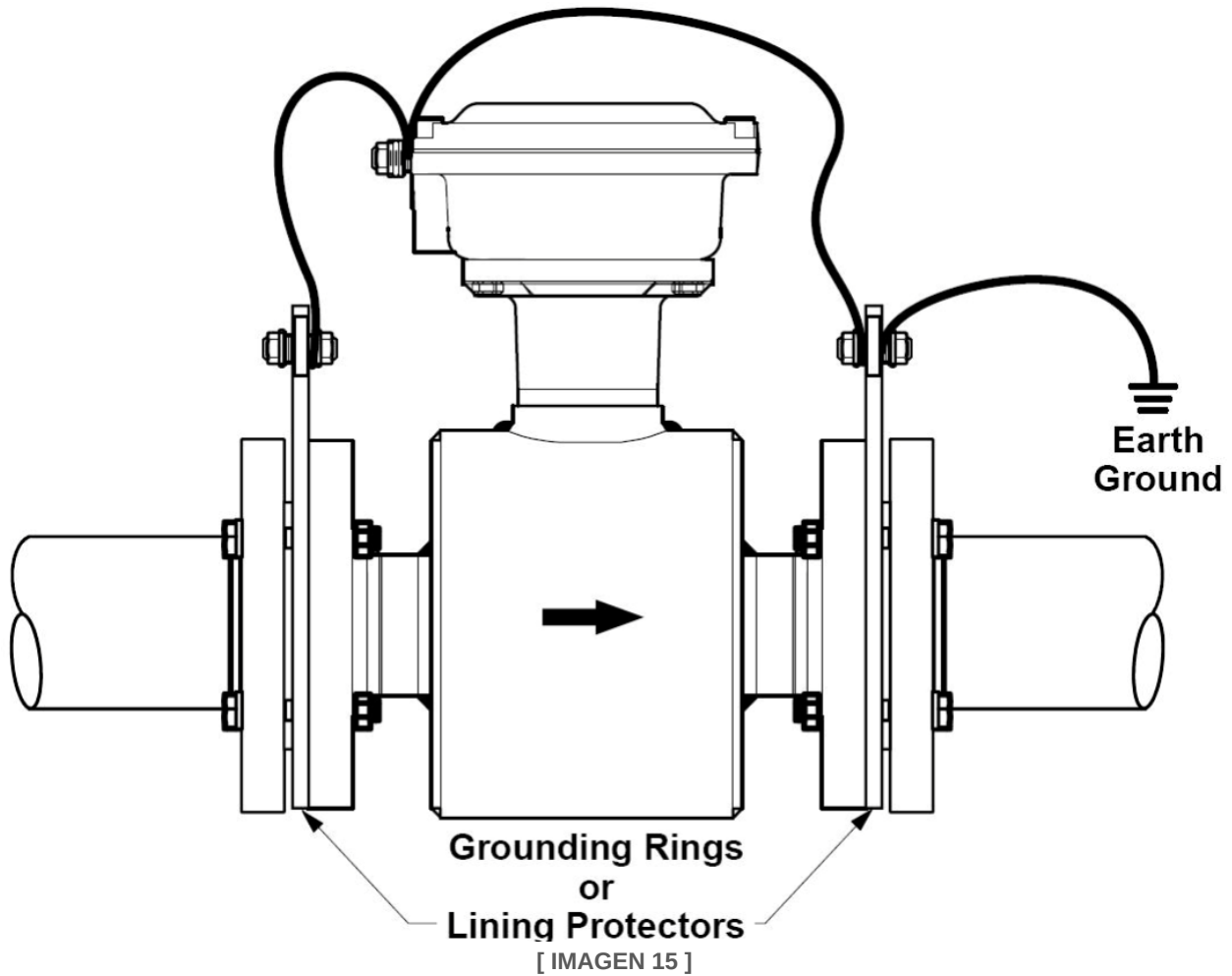
[IMAGEN 13]

Puesta a tierra sin opciones de tierra, o con electrodo de tierra en tubería con recubrimiento: puentes de tierra entre bridas y conexión a tierra física.



[IMAGEN 14]

Puesta a tierra con anillos de tierra o protectores de recubrimiento, instalados en ambos extremos del medidor.



Puesta a tierra con anillos de tierra o protectores de recubrimiento en tubería no conductiva, con los puentes extendidos más allá de las contrabridas.

Diagnóstico rápido de puesta a tierra

Una lectura inestable, con oscilación que no corresponde a variación real de caudal, es el síntoma característico de una puesta a tierra deficiente.

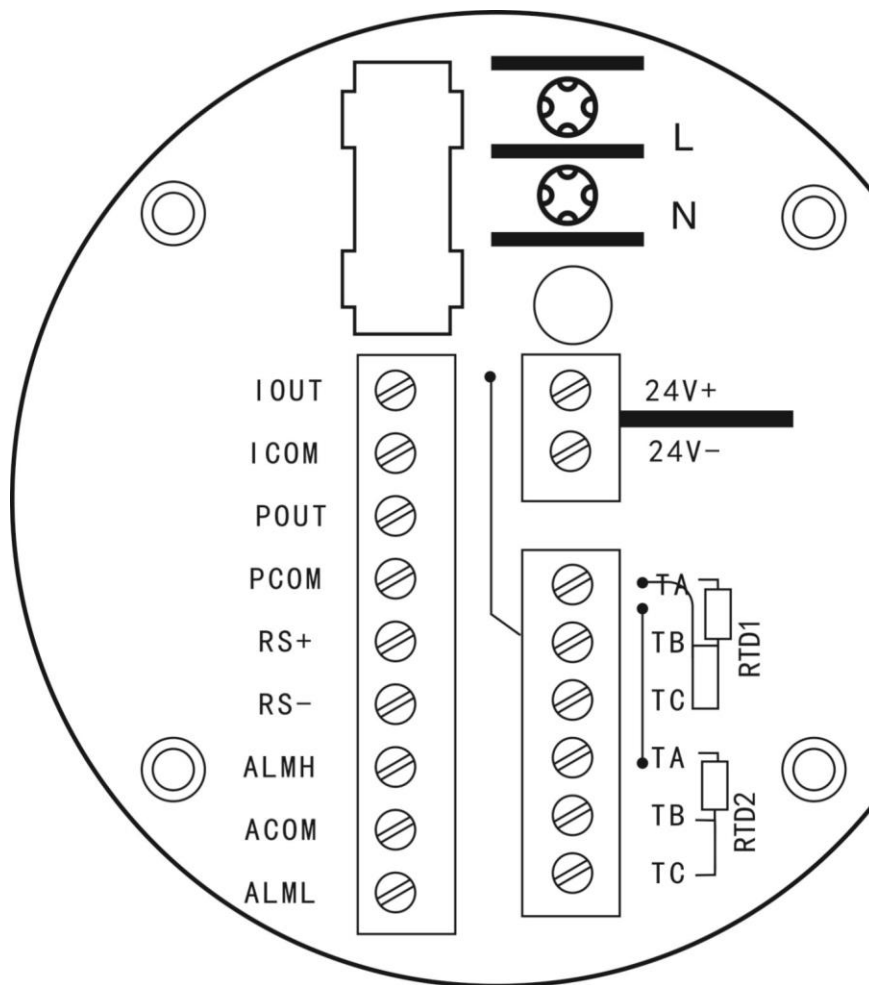
En tubería con recubrimiento interior o de material no conductivo, la puesta a tierra a través de las bridas es insuficiente por definición. Se requieren anillos de tierra o protectores de recubrimiento.

Verifique la continuidad efectiva entre la carcasa del sensor, los anillos de tierra y la tierra física, no solo la presencia del conductor.

10. Unidad transmisora y conexionado

Realice todo el conexionado con el equipo desenergizado. Verifique la tensión de alimentación antes de energizar y no conecte alimentación de corriente alterna a las borneras de corriente directa.

10.1 Bornera del convertidor integral



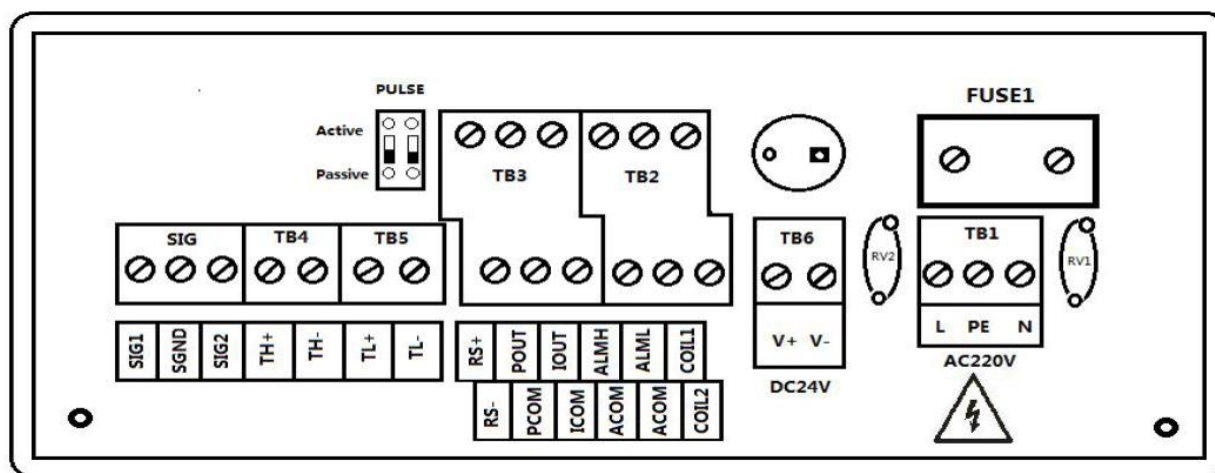
Identificación	Función	Observaciones
L	85 a 265 V CA	Alimentación de 220 V CA, línea viva
N	85 a 265 V CA	Alimentación de 220 V CA, neutro
24V+	18 a 36 V CD, positivo	Alimentación 24 V CD positivo
24V-	18 a 36 V CD, negativo	Alimentación 24 V CD negativo
IOUT	Salida de 4 a 20 mA, positivo	Resistencia de carga menor o igual a 500 ohm
ICOM	Salida de 4 a 20 mA, negativo	Resistencia de carga menor o igual a 500 ohm
POUT	Salida de frecuencia y pulso, positivo	—
PCOM	Salida de frecuencia y pulso, negativo	—
RS+	RS-485 positivo	Salida RS-485
RS-	RS-485 negativo	Salida RS-485
ALMH	Salida de alarma de caudal alto, positivo	Se recomienda emplear relevador intermedio de 24 V CD. Corriente de carga menor o igual a 30 mA
ACOM	Común de las salidas de alarma, negativo	Común de ALMH y ALML
ALML	Salida de alarma de caudal bajo, positivo	Se recomienda emplear relevador intermedio de 24 V CD. Corriente de carga menor o igual a 30 mA

Identificación	Función	Observaciones
RTD1 (TA, TB, TC)	Primera detección de temperatura	Se conecta a sonda PT1000 de dos hilos. Corresponde a la temperatura T1 de la interfaz
RTD2 (TA, TB, TC)	Segunda detección de temperatura	Se conecta a sonda PT1000 de dos hilos. Corresponde a la temperatura T2 de la interfaz

La salida de alarma de caudal bajo requiere seleccionar el conector conforme al tipo de relevador correspondiente y a su alimentación. Consulte el diagrama de conexión de la sección 10.4.

10.2 Bornera del convertidor remoto

En la configuración de convertidor remoto, la tarjeta incorpora además las borneras de conexión al sensor: los conductores de excitación de la bobina y los tres conductores de señal de electrodo.



Identificación	Función	Observaciones
L	85 a 265 V CA	Línea viva
PE	Tierra de protección	Conexión a tierra física del equipo
N	85 a 265 V CA	Neutro
DC24V+	16 a 36 V CD, positivo	Alimentación 24 V CD positivo
DC24V-	16 a 36 V CD, negativo	Alimentación 24 V CD negativo
IOUT	Salida de 4 a 20 mA	Resistencia de carga menor o igual a 500 ohm
ICOM	Salida de 4 a 20 mA	Resistencia de carga menor o igual a 500 ohm
POUT	Salida de frecuencia y pulso, positivo	—
PCOM	Salida de frecuencia y pulso, negativo	—
RS+	RS-485 positivo	Terminal de salida RS-485
RS-	RS-485 negativo	Terminal de salida RS-485
TH+ y TH-	Sonda PT100 o PT1000	Se conecta al sensor de temperatura de entrada
TL+ y TL-	Sonda PT100 o PT1000	Se conecta al sensor de temperatura de salida
coil1 y coil2	Bobina de excitación	Se conecta a la bobina de excitación del sensor
SIG1	Electrodo 1	Se conecta al electrodo de señal 1
SGND	Tierra de señal	Se conecta al electrodo de tierra
SIG2	Electrodo 2	Se conecta al electrodo de señal 2
ALMH y ALML	Salidas de alarma alta y baja	Con común ACOM. Corriente de carga menor o igual a 30 mA

Cableado entre sensor y convertidor remoto

Los conductores de señal de electrodo (SIG1, SGND y SIG2) manejan señales del orden de milivolts. Emplee el cable de señal blindado suministrado o especificado por el fabricante, sin empalmes intermedios, y respete la longitud máxima indicada.

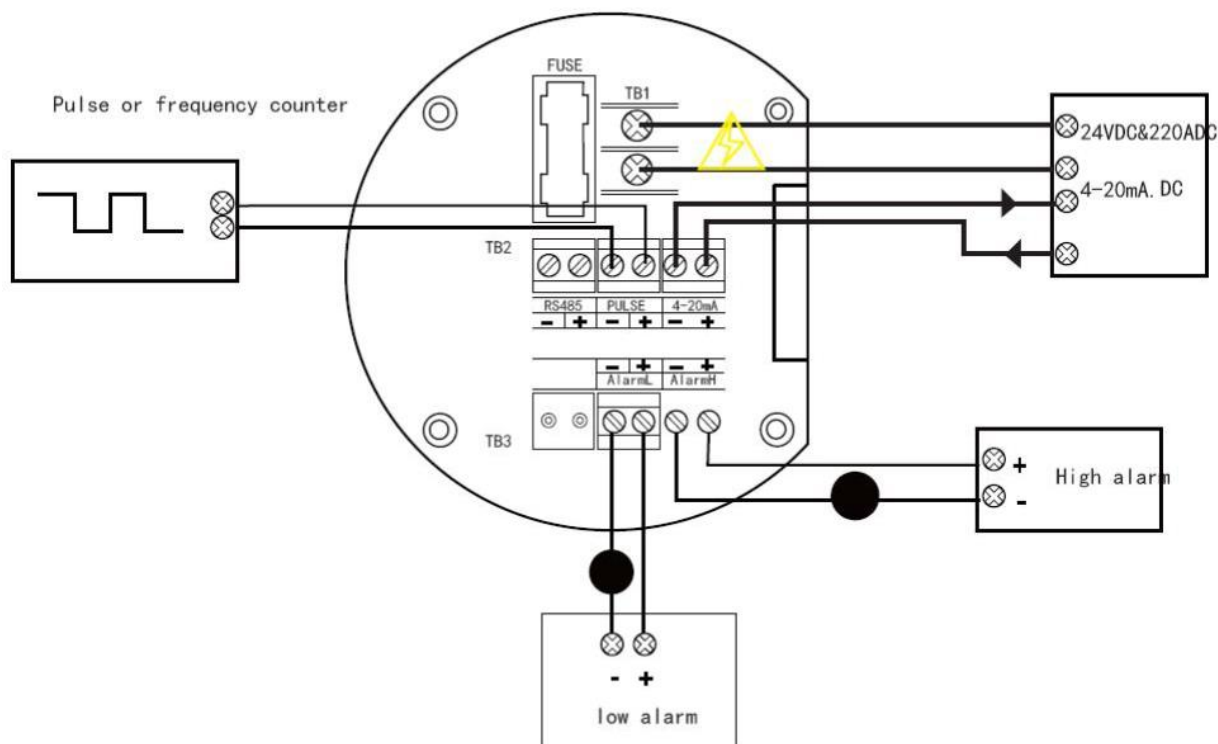
No enrute el cable de señal junto con el cable de excitación de la bobina ni con conductores de potencia.

El blindaje debe aterrizzarse en un solo extremo, conforme a la práctica del fabricante. Aterrrizarlo en ambos extremos crea un lazo de tierra que introduce ruido en la medición.

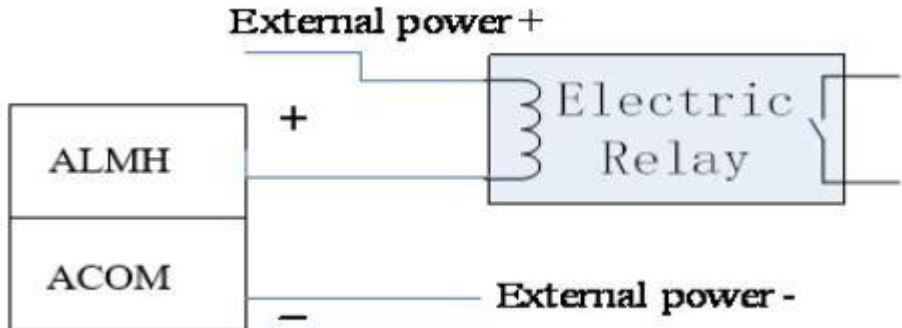
La tarjeta del convertidor remoto incorpora un selector de pulso activo o pasivo. Verifique su posición conforme al tipo de entrada del equipo receptor antes de energizar.

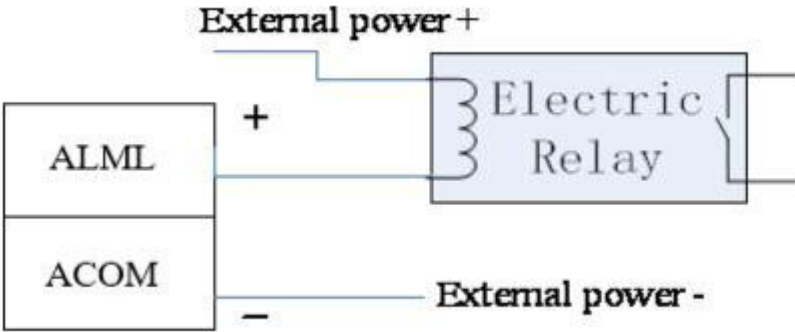
10.3 Conexión de la alimentación

Alimentación	Conexión
220 V CA	Bornera L a la línea viva de 220 V Bornera N al neutro de 220 V 
24 V CD	Bornera 24V+ a 24 V CD Bornera 24V- a 0 V CD 



10.4 Conexión de las salidas

Salida	Conexión	Equipo receptor típico
4 a 20 mA	IOUT al positivo, ICOM al negativo. Salida activa. 	Instrumento indicador, entrada analógica de PLC o registrador
Pulso o frecuencia	POUT al positivo, PCOM al negativo. 	PLC o contador
RS-485	RS+ al positivo, RS- al negativo. 	Equipo de comunicación o sistema de supervisión
Alarma de caudal alto	ALMH al positivo del relevador, ACOM al negativo. La bobina del relevador se alimenta con fuente externa. 	Relevador intermedio de 24 V CD

Salida	Conexión	Equipo receptor típico
Alarma de caudal bajo	ALML al positivo del relevador, ACOM al negativo. La bobina del relevador se alimenta con fuente externa. 	Relevador intermedio de 24 V CD

11. Operación del convertidor

11.1 Pantalla principal

El transmisor ingresa al modo de medición automática de caudal después del encendido. Todas las funciones de medición quedan listas y los datos de medición se despliegan en pantalla. Los parámetros pueden configurarse y consultarse mediante las cuatro teclas.

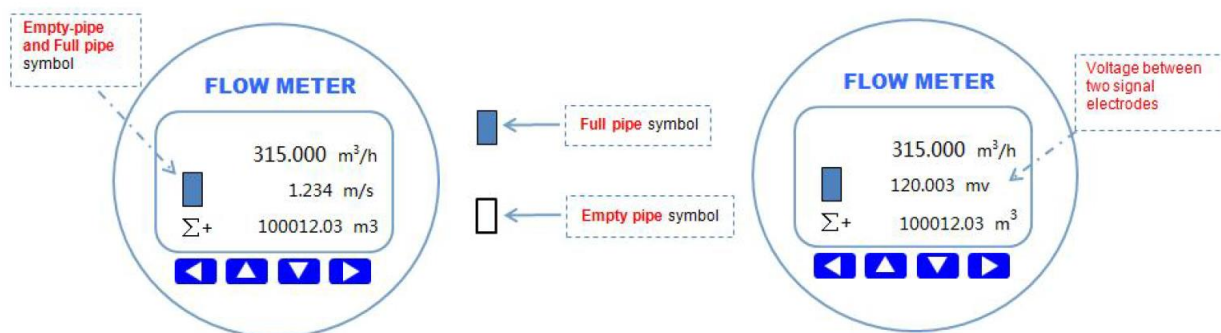
Zona de la pantalla	Contenido
Renglón superior	Caudal instantáneo, con su unidad
Renglón intermedio	Velocidad del fluido en m/s, o bien la tensión entre los dos electrodos de señal en mV
Renglón inferior	Totalizador acumulado, precedido del símbolo de sumatoria con el signo de sentido de flujo
Indicador lateral	Símbolo de tubería llena o de tubería vacía

Uso del despliegue de tensión de electrodos

La lectura de tensión entre los dos electrodos de señal es la herramienta de diagnóstico más directa del equipo en campo.

Un valor de tensión anómalo o inestable con caudal estable indica problema de electrodos, de puesta a tierra o de conductividad del fluido, y no un problema de configuración.

Registre el valor de tensión de electrodos durante la puesta en marcha. Constituye la línea base para el diagnóstico posterior conforme a la sección 19.



11.2 Teclado

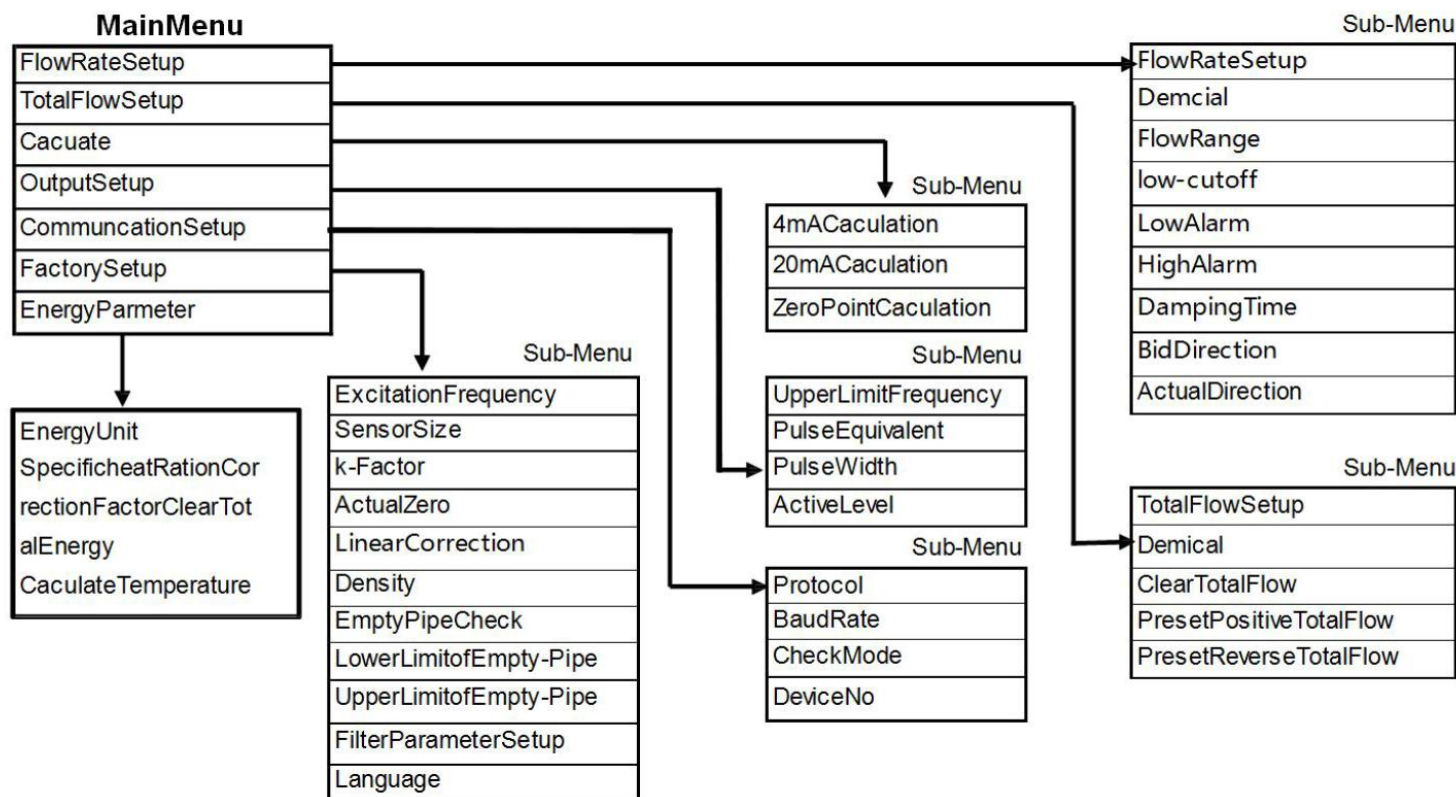
Tecla	Función
◀	Confirma el ajuste del parámetro y sale del submenú de configuración
▼	Tecla de descenso: disminuye el valor o avanza a la opción siguiente
▲	Tecla de ascenso: incrementa el valor o retrocede a la opción anterior
▶	Ingresa al menú, desplaza el cursor y cancela

Criterio general de captura: con la tecla ▶ se selecciona el elemento a configurar y se desplaza el cursor, con las teclas ▼ y ▲ se modifica el valor, y con la tecla ◀ se confirma y se sale.

11.3 Estructura de menús

El menú principal se organiza en siete grupos, cada uno con su submenú.

Grupo del menú principal	Contenido	Sección
Configuración de caudal	Unidad, decimales, rango, corte por caudal bajo, alarmas, tiempo de amortiguamiento, sentido de flujo e indicación	12
Configuración de totalizador	Unidad, decimales, borrado y preajuste del totalizador	13
Calibración	Calibración de 4 mA, de 20 mA y de punto cero	14
Configuración de salida	Frecuencia máxima, equivalencia de pulso, ancho de pulso y nivel activo	15
Configuración de comunicación	Protocolo, velocidad, bits de datos, paridad y dirección del dispositivo	16
Configuración de fábrica	Frecuencia de excitación, tamaño de sensor, factor K, cero real, corrección lineal, densidad, detección de tubería vacía, límites de tubería vacía, parámetros de filtro e idioma	17
Parámetros de energía	Unidad de energía, factor de corrección de calor específico, borrado de energía acumulada y temperatura de cálculo	18



12. Menú de configuración de caudal

No.	Parámetro	Tipo	Valor por defecto	Rango
1	Unidad de caudal (PV Unit)	Selección	m³/h	L/s · L/m · L/h · m³/s · m³/m · m³/h · USG/s · USG/m · USG/h · kg/s · kg/m · kg/h
2	Decimales de caudal (PV Decimal)	Selección	3	1 · 2 · 3
3	Rango de caudal (Flow Range)	Punto flotante	100.0 m³/h	0.00 a 99999999.00 m³/h
4	Corte por caudal bajo (Flow Cut-off)	Punto flotante	0.0 %	0.00 a 9.90 %
5	Alarma de caudal bajo (Low Alarm)	Punto flotante	90.0 %	0.00 a 99.00 %
6	Alarma de caudal alto (High Alarm)	Punto flotante	90.0 %	1.00 a 99.00 %
7	Tiempo de amortiguamiento (Damping Time)	Decimal fijo	1.0 s	0.1 a 30.0 s
8	Sentido de flujo (Direction)	Selección	Bid (bidireccional)	Fwd (directo) · Rev (inverso) · Bid (bidireccional)
9	Indicación (Indication)	Selección	Fwd (directo)	Fwd (directo) · Rev (inverso)

12.1 Rango de caudal

El rango de caudal define el valor de caudal instantáneo al cual la salida de corriente alcanza 20 mA.

La modificación de este parámetro afecta la salida de corriente y las alarmas de caudal alto y bajo, ya que ambas se expresan como porcentaje del rango configurado. Al cambiar el rango, verifique nuevamente los umbrales de alarma.

12.2 Corte por caudal bajo

Cuando el caudal instantáneo es menor al valor absoluto del producto del rango de caudal por este porcentaje, el caudal instantáneo se fuerza a cero.

Criterio de ajuste del corte por caudal bajo

Un valor demasiado alto produce subconteo, ya que el consumo real por debajo del umbral no se registra. Este efecto es habitual en redes con fugas pequeñas y continuas.

Un valor demasiado bajo produce acumulación indebida por ruido de medición cuando la línea está en reposo.

El valor por defecto es 0.0 %, lo que significa que el corte está desactivado de fábrica. En instalaciones donde la línea permanece estática y llena durante periodos prolongados, conviene configurarlo.

12.3 Alarmas de caudal

Cuando el valor absoluto del caudal instantáneo es menor al producto del rango de caudal por el porcentaje de alarma baja, se activa la señal de salida de alarma baja. Cuando el caudal instantáneo es mayor al producto del rango por el porcentaje de alarma alta, se activa la señal de salida de alarma alta.

El porcentaje de alarma baja debe ser menor que el porcentaje de alarma alta. El equipo no acepta la configuración inversa.

Los valores por defecto de ambas alarmas coinciden en 90.0 %, lo que no cumple la condición anterior. Configure ambos umbrales durante la puesta en marcha en lugar de dejarlos en el valor de fábrica.

12.4 Tiempo de amortiguamiento

Determina el suavizado de la lectura de caudal instantáneo. Un valor alto estabiliza la indicación pero retarda la respuesta ante cambios reales de caudal. Un valor bajo hace la lectura más responsiva pero más inestable ante flujo pulsante.

12.5 Sentido de flujo e indicación

Configuración de sentido	Comportamiento
Fwd (directo)	El flujo inverso no se despliega; la pantalla indica cero
Rev (inverso)	El flujo directo no se despliega; la pantalla indica cero
Bid (bidireccional)	Se despliegan tanto el flujo directo como el inverso

El parámetro de indicación permite conmutar el signo del despliegue: cuando el caudal se despliega como valor negativo, esta opción puede cambiarse para desplegarlo como flujo positivo.

Advertencia sobre el parámetro de indicación

El parámetro de indicación corrige el signo en pantalla, no la instalación. Si la lectura es negativa porque la flecha de dirección de flujo del cuerpo quedó invertida respecto del fluido real, la corrección adecuada es reinstalar el sensor, no invertir la indicación.

Emplear este parámetro para enmascarar una instalación invertida deja el registro de sentido de flujo inconsistente y complica cualquier auditoría posterior de balance.

13. Menú de configuración del totalizador

No.	Parámetro	Tipo	Valor por defecto	Rango
1	Unidad del totalizador (Total Unit)	Selección	m ³	L · m ³ · USG · kg · t
2	Decimales del totalizador (Total Decimal)	Selección	1	0 · 1 · 2 · 3
3	Borrado del totalizador (Clear Total)	Selección	NO	Yes · NO
4	Preajuste del totalizador (Preset Total)	Punto flotante	Valor actual del totalizador	0.00 a 9999999999 m ³

El parámetro de decimales define el número total de posiciones decimales desplegadas. El parámetro de preajuste permite fijar un valor: al configurarlo, el valor actual del totalizador queda sobrescrito por el valor capturado.

Desborde del totalizador

Si el totalizador despliega el mensaje "Over Flow!", procese la condición de manera oportuna, mediante borrado o preajuste, para no afectar las mediciones normales.

El borrado y el preajuste del totalizador destruyen el registro acumulado histórico del equipo. Antes de ejecutar cualquiera de las dos operaciones, registre por escrito la lectura vigente.

Si el equipo está integrado a un sistema de supervisión, coordine la operación con el responsable del sistema: un salto del totalizador se interpreta como consumo anómalo en el balance.

14. Menú de calibración

No.	Parámetro	Tipo	Valor por defecto	Rango
1	Calibración de 4 mA (4mA Calibrate)	Punto flotante	0.0	3.0 a 5.0
2	Calibración de 20 mA (20mA Calibrate)	Punto flotante	0.0	19.0 a 21.0
3	Calibración de cero (Zero Calibrate)	Selección	No	No · Yes

14.1 Calibración de la salida de corriente

Para ejecutar la calibración de 4 mA y de 20 mA, mida la salida de corriente de 4 a 20 mA con un amperímetro y capture la lectura obtenida. El equipo calibra automáticamente sus operaciones internas.

1. Conecte un amperímetro de exactitud conocida en el lazo de salida de 4 a 20 mA.
2. Ingrese al parámetro de calibración de 4 mA y capture el valor que indica el amperímetro.
3. Ingrese al parámetro de calibración de 20 mA y capture el valor que indica el amperímetro.
4. Verifique la salida en ambos extremos del rango y repita si es necesario.

Esta operación calibra únicamente la salida analógica del convertidor. No modifica la medición de caudal ni corrige un error del sensor.

14.2 Calibración de cero

Antes de ejecutar la calibración de cero, confirme que el tubo de medición está lleno y el fluido en reposo, y que el equipo ha completado su calentamiento. Con esas condiciones satisfechas, el instrumento ejecuta la calibración de cero de manera automática.

Condiciones indispensables del ajuste de cero

Tubería completamente llena de líquido. Un ajuste de cero con tubería parcialmente vacía introduce un error permanente en toda la escala.

Fluido en reposo absoluto, con las válvulas de aislamiento cerradas. La ausencia de indicación de caudal no equivale a ausencia de flujo: verifique el cierre efectivo de las válvulas.

Equipo energizado y estabilizado térmicamente antes de ejecutar la operación.

Puesta a tierra ya verificada conforme a la sección 9.6. Un ajuste de cero sobre una instalación mal aterrizada compensa el ruido en lugar del cero real.

15. Menú de configuración de salida de pulso

No.	Parámetro	Tipo	Valor por defecto	Rango
1	Frecuencia máxima (Freq Max)	Decimal fijo	2000.0 Hz	100.0 a 5000.0 Hz
2	Litros por pulso (Liter/Pulse)	Punto flotante	0.0	0.0 a 9999.0
3	Ancho de pulso (Pulse Width)	Punto flotante	0.0000 ms	0.0 a 1000.0 ms
4	Nivel de pulso (Pulse Level)	Selección	Activo en nivel bajo	Nivel bajo o nivel alto efectivo

15.1 Modo de frecuencia

En modo de frecuencia, la señal de salida es proporcional al caudal actual respecto del rango configurado:

Frecuencia de salida (Hz) = (Caudal actual (m3/h) / Caudal máximo (m3/h)) x Frecuencia límite (Hz)

15.2 Modo de pulso por volumen

En modo de pulso por volumen, cada pulso representa un volumen fijo:

Frecuencia de salida = (Caudal actual (m3/h) / 3.6) / Equivalencia de pulso (L/P)

Frecuencia de salida = Caudal actual (L/s) / Equivalencia de pulso (L/P)

Selección entre modo de frecuencia y modo de pulso

El parámetro de litros por pulso determina cuál de los dos modos está activo:

Cuando la equivalencia de pulso es igual a 0.0, el parámetro de frecuencia máxima determina la salida de frecuencia. El equipo opera en modo de frecuencia proporcional al caudal.

Cuando la equivalencia de pulso es mayor a 0.0, el parámetro de litros por pulso determina la salida. El equipo opera en modo de pulso por volumen.

Para totalización en un PLC o contador, utilice el modo de pulso por volumen. Para indicación proporcional de caudal, utilice el modo de frecuencia.

Verifique que la frecuencia resultante no exceda la capacidad de conteo de la entrada del equipo receptor. Al seleccionar la equivalencia de pulso, calcule la frecuencia al caudal máximo esperado antes de configurar el valor.

15.3 Ancho y nivel de pulso

Cuando el valor del ancho de pulso es 0, la salida opera con un ciclo de trabajo de 1 a 1, es decir, con tiempos iguales en nivel alto y en nivel bajo.

El parámetro de nivel de pulso se relaciona con el ancho de pulso configurado:

Configuración de nivel	Comportamiento
Nivel bajo (Low)	El ancho del pulso en nivel bajo corresponde al valor configurado en el parámetro de ancho de pulso
Nivel alto (High)	El ancho del pulso en nivel alto corresponde al valor configurado en el parámetro de ancho de pulso

El ancho de pulso debe ser compatible con el tiempo mínimo de reconocimiento de la entrada del equipo receptor. Un ancho demasiado corto produce pérdida de pulsos y por tanto subconteo en el totalizador del sistema de supervisión.

16. Menú de configuración de comunicación

No.	Parámetro	Valor por defecto	Opciones
1	Protocolo (RS-485)	MODBUS RTU	MODBUS RTU · MODBUS ASCII
2	Velocidad (Baud Rate)	9600 bps	1200 · 2400 · 4800 · 9600 · 19200 · 38400 bps
3	Bits de datos (Data Bit)	8	7 · 8
4	Paridad (Check Mode)	Ninguna (None)	Ninguna (None) · Impar (Odd) · Par (Even)
5	Dirección del dispositivo (Device ID)	1	1 a 247

En el protocolo MODBUS RTU no es posible seleccionar 7 bits de datos. Si requiere 7 bits, debe emplear MODBUS ASCII.

Integración a un sistema de supervisión

La dirección del dispositivo debe ser única en el segmento de red. El valor de fábrica es 1 en todos los equipos, por lo que en una instalación con varios medidores debe asignarse la dirección de cada uno durante la puesta en marcha.

Los parámetros del puerto del equipo y del maestro deben coincidir en su totalidad: protocolo, velocidad, bits de datos y paridad.

El equipo también declara soporte de protocolo HART conforme a las especificaciones de la sección 4. La documentación de origen no desarrolla la configuración HART; solicítela a Tecnométrica si su proyecto la requiere.

La documentación de origen no incluye la tabla de registros MODBUS del equipo. Para integración a un sistema de supervisión, solicite el mapa de registros a Tecnométrica antes de programar el maestro.

17. Menú de configuración de fábrica

Acceso restringido

El ingreso al menú de configuración de fábrica requiere la captura de una contraseña. Los parámetros de este menú afectan de manera directa el resultado de la medición.

El tamaño de sensor y el coeficiente del sensor son los dos parámetros que definen la escala de la medición. Modificarlos por error invalida la calibración de fábrica del equipo.

Antes de modificar cualquiera de estos parámetros, registre por escrito el valor vigente, de modo que sea posible restaurarlo.

17.1 Tamaño del sensor

Parámetro de tipo selección, con valor por defecto DN100. Debe coincidir de manera exacta con el diámetro nominal del sensor instalado.

Valores seleccionables:

Grupo	Diámetros nominales disponibles
Pequeño diámetro	1 · 1.5 · 2 · 3 · 4 · 5 · 6 · 8 · 10 · 15 · 20 · 25 · 32 · 40
Diámetro medio	50 · 65 · 80 · 100 · 125 · 150 · 200 · 250 · 300 · 350 · 400
Gran diámetro	450 · 500 · 600 · 700 · 750 · 800 · 900 · 1000 · 1100 · 1200
Gran diámetro	1300 · 1350 · 1400 · 1500 · 1600 · 1700 · 1800 · 2000 · 2100
Gran diámetro	2200 · 2300 · 2400 · 2500 · 2600 · 2700 · 2800 · 2900 · 3000

Un tamaño de sensor mal configurado produce un error de medición proporcional a la relación de áreas entre el diámetro configurado y el real. Es la primera verificación ante una lectura desviada por un factor grande.

17.2 Coeficiente del sensor (Sensor K)

Concepto	Valor
Tipo de parámetro	Punto flotante decimal
Valor de referencia	0.16000
Rango	0.01000 a 9.9000

Este parámetro se determina durante la calibración real de caudal en fábrica. Está asociado únicamente al sensor, es decir, constituye el valor característico del sensor.

Para recalcular el coeficiente a partir de una verificación con patrón:

Nuevo coeficiente K = Coeficiente K original x (Valor del patron / Valor medido por el equipo)

El coeficiente del sensor está impreso en la placa de datos del equipo. Antes de modificarlo, verifique que el valor desplegado en el convertidor coincida con el de la placa; una discrepancia indica que el equipo fue reconfigurado con posterioridad a su calibración de fábrica.

17.3 Detección de tubería vacía

Concepto	Valor
Opciones	Prohibir (deshabilitada) · Enable (habilitada)
Valor por defecto	Enable (habilitada)

Con el sensor correctamente aterrizado, este parámetro debe permanecer habilitado para una medición normal. La detección de tubería vacía es la que fuerza la lectura a cero cuando el tubo no está lleno, e impide que el equipo acumule volumen inexistente.

Cuando NO deshabilitar la detección de tubería vacía

Si el equipo indica alarma de tubería vacía con la tubería efectivamente llena, la causa habitual es una puesta a tierra deficiente, una conductividad del fluido baja, o umbrales de tubería vacía mal configurados. La solución no es deshabilitar la detección.

Deshabilitar la detección para silenciar la alarma provoca que el equipo acumule volumen cuando la línea está vacía, lo que corrompe el balance de manera silenciosa.

Consulte el procedimiento de diagnóstico de la sección 19 antes de modificar este parámetro.

17.4 Linealización

El equipo permite corregir la linealidad mediante nueve puntos de compensación definidos por velocidad, cada uno con su coeficiente.

Parámetro	Tipo	Valor por defecto	Rango
Habilitación del ajuste (Adjust-SW)	Selección	Prohibit (deshabilitado)	Prohibit · Enable
Punto de compensación 1 a 9 (POINT_n)	Punto flotante	0.0 m/s	0.0 a 20.0 m/s
Coeficiente 1 a 9 (Coefficient_n)	Punto flotante	1.0	0.05 a 3.00

Reglas de captura de los puntos

- El punto 1 debe ser mayor o igual a 0 m/s.
- Cada punto subsecuente debe ser mayor que el punto anterior: el punto 2 mayor que el punto 1, el punto 3 mayor que el punto 2, y así hasta el punto 9.
- Los puntos no utilizados se dejan en 0 y sus coeficientes en 1.0.
- Para habilitar la corrección, el interruptor de ajuste debe configurarse en Enable.

Tabla de puntos de compensación

Punto	Parámetro de velocidad	Coeficiente asociado	Restricción
9	POINT_9 (m/s)	Coefficient_9	Debe ser mayor que el punto 8
8	POINT_8 (m/s)	Coefficient_8	Debe ser mayor que el punto 7
7	POINT_7 (m/s)	Coefficient_7	Debe ser mayor que el punto 6
6	POINT_6 (m/s)	Coefficient_6	Debe ser mayor que el punto 5
5	POINT_5 (m/s)	Coefficient_5	Debe ser mayor que el punto 4
4	POINT_4 (m/s)	Coefficient_4	Debe ser mayor que el punto 3
3	POINT_3 (m/s)	Coefficient_3	Debe ser mayor que el punto 2
2	POINT_2 (m/s)	Coefficient_2	Debe ser mayor que el punto 1
1	POINT_1 (m/s)	Coefficient_1	Debe ser mayor o igual a 0 m/s

El menú presenta los puntos en orden descendente, del punto 9 al punto 1, aunque la captura debe respetar el orden ascendente de velocidades.

17.5 Procedimiento de corrección

Para ejecutar la corrección, deshabilite primero el interruptor de corrección y verifique el equipo contra un dispositivo patrón de caudal, recorriendo el rango del caudal mayor al menor, con tantos puntos de calibración como sea posible. Con los resultados obtenidos, planifique los segmentos del rango de caudal y calcule el coeficiente de compensación correspondiente a cada uno.

1. Habilite el interruptor de corrección.
2. Tome el punto de caudal alto, lo más cercano posible al caudal de escala completa, y utilice su coeficiente promedio como coeficiente del sensor. Capture ese valor en el parámetro de coeficiente del sensor.
3. Conforme al rango de caudales planificado y a los coeficientes de compensación calculados, capture los puntos y coeficientes de compensación.
4. Si el número de segmentos a compensar es menor que la cantidad de puntos disponibles, divida el rango de caudal en los segmentos necesarios y deje en cero los puntos no utilizados.

Cálculo del coeficiente de compensación

Nuevo coeficiente = Coeficiente actual x (Caudal teórico o del patrón / Caudal medido por el equipo)

Ejemplo de la documentación de origen

Rango de medición de 0 a 8 m/s. El segmento de 3 a 8 m/s no requiere corrección. El coeficiente del sensor resulta de 0.1. El segmento de 1 a 3 m/s requiere un factor de corrección de 1.002, y el segmento de 0 a 1 m/s requiere un factor de 1.005.

Parámetro	Valor a capturar
Coeficiente del sensor	0.1
Puntos de compensación 1 a 7	0 (no utilizados)
Coeficientes 1 a 7	1.0 (valor por defecto)
Punto de compensación 8	1 m/s
Coeficiente 8	1.005
Punto de compensación 9	3 m/s
Coeficiente 9	1.002

Interpretación del ejemplo y advertencia

Conforme al ejemplo de la documentación de origen, el coeficiente asociado a un punto aplica al segmento que termina en la velocidad de ese punto: el coeficiente 8 corrige de 0 a 1 m/s, y el coeficiente 9 corrige de 1 a 3 m/s. Por encima del punto más alto configurado no se aplica corrección.

Este sentido de aplicación es contrario a lo que sugiere la lectura literal del nombre de los parámetros. Verifique el comportamiento en la unidad con un patrón antes de cargar una tabla completa en un equipo en servicio.

La corrección por linealización compensa la desviación del sensor. No compensa una instalación deficiente: si el tramo recto o la puesta a tierra son inadecuados, la corrección solo enmascara el problema en el punto verificado.

17.6 Densidad del medio

Concepto	Valor
Tipo de parámetro	Punto flotante
Valor por defecto	1000.0 kg/m ³
Rango	0.1 a 999999 kg/m ³

Este parámetro se requiere únicamente cuando se emplean unidades de masa, como kg/s, kg/m, kg/h, kg o toneladas. Si se seleccionan unidades de masa, capture la densidad real del fluido; el valor por defecto de 1000 kg/m³ corresponde al agua.

El equipo no mide densidad. La conversión de volumen a masa se realiza con el valor fijo capturado en este parámetro, por lo que cualquier variación real de densidad del proceso se traduce en error de la lectura de masa.

[IMAGEN 29]

Pantallas del menú de fábrica: captura de contraseña, tamaño del sensor, coeficiente del sensor, detección de tubería vacía, habilitación del ajuste, puntos y coeficientes de compensación, y densidad del medio.

18. Menú de parámetros de energía térmica

El convertidor incorpora dos entradas para sonda de temperatura, identificadas como RTD1 y RTD2 en la configuración integral, y como TH y TL en la configuración remota. Con ambas sondas instaladas, el equipo puede calcular energía térmica a partir del caudal y de la diferencia de temperatura entre las líneas de suministro y de retorno.

El diagrama de estructura de menús declara los parámetros siguientes dentro de este grupo:

Parámetro	Función declarada
Unidad de energía	Selección de la unidad de energía acumulada
Factor de corrección de calor específico	Corrección del calor específico del fluido empleado en el cálculo
Borrado de energía acumulada	Reinicio del totalizador de energía
Temperatura de cálculo	Temperatura de referencia empleada en el cálculo de energía

Sección no desarrollada en la documentación de origen

El grupo de parámetros de energía aparece en el diagrama de estructura de menús del documento de origen, pero no cuenta con sección de detalle: no se declaran los valores por defecto, los rangos, las unidades disponibles ni el procedimiento de captura.

La documentación tampoco declara la clase de exactitud del cálculo de energía, ni el requisito de apareamiento del par de sondas de temperatura, que es el parámetro determinante de la exactitud en cualquier medición de energía térmica.

Antes de ofertar este equipo para una aplicación de medición de energía térmica o de submedición térmica, solicite a Tecnométrica la documentación completa de esta función y la especificación de las sondas.

Para aplicaciones de submedición térmica con requisito de exactitud declarada o de facturación a terceros, Tecnométrica puede proponer un medidor de energía térmica dedicado (BTU), con la clase de exactitud y el par de sondas apareadas especificados de origen.

19. Solución de problemas

19.1 Sin despliegue en pantalla

1. Verifique la conexión de la alimentación.
2. Verifique el estado del fusible de alimentación.
3. Verifique el contraste del LCD y ajústelo al estado de operación.

19.2 Alarma de excitación

1. Verifique si los cables de excitación EX1 y EX2 están conectados.
2. Verifique que la resistencia total de las bobinas de excitación del sensor sea menor a 150 ohm.
3. Si los dos puntos anteriores son correctos, el convertidor está averiado.

19.3 Alarma de tubería vacía

1. Verifique que el fluido llene por completo el tubo de medición del sensor.
2. Puentee los tres conectores SIG1, SIG2 y SIGGND del convertidor. Si con el puente no se despliega la alarma de tubería vacía, el convertidor opera correctamente. En ese caso es posible que la

conductividad del fluido medido sea baja, o que el umbral y el rango de tubería vacía estén mal configurados.

3. Verifique el estado del cable de señal.
4. Verifique el estado de los electrodos conforme a las pruebas siguientes.

Prueba de electrodos	Criterio de aceptación
Conductividad desplegada con caudal cero	Con el flujo en cero, la conductividad desplegada debe ser menor a 100 %
Resistencia de SIG1 a SIGGND y de SIG2 a SIGGND	Ambas resistencias deben ser menores a 50 kΩ durante la operación de medición, para el caso de agua. Conviene medirlas con multímetro de aguja, para observar el proceso de carga.
Tensión de corriente directa entre DS1 y DS2	Debe ser menor a 1 V. Si la tensión de corriente directa es mayor a 1 V, los electrodos del sensor están contaminados y deben limpiarse.

19.4 Medición incorrecta de caudal

1. Verifique que el fluido llene por completo el tubo de medición.
2. Verifique que la conexión del cable de señal sea correcta.
3. Verifique que el coeficiente del sensor y el ajuste de cero no difieran de los datos de la placa del producto, que corresponden a la calibración del fabricante.

19.5 Diagnóstico complementario

Síntoma	Verificación sugerida
Lectura inestable con caudal estable	Puesta a tierra deficiente conforme a la sección 9.6; tramo recto insuficiente; flujo pulsante por bomba de desplazamiento positivo; tiempo de amortiguamiento demasiado bajo.
Lectura desviada por un factor grande	Tamaño de sensor mal configurado en el menú de fábrica; coeficiente del sensor modificado respecto de la placa de datos.
Lectura desviada de manera constante y pequeña	Cero mal ajustado; tabla de linealización cargada con valores de otro equipo; en sensor de inserción, profundidad u orientación incorrectas.
El totalizador no avanza con caudal presente	Corte por caudal bajo demasiado alto; parámetro de sentido de flujo configurado en un solo sentido y flujo circulando en el sentido opuesto.
Salto abrupto del totalizador	Operación de borrado o preajuste ejecutada; condición de desborde no atendida.
Lectura negativa permanente	Flecha de dirección de flujo del cuerpo invertida respecto del fluido real. Reinstale el sensor; no corrija con el parámetro de indicación.
Sistema de supervisión sin comunicación	Dirección del dispositivo duplicada en el segmento; parámetros del puerto no coincidentes entre equipo y maestro; polaridad de RS+ y RS- invertida.
Desgaste prematuro del recubrimiento	Velocidad de operación superior a 6 m/s con fluido abrasivo; recubrimiento inadecuado para el servicio conforme a la sección 6.

Si el síntoma persiste después de estas verificaciones, contacte a Tecnométrica antes de intervenir el equipo. La modificación de los parámetros del menú de fábrica requiere contraseña y afecta directamente el resultado de la medición.

20. Mantenimiento

20.1 Rutina de mantenimiento

- Registre de manera periódica la lectura de tensión entre electrodos disponible en la pantalla principal y compárela contra el valor de la puesta en marcha. Una tendencia creciente anticipa contaminación de electrodos.

- Compare de manera periódica el totalizador del equipo contra el balance del sistema. Una desviación creciente indica necesidad de verificación.
- Verifique la integridad y la continuidad efectiva de la puesta a tierra, incluidos los anillos de tierra cuando estén instalados.
- Inspeccione las bridas y los empaques en busca de fugas.
- Verifique el ajuste de los prensaestopas y la integridad de los sellos, de los que depende la protección del equipo.
- Mantenga limpia la ventana del indicador. No utilice disolventes agresivos sobre la pantalla.
- En instalación exterior, verifique la protección contra la exposición directa al sol y a la lluvia.

20.2 Limpieza de electrodos

La contaminación de electrodos es la causa de deriva más frecuente en un medidor electromagnético en servicio con agua residual, lodos o fluidos con tendencia a la incrustación. Se detecta con la prueba de tensión de corriente directa entre electrodos de la sección 19.3.

- Despresurice y drene la línea antes de desmontar el sensor.
- Limpie los electrodos por medios mecánicos suaves o químicos compatibles con el material del electrodo y del recubrimiento.
- No emplee herramienta abrasiva ni objetos punzantes sobre el recubrimiento. Un daño en el recubrimiento no es reparable en campo.
- Después de la limpieza, verifique nuevamente la tensión de corriente directa entre electrodos y ejecute el ajuste de cero conforme a la sección 14.2.

20.3 Registro recomendado

Dato a registrar	Origen	Periodicidad
Coeficiente del sensor y valor de cero	Placa de datos del equipo y menú de fábrica	En la puesta en marcha y ante cualquier lectura desviada
Tensión entre electrodos	Pantalla principal	En la puesta en marcha y en cada visita de mantenimiento
Lectura del totalizador	Pantalla principal	En cada visita, y antes de cualquier borrado o preajuste
Tamaño de sensor configurado	Menú de fábrica	En la puesta en marcha
Tabla de linealización vigente	Menú de fábrica	Antes y después de cualquier corrección

21. Alcance de la medición

Con el objetivo de establecer expectativas correctas sobre el desempeño del equipo, se precisa a continuación su alcance de aplicación.

21.1 Para qué es adecuado el equipo

- Medición de caudal y volumen de líquidos conductivos en agua, agua residual, efluentes y procesos industriales.
- Medición de fluidos cáusticos y de líquidos con contenido de sólidos, con la selección adecuada de recubrimiento y electrodo.
- Balance de proceso, control operativo y sectorización, con totalización local y salida a sistema de supervisión.
- Medición bidireccional, con registro de sentido de flujo.
- Integración a PLC y sistemas de supervisión mediante 4 a 20 mA, pulso, frecuencia, RS-485 o HART.

21.2 Consideraciones sobre su uso

Límites y condiciones

El uso del equipo como instrumento de facturación o de transferencia de custodia requiere confirmar previamente la certificación metrológica aplicable, conforme a la sección 3. La documentación de origen no declara norma de fabricación ni certificación.

El equipo no debe instalarse en áreas clasificadas como peligrosas por atmósfera explosiva.

El principio de medición exige una conductividad del fluido superior a 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El equipo no mide hidrocarburos, aceites, gases ni agua desmineralizada de alta pureza.

La exactitud declarada supone tubería llena, tramos rectos conforme a la sección 9.2, puesta a tierra adecuada y eje de electrodos en el plano horizontal.

El equipo no verifica ni certifica la calidad, la composición ni la potabilidad del fluido que lo atraviesa.

La configuración de sensor de inserción tiene menor exactitud que la bridada y no es adecuada cuando la medición tendrá validez ante un tercero.

Si su aplicación requiere medición con validez fiscal o comercial ante terceros, o se ubica en un área clasificada, Tecnométrica puede revisar la selección y presentarle la opción adecuada a su proceso.

22. Soporte técnico

Tecnométrica acompaña la selección de materiales, la definición del punto de instalación, la puesta en marcha del equipo y la integración a sistemas de supervisión. Para cualquier duda sobre la compatibilidad del recubrimiento y del electrodo, la selección del diámetro, la configuración o la interpretación de las lecturas, quedamos a su disposición.

Contacto	Datos
Empresa	Comercializadora Tecnométrica, S.A. de C.V.
Domicilio de atención a cliente	Plaza Palmares Sur, Carretera Nacional 900, Local 58, Col. El Encino, Monterrey, Nuevo León, México, C.P. 64987
Sitio web	www.tecnometrica.com.mx
Teléfono	+52 81 1100 5755
Correo electrónico	contacto@tecnometrica.com.mx

Las recomendaciones de seguridad, instalación, selección de materiales, mantenimiento y alcance de medición se emiten con carácter orientativo y no sustituyen la verificación específica para las condiciones de cada instalación. La responsabilidad sobre la selección definitiva del equipo, la compatibilidad del fluido manejado y la ejecución del mantenimiento descrito corresponde al usuario de la instalación.

Anexo A. Formato de verificación y linealización en campo

Este formato se emplea para registrar la verificación del equipo contra un dispositivo patrón de caudal y para calcular los coeficientes de compensación conforme al procedimiento de la sección 17.5.

A.1 Datos del equipo

Dato	Registro
Número de serie del equipo	
Diámetro nominal del sensor	
Tamaño de sensor configurado en el convertidor	
Coeficiente del sensor en la placa de datos	
Coeficiente del sensor configurado en el convertidor	
Material del recubrimiento	
Material del electrodo	
Rango de caudal configurado	
Unidad de caudal y de totalizador	
Fecha de la verificación	
Responsable de la verificación	

A.2 Corrida de verificación

Recorra el rango del caudal mayor al menor, con tantos puntos como sea posible. Registre el valor del patrón y el valor indicado por el equipo en cada punto.

Punto	Velocidad m/s	Caudal del patrón	Caudal indicado por el equipo	Error %	Coeficiente calculado
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Fórmulas de cálculo

Error (%) = $\left(\frac{\text{Caudal indicado} - \text{Caudal del patrón}}{\text{Caudal del patrón}} \right) \times 100$

Coeficiente nuevo = Coeficiente actual $\times \left(\frac{\text{Caudal del patrón}}{\text{Caudal indicado}} \right)$

Coeficiente K nuevo = Coeficiente K original $\times \left(\frac{\text{Valor del patrón}}{\text{Valor medido}} \right)$

A.3 Tabla de compensación a cargar

Capture los puntos en orden ascendente de velocidad y deje en cero los puntos no utilizados, con su coeficiente en 1.0.

Punto	Velocidad a capturar POINT_n (m/s)	Coeficiente a capturar Coefficient_n	Segmento de velocidad que corrige
POINT_1			
POINT_2			
POINT_3			
POINT_4			
POINT_5			
POINT_6			
POINT_7			
POINT_8			
POINT_9			

Recordatorios de la operación

Deshabilite el interruptor de ajuste antes de ejecutar la corrida de verificación, para obtener la respuesta natural del equipo.

Registre por escrito el coeficiente del sensor vigente antes de modificarlo, de modo que sea posible restaurarlo.

Conforme al ejemplo de la documentación de origen, el coeficiente de un punto corrige el segmento que termina en la velocidad de ese punto. Verifique este comportamiento en la unidad antes de cargar la tabla completa.

Por encima del punto de velocidad más alto configurado no se aplica corrección.

Anexo B. Lista de verificación de puesta en marcha

Esta lista reúne los pasos mínimos recomendados por Tecnométrica para la puesta en servicio de un medidor TEM82E.

B.1 Antes de instalar

Paso	Verificación	Referencia
1	Confirmar que el punto de instalación NO está en área clasificada por atmósfera explosiva	Sección 2
2	Confirmar que la conductividad del fluido es mayor a 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Sección 4
3	Confirmar la compatibilidad del recubrimiento y del electrodo con el fluido	Sección 6
4	Verificar que el caudal de operación cae en el rango del diámetro, con velocidad preferente de 1 a 5 m/s	Sección 5
5	Registrar el coeficiente del sensor y el valor de cero de la placa de datos	Sección 3.2
6	Confirmar el estándar de barrenado de la brida antes de fabricar contrabridas	Sección 7

B.2 Instalación

Paso	Verificación	Referencia
7	Confirmar tramo recto conforme al accesorio real presente aguas arriba	Sección 9.2
8	Confirmar que la tubería permanecerá llena en todo momento y sin acumulación de aire	Sección 9.1
9	Verificar que el eje de los electrodos queda en el plano horizontal	Sección 9.1
10	Verificar que la caja de bornes queda por encima de la tubería	Sección 2.4
11	Confirmar la orientación del tubo: horizontal o inclinada ascendente	Sección 9.4
12	Verificar que la flecha de dirección de flujo coincide con el fluido real	Sección 9.5
13	Instalar empaques estándar centrados, sin compuesto conductivo ni grafito	Sección 9.3
14	Ejecutar y verificar la continuidad efectiva de la puesta a tierra	Sección 9.6
15	En sensor de inserción, verificar profundidad y alineación del brazo indicador	Sección 8

B.3 Conexionado

Paso	Verificación	Referencia
16	Verificar la tensión de alimentación antes de energizar	Sección 10.3
17	Conectar la tierra de protección del equipo	Sección 2.3
18	Verificar que la carga del lazo de 4 a 20 mA es menor o igual a 500 ohm	Sección 10.4
19	En convertidor remoto, verificar el cable de señal blindado y su aterrizaje en un solo extremo	Sección 10.2
20	En convertidor remoto, verificar la posición del selector de pulso activo o pasivo	Sección 10.2

B.4 Configuración

Paso	Verificación	Referencia
21	Confirmar que el tamaño de sensor configurado coincide con el diámetro real	Sección 17.1
22	Confirmar que el coeficiente del sensor coincide con la placa de datos	Sección 17.2
23	Configurar la unidad y los decimales de caudal y de totalizador	Secciones 12 y 13
24	Configurar el rango de caudal conforme al caudal máximo real de la instalación	Sección 12.1
25	Configurar ambos umbrales de alarma, verificando que el bajo sea menor que el alto	Sección 12.3
26	Configurar el corte por caudal bajo por debajo del caudal mínimo del diámetro	Sección 12.2
27	Configurar el sentido de flujo conforme a la aplicación	Sección 12.5
28	Verificar que la detección de tubería vacía queda habilitada	Sección 17.3
29	Con la línea llena y las válvulas cerradas, ejecutar el ajuste de cero	Sección 14.2
30	Configurar la salida de pulso o frecuencia y verificar la frecuencia al caudal máximo	Sección 15
31	Calibrar la salida de 4 mA y de 20 mA contra amperímetro	Sección 14.1
32	Asignar una dirección de dispositivo única en el segmento de red	Sección 16
33	Configurar los parámetros del puerto y verificar la comunicación con el maestro	Sección 16
34	Si se emplean unidades de masa, capturar la densidad real del fluido	Sección 17.6

B.5 Registro de línea base

Paso	Dato a registrar	Valor
35	Tensión entre electrodos con caudal estable	
36	Lectura inicial del totalizador	
37	Coeficiente del sensor y tamaño configurados	
38	Rango de caudal y umbrales de alarma configurados	
39	Dirección de dispositivo y parámetros de puerto	

Registro de puesta en marcha

Conserve la lectura de tensión entre electrodos, la lectura inicial del totalizador y los parámetros configurados obtenidos en la puesta en marcha. Constituyen la línea base contra la cual se evalúa cualquier desviación posterior.

Repita la lectura de tensión entre electrodos en cada visita de mantenimiento y compárela contra esa línea base. Es el indicador temprano de contaminación de electrodos.