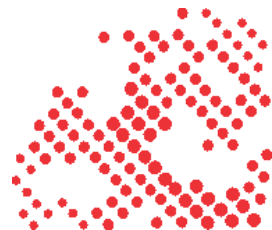


MEDICIÓN DE FLUJO DE GASES POR DISPERSIÓN TÉRMICA

Guillermo Palacio P

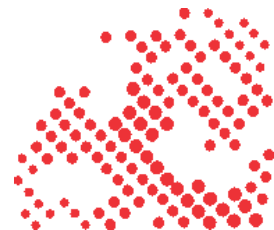
Gerente Técnico

Noviembre 23 2015



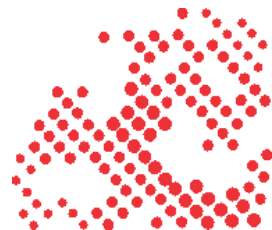
Contenido

1. Propiedades de los gases.
2. Métodos de medición flujo de Gas Natural .
3. Método calorimétrico.
4. Principio de funcionamiento medidores másicos.
5. Transmisor de flujo FT-1 de Fox Thermal Instruments.
6. Aplicaciones.



Condiciones Normales/Standard

- Condiciones Normales:
 - Es un término cualitativo que depende de la preferencia del investigador; a menudo implica la presión del ambiente y la temperatura del lugar.
- Estándar:
 - Es un valor exacto o un concepto establecido por autoridad o por acuerdo, que sirve como modelo o regla en la medición de una cantidad o en el establecimiento de una práctica o procedimiento

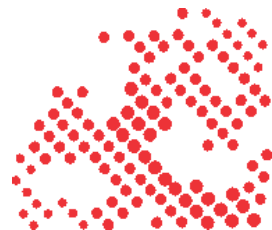


Conclusión

- Para fines prácticos no hay una diferencia significativa entre $1,01325 \times 10^5$ Pa y 10^5 Pa. Podemos seguir empleando la presión de 1 atm para cálculos que no requieran un rigor científico.

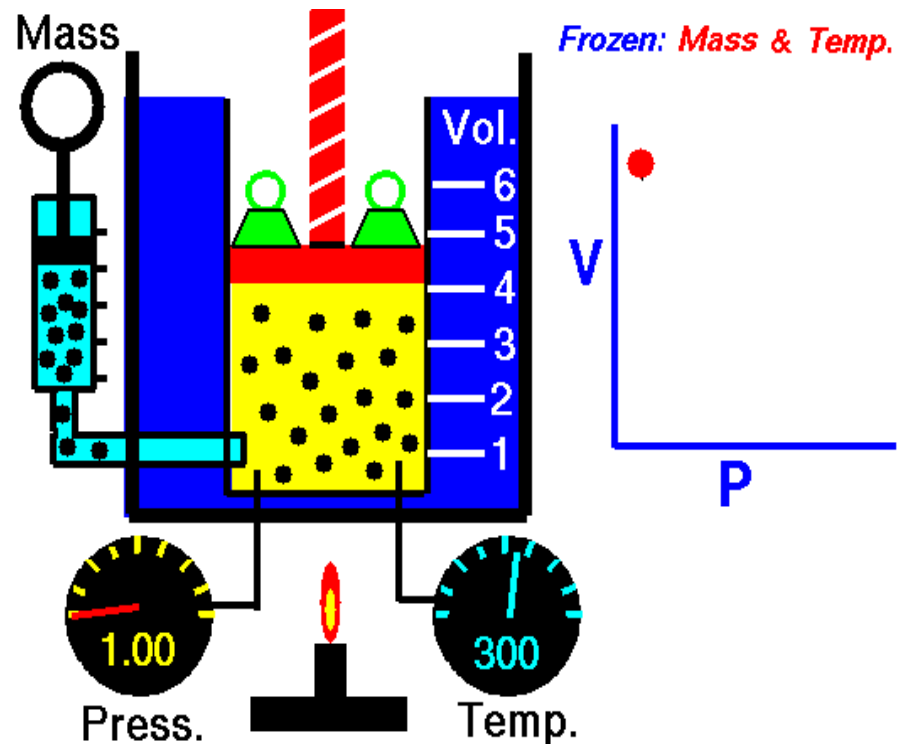
De acuerdo a las definiciones anteriores, podemos resumir lo siguiente:

- **Condiciones Estándares:** 1 atm y 0°C
- **Condiciones Normales:** Presión y Temperatura del lugar. Depende de las condiciones a las cuales se esté haciendo el experimento, estudio o medición; comúnmente para la presión es 1 atm, y la temperatura: 15°C , 20°C , 25°C ó 27°C



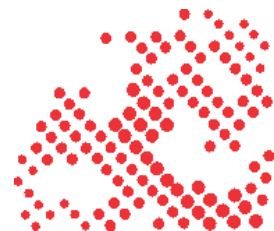
Ley de Boyle

- $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$
- A temperatura constante, el volumen de una masa fija de gas es inversamente proporcional a la presión que esta ejerce.



Ley de Gases

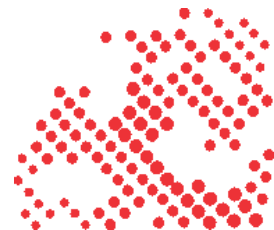
- La ley de Charles establece que el volumen y la temperatura son directamente proporcionales entre sí, siempre y cuando la presión se mantenga constante. La ley de Boyle afirma que la presión y el volumen son inversamente proporcionales entre sí a temperatura constante. Finalmente, la ley de Gay-Lussac introduce una proporcionalidad directa entre la temperatura y la presión, siempre y cuando se encuentre a un volumen constante. La interdependencia de estas variables se muestra en la ley de los gases combinados, que establece claramente que:
- La relación entre el producto presión-volumen y la temperatura de un sistema permanece constante.



$$P_i.V_i.T_o = P_o.V_o.T_i$$

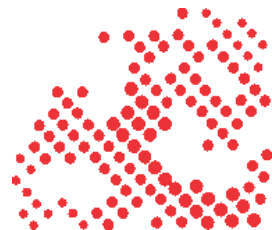
$$\frac{PV}{T} = K$$

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2}$$



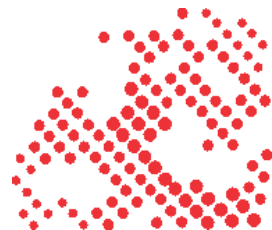
Tecnologías para medición de GN

- Durante muchos años, los medidores de turbina y dispositivos de presión diferencial han sido las tecnologías de medición de flujo aceptadas y preferidas para aplicaciones de medición con transferencia de custodia para gas natural.
- Para llegar a unidades de volumen estándar de flujo las tecnologías tradicionales de flujo debe ser compensadas para adaptarse a los cambios en la presión y temperatura del gas que se está midiendo.



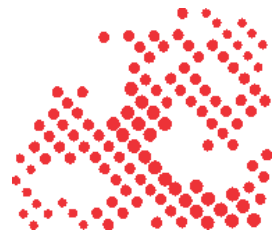
Medición de GN con placas de orificio

- Incluso con la introducción de opciones de medición más nuevas y más precisas, los medidores de orificio todavía se utilizan ampliamente en la industria del gas natural. En el futuro previsible, los medidores de orificio seguirán desempeñando un papel importante en la medición de gas natural. Futuras mejoras a medidores de orificio podrían incluir un mayor uso de los métodos de diagnóstico para identificar las situaciones operacionales comunes que pueden introducir errores de medición.
- By Edgar B. Bowles, Jr. and Adam G. Hawley, Southwest Research Institute, San Antonio.



Medición de GN con placas de orificio

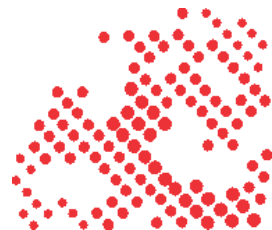
- Ejemplos de condiciones de campo que pueden causar un error en la medición de flujo, incluyen líquido en la corriente de flujo (por ejemplo, aceite del compresor, condensado de hidrocarburos, agua, etc.), los depósitos de grasa en la placa de orificio, pulsaciones en el flujo, una placa de orificios instalada al revés, una placa doblada, mellas o muescas en la perforación de orificios borde de ataque, etc.
- By Edgar B. Bowles, Jr. and Adam G. Hawley, Southwest Research Institute, San Antonio.



Medición de GN con placas de orificio

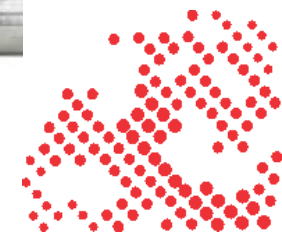
| Operational Characteristic | Approximate Flow Rate Error (% of reading) |
|---|--|
| Orifice plate surface roughness | Up to +0.7% |
| Notches/grooves on orifice edge | -0.6% < to < +1.0% |
| Plate thickness and bevel angle | -0.4% to +3.7% |
| Plate installed backwards | Up to -20% |
| Liquid film on plate | Up to ±1.5% |
| Liquid film on meter tube | Up to +1% |
| Grease on surface of plate | Up to -13% |
| Bent/warped plate | < -0.5%, if angle of deflection < than 1° |
| Orifice eccentricity | < +0.1%, if maintained at allowable limits |
| Swirl effects | Up to +5.2%, depending on swirl type |
| Location of downstream thermowells | < ±0.28% for TWs as close as 1.63 pipe diameters |
| High differential pressures ($\Delta P > 100$ in. H_2O) | < +0.1%, if allowable limits are followed |
| Low differential pressures ($\Delta P < 10$ in. H_2O) | Can exceed +4%, if $\Delta P < 20'' H_2O$ column |
| Pulsation effects | > 0.5%, if $\Delta P_{avg} > 0.25$ psi |
| Acoustic noise | Can exceed ±0.23%, if pulsations > 155 dBA |

- By Edgar B. Bowles, Jr. and Adam G. Hawley, Southwest Research Institute, San Antonio.
- Pipeline & gas Journal



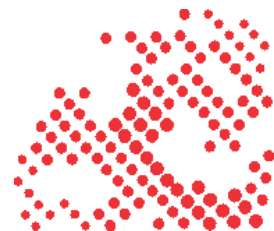
Medidores de flujo ultrasónicos para GN.

- Los medidores de flujo ultrasónico comenzaron a ganar protagonismo en las aplicaciones de flujo de gas natural de alta capacidad entre principios y mediados de 1990. Sin embargo, su uso para aplicaciones de transferencia de custodia era limitada debido a la falta de un estándar de la industria que podría hacer referencia en los contratos de venta de gas natural.
- En 1994, el Comité de Transmisión de medición (TMC) de la Asociación Americana de Gas (AGA) se propuso remediar esa situación. La AGA TMC publicó una Nota Ingeniería Técnica en mayo de 1996 y una práctica recomendada en junio de 1998, la AGA No. 9.
- Uno de los primeros resultados de la investigación era que medidores ultrasónicos eran muy sensibles a la forma del perfil de velocidad del flujo que pasa a través del medidor, lo que obligó a utilizar correctores de flujo.



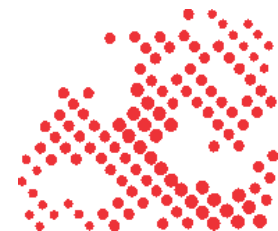
Medidores de flujo Coriolis para GN.

La tecnología de medición de flujo de Coriolis comenzó a ganar popularidad en la industria del gas natural, principalmente en alta presión y aplicaciones de bajo volumen, a finales de 1990. Un esfuerzo se puso en marcha en 1999 por la AGA TMC, con la asistencia del Comité de la API de Gas Fluidos Medición (COGFM), para desarrollar un estándar de la industria para esta tecnología. La AGA publicó una Nota Ingeniería Técnica sobre el tema (es decir, de Coriolis medición de flujo para aplicaciones de Gas Natural) en 2001, seguida de una práctica recomendada, AGA Informe No. 11.



Medidores de flujo Coriolis para GN.

A diferencia de las tecnologías tradicionales de flujo, medidores Coriolis proporcionan flujo masico directamente. Este flujo masico se convierte fácilmente en unidades de volumen estándar, eliminando la necesidad de compensación de temperatura o presión.

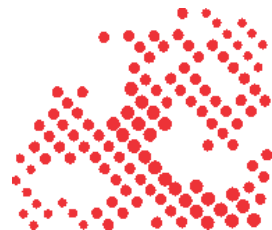


Calor Especifico

- El calor específico es la cantidad de energía necesaria para elevar 1 °C la temperatura de un gramo de materia.

$$Q = m \int_{T_i}^{T_f} c \Delta T$$

$$Q = mc\Delta T$$



Método Calorimétrico

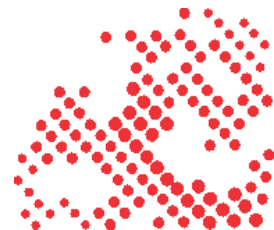
Se emplean dos métodos calorimétricos:

- Método CP (potencia constante): El poder calorífico del cuerpo se mantiene constante. El caudal volumétrico se determina mediante la medición de la diferencia de temperatura entre los dos sensores.



Método Calorimétrico

- Método CTD (Constante térmica diferencial):
La diferencia de temperatura entre los dos sensores se mantiene constante. El caudal volumétrico se determina mediante la medición del poder calorífico. Este principio es utilizado principalmente por los medidores de flujo.

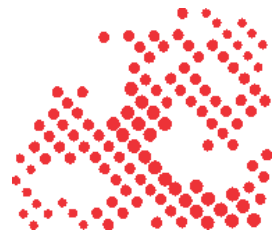
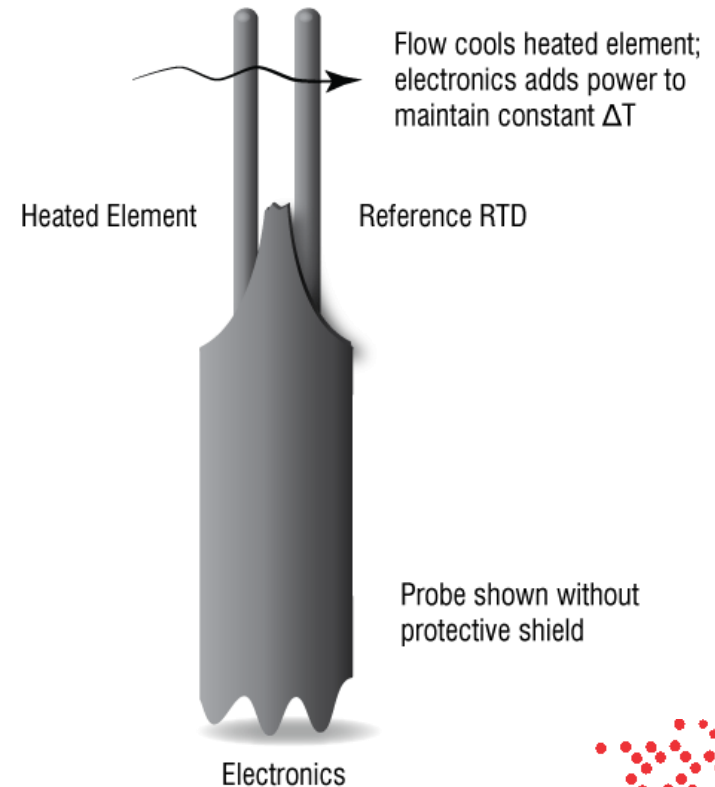


Teoría de operación

Diferencial de temperatura Constante (ΔT)

- Reference RTD measures temperature of the gas
- Power to the heated element is regulated by the electronics
- A constant ΔT is maintained

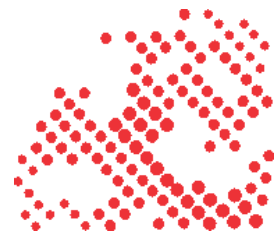
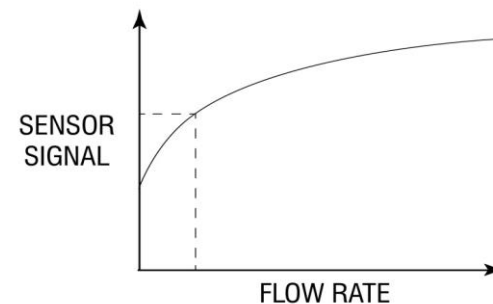
DDC-Sensor™



Teoría de operación

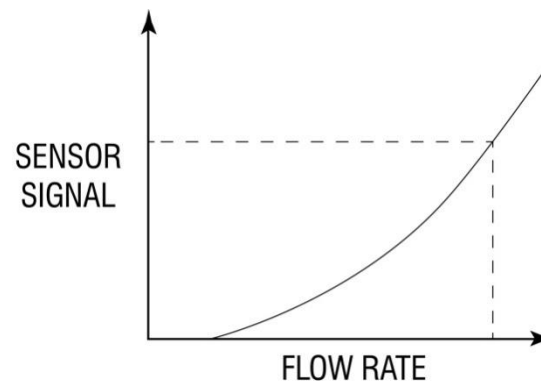
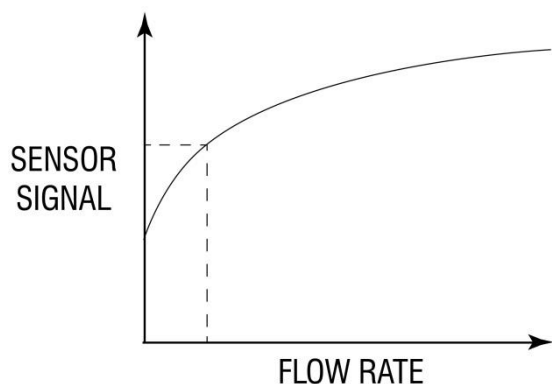
Diferencial de temperatura Constante (ΔT)

- A medida que aumenta el flujo, las moléculas de gas absorben calor del elemento calentado.
- Sintiendo la reducción de Temperatura, la electrónica agrega energía para mantener un ΔT constante. DDC-Sensor™
- La cantidad de potencia aplicada al elemento calentado es proporcional a la tasa de flujo másico.



Response Curves

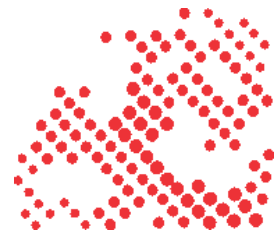
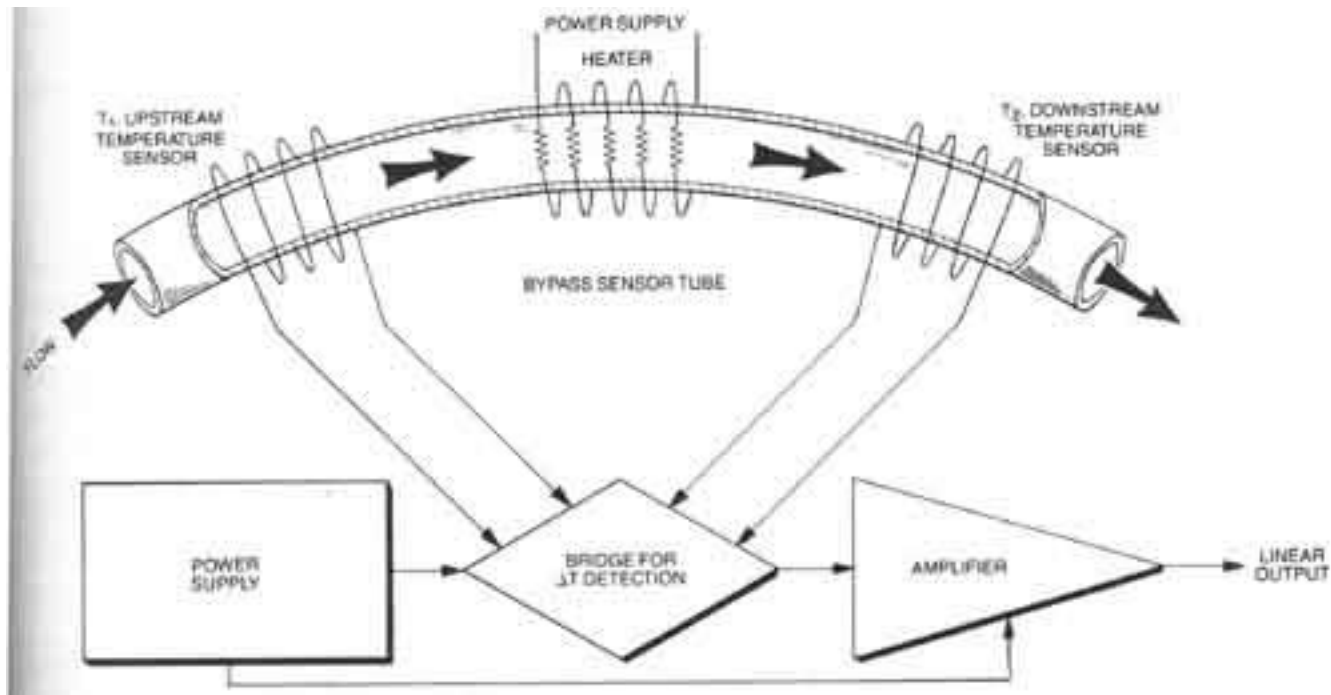
| Activity | Fox Meter Performance | DP Device Performance |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Signal @ Low Flow Rate | Strong | Weak |
| Accuracy @ Low Flow Rate | High | Low |
| Low Velocity Measurements | Yes | No |



Differential Pressure (DP) Devices: Orifice Plates and averaging Pitot Tubes



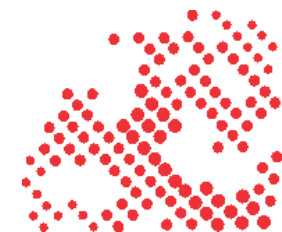
Principios de Operación



FABRICANTE DE MEDIDORES DE FLUJO MASICO PARA GASES

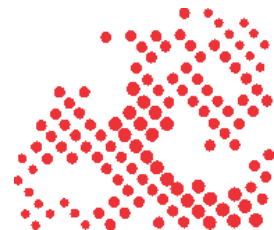


Award Winner!!
FOX Model FT1
The Model FT1 has won the
2015 Flow Control Innovation Awards



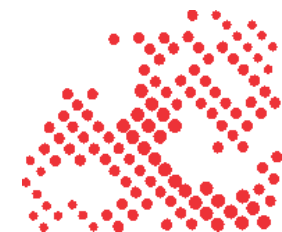
What's New?

- DDC-Sensor™
 - Direct Digitally Controlled
 - Platform for gas correlation algorithms
- Gas-SelectX™
 - On-board gas menu
 - Most accurate correlation calibration on the market
- Zero CAL-CHECK™
 - In-situ calibration validation test
- One week lead time
- Lowest Price Fox flow meter



Key Differences

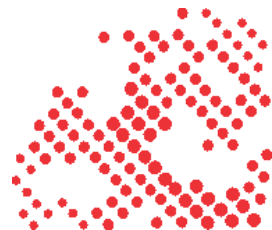
| Description | FT1 | FT2A/FT3 |
|------------------------------|---------------------------------|---|
| Inline meters | No (insertion only) | Yes |
| AC Power Option | No (10-30VDC only) | Yes |
| Remote Sensor | No | Yes |
| Retractor | No | Yes |
| Probe Diameter | $\frac{3}{4}$ " | $\frac{1}{2}$ " |
| Pulse Output | Yes, if no RS485 | Standard |
| ±180 Degree Housing Rotation | Rotate as desired, set in field | Display configuration pre-ordered, set in factory |



New!! More Gas Options Available with Gas-SelectX[®]!

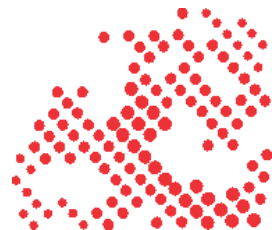
**Medición
y Control**
LA MEDICION CONFIABLE

- Modelo FT1 está equipado con la función de Gas-SelectX[®] que permite al usuario elegir entre una lista de los gases puros y mezclas para el FT1.



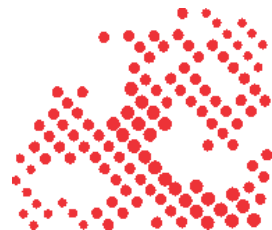
Superior Field Programmability

- Gas/gas mix from Gas-SelectX™ menu
- Flow and temperature units
- Pipe ID
- 4 to 20mA scaling
- Standard temperature and pressure (STP)
- Pulse output scaling
- Modbus RTU / BACnet MS/TP
- High/Low Flow/Temperature alarms
- Display arrangement
- Simulation Settings
- Zero flow cutoff
- Filter/Dampening



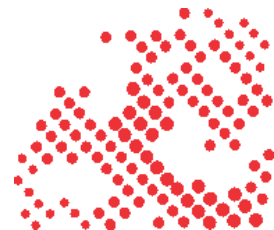
Fox Model FT1 Probe Features

- Insertion Type Flow Meters
 - $\frac{3}{4}$ " probe
 - 6" to 36" probes for 1 $\frac{1}{2}$ " to 70" pipes
 - $\frac{3}{4}$ " Weld-o-let (same as FT2A and FT3)
 - Compression fitting standard
 - Probe swivels to allow meter enclosure to rotate 360° ($\pm 180^\circ$; 4 positions)



DDC Sensor™ Features

- As DDC-Sensor™ = Direct Digitally Controlled
- Direct interface with microprocessor
- High sensitivity to flow
- Wide measurement range: 15 – 15,000 SFPM
- Up to 1000:1 turndown
- Excellent accuracy at low flow rates
- Faster response time: 0.8 seconds
- Platform for gas correlations/Gas-SelectX™



Gas-SelectX™

- Choose gas type or select gas mix percentages using the Gas-SelectX™ feature on the Model FT1
- Every FT1 flow meter is pre-calibrated for...

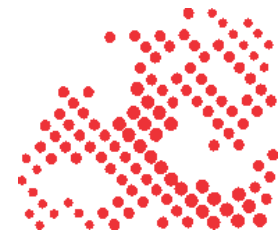
- Multiple Gases:

- Air
- Argon
- Carbon Dioxide
- Natural Gas
- Propane
- Butane
- Nitrogen
- Oxygen
- Helium
- Hydrogen

- Gases Mixes:

- Methane/Carbon Dioxide/Nitrogen Mixes
- Propane and Butane Mix (LPG)

The FT1 correlation algorithms allow the meter to be calibrated on a single gas in the factory while providing the user the ability to select other gases in the Gas-SelectX™ gas menu.



Zero CAL-CHECK™ Test

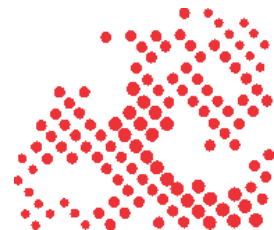
- Normal Mode:
 - Sensor generates a signal proportional to flow rate
 - Interpreted by microprocessor into mass flow measurement

- Zero CAL-CHECK™ Mode:
 - Sensor generates a zero flow rate signal
 - Microprocessor compares to factory baseline data
 - Reports pass/fail result



Techniques for Achieving Zero Flow

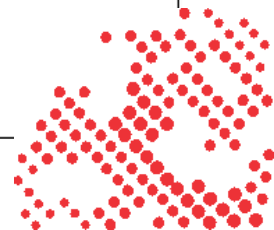
- Zero CAL-CHECK™ testing can be achieved in one of two common ways:
 - Pipe Bypass / Valving-Off
 - Probe protector
- Failure may indicate a dirty sensor



Zero CAL-CHECK™ Certificate

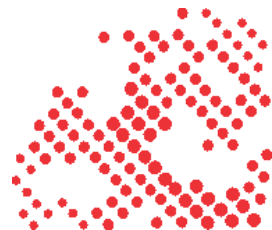
- If using FT1 View™ Software, a certificate may be generated:
 - Date and time of test
 - Serial number
 - Pass/fail test result
 - Test Temperature
 - Tag/location
 - Performed by
- Form/data cannot be modified

| FOX THERMAL INSTRUMENTS, INC. 399 RESERVATION ROAD MARINA, CA 93933 USA PHONE: 831-384-4300 FAX: 831-384-4312 sales@foxthermalinstruments.com www.foxthermalinstruments.com FOX THERMAL INSTRUMENTS IS ISO 9001 CERTIFIED | | |
|---|-----------------|------------|
| Zero CAL-CHECK™ CERTIFICATE CALIBRATION VALIDATION | | |
| Zero CAL-CHECK™ Performed on: | March 12 2015 | 2:01:33 PM |
| Firmware version: | FT1 V1.0k-u | |
| Fox Meter Serial Number: | 12345 | |
| Zero CAL-CHECK™ Results: | ZRO CHK PASS | |
| Zero CAL-CHECK™: | -0.28% | |
| Test Temperature | 77.1 F | |
| Tag #/Meter Location: | FOX-12 | |
| Test performed by: | C.Guggenheim | |
| Additional Comments: | Testing 1234... | |
| Zero CAL-CHECK™ is a calibration routine that validates the flow meter's calibration accuracy by testing the following: <ul style="list-style-type: none">* Sensor free of residue or film* Zero Stability of the meter* Thermal Conductivity (heat transfer) repeatability of the sensor | | |
| At the conclusion of the test, the meter will display a pass/fail message and the Zero CAL-CHECK™ data. | | |
| A "pass" result confirms the meter is measuring accurately. | | |



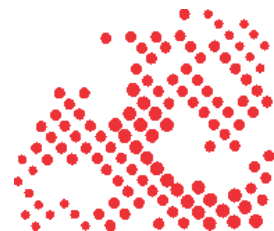
FT1 View™ Software

- FT1 View™ is a free PC-based software
 - Connects FT1 to laptop via USB cable
 - Displays readings and alarms
 - Allows changing of flow meter settings
 - Data logging features stores selected data in a spreadsheet
 - Must have MS Office
- Advantages of using FT1 View™ to run Zero CAL-CHECK™:
 - Log of all tests is maintained.
 - Zero CAL-CHECK™ Certificate
 - Print and/or save certificate



Standard I/O

- USB connection for communication with FT1 View™
- Two outputs
 - 4 to 20mA standard
 - Flow rate or temperature
 - Selection of one 2nd output:
 - Pulse, RS485 Modbus RTU, or BACnet MS/TP
- Discrete Output for Alarms
 - In place of pulse output
 - Not available when RS485 is selected



RS485 Modbus RTU

- Key variables can be accessed
- Multi-drop mode
 - Up to 32 meters over a pair of wires (half duplex)
- Each meter has a unique network address
- Supported baud rates: 2400 to 19,200
- Transmission mode: RTU (binary)



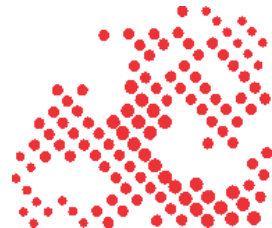
BACnet MS/TP

- Support the profile B-ASC with data sharing functionality
- Analog, binary and multi-state value object types supported
- Support real time synchronization according DM-TS-B
- Galvanically isolated interface with baud rates 9600/19200/38400/76800 bit/s



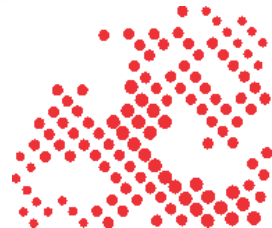
FM/FMc Ratings

- US/Canada - FM/FMc
 - Explosion-proof for Class I, Division 1, Gas Groups B, C, D
 - Non-incentive for Class I, Division 2, Groups A, B, C, D
 - Dust ignition-proof for Class II & III, Division 1, Groups E, F, G
 - NEMA 4 housing



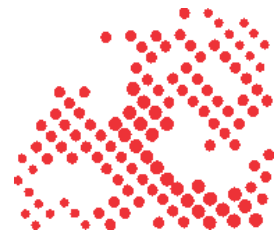
ATEX Approvals

- EU Compliance: ATEX
 - Zone 1
 - II 2 G Ex d IIC T6; $-20^{\circ}\text{C} > \text{Ta} > 70^{\circ}\text{C}$
 - II 2 D Ex tb IIIC IP68 T90°C...300°C
 - Zone 2
 - II 3 G Ex nA IIC T6; $-20^{\circ}\text{C} > \text{Ta} > 70^{\circ}\text{C}$
 - 24VDC power only



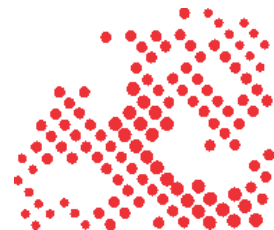
IECEX Approvals

- Worldwide Compliance: IECEx
 - Zone 1
 - II 2 G Ex d IIC T6; $-20^{\circ}\text{C} > \text{Ta} > 70^{\circ}\text{C}$
 - II 2 D Ex tb IIIC IP68 $T90^{\circ}\text{C} \dots 300^{\circ}\text{C}$
 - Zone 2
 - II 3 G Ex nA IIC T6; $-20^{\circ}\text{C} > \text{Ta} > 70^{\circ}\text{C}$



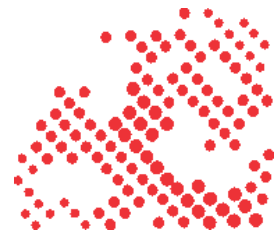
General Specs

- Accuracy:
 - Air: $\pm 1\%$ R; $\pm 0.5\%$ of FS
 - Other gases: $\pm 1.5\%$ R; $\pm 0.5\%$ of FS
 - Accuracy specification applies to customer's selected flow range
 - Maximum range: 15 to 15,000 SFPM (0.07 to 71 NMPS)
 - Minimum range: 15 to 1,000 SFPM (0.07 to 4.7 NMPS)
- Temperature Accuracy:
 - $\pm 1^\circ\text{F}$ ($\pm 0.6^\circ\text{C}$)



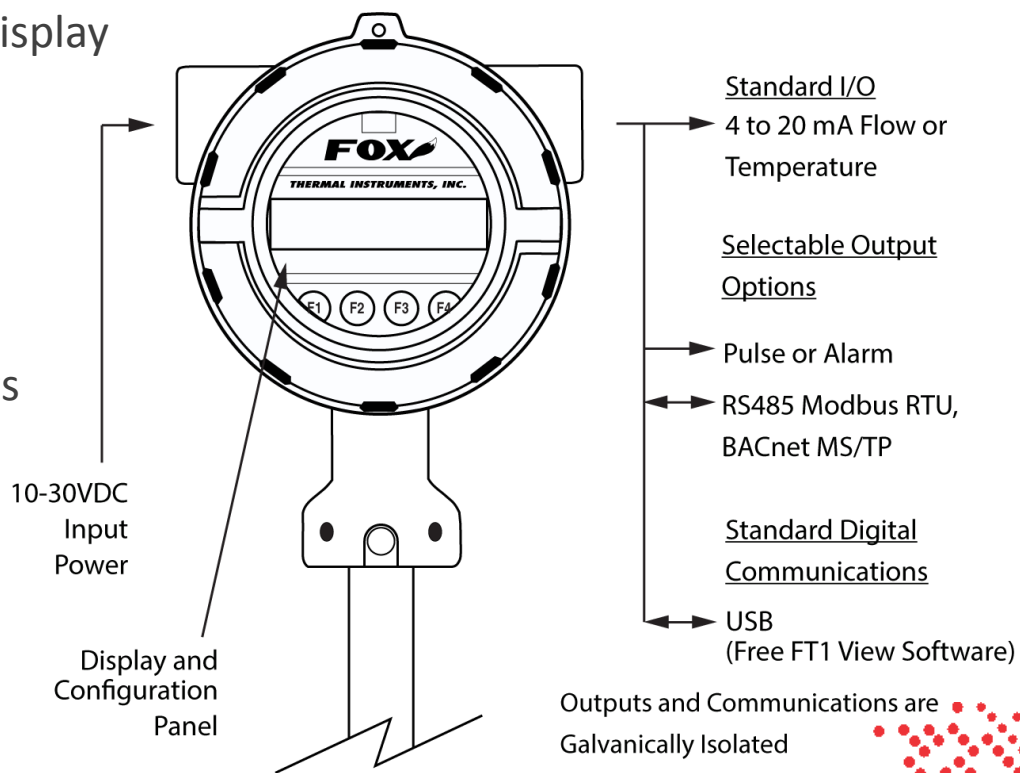
General Specs

- Response time: 0.8 seconds (one time constant)
- Repeatability: $\pm 0.2\%$ of FS
- Maximum line pressure: 300 psig (20.7 barg)
- Process Temperature Rating: DDC Sensor™: -40 to 250°F (-40 to 121°C)
- Enclosure Rating: -40 to 158°F (-40 to 70°C). Display dims below -4°F (-20°C); function returns once temperature rises again.



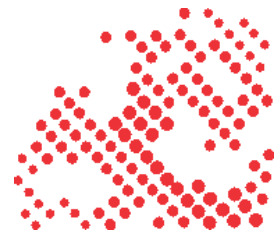
Front Panel Display & Configuration Panel

- Optional Display and Configuration Panel
 - Display:
 - 2-line x 16-character, back-lit LCD display
 - Configuration Panel:
 - Reset Total
 - Program settings
 - Switch gases
 - Run Calibration Validation tests
 - Rotate $\pm 180^\circ$ (four positions)



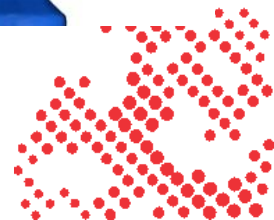
FT1 Key Features

- Measures mass flow of gases
 - No pressure or temperature compensation required
- Measures low flow, low pressure gas better than any other technology
- Wide turndown: up to 1000:1; 100 to 1 typical
- Measures gas temperature
- Negligible pressure drop
- No moving parts
- DDC-Sensor : Platform for gas correlations
- Gas-SelectX™ gas menu



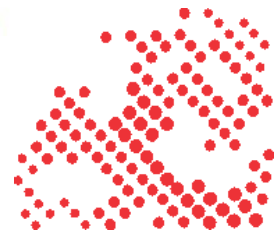
Key Markets & Applications

- Waste Water Treatment Plants (WWTP)
 - Aeration Air
 - Bio Gas
- HVAC/Building Automation
 - Commercial and Campus Facilities – Natural Gas
 - Natural Gas and Air Applications – BACnet typically required
- OEM
 - Boiler, Furnace, Oven manufactures etc..
 - Natural Gas
- Engineering Firms
 - WWTP Projects
 - Hard Spec FT1 / Procurement Spec sheet available



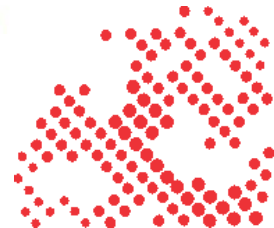
Application Considerations

- Gas Only Applications
 - No liquids or steam
- Dry Gas Applications
 - Avoid applications with condensing moisture
- Dirty Gas Applications
 - Dirt and film buildup will reduce response time
- Upstream/Downstream Straight Pipe Requirements
 - 15 upstream and 10 downstream



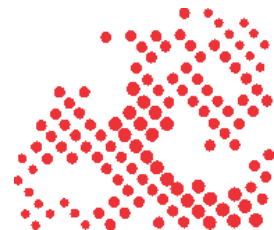
Natural Gas Applications

- Process heating applications
 - Furnaces
 - Ovens
 - Heaters
 - Kilns
 - Dryers
 - Smelters
 - Heat-Treating Systems
 - Thermal Oxidizers
- Steam boilers: power and steam generation
- Sub metering



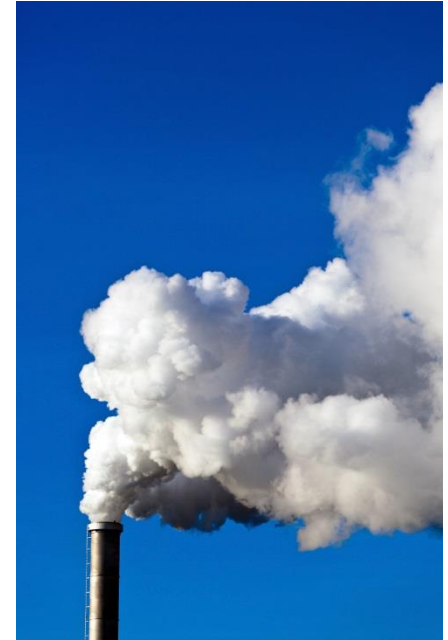
Air Flow

- Compressed air
- Combustion air
- Process air flow
- Aeration at wastewater facilities
- Purge air

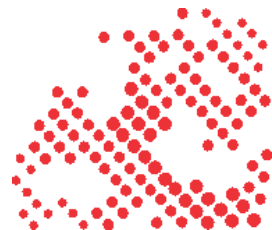


Emissions Monitoring Applications

- Biogas/Digester Gas Monitoring
 - Wastewater Treatment Plants
 - Animal Waste Digesters
 - Animal Methane Flares
- Landfill Gas
- Greenhouse Gases



***Gas flow measurement to a combustion process is used
to calculate total emissions***



MUCHAS GRACIAS

Medición y Control SAS

www.medicionycontrol.com.co

Tel: +57 4 448 2986

