

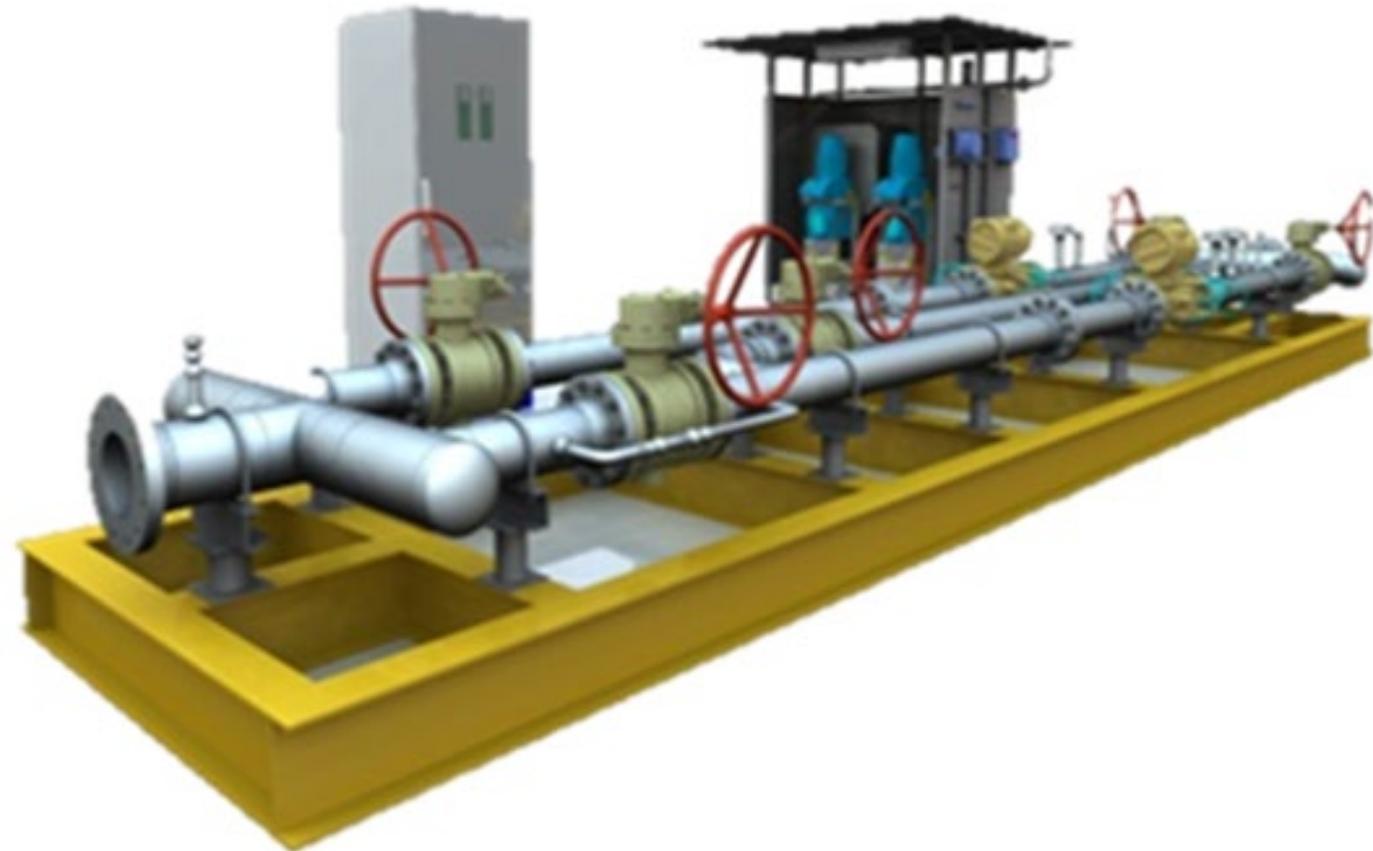


Diseño de sistemas de medición de Gas Natural para grandes consumos, que optimizan el mantenimiento de la estación y reducen el error de medición

Gerardo.iriso@emerson.com

MSS; Proyectos y servicios.-

Emerson Automation Solutions





Introducción

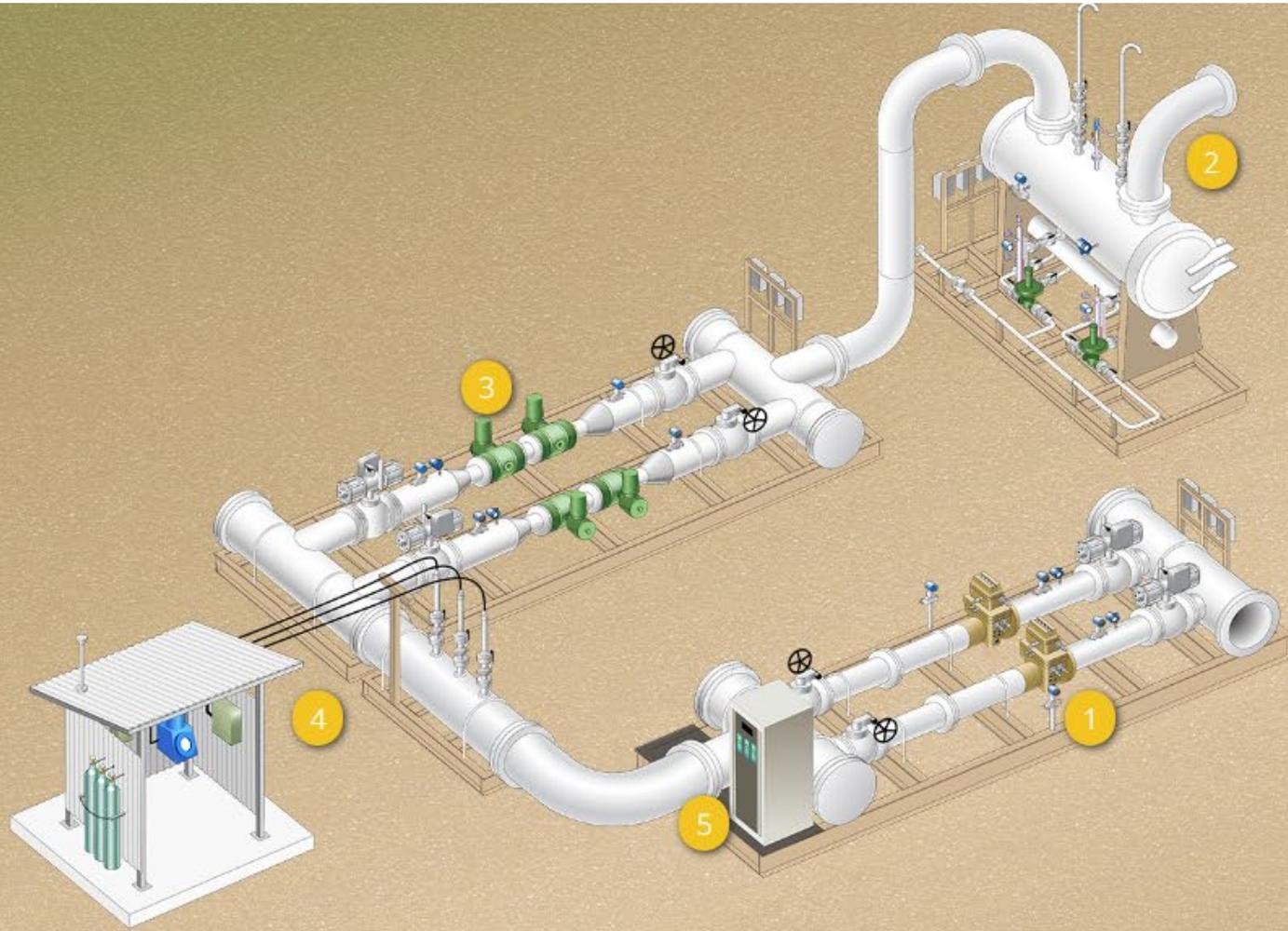
- Han Pasado 26 años desde la primera versión del AGA 9 que extendió el uso de la tecnología de medición ultrasónica la cual se volvió un standard en lo que se refiere a medición fiscal .-
- Con toda esta experiencia acumulada a lo largo de los años, nuevas normas y evolución tecnológica que hoy vemos nos concentraremos en aquellos aspectos que se pasan por alto o simplemente no se tienen en cuenta debido al progreso acelerado y inexperiencia ante nuevas aplicaciones.-



Temario

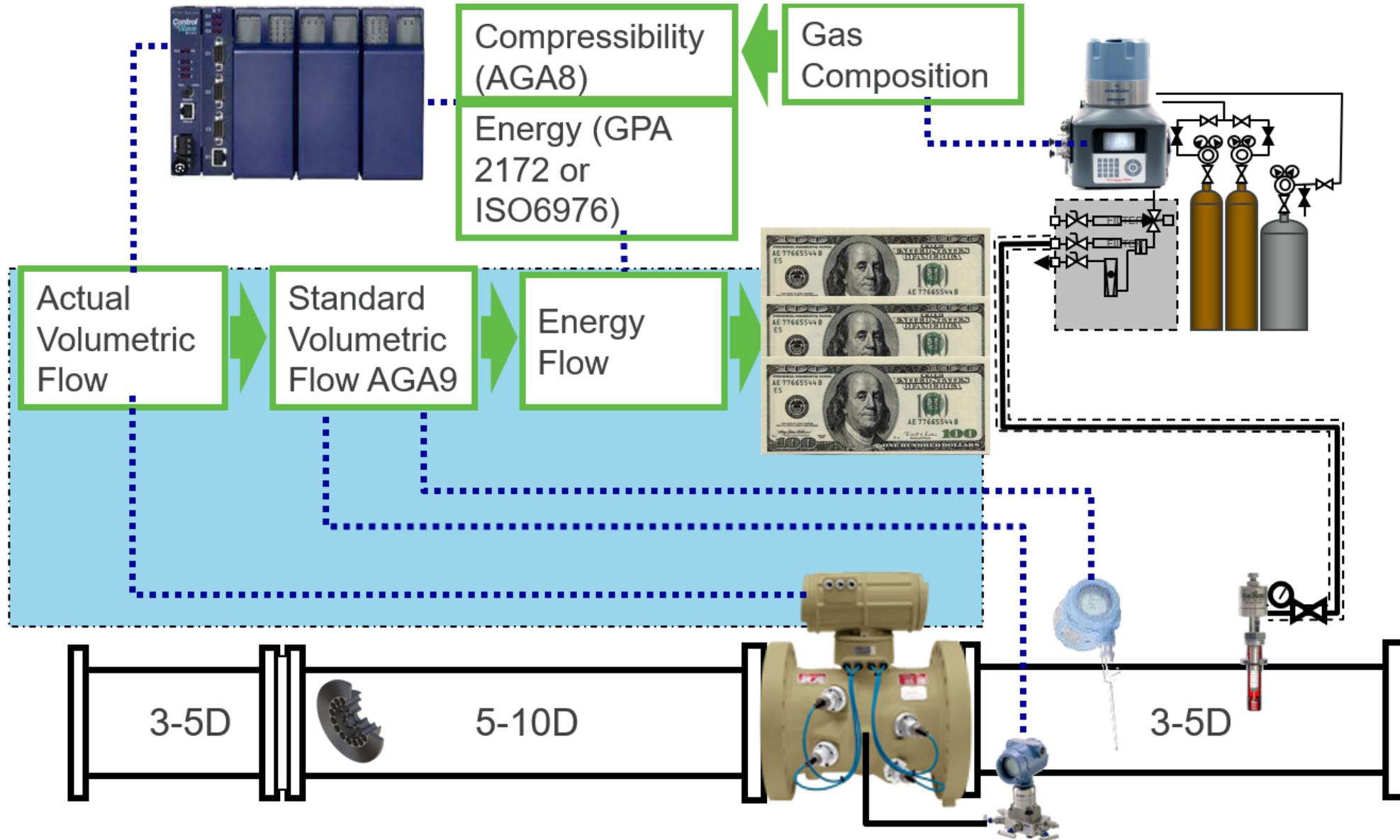
- Generalidad de una estación de medición Fiscal
- Consideraciones de un Sistema de Muestreo Cromatográfico. Importancia de Dew Point , Correcto selección de sondas (Mezclas ricas);Resonancia
- Nuevas Alternativa para el cálculo de velocidad del Sonido
- Medición de Flujo con tecnología ultrasónica por AGA 2022, Actualización
- Tramos de medición y Flow conditioners
- Recomendación de instalación de válvula
- Eliminación de ruido (Filtros y Tees de atenuación)
- Errores de medición según AGA vs OIML
- Diagnósticos y su importancia en la cuantificación de errores.-

Transferencia de custodia o caja registradora



SYSTEMS	
	ALL SYSTEMS
1	METER SYSTEMS
2	FILTERING SYSTEM
3	PRESSURE REGULATING SYSTEM
4	QUALITY SYSTEM
5	CONTROL SYSTEM

Transferencia de custodia o caja registradora



Datos de Diseño :

- Datos de Proceso Max-Norm-Min-Diseño
 - Caudal
 - Presión
 - Temp
 - Densidad/Viscosidad
 - Incertidumbre $\pm 0.1\%$
 - Analítica (GC C9+ +H₂S H₂O) dimensionamos Cromatógrafo y SAM
- Datos de diseño
 - Presión
 - Ambientales
 - Piping Class /Materiales instrumentación/ Pintura
 - Normas (OIML/AGA/API/ISO/ASME/ANSI)
 - Velocidad Máxima Admitida 21m/s a 30 m/s
 - Válvulas Regulación Ruido
 - Flow Calibration Points AGA 9
- Opciones
 - ByPass/Configuración
 - Sampler tipo
 - Sistema de supervisión y control
 - Flow Computer
 - Documentación Servicios Water Draw.



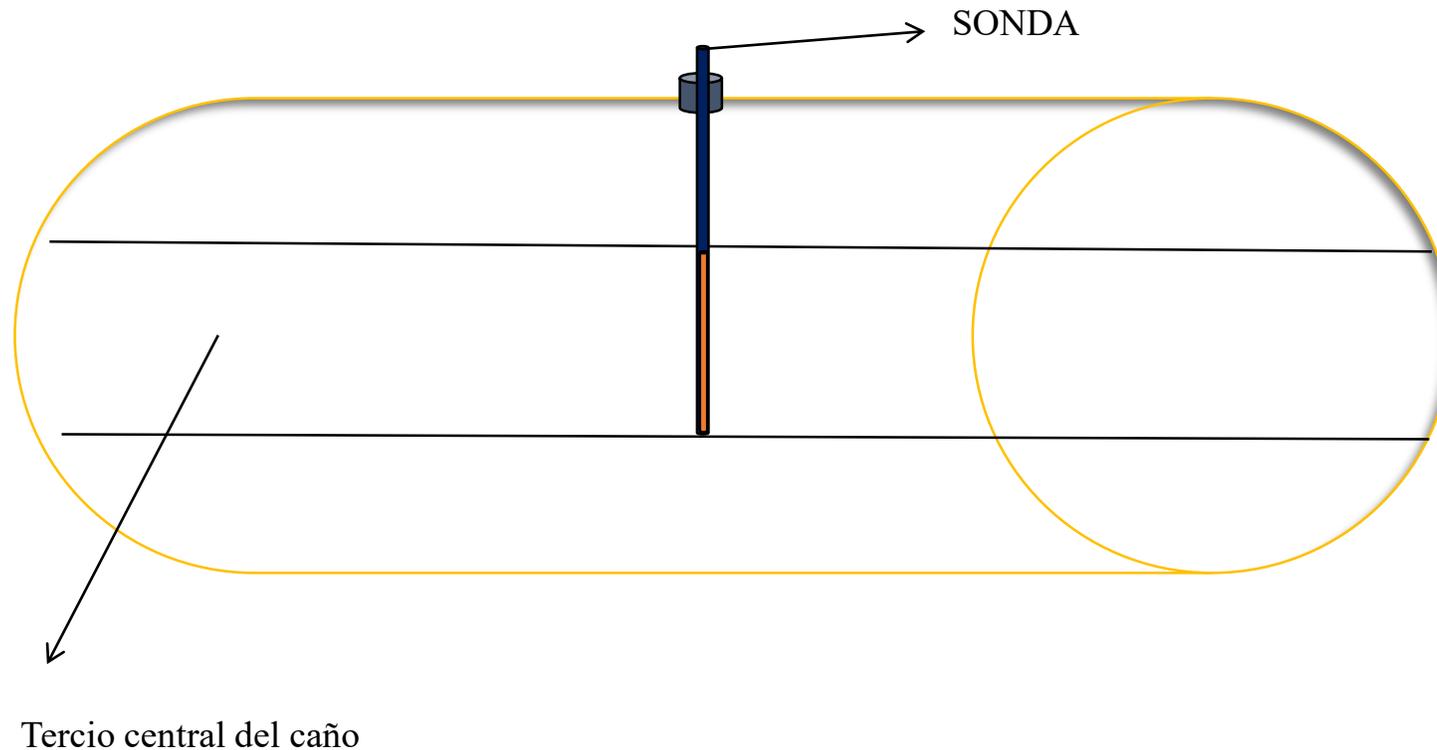
Correcta Selección de Sondos y SAM





Instalación de la sonda

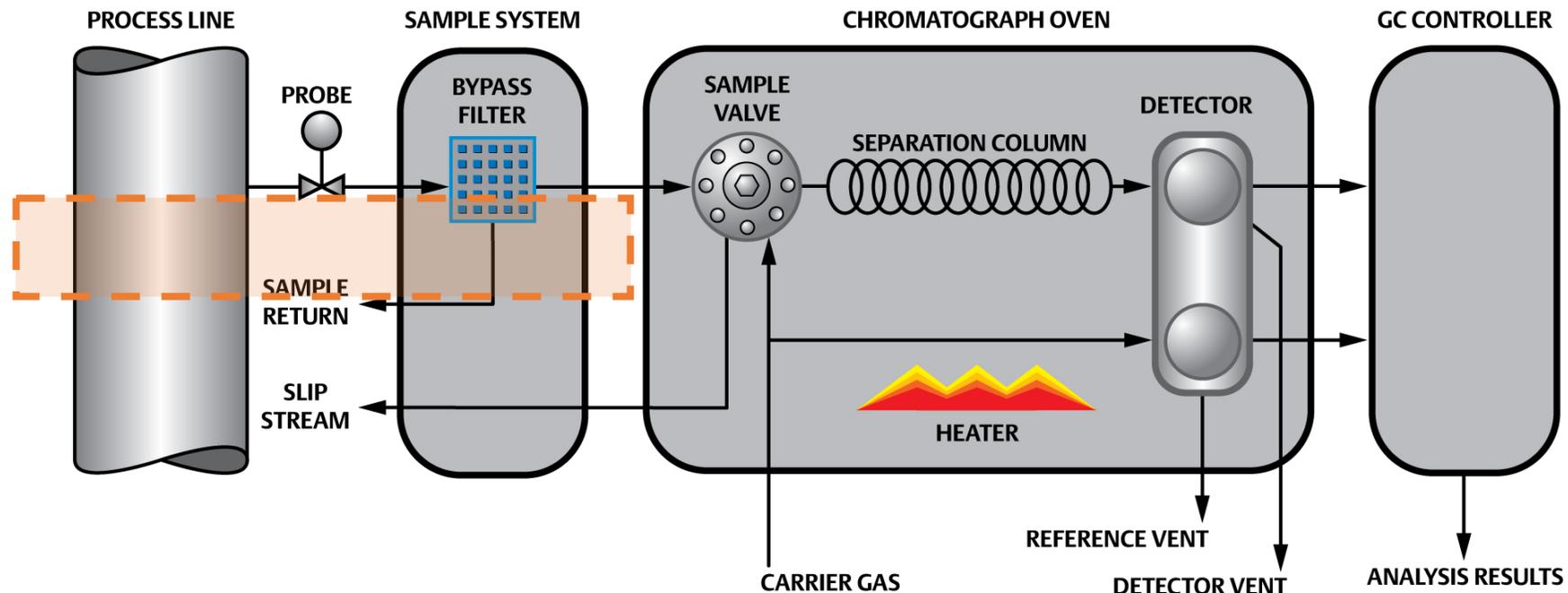
Diseño: el diámetro de la sonda debe calcularse para que no genere vibración por resonancia crítico a partir de 12in



Importancia del SAM tomar muestra representativa

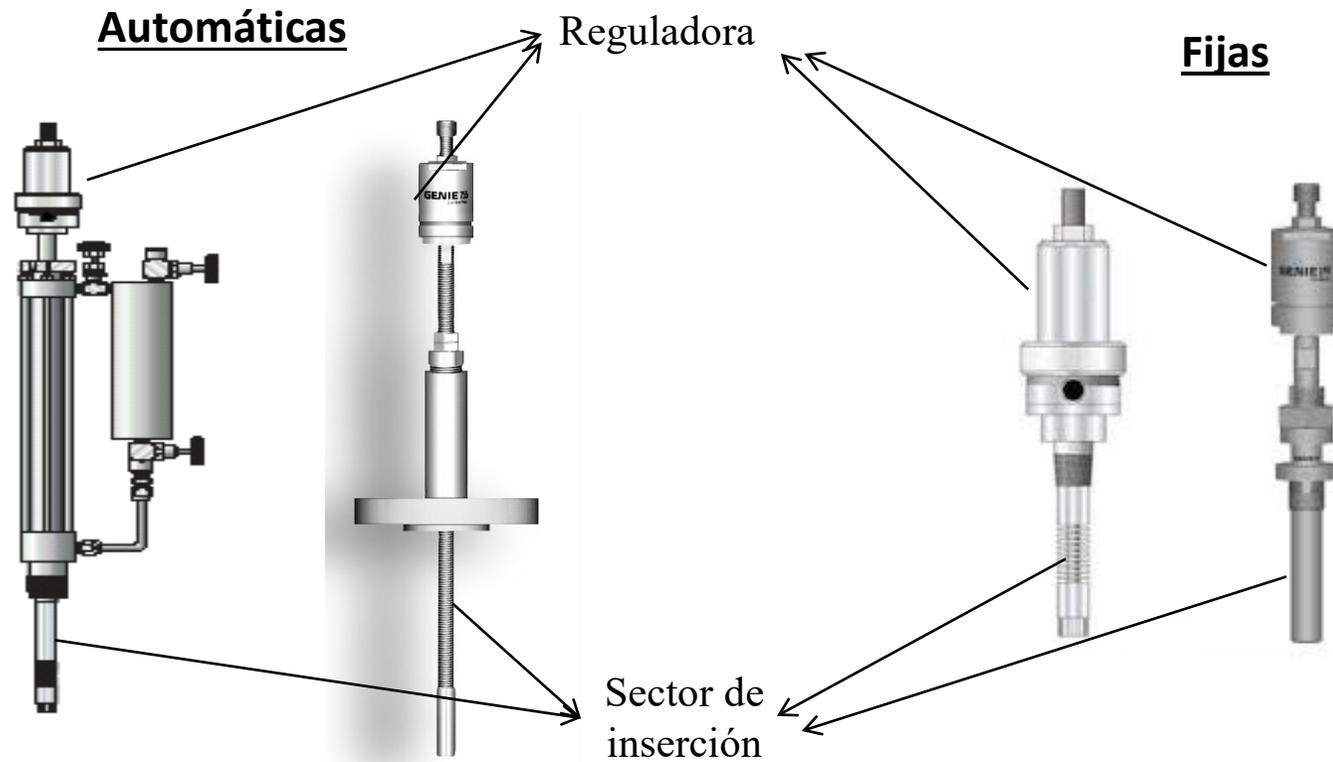
- La muestra llegue con la misma composición con que fue tomada a la primer columna del cromatógrafo en estado 100% gaseoso, libre de sólidos o líquidos suspendidos. **No debe haber 2 fases**, para transferencia de custodia; se deben calcular los lazos de muestras para 4 refrescos por minuto.-

Nota: El 90% de los problemas en una medición analítica son ocasionados por una mala selección o mantenimiento del SAM



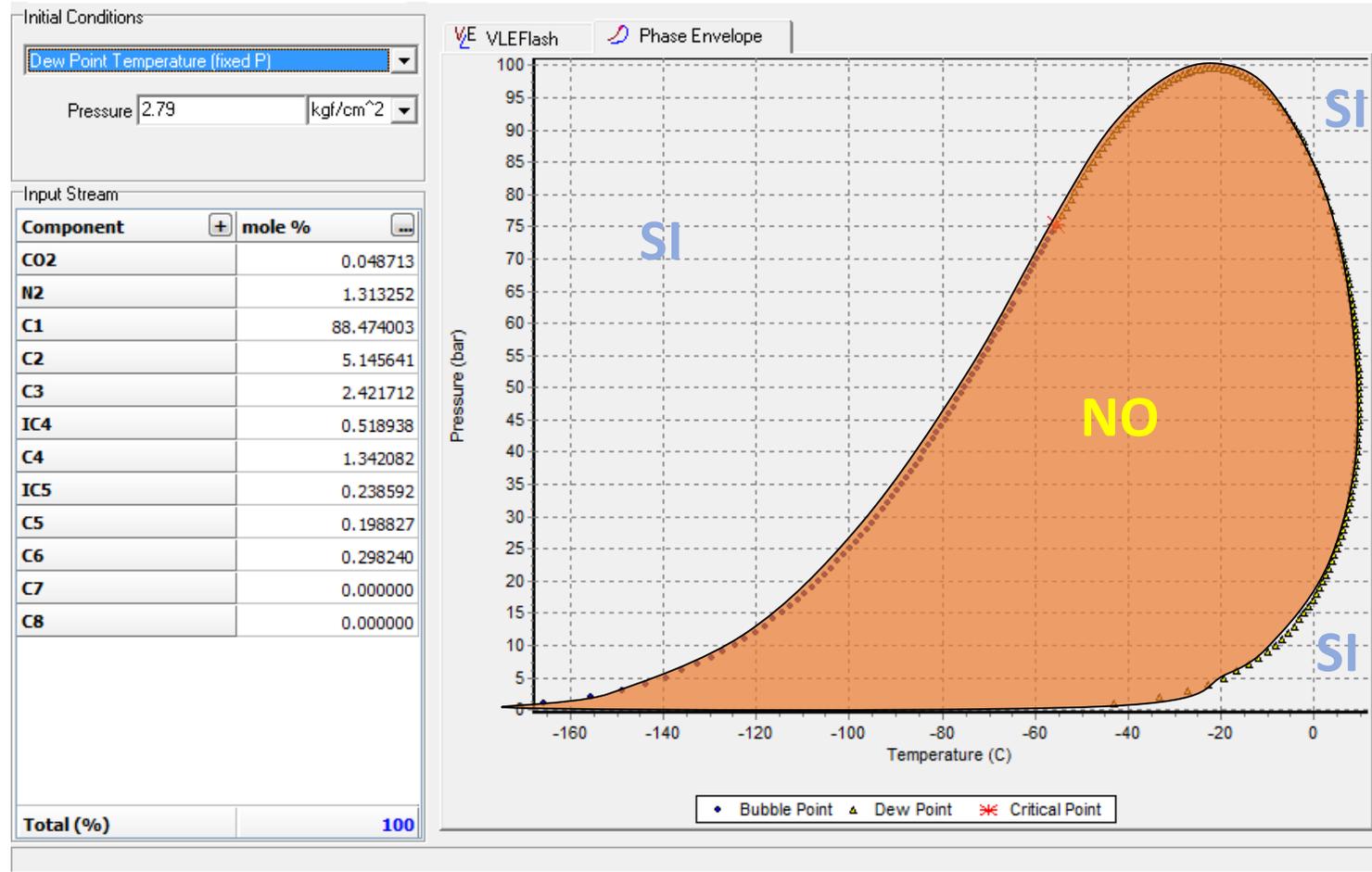
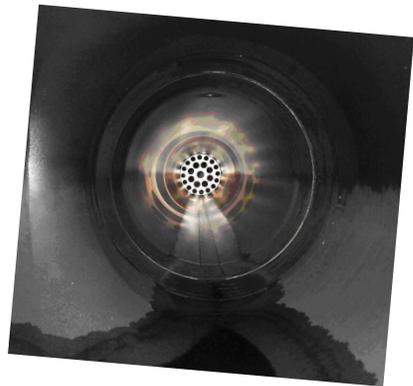


Tipos de Sondas tomamuestras para Gas



*De inserción y retracción en
condiciones de proceso*

La selección de la sonda será a partir de la composición y su curva de dew point



**Considerando P y T de punto de muestra*

Manejo de Muestras Gaseosas; sin riesgo de condensado con bajo % pesados

-Transportar la muestra hasta el cromatógrafo **evitando que los componentes se separen.**



Aplicaciones:

- Gas Natural (bajo % de pesados)

Manejo de Muestras Gaseosas; con riesgo de condensado con alto % pesados

- Sonda con vaporizadora.-



Aplicaciones:

- Gas Natural (alto % de pesados)
- Tracing y aislación

Corrección AGA 9 por Presión y Temperatura a condiciones base / AGA 7 y AGA 8 92D

$$V_{\text{Base}} = V_{\text{Flow}} \left(\frac{P_{\text{Flow}}}{P_{\text{Base}}} \right) \left(\frac{T_{\text{Base}}}{T_{\text{Flow}}} \right) \left(\frac{Z_{\text{Base}}}{Z_{\text{Flow}}} \right)$$

País	Condiciones de referencia	
	Tbase	Pbase
Argentina	15 °C	101,325 kPa
Europa	15 °C	101,325 kPa
	0 °C	101,325 kPa
E.E.U.U	60 °F	14,696 psi (abs)
	60 °F	14,73 psi (abs)

Cálculo Velocidad Sonido SoS y Z GERG 2008 Vs AGA 8

(GERG= Groupe Européen de Recherches Gazières)

- Nueva norma AGA 9 2022 recomienda el uso de AGA8 detallado y - GERG2008 para los cálculos termodinámicos de Z y SoS en un rango más amplio.- (90 a 450K and 0 a 35MPa)
- El GERG2008 aumenta el rango de aplicación en % de T, P y componentes manteniendo la exactitud del AGA 8 en 0.1% Ver tabla 1
- AGA 8 tiene limitaciones en sus rangos de aplicación de Temperaturas y componentes (21 en total)
- Composiciones fuera de rango de los rangos recomendados del AGA 8; es para estos casos donde se recomienda GERG08 pueden generar errores del orden entre 0.2% al 5%

Table 1 – AGA 8 Applicability Limits (Pipeline Quality Gas)

Parameter	Min	Max	Parameter	Min	Max
pressure / MPa	0	12	butanes / mol%	0.0	1.5
temperature / K	263	338	pentanes / mol%	0.0	0.5
superior cal value / MJ m ⁻³	30	45	hexanes / mol%	0.0	0.1
relative density / -	0.55	0.80	heptanes / mol%	0.0	0.05
methane / mol%	70.0	100.0	octanes+ / mol%	0.0	0.05
nitrogen / mol%	0.0	20.0	hydrogen / mol%	0.0	10.0
carbon dioxide / mol%	0.0	20.0	carbon monoxide / mol%	0.0	3.0
ethane / mol%	0.0	10.0	helium / mol%	0.0	0.5
propane / mol%	0.0	3.5	water / mol%	0.0	0.015

Cálculo Velocidad Sonido SoS Gerg 2008 Vs AGA9.-

- Casos de estudio como los de la tablas presentan desviaciones en los componentes T3 o densidad T7 que el GERG2008 maneja mejor

Table 3 – Case Study 1: Input Comp

Component	Normal operation		
	Average	CH ₄ min + C ₃ H ₈ max	CH ₄ max + C ₃ H ₈ min
Methane	48.76	41.00	51.57
Nitrogen	1.11	0.84	1.18
Carbon Dioxide	2.76	2.51	2.91
Ethane	15.93	16.27	16.06
Propane	20.04	24.24	18.71
Water	0.00	0.00	0.00
Hydrogen Sulphide	0.00	0.00	0.00
Hydrogen	0.00	0.00	0.00
Carbon Monoxide	0.00	0.00	0.00
Oxygen	0.00	0.00	0.00
i Butane	3.52	4.66	3.03
n Butane	5.77	7.80	4.81
i Pentane	0.96	1.25	0.82
n Pentane	0.83	1.05	0.69
Hexane	0.27	0.33	0.23
Heptane	0.04	0.05	0.02
Octane	0.04	0.00	0.00
Nonane	0.00	0.00	0.00
Decane	0.00	0.00	0.00
Helium	0.00	0.00	0.00
Argon	0.00	0.00	0.00

Table 7 – Case Study 2: Input Compositions for Mixture 1 (mol %)

Component	H ₂ S etc and BTEX set to max values	H ₂ S etc and BTEX set to 0.5 x max values	H ₂ S etc and BTEX set to 0
Nitrogen	0.272	0.275	0.279
Methane	87.540	88.660	89.810
Ethane	5.272	5.339	5.409
Propane	2.621	2.655	2.689
i-Butane	0.411	0.416	0.421
n-Butane	0.657	0.666	0.674
i-Pentane	0.217	0.220	0.223
n-Pentane	0.209	0.212	0.215
Hexane	0.067	0.068	0.069
Heptane	0.033	0.033	0.034
Octane	0.013	0.013	0.013
Nonane	0.003	0.003	0.003
Decane	0.001	0.001	0.001
Undecane	0.000	0.000	0.000
PseudoComp1	0.019	0.019	0.019
PseudoComp2	0.081	0.082	0.083
PseudoComp3	0.031	0.031	0.031
PseudoComp4	0.022	0.022	0.022
PseudoComp5	0.004	0.004	0.004
Hydrogen sulphide	1.478	0.748	0.000
Carbon dioxide	0.735	0.372	0.000
Water	0.035	0.018	0.000
Benzene	0.178	0.090	0.000
Toluene	0.075	0.038	0.000
Ethyl benzene	0.013	0.007	0.000
o-Xylene	0.013	0.007	0.000

Verificación Cross Check GERG 2008 AGA 9 2022 (AGA 8 DC92)

- Válida para Verificación Resolución IAPG
- Herramienta de diagnóstico estación cruzada USFM, Txs P y T con Cromatografía en Línea dentro del equipo
- Diferencia esperable entre medición y cálculo 0.3%

$$SOS = \frac{L}{2} \frac{(t_1+t_2)}{t_1 t_2} \quad \text{——— Ultrasonico}$$

$$VOS = \left[kRT \left(\frac{g_c}{M_r} \right) \left(Z + d \left(\frac{\delta Z}{\delta d} \right)_T \right) \right]^{1/2} \text{ Cromatógrafo P,T}$$

Avg Velocity ft/s Avg SOS Perform. Q (uncorrected) Q (corrected) Direction Temperature Pressure System

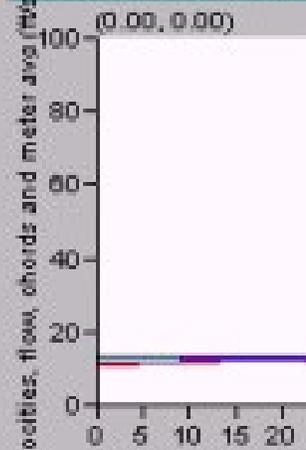
43.887

Flow Velocity (units)
 A 11.8
 B 13.8
 C 14.2
 D 12.3

0.0 30.0

Flow info

- Volumetric flow rate reported
- Volumetric flow rate at base
- Flow-condition pressure -
- Flow-condition temperature
- Frequency of the Frequency
- Frequency of the Frequency
- Meter performance
- Average sound velocity



SOS Calculator

Comment: _____

Gas composition inputs

Component	Mole %
Methane	95.3560
Nitrogen	1.4970
CO2	0.4958
Ethane	2.5100
Propane	0.1130
H2O	0.0000
H2S	0.0000
Hydrogen	0.0000
CO	0.0000
Oxygen	0.0000
i-Butane	0.0085
n-Butane	0.0110
i-Pentane	0.0000
n-Pentane	0.0000
n-Hexane	0.0087
n-Heptane	0.0000
n-Octane	0.0000
n-Nonane	0.0000
n-Decane	0.0000
Helium	0.0000
Argon	0.0000
TOTAL	100

Normalize

Pressure/temperature inputs

Gage
 Atmospheric pressure: 101.56 KPaa User

Absolute

Pressure: 1750.00 KPag User

Temperature: 19.50 C User

Read from Meter

Calculated values

Zf: 0.96433

Density: 13.22429 kg/m3

Speed of sound: 428.33 m/s

Calculate

Open Save Print Cancel

intervals 5

Power loss
 Cord A
 Cord B
 Cord C
 Cord D
 Density
 Units
 Status
 Power Loss
 00.00000
 00278
 Set
 Meter avg
 Minutes
 01:36
 Legend
 Print
 Save
 Resume
 Close

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Meter Name:								
2	Company Name:	Emerson							
3	Date and Time:	5/1/03 19:59							
4	Comments								
5									
6	Component	Mole %		Temperature	19.5 C				
7	Methane	95.356		Pressure	1750 KPag				
8	Nitrogen	1.497		Atmospheric pressure	101.56 KPaa				
9	CO2	0.4958							
10	Ethane	2.51		Zf	0.96433				
11	Propane	0.113		Density	13.22429 kg/m3				
12	H2O	0		Speed of sound	428.33 m/s				
13	H2S	0		Computed SOS	428.43 m/s				
14	Hydrogen	0		Difference	-0.02% m/s				
15	CO	0							
16	Oxygen	0							
17	i-Butane	0.0085							
18	n-Butane	0.011							
19	i-Pentane	0							
20	n-Pentane	0							
21	n-Hexane	0.0087							
22	n-Heptane	0							
23	n-Octane	0							
24	n-Nonane	0							
25	n-Decane	0							
26	Helium	0							
27	Argon	0							
28	TOTAL	100							
29									
30									
31									
32									

Ma

Daniel CUI (Deluxe Edition) - Connected to Roswell West Texas #1 (Ethernet Port)

Meter Monitor - Roswell West Texas #1

Avg Velocity ft/s	Avg SOS ft/s	Perform. %	Q (uncorrected) ft3/hr	Q (corrected) ft3/hr	Direction	Temperature F	Pressure psig
-12.568	1318.80	100.0	-35158.7	-2361451.8	Reverse	Live 70.20	Live 868.4

AGAs/AGAs/GCs: AGA8/AGA10/GC

Description	Value	Average	Units
AGA8 flow-condition gas mixture compressibility.	0.871488	0.871572	
AGA8 base-condition gas mixture compressibility.	0.997619	0.997624	
AGA10-calculated sound velocity.	1318.98	1319.35	ft/s
Heating value used for energy calculations.	1072.47	1071.77	btu/ft3
Gas specific gravity (relative density).	0.615835	0.615251	

Swirl angle

SOS chords

Avg flow velocity

Avg SOS

Temperature

Average Gas Velocity

Meter SOS & AGA 10 SOS

Average Gas Temperature

For Help, press F1

Start | Disconnected - BlackBerry... | Wireless-G Notebook Ada... | D:\Files\PDF Files\Papers... | Daniel CUI (Deluxe Edi... | 3:09 PM

Meter Monitor - 07-490086

Avg Velocity ft/s	Avg SOS ft/s	Perform. %	Q (uncorrected) ft ³ /hr	Q (corrected) ft ³ /hr	Direction	Temperature F	Pressure psig
13.409	1132.83	100.0	4208.3	3899.1	Forward	Fixed 70.00	Fixed 0.0

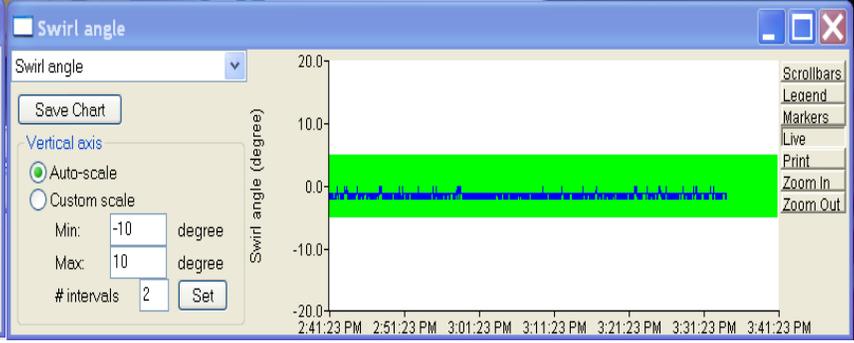
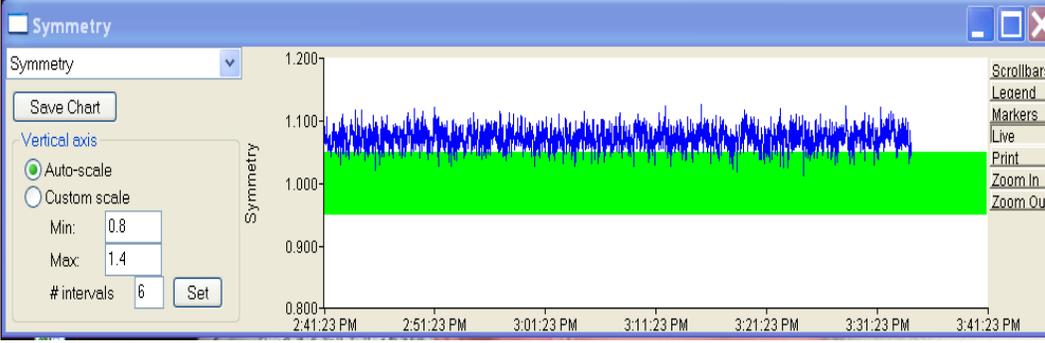
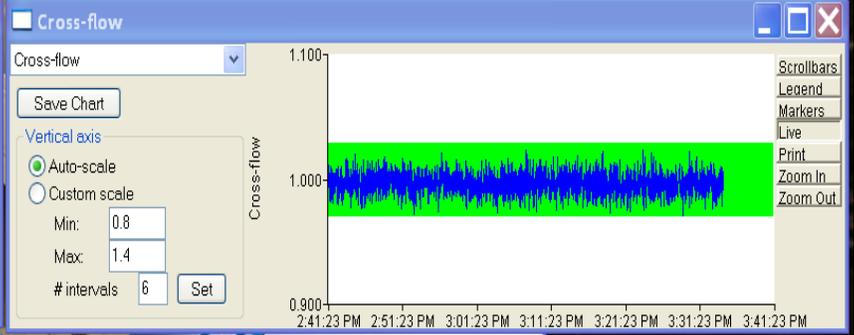
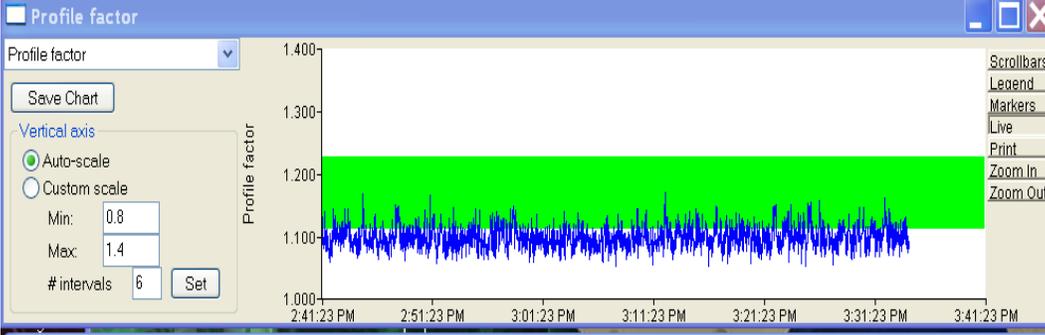
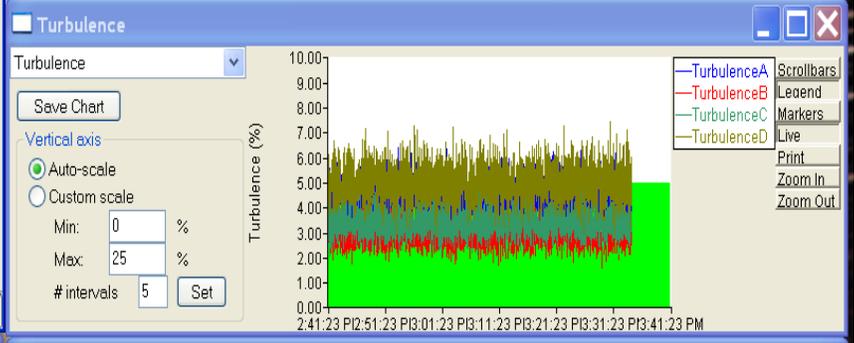
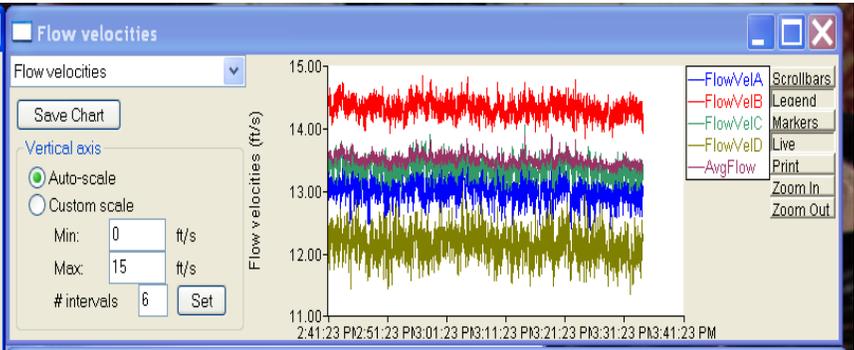
Flow Velocity (ft/s)	SOS (ft/s)	Average Gain (dB)	Upstream SNR (dB)
A 13.0	A 1132.93	A 77.3	A 37
B 14.2	B 1132.63	B 77.8	B 36
C 13.2	C 1133.05	C 78.0	C 35
D 12.2	D 1132.74	D 76.0	D 38

Description	Value	Average	Units
AGA8 flow-condition gas mixture compressibility	0.999655	0.999655	
AGA8 base-condition gas mixture compressibility	0.999415	0.999415	
AGA10-calculated sound velocity	1131.07	1131.07 ft/s	
Average sound velocity	1132.83	1132.42 ft/s	
Sound velocity % difference from AGA10	0.16	0.12 %	
Heating value used for energy calculations	1036.05	1036.05 btu/ft ³	
Gas specific gravity (relative density)	0.581078	0.581078	

AGA8/AGA10/GC Reset Avgs Gas Comp Check Status

Collection rate: Best speed Run time: 3:53:01 Meter time: 9/19/2008 3:34 PM Horizontal axis: 60 minutes

Add Chart Close Charts Close



La importancia de diagnósticos preventivos que permita la detección de errores.-

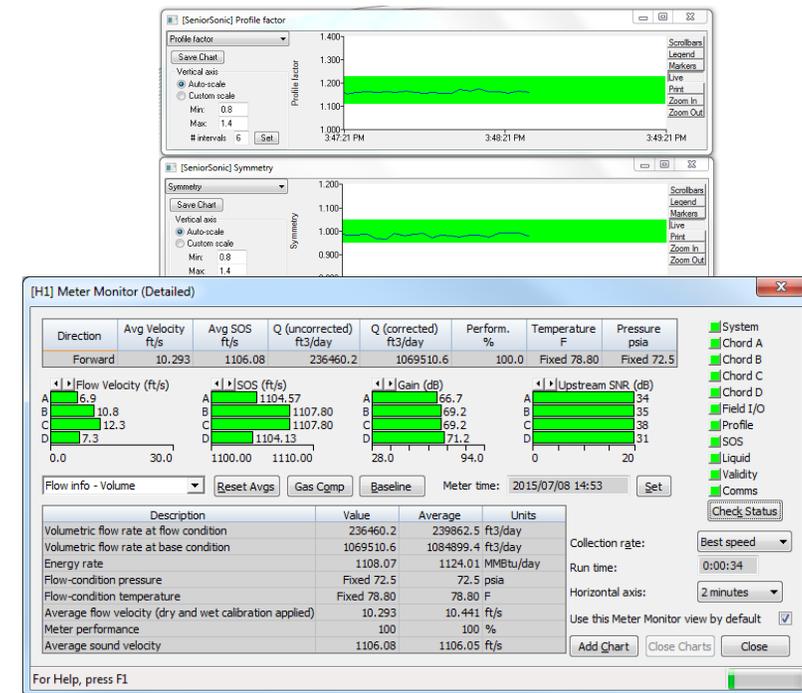
- Permite minimizar la incertidumbre mediante la detección en tiempo real de la dinámica de flujo cambiante.-
- Simplifica la resolución de disputas con registros completos por hora y día
- Permite detectar el tipo de falla; con diagnósticos basados en el flujo dinámico y basado en el rendimiento.-

- **Diagnóstico dinámico basado en flujo detección de problemas fuera del equipo:**

- Profile factor
- Symmetry
- Cross flow
- Swirl
- Turbulence
- Profile factor
- Velocidad de sonido

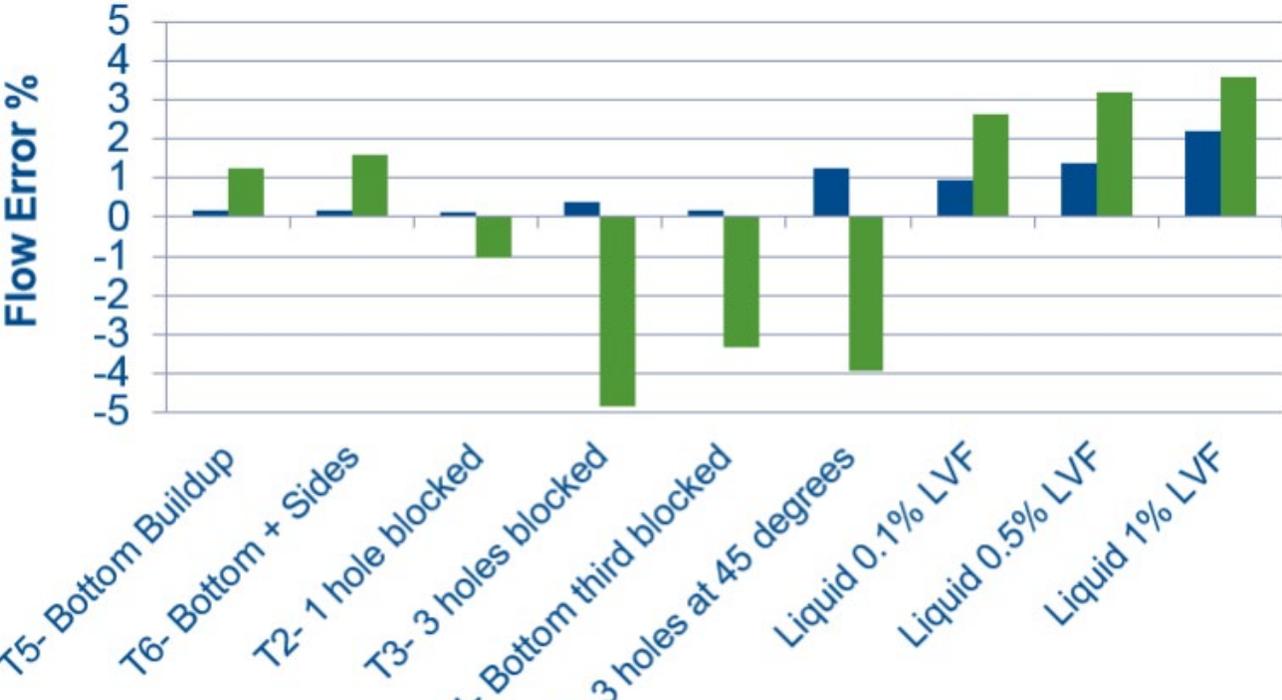
- **Diagnóstico de medidores basado en el rendimiento**

- Relación señal/ruido
- Ganancia ascendente y descendente
- Velocidad media del sonido
- Velocidad de trayectoria individual del sonido
- Rendimiento de la ruta de acceso

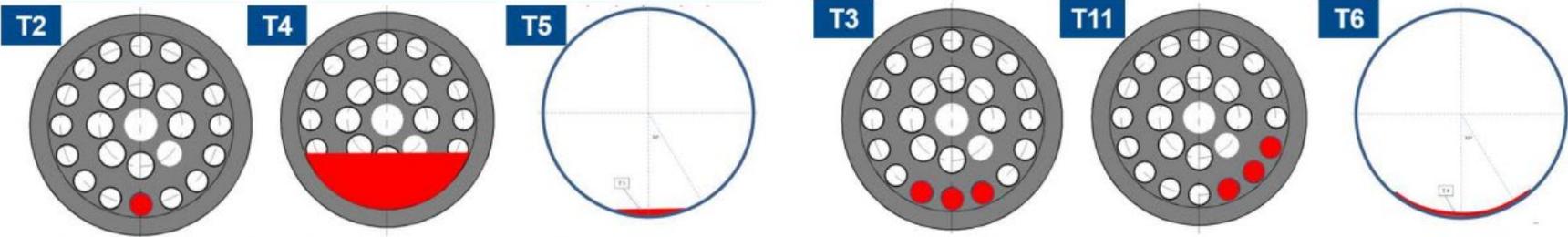


Problemas de proceso y su Impacto en el error de medición

Comparison of Conditions Impact on Uncertainty



Blockage and Build up Tests



¿Cuánto cuestan \$\$ los problemas desconocidos que cuestan su operación?

Impulsando la demanda de soluciones de medición de transferencia de custodia más confiables

¿Cómo conoces tu medición?
¿Sigues siendo preciso?

¿Cómo sabe si se está produciendo acumulación de suciedad u otros problemas costosos dentro de su sistema de tuberías?

Condición	Rango de error	90 días sin detección	180 días sin detección	1 año sin detección
Suciedad	0.16%	\$43,000	\$86,000	\$175,000
Bloqueo	0.12% to 1.24%	\$335,000	\$670,000	\$1.4 million
Líquidos	0.95% to 2.20%	\$594,000	\$1.2 million	\$2.4 million

Precio del gas natural (Henry Hub): \$3.00 MMBtu
Flujo: 100 MMSCFD = \$ 300,000 / día (\$ 109.5 millones / año)

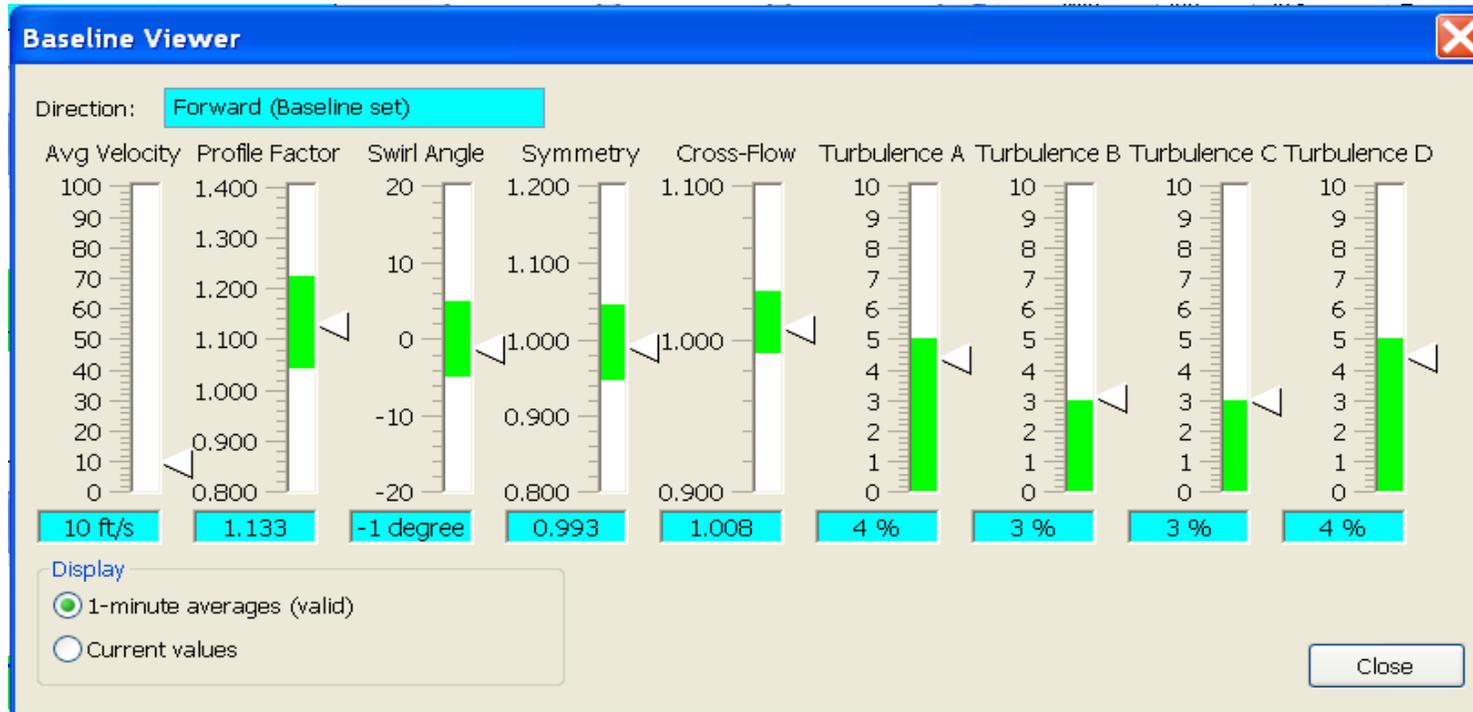
*“Un sistema de transferencia de custodia muy grande
Puede medir \$ 2.2 mil millones de gas natural por año. Si la medición está desviada en un 0,25%,
Eso es un error de \$ 5.5 millones por año a favor de alguien”.*

Control Engineering, 2010

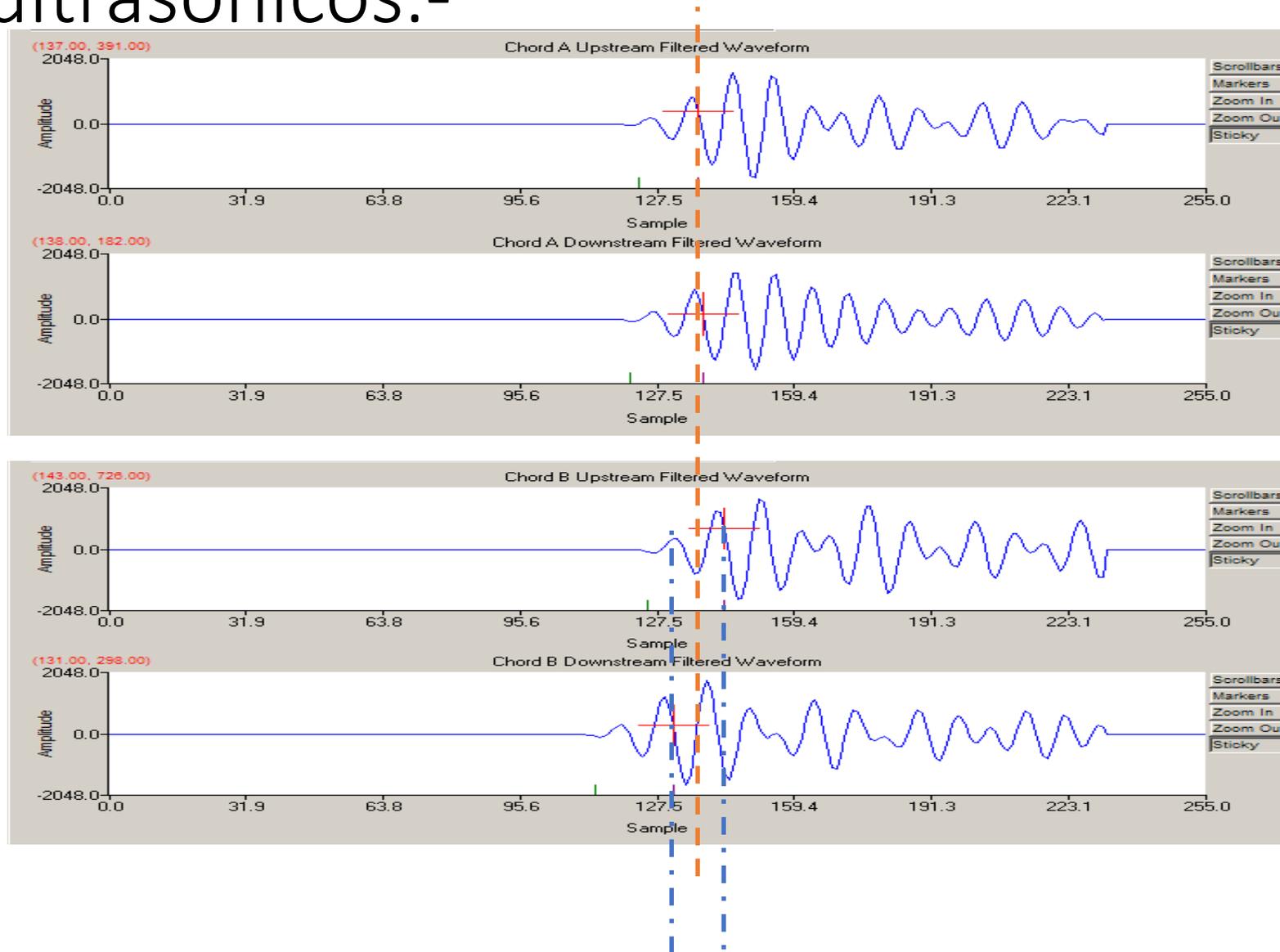


Flow Calibration AGA 9 2022

- Cálculos termodinámicos según AGA8 DC 92/GERG2008 Part 2 para diagnóstico y dry cal.-
- Si se calibran con los tramos de medición; se debe despachar armados o si se desarmen se deberán hacer el marcado para su posterior alineación.-
- AGA 9 2022; permite el uso de tramos sustitos longitud; diámetro y rugosidad similares no es necesario marcar los tramos.
- Es una buena práctica generar una línea base de calibración para diagnósticos como en la figura.-



Formas de ondas de pulsos ultrasónicos.-



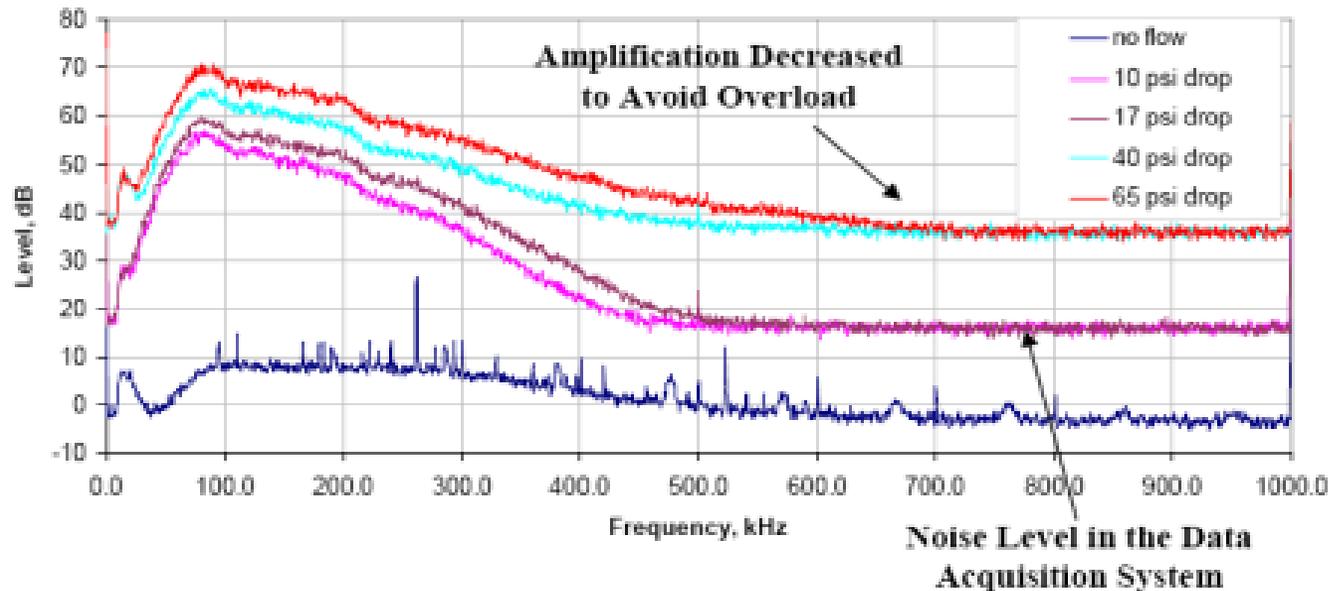
Ruido acústico su cancelación



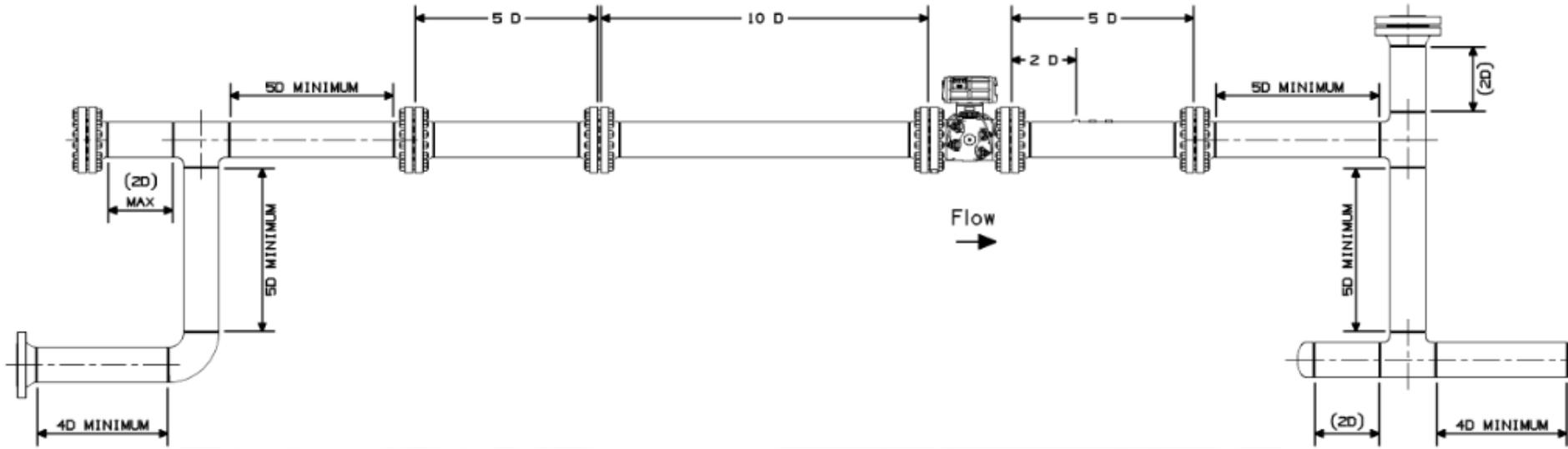
Efectos del Ruido según último AGA

9

- El ruido de una válvula se puede observar en un rango de hasta 500Khz;
- Importante contar con transductores de buena potencia y ganancia el tamaño importa.-
- La fuente de ruido (válvula de control) afecta mas si está aguas arriba.-
- Disponga de filtros digitales como “Signal Stacking” y alta velocidad de muestreo.-
- Aleje el medidor mediante distancia y/o accesorios como “blind Tees”
- Verifique de antemano el diseño con el fabricante

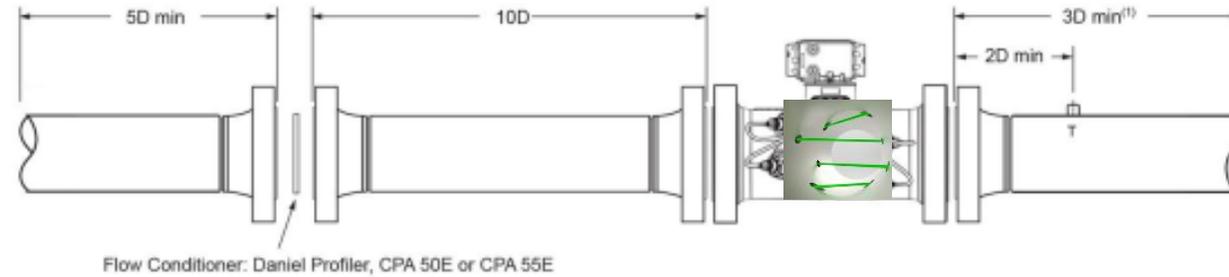
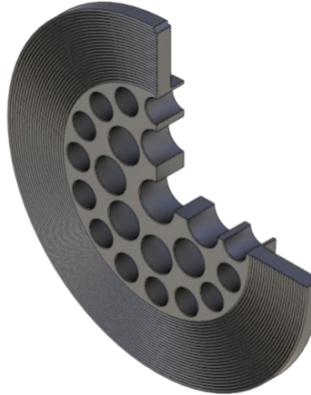


Diseño para atenuación mecánica de Ruido bidireccional ambos sentidos.-

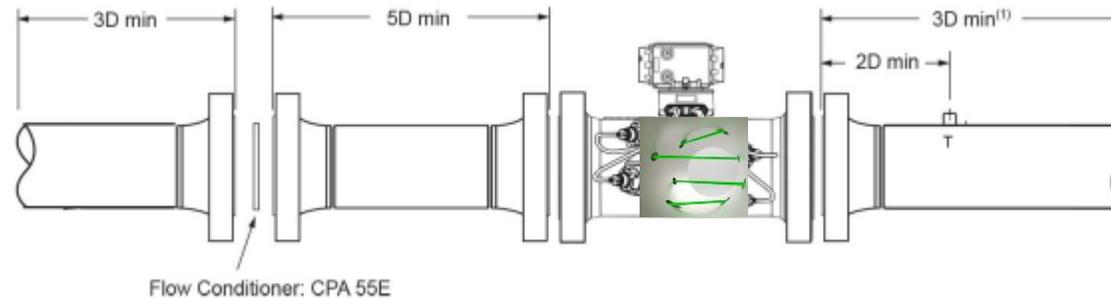
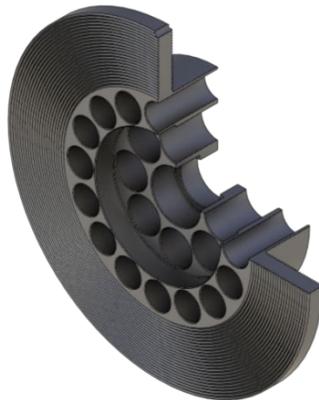


Instalaciones típicas con Flow Conditioner CPA 50E vs 55E/65E

Instalación típica con Ultrasonico de 4 haces 5+CPA50+10D con flow conditioner

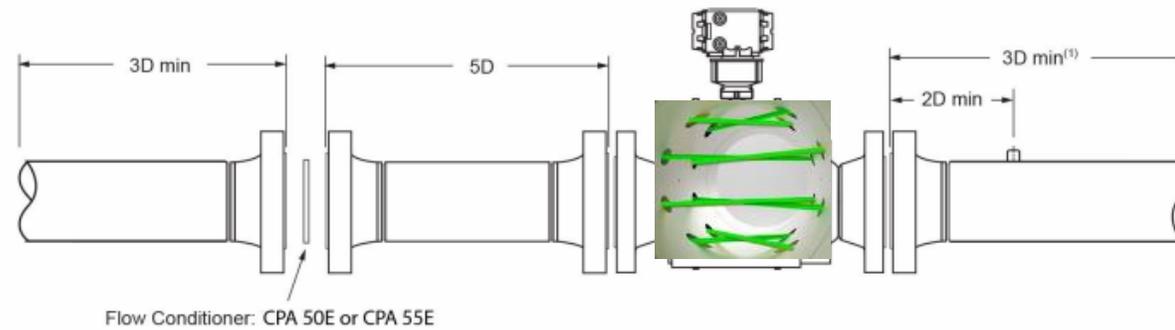


Instalación típica con Ultrasonico de 4 haces 3D+CPA55E+5D con flow conditioner

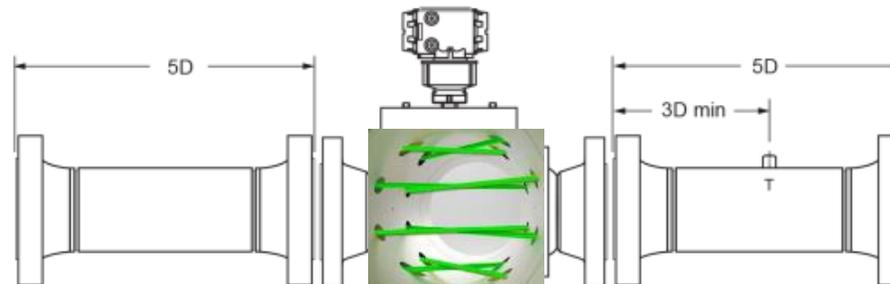


Instalaciones compactas

Instalación típica con Ultrasonico de 4 haces 3D+5D con flow conditioner



Instalación Compacta Ultrasonico 8 haces 5D sin Flow conditioner



Errores Según Normas

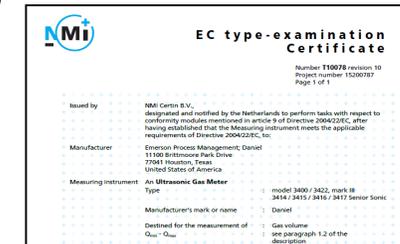
- Comparación entre las diferentes recomendaciones para ultrasonidos

	OIML R137 Class 1	AGA 9	ISO 17089	OIML R137 Class0.5
Incertidumbre luego de la calibración bajo flujo.-	+/- 0.1%	+/- 0.1%	+/- 0.1%	+/- 0.1%
Incertidumbre adicional permitida debido a efectos de instalación	+/- 0.33%	+/- 0.3%	+/- 0.3%	+/- 0.167%
Flowmeter Assembly uncertainty after installation $\sqrt{(A2)^2+(B2)^2}$	+/- 0.345%	+/- 0.32%	+/- 0.32%	+/- 0.20%

Resumen de configuraciones en función de tipo de norma a ser utilizada.-

- Las instalaciones recomendadas por el fabricante deben pasar pruebas según OIML y AGA 9.-
- La más utilizada y robusta es 5D-FC-10D-Meter-5D pero también usando otros acondicionadores
- Podemos tener instalaciones más compactas como 5D-FC-5D-Meter-5D con CPA 55E dentro del AGA 9.

	10D-FC- ≥10D	5D-FC- ≥10D	5D-FC-5D
AGA 9 No custody transfer certificate required	Profiler, 50E & 55E	Profiler, 50E & 55E	55E
OIML Class 1.0 MID Custody Transfer Certificate	Profiler or 50E	Profiler or 50E	N/A
OIML Class 0.5 OIML Certificate of Conformity	Profiler, 50E & 55E	Profiler, 55E	N/A



Conclusiones: Recomendaciones de diseño

- Con Válvula Reguladora
 - De ser posible evite las jaulas antiruido.-
 - Consulte con fabricante de US.
 - Siempre que se pueda instale la Válvula Reguladora Aguas Abajo
 - Si el fabricante recomienda utilice “T” Tees de atenuación
 - Si el fabricante recomienda utilice filtros digitales para mitigación de ruido
- Cromatografía
 - Con gases ricos es crítico la correcta selección del tomamuestras y acondicionamiento.-
 - Con el cálculo de dew point verifique la Sonda tomamuestra; y el tracing adecuado
 - Verifique con el fabricante la resonancia de la sonda tomamuestra.-
- Tramo de medición
 - Utilice Flow Conditioner Certificado.-
 - Hoy en día existen diferentes modelos de Flow conditioner consulte al fabricante el modelo sugerido.-
 - Existen Flow conditioners que permiten reducir los diámetros de instalación requeridos
 - Normas se recomienda AGA 9/OIML y Gerg2008 (Europea) para la velocidad del sonido
 - Velocidad Máxima Admitida 21m/s a 30 m/s velocidades arriba de 21 m/s revisar frecuencia resonancia de termovaina con fabricante.-
 - Verifique espacio disponible y consulte al fabricante.-
- Calibración
 - Se puede usar tramos subrogados de acuerdo a AGA 9 2022.-
 - Consulte con el laboratorio la existencia de los tramos subrogados.-
 - Siempre que pueda utilice tramos con medidas std y Flow conditioner certificados disponibles en el lab.-
 - Verifique siempre que pueda la exactitud ante caída de una cuerda.-
 - Utilice la línea base de calibración del ultrasónico para verificación de funcionamiento en campo.-



3° Workshop de Medición en
Upstream y Downstream
de Petróleo y Gas 

22-23
AGO



Spoiler Alert

Próximo WorkShop:
Diseño actual de ULACTIONs , dimensionamiento de
probadores para medidores másicos y ultrasónico

Gerardo.iriso@emerson.com

MSS; Proyectos y servicios.-

Emerson Automation Solutions



+549 11 53178059

