



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

22-23
AGO



INSTITUTO ARGENTINO
DEL PETROLEO Y DEL GAS

Medición en línea de gas natural en transferencia de custodia

Fundamentos para un sistema de muestra adecuado

Ing. Esteban Sansó

Ing. Germán Rodríguez



Medición del proceso

Medimos los aspectos de un proceso con el objeto de entender ese proceso. A partir de esa comprensión, intentamos predecir qué va a suceder con el proceso posteriormente y tratamos de controlarlo.





Instrumentación analítica vs. de proceso

Instrumentación analítica

Mide una propiedad del fluido del proceso.

Instrumentación de proceso

Mide una variable del proceso. Existen cuatro mediciones típicas:

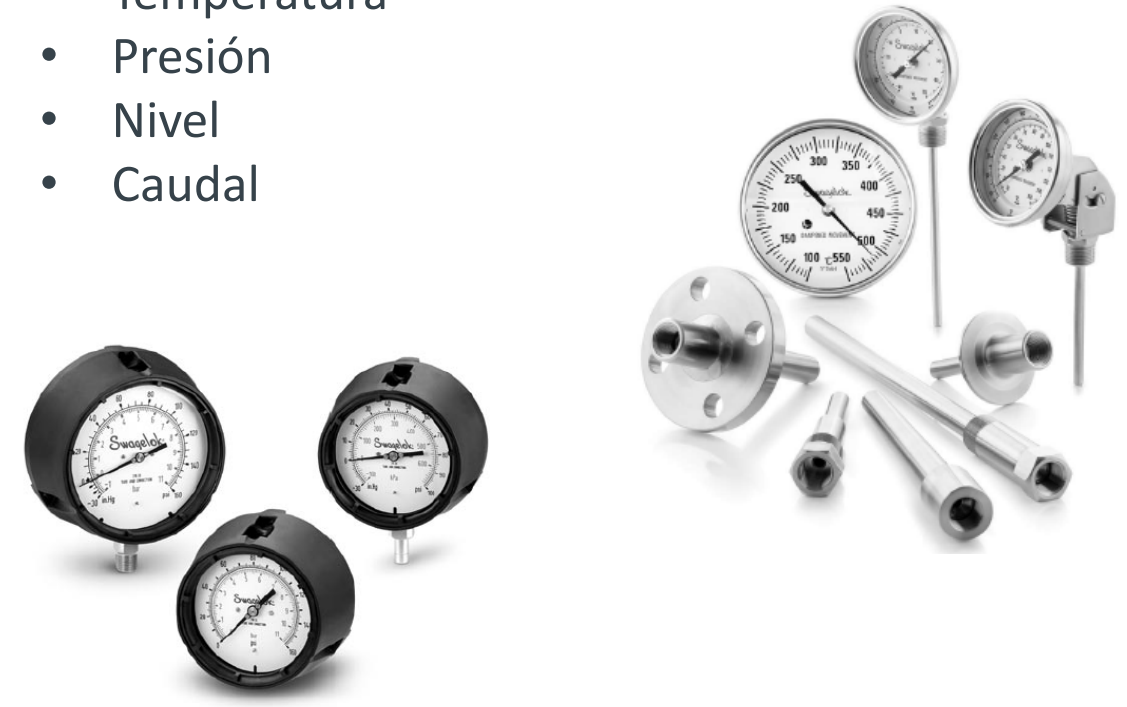
- Temperatura
- Presión
- Nivel
- Caudal

hydrogen																helium																					
1																2																					
H																He																					
1.00794																4.002602																					
lithium		beryllium														boron		carbon		nitrogen		oxygen		fluorine		neon											
3		4														5		6		7		8		9		10											
Li		Be														B		C		N		O		F		Ne											
6.941		9.0122														10.811		12.011		14.007		15.999		18.998		20.180											
sodium		magnesium														aluminum		silicon		phosphorus		sulfur		chlorine		argon											
11		12														13		14		15		16		17		18											
Na		Mg														Al		Si		P		S		Cl		Ar											
22.990		24.305														26.982		28.086		30.974		32.065		35.453		39.948											
potassium		calcium		scandium		titanium		vanadium		chromium		manganese		iron		cobalt		nickel		copper		zinc		gallium		germanium		arsenic		selenium		bromine		krypton			
19		20		21		22		23		24		25		26		27		28		29		30		31		32		33		34		35		36			
K		Ca		Sc		Ti		V		Cr		Mn		Fe		Co		Ni		Cu		Zn		Ga		Ge		As		Se		Br		Kr			
39.098		40.078		44.956		47.867		50.942		51.996		54.938		58.933		58.693		58.933		63.546		65.39		69.723		72.61		74.922		78.96		79.904		83.80			
rubidium		strontium		yttrium		zirconium		niobium		molybdenum		technetium		ruthenium		rhodium		palladium		silver		cadmium		indium		tin		antimony		tellurium		iodine		xenon			
37		38		39		40		41		42		43		44		45		46		47		48		49		50		51		52		53		54			
Rb		Sr		Y		Zr		Nb		Mo		Tc		Ru		Rh		Pd		Ag		Cd		In		Sn		Sb		Te		I		Xe			
85.468		87.62		88.906		91.224		92.906		95.94		98		101.07		101.07		106.42		106.36		112.41		114.82		118.71		127.60		126.90		131.29					
cesium		barium		lanthanum		hafnium		tantalum		tungsten		rhenium		osmium		iridium		platinum		gold		mercury		thallium		lead		bismuth		polonium		astatine		radon			
55		56		57-70		71		72		73		74		75		76		77		78		79		80		81		82		83		84		85		86	
Cs		Ba		*		Lu		Hf		Ta		W		Re		Os		Ir		Pt		Au		Hg		Tl		Pb		Bi		Po		At		Rn	
132.91		137.33				174.967		178.49		180.948		183.84		186.21		192.22		195.08		196.967		200.59		204.38		207.2		208.98		209		210		222			
francium		radium		89-102		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series		actinide series			
Fr		Ra		** ** *		Lr		Rf		Db		Sg		Bh		Hs		Mt		Uun		Uuu		Uub		Uuq		Uuq		Uuq		Uuq		Uuq			
[223]		[226]				[257]		[261]		[265]		[269]		[273]		[277]		[281]		[285]		[289]		[293]		[297]		[301]		[305]		[309]		[313]			

* Lanthanide series

** Actinide series

lanthanum		cerium		praseodymium		neodymium		promethium		samarium		europium		gadolinium		terbium		dysprosium		holmium		erbium		thulium		ytterbium	
57		58		59		60		61		62		63		64		65		66		67		68		69		70	
La		Ce		Pr		Nd		Pm		Sm		Eu		Gd		Tb		Dy		Ho		Er		Tm		Yb	
138.91		140.12		140.91		144.24		144.91		150.36		151.96		157.25		158.93		162.50		164.93		167.26		168.93		173.04	
actinium		thorium		protactinium		uranium		neptunium		plutonium		americium		curium		berkelium		californium		einsteinium		fermium		mendelevium		nobelium	
89		90		91		92		93		94		95		96		97		98		99		100		101		102	
Ac		Th		Pa		U		Np		Pu		Am		Cm		Bk		Cf		Es		Fm		Md		No	
[227]		232.04		231.04		238.03		237		[244]		[243]		[247]		[251]		[252]		[257]		[261]		[265]		[269]	





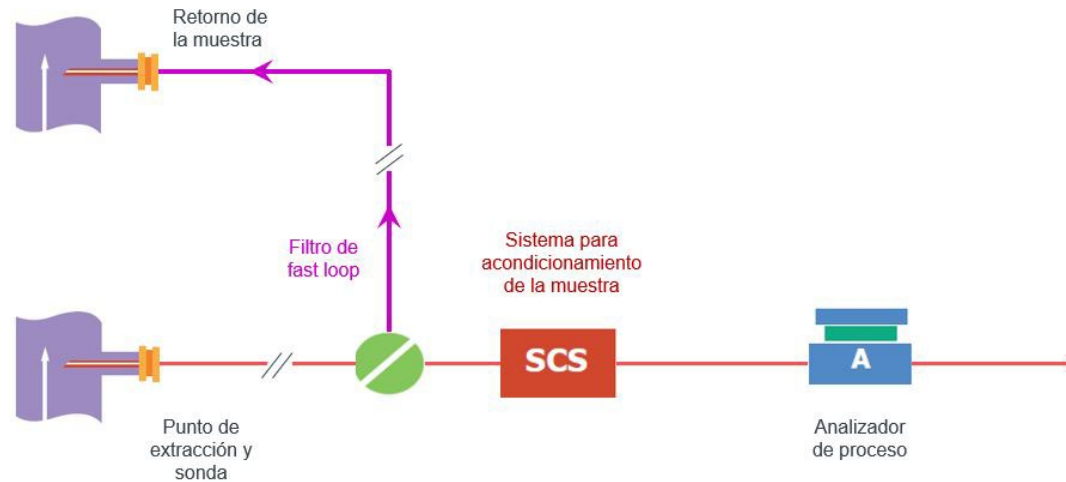
Sistema de línea única



- Propiedades:
 - Se usa principalmente para muestras gaseosas.
 - También es bueno para algunas líneas líquidas.
 - Utiliza menos fluido del proceso, pero puede desperdiciarlo.
 - Se suele fabricar con tubos.
 - Puede necesitar un sistema para recuperación de la muestra.



Sistema de lazo rápido

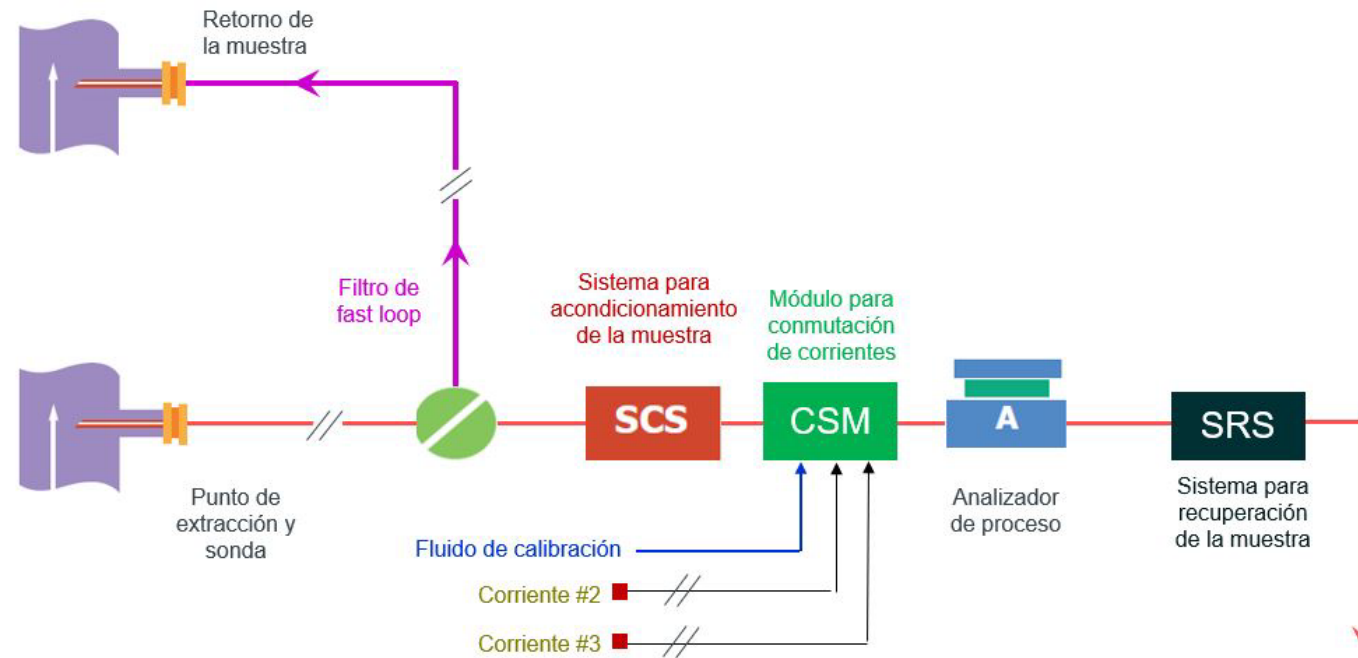


Propiedades:

- Se usa principalmente para muestras líquidas.
- Las aplicaciones para gas están aumentando debido a las restricciones a la antorcha.
- Requiere un punto de retorno en el proceso (una presión más baja es deseable).
- Proporciona una respuesta rápida, pero su instalación es más costosa.



Conmutación de corrientes





Objetivo #1: Ser compatible

Una muestra compatible no va a dañar el analizador ni va a evitar que produzca un resultado analítico confiable.

Utilice el acondicionamiento de muestras para modificar y controlar la condición de la muestra a fin de garantizar que siempre sea compatible con el analizador.

- Controlar la presión, la temperatura y el caudal de la muestra.
- Obtener una muestra de fase única.
- Evitar la corrosión.



Objetivo #2: Tiempo de respuesta

Una muestra que llega a tiempo proporciona un análisis con una demora aceptable con respecto al tiempo real. Es inevitable que exista cierta demora.

Una muestra tiene que trasladarse desde el proceso hacia el punto de medición en el analizador.

Se pierde tiempo:

- en la tubería de proceso y la probeta de muestra
- durante el traslado de la muestra
- dentro del sistema de acondicionamiento y durante la medición

Un sistema para el transporte de la muestra bien diseñado va a minimizar el tiempo de demora.

Objetivo #3: Ser representativa

Una muestra representativa proporciona un resultado analítico significativo que resulta útil para el propósito previsto.

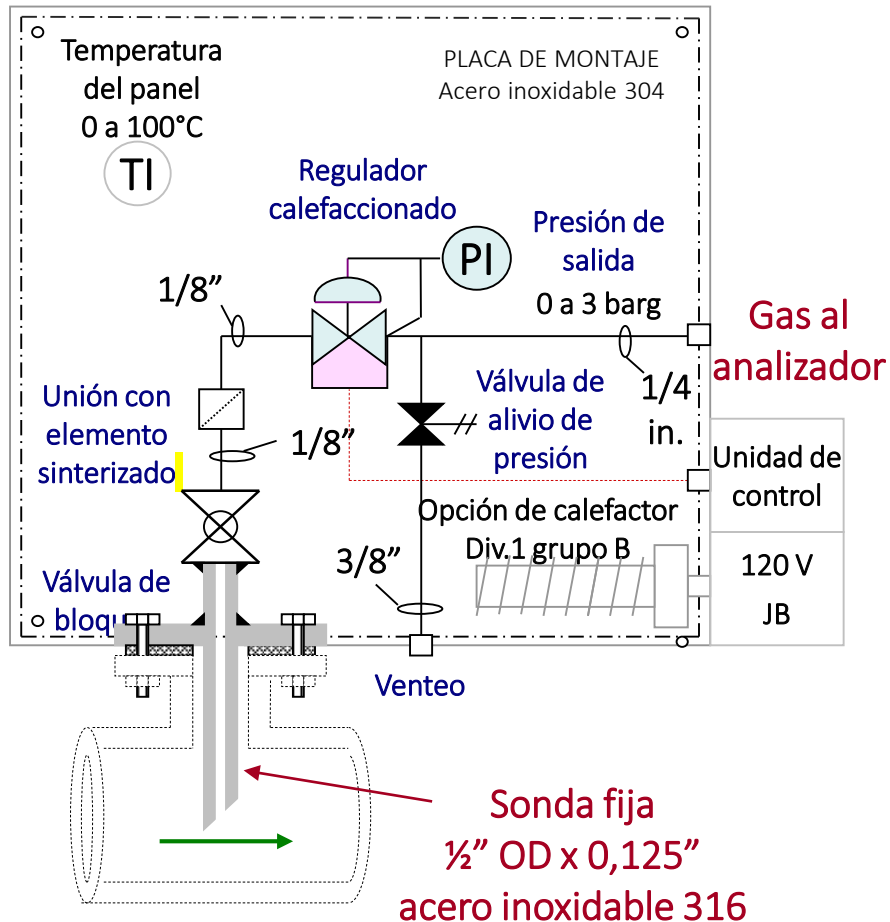
Se debe medir con precisión qué sucede en el proceso.

Cómo se puede obtener una muestra no representativa:

- La composición cambia debido a una reacción química.
- Existe una pérdida del componente medido al retirar el condensado.
- Se produce un fraccionamiento durante la vaporización o desgasificación.
- Existe permeación o adsorción.



Sonda toma muestra con pre acondicionamiento

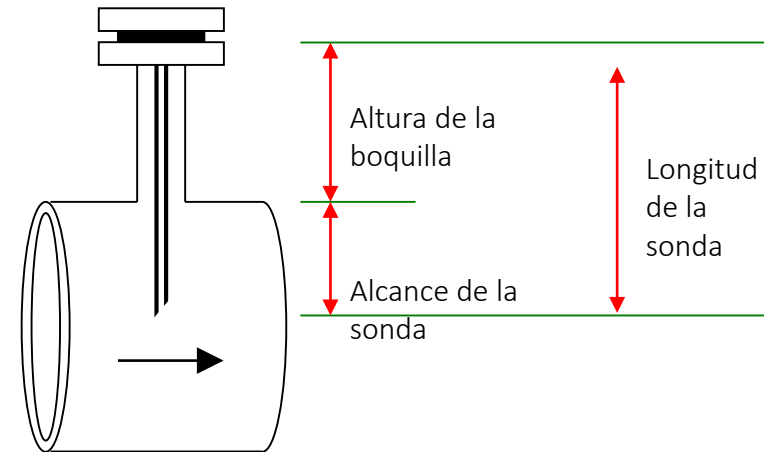


- Transportar un gas a baja presión presenta muchas ventajas:
 - Aumenta la velocidad de la muestra, y así reduce la demora y mantiene la línea limpia.
 - Reduce la posibilidad de condensación y puede evitar la calefacción de la línea.
 - Proporciona una presión constante en la muestra.
 - Mejora la seguridad del personal.



Longitud de la sonda

- Las sondas deben alcanzar:
 - Aproximadamente un tercio del diámetro de la cañería del proceso, o
 - 10% a 15% del diámetro de la cañería, para cañerías y conductos más grandes.
- Las especificaciones más antiguas dicen *tercio medio*, pero es mejor limitar el alcance a aproximadamente un tercio del diámetro de la cañería.
- Una especificación más reciente dice $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ del diámetro de la cañería.
- La longitud de la sonda sin soporte es la suma del alcance de la sonda y la altura de la boquilla.





Longitud máxima sin soporte de la sonda

Average Flow / Velocity Conditions (EEMUA 138)

Process Details
Input: Flow Velocity

Process Flow (m³/hr) Pipe Size (NB) Units Velocity (m/s) Temp (°C)

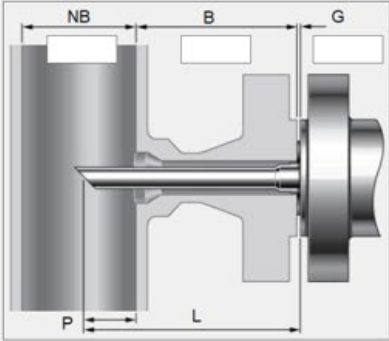
Probe Details
Probe Type Probe Size Schedule Material Length L (mm)

The probe length L (mm) required is dependent upon the following:

- Branch / nozzle length B (mm)
- Gasket depth G (mm)
- Probe insertion distance P (mm)
- Process pipeline nominal bore NB (mm)

Probe insertion distances (between):
P = NB/3
P = NB/2

Probe length allowance (min - max):
L = B + G + P = -

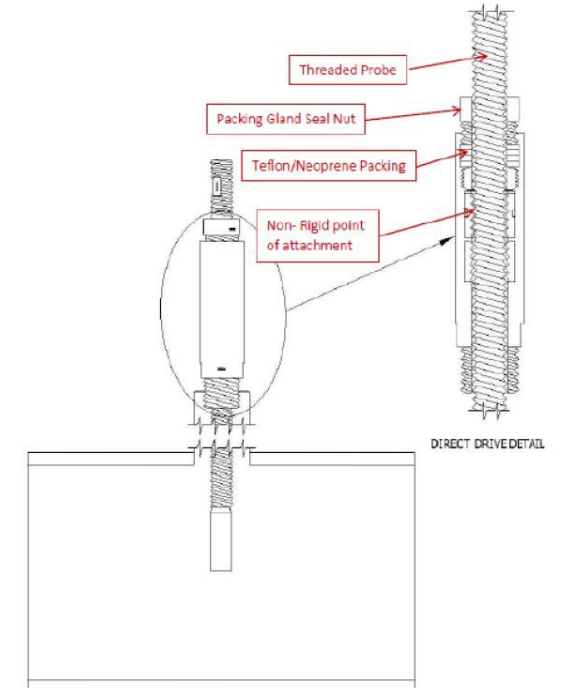


Solution

Probe Dimensions (OD/ID)	0.00000 m / 0.00000 m
Young's Modulus (E)	0 GPa
Probe Density (ρ)	7950 kg/m ³
Probe Mass per Unit Length	0 kg/m
Second Moment Inertia (I)	0 × 10 ⁻⁹ m ⁴
Reynolds Number (Re)	0
Wake Freq (Fw)	0 Hz
Probe Natural Freq (Fn)	0 Hz
Fw / Fn Ratio	0.0
Max Unsupported Probe Length:	0 mm

Calculate Info

Disclaimer: This calculation tool uses the NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties Database REFPROP v10, courtesy of NIST. (NIST Standard Reference Data: © Copyright © 2013 by the U.S. Secretary of Commerce on behalf of the United States of America. All rights reserved.) provides this report for general information only, and it is based in part on a variety of facts and assumptions (some of which are variable and subject to change), as well as information supplied by the recipient and third parties. While believes the information and conclusions in this report are accurate, does not provide any warranty or guarantee regarding the accuracy or completeness of the information and conclusions in the report. does not have the same level of knowledge and information as the recipient about the recipient's applications, products, designs, and conditions of use, and the recipient bears responsibility for determining the suitability of products and recommendations for the recipient's own situation and application. This report is CONFIDENTIAL information of and may not be copied, shared or given to any other third parties except as otherwise stated in the report or by in writing.



$$L^2 = \frac{0,31 d_o}{u} \sqrt{\frac{E}{\rho} (d_o^2 + d_i^2)}$$



Reducción de presión – Efecto J-T en gases.

Gas	Efecto de enfriamiento	Potencia calorífica
	C° / bar	mW / bar
Helio	-0,10	n/a
Hidrógeno	-0,02	n/a
Nitrógeno	0,25	25
Aire	0,26	26
Metano	0,40	49
Etano	0,72	130
Etileno	0,74	110
Propano	0,89	230
Monóxido de carbono	0,38	28
Dióxido de carbono	0,67	88
Dióxido sulfúrico	1,25	170
Óxido nítrico	0,30	31
Amoníaco	0,82	110
Cloruro de hidrógeno	0,89	90
Cloruro de metilo	1,3	190
Cloro	1,4	170

Info Standard Pressure Standard Temperature

Fluid Composition

Component	MolFrac
Nitrogen	0.0202
Carbon Dioxide	0.0404
CH4 Methane	0.8645
C2H6 Ethane	0.0425
C3H8 Propane	0.0183
C4H10 Isobutane	0.0037
C4H10 Butane	0.0061
C5H12 Isopentane	0.0013
C5H12 Pentane	0.0019
C6H14 Hexane	0.0008
C7H16 Heptane	0.0002
C8H18 Octane	0.0000

Remainder = 0.0000
Sum = 1.0000

Regulator Configuration

Initial Pressure and Temperature:
60 Barg 12.4 °C

Stage 1 Set Pressure: 2 Barg Heater Setpoint: °C
-23.4 °C

Stage 2 Set Pressure: Barg Heater Setpoint: °C

Stage 3 Set Pressure: Barg Heater Setpoint: °C

Flow Rate: NLPM

Calculation Results

	Actual T (ΔT) °C	Actual H (ΔH) kJ/kg	Power Watts
Initial	12.4	711.9	Sum = 0.0
Stage 1	-23.4 (35.8)	711.9 (Zero)	0.0

Save Load Clear CHANGE CALCULATE

Composition Phase Diagram

Disclaimer: This calculation tool uses the NIST Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties Database REFPROP v10. Whilst every effort has been made by NIST to provide the most accurate equations of state and mixture models, slight differences and approximation errors will exist. It is the end user's responsibility to verify the suitability of any product selection based on the results of this tool.

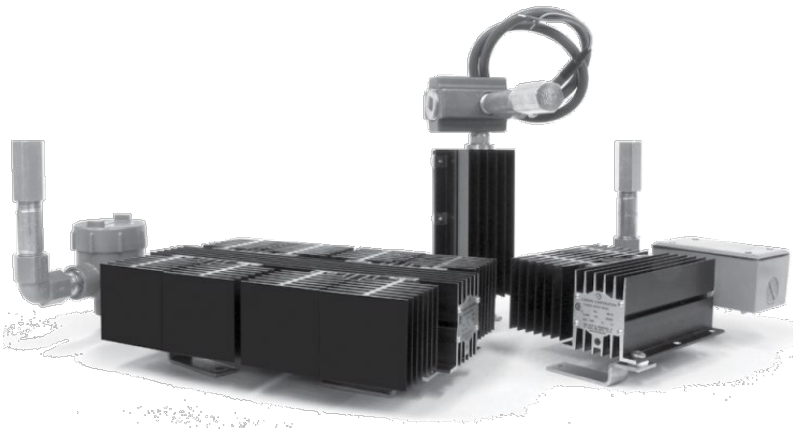


Condensación

$$\%HR = 100 \times \frac{\text{presión parcial real}}{\text{presión de vapor saturado}} = \frac{pp}{svp}$$

Efecto de la presión del gas

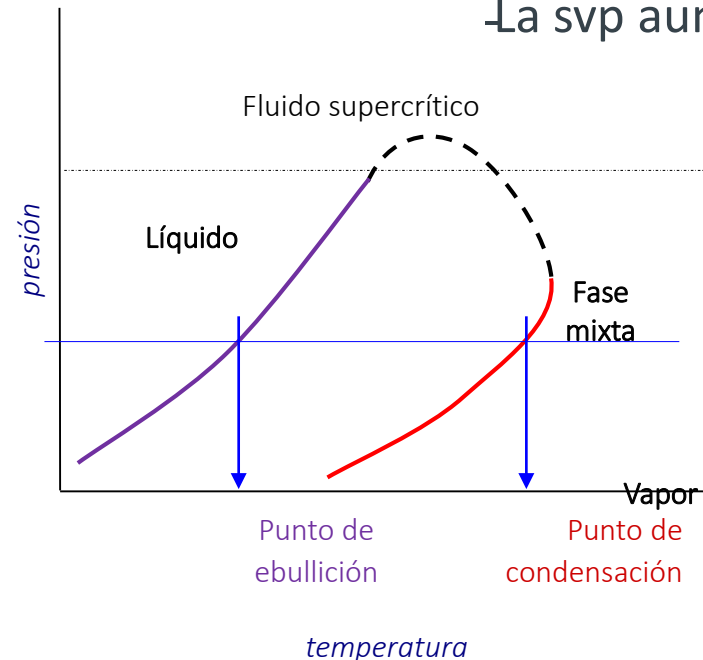
- Si la presión total disminuye:
 - La pp disminuye en proporción.
 - La svp no se ve afectada.



Efecto de la temperatura del gas

Si la temperatura aumenta:

- La pp no se ve afectada.
- La svp aumenta rápidamente.

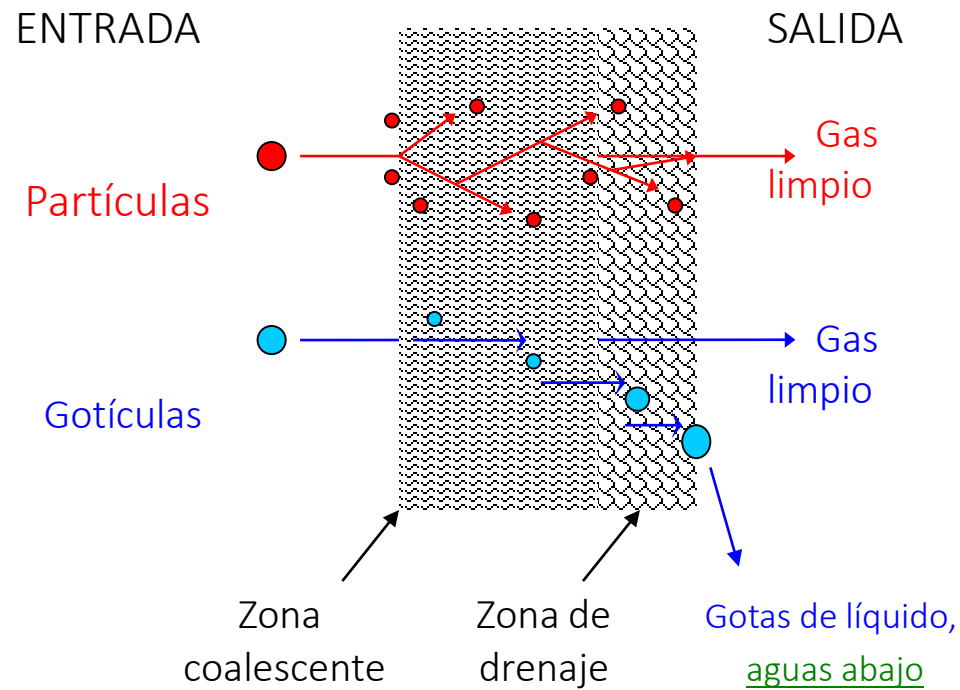




Separación de líquidos

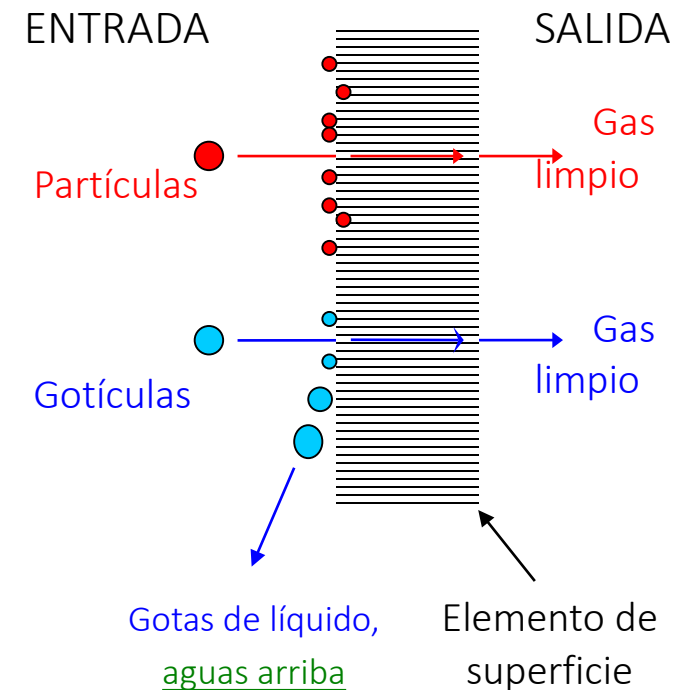
Elemento de profundidad

ejemplo, PVDF aglutinado



Elemento de superficie

ejemplo, membrana hidrofóbica





Tiempo de transporte de la muestra

$$t_t = \frac{V}{Q} \times \frac{P_i}{P_f} \text{ para gases}$$

1

$$t_t = \frac{2000 \text{ mL}}{1000 \text{ mL/min}} \times \frac{10 \text{ bara}}{1 \text{ bara}} = 20 \text{ min}$$

2

$$t_t = \frac{3 \times 6000 \text{ mL}}{1000 \text{ mL/min}} \times \frac{10 \text{ bara}}{1 \text{ bara}} = 180 \text{ min}$$

3

$$t_t = \frac{18000 \text{ mL}}{1000 \text{ mL/min}} \times \frac{10 \text{ bara}}{1 \text{ bara}} = 180 \text{ min}$$

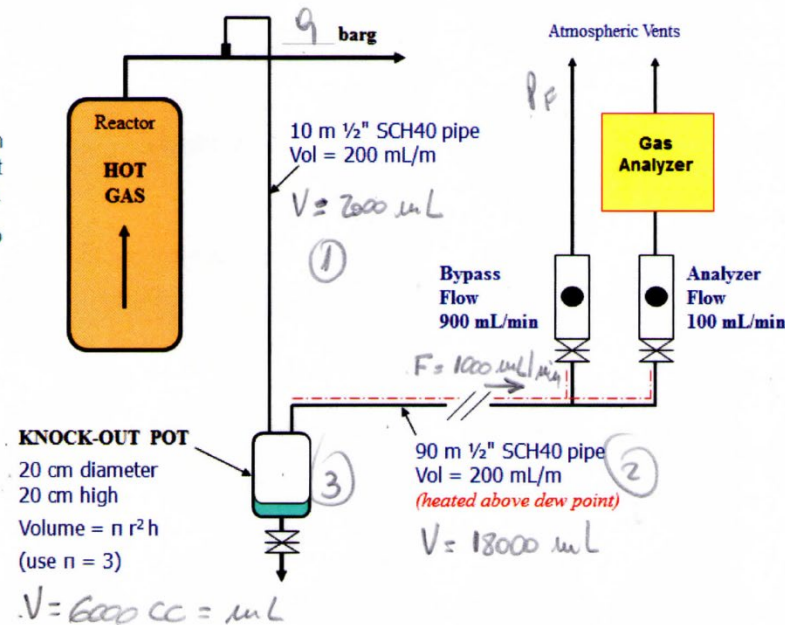
$$t_t = 380 \text{ min!}$$



Class Exercise 2.5

Troubleshooting

The plant manager is angry.
He just spent \$200,000 on this analyzer and it doesn't correlate with the process.
Is that symptom familiar to you?
What is causing the problem?





Tiempo de transporte de la muestra

1. Reducir la presión inicial, por ejemplo de 9 barg a 1 barg.
2. Al bajar la presión, no tendré condensado => retiro el pote de condensado => disminuye 180 min más.
3. Reducir el \emptyset de la cañería, por ejemplo de $\frac{1}{2}$ caño a $\frac{1}{4}$ tubo.
4. Incrementar el caudal, por ejemplo de 1 L/min a 4 L/min.

Cálculos iniciales

$$t_t = \frac{2000 \text{ mL}}{1000 \text{ mL/min}} \times \frac{10 \text{ bara}}{1 \text{ bara}} = 20 \text{ min}$$

$$t_t = \frac{3 \times 6000 \text{ mL}}{1000 \text{ mL/min}} \times \frac{10 \text{ bara}}{1 \text{ bara}} = 180 \text{ min}$$

$$t_t = \frac{18000 \text{ mL}}{1000 \text{ mL/min}} \times \frac{10 \text{ bara}}{1 \text{ bara}} = 180 \text{ min}$$

$$t_t = \mathbf{380 \text{ min!}}$$

Cálculos de rediseño

$$t_t = \frac{160 \text{ mL}}{4000 \text{ mL/min}} \times \frac{2 \text{ bara}}{1 \text{ bara}} = 0,08 \text{ min}$$

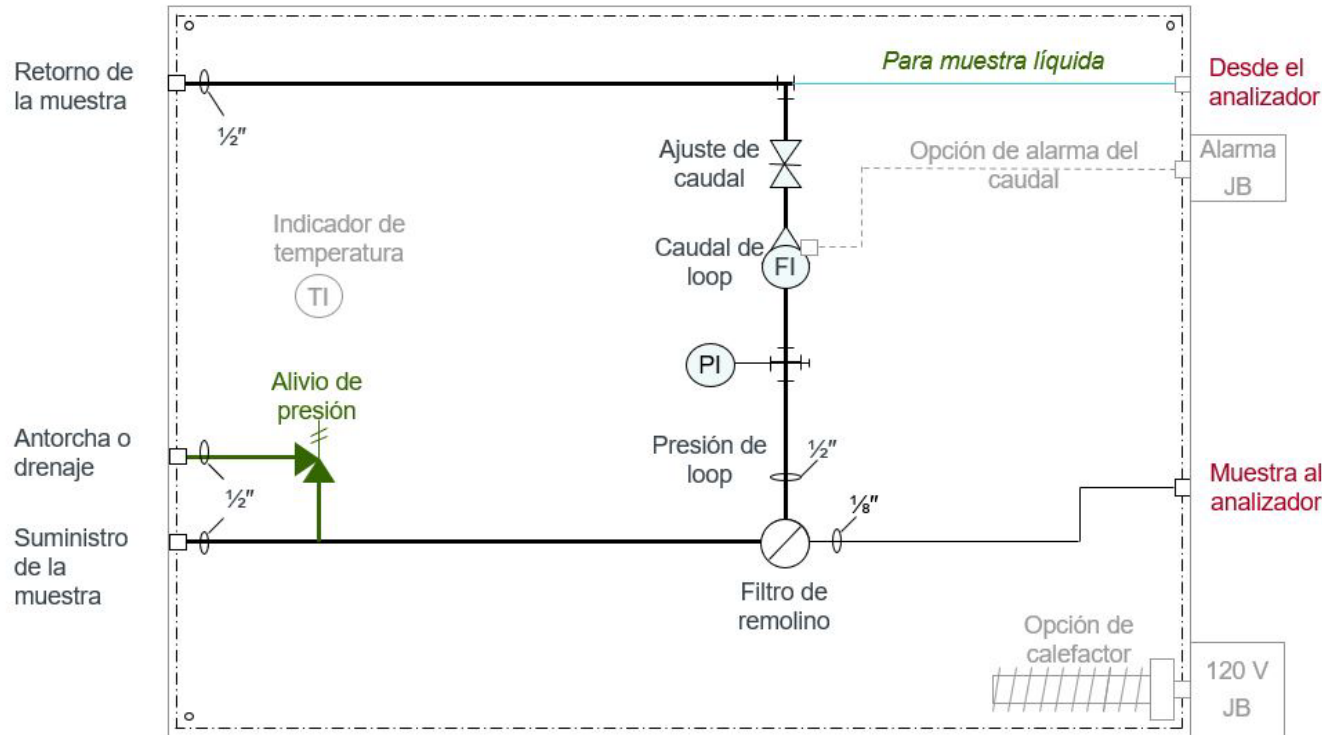
$$t_t = \frac{1440 \text{ mL}}{4000 \text{ mL/min}} \times \frac{2 \text{ bara}}{1 \text{ bara}} = 0,72 \text{ min}$$

$$t_t = \mathbf{0,8 \text{ min!}}$$





Lazo rápido típico



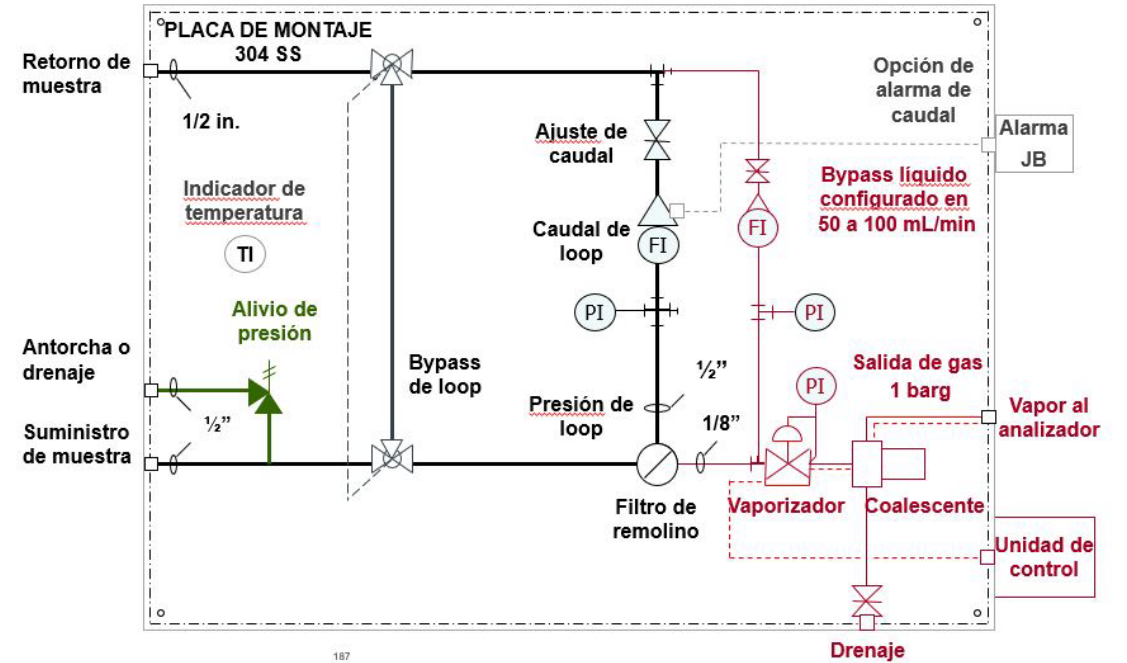
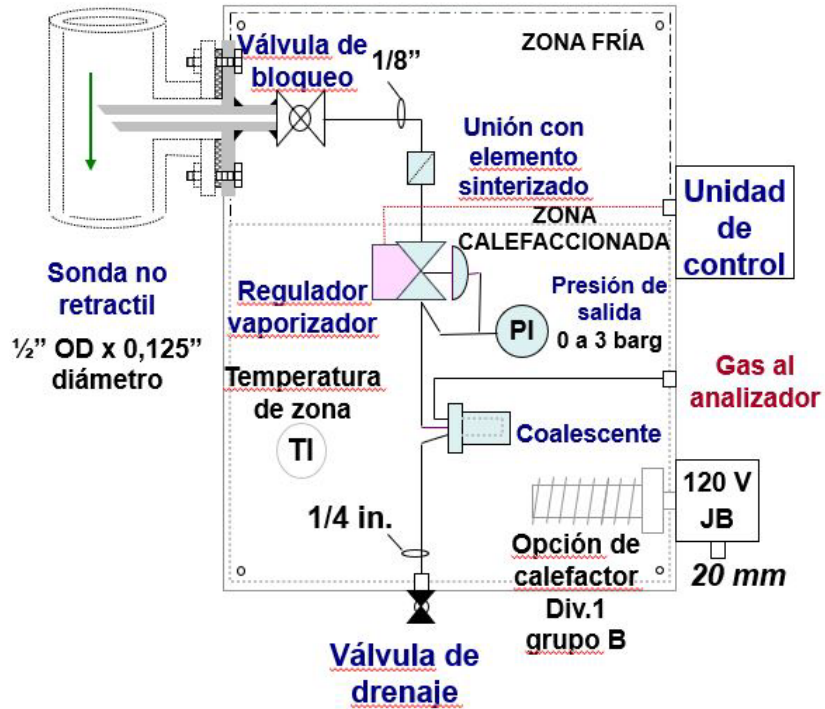
El caudal de fast loop debe cumplir cuatro criterios:

- Obtener una respuesta lo suficientemente rápida, de acuerdo con el tamaño y la distancia de la línea.
- Exceder el caudal mínimo para una buena filtración (según la especificación del filtro).
- Exceder 1 m/s de velocidad, especialmente si hay sólidos presentes.
- Alcanzar un caudal turbulento en la línea desde la extracción (cuando sea posible).

El caudal debe ser lo suficientemente rápido para satisfacer las cuatro condiciones, pero no siempre esto es posible, dado que el caudal está limitado por la presión disponible.



Proceso de vaporización





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

22-23
AGO

