



# Methane to Markets

## Ahorros de metano en compresores

Taller de Transferencia de Tecnología

PEMEX y  
Agencia de Protección Ambiental, EUA

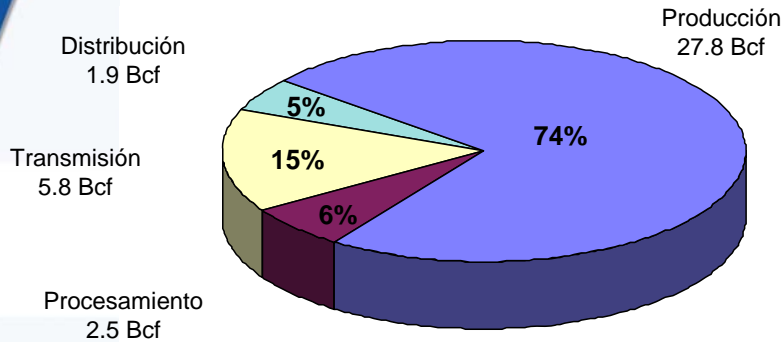
25 de abril de 2006  
Villahermosa, México



## Compresores: Agenda

- Pérdidas de metano de la industria de petróleo y gas.
- Pérdidas de metano en compresores de pistón.
- Ahorros de metano mediante el reemplazo económico de Rod Packing.
- ¿Es rentable el reemplazo de Rod Packing?
- Pérdidas de metano en compresores centrífugos.
- Ahorro de metano a través de sellos secos.
- ¿Es rentable el reemplazo de sellos húmedos?
- Resumen del proyecto para México.
- Preguntas para discusión.

## Emisiones de metano de la industria del petróleo y gas de México en 2000

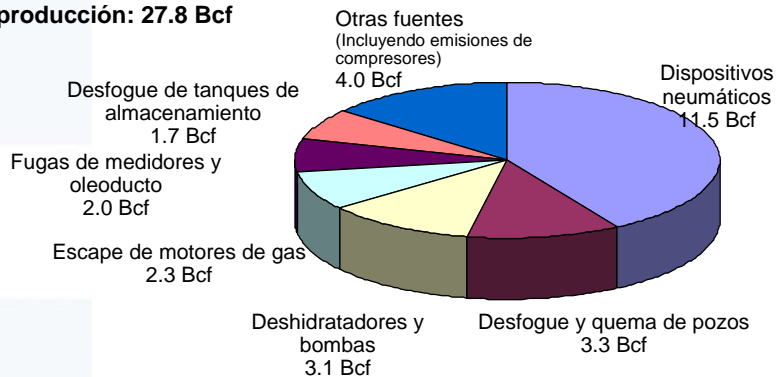


Fuentes: *El éxito del Programa Natural Gas STAR Internacional de los Estados Unidos señala la existencia de oportunidades globales para reducir costoefectivamente las emisiones de metano*, Revista Oil and Gas, 12 de julio de 2004

Bcf = mil millones de pies cúbicos

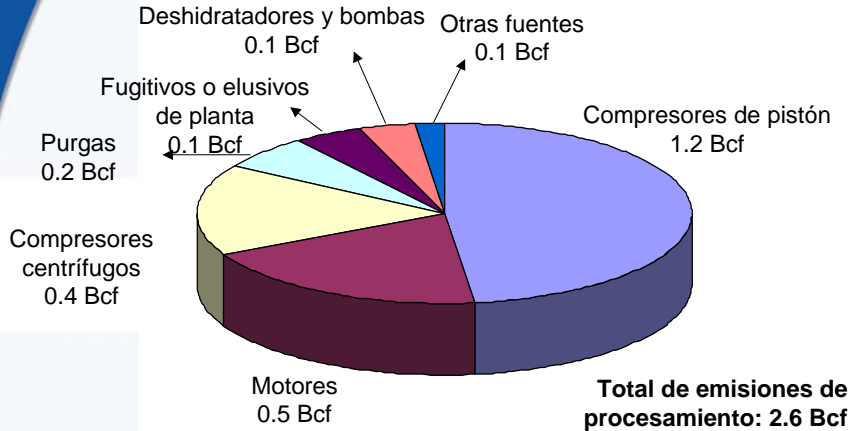
## Emisiones de metano del sector de producción de México (2000)

**Total de emisiones de producción: 27.8 Bcf**



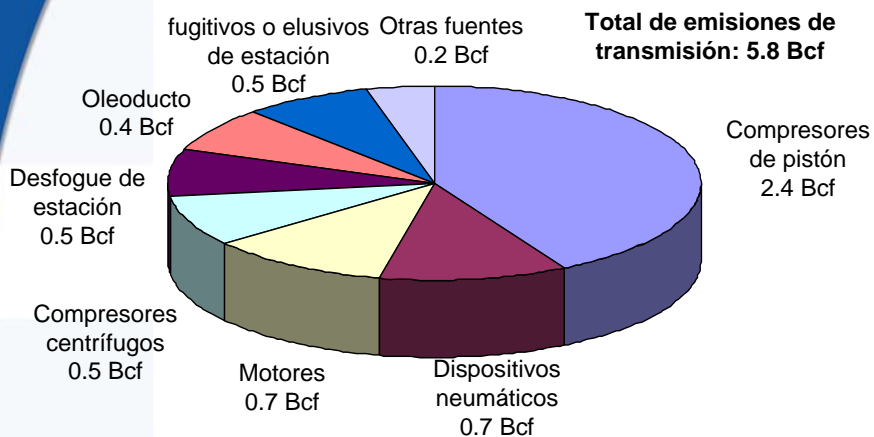
Fuentes: *El éxito del Programa Natural Gas STAR Internacional de los Estados Unidos señala la existencia de oportunidades globales para reducir costoefectivamente las emisiones de metano*, Revista Oil and Gas, 12 de julio de 2004; Inventario de Emisiones y Lavaderos de Gases de Efecto de Invernadero de los EUA: 1990-2004.

## Emisiones de metano del sector de procesamiento de México (2000)



Fuentes: *El éxito del Programa Natural Gas STAR Internacional de los Estados Unidos señala la existencia de oportunidades globales para reducir costoefectivamente las emisiones de metano*, Revista Oil and Gas, 12 de julio de 2004; Inventario de Emisiones y Lavaderos de Gases de Efecto de Invernadero de los EUA: 1990-2004. 5

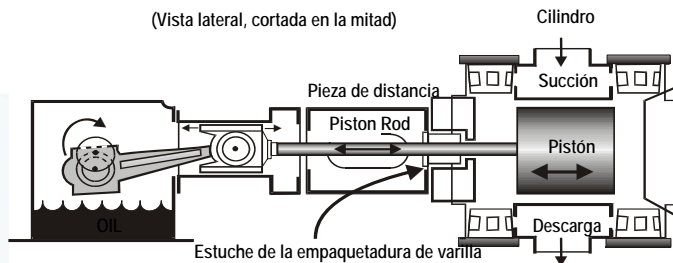
## Emisiones de metano del sector de transmisión de México (2000)



Fuentes: *El éxito del Programa Natural Gas STAR Internacional de los Estados Unidos señala la existencia de oportunidades globales para reducir costoefectivamente las emisiones de metano*, Revista Oil and Gas, 12 de julio de 2004; Inventario de Emisiones y Lavaderos de Gases de Efecto de Invernadero de los EUA: 1990-2004. 6

## Pérdidas de metano por compresores de pistón

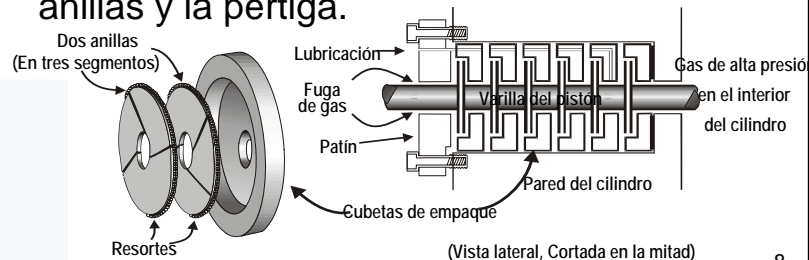
- Las empaquetaduras de varilla de los compresores de pistón fugan un poco de gas por su propio diseño.
  - Empaquetaduras recién instaladas pueden fugar 60 pies cúbicos por hora (cf/hora).
  - Se ha informado que las empaquetaduras desgastadas fugan hasta 900 cf/hora



7

## Empaquetadura de varilla para compresores de pistón

- Una serie de anillas flexibles que encajan alrededor de la pértiga para evitar fugas.
- Las fugas aún pueden ocurrir a través de la empaquetadura de proa, entre las cubetas de empaque, alrededor de las anillas y entre las anillas y la pértiga.



8

## Pérdidas de metano por empaquetaduras de varilla

Emissiones de compresores en marcha	870	Mcf/año-empaquet.
Emissiones de compresores inactivos/Presurizados	1270	Mcf/año-empaquet.
Fugas del cubo de empaquetadura	690	Mcf/año-empaquet.
Fugas de la pieza de distancia	300	Mcf/año-empaquet.

Fugas de empaquetaduras de varilla en compresores en marcha				
Tipo de empaquetadura	Bronce	Bronce / Acero	Bronce / Teflón	Teflón
Tasa de fugas (Mcf/año)	612	554	1317	210

Fugas de empaquetaduras de varilla en compresores presurizados/ inactivos				
Tipo de empaquetadura	Bronce	Bronce / Acero	Bronce / Teflón	Teflón
Tasa de fugas (Mcf/año)	614	N/A	1289	191

Fuente: Mitigación Costoefectiva de Fugas en Estaciones de Compresores de Transmisión de Gas Natural (Cost Effective Leak Mitigation at Natural Gas Transmission Compressor Stations) – PRCI/ GRI/ EPA PR-246-9526

Mcf/año = Mil pies cúbicos por año  
35 pies cúbicos son cerca de 1 metro cúbico

## Ahorros de metano a través del reemplazo de empaquetaduras de varilla

- Evalúe el costo de los reemplazos
  - Un juego de anillas: \$500 a \$800 (con cubetas y estuche) \$1500 a \$2500
  - Varillas: \$1800 a \$10000
    - Revestimientos especiales tales como cerámica, carburo de tungsteno o cromo pueden aumentar los costos de las varillas.
  - Determinar el umbral económico del reemplazo
  - Socios pueden determinar el umbral económico para todos los reemplazos.

$$\text{Umbral Económico de Reemplazo (cf/hora)} = \frac{CR * DF * 1,000}{(H * GP)}$$

Donde:

CR = Costo de reemplazo (\$)

DF = Factor de descuento (%) a un interés de  $i$

H = Horas de operación del compresor por año

GP = Precio del gas (\$ por mil pies cúbicos)

$$DF = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

## ¿Es rentable el reemplazo de la empaquetadura de varilla?

- Medir periódicamente el aumento de fugas

	Sólo anillas		Varilla y anillas
Anillas:	\$1,200	Anillas:	\$1,200
Varilla:	\$0	Varilla:	\$7,000
Gas:	\$7 por Mcf	Gas:	\$7 por Mcf
Operación:	8,000 horas por año	Operación:	8,000 horas por año

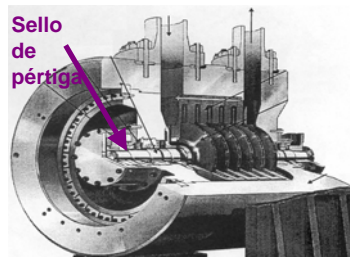
Reducción de fugas	
Esperada (cf/hora)	Recuperación de la inversión (años)
32	0.67
17	1.3
9	2.4
6	3.6

Reducción de fugas	
Esperada (cf/hora)	Recuperación de la inversión (años)
220	0.67
113	1.3
59	2.5
41	3.6

11

## Pérdidas de metano en compresores centrífugos

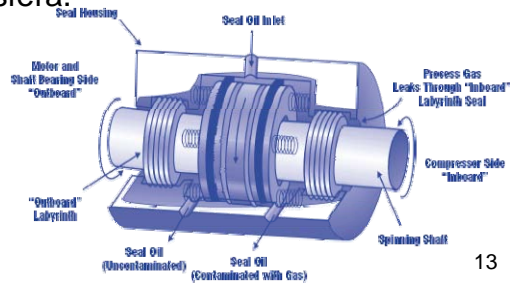
- Los sellos húmedos de los compresores centrífugos fugan un poco de gas en la superficie del sello.
  - La desgasificación del aceite del sello puede desfogar de 40 a 200 cf/minuto a la atmósfera.
  - Una compañía de EUA informó emisiones de sellos húmedos de 75,000 pies cúbicos por día (52 cf/minuto)



12

## Sellos húmedos para compresores centrífugos

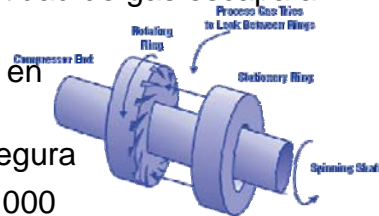
- Aceite de sello de alta presión circula entre las anillas alrededor de la pértiga del compresor.
- En la parte interior el gas se absorbe en el aceite.
- Un poco de gas fuga a través del sello de aceite.
- La desgasificación del sello de aceite desfoga metano a la atmósfera.



13

## Compañías estadounidenses reducen emisiones usando sellos secos

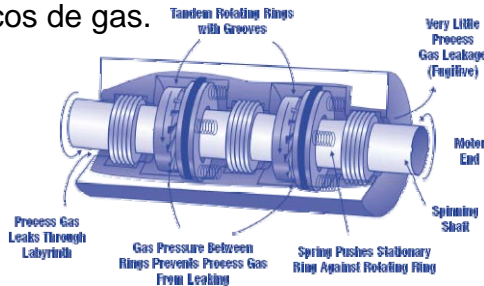
- Los resortes de los sellos secos presionan la anilla estacionaria en el bastidor del sello contra la anilla en rotación cuando el compresor no está en rotación.
- A alta velocidad de rotación, se bombea gas entre las anillas del sello creando una barrera de alta presión contra las fugas.
- Sólo una muy pequeña cantidad de gas escapa a través de la brecha.
- A menudo se usan 2 sellos en paralelo.
- Puede operar de manera segura para compresores de hasta 3,000 libras por pulgada cuadrada medida (psig).



14

## Ahorro de metano mediante el uso de sellos secos

- Típicamente, los sellos secos fugan a una tasa de sólo 0.5 a 3 cf/minuto
  - Significativamente menos que las emisiones de 40 a 200 cf/minuto de los sellos húmedos.
- Los ahorros de gas se traducen en cerca de \$112,000 a \$651,000 a un precio de \$7 por mil pies cúbicos de gas.



15

## Economía del reemplazo de sellos

- Compare los costos y los ahorros para un compresor de 6 pulgadas de pértiga de balancín.

Categoría de costos	Sello seco (\$)	Sello Húmedo (\$)
<b>Costos de implementación</b>		
Costos de sello(2 secos a \$10,000 por pulgada de pértiga, con pruebas)	\$120,000	
Costos de sello(2 húmedos a \$5,000 por pulgada de pértiga)		\$60,000
Otros costos (ingeniería, instalación de equipo)	\$120,000	\$0
<b>Total costos de implementación</b>	<b>\$240,000</b>	<b>\$60,000</b>
<b>Operación y mantenimiento anual</b>	<b>\$10,000</b>	<b>\$73,000</b>
<b>Emisiones de metano anuales (a \$7 por Mcf; 8,000 horas por año)</b>		
2 sellos secos a un total de 6 pies cúbicos por minuto	\$20,160	
2 sellos húmedos a un total de 100 pies cúbicos por minuto		\$336,000
<b>Costos totales sobre un periodo de 5 años</b>	<b>\$390,800</b>	<b>\$2,105,000</b>
<b>Ahorros totales con sellos secos en 5 años</b>		
Ahorros	\$1,714,200	
Reducciones de emisiones de metano(45,120 Mcf por año)	315,840	

16



## ¿Es rentable el reemplazo de sellos húmedos?

- Reemplazar sellos húmedos en un compresor de 6 pulgadas de pértiga de balancín que opera 8,000 horas por año.
  - Valor neto presente = \$1,216,000
    - Suponiendo un 10% de descuento sobre 5 años
  - Tasa interna de rentabilidad = 171%
  - Período de recuperación de la inversión = 7 meses
    - Abarca de 4 a 16 meses con base en las tasas de fuga de los sellos húmedos de entre 40 y 200 cf/minuto.
- La economía es mejor para las instalaciones nuevas.

17

## Resumen del proyecto para México

- Reemplazo de empaquetaduras de varilla de compresores de pistón

Descripción de proyecto: Reemplazar varillas y anillas en un compresor de pistón.	
Metano ahorrado:	865 Mcf por año (24.5 mil metros cúbicos por año)
Valor de venta:	\$4,500 (\$5.25 por Mcf de gas)
Costo de capital e instalación:	(\$8,200) para varillas y anillas
Costo de operaciones y mantenimiento:	(\$100) por año
Período de recuperación de la inversión:	22 meses
Valor adicional en el mercado del carbono:	\$10,500 (\$30 por tonelada de CO <sub>2</sub> e)

18

## Resumen del proyecto para México

- Reemplazar los sellos húmedos de un compresor centrífugo con sellos secos.

Descripción de proyecto: Reemplazar los sellos húmedos de un compresor de 6 pulgadas de pértiga de balancín con sellos secos.

Metano ahorrado:	45,120 Mcf por año (1,277 mil metros cúbicos por año)
Valor de venta:	\$237,000 (\$5.25 por Mcf de gas)
Costo de capital e instalación <sup>1</sup> :	(\$240,000)
Costo de operaciones y mantenimiento <sup>2</sup> :	(\$2,600) por año
<b>Periodo de recuperación de la inversión :</b>	<b>12 meses</b>
Valor adicional en el mercado del carbono:	\$547,000 (\$30 por ton de CO <sub>2</sub> e)

1 - \$180,000 de aumento del costo de capital sobre los sellos húmedos  
 2 - \$63,000 de reducción de los costos de operación anual sobre los sellos húmedos

19

## Preguntas para discusión

- ¿En qué medida está implementando usted estas oportunidades?
- ¿Cómo se podrían mejorar o cambiar estas oportunidades para su uso en sus operaciones?
- ¿Puede sugerir otros métodos para reducir las emisiones de los compresores?
- ¿Cuáles son las barreras (tecnológicas, económicas, falta de información, regulativas, de enfoque, mano de obra, etc.) que impiden que usted implemente estas prácticas?

Referencia: Conversiones de unidades

1 pie cúbico =	0.02832 metros cúbicos
Grados Fahrenheit =	(°F - 32) * 5/9 grados centígrados
1 pulgada =	2.54 centímetros
1 milla =	1.6 kilómetros
14.7 libras por pie cuadrado =	1 atmósfera

20