



# Methane to Markets

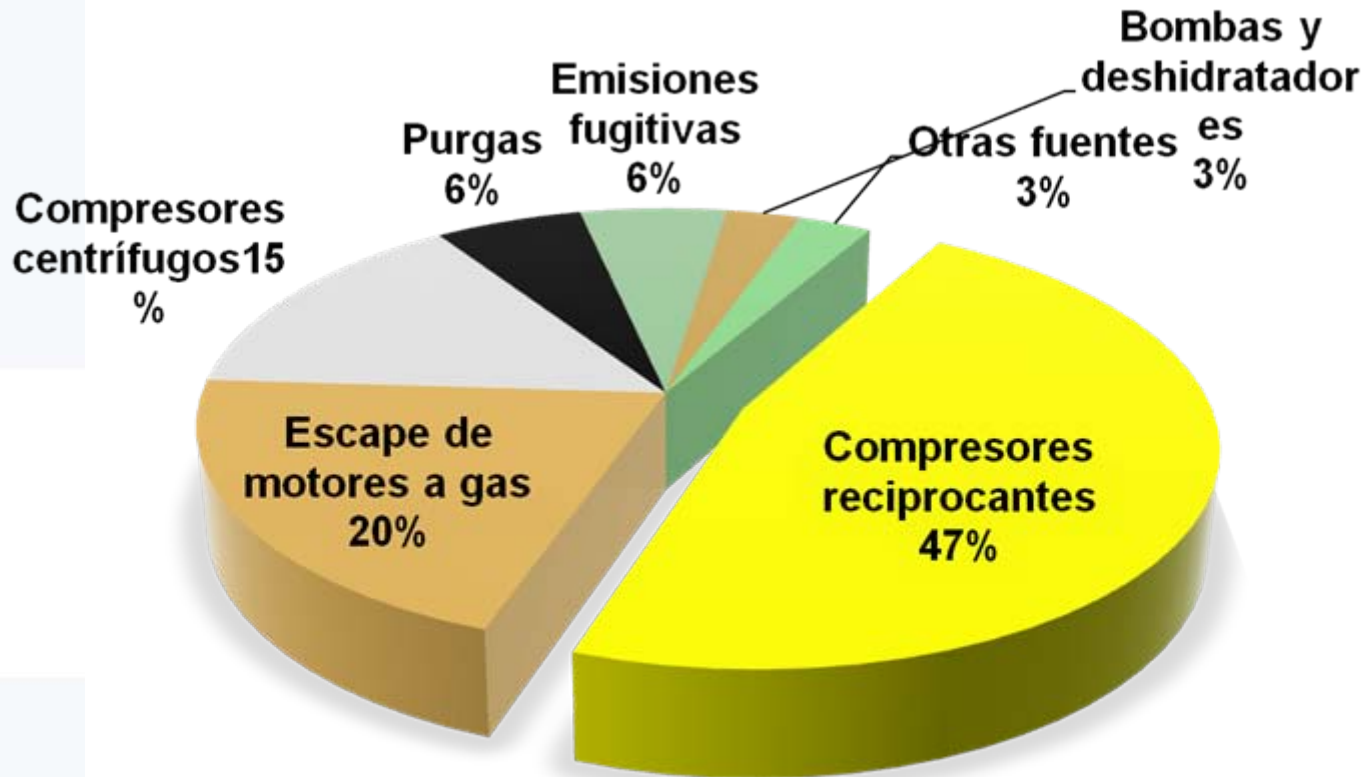
---

## Reducción de Emisiones de Metano en Compresores Reciprocantes y Centrífugos

Taller de Transferencia Tecnológica  
Subcomité de Petróleo y Gas Natural

28 de enero del 2009  
Monterrey, Mexico

# Emisiones de Metano del Sector Procesamiento en EE.UU.

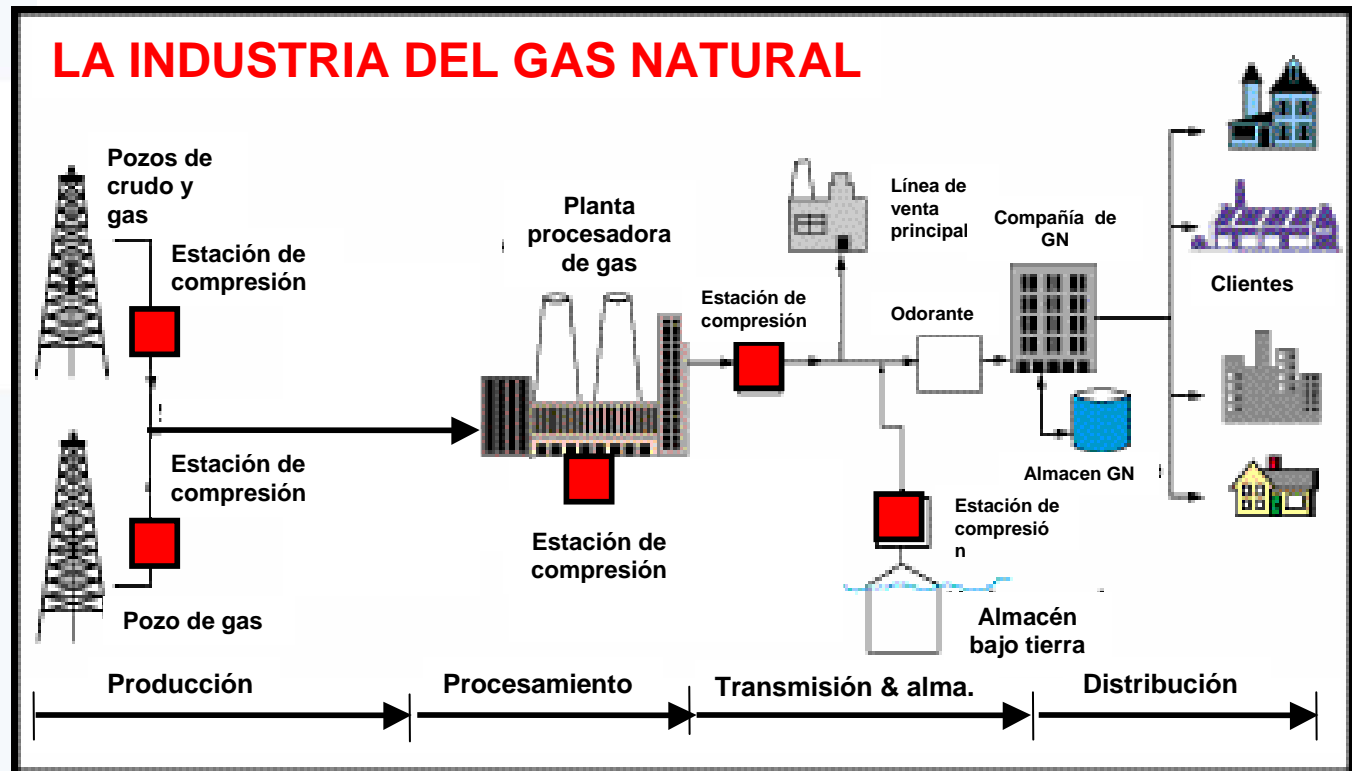


EPA. *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990 – 2006*. Abril de 2008. Disponible en la red en: [epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html](http://epa.gov/climatechange/emissions/usinventoryreport.html)

Nota: Las reducciones de las operaciones de exploración y compresión de Natural Gas STAR se reflejan en el sector productivo.

# Emisiones de Metano en Compresores: El Problema

- Se estima que las emisiones de metano de los compresores en la industria del gas natural contribuyen con alrededor de un cuarto de todas las emisiones de metano de la industria



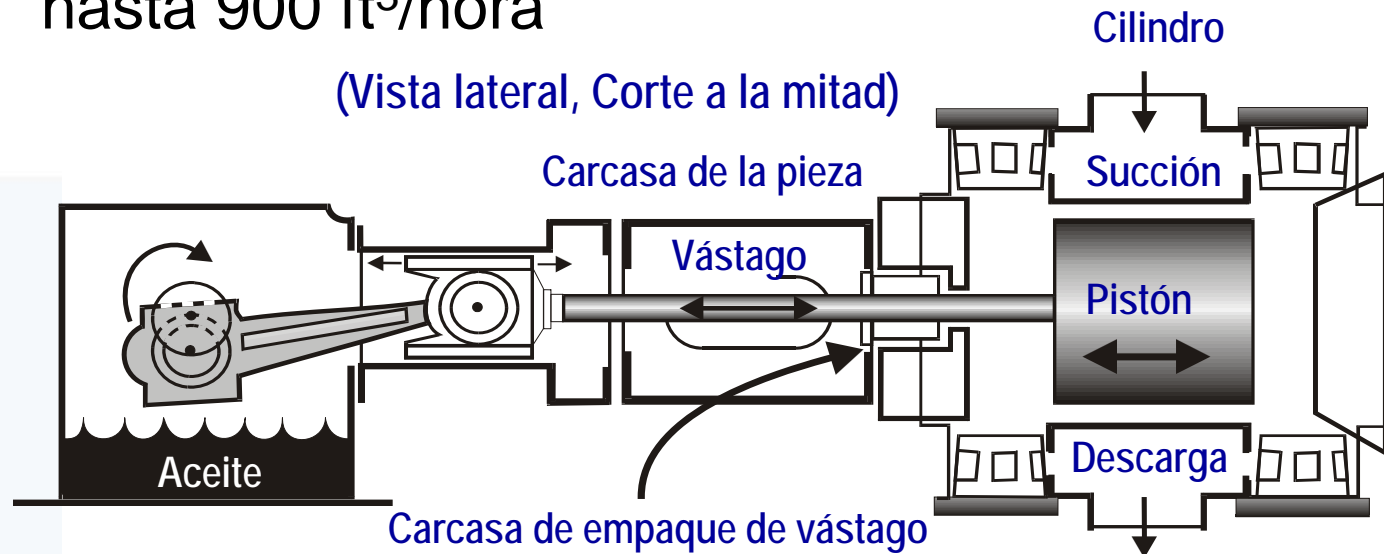
# Recuperación de Metano de los Compresores: Agenda

---

- Compresores Reciprocantes
  - Pérdidas de Metano
  - Recuperación de Metano
  - Experiencia de la Industria
- Compresores Centrífugos
  - Pérdidas de Metano
  - Recuperación de Metano
  - Experiencia de la Industria

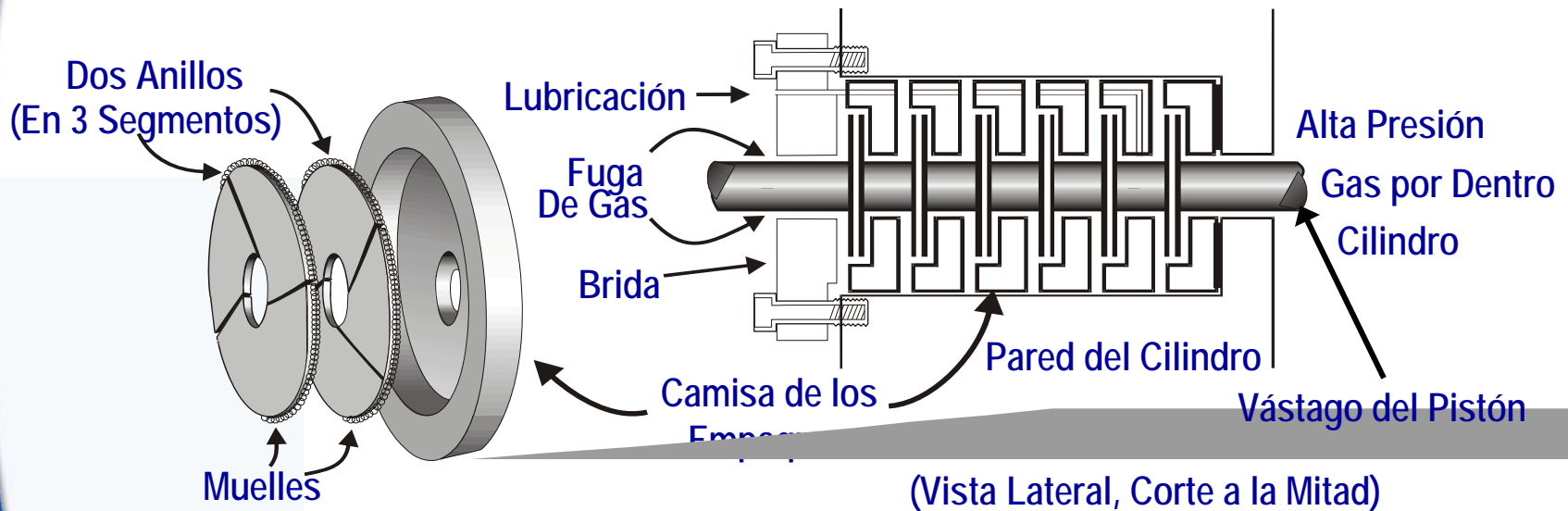
# Pérdidas de Metano en los Compresores Reciprocantes

- Los empaques de los vástagos de compresores reciprocantes fugan gas por diseño
  - Un empaque nuevo puede fugar 60 ft<sup>3</sup>/hora
  - Se han reportado empaques usados con fugas de hasta 900 ft<sup>3</sup>/hora



# Empaque del Vástago del Compresor Reciprocante

- Una serie de anillos flexibles se fija alrededor del eje para prevenir las fugas
- Aún así, la fuga puede darse a través de la junta, entre la camisa del empaque, alrededor de los anillos y entre los anillos y el eje.



# Impedimentos para un Sellado Adecuado

La forma en que puede fugar la carcasa del empaque

- Junta (sin ruptura)
- Empaque del vástago (acabado superficial)
- Camisa del empaque (superficie pulida)
- Empaquetadura del empaque (sucia/lubricada)
- Camisa a camisa (fuera de tolerancia)

¿Qué hace fugar al empaque?

- Materia extraña (basura)
- Desgaste del vástago (0,0015 in/in  $\varnothing$ )
- Lubricación insuficiente/excesiva
- Camisa del empaque fuera de tolerancia ( $\leq 0.002$ "
- Arranques o paros inapropiados
- Líquidos (dilución de aceite)
- Incorrecta instalación del empaque (invertido, o empaque incorrecto)

# Pérdidas de Metano en los Empaques del Vástago

Emisiones de Compresores en Marcha	99	ft <sup>3</sup> /hr-empaque
Emisiones de Compresores Presurizados/Vacío	145	ft <sup>3</sup> /hr-empaque
Fuga de la Camisa del Empaque (Compresor de Vacío)	79	ft <sup>3</sup> /hr-empaque
Fuga de la Carcasa del Vástago (Compresor de Vacío)	34	ft <sup>3</sup> /hr-empaque

## Fugas de Empaques de Vástago de Compresores en Marcha

Tipo de Empaque	Bronce	Bronce/Acero	Bronce/Teflón	Teflón
Tasa de Fuga (ft <sup>3</sup> /hr)	70	63	150	24

## Fugas de Empaques de Vástago Compresores Presurizados/Vacío

Tipo de Empaque	Bronce	Bronce/Acero	Bronce/Teflón	Teflón
Tasa de Fuga (ft <sup>3</sup> /hr)	70	N/A	147	22



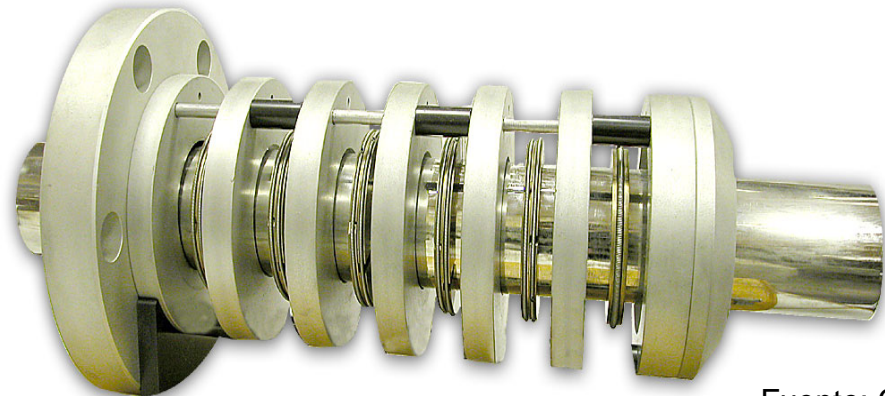
# Pazos para Determinar el Reemplazo Económico

---

- Medir la fuga del empaque del vástago
  - Cuando se instala un nuevo empaque – después de usarlo
  - Posteriormente de manera periódica
- Determine el costo del reemplazo del empaque
- Calcule los ahorros por reducción de la fuga
- Reemplace el empaque cuando el valor de la reducción en la fuga reembolse el costo

# Costo del Reemplazo del Empaque

- Estimar el costo de los reemplazos (US\$)
  - Un juego de anillos: US\$135 a US\$1,080  
(con camisa y carcaza) US\$1,350 a US\$2,500
  - Vástagos: US\$ 2,430 a US\$13,500
    - Recubrimientos especiales como cerámicas, carburo de tungsteno, o cromo pueden incrementar el costo del vástago



# Calcule la Reducción Económica de la Fuga

- Determine el tope máximo del reemplazo económico
  - Los Socios pueden determinar el umbral de rentabilidad para cualquier reemplazo
  - Es un cálculo de reembolso de capital invertido

$$\text{Tope Máximo del Reemplazo Económico (ft}^3\text{/hr)} = \frac{CR \times A / P \times 1,000}{(H \times GP)}$$

Donde:

**CR = Costo del reemplazo (US\$)**

**A/P = Factor de reembolso de capital a *un interes i* y *n años de periodo de recuperación***

**H = Horas de operación del compresor al año**

**GP = Precio del gas (US\$/Mft<sup>3</sup>)**

## Umbral de Reemplazo

- Ejemplo: Retorno de inversión para cambio de anillos y vástago nuevos

CR = US\$1.620 por anillos  
+ US\$9.450 por vástago

CR = US\$11.070

H = 8.000 horas / año

GP = \$5/Mft<sup>3</sup>

A/P @ i = 10% , n = 1 año = 1,1

A/P @ i = 10% , n = 2 años = 0,576

Retorno a dos años:

$$ER = \frac{US\$11,070 \times 0.576 \times 1,000}{(8,000 \times US\$5)}$$

=159 scf / hora

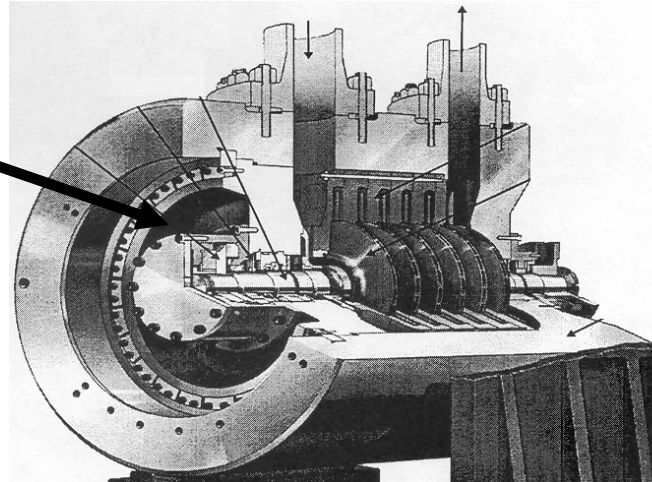
# Estudio de Caso de un Socio: Recuperación del Costo de Reemplazo del Empaque para Eliminar Fugas

- El costo aproximado del reemplazo del empaque es de US\$3.000 por vástago de compresor (partes/mano de obra)
- Asumiendo un precio del gas de US\$ 5/Mft<sup>3</sup>:
  - 1.76 ft<sup>3</sup>/minuto =
  - 1.76 x 60 minutos/hr= 105 ft<sup>3</sup>/hr
  - 105 x 24/1,000 = 2.52 Mft<sup>3</sup>/día
  - 2.52 x 365 días= 919.8 Mft<sup>3</sup>/año
  - 919.8 x US\$5/Mft<sup>3</sup>/ = US\$4,599 por año de fuga
  - Este reemplazo se paga en <1 año

# Emisiones de Metano de Compresores Centrífugos

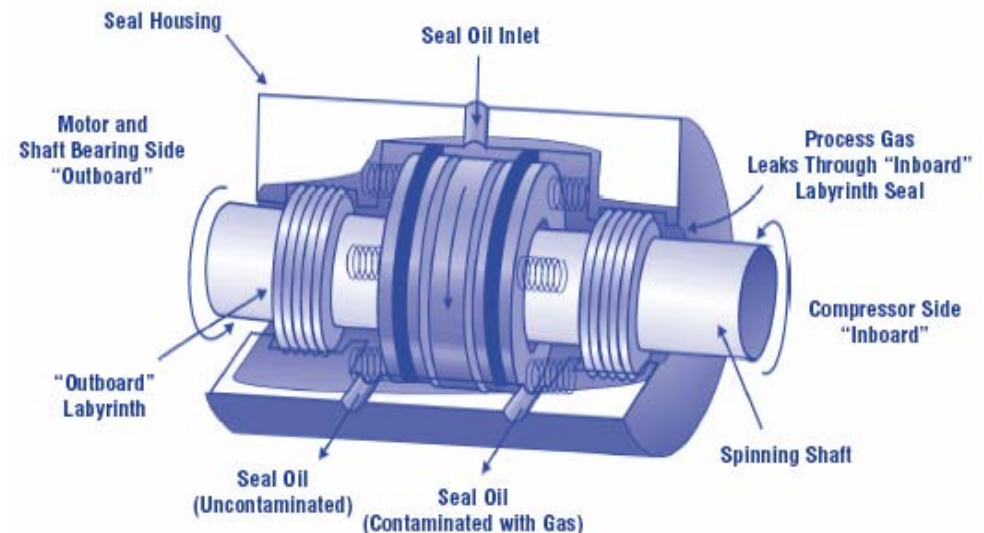
- Los sellos húmedos de compresores centrífugos tienen pequeñas fugas por la cara del sello
  - El desgasificador de aceite de sellos puede ventear hasta 200 ft<sup>3</sup>/min a la atmósfera

**Sello de  
flecha**



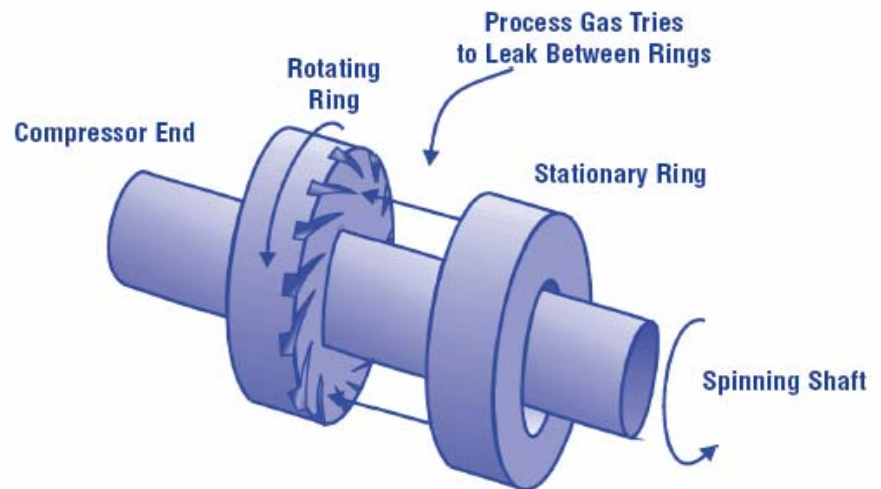
# Sellos Húmedos en Compresores Centrífugos

- El aceite de sellos circula entre los anillos en la flecha de compresor a alta presión
- El gas se absorbe en el aceite en el lado interno
- Una pequeña cantidad de gas se fuga al aceite
- El desgasificador de aceite de sellos ventea a la atmósfera



# Reducción de Emisiones con Sellos Secos

- Los resortes del sello seco presionan el anillo estacionario contra el anillo rotatorio cuando el compresor está fuera de operación
- A alta velocidad de rotación, el gas se bombea entre los anillos de sello creando una barrera de alta presión contra fuga
- Sólo una pequeña cantidad de gas escapa por el claro
- Frecuentemente se emplean 2 sellos en tandem

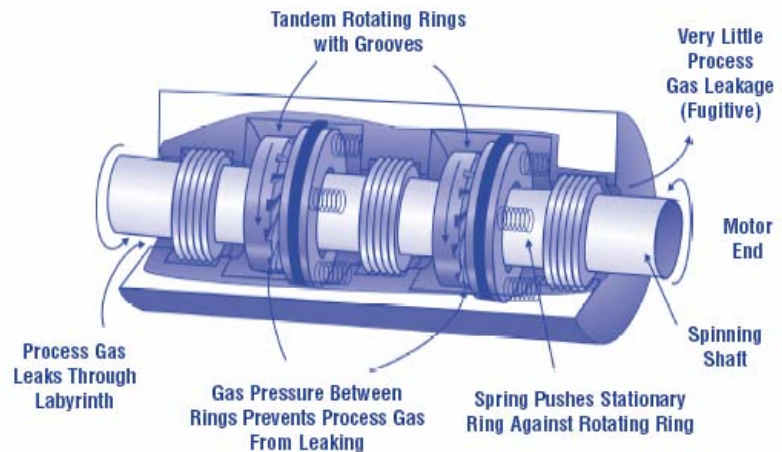




# Reducción de Emisiones con Sellos Secos

- Los sellos secos tienen tasas de fuga de 0.5 a 3 ft<sup>3</sup>/min
  - Mucho menores que las emisiones de 40 a 200 ft<sup>3</sup>/min de los sellos húmedos
- Estos beneficios significan entre

US\$ 88,800 y  
US\$ 472,800  
por ahorro de gas |



# Otros Beneficios de los Sellos Secos

- Además del ahorro de gas y la reducción de emisiones, los sellos secos ayudan a:
  - Reducir costos de operación
    - No se requiere reposición de aceite de sellos
  - Se reduce el consumo de energía eléctrica
    - Los sellos húmedos requieren entre 50 y 100 kWh/h para equipo auxiliar, mientras los sellos secos requieren sólo 5 kWh/h
  - Mejora en confiabilidad
    - Se eliminan paros por motivo de sellos húmedos
  - Eliminación de fuga de aceite de sellos al sistema
    - Los sellos secos disminuyen arrastres a las tuberías y por tanto reducen potencia adicional requerida para compresión.

# Estudio de Caso

---

- Implementación de programa de sustitución de sellos de compresores centrífugos en PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB)