

Sellabilidad en Pozos inyectoros:  
investigación acerca de las características y  
los factores que afectan la capacidad  
sellante de las uniones API.



**Tenaris**

Silvina Grill  
Technical Sales – Comodoro Rivadavia

# Contenido



Introducción acerca de las uniones API.

Presión límite de fuga según API.

Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad.

- Grasa de enrosque.

- Tracción aplicada.

- “Bending” del tubo.

El impacto del manipuleo y uso.

Conclusiones.

# Contenido



Introducción acerca de las uniones API.

Presión límite de fuga según API.

Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad.

- Grasa de enrosque.

- Tracción aplicada.

- “Bending” del tubo.

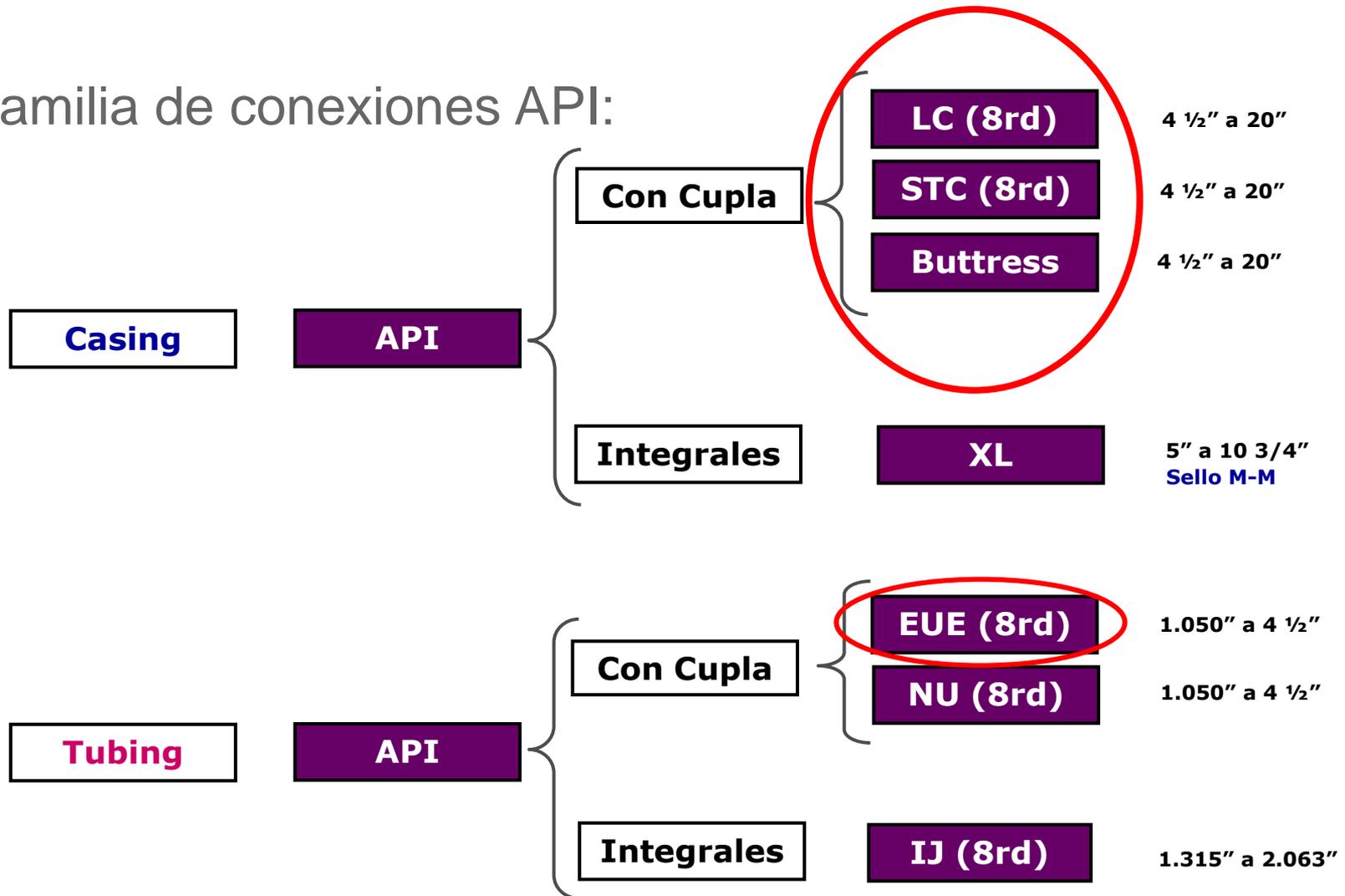
El impacto del manipuleo y uso.

Conclusiones.

# Introducción



## Familia de conexiones API:



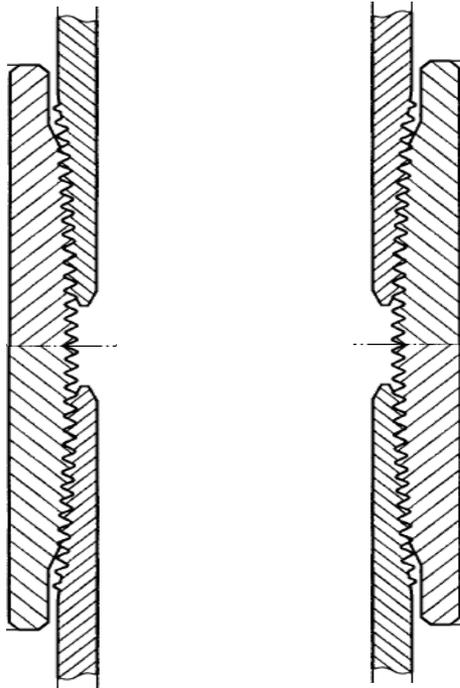
Referencias: API 5CT, API 5B, API 5C1, API 5C2, API 5C3

# Introducción

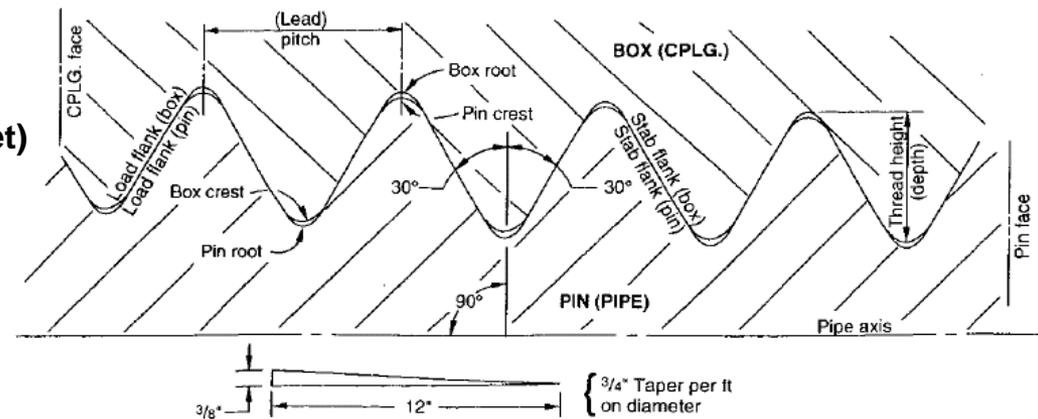


## API Rosca redonda (8r):

LC (conexión rosca redonda Cupla Larga)  
STC (conexión rosca redonda Cupla Corta)  
EUE (conexión rosca redonda External Upset)  
NU (conexión rosca redonda Non Upset)



## Rosca redonda = 8rd



### Ventajas:

- Conexión de fácil fabricación
- Es muy simple para bajar al "pozo"
- Capacidad "sellante" aceptable
- Es bien conocida en la Industria del P & G

### Desventajas:

- Posee una resistencia a la tracción limitada (Jump Out)
- No utilizable en ambientes de Media a Alta Presión
- No utilizable para producción de gas

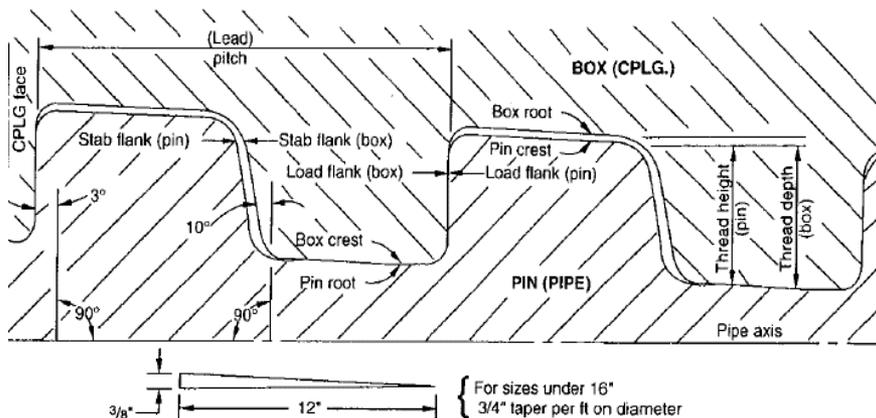
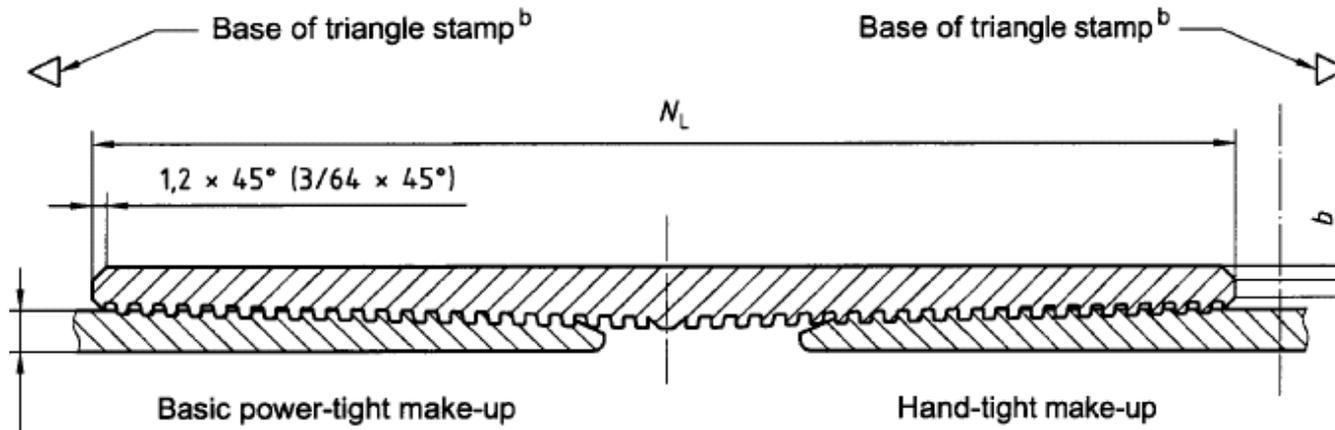
LC, STC

Referencias: API 5CT, API 5B, API 5C1, API 5C2, API 5C3

# Introducción



## API Rosca Buttress:



### Ventajas:

- Conexión de fácil fabricación
- Es muy simple para bajar al "pozo"
- Alta capacidad de resistir cargas de tracción
- Es bien conocida en la Industria del P & G

### Desventajas:

- Limitada capacidad sellante
- No utilizable para producción de gas

Referencias: API 5CT, API 5B, API 5C1, API 5C2, API 5C3

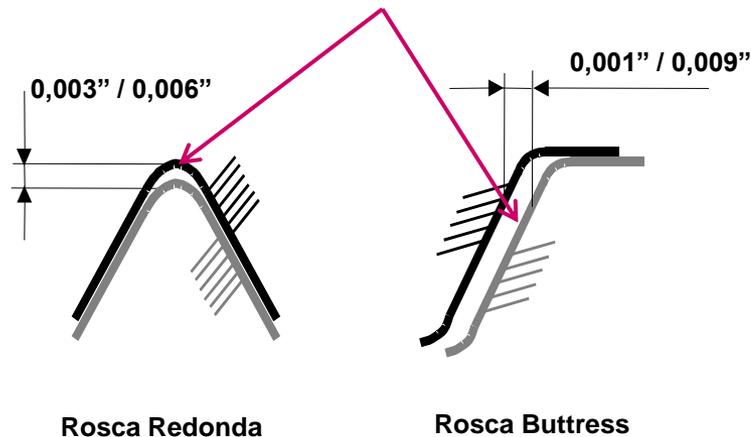


## Sellabilidad

La resistencia a la sellabilidad en las uniones API (excepto conexión Extreme Line) se consigue mediante dos acciones simultáneas:

1. Un compuesto lubricante que obtura los huecos entre filetes.
2. La presión de contacto entre flancos de filetes.

Huecos a obturar mediante el uso de un compuesto sellante



# Contenido



Introducción acerca de las uniones API.

**Presión límite de fuga según API.**

Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad.

Grasa de enrosque.

Tracción aplicada.

“Bending” del tubo.

El impacto del manipuleo y uso.

Conclusiones.

# Presión de fuga según API



$$P = \frac{E T N p (W^2 - E_s^2)}{2 E_s W^2}$$

Internal pressure leak resistance  
(API Bull 5C3 point 4.2)

**P** = Resistencia a la fuga por presión interna.

E = 30000000 psi (Módulo de Elasticidad)

T = Conicidad (in/in)

T = 0.0625 para casing 8r

T = 0.0625 para BC ≤ 13 3/8"

T = 0.0833 para BC ≥ 16"

N = Número de vueltas Make Up (a partir de posición Hand-Tight).

p = Paso de rosca (in)

p = 0.125 para 8r

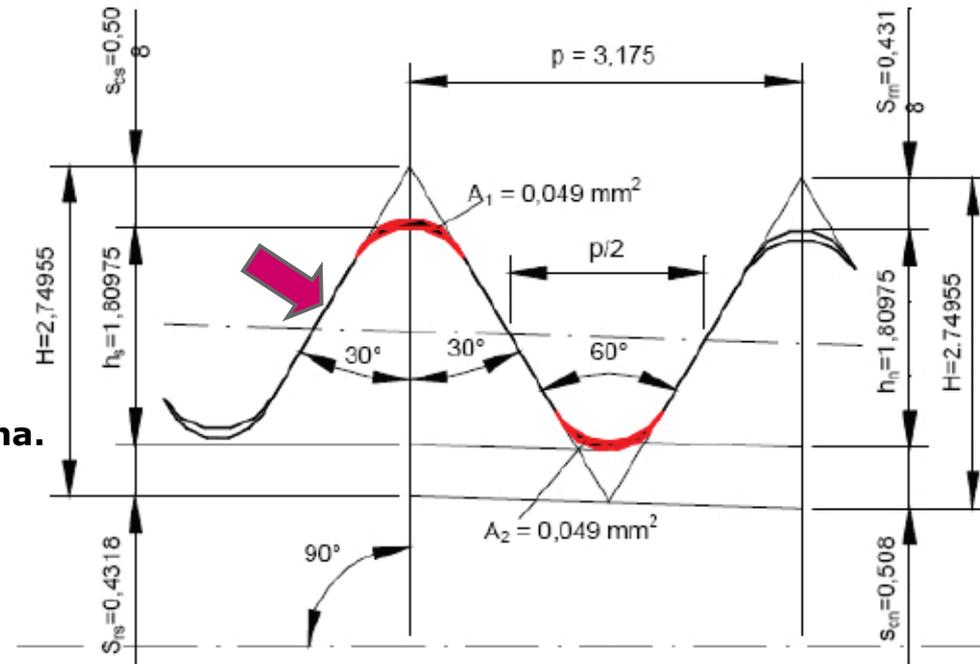
p = 0.200 para BC)

W = OD Cupla (in)

E<sub>s</sub> = Diámetro primitivo de la conexión (in)

E<sub>s</sub> = E<sub>1</sub> para 8r (in) [Referencia API 5B]

E<sub>s</sub> = E<sub>7</sub> para BC (in) [Referencia API 5B]

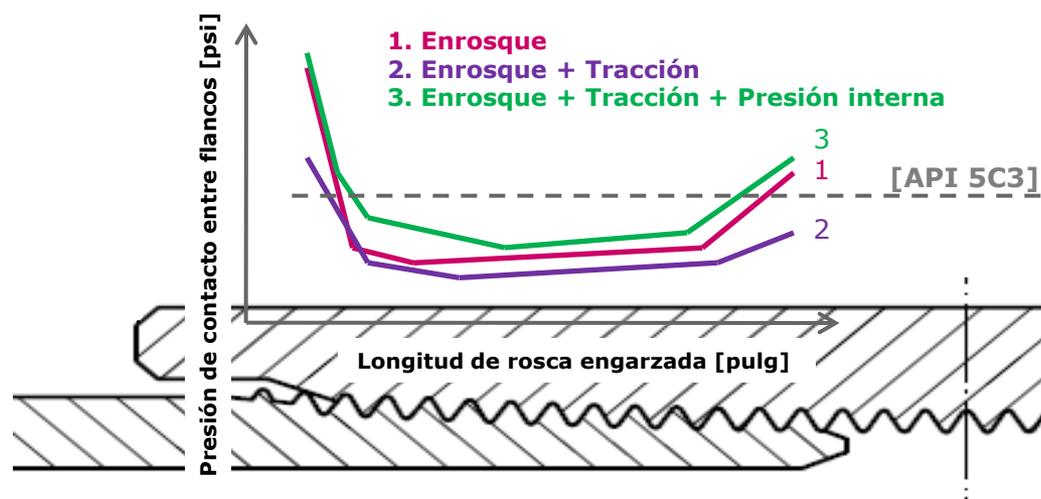


# Presión de fuga según API



## Comentarios acerca de la fórmula presentada

1. La expresión contempla solamente el valor de presión de contacto entre flancos (no considera la presencia de espacio libre entre "crestas" y "valles").
2. Asume que la presión de contacto es uniforme a la totalidad de la longitud roscada.
3. No toma en cuenta la influencia de la tracción, ni de la flexión, ni de la presión interna.



# Contenido



Introducción acerca de las uniones API.

Presión límite de fuga según API.

**Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad.**

- Grasa de enrosque.

- Tracción aplicada.

- “Bending” del tubo.

El impacto del manipuleo y uso.

Conclusiones.

# Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad



La longitud roscada de una conexión API Rosca Redonda realiza una doble función: transmite las cargas axiales entre tubos y genera una barrera a los fluidos confinados en el interior de la tubería.

La estanqueidad de una conexión roscada API es función del diseño de la misma, de las características de la grasa y de las cargas actuantes sobre la misma, asumiendo que ha sido instalada siguiendo las prácticas recomendadas.

Con lo cual, la prestación de la conexión API Rosca Redonda es muy dependiente de ciertos factores fundamentales para asegurar una performance básica:

- a) Prestación de la grasa a través del tiempo
- b) Diseño mecánico del pozo (cargas axiales)
- c) Práctica adecuada de apriete en campo

# Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad



## Prestación de la grasa

En las conexiones API la colocación de grasa es necesaria para:

1. Bloquear los huelgos entre filetes evitando fugas.
2. Evitar el engrane de los filetes debido al contacto franco entre metales.
3. Minimizar y controlar el torque de apriete de las conexiones, evitando un nivel de tensiones excesivo.
4. Lubricar las superficies de manera de permitir que el torque de apertura de las uniones alcance valores razonables.

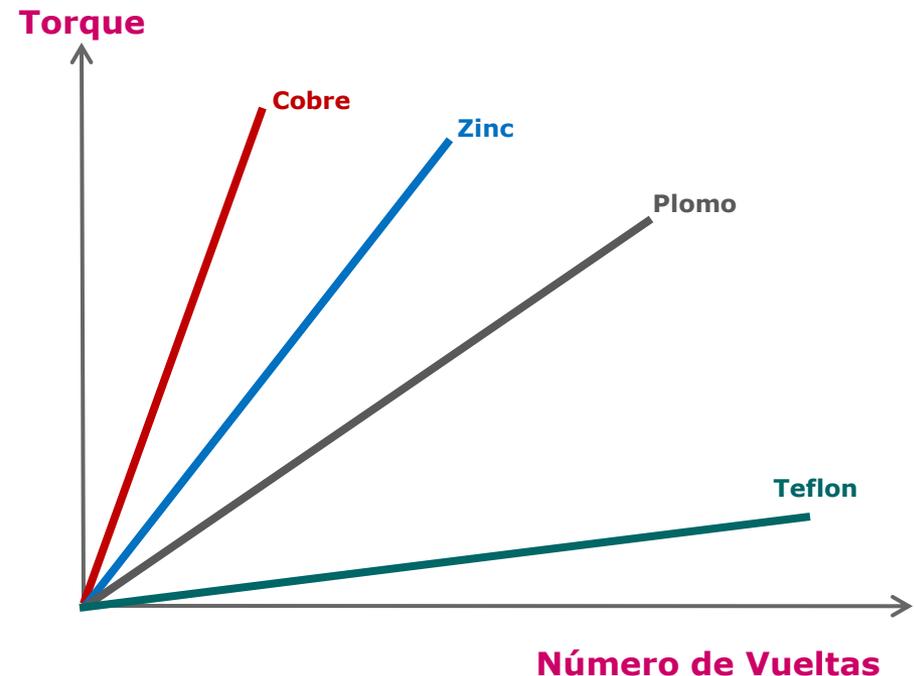


# Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad

## Efecto sellante de las grasas

El efecto sellante de las grasas se consigue producto de la deformación y compactación de aquellos compuestos sólidos de tamaño muy pequeño que finamente se acomodan en los espacios entre filetes.

Tensión de Fluencia de los materiales típicos que se encuentran en un compuesto sellanta [API 5A3]	
Material	Fluencia [psi]
Plomo	600
Zinc	3000
Cobre	10000
Grafito	200
Teflon	200



Ref.: "Thread Compounds - How Do They Work?" – R. David Prengaman. PEI – October 1981

# Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad



Envejecimiento de las grasas debido a la temperatura

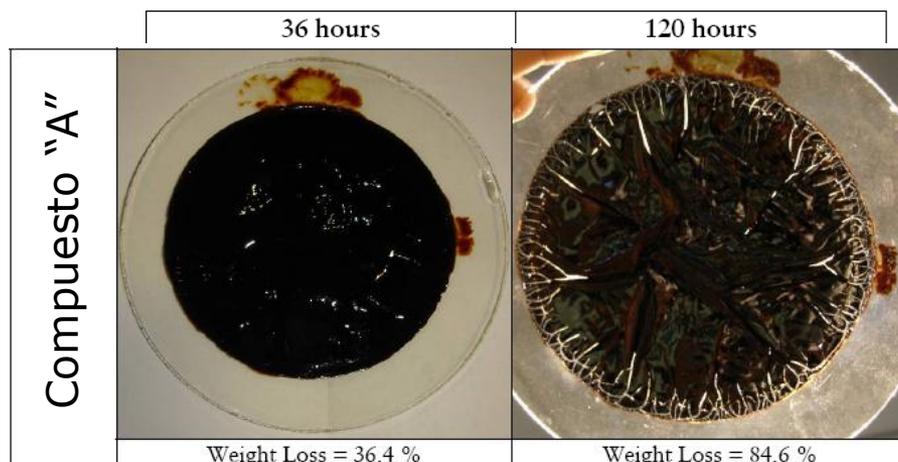
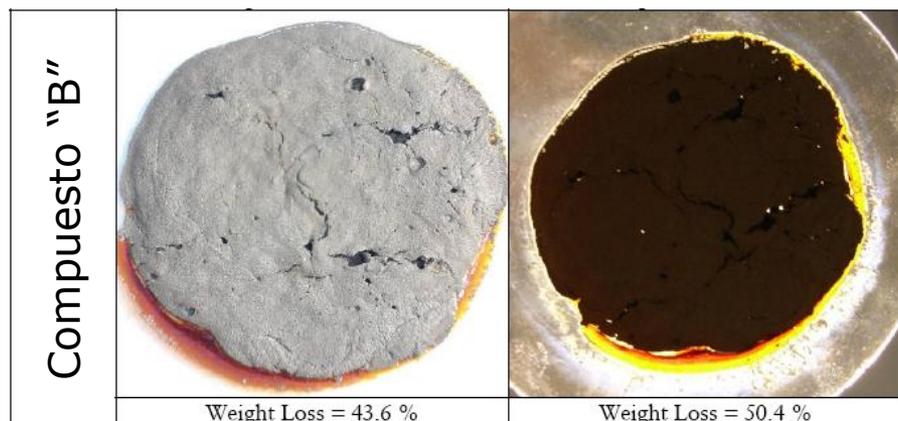


Figure 1. Thread compounds after exposure to 180°C.



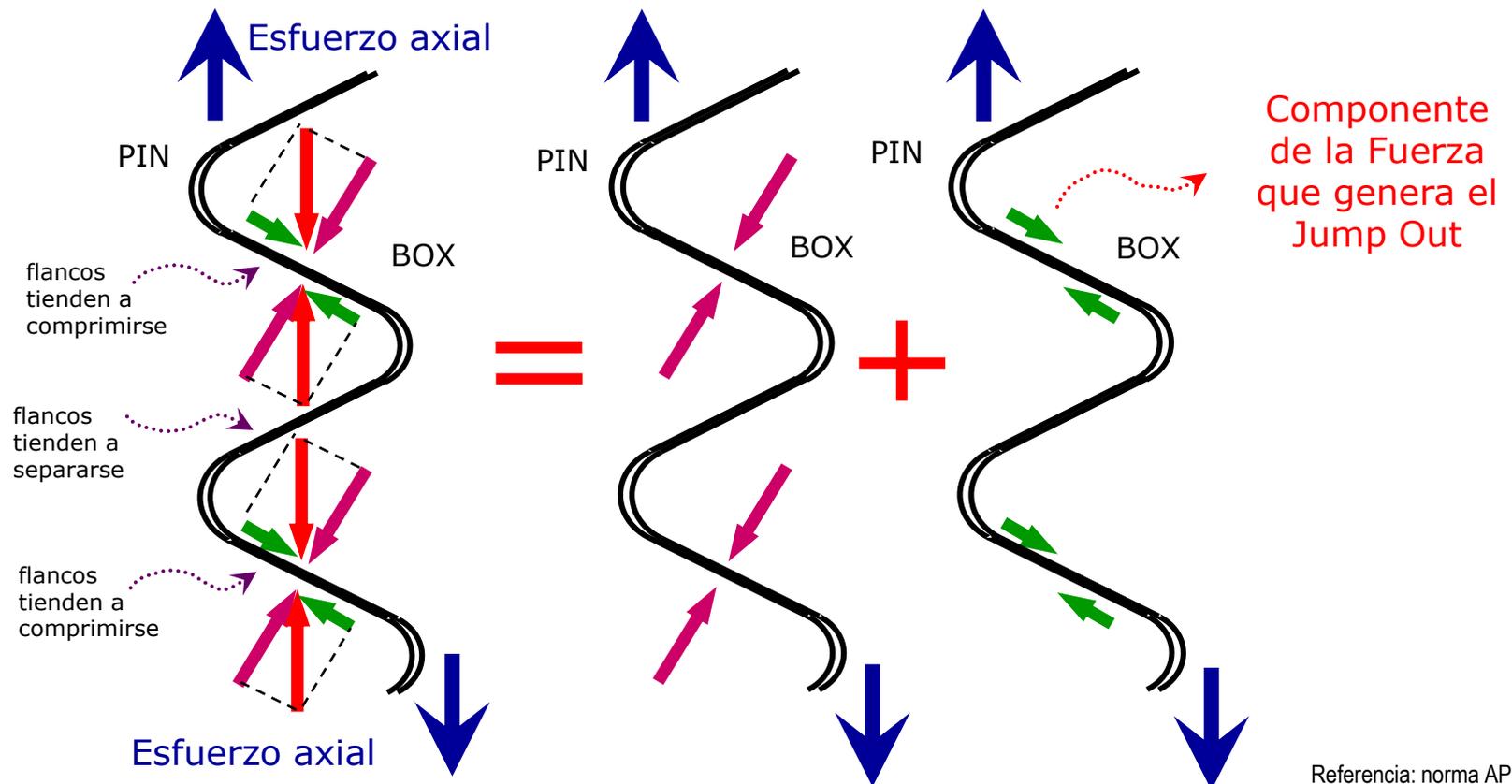
	Compuesto A	Compuesto B	API Modified
Weight loss after 36h (%)	36.4	46.3	9.7
Weight loss after 120h (%)	84.6	50.4	16.1

# Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad



## Carga axial de tracción

La carga axial de tracción favorece la fuga entre los filetes debido a que el "huelgo" a sellar aumenta.



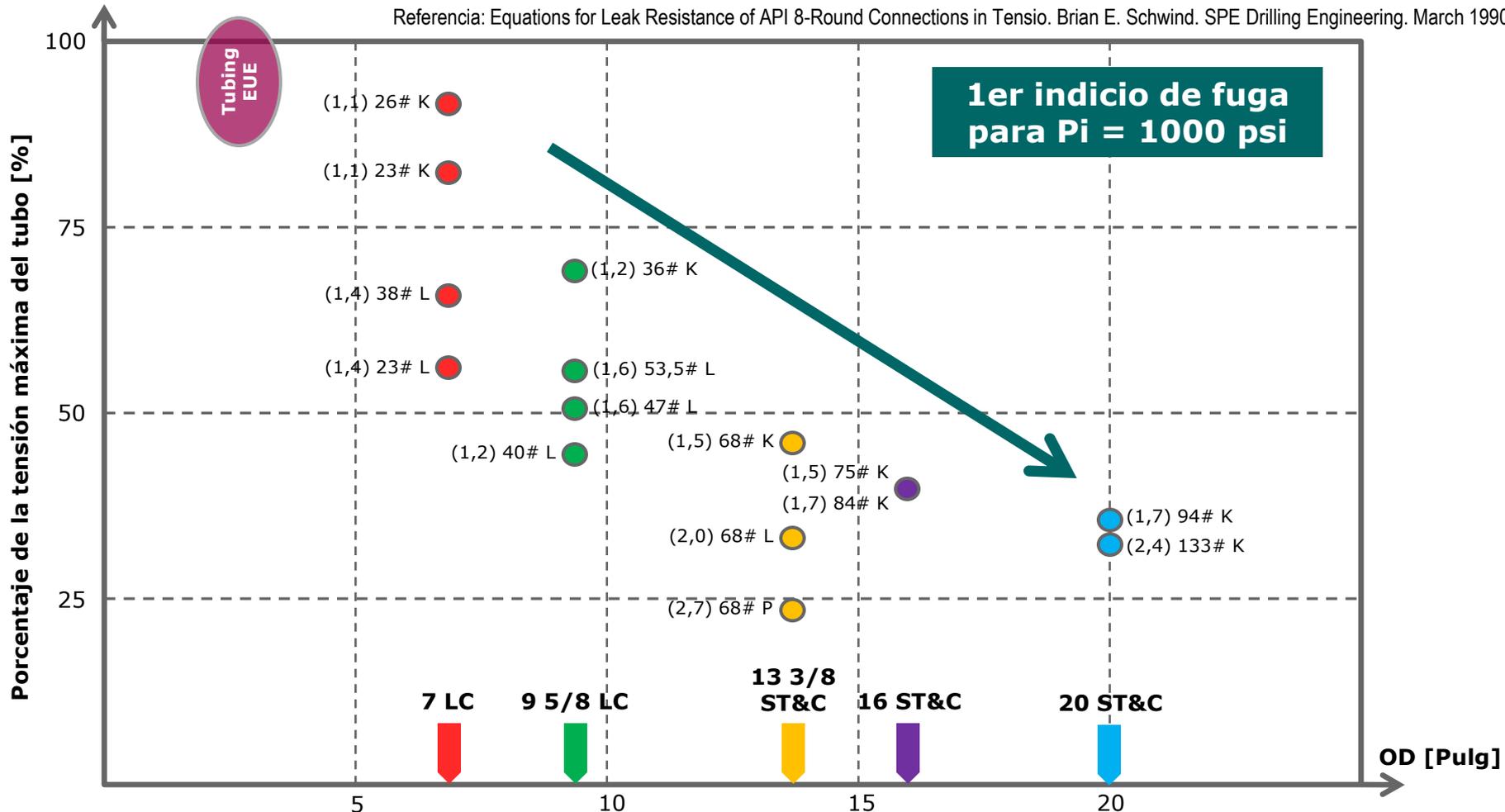
Referencia: norma API 5C3 pág 17

# Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad



## Carga axial de tracción

Referencia: Equations for Leak Resistance of API 8-Round Connections in Tensio. Brian E. Schwind. SPE Drilling Engineering. March 1990.



# Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad



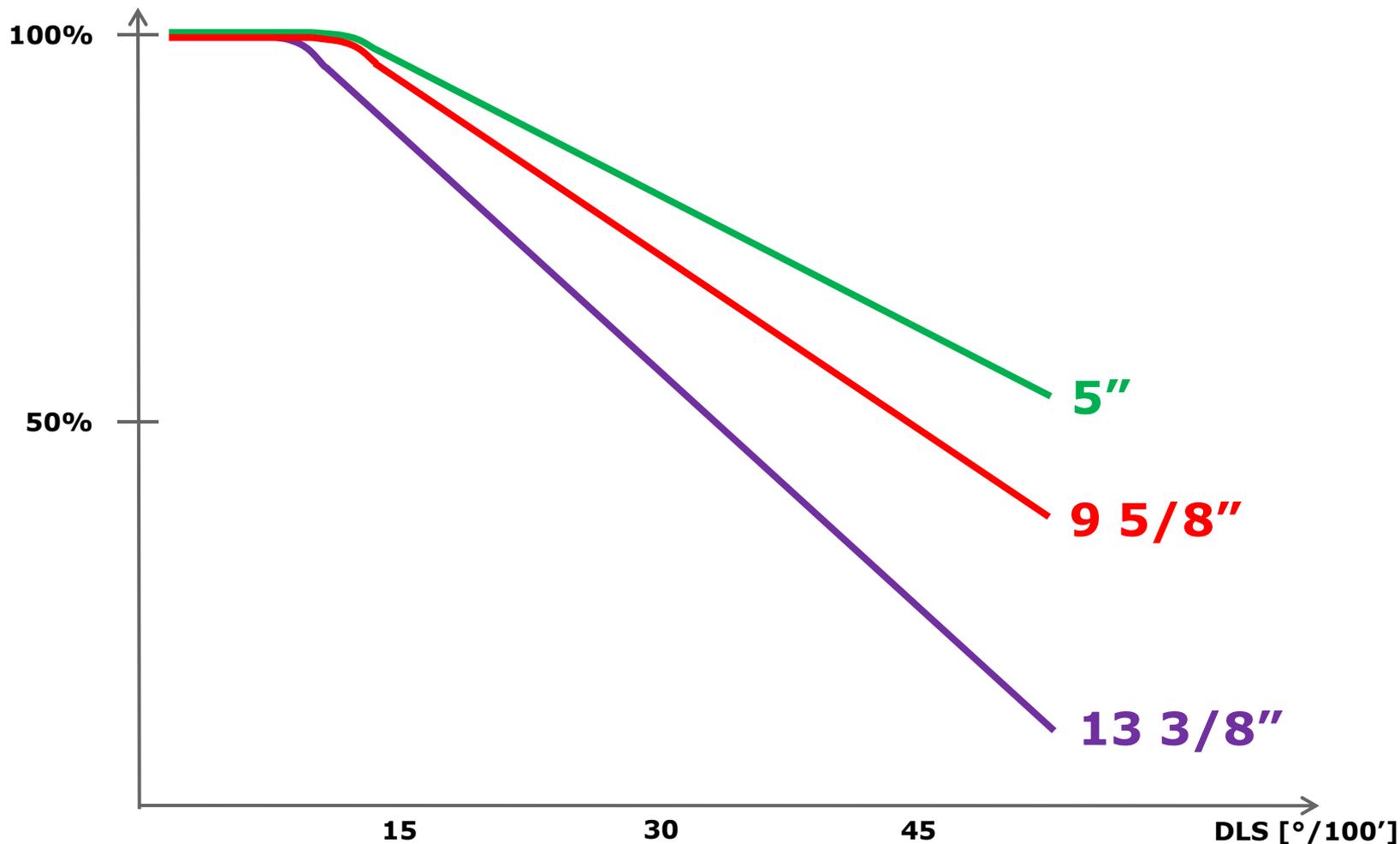
## Efecto de la flexión (Bending)

1. El efecto de la flexión sobre las conexiones con API rosca redonda es tratado en el Boletín API 5C4.
2. A medida que el diámetro de la tubería se incrementa, se necesita un menor esfuerzo flexor para reducir la capacidad sellante de la conexión.
3. Existe un valor "umbral" de flexión (entre  $10^\circ$  y  $18^\circ/100'$ ) a partir del cual se ve afectada capacidad sellante de la conexión.
4. En el Tubing se requieren valores superiores a los expuestos en el párrafo superior.

# Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad



Efecto de la flexión (Bending)



# Contenido



Introducción acerca de las uniones API.

Presión límite de fuga según API.

Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad.

- Grasa de enrosque.

- Tracción aplicada.

- “Bending” del tubo.

**El impacto del manipuleo y uso.**

Conclusiones.

# Manipuleo y uso de tuberías



## Recomendaciones básicas

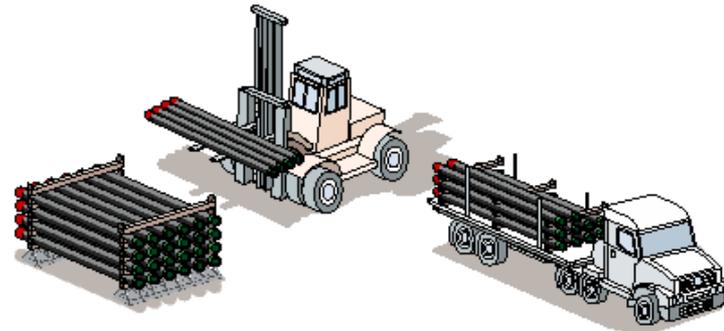
- Mover los tubos con suavidad y con los protectores colocados.
- Identificar las conexiones y accesorios. Asegurarse que son compatibles.
- Controlar el equipamiento a utilizar.
- Controlar la alineación del aparejo respecto del pozo.
- Limpiar las roscas y protectores.
- Reinstalar los protectores antes de que los tubos sean levantados hacia la boca de pozo, o utilizar protectores especiales.
- Utilizar compuesto lubricante fabricado según API RC 5A3. (Boletín)
- Realizar el acople con sumo cuidado. En las uniones con sello metal-metal utilizar guía de emboque.
- No utilizar altas velocidades de rotación. Ver las recomendaciones en cada caso.
- Utilizar el torque recomendado.
- Evitar operar con las tuberías en tiros dobles o triples.
- Utilizar compensador de peso.

# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



## Transporte (API 5C1)

- Manipuleo en el Transporte:
- Verificar que los protectores se encuentren correctamente instalados.
- Mover los tubos con cuidado evitando golpes. (La Ovalidad reduce considerablemente la resistencia al colapso.)
- No descargue los tubos dejándolos caer. Descárguelos dependiendo de cuantos se puedan movimentar cuidadosamente.
- Cuando se utilicen grúas de gancho, mover la carga sujetándola de uno de los extremos con una soga. Quien realice esta operación deberá estar a una distancia adecuada de la carga en movimiento.
- Evite el golpe de un tubo contra otro.



# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



## Verificación de equipamientos

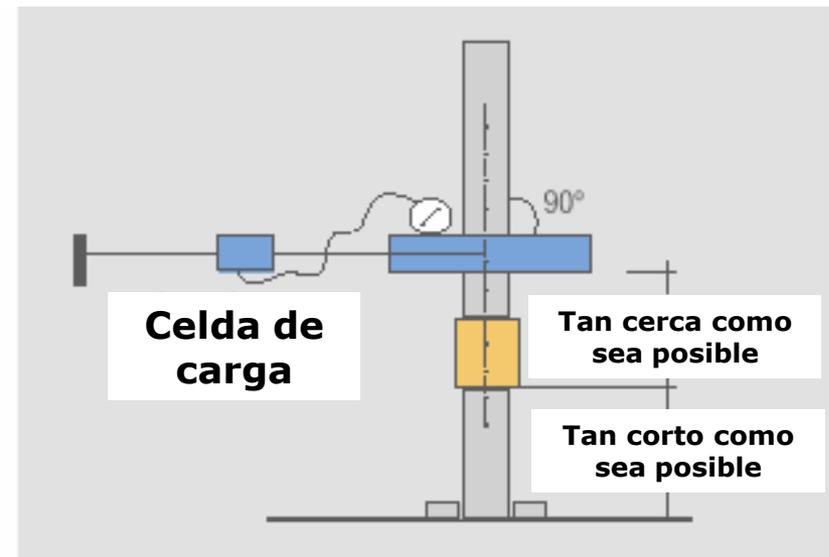
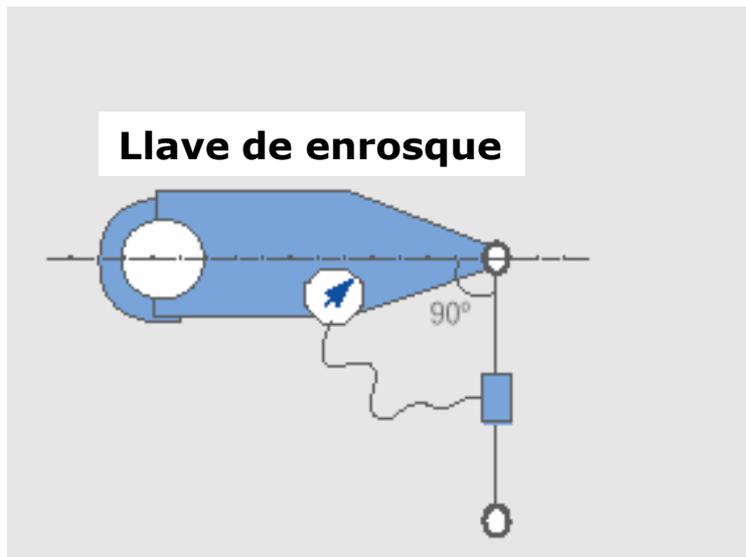
- Elevadores.
  - Se recomiendan elevadores de mordazas para columnas pesadas, en el uso de cuplas de diámetro especial y uniones tipo flush.
  - En los elevadores tipo collar se debe inspeccionar la superficie de apoyo.
  - Las cargas deben estar distribuidas uniformemente.
  - El desgaste no uniforme de los elevadores genera problemas de alineación y elevación de la carga.
- Cuñas.
  - Comprobar el correcto funcionamiento, todas las partes de la cuña deben cerrar al mismo tiempo y nivel.
- Mordazas de Elevadores, Cuñas, Grampas, y Llaves.
  - Deben estar limpias y en contacto uniforme con el tubo.
  - Deben ser mas largas en columnas pesadas.

# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



## Verificación de equipamientos

- Llaves de enrosque:
- Utilizar siempre llave de back-up en los primeros tubos y hasta que la tubería tome peso.
- Comprobar el correcto funcionamiento. Debe estar nivelada, a  $90^\circ$  con respecto a la línea de anclaje y calibrada para el torque que se va a utilizar.
- No debe tener desgaste. Esto provocaría el daño del tubo.
- La distribución de la fuerza alrededor de la superficie del tubo debe ser uniforme.

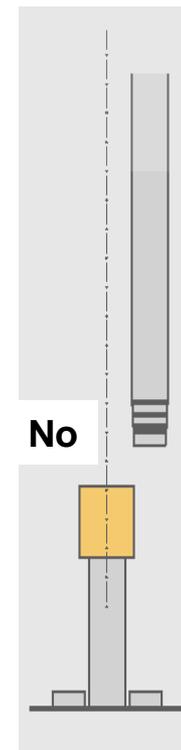
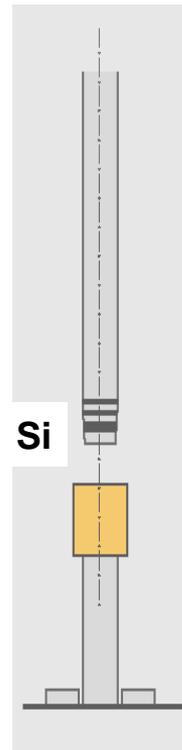


# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



## Verificación de equipamientos

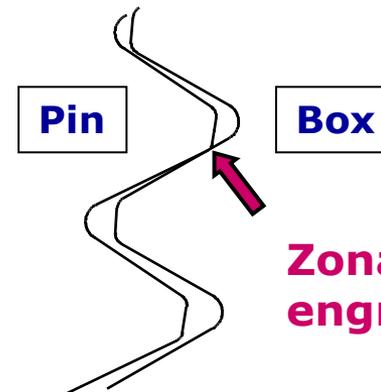
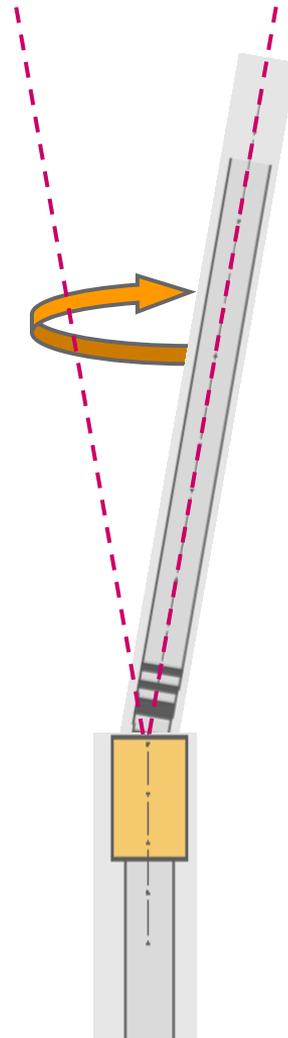
- Alineación del Equipo
- Controlar la alineación del aparejo respecto a la mesa rotary.



# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



Alineación



# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



## Preparación de las roscas

- Limpieza
- Realizar la limpieza inmediatamente antes del uso de la tubería para evitar que las roscas queden expuestas a la corrosión atmosférica.
- Quitar los protectores utilizando herramientas apropiadas.
- Tener cuidado de no dañar las roscas y/o el interior de tubos con revestimientos especiales para corrosión.
- Limpiar las roscas utilizando cepillo NO metálico. Para el lavado de las mismas es recomendable utilizar agua a presión.
- Secar muy bien las roscas. Eliminar los restos de agua.
- Realizar procedimiento similar para los protectores. Estos deben estar perfectamente limpios antes de ser colocados. Salvo que se utilicen protectores especiales.
- Cada perfil de rosca debe estar libre de residuos o restos de sustancias limpiadoras.

# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



## Preparación de las roscas

- **Inspeccionar visualmente todas las roscas a fin de detectar:**
  - Falta de fosfatizado.
  - Conexiones ovalizadas por golpes.
  - Engrane o excesivo desgaste.
  - Áreas abolladas, aplastadas, con marcas y daños menores pueden ser reparados con lima plana o triangular por personal calificado.
  - Grado de oxidación y picado. (No se deben utilizar roscas oxidadas.)
  - Las uniones con daños deberán ser identificadas y separadas para su eventual recuperación.
- Examinar todas las roscas de los accesorios: Zapato, Collar, Reducciones, Packers, Pup Joints, Cabeza de Cementación, Anclas, tapones de elevación, y cualquier otro elemento que se utilice en la columna a bajar. Verificar que todas las roscas sean compatibles.

# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



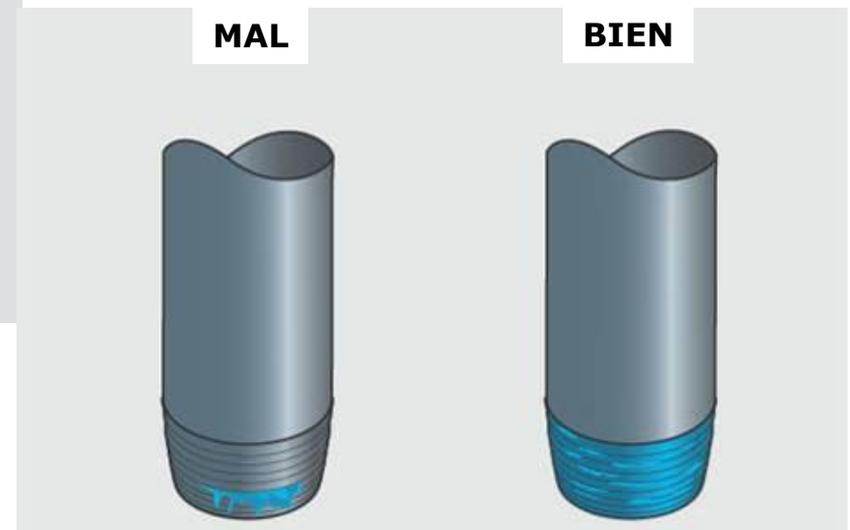
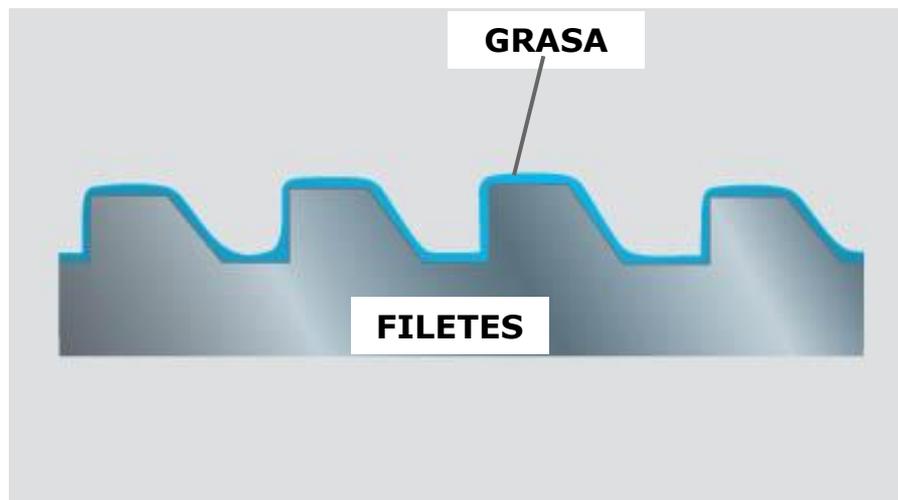
## Acople de la tubería

- Previo al acople retirar el protector y colocar el compuesto para roscas recomendado. Utilizar cantidad adecuada.
- Es recomendable utilizar compensadores de peso para evitar el apoyo de una rosca contra la otra.
- Utilizar siempre guía de emboque si se trata de uniones especiales. Esta debe ser utilizada tanto en la bajada como en la sacada.
- Asegurarse que los tubos estén alineados verticalmente. De ser necesario utilizar hombre-guía.
- Enroscar a mano las primeras vueltas asegurándose que el tubo no oscile.

# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



## Engrase de las roscas

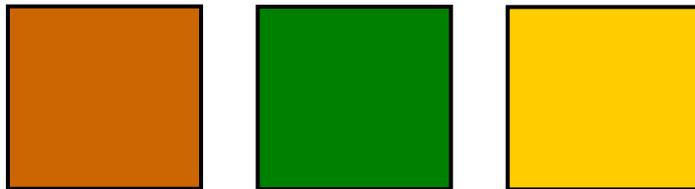


# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



## Engrase de las roscas

Colores típicos de las grasas para almacenaje  
(Storage Compound)

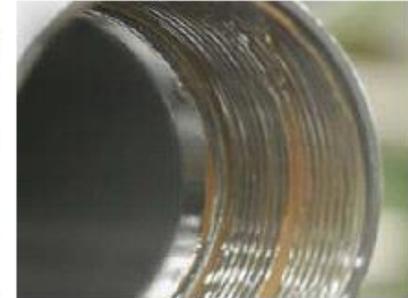
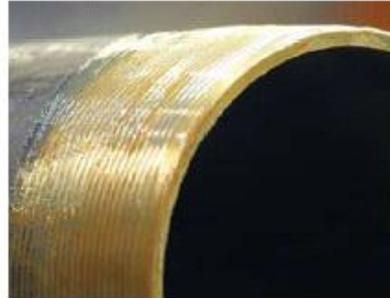


Colores típicos de las grasas para enrosque  
(Thread Compound)

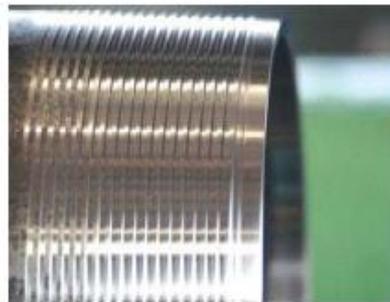


Pin y Box con grasa de almacenamiento

Colores de grasa típicos



Pin y Box limpios



Pin y Box con grasa de enrosque

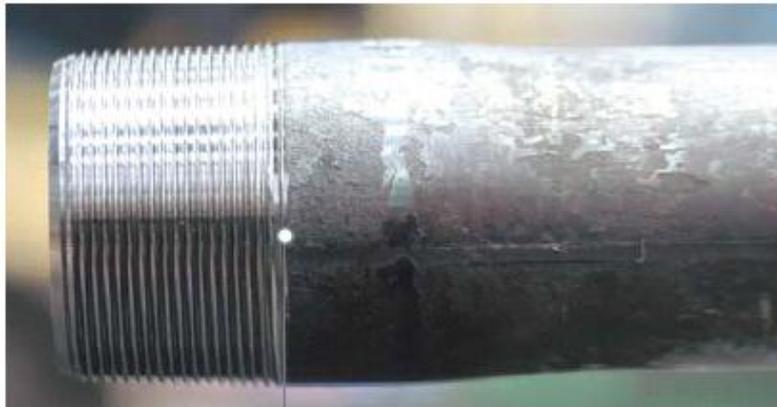
Colores de grasa típicos



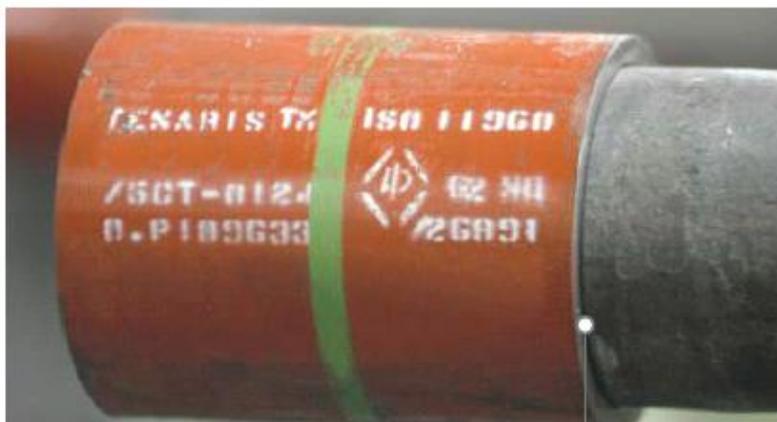
# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



## Método de apretado: TORQUE - POSICION



Punto de desvanecimiento de rosca



Sin hilos fuera de la cara de la cupla

**Tubing** (1.050" a 4 1/2" / 8 y 10 hilos por pulgada)  
EU tubing rosca redonda con recalque externo  
NU tubing rosca redonda sin recalque externo

**Casing** (4 1/2" a 20" / 8 hilos por pulgada)  
LC casing rosca redonda cupla larga  
STC casing rosca redonda cupla corta



Referencia: Método de apretado y valores de torque:

API 5C1 "Recommended Practice for Care and Use of Casing and Tubing"

# El impacto del manipuleo y el uso de tuberías



## Extracción de la tubería

- Colocar la contrafuerza en la cupla y con la llave aplicar torque al tubo.
- Desenroscar a baja velocidad.
- No golpear las conexiones.
- Después de desenroscar varias vueltas retirar la llave y desenroscar manualmente.
- No permitir que el peso del tubo se aplique sobre la rosca. Mantener el aparejo sosteniendo el peso del tubo.
- No desenroscar con el tubo inclinado. Esto puede provocar engrane en la rosca.
- Colocar guía de emboque en caso de uniones con sello metal-metal antes de sacar el tubo.
- El pin no debe girar libremente en el box después del desenrosque.
- Colocar protector antes de bajar el tubo a los bancales.
- Limpiar muy bien pin, box y protectores. Luego inspeccionar, reparar si fuese necesario, engrasar y colocar protectores.

# Contenido



Introducción acerca de las uniones API.

Presión límite de fuga según API.

Influencia de los factores que intervienen en la sellabilidad.

- Grasa de enrosque.

- Tracción aplicada.

- “Bending” del tubo.

El impacto del manipuleo y uso.

**Conclusiones.**

# Conclusiones



- Las conexiones API tienen un uso extendido en la industria del Petróleo & Gas debido a su fácil fabricación, simplicidad para bajar al pozo y aceptable capacidad "sellante".
- La estanqueidad de una conexión roscada API es función del diseño, de las características de la grasa y de las cargas actuantes sobre la misma, asumiendo una correcta instalación.
- La prestación en el tiempo será dependiente de ciertos factores fundamentales para asegurar una performance básica; prestación de la grasa, diseño mecánico del pozo (cargas axiales) y práctica adecuada de apriete en campo.
- Las cargas axiales aumentan el espacio entre filetes llevando a un incremento en el riesgo de fuga.
- La grasa utilizada para el enrosque debe colocarse en cantidad adecuada y debe cumplir con los requerimientos de la Norma API 5A3.

# Conclusiones



- Debe evitarse que las presiones aplicadas no superen la performance de la conexión API EU 8rd (estimada en 3000/4000 psi de presión diferencial para líquidos).
- Existe un valor “umbral” de flexión a partir del cual se ve afectada capacidad sellante de la conexión.
- En la práctica vemos que, de las problemáticas reiteradas en las instalaciones de pozos inyectores, la pérdida en el Tubing con conexiones API 8rd es una consulta recurrente.
- Las intervenciones reiteradas relacionadas con la problemática mencionada, significan importantes pérdidas debido tanto al costo de las mismas como a la pérdida de inyección y consecuente disminución de la producción.
- En adición, la afectación de la integridad de las instalaciones representan un potencial riesgo para el medio ambiente.
- El mejor entendimiento de estas cuestiones, acompañado de prácticas adecuadas en campo seguramente redundarán en mejoras tendientes a minimizar los eventos de pérdidas en las conexiones API.