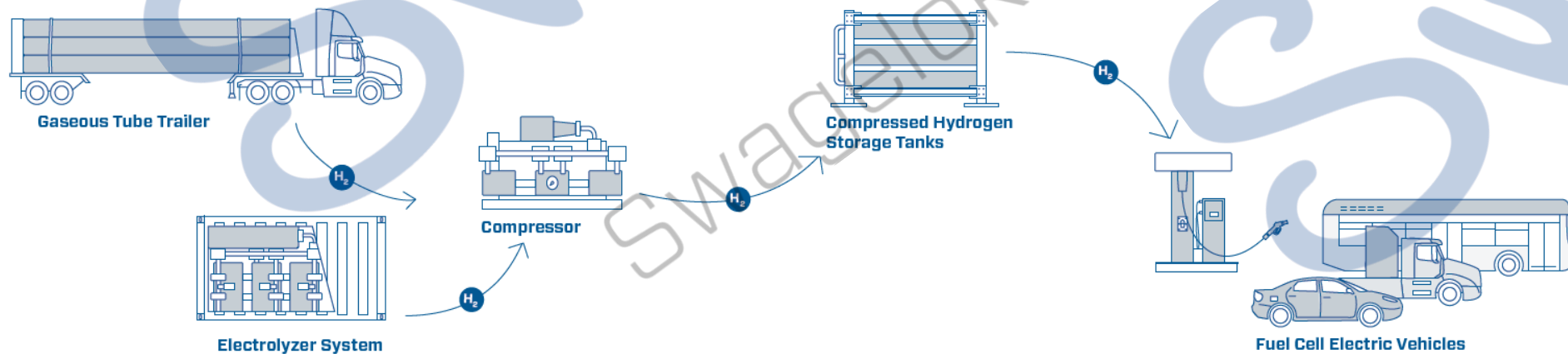


Tecnologías de Conexión de Sistemas de Hidrógeno a Presión

II. Diferentes diseños para sistemas de H₂

Swagelok®





Jordi Díaz Nivera

Clean Energy Field Engineer

jordi.diaz@swagelok.com

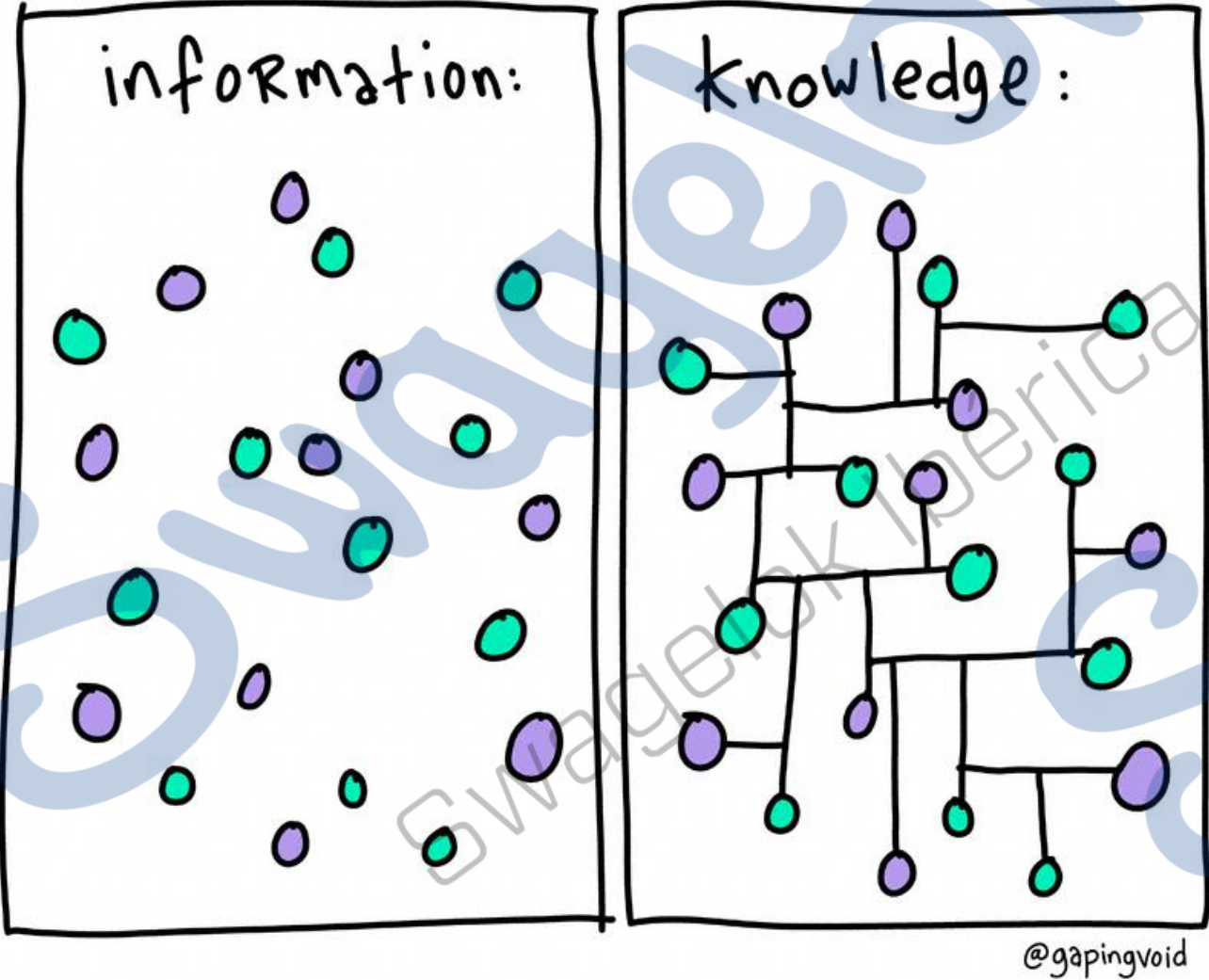


Tech Talks Swagelok Ibérica

- Swagelok Ibérica ofrece programas de formación desde hace más de 25 años, con reconocido prestigio en la industria de sistemas de fluidos.
- Apostamos por la formación continua como herramienta para mejorar la seguridad y eficiencia de estos sistemas.

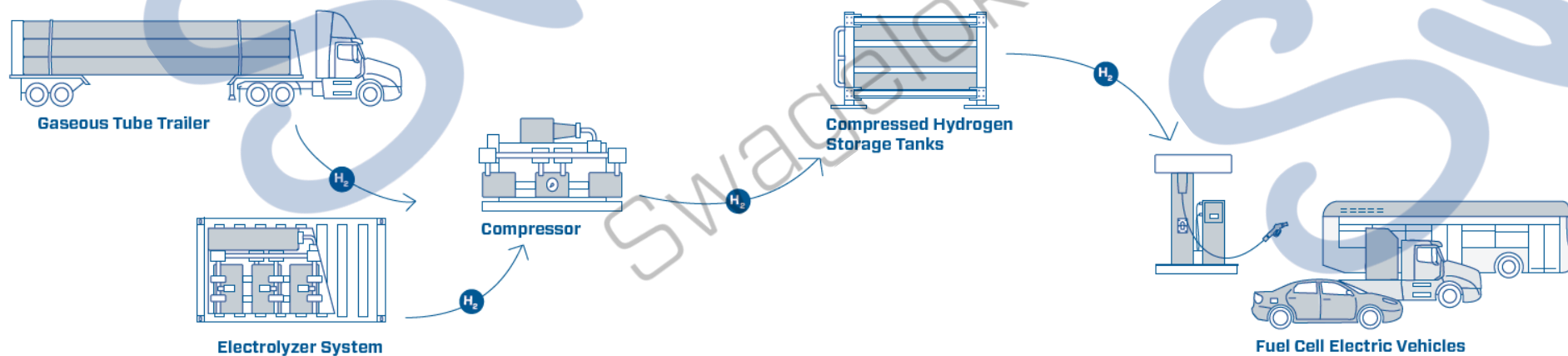


Objetivos de los Tech Talks



Tecnologías de Conexión de Sistemas de Hidrógeno a Presión

Swagelok®



Tech Talks Previstos

Tecnologías de Conexión de Sistemas de Hidrógeno a Presión

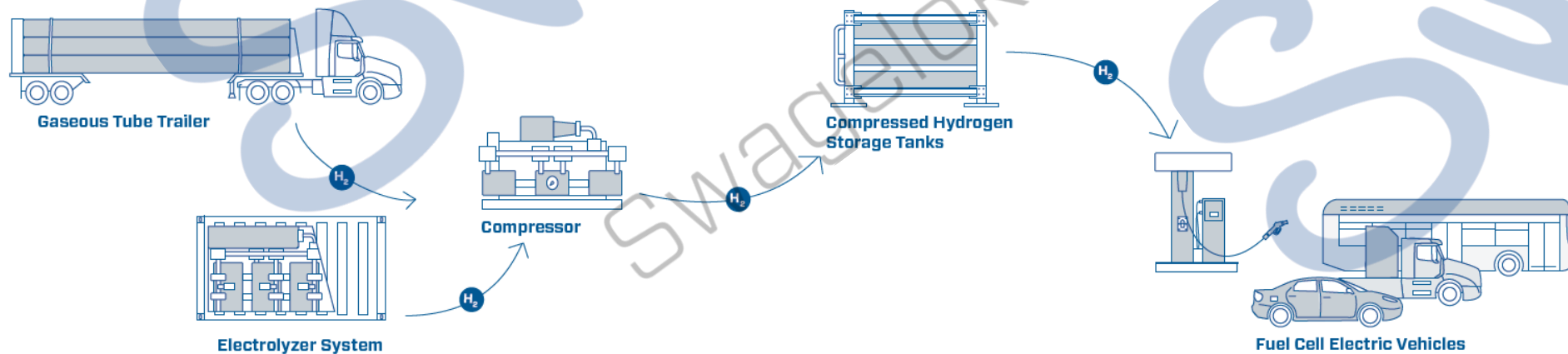
- I. Aspectos Básicos
- II. Diferentes Diseños
- III. Desmontando Mitos



Tecnologías de Conexión de Sistemas de Hidrógeno a Presión

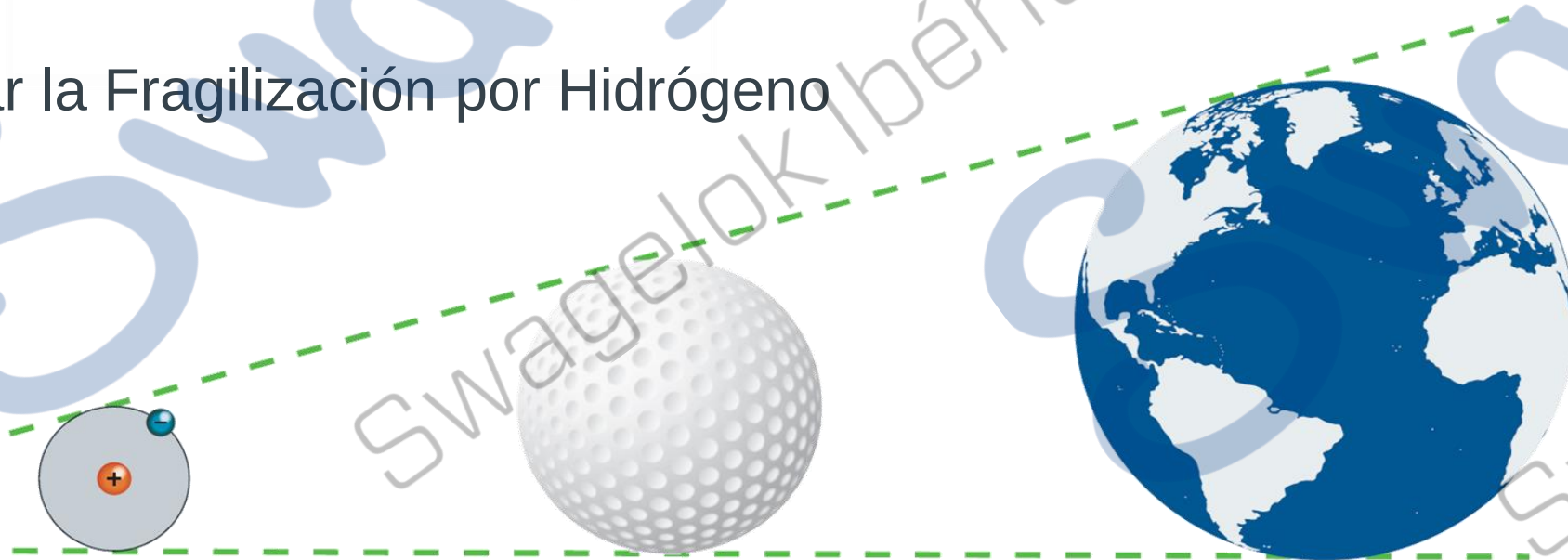
II. Diferentes diseños para sistemas de H₂

Swagelok®



La naturaleza única del Hidrógeno

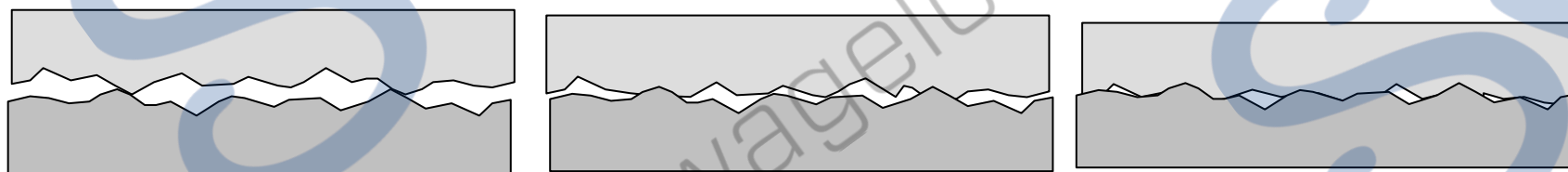
- La molécula de H_2 es una de las más pequeñas de la naturaleza, lo que hace que contenerla suponga un reto.
- Es crítico realizar conexiones estancas, por seguridad y rendimiento.
- Debemos minimizar la Fragilización por Hidrógeno



Creando un cierre efectivo

Objetivo: Eliminar las diferencias entre las superficies de contacto

- **Todas las superficies mecanizadas tienen un grado de rugosidad,**
- **Los picos y valles crean caminos de fuga**
- **Racores de cierre metal-metal:** Utilizan la deformación plástica de las superficies metálicas para crear el cierre (Racor Swagelok)
- **Válvulas:** Normalmente emplean deformaciones plásticas/elásticas o viscoelásticas de los polímeros o materiales lubricantes para crear el cierre.



Representación bidimensional de superficies rugosas que se unen para formar un cierre.

Ejemplo de componentes en H₂ como combustible

Las condiciones a las que se somete a los componentes que trabajan en sistemas de combustible con H₂ son muy exigentes:

- **Presiones:** Para alcanzar la densidad deseada, el H₂ debe ser almacenado en los depósitos del vehículo a presiones entre 250 – 900 bar
- **Esfuerzo y vibración:** Los sistemas deben ser capaces de soportar velocidades altas, carreteras bacheadas y condiciones meteorológicas adversas.
- **Seguridad:** Las estaciones de repostaje deben ser operativamente seguras y sencillas para el consumidor final (no formado profesionalmente al respecto).
- **Mantenimiento:** Capacidad para remontar rápida y fácilmente uniones estancas durante los mantenimientos.
- En resumen: Un diseño y materiales de calidad son fundamentales, ya que los racores deben ofrecer un rendimiento a prueba de fugas que dure años (¡o décadas!).



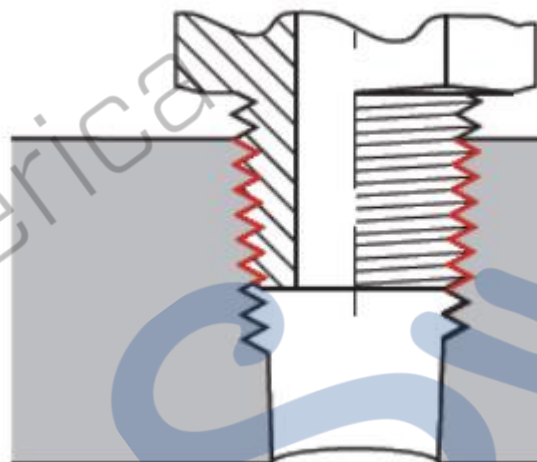
¿Qué debe hacer un racor?

- Sujetar el tubo sin fugas, en condiciones de:
 - Presión o vacío
 - Tensión en el tubo
 - Compresión en el tubo
 - Torsión o giro en el tubo
 - Vibraciones
 - transversales, longitudinales o de torsión
 - Variaciones de temperatura



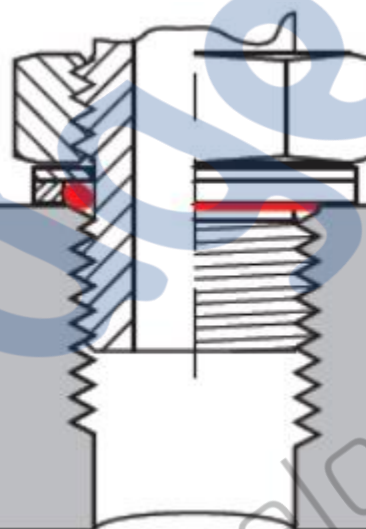
Racores Roscados

Rosca **Cónica**



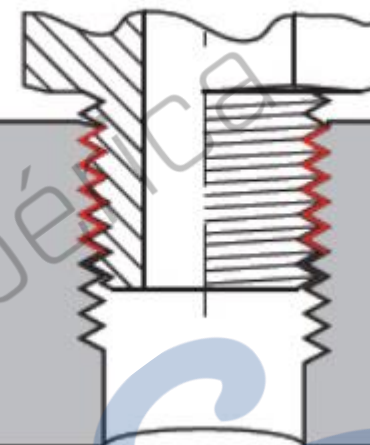
El cierre se produce por un sello metal-metal. Puede crear un camino de fuga en espiral.

Rosca **Paralela**



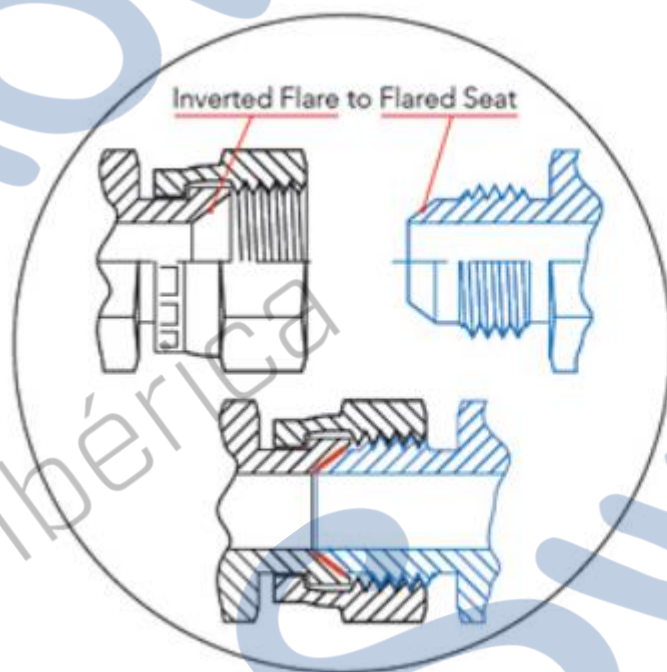
El cierre se produce gracias a una junta. Toda la efectividad del cierre recae en este componente.

Rosca **Macho Cónica** en Rosca **Hembra Paralela**

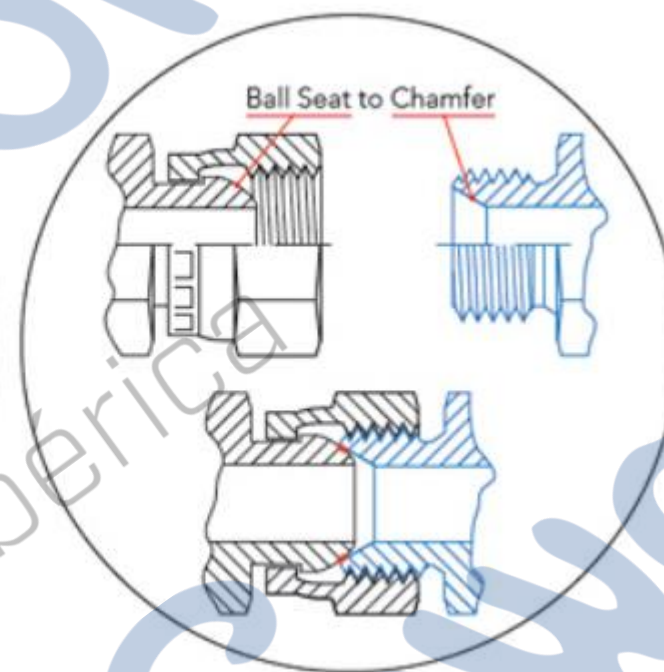
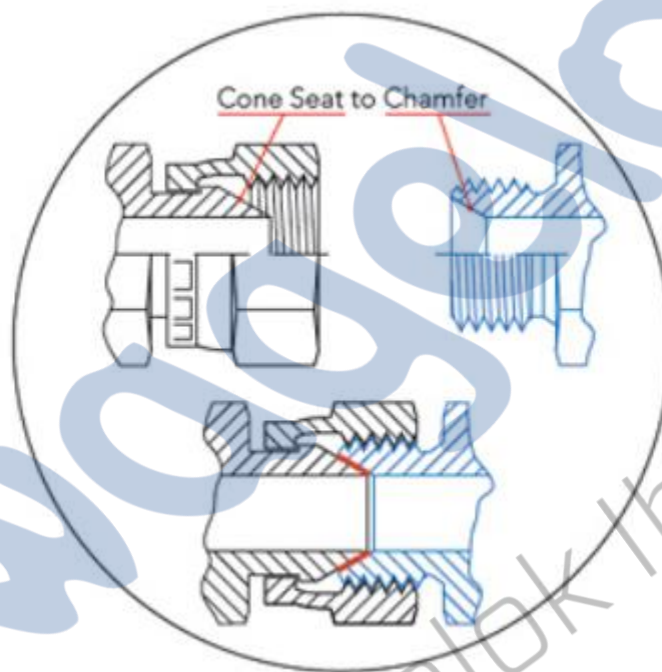


El cierre se produce por un cierre metal-metal. Puede crear un camino de fuga en espiral.

Racores conificados (o esféricos)

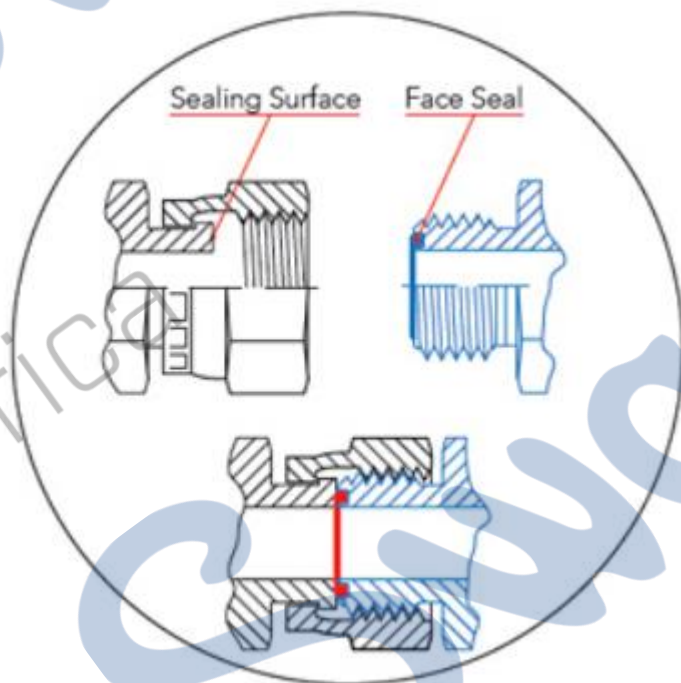


Los ángulos no suelen coincidir y no pueden garantizar longitudes de cierre (L) largas

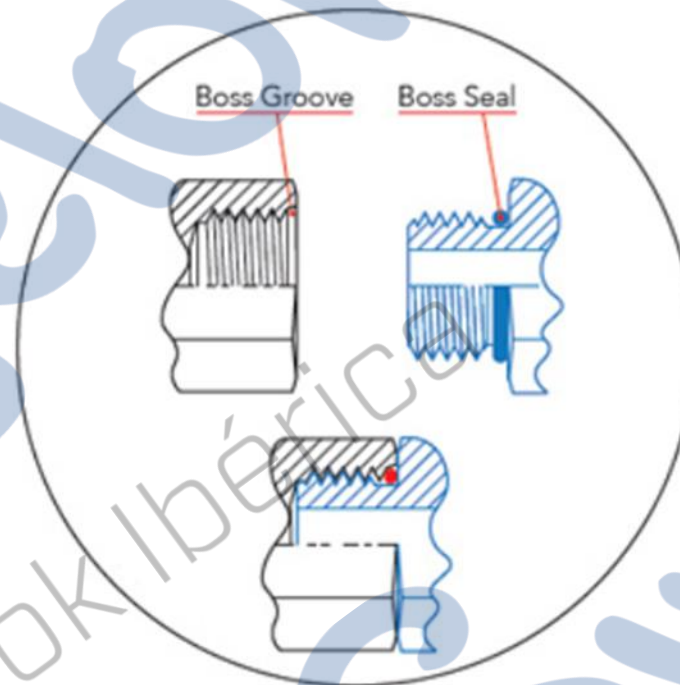


La unión de la superficie esférica con el cono realiza una cierre en un solo punto

Racores con junta tórica



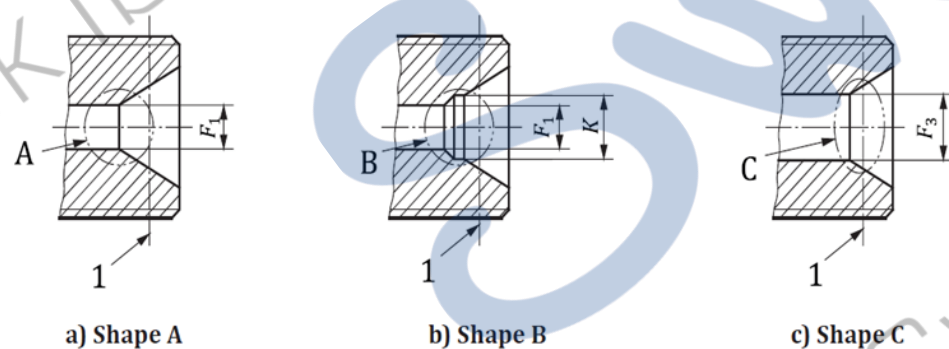
El cierre depende de la presión interna. Se pueden producir movimientos con los ciclos de presión



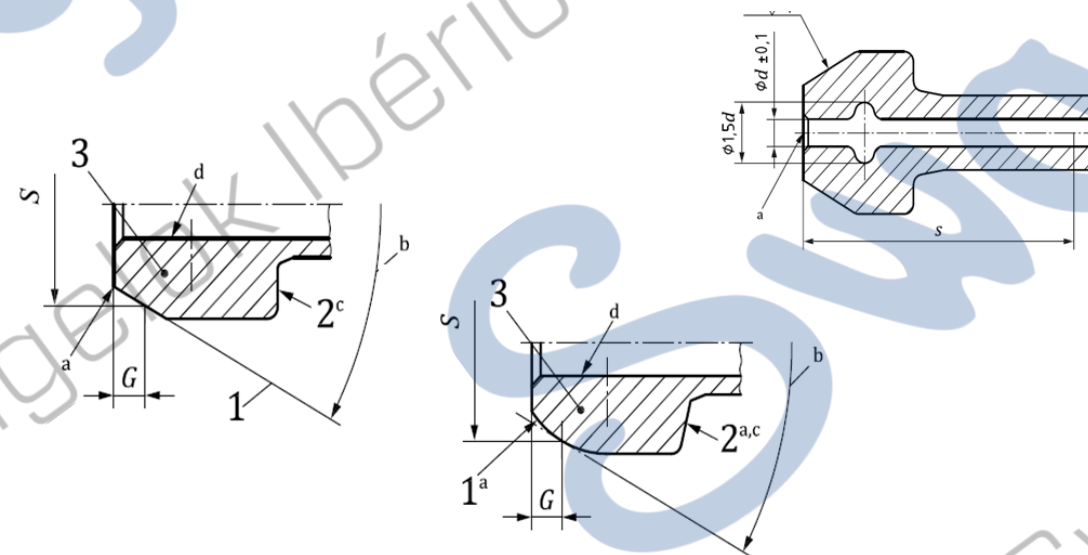
(SAE J1926) puede funcionar pero necesita la junta tórica correcta y el apriete apropiado; en sistemas de 700 bar, los cuerpos de aluminio no resisten correctamente

Racores tipo “Diesel” (tubo deformado)

- La norma ISO 1396 describe una manera de manipular el extremo del tubo para crear una deformación que permita crear una zona de cierre con un racor.
- Este diseño de racor se ha utilizado en las inyecciones de combustible diésel de alta presión (2500 bar)



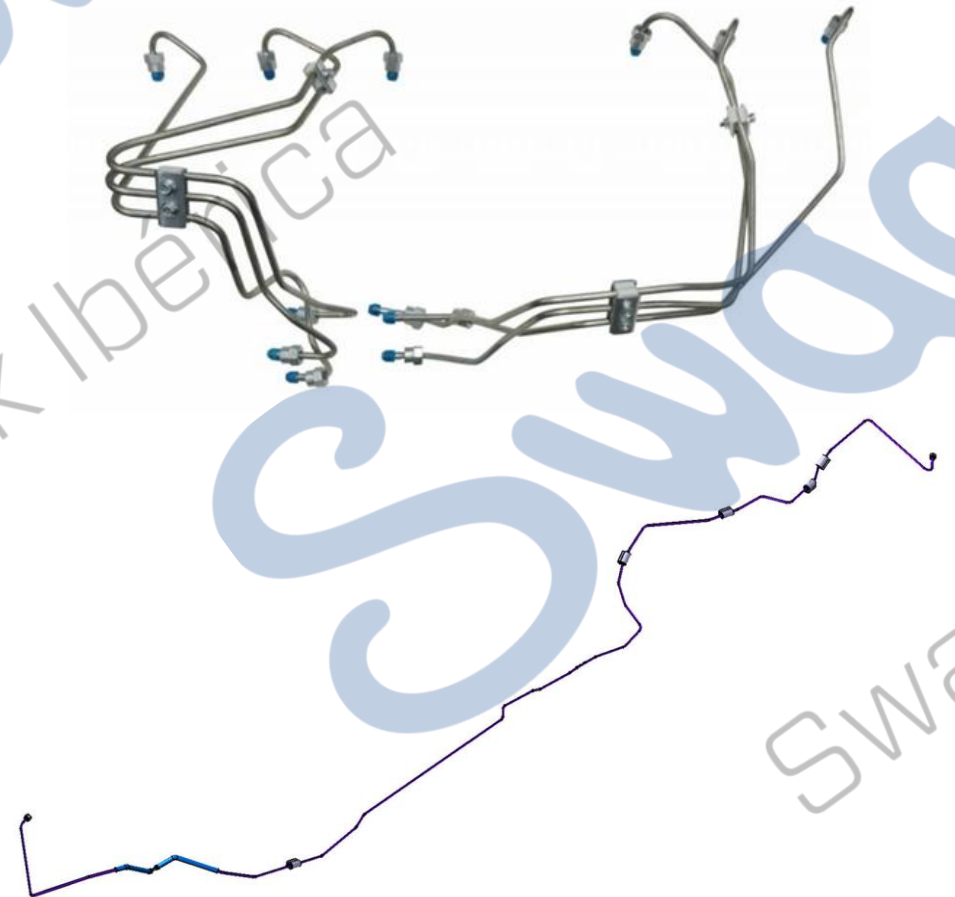
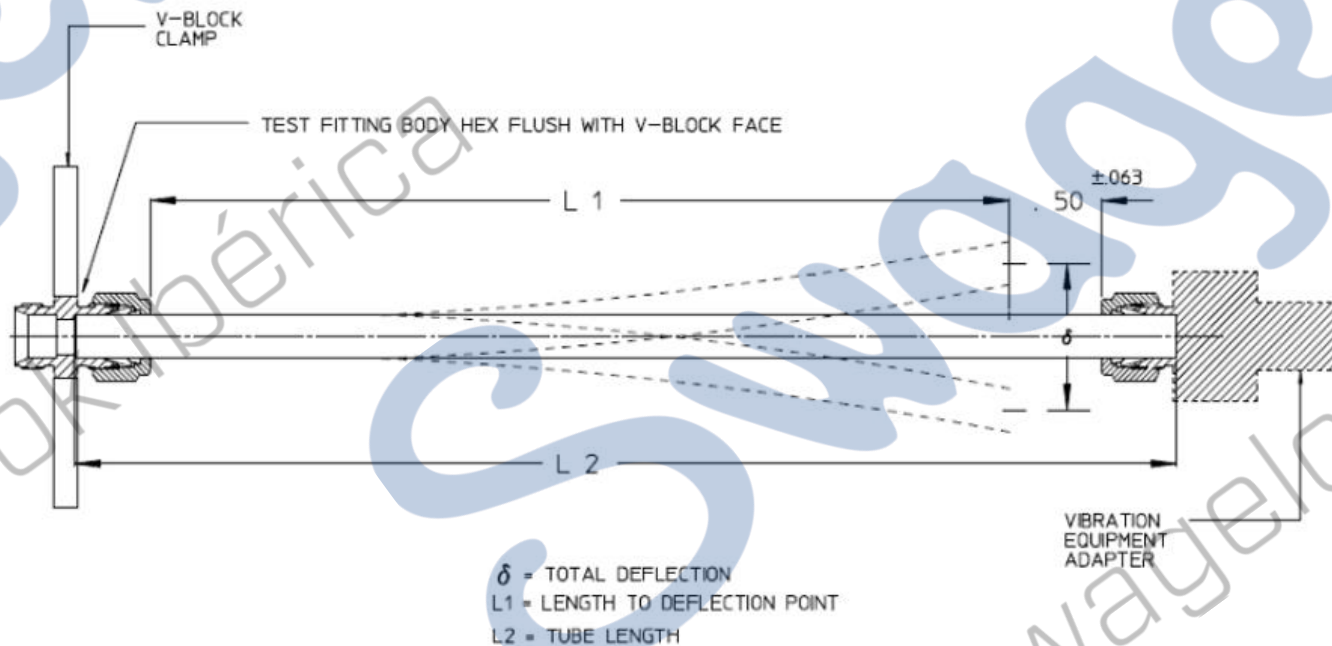
Diseños de cuerpos



Deformaciones en los tubos

Vibraciones: Test flexión por rotación

- Se utiliza para añadir cargas realistas que se dan en aplicaciones en vehículos.



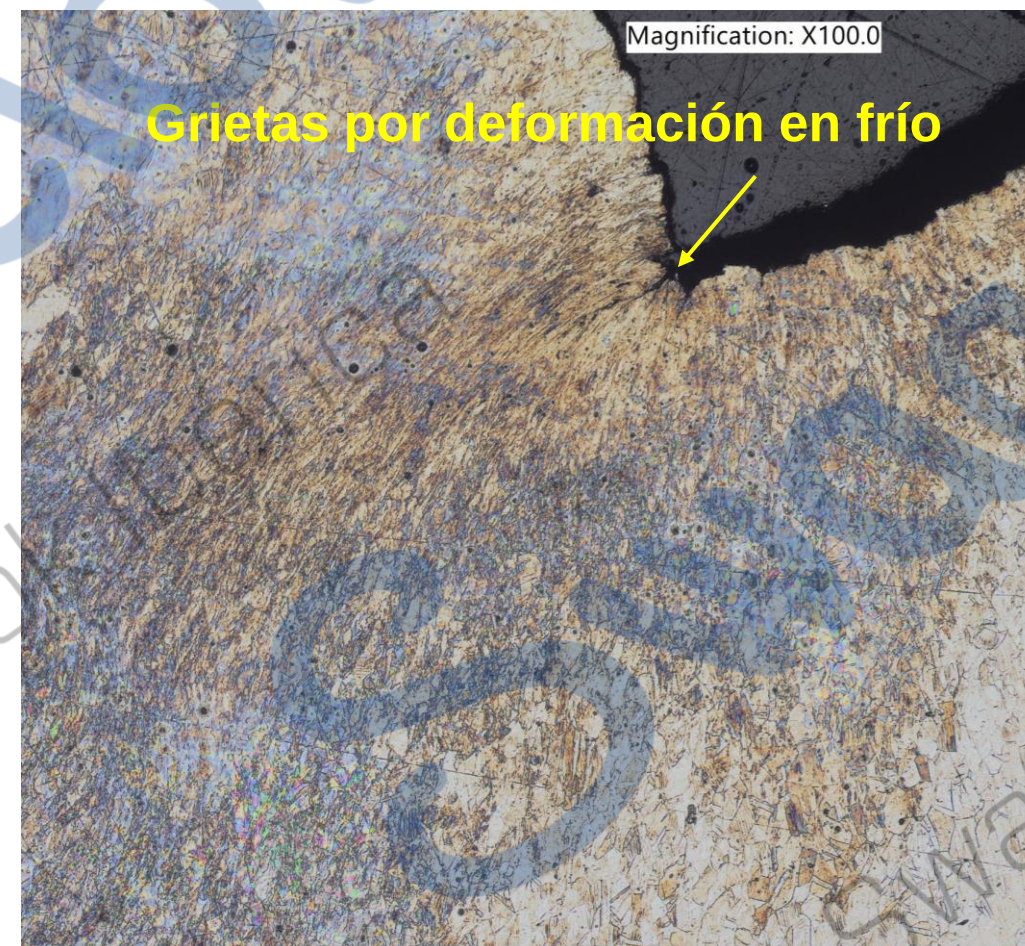
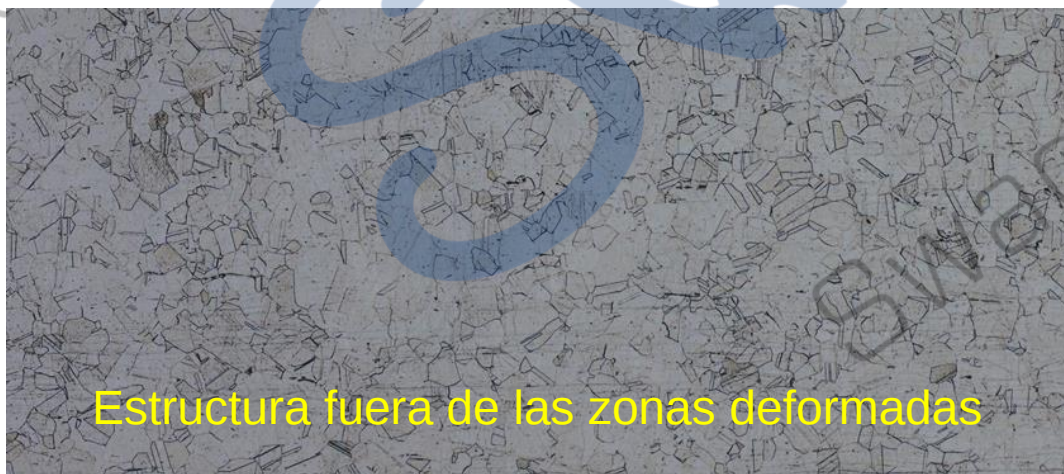
Microestructura tras la deformación

Las superficies oscurecidas indican un material extremadamente duro.

La deformación en frío del material provoca cambios significativos en la estructura interna.

Se puede apreciar la destrucción de los límites de grano al someterse a deformaciones más allá del límite plástico del material.

Las grietas son muy evidentes a nivel estructural (problemas con fragilización Hidrógeno)

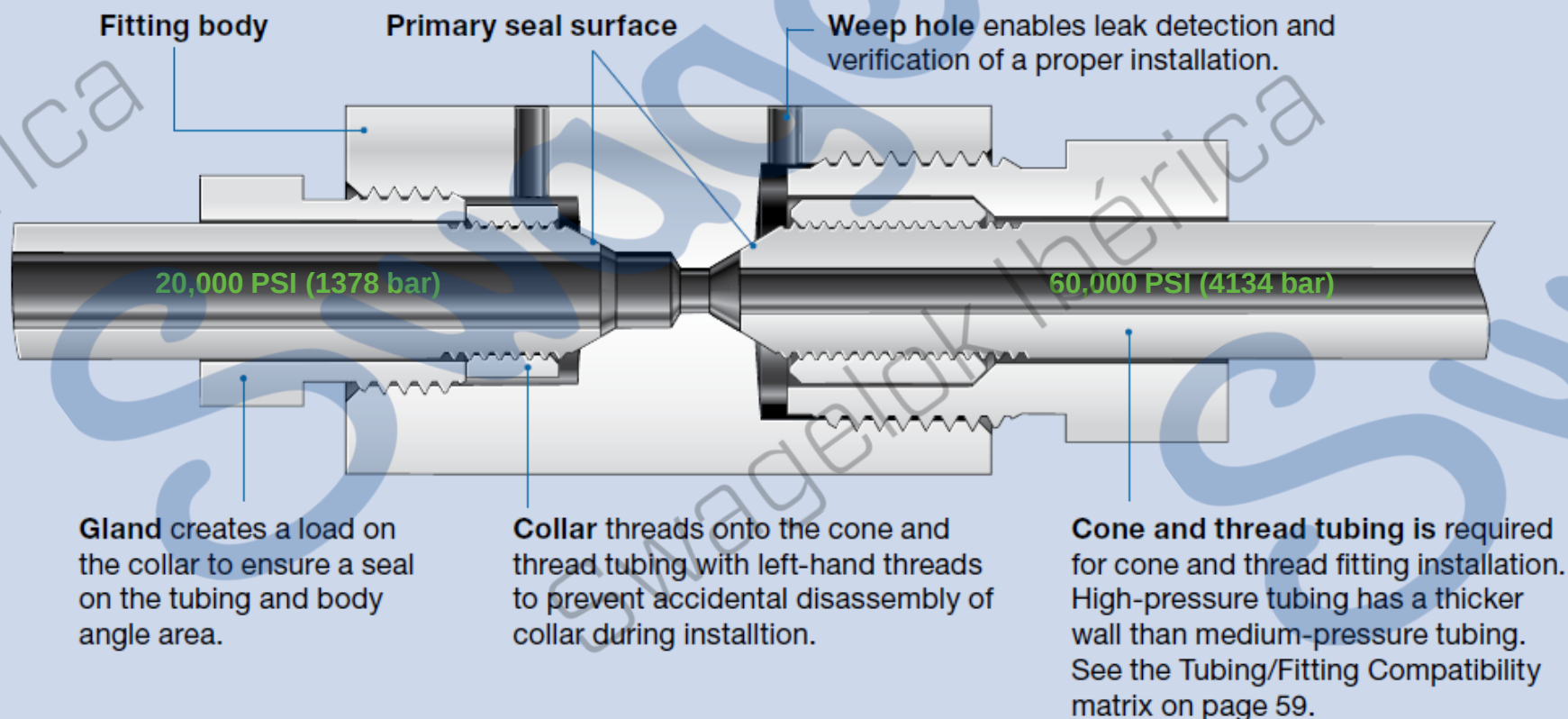


Racores Cone & Thread (Conificado y Roscado)

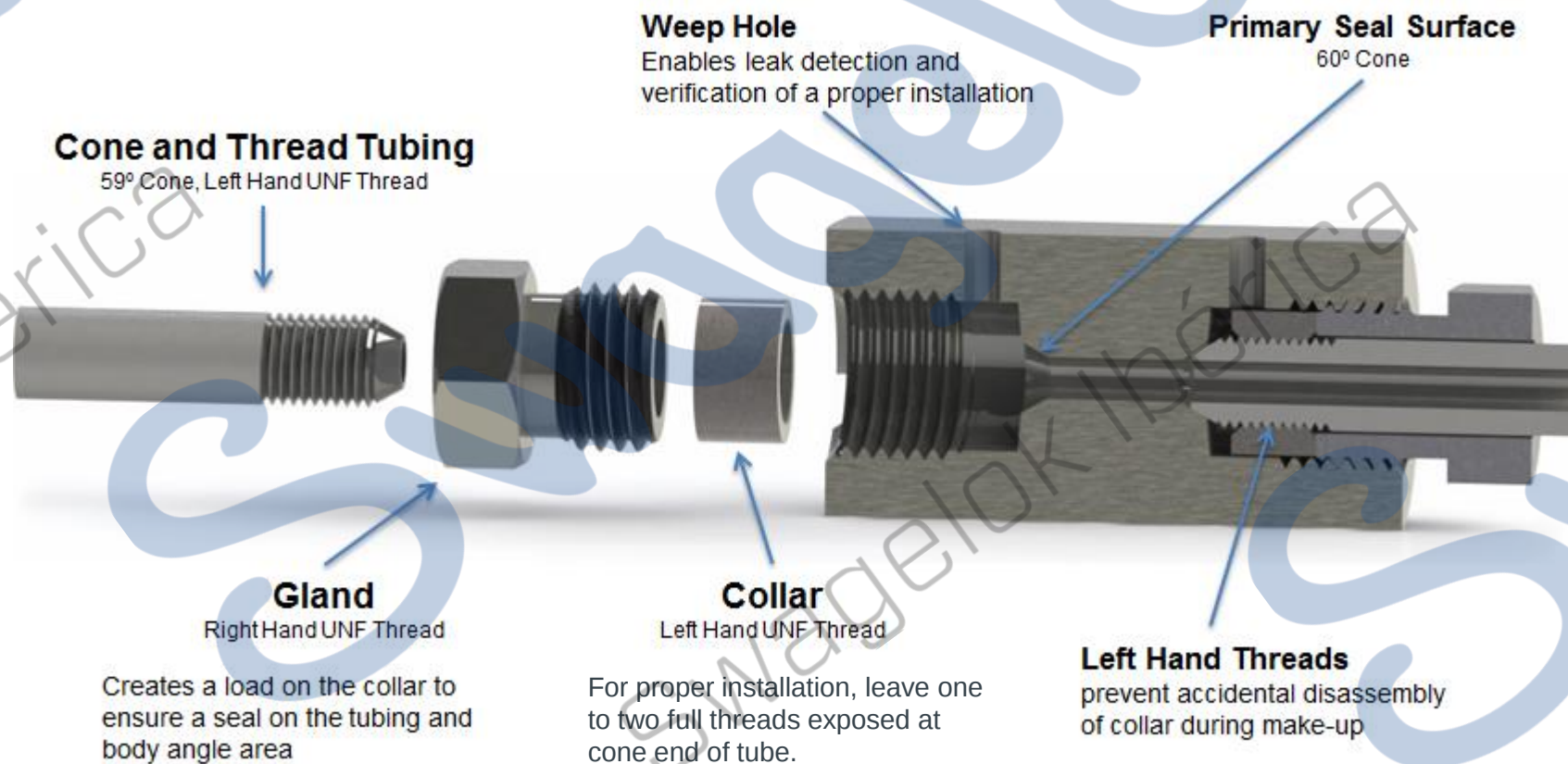
Cone and Thread Fitting—IPT Series

Medium-pressure cone and thread end connection shown on left side of fitting

High-pressure cone and thread end connection shown on right side of fitting

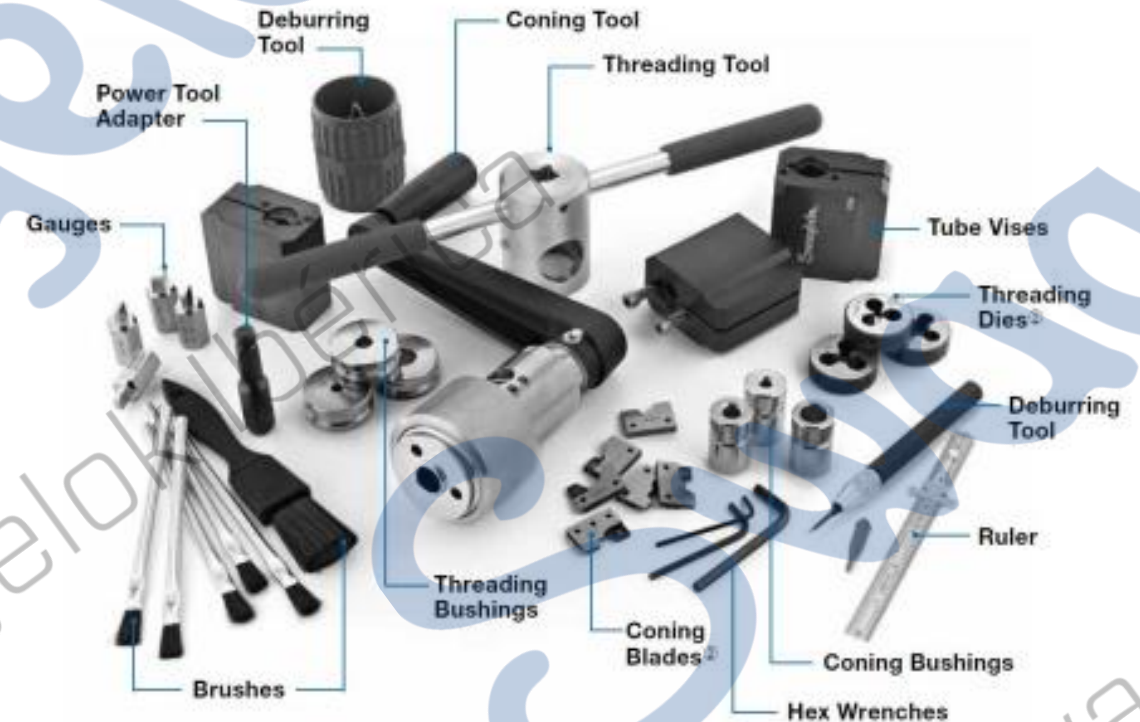


Componentes Racor Media Presión (C&T)



Consideraciones C&T

- No existe Normativa Internacional
- Cada compañía crea su propio diseño
 - Conos y cuerpos entre 57° y 63°
 - Pueden cerrar en un solo punto
- Instalación en campo manual
- Consistencia en el conificado dependiendo del operario
- Muy susceptible a fallo por vibraciones
- Requiere lubricante para cerrar



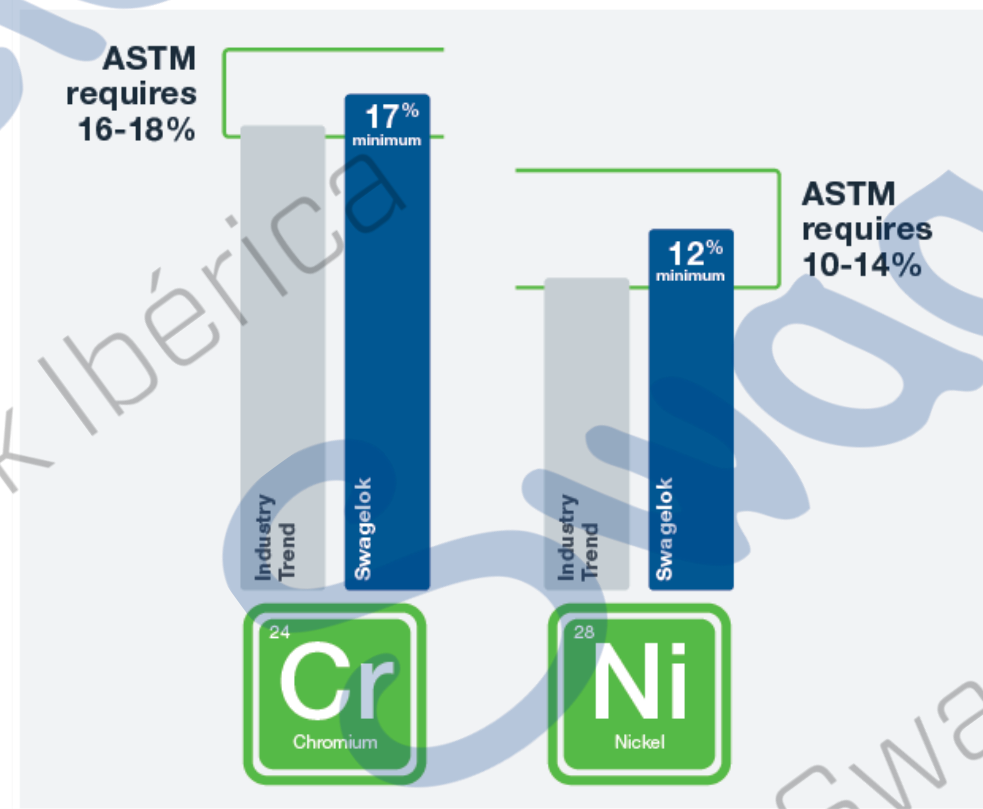
Características deseables de un racor

- Ser autocentrante
- No transmitir torsión al tubo durante el apriete
- Cerrar tanto en alto como en bajo espesor de pared
- **Cerrar en un punto diferente donde se realice el esfuerzo mecánico**
- No debilitar la pared del tubo
- **Ser repetitivo**
- Trabajar en baja o alta presión y en vacío
- Cerrar consistentemente desde criogenia a la máxima temperatura de servicio del material
- **Disponer de un método de verificación e inspección de montaje**
- Estar disponible en una amplia variedad de materiales, tamaños y configuraciones

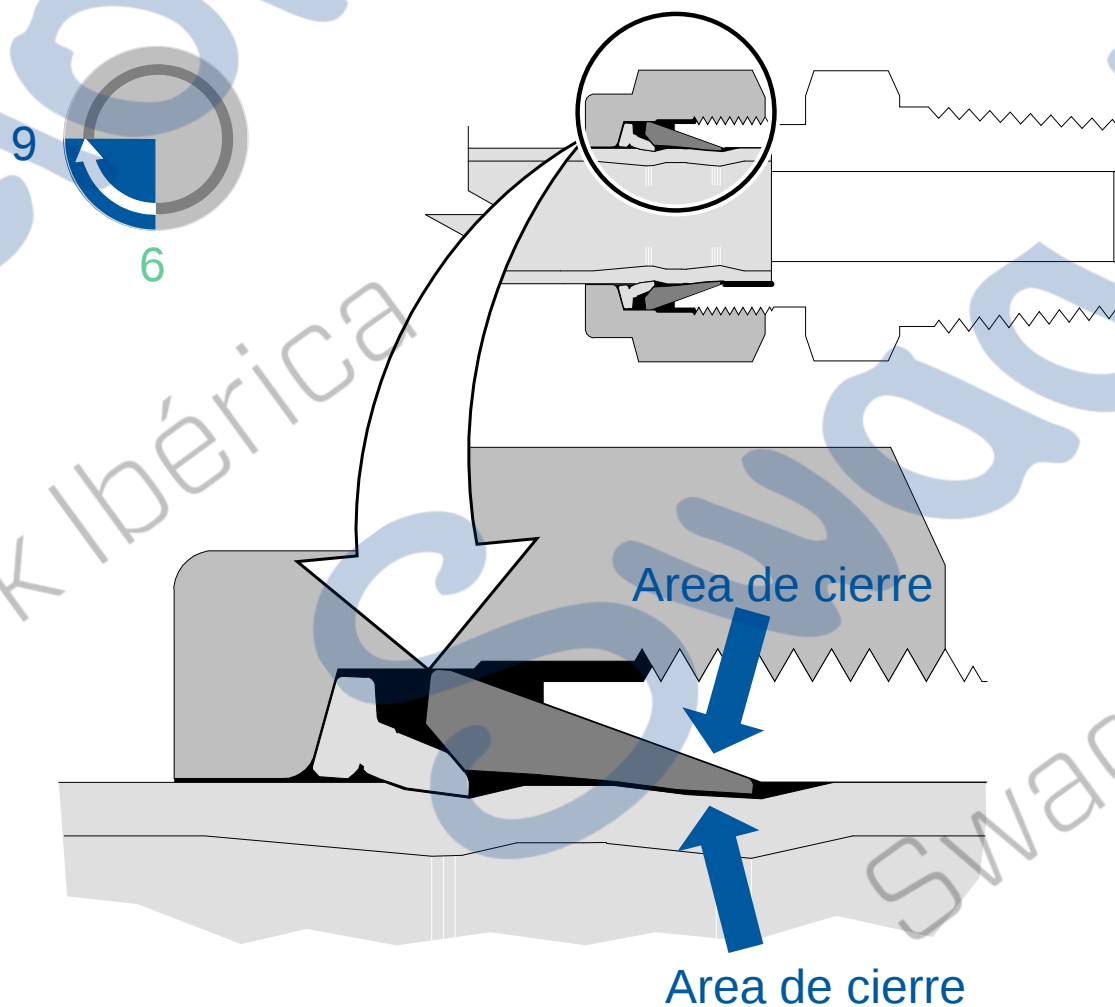
Características de Rendimiento: Integridad del Material

- Aleaciones en aceros inoxidables 316/316L :
 - Níquel (estabiliza la estructura cristalina del acero)
 - Cromo (resistencia a la corrosión)
 - Molibdeno (resistencia a la corrosión)
- Combatiendo la fragilización por H₂ y la corrosión
 - Mayores concentraciones de Ni y Cr otorgan mayor ductilidad
 - Requisitos mínimos de ASTM para aceros 316
 - >10% Ni
 - >16% Cr

Swagelok® 316 stainless steel exceeds minimum ASTM specifications.



Racor de doble férula Swagelok



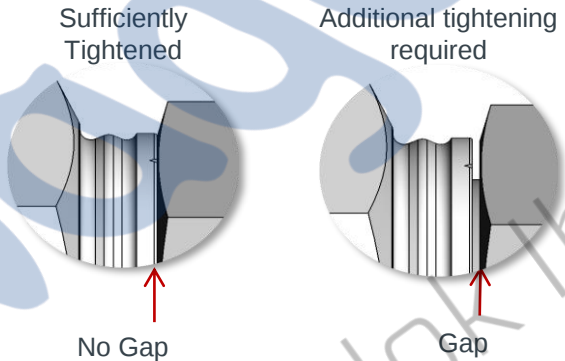
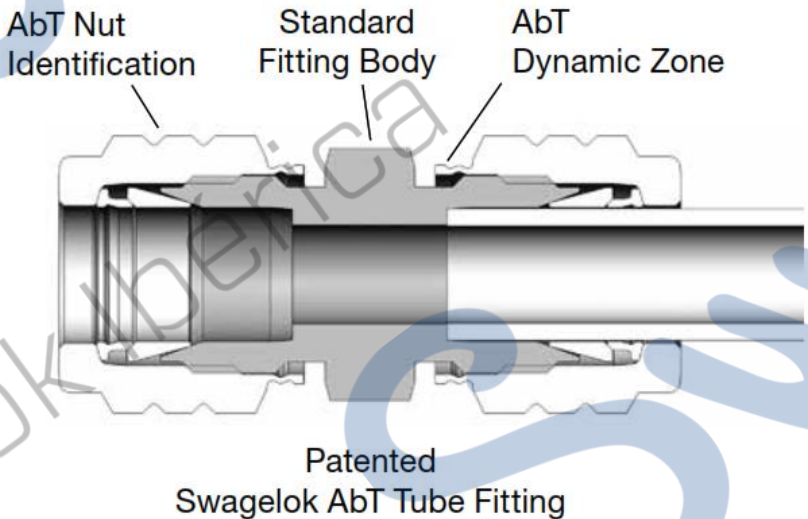
Tube
Grip

Gas
Seal

Vibration
Protection

Racor Swagelok AbT

- AbT – “Assembly by Torque”

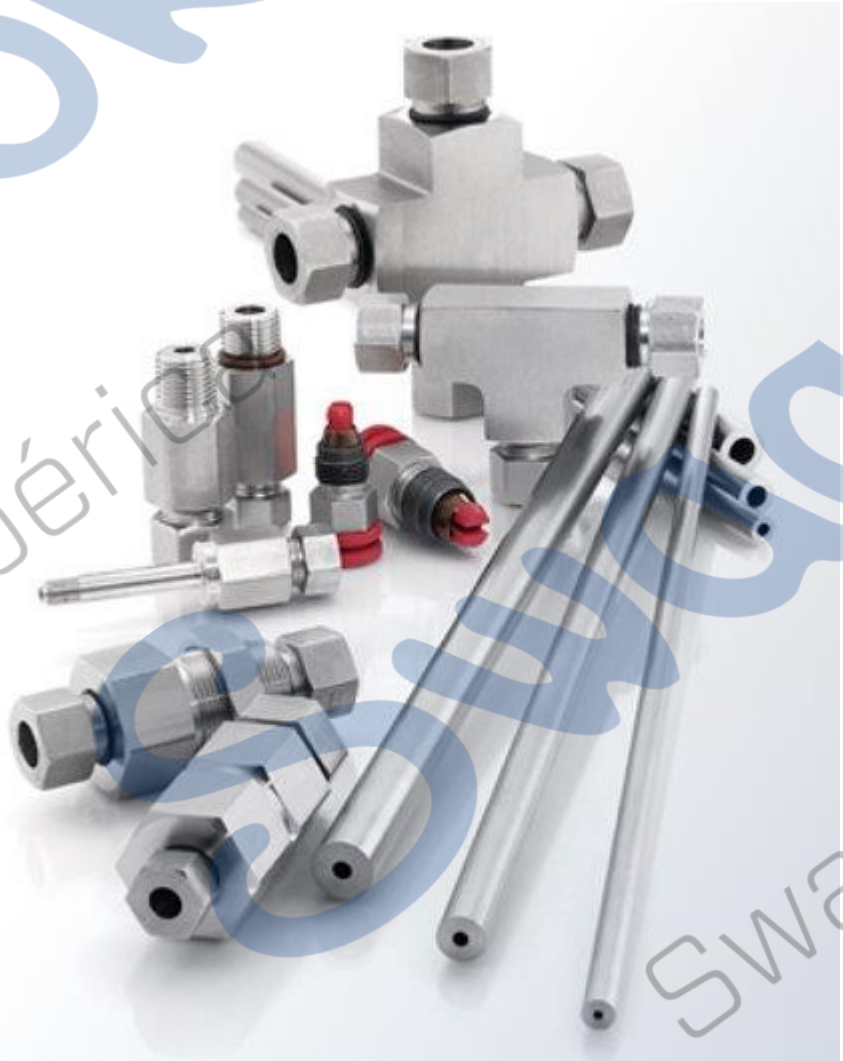
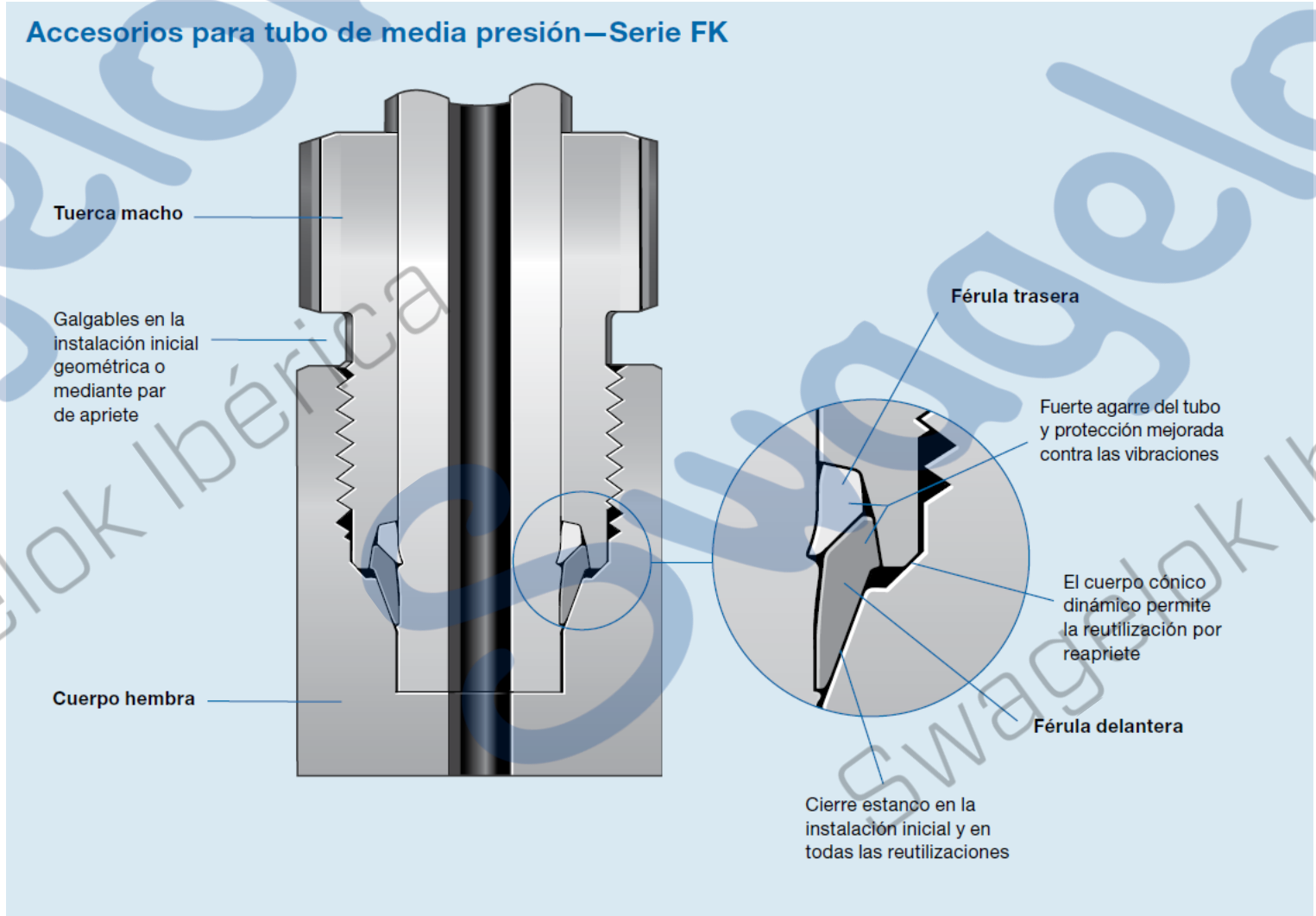


Tube Size OD × Wall	Preswaging Torque Allowable Range in.·lb (N·m)
Fractional, in.	
1/4 × 0.028	170 ± 13 (19 ± 1.5)
1/4 × 0.035	150 ± 13 (17 ± 1.5)
1/4 × 0.049	170 ± 13 (19 ± 1.5)
3/8 × 0.049	270 ± 14 (30.5 ± 1.5)
3/8 × 0.065	360 ± 18 (40.5 ± 2)
1/2 × 0.049	540 ± 27 (61 ± 3)
1/2 × 0.065	
1/2 × 0.083	660 ± 33 (74.5 ± 3.75)
Metric, mm	
6 × 1.0	150 ± 13 (17 ± 1.5)
8 × 1.0	215 ± 11 (24 ± 1.25)
8 × 1.2	
10 × 1.0	360 ± 18 (40.5 ± 2)
10 × 1.5	
12 × 1.5	660 ± 33 (74.5 ± 3.75)
12 × 1.8	

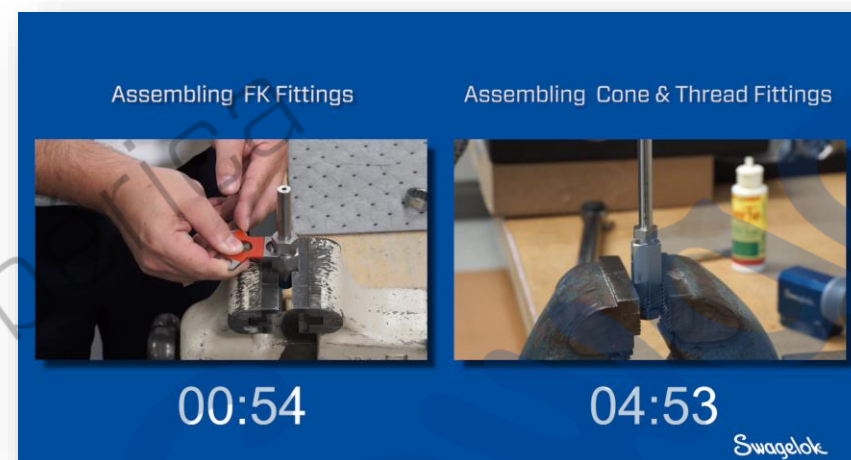
El Racor Swagelok AbT se basa en la tecnología del Racor de doble férula Swagelok, con un diseño patentado que permite el montaje por par de apriete.

Racor Swagelok FK

Accesorios para tubo de media presión—Serie FK



Diferencia montaje C&T vs FK



Tiempo total invertido para las 500 conexiones de racor del skid.



2.000 minutos

con los racores serie FK



10.000 minutos

con accesorios de
cono y rosca

Otras consideraciones para aplicaciones de H₂

- Siempre hay que evaluar los materiales
 - Permeabilidad
 - Fragilización por hidrógeno
- Para presiones elevadas
 - Se deben evitar piezas endurecidas por deformación
 - Hay que evaluar muelles y muelles de disco cónico
 - Los lubricantes no pueden ser hidrocarburos o siliconas
 - Las piezas de fundición no están recomendadas
 - No utilizar 2507
 - Los elastómeros necesitan ser aprobados para H₂



Intercambiabilidad



Fuego en remolque con 20 cilindros de H2 a alta presión

No existe un diseño estándar de racores



Swagelok

1/2 in. stainless steel tube fitting union on 1/2 in. stainless steel tubing.
Tube wall thickness: 0.035 in. (thin wall) - 0.063 in. (heavy wall).



Férula endurecida por
el método tradicional



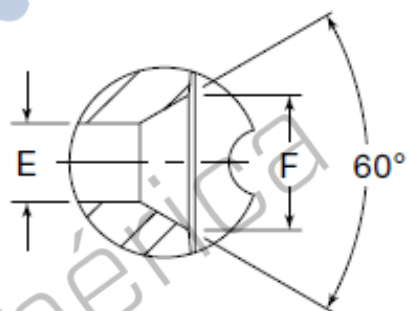
Férula trasera de
diseño cónico



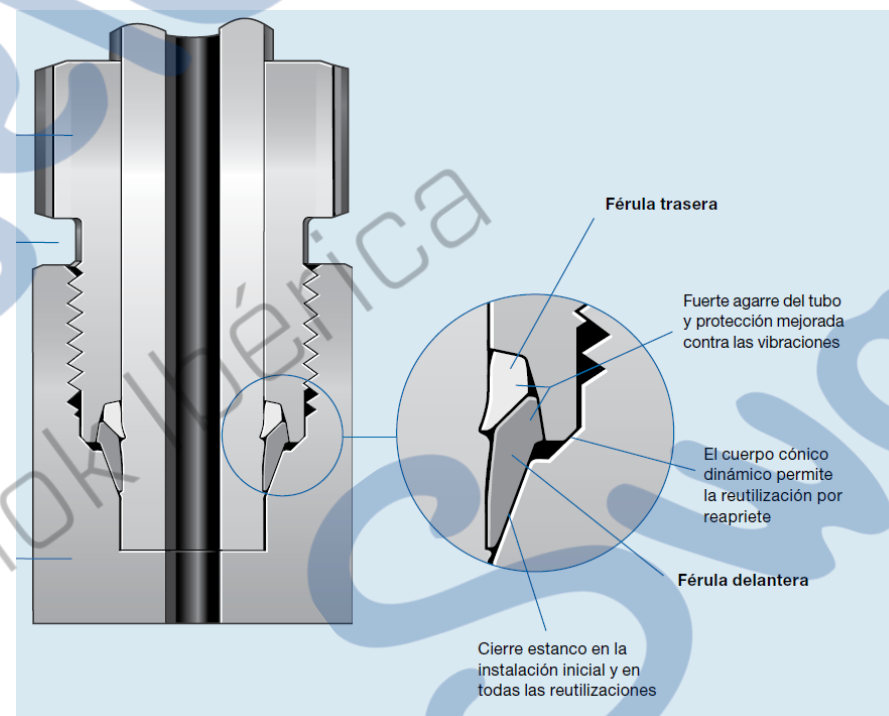
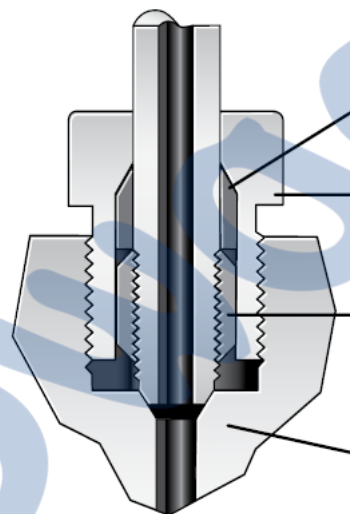
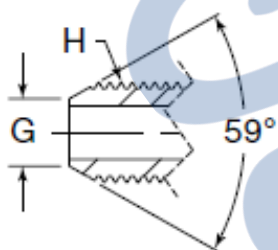
Férula única

No existe un diseño estándar de racores

Asiento hembra



Tubo conificado macho



Gracias por su atención

¿Preguntas?



Jordi Díaz Nivera

jordi.diaz@swagelok.com

Swagelok Ibérica

910 991 334 – 935 896 000

www.swagelok.com/iberica

info@iberica.swagelok.com

Síguenos en:



