

CMC COLOMBIA 2026



Sesión
SPARK

1



SPARK SESIÓN 3



CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA

3^a
EDICIÓN



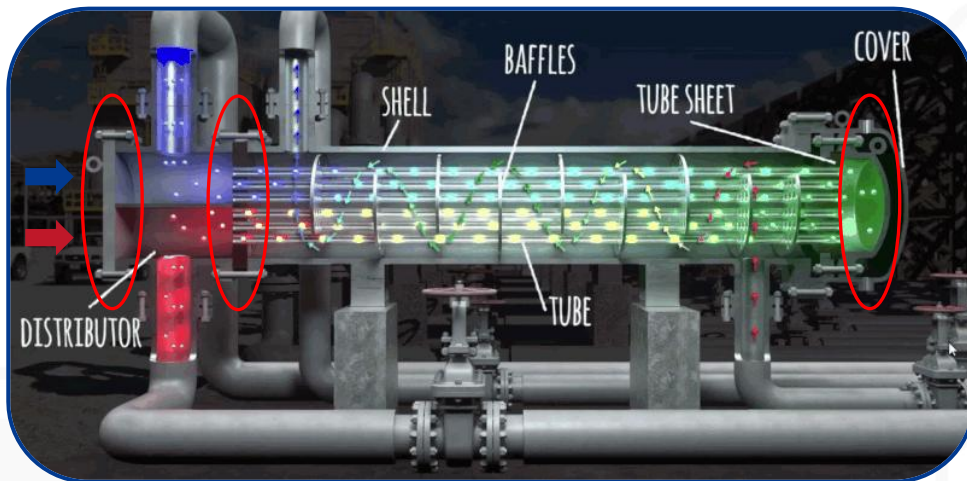
**Metodología de selección de sistema de
sellado para intercambiadores de calor
sometidos a ciclos térmicos severos**

Roberto Araujo

Gerente de Ingeniería de Aplicación – TEADIT® Brasil

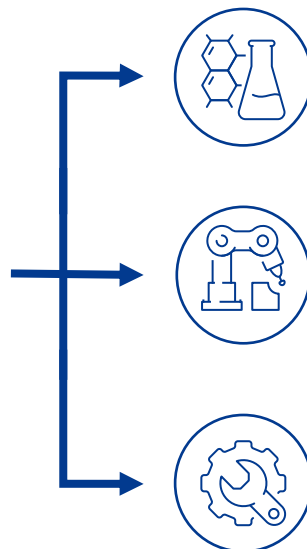
2

Sistema de sellado para Intercambiadores de Calor



3

¿Cuáles son los desafíos para garantizar sellabilidad durante la operación?

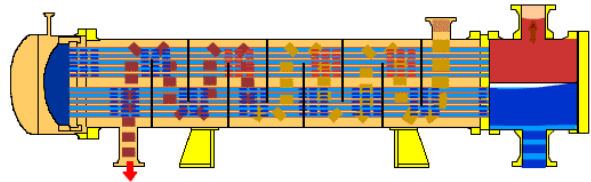


4

Especificación de junta para Intercambiadores de Calor

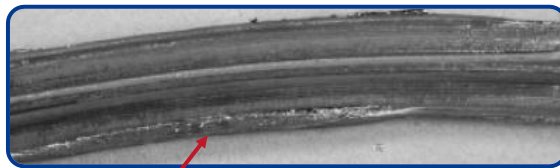


Junta Doble
Enchaquetada

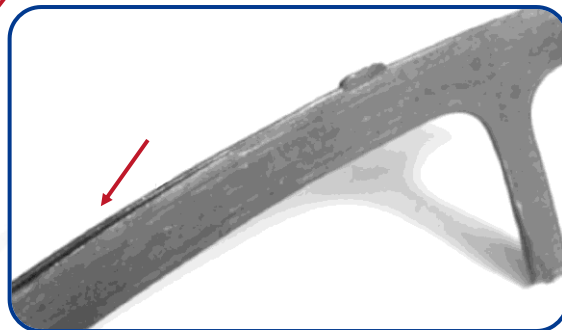


5

Falla en Junta Doble Enchaquetada



Daños en una junta
Doble Enchaquetada debido
a la operación



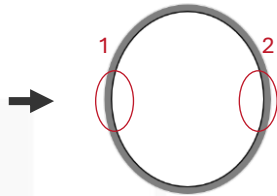
6

Falla en Junta Doble Enchaquetada

Datos del equipo

Planta: Petroquímica
 Fluidos: Hidrocarburos / Vapor
 Presión: 48 / 31 bar
 Temperaturas: 400 / 235 °C

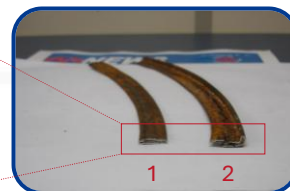
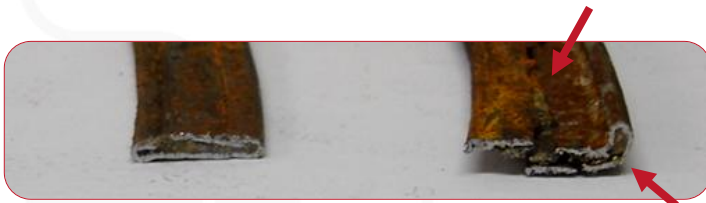
Región
analizada



7

Falla en Junta Doble Enchaquetada

Dimensiones: 451 x 470 x 3,2 mm



8

Intercambiadores de Calor

Especificación Norma TEMA

Clase R

- Servicio severo – O&G
- Hidrocarburos
- **Juntas metálicas**

Clase B

- Servicios químicos en general
- Juntas metálicas y **no metálicas**

Clase C

- Servicios moderados en general
- Juntas metálicas y **no metálicas**

Condiciones

- Presión < 21bar;
- Compatibilidad química;
- Compatibilidad térmica;
- Excepción: tapa del flotante.



9

Intercambiadores de Calor

Especificación norma API 660 - 1993

4.9 Gaskets

4.9.1 Gaskets in hydrocarbon service shall be double-jacketed fiber-filled metal, solid metal, or spiral-wound fiber-filled metal.



Junta Doble
Enchaquetada



10

Intercambiadores de Calor

Especificación norma API 660 - 1993

7.10 Gaskets

7.10.1 Flanged external girth joint gaskets and floating-head gaskets in hydrocarbon or steam service shall be double-jacketed metal with soft gasket filler, spiral-wound, grooved metal with soft gasket-seal facing, or corrugated metal with soft gasket-seal facing. Solid metal gaskets shall only be used with welded closures or self-energizing closures. See A.4.6 for additional guidance.

NOTE The term grooved is synonymous with the term serrated as applied to gasket type.

7.10.2 Double-jacketed gaskets shall not be used for the peripheral portion of the gasket in the following services:

- a) hydrogen service;
- b) operating temperatures above 205 °C (400 °F);
- c) cyclic service;
- d) sour or wet hydrogen sulfide service;
- e) design pressure equal to or greater than 2050 kPa (ga) (300 psig);
- f) shell diameter greater than 1200 mm (48 in.).

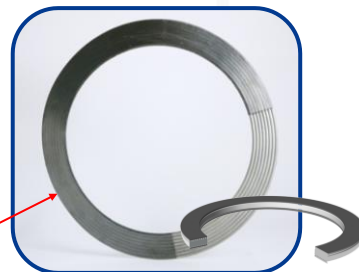
Table 3—Assembly Gasket Stress

Peripheral Gasket Type ^a	Maximum Permissible Gasket Stress, σ_{max} (MPa/gpa)	Minimum Gasket Seating Stress, σ_{min-S} (MPa/gpa)	Minimum Gasket Operating Stress, σ_{min-O} (MPa/gpa)
Grooved metal with soft facing	380 (55,000)	140 (20,000)	97 (14,000)
Corrugated metal with soft facing	275 (40,000)	140 (20,000)	97 (14,000)
Spiral-wound	b	140 (20,000)	97 (14,000)

^a These stresses are based on the use of facing layers or filler materials, such as flexible graphite, PTFE, or other conformable materials, and excludes core materials of carbon steel, brass, copper, or aluminum alloys.

^b The maximum permissible gasket stress does not apply when a means to prevent over-compression of the gasket is employed (e.g. centering rings with spiral-wound gaskets).

Restricciones para el uso de junta Doble Enchaquetada



Junta Camprofile *

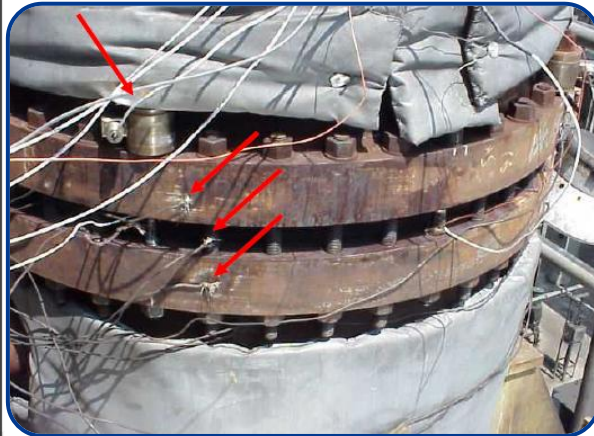
* - Normativa (ASME B16.20)

Estudio relajamiento de juntas

Chevron
Richmond Refinery
EE.UU.

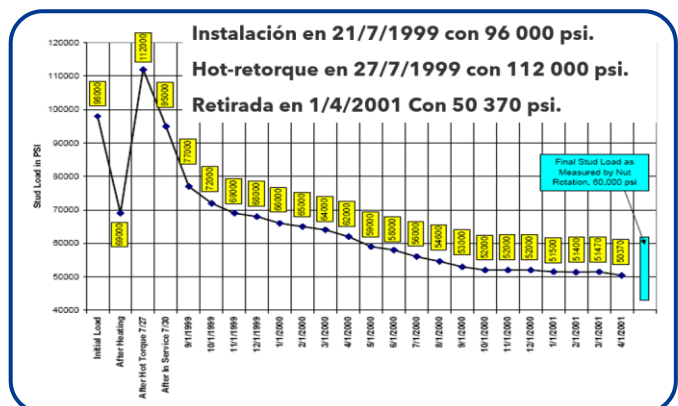


Estudio relajamiento de juntas



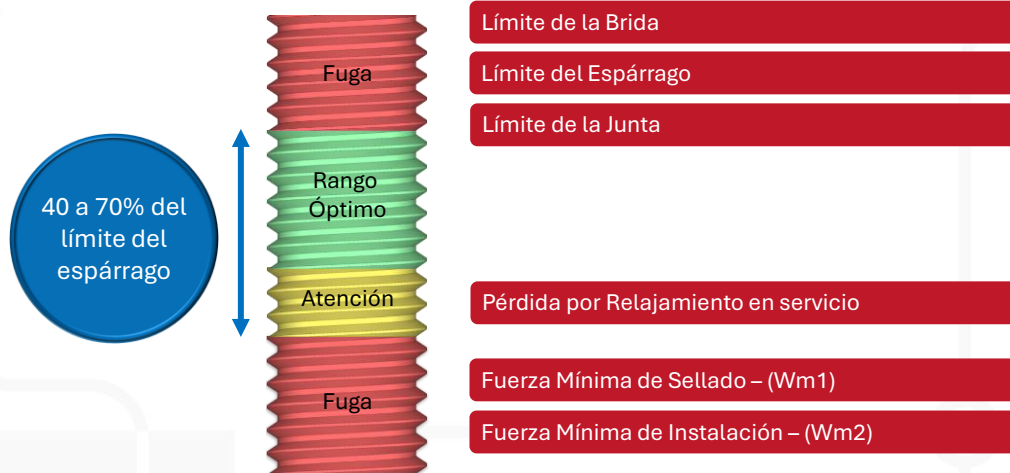
13

Estudio relajamiento de juntas



14

Requisitos de carga en los espárragos

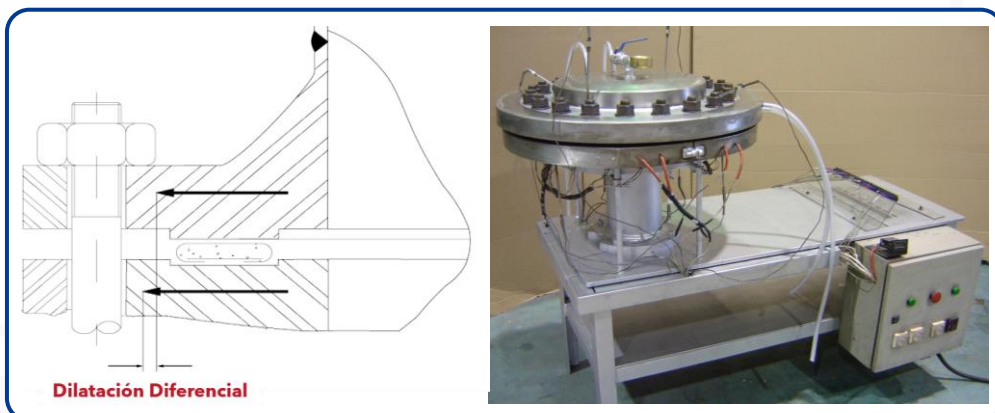


15

Estudio relajamiento de juntas

Equipo de prueba RaST*

Radial Shear Test

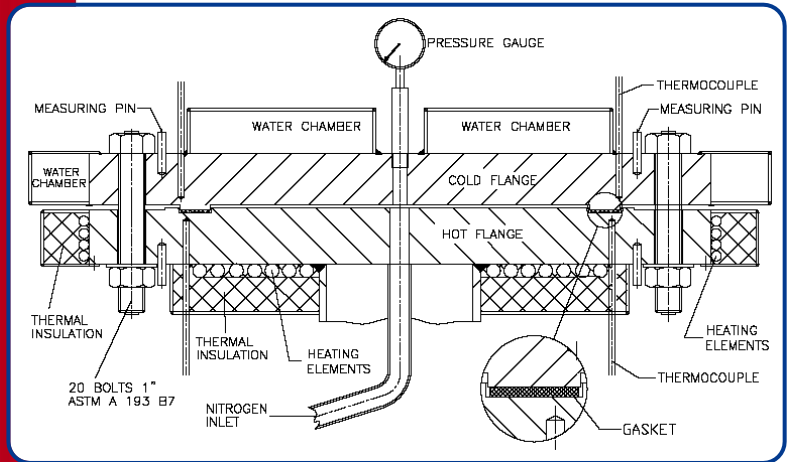


* - Equipo disponible para pruebas en el YRT - Yarmouth Research and Technology

16

Estudio relajamiento de juntas

Equipo de prueba
RaST Radial Shear Test



17

Juntas probadas en laboratorio



Junta Doble
Enchaquetada



Junta Doble
Enchaquetada con capa
de grafito



Junta Camprofile

18

Procedimiento de evaluación Equipo de prueba RaST

Ciclos con presión

- Apriete inicial y reapriete después de 30 minutos
- Presurizar con Nitrógeno 40 bar
- Monitorear la caída de presión
- Si aprobado, seguir con ciclos de temperatura

Ciclos con temperatura

- Calentar una brida y enfriar la otra brida (agua fría)
- Medir la dilatación diferencial entre las bridas
- Enfriar la brida caliente hasta la temperatura ambiente
- Repetir el ciclo térmico por 100 veces
- Cada 15 ciclos térmicos: verificar presión y carga en los espárragos

Parámetros del ciclo caliente:

- Fluido: Nitrógeno
- Diferencial de temperatura: 200° C
- Presión: 40 bar
- Dilatación diferencial entre bridas: 1,66 mm

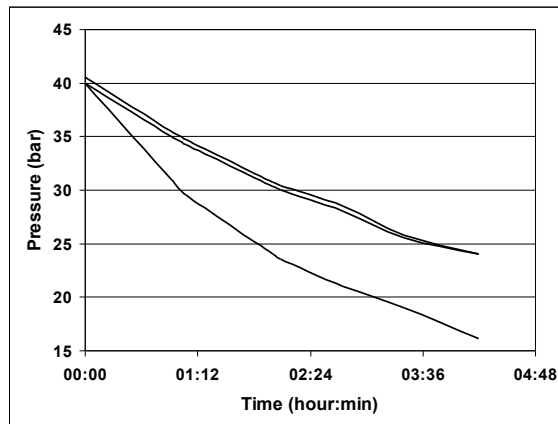
Evaluación de Presión Equipo de prueba RaST

Temperatura Ambiente

- Doble Enchaquetada: **Fuga**
- Doble Enchaquetada con capa de grafito: **Sin fuga**
- Camprofile: **Sin fuga**

Evaluación de Presión Equipo de prueba RaST

Temperatura Ambiente



Junta Doble Enchaquetada



21

Evaluación con ciclos térmicos Equipo de prueba RaST

Resultados

Doble Enchaquetada con capa de grafito:

- Sin Fuga
- 45% de Pérdida de Apriete

Camprofile:

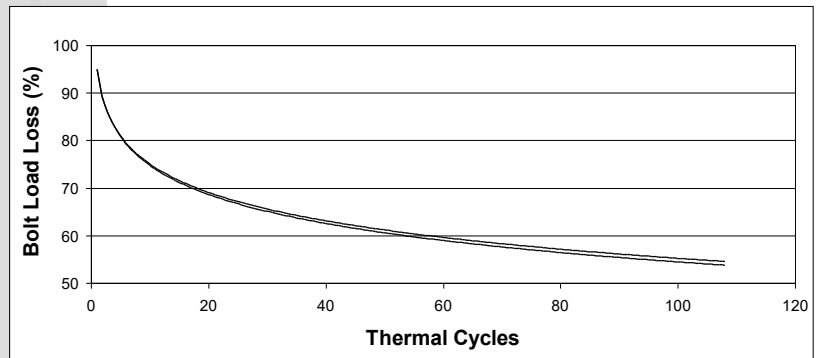
- Sin Fuga
- 25% de Pérdida de Apriete



22

Resultados

**Evaluación con
ciclos térmicos.
Equipo de prueba
RaST**



Junta Doble Enchaquetada con Grafito

Pérdida de Apriete > 45%

23

Junta Doble Enchaquetada

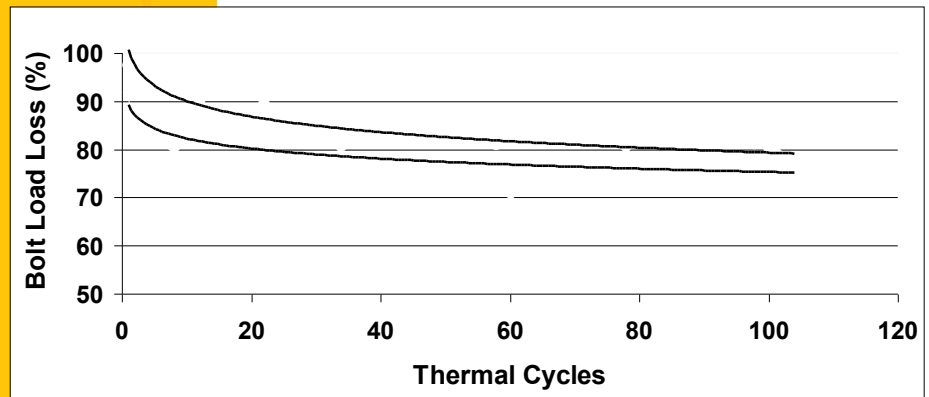


**Deformación severa de la junta por
dilatación diferencial de las bridas**

24

Resultados

**Evaluación
con ciclos
térmicos
Equipo de
prueba
RAST**



Junta Camprofile
Perdida de Apriete: < 25%



25

Junta Camprofile

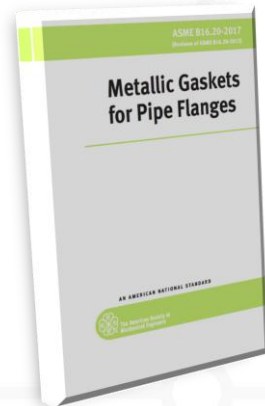
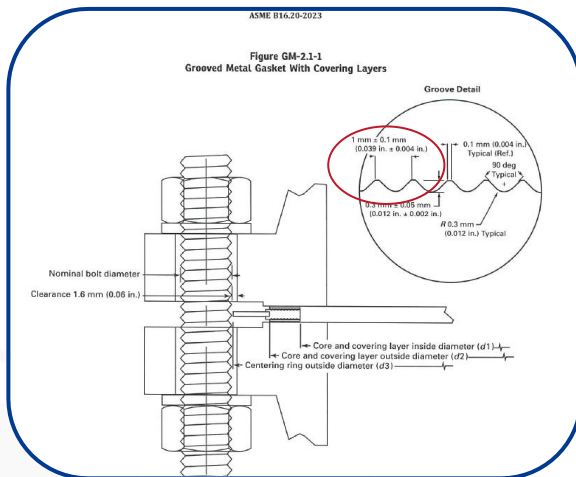
Película de grafito flexible evita daños
Reduce la pérdida de apriete



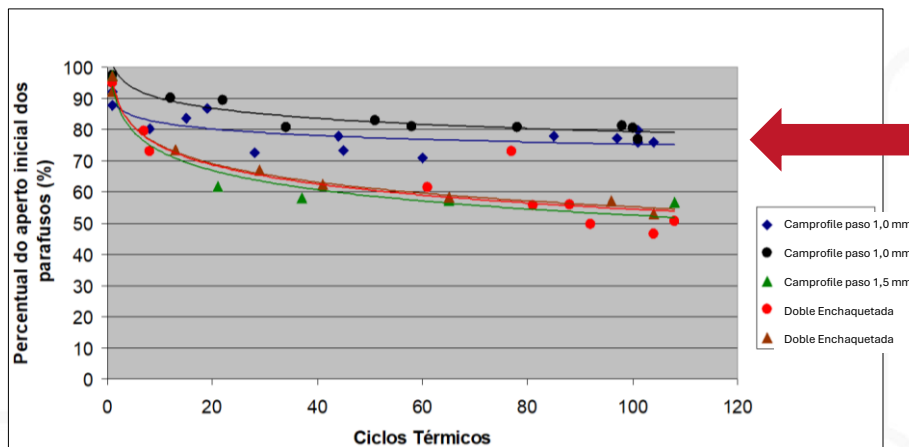
26

Junta Camprofile

Especificación definida en la norma ASME B16.20



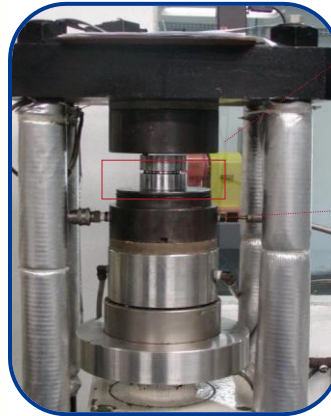
Junta Camprofile



Paso 1,0 mm x 1,5 mm

Prueba de Aplastamiento

Junta Camprofile



Dureza:

- Junta 197 HB
- Bridas: 81 HB

Aplastamiento: 5
MPa a 300 MPa



29

Prueba de Aplastamiento

Aplastamiento
de 200 MPa
(30.000 psi)



Junta metálica

Láminas de grafito

Superficie de las células sin marcas

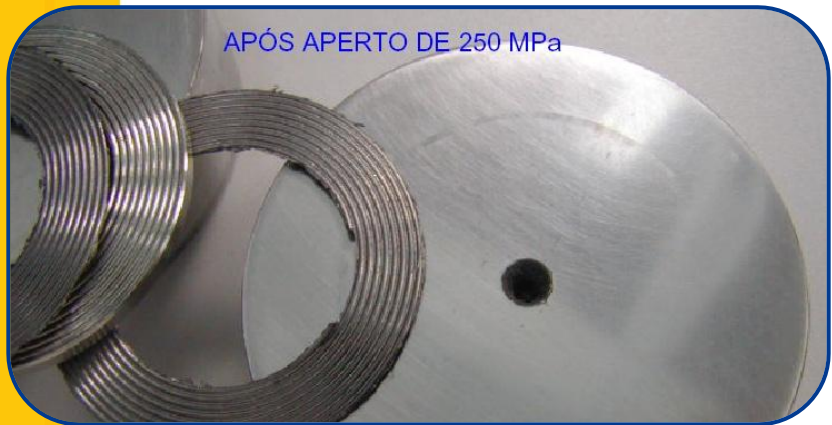
Láminas de grafito sin ruptura



30

Prueba de Aplastamiento

Aplastamiento de 250 MPa (36.000 psi)



APÓS APERTO DE 250 MPa

Pequeña marca en la brida

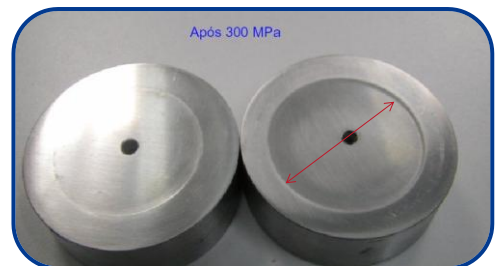
No hubo ruptura de las láminas de grafito



31

Prueba de Aplastamiento

Hubo una **marca** en la superficie de las bridas



Após 300 MPa

Sin ruptura de las láminas de grafito

Sin penetración de las ranuras de la junta en las bridas



APÓS APERTO DE 300 MPa

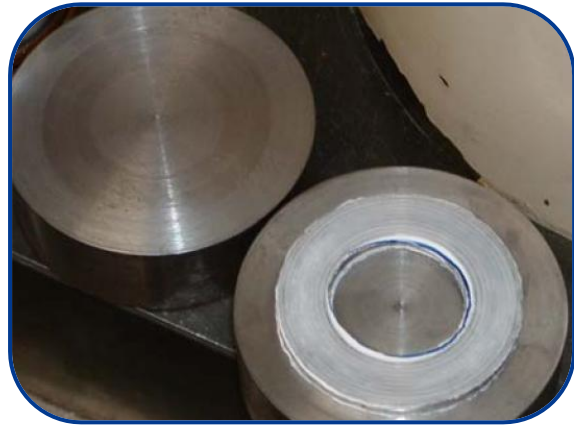
Lado de contacto com a junta

Lado de contacto com a célula



32

Prueba de Aplastamiento



No hubo ruptura de las láminas de PTFE

Determinación del Coeficiente de Fricción

Juntas Camprofile

Aplastamiento = 120 MPa

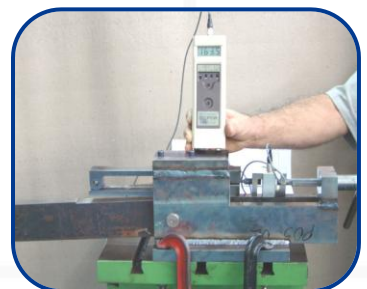
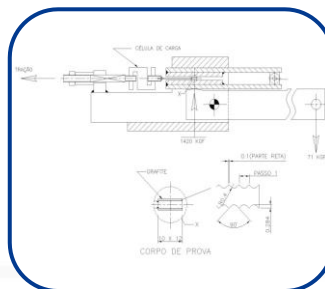
Junta => Dureza 171 HB

Brida => Dureza 192 HB e ranura = 1,6 μm

Pruebas

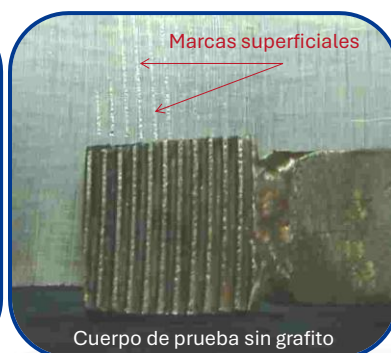
Junta con revestimiento de grafito (prueba 1)

Junta sin revestimiento (prueba 2)



Determinación del Coeficiente de Fricción

Juntas Camprofile



Coeficiente de fricción:

Prueba 1 (con grafito) = 0,045

Prueba 2 (sin grafito) > 0,088

Recomendación para Intercambiadores de Calor

Nuevos proyectos de intercambiadores de calor:

Especificar Juntas Camprofile

Protocolo:

Junta fabricada conforme (ASME B16.20)

Proyecto conforme (ASME Sección VIII)

Factores de junta para el proyecto:

Aplastamiento max = 500 MPa

Y = 2.500

M = 2,0

Recomendación para Intercambiadores de Calor



Intercambiadores de calor existentes:

Evaluar alteración de la especificación para Juntas Camprofile

Protocolo:

Revisar planicidad y daños en las caras de sellado (ASME PCC-1)

Validar junta conforme (ASME Sección VIII)

Factores de junta para el proyecto:

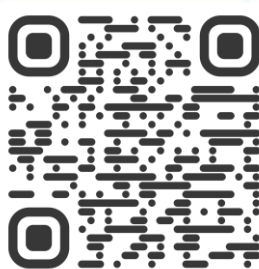
Aplastamiento max = 500 MPa
 $Y = 2.500$
 $M = 2,0$



37

SESIÓN 3

ESCANEA EL
CÓDIGO QR



RESPONDE UNA
BREVE ENCUESTA



¡GRACIAS!

Roberto Araujo

roberto.araujo@teadit.com

38