

**LOCTITE**<sup>®</sup>

---

# BRIDAS SIN FUGAS

GUÍA PARA EL DISEÑO  
DE UNIONES

Henkel



1. Introducción .....	4
2. Definiciones.....	6
3. Consideraciones Generales de Diseño .....	8
3.1 Directrices Generales .....	8
3.2 Diseño Básico de Carcasas.....	10
3.3 Rigidez de las Bridas .....	10
3.4 Posicionamiento y Espaciado de los Tornillos.....	12
3.5 Calidad de los Tornillos y Longitud.....	15
3.6 Verificación del Diseño de las Bridas.....	16
3.7 Acabado de la Superficie.....	18
4. Áreas de Aplicación de las Juntas Formadas in Situ (FIPG), Ventajas Frente a las Juntas Sólidas .....	22
5. Recomendaciones de Diseño para Juntas Anaeróbicas Formadas In Situ .....	26
6. Recomendaciones de Diseño para Elastómeros Vulcanizados a Temperatura Ambiente .....	28
6.1 Diseño Básico de Bridas .....	29
6.2 Diseño Alternativo.....	32
7. Dosificación del Producto y Montaje.....	38
7.1 Limpieza .....	38
7.2 Dosificación .....	39
7.3 Montaje .....	42
8. Mantenimiento y Reparación.....	44
8.1 Desmontaje.....	44
8.2 Limpieza .....	46
8.3 Aplicación y Montaje .....	47
9. Alcance y Limitaciones.....	48
10. Abreviaturas .....	49
11. Bibliografía .....	50
Edición y Autores.....	51

# 1. INTRODUCCIÓN

Los diseños ligeros y el aumento constante de la capacidad provocan grandes tensiones en las piezas y pueden causar deformaciones en zonas críticas como en las uniones, el sellado de bridas, la tornillería, y en las carcasas. Además, la necesidad de que los diseños ofrezcan una mejor resistencia ambiental y de que las uniones embridadas no tengan fugas, aumentan la dificultad para el diseñador.

Para asegurar que no se produzcan fugas, es esencial que la unión esté diseñada de acuerdo a directrices específicas de formación de juntas. La intención de esta guía es proporcionar consideraciones generales de diseño, independientes del tipo de junta, además de instrucciones concretas para las juntas líquidas, como las juntas formadas in situ con anaeróbicos y elastómeros RTV.

Las normas de diseño se basan en los resultados de los ensayos dinámicos de fatiga, el análisis de muchas uniones embridadas, la experiencia, y los resultados de cálculos numéricos y analíticos en los laboratorios de Henkel<sup>2 a 28</sup> y en instituciones independientes<sup>1</sup>. Las consideraciones generales de diseño descritas en la Sección 3 resumen el conocimiento obtenido en tres proyectos de la Universidad de Stuttgart patrocinados por el Forschungsvereinigung Antriebstechnik, del cual Henkel es un socio activo.



**LOCTITE®**



## 2. DEFINICIONES

Una junta es un material colocado entre dos bridas atornilladas. Las juntas evitan la fuga de líquidos o gases, debido a que llenan por completo el espacio entre las superficies de las bridas. Es necesario que esta unión sellada permanezca intacta y estanca durante mucho tiempo. La junta tiene que resistir los fluidos con los que esté en contacto y ser capaz de soportar las temperaturas, presiones, micromovimientos y expansión causados por las vibraciones y por las dilataciones/contracciones térmicas.

Las uniones embridadas pueden dividirse en estáticas y dinámicas, en función de si las partes selladas muestran un movimiento relativo entre ellas. Un eje giratorio dentro de un alojamiento es un ejemplo de un sistema dinámico típico. Mientras que las bridas se clasifican como sistemas estáticos, sí se producen pequeños micromovimientos debidos a la vibración, cambios térmicos, variaciones en la presión, impactos o la transmisión de cargas.

En la Figura 1 se muestran las categorías de juntas o sellos estáticos.



## FIGURA 1:

### TIPOS DE JUNTAS

#### Formadas In Situ

Las juntas se forman aplicando un cordón o serigrafiando un elastómero líquido o un sellador anaeróbico y realizando el montaje cuando el producto aún no está curado. Después del montaje, el sellador llena todas las imperfecciones de las superficies proporcionando contacto total entre las dos caras, y cura formando un sellado duradero.

#### Curadas In Situ

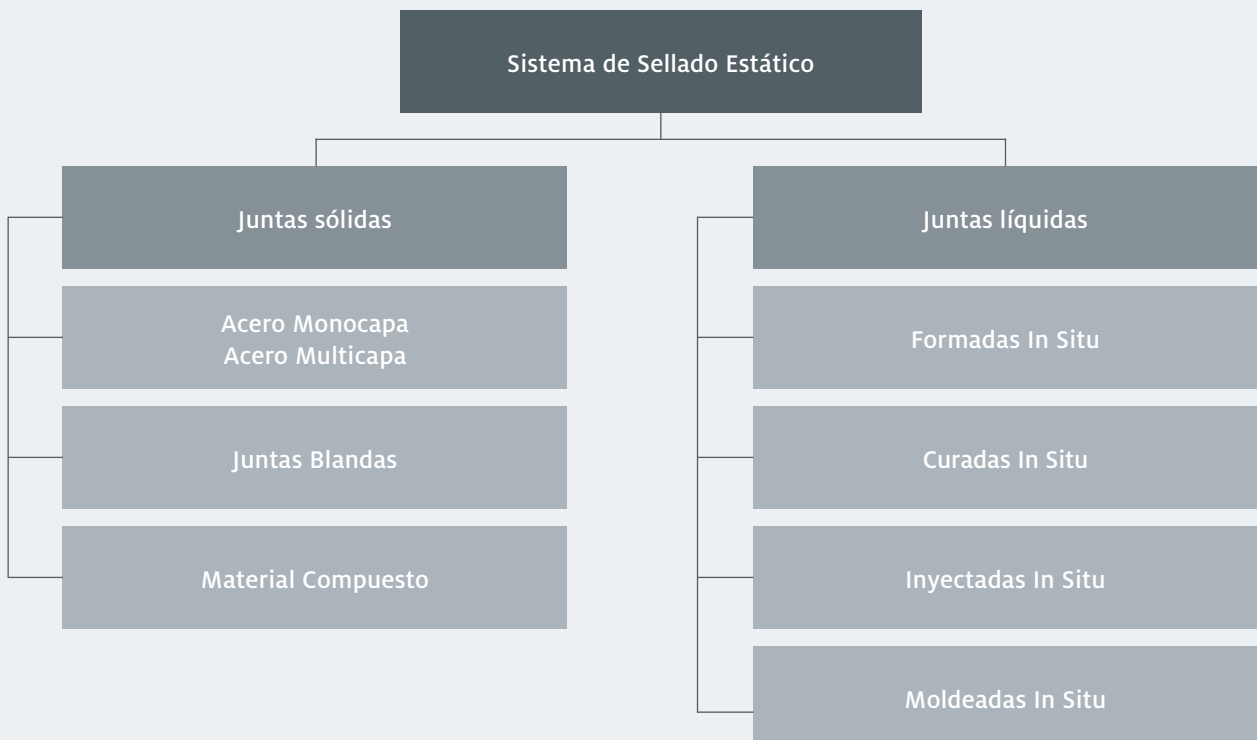
Las juntas se forman aplicando un cordón de elastómero en una brida, y curando el producto antes de realizar el montaje. Tras el montaje, la junta queda comprimida entre ambas partes y el montaje queda sellado.

#### Inyectadas In Situ

Se realiza el montaje y después se inyecta la junta líquida en un surco entre ambas caras y se deja curar.

#### Moldeadas In Situ

Las juntas se moldean directamente en una de las superficies, habitualmente en una ranura.



## 3. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

### 3.1. DIRECTRICES GENERALES<sup>1</sup>

Para el diseño de uniones embridadas capaces de resistir grandes tensiones, es necesario seguir las siguientes reglas básicas:

#### **DISTRIBUCIÓN DE LA PRESIÓN SOBRE LAS BRIDAS**

Es necesario conseguir una distribución uniforme de la presión sobre la brida, dentro de los límites permitidos, que incluyen la tensión mínima crítica de sellado de la junta y la resistencia a la compresión admisible del material de la brida y de la junta.

#### **CARGA OPERATIVA DE LA UNIÓN EMBRIDADA.**

La unión embridada ha de ser lo más rígida posible, para minimizar las deformaciones y los movimientos relativos.

Además de estos requisitos, es esencial seguir las siguientes normas para el diseño de juntas independientemente del material a sellar:

#### **RIGIDEZ DE LAS BRIDAS SELLADAS**

La rigidez de la brida sellada se indica por la distribución de la presión de la unión sellada. Es fundamental seleccionar el grado de rigidez correctamente, para que la tensión crítica de sellado de la junta se distribuya uniformemente por toda el área de la brida.

#### **PRECARGA DE LOS TORNILLOS**

Para minimizar la pérdida de tensión inicial de los tornillos debido a la relajación de la junta, es necesario asegurar una suficiente elasticidad de la brida y los tornillos (reserva de precarga).



### **CONSIDERAR LAS DIFERENTES DILATACIONES TÉRMICAS**

Debido a la diferente dilatación térmica entre las carcasas de aluminio y los tornillos de acero, un ambiente frío puede causar mayor contracción de la brida de aluminio y provocar la pérdida de carga tanto en la brida como en la junta. La presión mínima de la brida necesaria para que no se produzcan fugas puede verse así comprometida. Las altas temperaturas tienen el efecto opuesto, aumentando la carga de los tornillos y de la junta. En este caso, la resistencia elástica del tornillo y la resistencia a la compresión de la brida y de la junta son los factores limitantes. Si es posible, los tornillos y las carcasas deberían tener el mismo coeficiente de dilatación.

### **TENSIÓN Y DEFORMACIÓN DE LA UNIÓN EMBRIDADA CAUSADA POR FUERZAS EXTERNAS**

En los casos en donde la carcasa completa funciona como estructura, la unión embridada debería estar lo más alejada posible del lugar donde la fuerza incide sobre la carcasa.

### **DISTRIBUCIÓN DEL ESFUERZO DE COMPRESIÓN EN LAS BRIDAS SELLADAS**

Para la distribución óptima de la carga de apriete de los tornillos a lo largo de la brida, el área de apoyo de la cabeza del tornillo debe estar lo más lejos posible del área de sellado. Si el área de sellado está en el medio de la longitud efectiva del tornillo (ver la Figura 7), la distribución del esfuerzo de compresión será óptima. Las líneas rectas teóricas entre los tornillos (ver las Figuras 4 y 5) no se deben desviar significativamente de la línea central de la junta, para permitir la distribución uniforme del esfuerzo de compresión en todo el ancho de la brida.

### **AJUSTAR EL ANCHO DE LA BRIDA A LA DISTRIBUCIÓN DEL ESFUERZO DE COMPRESIÓN**

Para obtener una distribución más uniforme del esfuerzo de compresión en la junta, la superficie de la brida debe ser más grande en el área del tornillo y debe reducirse en el punto medio entre los tornillos.

## 3. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

### 3.2. DISEÑO BÁSICO DE CARCASAS<sup>1</sup>

Para desarrollar un concepto de sellado apropiado para la carcasa, recomendamos seguir las siguientes normas básicas:

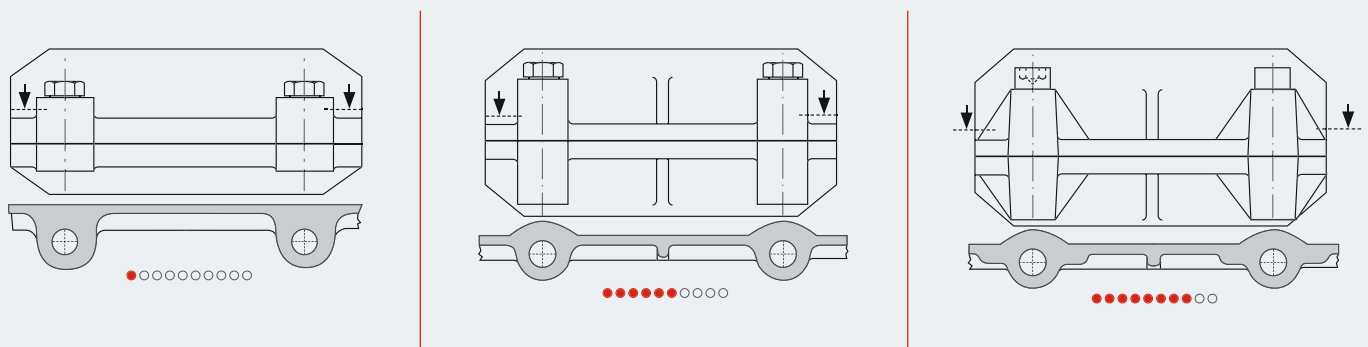
- Crear pequeños salientes esféricos en la carcasa.
- Utilizar los mismos materiales para las bridas a sellar.
- Intentar que la temperatura se distribuya uniformemente

### 3.3. RIGIDEZ DE LAS BRIDAS<sup>1</sup>

La seguridad operativa de la unión embridada puede verse enormemente influenciada al variar la rigidez de la brida. Un aumento de la rigidez permite una mejor distribución del esfuerzo de compresión. La rigidez mejora al aumentar el espesor de la brida o la distancia entre la cabeza de los tornillos y la superficie de la brida. La Figura 2 muestra tres variaciones posibles en el diseño de bridas y su influencia en la rigidez del conjunto.

FIGURA 2

**Evaluación del diseño de la brida con respecto a la distribución del esfuerzo de compresión (cualitativa), nervios de rigidización, collarines en la zona de los tornillos (la mejor solución es la tercera).<sup>1</sup>**

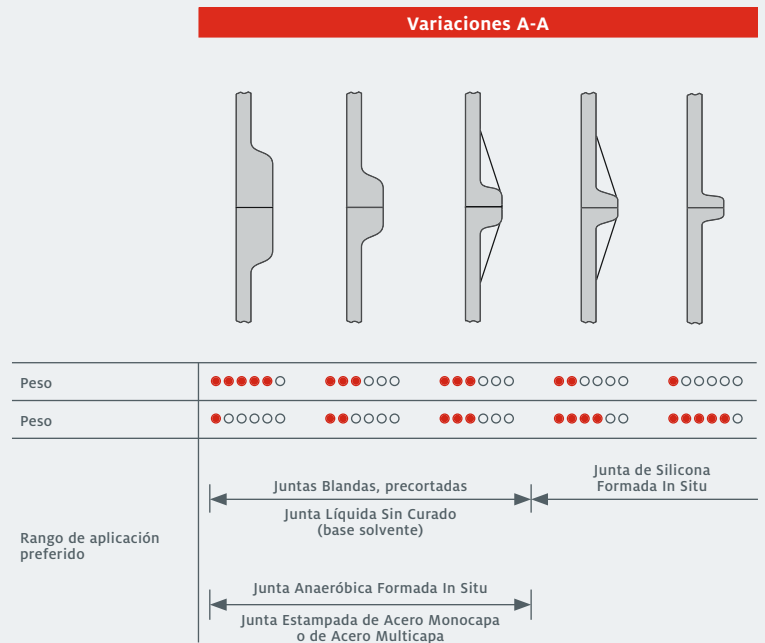
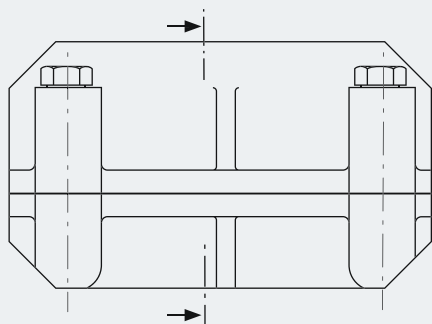


Cuando la rigidez de la brida disminuye, es más complicado obtener la presión mínima superficial que se necesita en el punto medio entre dos tornillos. La Figura 3 está basada en un trabajo de investigación realizado por un organismo externo, y muestra la influencia de la rigidez de la brida en la utilización de juntas estáticas. Juntas blandas y juntas líquidas sin curado son solamente adecuadas para bridas que tienen la rigidez de flexión apropiada. Si en las bridas se alcanza el valor mínimo de rigidez de flexión, sería necesario cambiar a juntas anaeróbicas formadas in situ o a juntas de acero estampadas monocapa o multicapa. El rango de aplicación de las juntas anaeróbicas formadas in situ es incluso más amplio, cubriendo desde las bridas muy rígidas hasta bridas con rigidez media.

Un trabajo de investigación interno<sup>2,13</sup> muestra que en casos donde no se alcanza la presión mínima superficial para utilizar productos anaeróbicos, o en el caso de que se usen bridas flexibles, como piezas estampadas metálicas, son adecuadas las juntas de elastómeros RTV. La junta tiene que ser aún más flexible con capacidad para compensar el alabeo y los esfuerzos en la dirección de cizallamiento, debido a las características adicionales de diseño, como holguras provocadas, chaflanes o ranuras de retención (ver la Sección 6).

### FIGURA 3:

**Influencia de la rigidez de la brida en la utilización de juntas estáticas sobre piezas de fundición.**



## 3. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

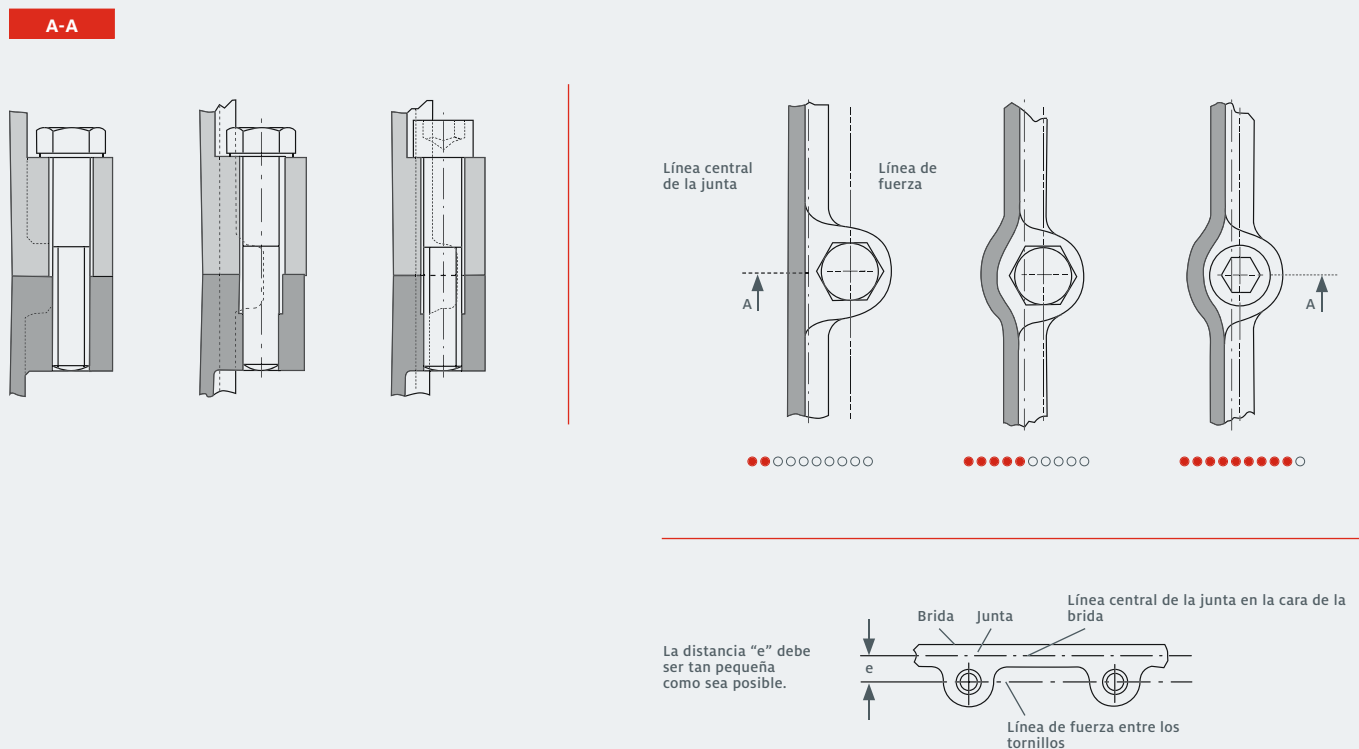
### 3.4. POSICIONAMIENTO Y ESPACIADO DE LOS TORNILLOS<sup>1</sup>

La mejor pauta de sujeción es invariablemente una combinación del máximo número de tornillos que resulte práctico utilizar y de su posicionamiento óptimo.

Para conseguir que la presión se distribuya uniformemente y evitar la separación de las bridas debido un efecto palanca potencial (ver la Figura 4), las líneas rectas de tornillo a tornillo (líneas de fuerza de los tornillos) deben estar lo más cerca posible de la línea central de la junta.

FIGURA 4

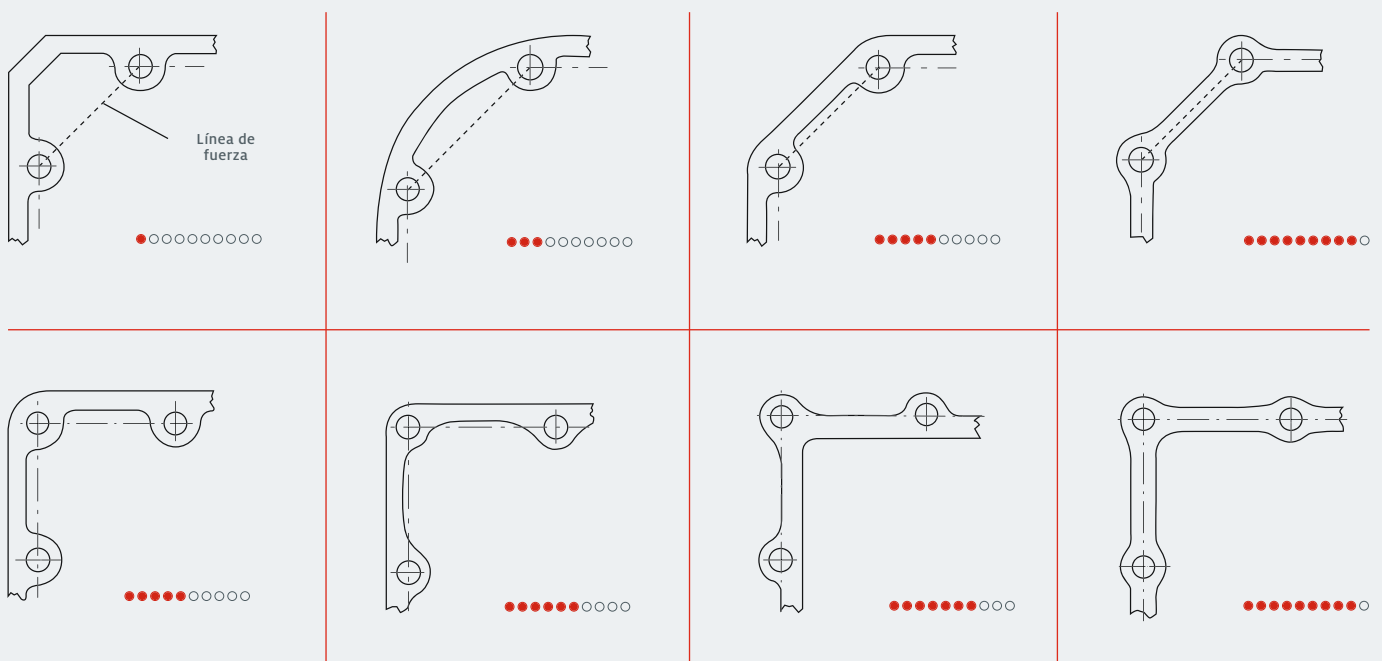
Evaluación de la distancia entre las líneas de fuerza de los tornillos y la línea central de la junta, en relación a la distribución del esfuerzo de compresión en la holgura a sellar.<sup>1</sup>



Además, la posición de los tornillos es muy importante para el diseño de las esquinas de las bridas. La Figura 5 muestra las diferentes variaciones en los diseños y su evaluación.

## FIGURA 5

**Evaluación de la posición de las líneas de fuerza con respecto a la línea central de la junta, en relación con la distribución de las fuerzas de compresión.<sup>1</sup>**





### 3. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

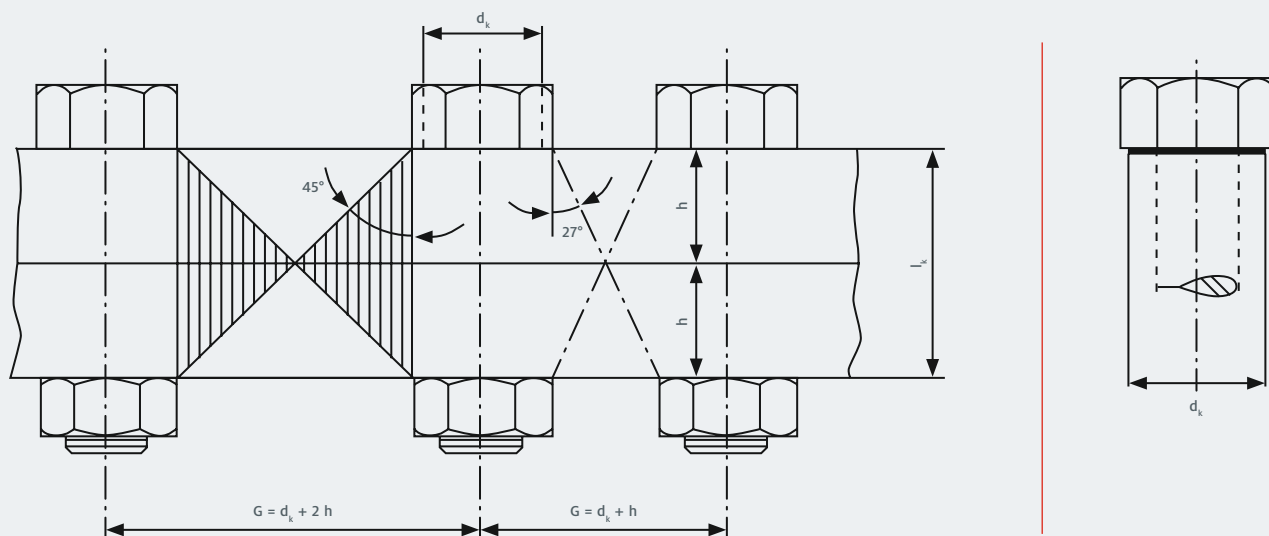
Teóricamente, la separación entre tornillos puede calcularse utilizando el modelo idealizado propuesto por Rötischer. Que plantea que el esfuerzo de compresión en la brida, entre las cabezas de los tornillos y la holgura a sellar se distribuye como un cono con una apertura angular de 45°, tal y como se muestra en la figura 6. Para conseguir un espaciado óptimo de los tornillos, los conos de presión deben al menos tocarse o preferiblemente solaparse como está demostrado en la apertura angular de 27°. El modelo Rötischer recomienda solapar los conos para las uniones atornilladas sin bridas. Para uniones embreadas, los estudios al respecto muestran que los conos que se tocan con una apertura angular de 45° o superior, son útiles para el cálculo del espaciado de los tornillos. Para uniones embreadas que tengan que soportar mucha tensión, se recomienda el espaciado de los tornillos entre los dos límites 27° y 45°.

FIGURA 6

Cono de Presión de acuerdo al modelo de Rötischer.

$$d_k + h \leq G \leq d_k + 2h$$

( $d_k$  = diámetro de la zona de contacto de la cabeza del tornillo)



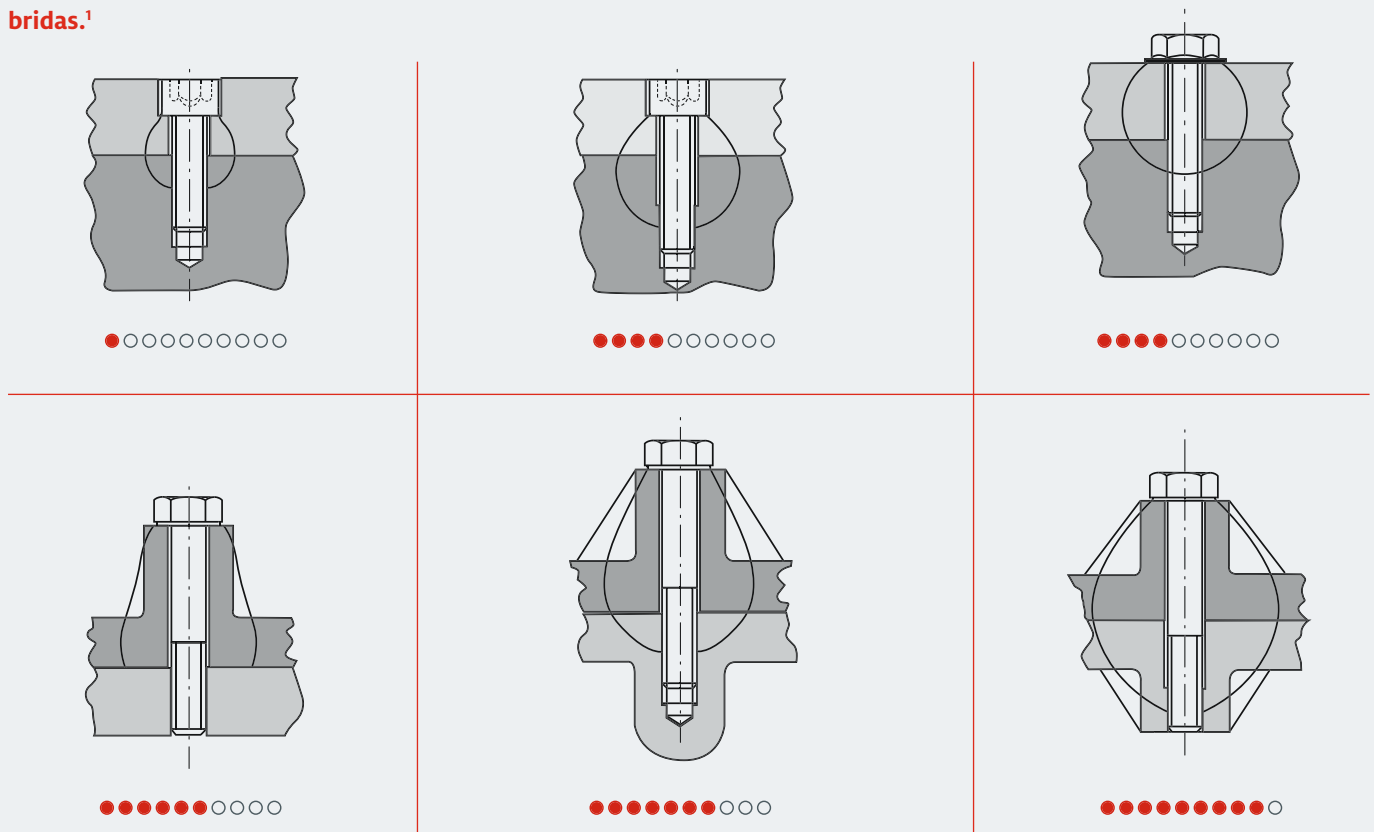
La ecuación muestra que la rigidez de la brida además de la longitud efectiva de los tornillos son parámetros importantes para el cálculo de la distancia entre tornillos. La Figura 7 muestra la distribución del esfuerzo de compresión resultante entre la unión cuando se varían estos parámetros.

## 3.5. CALIDAD DE LOS TORNILLOS Y LONGITUD

- Selecciona un tornillo donde la carga inicial del tornillo sea un 80% de la carga de prueba.
- Selecciona un tornillo en el que se pueda aplicar una carga inicial de aproximadamente 3 a 3,5 veces las cargas de tracción operativas (presión interna, efectos de la temperatura y cargas externas).
- Regla general - cuando la longitud del tornillo es cinco veces mayor que el diámetro, se puede elongar lo suficiente para que funcione como un muelle entre dos bridas y amortiguar así la vibración.
- La longitud de acoplamiento de la rosca para acero es 1,2 veces el diámetro del tornillo; para hierro fundido es 1,5 veces; para aluminio es 1,6 veces más la tolerancia para la longitud final de rosca o para la carga dinámica, más un 20%.

FIGURA 7

Influencia del diseño de la brida en la distribución del esfuerzo de compresión de las bridas.<sup>1</sup>



## 3. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

### 3.6. VERIFICACIÓN DEL DISEÑO DE LAS BRIDAS

Una de las directrices fundamentales para el diseño de uniones embreadas que resistan altas tensiones es lograr una distribución uniforme de la presión sobre las bridas dentro de los límites específicos permitidos. Es necesario saber en las primeras etapas del proceso de diseño si se alcanza, en la brida, la presión necesaria para sellar la holgura.

La distribución de la presión en la brida se puede evaluar en una fase muy incipiente mediante un Análisis por Elementos Finitos (FEA) o más tarde utilizando prototipos con película sensible a la presión, fabricada por Fuji Photo Film Company. Un diseño completamente nuevo se basará en ambos sistemas ya que el FEA permite la optimización del diseño de una forma rentable y la impresión de la película sensible a la presión es necesaria para confirmar los cálculos numéricos.



Para evaluar la distribución del esfuerzo de compresión, la película se corta con la forma de las bridas a acoplar y se troquelan alojamientos para los tornillos. Después se coloca la película entre las bridas y se aprietan los tornillos según el par especificado. Al aplicar la presión, las microcápsulas se rompen y se libera un material cromóforo. Las microcápsulas se ajustan para romperse a diferentes niveles de presión, dependiendo de densidad cromática resultante del grado de presión. Un color rojo oscuro indica que la presión aplicada es alta, mientras que tonos más claros indican que la presión aplicada es baja. Utilizando un densitómetro Fuji, la densidad de impresión del color se puede convertir directamente en un valor correspondiente al esfuerzo aplicado.

Una desventaja del sistema es que solamente la fuerza máxima aplicada queda registrada, mientras que la falta de presión sobre la junta bajo condiciones operativas tales como temperatura, presión o cargas dinámicas no se puede medir. Estos efectos se tienen que evaluar mediante un Análisis por Elementos Finitos. La película da una indicación de los puntos débiles de las uniones embridadas, como las áreas donde la presión de la brida es baja o inexistente, así el FEA se centra en estos puntos para optimizar el diseño. La película también muestra marcas de mecanizado y problemas con las tolerancias de acoplamiento de las bridas, como planitud o solapamiento.

Además del FEA, en la etapa de prototipo también se puede trazar la presión sobre la brida en tiempo real con la película Tekscan de medición de presión. Con el sistema Tekscan, se posiciona entre las bridas un sensor táctil, de alta resolución, basado en matrices. El programa suministrado con el sensor es capaz de recoger datos dinámicos y de mostrar dónde pueden resultar importante el ciclo de presión o el registro de cualquier suceso.

## 3. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

### 3.7. ACABADO DE LA SUPERFICIE

El acabado o la rugosidad de la superficie son términos utilizados para describir la calidad general de la superficie de una pieza. El acabado de la superficie consiste en la rugosidad, ondulación, inclinación y fallos. Para un funcionamiento correcto, las superficies en contacto requieren acabados dimensionales precisos y control del acabado de la superficie.

El acabado de la superficie es más importante para juntas convencionales, ya que la carga inicial de compresión que se necesita para deformar la junta en las irregularidades aumenta si el acabado es más rugoso de lo requerido.

En cambio, para los selladores formados in situ la rugosidad de la superficie no influye en la carga inicial de compresión, ya que el producto está en estado fluido durante el proceso de montaje; sin embargo, sí afecta a la formación del espesor de la capa de sellador.



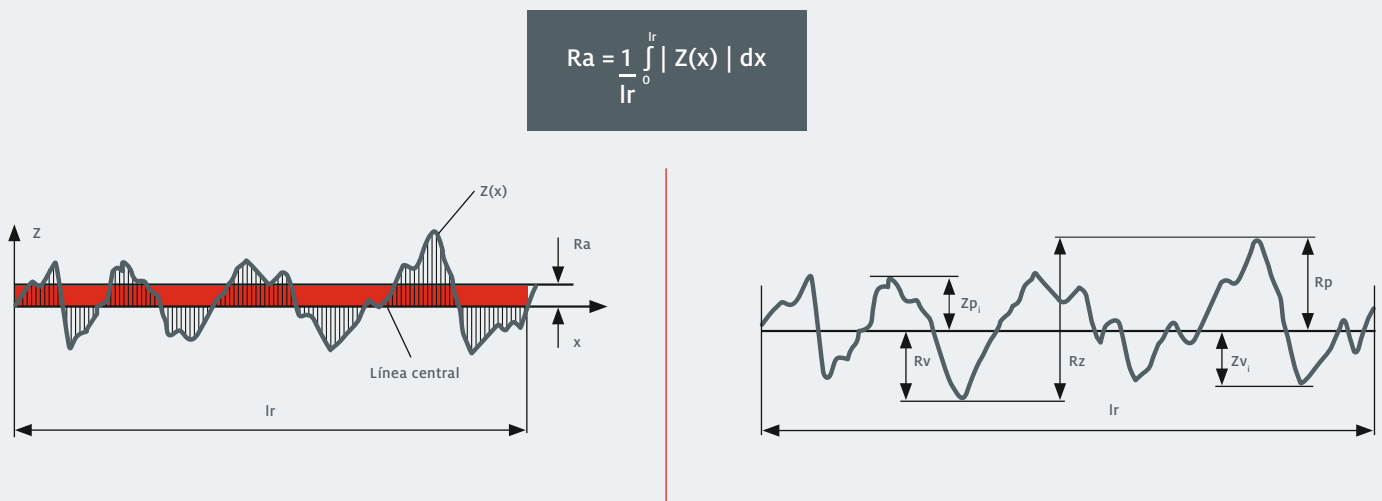


- Con rugosidades superficiales superiores a  $Ra \geq 3,0 \mu\text{m}$  (altura en diez puntos  $Rz \geq 17 \mu\text{m}$ ), se alcanza contacto metal-metal independientemente de la fuerza de compresión.
- Con rugosidades superficiales inferiores a  $Ra \leq 0,3 \mu\text{m}$  (altura en diez puntos  $Rz \leq 3 \mu\text{m}$ ), los selladores formados in situ tienden a generar una capa de adhesivo que disminuye cuando aumenta la presión sobre las bridas. El contacto metal-metal solo se consigue en áreas cercanas a los tornillos. (El contacto efectivo metal-metal entre las caras de las piezas con un acabado más preciso no excede de un 25–35%.)
- Un acabado más fino de la superficie ayuda en el proceso de limpieza y asegura la eliminación de la contaminación antes de la aplicación del sellador.
- La resistencia al desplazamiento disminuye si la holgura crece. Por lo tanto, el acabado de la superficie es importante para los ensayos de desplazamiento por presión durante el montaje, cuando los adhesivos formados in situ están aún sin curar.

Las características de la superficie son determinadas principalmente por instrumentos con palpador eléctrico de acuerdo con DIN EN ISO 4287:1998 (ANSI B46.1-1971). Las dos medidas de rugosidad de la superficie más comunes son Ra y Rz, como muestra la Figura 8.

## FIGURA 8

### Ra y Rz según DIN EN ISO 4287:1998 (ANSI B46.1-1971)



### 3. CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

Ra es el valor medio de los valores absolutos para las desviaciones del perfil dentro de una medida individual con sección  $l_r$ .  
Rz es la altura máxima entre picos y valles dentro de una medida individual con sección  $l_r$ .

La altura en diez puntos RZ utilizada anteriormente es el valor medio de los valores absolutos de las alturas de los cinco picos más altos y de los cinco valles más bajos para cinco medidas individuales, medidas en la longitud que se evalúa ( $Rz \geq$  altura en diez puntos Rz).

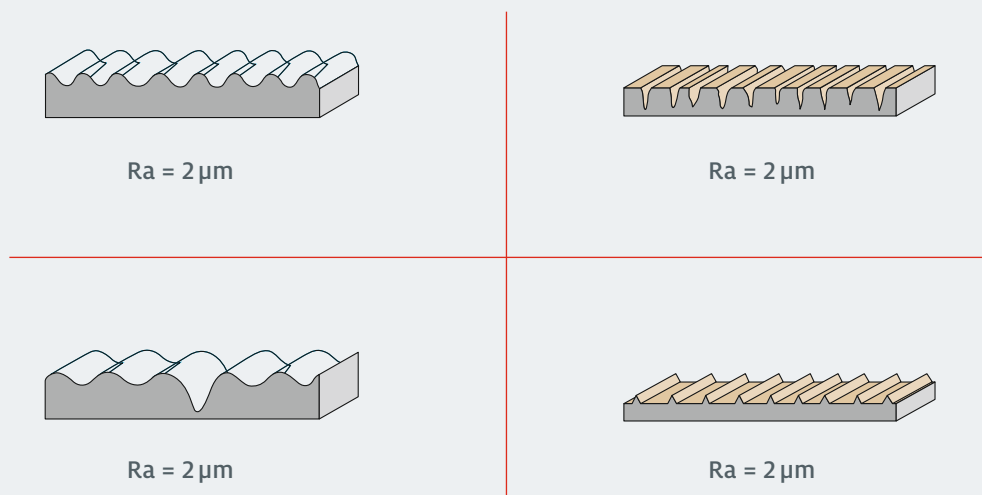
Solamente el valor Ra no es suficiente para determinar la rugosidad, pues diferentes perfiles de rugosidad superficial pueden tener el mismo valor Ra, como muestra la figura 9. Al menos Ra y Rz se deben medir, pero utilizando Ra, Rz, Rmax y Wt obtendremos una imagen más precisa.

La máxima altura pico-valle, Rmax, es la máxima altura individual pico-valle de toda la sección medida ( $l_n = 5 \times l_r$ ).

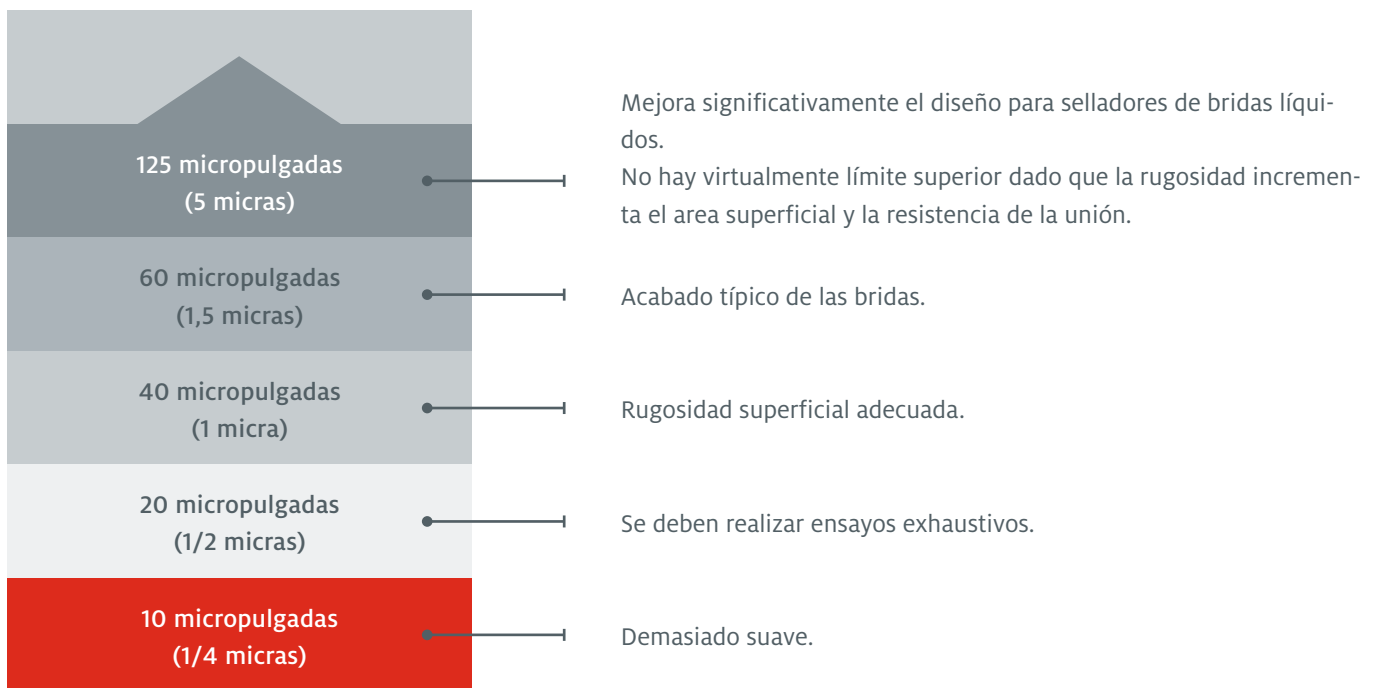
WT es la máxima altura del perfil de ondulación en toda la sección medida  $l_n$ .

FIGURA 9

Perfiles diferentes con los mismos valores Ra.



## NORMAS GENERALES SOBRE LA RUGOSIDAD DE LAS SUPERFICIES DE LAS BRIDAS



125 micropulgadas (5 micras)	Mejora significativamente el diseño para selladores de bridas líquidos. No hay virtualmente límite superior dado que la rugosidad incrementa el área superficial y la resistencia de la unión.
60 micropulgadas (1,5 micras)	Acabado típico de las bridas.
40 micropulgadas (1 micra)	Rugosidad superficial adecuada.
20 micropulgadas (1/2 micras)	Se deben realizar ensayos exhaustivos.
10 micropulgadas (1/4 micras)	Demasiado suave.

## 4. ÁREAS DE APLICACIÓN DE LAS JUNTAS FORMADAS IN SITU, VENTAJAS FRENTE A LAS JUNTAS SÓLIDAS

A diferencia de las juntas convencionales, la tecnología de formación de juntas in situ no requiere de cargas de compresión extremas para sellar, debido a que esta última se adhiere a todas las partes de la unión. Las principales ventajas de las juntas formadas in situ frente a las juntas sólidas son:

- **No se produce relajación de la junta.**– Las juntas formadas in situ permiten el contacto metal-metal en la mayoría de las aplicaciones, lo que asegura la correcta tensión de los tornillos durante la vida útil del montaje, eliminando la necesidad de reapriete.
- **No se produce efecto de acuíñamiento.**– El contacto metal-metal elimina la necesidad de considerar el espesor de la junta, por lo tanto las tolerancias se pueden mantener de forma más precisa.
- **El acabado de la superficie es menos exigente.**– Las juntas formadas in situ permiten la relajación del acabado superficial y tolerancias de planitud. Los arañazos y las marcas superficiales se pueden sellar sin tener que volver a mecanizar.
- **Compatibilidad química.**– Las juntas formadas in situ ofrecen buena resistencia a solventes.
- **Costes de inventario reducidos.**– Las juntas formadas in situ pueden sellar bridas de diferentes geometrías, al contrario de las juntas sólidas de las que es necesario mantener existencias de diferentes geometrías.
- **Aplicación automatizada.**– Las juntas formadas in situ pueden aplicarse de forma totalmente robotizada o mediante sistemas de serigrafía o plantilla.
- **Manipulación más sencilla de componentes verticales.**– Las juntas formadas in situ se pueden aplicar en bridas horizontales y verticales. A diferencia de las juntas sólidas, no requieren la aplicación de un adhesivo adicional para mantenerlas en su lugar si las bridas están en vertical.
- **Emisiones de hidrocarburos reducidas.**– La reducción de la holgura a sellar reduce las emisiones de hidrocarburos si lo comparamos con un montaje con una junta sólida.

Para conseguir el sellado necesario en una gran variedad de bridas, se utilizan frecuentemente dos tipos de formadores de juntas in situ:

- Selladores anaeróbicos
- Elastómeros RTV

## SELLADORES ANAERÓBICOS

Los selladores anaeróbicos curan en ausencia de aire y en presencia de superficies metálicas activas. Estos productos son los más adecuados para sellar bridas rígidas, que están diseñadas para:

- Conseguir la rigidez óptima entre dos piezas ajustadas.
- Minimizar el movimiento relativo entre las dos partes.
- Transmitir fuerzas de una brida a la otra.

Ejemplos típicos de bridas rígidas se pueden encontrar en los vehículos, incluidas las carcasas de la caja de cambios, bancada al cárter, bomba de agua al bloque motor, tapa de balancines al bloque motor.

Las juntas anaeróbicas formadas in situ se utilizan para uniones atornilladas rígidas porque:

- Ofrecen contacto metal-metal.
- Aseguran la correcta tensión de los tornillos.
- Mantienen de forma precisa las tolerancias dimensionales finales.
- Añaden rigidez estructural y reducen los micromovimientos.
- Se pueden desmontar fácilmente aplicando una carga de pelado a la unión.
- Ofrecen mayor resistencia a la presión, si se proporciona suficiente carga de apriete.
- Permanecen en forma líquida; a diferencia de otras juntas formadas in situ, los selladores anaeróbicos solo curan en ausencia de aire, cuando las bridas están montadas. El material sobrante se limpia de las superficies exteriores con un papel, o en su caso, lavando las superficies interiores (los anaeróbicos líquidos son miscibles con muchos de los fluidos, p. ej. aceite).
- Ofrecen un elevado tiempo abierto cuando están expuestas al aire, haciendo posible utilizar múltiples métodos de aplicación, y reduciendo los problemas asociados con el uso de selladores volátiles y/o de curado por humedad.



## 4. ÁREAS DE APLICACIÓN DE JUNTAS FORMADAS IN SITU, VENTAJAS FRENTE A LAS JUNTAS SÓLIDAS

### ELASTÓMEROS DE VULCANIZADO A TEMPERATURA AMBIENTE

Los elastómeros RTV curan al reaccionar con la humedad ambiental, formando una junta de caucho. Estos productos son los más adecuados para sellar bridas flexibles, como las tapas de las cajas de engranajes, tapa del mecanismo de la distribución, piezas estampadas de planchas de acero, metales de fundición de paredes finas y cárteres de aceite. A diferencia de las bridas rígidas, habitualmente no dan estructuralidad al conjunto, por lo tanto los micromovimientos entre las bridas son aceptables y no es necesaria una óptima distribución de carga sobre la brida.

Las bridas flexibles normalmente se utilizan para:

- Tapar una abertura en una carcasa
- Sellar un líquido dentro de un componente o protegerlo de la contaminación externa
- Cubrir piezas en movimiento para aumentar la seguridad
- Encapsular componentes a fin de reducir el ruido

Aparte de las bridas flexibles, hay otros tipos de diseños de bridas que requieren juntas flexibles, como:

- Piezas en las que no es posible conseguir la distribución necesaria de la fuerza de compresión para el uso de selladores anaeróbicos.
- Montajes con bridas de diferentes materiales y con grandes diferencias en sus coeficientes de dilatación térmica, lo que puede provocar el alabeo de las bridas.
- Bridas con más de 2 piezas acopladas, formando uniones en T.

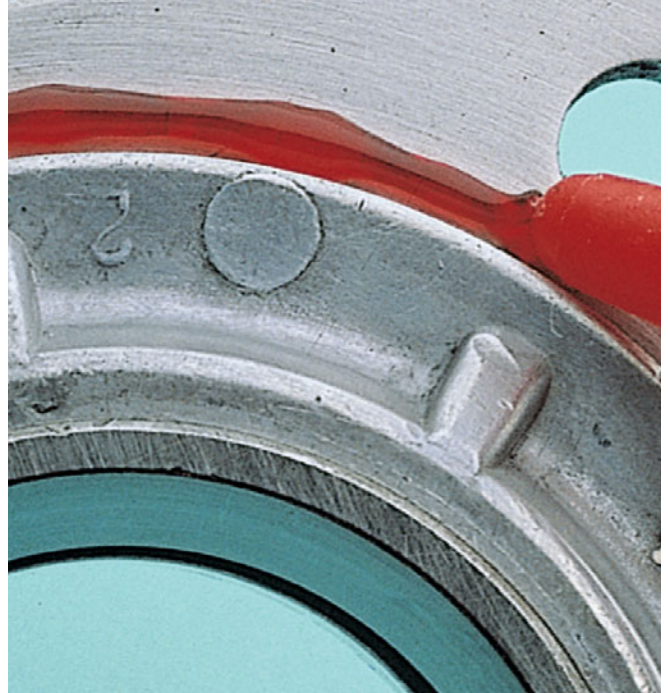
Los elastómeros RTV se pueden utilizar para crear uniones flexibles, y también para uniones rígidas, ofreciendo una serie de beneficios, entre los que se incluyen:

- Alta capacidad de relleno de holguras
- Capacidad de sellar uniones con micromovimientos
- Asegurar el contacto metal-metal
- Alcanzar una correcta tensión de los tornillos sin que se produzca asentamiento
- Sellado de uniones en T
- Sellar bridas no mecanizadas
- Permiten la aplicación robotizada al igual que las juntas anaeróbicas
- Sellan uniones metal-plástico y plástico-plástico

## 5. RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA JUNTAS ANAERÓBICAS FORMADAS IN SITU

Para alcanzar un óptimo rendimiento de sellado en uniones atornilladas rígidas, se deben observar las condiciones generales de diseño de la Sección 3. Además, es necesario incluir varias características de diseño para las juntas anaeróbicas formadas in situ, entre las que se incluyen:

- Las características de mecanizado para las bridas son:
  - Ra 0,8 a 3,2  $\mu\text{m}$
  - Rz 3 a 21  $\mu\text{m}$  (altura en 10 puntos)
  - Rmax 4 a 30  $\mu\text{m}$
  - Planitud 0,1 mm en 400 mm
- Un solape mínimo entre las bridas de 5 mm de ancho (para asegurar un curado fiable).
- Un solape mínimo entre las bridas alrededor de los tornillos de 3 mm de ancho (para asegurar un curado fiable).
- Centrades y agujeros para los tornillos para eliminar la elevación del metal y el acuanamiento.
- La holgura máxima de las imperfecciones o de las marcas de mecanizado debe estar dentro del rango de curado por volumen (0,1 a 0,25 mm dependiendo del sellador).
- La presión mínima de contacto entre las bridas es de 2,5 MPa para aplicaciones en coches.
- Para el montaje de piezas grandes, utilizar pasadores de alineación para evitar que el sellador se esparza y asegurar el posicionamiento correcto de las superficies de las bridas.
- Realizar ensayos de sellado instantáneo al menos 20 minutos después del montaje, con presiones de prueba de  $\leq 0,03$  MPa/0,3 bar/4,3 psi con la menor duración posible.



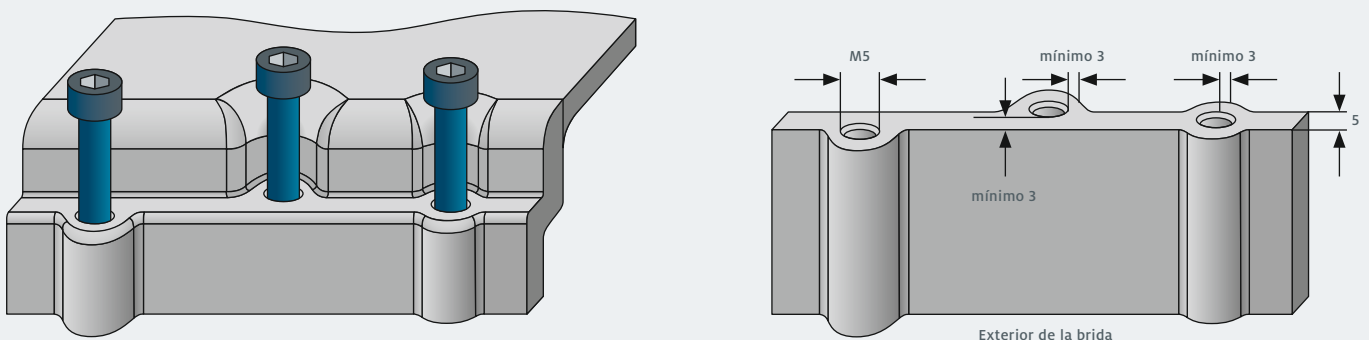
Además del correcto diseño de la brida, la fiabilidad del sellado de una junta formada in situ depende de la adhesión a la superficie de la brida. La adhesión está fuertemente influenciada por el rendimiento de curado. El curado anaeróbico empieza cuando se elimina de la zona el oxígeno atmosférico. Entonces se forman radicales libres que en presencia de iones metálicos (Cu, Fe) inician el proceso de polimerización.

Un curado fiable y la máxima adhesión se alcanzan mediante:

- La limpieza de las caras de las bridas.
- Utilizando activadores o calor para sustratos menos activos (acero inoxidable, acero de alta aleación, aluminio con bajo contenido en cobre, recubrimientos anódicos o películas cromadas).

## FIGURA 10

### Diseño de bridas para juntas anaeróbicas formadas in situ



## 6. RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA ELASTÓMEROS VULCANIZADOS A TEMPERATURA AMBIENTE

Los Elastómeros RTV son capaces de sellar uniones en las que el diseño de las bridas no es bueno y también áreas críticas como uniones en T, en las que los selladores anaeróbicos y las juntas sólidas tendrían problemas. De todas formas, para conseguir sellados fiables y duraderos se deben seguir las consideraciones generales de diseño de la Sección 3.

### ¿POR QUÉ HACER CHAFLANES?

Los ensayos de rendimiento y la experiencia muestran que un chaflán interior es frecuentemente el mejor diseño para sellar una unión cuando se utilizan elastómeros RTV. Entre las principales ventajas de los chaflanes se incluyen:

- **Flujo de producto definido**  
El producto no se sale de las piezas cuando se aplica el par de apriete.
- **Holgura a rellenar definida**  
Buena durabilidad por la capa de producto (en el chaflán).
- **Curado rápido**  
El producto está completamente curado cuando el montaje llega al cliente final.
- **Fácil fabricación**  
Las superficies de fundición conllevan una reducción de costes.
- **Bajo consumo de producto**  
Reducción de costes.
- **Cambio de aceite**
- **Guía para la dosificación manual**  
Información rápida sobre la dosificación manual.





## 6.1. DISEÑO BÁSICO DE BRIDAS

Se pueden sellar bridas con características superficiales tan diversas como son las bridas estampadas de acero y las bridas de fundición.

A la hora de diseñar una unión sellada con un elastómero RTV es importante seguir las siguientes recomendaciones.

- Características superficiales:
  - Ra 0,5 a 8  $\mu\text{m}$
  - Rz 5 a 90  $\mu\text{m}$  (altura en 10 puntos)
  - Rmax <100  $\mu\text{m}$
- La planitud de ambas partes tiene que estar definida de forma que se evite crear holguras de más de 0,3 mm entre las superficies de la brida.
- Holgura máxima de 0,3 mm para poder realizar una prueba de sellado instantáneo después de 20 min con 0,05 MPa/0,5 bar/7,2 psi o un arranque inicial del motor (relacionado con las características de flujo).
- Ancho mínimo de solapamiento de la brida de 5 mm sin incluir el chaflán (para sellado instantáneo).
- Ancho mínimo de solapamiento de la brida de 3 mm alrededor de los tornillos, sin incluir el chaflán (para la dosificación del producto).
- Chaflán interior para fundición con una anchura mínima de 2 mm, con un ángulo de 30° o alternativamente para piezas estampadas un radio en el interior de 4,5 mm (para proporcionar sellado de larga duración).
- El chaflán o el radio solo en una brida que debe ser cubierta por la pieza coincidente en todas las áreas (ver la Figura 11).
- Para el montaje de piezas grandes, utilizar pasadores de alineación para evitar que el sellador se esparza y asegurar el posicionamiento correcto de las superficies de las bridas.
- Al rellenar el chaflán:
  - El área mínima del chaflán tiene que estar completamente llena de sellador.
  - Llenar completamente el área de solapamiento de la brida, como muestra la Figura 11.

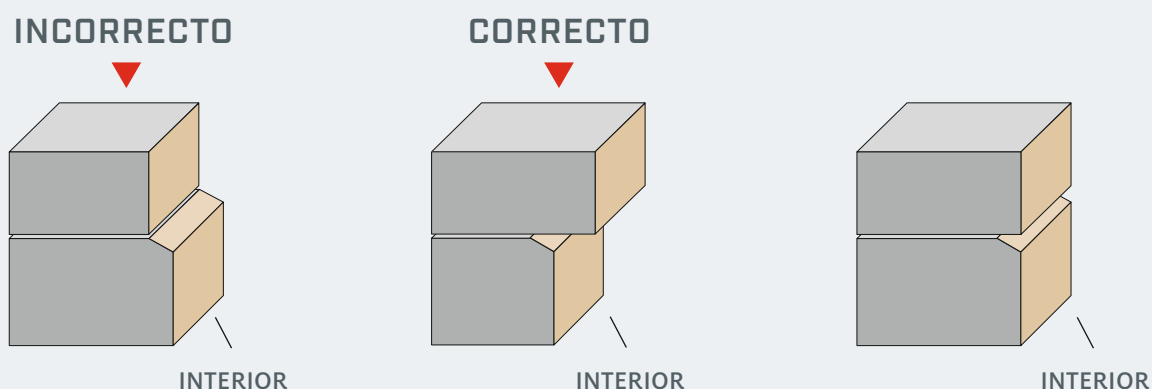
## 6. RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA ELASTÓMEROS VULCANIZADOS A TEMPERATURA AMBIENTE

Cuando la presión mínima requerida para los anaeróbicos no se alcanza, la junta tiene que ser más flexible. En esos casos, los elastómeros RTV son capaces de soportar los movimientos en la dirección de alabeo y cizallamiento debido a su flexibilidad y a mejoras de diseño incorporadas (p. ej el chaflán).

La falta de presión sobre la superficie y los movimientos de la brida requieren del uso de un formador de juntas tipo elastómero RTV, con excelente adhesión sobre los sustratos.

FIGURA 11

Alineamiento de la brida.

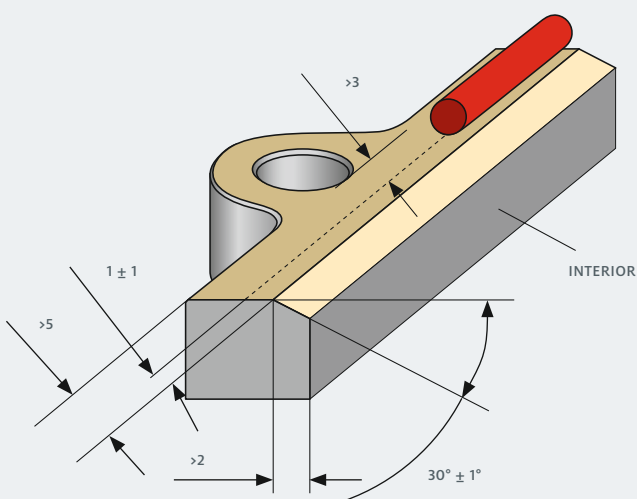


Alta adhesión y un sellado fiable solo se consiguen mediante:

- La limpieza correcta de las caras de las bridas
- La selección del producto adecuado
- El montaje de las piezas en el tiempo de formación de piel, tal y como se indica en la Ficha de Datos Técnicos.
- Asegurar la cantidad correcta de producto aplicado (tamaño típico del cordón  $2,5 \pm 0,5$  mm).
- Asegurar la posición correcta del cordón, aplicar siempre en el área plana de la brida, a 1 mm del comienzo del chaflán, como muestra la Figura 12.
- Es posible dosificar en cada lado de la unión, no es necesaria la aplicación en la parte del chaflán.

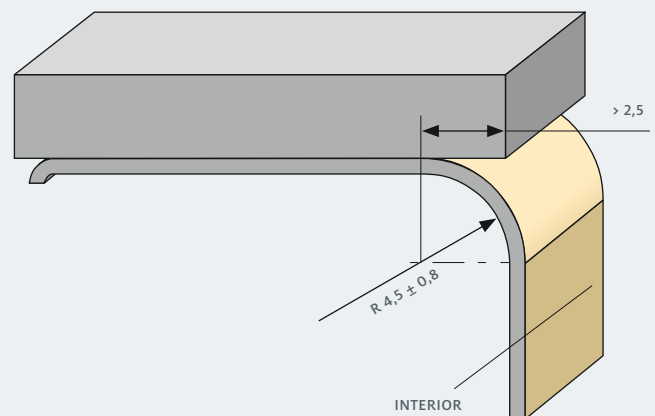
**FIGURA 12**

**Diseño del chaflán.**



**FIGURA 13**

**Diseño de radio para piezas estampadas.**



## 6. RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA ELASTÓMEROS VULCANIZADOS A TEMPERATURA AMBIENTE

### 6.2. DISEÑO ALTERNATIVO

#### CHAFLÁN - ESCALÓN

Los elastómeros RTV necesitan muchas horas para alcanzar un curado completo. En áreas donde el elastómero sin curar puede estar en contacto con el fluido (p. ej. los orificios del control de presión de aceite durante el arranque inicial del motor) un chaflán estándar no es suficiente. El fluido podría arrastrar al sellador. Para evitar el contacto directo con el fluido, es necesario añadir un escalón adicional para proteger al elastómero.

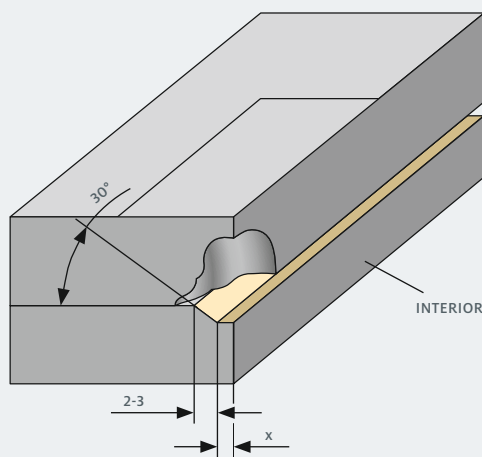
#### FIGURA 14

##### Diseño del chaflán escalonado /

Utilización: p. ej. para agujeros de alta presión.

Para este diseño solo el área del chaflán debe estar lleno de elastómero RTV.

La dimensión  $x$  debe ser capaz de recoger todo el sellador que se extruya fuera del chaflán. Hay que tener en cuenta las dimensiones en el peor escenario. La dimensión más habitual para  $x$  es 2 mm.



## CHAFLÁN - RANURA

En una brida real, en las áreas próximas a los tornillos o a los rodamientos, a veces no se puede utilizar un chaflán simple. La única posibilidad es hacer una ranura. Para conseguir que el producto fluya bien, se aplique fácilmente y cure rápidamente, la mejor solución es hacer un chaflán ranurado de 30° en una de las partes.

La ranura se debe diseñar para evitar que se llene completamente de sellador, incluso en el caso de darse las peores condiciones (máximo volumen del producto con el mínimo tamaño de la ranura). Esto se puede conseguir diseñando un chaflán más ancho, un fondo plano más ancho en la ranura o utilizando ambas opciones.

## FIGURA 15

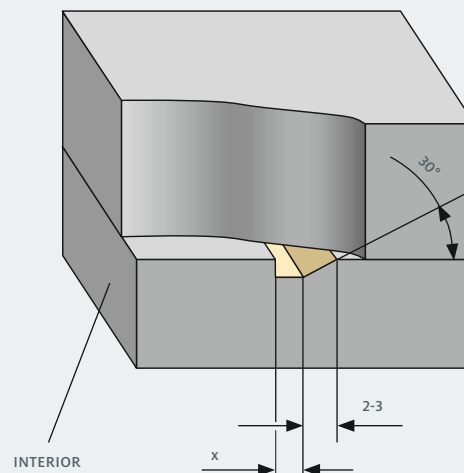
**Diseño chaflán-ranura /**

**Utilización: p. ej. para bancadas.**

Nota:

La ranura chaflán no se debe llenar completamente con el elastómero RTV, ni siquiera bajo las peores condiciones de tolerancia.

Solo el área del chaflán ha de llenarse con el sellador. La dimensión común para x es 2 mm.



## 6. RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA ELASTÓMEROS VULCANIZADOS A TEMPERATURA AMBIENTE

### RANURA

En general, no se recomienda el diseño con ranura para los elastómeros RTV debido a que al estar atrapado en la ranura el producto tardará mucho tiempo en curar. Además, el exceso de sellador puede ser expulsado tanto hacia el interior (en la parte del fluido) como hacia el exterior de la brida.

El exceso de sellador en la parte interior puede contaminar el fluido que se está sellando. En la parte exterior el exceso puede afectar al aspecto estético de la brida. Incluso bajo las peores condiciones, hay que llenar la ranura al completo.

La forma más común para la ranura es un semicírculo:

- Ancho típico: 3,0 + 0,5 mm
- Profundidad típica: 1,5 + 0,5 mm
- Distancia típica ranura/agujeros de los tornillos: 2 a 3 mm

### UNIONES EN T

Las áreas más críticas a sellar son donde las tres superficies se encuentran, lo que se conoce como unión en T. Las juntas habituales que se encuentran en una unión en T son: juntas formadas in situ, SLS (acero monocapa), MLS (acero multicapa), o juntas de caucho moldeadas (juntas presionadas in situ, juntas de fibras, juntas que ocupan el espacio vacío, juntas moldeadas en un extremo, etc.). Se debe prestar atención especial a las uniones cuando se sellen con juntas duras formadas in situ. Para alcanzar un sellado fiable, es fundamental enfocarse en el diseño correcto y la tolerancia de esas uniones, además de en el proceso de montaje y en la dosificación del producto (ver la Sección 7.2 Dosificación).

La regla general es evitar holguras de más de 0,3 mm en las peores condiciones.

Hay varios escenarios posibles.

A) Cuando se sellen productos anaeróbicos a elastómeros RTV, siempre se debe montar primero la brida con el anaeróbico para evitar problemas de curado y de adhesión. El exceso de producto que sobresalga de la unión en T se debe limpiar antes de aplicar el elastómero en la segunda superficie de sellado.

B) Cuando se sellen elastómeros RTV entre sí, se debe crear en el interior un chaflán continuo después del montaje (ver la Figura 16).



C) Cuando se selle un elastómero a juntas moldeadas de caucho duro, corcho o metal hay dos posibilidades:

Cuando la unión que primero se va a montar es el sellador elastomérico y la segunda unión es el caucho moldeado, aplicar suficiente cantidad de elastómero para que el producto pueda ser expulsado hacia la unión en T. El exceso de producto se puede limpiar, o las piezas a montar se pueden ensamblar dentro del tiempo abierto del producto.

Para la segunda unión a montar, la junta moldeada de caucho debe incorporar un protector plano en la zona de la unión en T. Una pequeña cantidad de sellador elastomérico RTV se debe dosificar en la unión en T sobre la posición de la primera brida y la línea central de la unión en T (línea divisoria).

Cuando la primera unión ensamblada es la junta de caucho moldeado y la segunda es el sellador elastomérico RTV, se debe aplicar a la segunda unión ensamblada suficiente sellador para que sea expulsado hacia la unión en T. La posición recomendada para la junta moldeada de caucho es normalmente embutida en la superficie de la unión en T. La junta moldeada de caucho no debe sobresalir más de 0,5 mm al final de la brida, y el encastre de la junta no debe ser mayor de 0,5 mm.

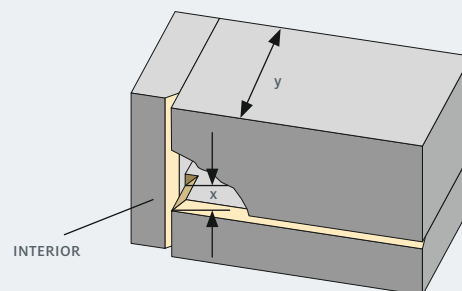
## FIGURA 16

### Geometría de las bridas para selladores elastoméricos RTV en uniones en T.

La dimensión  $x$  siempre tiene que ser más pequeña que el ancho total de la brida  $y$ .

Dimensión más habitual:  $x = 3 \text{ mm}$  ( $y - x > 3$ ).

El ancho de brida mínimo y recomendado es 10 mm.



## 6. RECOMENDACIONES DE DISEÑO PARA ELASTÓMEROS VULCANIZADOS A TEMPERATURA AMBIENTE

D) Cuando se sella una unión de acero monocapa (SLS) o de acero multicapa (MLS) a un elastómero RTV, la primera unión ensamblada es la unión de acero monocapa o de acero multicapa y la segunda es el elastómero. Aplicar suficiente sellador elastomérico a la segunda unión ensamblada para que el exceso de producto sea expulsado hacia la unión en T. La junta SLS o MLS debe tener un espesor mayor de 0,5 mm y estar embutida (no se permite que sobresalga) un máximo de 1 mm. El tamaño del cordón de elastómero para la unión en T dependerá del diseño de la brida de la segunda unión ensamblada, con el exceso de elastómero en la unión en T. No se recomienda diseñar una unión en T donde la primera unión montada sea el elastómero RTV y la segunda con la junta SLS o MLS.

Al sellar la junta SLS o MLS, el sellador elastomérico debe tener un buen contacto con el área a sellar de la junta dura. Es esencial la adhesión a la junta SLS o MLS. La junta dura ha de tener suficiente presión superficial incluso al final de la unión para evitar fugas y movimientos relativos de la junta dura con las superficies de las bridas (diferente dilatación térmica). Una forma de hacer frente a los movimientos relativos es integrar un semichaflán similar al de la Figura 6 (sin chaflán interno). Ver también las Figuras 17 y 18.

FIGURA 17

Geometría de las bridas recomendada para selladores elastoméricos RTV en uniones en T con junta dura (en azul).

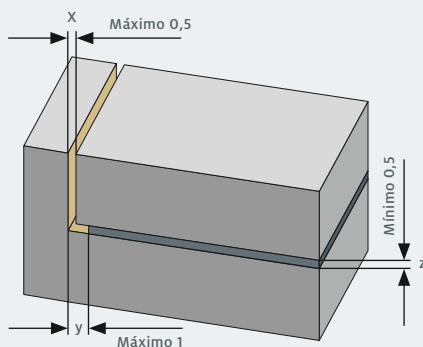
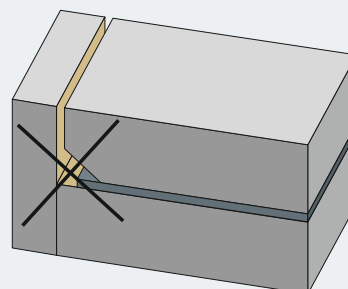


FIGURA 18

No se recomienda un chaflán adicional en la unión en T. Hay riesgo de pérdida de presión en la junta dura y pobre capacidad de sellado instantáneo.



E) Cuando se sella una junta de acero de capa única (SLS) o de acero multicapa (MLS) a una junta de caucho moldeado, la primera unión ensamblada es la unión de acero de capa única o de acero multicapa y la segunda es la de caucho moldeado. La SLS o MLS debe tener un espesor mayor de 0,5 mm y estar embutida (no se permite que sobresalga) un máximo de 1 mm. Para la segunda unión ensamblada, se debe incorporar un protector plano en la junta de caucho moldeada en la unión en T, para permitir una anchura máxima para ayudar en el sellado de la unión. Una pequeña cantidad de sellador elastomérico RTV típicamente de 8 mm de diámetro en la base, se debe dosificar en la unión en T sobre la posición de la primera brida en la línea central de la unión en T. Una vez más, no se recomienda un diseño de unión en T donde la primera unión ensamblada es la junta de caucho moldeado y la segunda es la junta SLS o MLS.

El mecanizado y las tolerancias de posición pueden causar que la holgura  $x$  sea mayor de 0,5 mm. La dimensión  $y$  debe ser de 0,8 mm o más. El espesor de la junta  $z$  puede exceder incluso de 0,8 mm.

En esos casos es necesario entender en detalle el proceso de montaje y conocer las condiciones de los ensayos a realizar, frío, calor, presión máxima, duración. Además, será necesario aplicar más sellador en la unión en T (ver la Sección 7.2 figura 20).

Es necesario realizar ensayos de verificación en las condiciones más desfavorables.

## 7. DOSIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y MONTAJE

En la producción industrial, es necesario considerar los siguientes puntos:

### 7.1. LIMPIEZA

Es importante limpiar todas las piezas fabricadas después del mecanizado. Para alcanzar una calidad reproducible del proceso de limpieza, es necesario seguir las instrucciones del fabricante del detergente.

En general, los selladores elastómeros RTV son menos sensibles a la contaminación superficial que los anaeróbicos.

#### ANAERÓBICOS:

Para los anaeróbicos, ambas caras deben estar limpias y secas antes de la aplicación y el montaje. La contaminación de la brida podría inhibir el curado del producto o reducir la adhesión al sustrato.

#### SELLADORES ELASTOMÉRICOS RTV:

Los selladores elastoméricos RTV también necesitan que las bridas estén limpias y secas para alcanzar un sellado duradero de alta calidad. Superficies húmedas o aceitadas podrían reducir significativamente la adhesión y el cordón dosificado podría desplazarse de la posición correcta, lo que podría afectar al rendimiento de sellado.

#### GENERAL:

Se recomienda realizar ensayos básicos de adhesión con la solución de lavado utilizada en la producción. Las condiciones del ensayo deben considerar las condiciones más desfavorables posibles.



## 7.2. DOSIFICACIÓN

### DOSIFICACIÓN ROBOTIZADA

La manera más flexible y fiable de aplicar cualquier tipo de sellador es de forma robotizada o utilizando una mesa XY. Por esta razón, Henkel recomienda esta tecnología especialmente para producciones de alto volumen.

Henkel ha desarrollado sus sistemas propios de dosificación que son capaces de aplicar anaeróbicos de alta viscosidad y selladores elastoméricos RTV, a alta velocidad y con una calidad excelente.

Los sistemas de calidad como los monitores de flujo o los sistemas de inspección visual se recomiendan para lograr una calidad constante.

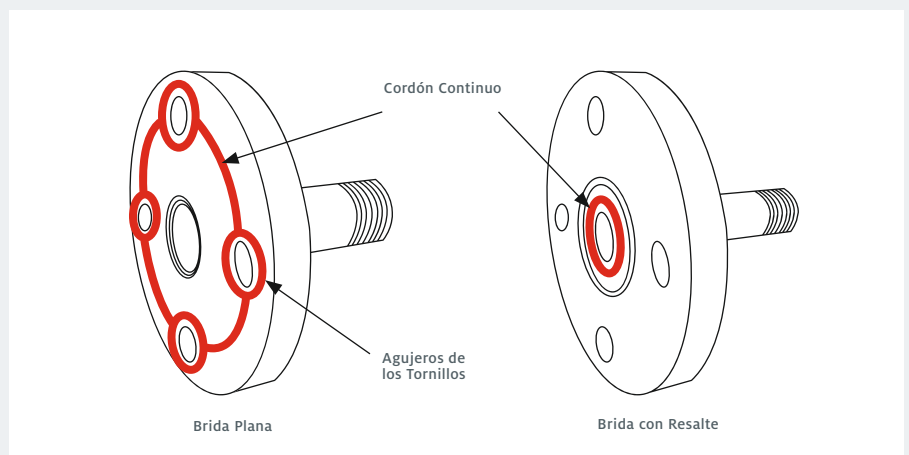
## 7. DOSIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y MONTAJE

### EJEMPLO PARA ANAERÓBICO

- Diámetro del cordón  $1,5 \pm 0,5$  mm
- Posicionar el cordón en la línea central de la superficie coincidente con una precisión mínima de  $\pm 1$  mm.
- Aplicar un cordón continuo de material dentro o alrededor los agujeros de los centradores y de los tornillos.
- Inspeccionar el cordón para comprobar si su espesor es uniforme, si hay burbujas de aire o zonas sin producto.
- La distancia entre la boquilla y la brida debe ser de  $1,3 \pm 0,2$  mm superior al diámetro del cordón.
- Velocidad de dosificación 80 a 130 mm/s

FIGURA 19

Cordón de producto anaeróbico en la brida de una caja de engranajes.





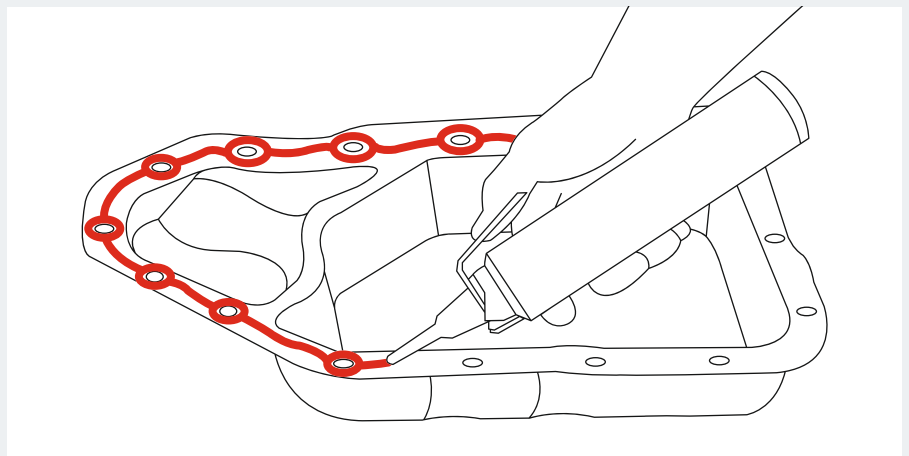
## EJEMPLO PARA SELLADOR ELASTOMÉRICO DE VULCANIZADO A TEMPERATURA AMBIENTE

- Diámetro del cordón  $2,5 \pm 0,5$  mm.
- Posicionar el cordón en un área plana de la brida, el centro del cordón debe estar a  $1 \pm 1$  mm del chaflán.
- Aplicar un cordón continuo de material dentro o de los agujeros de los centradores y de los tornillos.
- Inspeccionar el cordón para comprobar que el espesor sea uniforme, no tenga burbujas de aire y sea continuo
- La distancia entre la boquilla y la brida debe ser de  $1,3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$  superior al diámetro del cordón (ver también la Figura 12 en la Sección 6.1).
- Velocidad de dosificación 80 a 130 mm/s.

**Nota:** las uniones en T pueden necesitar una cantidad mayor de elastómero RTV. Para llenar ese área se puede aplicar un cordón de un diámetro mayor. Para evaluar la cantidad correcta de producto es necesario realizar pruebas de dosificado. Cuando se sella una unión en T el cordón habitualmente tiene 8 mm de base.

FIGURA 20

Posible cordón de elastómero de curado a temperatura ambiente en una unión en T.



## 7. DOSIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y MONTAJE

### SERIGRAFIADO

Este proceso se puede utilizar para aplicar anaeróbicos. El serigrafiado es un método adecuado especialmente para producciones de mediana escala y donde no se necesita flexibilidad.

- Para el proceso de serigrafiado es necesario que la superficie sea plana (p. ej. sin centradores).
- La serigrafía se desgasta, y por lo tanto hay que reemplazarla de vez en cuando.
- Los elastómeros RTV no se pueden serigrafiar.

### 7.3. MONTAJE

Es esencial comprender el procedimiento en la línea de montaje donde se van a utilizar juntas formadas in situ. Las condiciones de montaje, las etapas y los ciclos de tiempo afectan enormemente a la elección del sellador, y posteriormente a la calidad de todo el proceso.

Es importante evitar la contaminación de las bridas antes del montaje de las piezas. Cuando hay que mover las piezas, el producto dosificado tiene que mantenerse en su lugar. No se debe tocar el producto antes del montaje.

Los sistemas de inspección de calidad pueden ayudar a controlar la dosificación y a detectar si los cordones de sellador están mal posicionados o son discontinuos.

Tras la aplicación del producto y el montaje de ambas partes de la brida sobre él, debe evitarse cualquier movimiento relativo de la superficie de la unión.

### **ANAERÓBICOS:**

La química básica de curado de los selladores anaeróbicos permite un tiempo abierto ilimitado. Sin embargo, los selladores de curado rápido pueden comenzar a precurar antes incluso de realizar el montaje. A esto se le denomina efecto de acuñamiento, y tendrá influencia en el rendimiento de sellado y provocará una holgura no deseada entre las superficies unidas.

Se recomienda encarecidamente aplicar el par de apriete completo a los tornillos después de unir las caras de las bridas, para evitar el efecto de acuñamiento, y posteriormente fugas. Para las piezas premontadas puede ser necesario el uso de tornillos esclavos.

### **ELASTÓMEROS RTV:**

Una vez que el producto ha sido dosificado, es necesario montar las bridas dentro del tiempo de formación de piel del producto (aproximadamente de 5 a 15 minutos para la mayoría de los productos, consultar la FDT). No es necesario aplicar inmediatamente el par de apriete completo. Dependiendo del tamaño y de la rigidez de las bridas, se permite apretar primero unos cuantos tornillos, aplicando el par de apriete completo en unos 20 - 30 minutos.

### **IMPORTANTE:**

Es necesario tener en cuenta las paradas de la línea de producción. Una buena planificación de la línea de producción puede evitar que se produzcan fallos.

## 8. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

### 8.1. DESMONTAJE

Con el diseño correcto, el producto y el proceso, la unión mantendrá la capacidad de sellado durante toda la vida útil del vehículo. Por lo tanto, el desmontaje solo será necesario para reparaciones mecánicas.

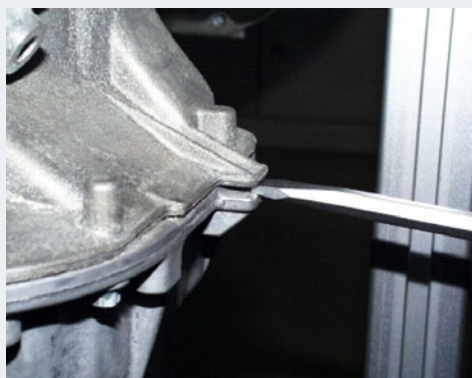
#### **DISEÑO PARA EL DESMONTAJE - SELLADORES ANAERÓBICOS / ELASTÓMEROS RTV:**

Un método altamente eficaz y barato para poder desmontar, es implementar algún elemento especial en el diseño durante la fase de desarrollo de las piezas.

Las imágenes siguientes muestran dos formas de hacerlo: dependiendo del tamaño de la pieza y de la accesibilidad, se necesitan dos o más rebajes en cada unión.

### FIGURA 21

**Elementos posibles de diseño para que las piezas de fundición se puedan desmontar fácilmente. En algunos casos, por los requisitos de accesibilidad o de espacio puede ser necesario utilizar tornillos elevadores. Los agujeros para atornillar las piezas se pueden utilizar como tornillos elevadores.**



### HERRAMIENTA DE DESMONTAJE – ELASTÓMEROS RTV

Otro procedimiento común de desmontaje, especialmente para piezas estampadas, es el método espátula + martillo (ver la figura 22). Esto es válido tanto para fabricación de primeros equipos como para talleres. Las espátulas deben ser modificadas parcialmente, dependiendo del acceso y de las condiciones de manejo. Se debe afilar el borde frontal y lateral para que la inserción y el corte se hagan de forma más sencilla.

Las ventajas principales de este método son:

- Buena disponibilidad, cada caja de herramientas está equipada con estos útiles.
- No se daña la superficie.
- Sistema mecánico, utilizado también para el desmontaje de juntas duras.
- Bajo coste.
- Para cárteres de aceite de aluminio de fundición y estampados.
- Compatible con los motores más comunes.

### FIGURA 22

**Ejemplo de espátula con un martillo de plástico.**



## 8. MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN

### 8.2. LIMPIEZA

Para las juntas formadas in situ, es esencial tener un proceso de limpieza apropiado para conseguir un sellado de alta calidad.

Después del desmontaje de las piezas, ambas superficies de las bridas se deben limpiar e inspeccionar.

#### ANAERÓBICOS

Los residuos de las juntas viejas se deben eliminar completamente para evitar el efecto de acuñamiento, que podría provocar holguras.

Hay que eliminar todo tipo de suciedad o fluidos de las superficies a sellar, para garantizar un buen curado y adhesión del producto al sustrato.

Se debe evitar la contaminación de las bridas antes del montaje. Por lo tanto, puede ser necesario limpiar las piezas o las áreas cercanas a la unión sellada.

#### SELLADORES ELASTOMÉRICOS RTV

Las juntas viejas se deben eliminar. Dependiendo de la aplicación, es aceptable que queden pequeñas cantidades de residuos, generalmente, porque el nuevo elastómero RTV se adhiere bien sobre elastómero antiguo. Si hay problemas con el efecto de acuñamiento, hay que limpiar la brida completamente para evitar cualquier holgura o mal posicionamiento.

Se debe eliminar de las superficies a sellar cualquier resto de suciedad y fluidos. El producto se debe aplicar sobre la brida seca.

Se debe evitar la contaminación de las bridas antes del montaje. Por lo tanto, podría ser necesario limpiar las piezas o las áreas en la cercanía de la unión embridada.

#### LIMPIADORES Y HERRAMIENTAS

- LOCTITE SF 7200 Limpiador de piezas – Quita juntas
- LOCTITE SF 790 Quita juntas
- Espátula, rascador de plástico
- Estropajos

No utilizar limpiadores derivados del petróleo ni alcoholes minerales ya que dejan un residuo que impide la adhesión o el curado.



### 8.3. APLICACIÓN Y MONTAJE

Para operaciones de mantenimiento, el único método práctico para formación in situ de juntas es la dosificación manual.

Es importante indicar dónde hay que dosificar el producto y en qué cantidad. Esto se debe mostrar en el manual de mantenimiento.

Aplicar sellador solo a una de las superficies a sellar.

Inspeccionar la posición del cordón, cantidad y continuidad, y reparar las imperfecciones inmediatamente después de la dosificación.

#### **ANAERÓBICOS:**

Los productos anaeróbicos se deben aplicar en una línea recta en el medio de la brida (como se hace en las aplicaciones robotizadas). La cantidad debe seguir las recomendaciones de la Sección 7.2 Dosificación.

#### **SELLADORES ELASTOMÉRICOS RTV:**

Cuando se dosifican elastómeros RTV, es habitualmente más sencillo encontrar la posición adecuada del cordón cuando el producto se aplica en la pieza con el chaflán. Para la ubicación del cordón y la cantidad aplicada se deben seguir las recomendaciones de la Sección 7.2 Dosificación.

## 9. ALCANCE Y LIMITACIONES

Esta guía de diseño de uniones se basa en los más de 25 años de experiencia en aplicaciones de Henkel, reforzados por la gran cantidad de ensayos realizados desde 1991 en el Centro Global de Ingeniería de Munich. Con el conocimiento que hemos acumulado, Henkel es capaz de demostrar cómo se puede conseguir un sellado fiable.

El contenido se debe utilizar como apoyo en las fases de desarrollo o para identificar fallos. También se puede utilizar para optimizar las bridas existentes.

**Esta guía no puede sustituir las conversaciones entre el experto de Henkel y el cliente.** La experiencia nos demuestra que cada brida y aplicación es diferente y, por lo tanto, es necesario obtener un conocimiento en profundidad del producto, el diseño y los procesos para encontrar la mejor solución para cada caso. Pueden existir excepciones a las normas expuestas que deben ser verificadas.



## 10. ABREVIATURAS



**SLS:** Acero de capa única (Single-Layer Steel) – Una junta fabricada de una sola capa de acero. Habitualmente el acero incluirá un relieve estampado para el sellador y podría incorporar un recubrimiento superficial o tratamiento adicional.

**MLS:** Acero multicapa (Multi-Layer Steel) – Una junta fabricada de dos o más capas de acero. Habitualmente una o más capas incluirán relieves estampados para el sellador y podrían incorporar un recubrimiento superficial o tratamiento adicional.

**SGM:** Junta de Material Blando – Un material blando (fibras, papel, grafito...) troquelado es comprimido en la unión sellándola. La junta se puede tratar adicionalmente con relieves impresos, recubrimientos superficiales, drenajes de sellado, relieves prensados, o saturantes.

**Com:** Material compuesto – Una junta formada por la combinación de una o más capas de un material blando con una o más capas metálicas. Las capas pueden estar unidas de forma mecánica o química.

**FIPG:** Junta Formada In Situ – La definición se encuentra en la Sección 2.

**CIPG:** Junta Curada In Situ – La definición se encuentra en la Sección 2.

**IIP:** Junta Inyectada In Situ – La definición se encuentra en la Sección 2.

**MIP:** Junta Moldeada In Situ – La definición se encuentra en la Sección 2.

**RTV:** Vulcanizado a Temperatura Ambiente – Un mecanismo de curado, p. ej. para elastómeros RTV, ver también la Sección 4.

**Cu:** Cobre

**GEC:** (Global Engineering Center) Centro Global de Ingeniería.

**Unión en T:** El área donde se encuentran dos uniones – Ver también la Sección 6.2.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

- <sup>1</sup> Klöpfer M., Jäckle, M., Lechner G, Universität Stuttgart, Institut für Maschinenelemente: Deckeldichtungen. Abschlußbericht 152/III, FVA-Forschungsheft-Nr. 463, Frankfurt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V., 1995
- <sup>2</sup> Kreuzer R.: MAE.0001 – Comparison of Anaerobic (518) and Silicone (5699) as Gasketing Materials. MRD 94-04 June 17, 1994.
- <sup>3</sup> Prediger B., Kleiner F.: MAE.0021 – Blowout Behavior of Silicones. MRD 95-01 January 31, 1995.
- <sup>4</sup> Ritter K-H., Schmatz T.: Design Instruction RTV Silicone – Sealant. September 1996.
- <sup>5</sup> Ritter, K-H., Clauss, R.: The New Challenge for Sealant Supplier – A Partnership with the Automotive Industry. SAE 960212, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, PA, 1996.
- <sup>6</sup> Kreuzer R.: MNA.0436 – Jaguar Engine AJ30/31. MRD 96-01 April 9, 1996.
- <sup>7</sup> Kreuzer R., McClelland B., Garnich F.: MAE.0420 – Design Guidelines for Gasketing Applications. MRD 96-03 July 17, 1996.
- <sup>8</sup> Kleiner F.: MNA.0006 – Anaerobic Solution for a Bedplate Application. MRD 96-04 August 23, 1996.
- <sup>9</sup> Kreuzer R.: MTP.0497 – Gasketing Fatigue Test with 5900. MRD 96-07 December 13, 1996.
- <sup>10</sup> Ritter, K-H.: Design Guidelines and Concepts for Zero-Gap Bedplate Sealing. SAE 1999-01-0593, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, PA.
- <sup>11</sup> Kreuzer R.: MAE.0019 – Comparative Testing of Gasketing Materials. Reports MRD 97-03 May 16, 1997, MRD 98-04 July 6, 1998, MRD 99-04 May 18, 1999.
- <sup>12</sup> Kleiner F.: MAE.0623 – Surface Roughness Investigation. MRD 99-09 July 31, 1999.
- <sup>13</sup> Kreuzer R., Romanos G.: Zuverlässigkeit von Flächendichtungen auf Basis von Flüssigdichtmitteln unter dynamischer Beanspruchung. VDI Berichte Nr. 1579, 2000.
- <sup>14</sup> Kreuzer R.: MAE.0747 – Comparative Fatigue Testing. MRD 00-04 May 18, 2000.

- <sup>15</sup> Kreuzer R.: MDP.1020 – Ford RTV Key Life Test. MRD 00-05 June 5, 2000.
- <sup>16</sup> Kreuzer R.: MAE.0749 – FEA Model of a Sealed Joint. MRD 00-21 December 11, 2000.
- <sup>17</sup> Kreuzer R.: MAE.5017 – Comparative Fatigue Testing. MRD 01-01 January 16, 2001.
- <sup>18</sup> Kreuzer R.: MAE.5041 – Fatigue Tests at Gasket Test Rig 2. MRD 01-06 August 21, 2001.
- <sup>19</sup> Kreuzer R.: MDP.5045 – Ford-KLT 5970 Investigation. MRD 01-05 September 24, 2001.
- <sup>20</sup> Schmatz T.: Guideline to Seal the T-Joint. September 2001.
- <sup>21</sup> Schmatz T.: MDP.0722 – T-Joint Investigation for Ford. MRD 01-07 October 18, 2001.
- <sup>22</sup> Kreuzer R.: MAE.5040 – Adhesive Layer Thickness. MRD 02-03 February 4, 2002.
- <sup>23</sup> Kreuzer R.: MAE.0748 – Gearbox Fatigue Testing. MRD 02-05 July 1, 2002.
- <sup>24</sup> Kreuzer R.: MAE.5067 – Component Fatigue Testing – Gearbox. MRD 03-02 January 20, 2003.
- <sup>25</sup> Kirchberger P.: Ford Puma T-Joint. MRD 03-04 February 27, 2003.
- <sup>26</sup> Schmatz T.: MDP.0905 – Next Generation RTV. MRD 03-06 March 21, 2003.
- <sup>27</sup> Becher J.: MAE.5068 – Adhesive Joint Behavior. MRD 03-07 March 20, 2003
- <sup>28</sup> LOCTITE Worldwide Design Handbook. 2nd Edition 1998

**EDICIÓN:**

**Versión:** 1.4

**Dirección:** Rocky Hill, Connecticut

**Fecha:** Junio, 2018

**AUTORES:**

**Renate Kreuzer**

Henkel GEC, Engineering Scientist

**Thomas Schmatz**

Henkel GEC, Manager Transportation Engineering

# LOCTITE®

**Henkel Ibérica S. A.**  
C/ Bilbao n.º 72 - 84  
08005 Barcelona  
[www.henkel-adhesives.es](http://www.henkel-adhesives.es)

**Departamento técnico**  
Tel. 93 290 49 05  
Fax 93 290 41 81  
[tecnico.industria@henkel.com](mailto:tecnico.industria@henkel.com)

**Atención al cliente**  
Tel. 93 290 44 86  
Fax 93 290 42 69  
[cs.industria@henkel.com](mailto:cs.industria@henkel.com)

Los datos que figuran en el presente documento tienen carácter exclusivamente informativo. Por favor, contacta con el Departamento Técnico para realizar cualquier consulta sobre las recomendaciones y especificaciones técnicas de estos productos.

Except as otherwise noted, all marks used above in this printed material are trademarks and/or registered trademarks of Henkel and/or its affiliates in the US, Germany, and elsewhere. © Henkel AG & Co. KGaA, 2018