



# ***Compensadores de Dilatación Guía Técnica***

Compensadores de tejido para sistemas de conductos

# ***Compensadores de dilatación Guía Técnica***

Compensadores de tejido para sistemas de conductos

Este documento ha sido presentado por:



El copyright © de este documento corresponde a la European Sealing Association (ESA)

Todos los derechos reservados.

Los no miembros no pueden reproducir en forma alguna ninguna parte de esta publicación sin la autorización previa por escrito de la ESA.

**European Sealing Association**  
Tegfryn  
Tregarth  
Gwynedd LL57 4PL  
United Kingdom  
☎: +44 1248 600 250  
Fax: +44 1248 600 250  
[www.europeansealing.com](http://www.europeansealing.com)

Este documento lo publica la **European Sealing Association (ESA)**, bajo el patrocinio de la División de Compensadores, en nombre de los miembros de la Asociación.

La **European Sealing Association** es una organización paneuropea, constituida en 1992 y que representa a más del 85% del mercado de estanqueidad de fluidos en Europa. Las empresas miembros se dedican a la fabricación, suministro y utilización de materiales de estanqueidad, componentes cruciales en la contención segura de fluidos durante su procesamiento y utilización.

Los principales fabricantes se han unido para formar la División de Compensadores de la ESA, para servir mejor a la industria y para extender la tecnología en lo que se refiere a la adecuada aplicación de estos productos. Para ser miembro de esta división se requiere:

- una buena trayectoria en el sector (incluyendo el haber operado durante al menos 3 años bajo la misma identidad social)
- un funcionamiento acorde con criterios éticos y prácticas comerciales correctas
- acreditación ISO 9000 o un esquema de calidad equivalente aceptado
- una mayoría de al menos un 75% del voto de apoyo del resto de los Miembros de la División

Todos los miembros de la División de Compensadores de la ESA se comprometen a trabajar de acuerdo con los principios y requerimientos que se indican en esta *Guía Técnica*. Para consultar una lista de Miembros actualizada, por favor diríjase a la página de la División de Compensadores del web site de la ESA en la dirección [www.europeansealing.com](http://www.europeansealing.com) (la página de la División se encuentra dentro de “**Organización**”, bajo el epígrafe “**Divisiones**”).

---

### **Agradecimientos**

La ESA desea reconocer la colaboración de sus empresas miembros y de terceros en la preparación de este documento. Sin su apoyo, no hubiese sido posible redactarlo. Entre las personas que han contribuido de forma especialmente significativa a la elaboración de esta publicación se incluyen:

Phil Cope	Isolated Systems Ltd.
Derek Davidson	James Walker & Co. Ltd.
Brian S Ellis	European Sealing Association
Bill Evans	Townson Ltd
Hans V Hansen	KE-Burgmann A/S
Mogens Lindholm Hansen	LBH International A/S
Volker Heid	Kempchen & Co. GmbH
Mike Ingle	KE-Burgmann A/S
Harald Popcke	Garlock GmbH, Sealing Technologies
Stefan Puchtler	Frenzelit Werke GmbH & Co. KG
Adrian Wakefield	James Walker & Co. Ltd.

La ESA debe a Ben Foulkes (James Walker & Co. Ltd) los gráficos utilizados a lo largo de este documento. La ESA desea agradecer también la colaboración de la **Asociación de Estanqueidad de Fluidos (FSA)** y la **Asociación de Garantía de Calidad RAL** en el desarrollo de esta publicación. En concreto, determinadas secciones de este documento están adaptadas de publicaciones anteriores o existentes de la FSA y la RAL, y así se reconoce cuando procede. La mayoría de los retos relacionados con la tecnología de la estanqueidad son universales por naturaleza, y así se refleja en la estrecha colaboración con estas organizaciones.

---

La **Asociación de Estanqueidad de Fluidos (FSA)** es una asociación industrial internacional constituida en 1933. Sus miembros se dedican a la producción y venta de prácticamente cualquier tipo de dispositivo de estanqueidad de fluidos disponible en la actualidad. Entre los miembros de la FSA se incluyen diversas empresas de Europa, Sudamérica y Centroamérica, aunque la mayoría se concentran en Norteamérica. Los miembros de la FSA representan casi el 90% de la capacidad productiva de dispositivos de estanqueidad de fluidos en el mercado NASFTA.

La **Asociación de Garantía de Calidad RAL** fue fundada en Alemania en 1990 como “RAL Gütegemeinschaft”, lo que quiere decir que la marca de calidad es reconocida oficialmente tanto por entidades administrativas como no administrativas relacionadas con los compensadores no metálicos. Los objetivos son crear y actualizar un estándar de alta calidad garantizado para todos los productos que produce una Empresa Miembro. Esta marca de calidad se basa en un sistema de control por un tercero, apoyado por un sistema de gestión de calidad específico certificado de acuerdo con ISO 9000, para garantizar los principios de calidad de la marca de calidad en cada fase de fabricación. Entre las principales actividades se incluyen:

- mantenimiento y, si es posible, mejora del estándar de calidad reconocido por la Marca de Calidad RAL de acuerdo con prácticas técnicas adecuadas y modernas
- creación y revisión de información técnica con el fin de proporcionar respuestas adecuadas a los problemas cruciales que plantean los usuarios de compensadores no metálicos.

El objeto de esta publicación es ofrecer información simplemente orientativa. La European Sealing Association ha dedicado un gran esfuerzo a garantizar que las recomendaciones están bien fundadas desde el punto de vista técnico, pero no garantiza ni expresa ni implícitamente, la exactitud ni el carácter total de la información. La Asociación tampoco asume ninguna responsabilidad derivada de haber confiado en cualquier dato contenido en este documento. Los lectores deben asegurarse de que los productos y procedimientos son los adecuados para su aplicación específica consultando al fabricante. Este documento tampoco trata de abordar requisitos de conformidad con normativas específicas aplicables a una instalación industrial en concreto. Los lectores deben consultar a las autoridades locales, regionales, estatales, nacionales o federales correspondientes para cuestiones concretas de conformidad.

# Contenido

	Página
<b>1. Introducción</b>	6
Definición global	
Compensadores de tejido	
Objeto central de este documento	
Antecedentes de legislación medioambiental	
<b>2. Definición de los productos y tecnología</b>	10
Aplicaciones industriales	
Tecnología de compensadores	
<b>3. Construcción y configuración de compensadores</b>	12
Construcción	
Principales configuraciones	
<b>4. Componentes de compensadores</b>	15
Principales componentes	
Otros componentes clave	
<b>5. Criterios de diseño y de selección</b>	24
Condiciones ambientales	
Guía de apriete de tornillos para compensadores embridados	
Carga de polvo y velocidad	
Análisis de elementos finitos	
Fuga	
Contenido de humedad, condensación y lavado	
Movimiento	
Ruido	
Presión	
Temperatura	
Tolerancias	
<b>6. Materiales</b>	32
Ensayo de materiales	
<b>7. Seguridad e higiene</b>	35
<b>8. Transporte, almacenamiento, manipulación para instalación y a posteriori.</b>	36
<b>9. Garantía de calidad</b>	38
Identificación y control de materiales	
Control de gráficos y documentos	
Control de procesos de fabricación	
Ensayo, inspección y documentación	
Inspección final y preparación para entrega	
<b>10. Garantías y responsabilidades</b>	40
<b>11. Estanqueidad a los gases de combustión y estanqueidad nekal</b>	41
Compensadores de tejido estancos a gases de combustión	
Compensadores de tejido estancos nekal	
<b>12. Glosario de términos</b>	43
<b>13. Factores de conversión</b>	52
Unidades SI	
Múltiplos de unidades SI	
Unidades de uso común en la terminología de compensadores	
Factores de conversión (unidades SI)	
<b>14. Referencias</b>	57

# **1. Introducción**

Este documento ha sido elaborado para ser utilizado por diseñadores, contratistas de ingeniería y fabricantes de equipos originales. Se centra en las soluciones para los retos típicos a los que tienen que enfrentarse los técnicos responsables de conexiones de equipos y conductos que utilizan compensadores de dilatación. Este documento pretende proporcionar al lector:

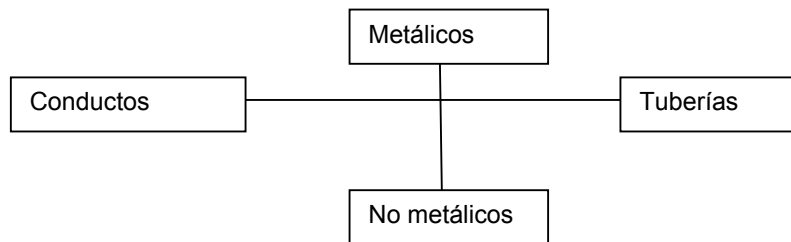
- **una mejor comprensión de los compensadores de dilatación de tejido**
- **un medio para evaluar las distintas opciones disponibles**
- **una serie de pautas para la utilización segura de componentes de compensadores de dilatación**

... con el fin de garantizar la máxima seguridad y rendimiento de la junta en condiciones de servicio.

Esta guía describe en detalle las aplicaciones y capacidades de los compensadores de tejido, proporciona información sobre los compensadores estándar y perfila los conceptos técnicos básicos relacionados con ellos. Este documento proporciona información sobre los materiales utilizados, además de otras secciones destinadas a ayudar en el diseño y especificaciones de los compensadores de tejido. Lo que es más importante, la guía proporciona la base para maximizar la comunicación entre el usuario y el fabricante, con el fin de que ambos puedan trabajar juntos de forma productiva para resolver los retos a través de la selección y utilización de la tecnología más adecuada para la aplicación.

## **1.1 Definición global**

La descripción genérica “Compensador de dilatación” cubre una amplia variedad de productos utilizados para absorber el movimiento en conductos y tuberías. Existen muchas aplicaciones para estos productos, y se produce un cierto solapamiento entre los diversos tipos de compensadores que pueden utilizarse para un propósito específico. No obstante, existen agrupamientos generales que ayudan a definir los tipos de compensadores, y sus aplicaciones. Tanto los compensadores metálicos como no metálicos se pueden utilizar para conductos o tuberías:



### 1.1.1 Compensadores metálicos o Fuelles

Una delgada plancha metálica a la que se ha dado forma de múltiples ondulaciones, que se sueldan a los extremos o bridas de la tubería para su unión. La mayoría de los compensadores metálicos son circulares, sin embargo algunas veces se especifican juntas rectangulares de inglete o con esquinas circulares para aplicaciones de conductos.

La fuerza y la robustez del metal son una ventaja en algunas aplicaciones, sin embargo esto se ve contrarrestado por su relativa rigidez, y los problemas de fatiga del metal. No obstante, el rendimiento de los metales se puede definir de forma más precisa que el tejido o la goma, y unos códigos de diseño exhaustivos permiten la fabricación de compensadores metálicos para unas condiciones operativas y un ciclo de vida definidos. El estándar EJMA es aceptado por la mayoría de los técnicos de diseño y usuarios para lograr un funcionamiento seguro de los compensadores metálicos.

### 1.1.2 Compensadores de goma para tuberías

Para aplicaciones de tuberías donde la presión operativa es baja y la temperatura inferior a 200° C, se utilizan normalmente compensadores de goma. Fabricados con diversos elastómeros, con refuerzos metálicos o textiles, están totalmente vulcanizados, y proporcionan una buena capacidad de movimiento con un ciclo de vida casi ilimitado. Como con cualquier producto elastomérico su vida está limitada por el envejecimiento, que depende enormemente de las condiciones operativas y del entorno.

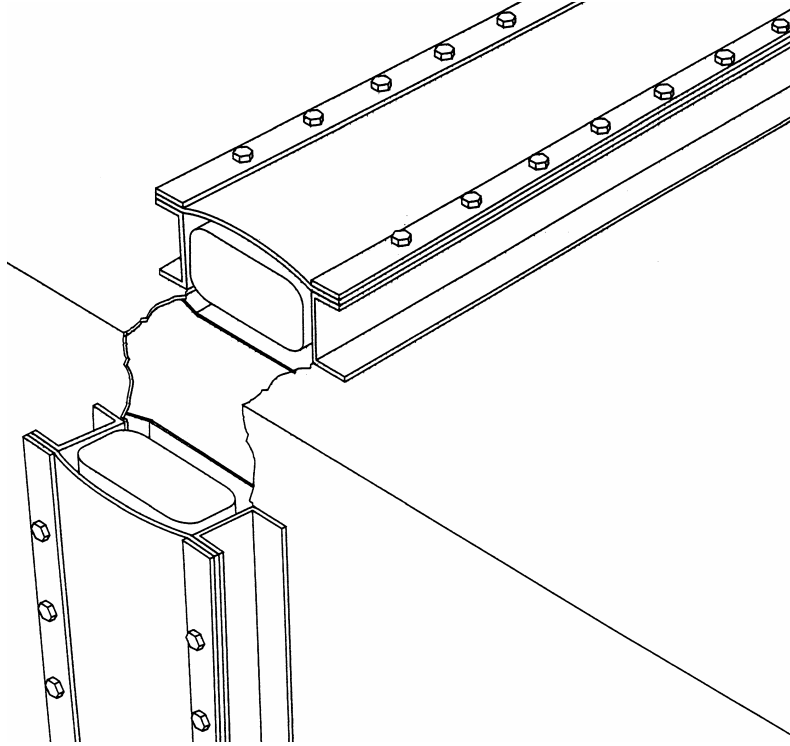
Los compensadores de goma están especialmente indicados para el servicio con productos químicos agresivos, y para la resistencia a la abrasión. Los estándares básicos para los compensadores de goma están definidos en el manual de compensadores de goma de la Asociación de Estanqueidad de Fluidos (FSA), sin embargo la propia naturaleza de la goma impide definir bien su rendimiento.

### 1.1.3 Productos asociados

Prácticamente con cualquier material flexible puede fabricarse un compensador, y existen multitud de aplicaciones específicas que quedan fuera del ámbito de esta guía. Como ejemplo típico pueden citarse la gama en plásticos fluorados de fuelles mecanizados o moldeados para resistir productos químicos.

## **1.2 Compensadores de tejido**

Esta guía describe el diseño y aplicación de compensadores de tejido, fabricados con una sola capa o múltiples capas de tejido y elastómeros, que se utilizan en conductos, o como cierres para la contención de gases.



### 1.2.1 La utilización de fibras en aplicaciones de estanqueidad de conductos

Los primeros compensadores de tejido utilizaron el amianto de forma generalizada como material resistente al calor o como capa aislante, y los productos desarrollados para sustituir al amianto tienen inevitablemente un alto contenido de fibras. Los tejidos, fieltros y las mantas aislantes se fabrican con vidrio, aramida, lana mineral, fibras de silicato y cerámicas, y como tales tienen que ser examinadas y clasificadas para eliminar los riesgos para la salud. La Directiva Europea 97/69 establece la clasificación de materiales fibrosos, y pone límites a su utilización. La declaración de posición de la ESA relativa a esta directiva es clara, y los fabricantes de compensadores como Miembros de la ESA se comprometen a cumplir la normativa impuesta. Las fibras se clasifican por longitud y diámetro, aquellas que son potencialmente peligrosas se utilizan sólo cuando es absolutamente esencial y los productos que las contienen aparecen claramente marcados en lo que respecta al contenido y requisitos de manipulación. La Sección 7 – **Seguridad e higiene**, ofrece una información más detallada sobre la clasificación y utilización de materiales que contienen fibras.

### 1.2.2 Tipos de compensadores de tejido

El término “Compensador de tejido” es un poco confuso ya que cubre una amplia gama de productos y materiales que no se limita a los “tejidos”. No obstante, resulta útil como título genérico para los compensadores no metálicos que se utilizan en conductos a baja presión. Los compensadores de tejido se utilizan principalmente para contener fluidos gaseosos.

Por la naturaleza de los materiales es posible diseñar formas y tamaños específicos, generalmente sin las limitaciones impuestas por el utillaje o los moldes, y casi todos los compensadores de tejido pueden fabricarse como:

**Circulares o rectangulares**

**Tipo banda o embridados**

Los **Compensadores tipo banda** proporcionan el cierre más eficaz tanto desde el punto de vista de la fabricación como de la unión. En estas juntas, los materiales están sometidos a un esfuerzo mínimo hasta su traslado bajo condiciones operativas, y la corriente de aire sobre la cubierta exterior del cierre es en gran parte ininterrumpida. Los marcos para los compensadores tipo banda pueden ser ligeramente más complejos que para los compensadores embridados, pero esto se ve compensado por la facilidad de reparación o sustitución del elemento flexible. En general, los compensadores tipo banda ofrecen una vida más larga que los embridados.

Los **Compensadores embridados** ofrecen al técnico que diseña el conducto el método más simple de unión, sin embargo la naturaleza de su construcción restringe su uso a altas temperaturas. Para los compensadores de múltiples capas en los que hay más de 3 o 4 capas de material, la fabricación de la brida limita el movimiento disponible, y necesita bridas más profundas y una mayor luz de la conexión.

Los materiales más comunes utilizados en la construcción de compensadores (para más información, por favor consulten la **Sección 6. Materiales**) son:

<b>Elastoméricos:</b>	Neopreno EPDM Silicona Elastómero fluorado	<b>Refuerzo:</b>	Nylon Tejido de vidrio Aramida Malla metálica
-----------------------	---	------------------	--

Para **juntas de múltiples capas:**

Capa de soporte:	Malla metálica Tejido con refuerzo metálico
Capa aislante:	Tejido de vidrio Feltro de vidrio Lana mineral Tejido de silicato Feltro de silicato Feltro cerámico
Barrera química:	Plásticos fluorados (por ejemplo,PTFE) Elastómero fluorado Lámina metálica
Cubierta exterior:	Reforzada -Elastómero - Plástico fluorado

### **1.3 Objeto central de este documento**

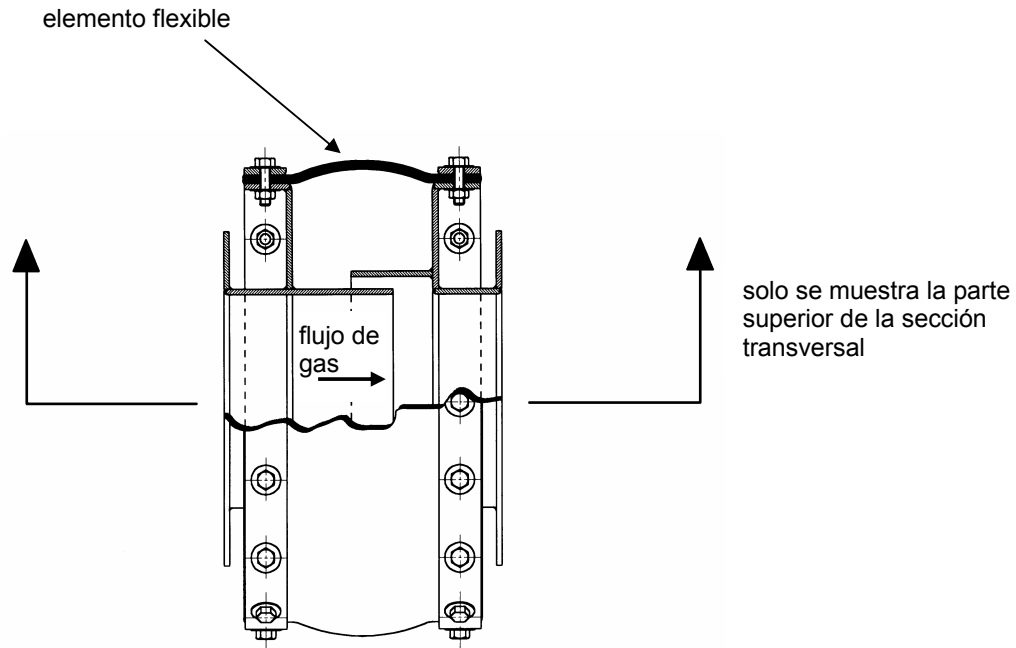
Desde los simples compensadores de amianto de los años 60 a los sofisticados compensadores de múltiples capas para turbinas de gas de la actualidad, han existido gran variedad de materiales y métodos de utilización. Los diseños se han desarrollado de forma diferente en EEUU y Europa. En las plantas de generación de energía de EEUU eran habituales las pesadas cubiertas exteriores de elastómeros, mientras que en Europa se utilizaban en general cubiertas exteriores de silicona reforzadas con tejido. A principios de los años 80, era muy frecuente tener que sustituir los compensadores cada vez que se producía una parada completa, sin embargo los avances tecnológicos han llevado a desarrollar materiales con un rendimiento cada vez mejor, con la consecuente mejora significativa en la expectativa de vida de los compensadores de tejido.

A finales de los 80, el auge de la generación de energía por turbina de gas elevó los requisitos de temperatura para los compensadores de escape, y actualmente se utilizan de forma generalizada compuestos plásticos fluorados como materiales para cubiertas. El desarrollo de los plásticos fluorados continúa con las capas múltiples y las técnicas de fabricación biselada.

A efectos explicativos, en esta **Guía técnica**:

- los gráficos transversales mostrarán sólo la mitad superior del compensador y el conducto, con el conducto siempre por debajo del compensador.
- el flujo de gas que va por el conducto se mostrará siempre fluyendo de izquierda a derecha
- el elemento flexible se mostrará como una línea única, con independencia de que esté construida con una sola capa o con múltiples capas





#### **1.4 Antecedentes de legislación medioambiental**

Es un hecho aceptado que la industria debe reducir su impacto sobre el medio ambiente si pretendemos continuar el desarrollo mundial para generaciones futuras (la famosa opción del "desarrollo sostenible"). Un factor que contribuirá de forma muy importante será la reducción de las emisiones industriales, que se ha visto catalizada por una combinación de presión de la opinión pública, legislación medioambiental y necesidad interna de minimizar la pérdida de valiosas materias primas. Una gran proporción de las emisiones a la atmósfera corresponde a los subproductos de la combustión (especialmente los óxidos de carbono, nitrógeno y azufre), junto con pérdidas conocidas de hidrocarburos y vapor. En general, todas ellas son emisiones previstas en el proceso industrial, bajo el control del operador de planta, y no vamos a ocuparnos más de ellas en el presente documento.

Sin embargo, cierta proporción de emisiones industriales se producen a través de fugas no previstas o espúrias en los sistemas de proceso. Estas fugas en los equipos se denominan normalmente "**emisiones fugitivas**", y en este campo la industria de la estanqueidad está desempeñando un papel esencial a través del desarrollo y aplicación de tecnología de estanqueidad innovadora adecuada para necesidades de emisiones bajas o nulas. Para garantizar un rendimiento fiable a lo largo de la vida del cierre, son igualmente importantes una correcta selección, instalación y utilización de materiales de estanqueidad, y en ello se centra fundamentalmente esta publicación.

Tanto el mercado estadounidense<sup>1</sup> como el europeo<sup>2</sup> han recibido información puntual sobre el desarrollo de la legislación encaminada a controlar las emisiones fugitivas. Aunque los primeros pasos se dieron en EEUU, la Unión Europea está poniéndose rápidamente a su nivel, y el centro de atención se va aproximando. La legislación reciente tanto en EEUU como en Europa pretende la reducción de **contaminantes específicos de operaciones específicas**. No obstante, pese a una serie de intentos, no existe una legislación armonizada para toda Europa encaminada a controlar las emisiones fugitivas. En lugar de ello, los Estados Miembros están aplicando medidas de control dentro de sus propios sistemas legislativos nacionales. Inevitablemente, estos límites se endurecerán, y un buen rendimiento de sellado desempeñará un papel cada vez más importante a la hora de garantizar el funcionamiento eficiente de las plantas y el control de las emisiones.

Por definición, los compensadores de gran calidad desempeñarán un papel destacado a la hora de contribuir a minimizar las emisiones fugitivas.

<sup>1</sup> **Normativa USA sobre Emisiones Fugitivas** (Informe ESA N° 003/94), publicado por la European Sealing Association en 1994.

<sup>2</sup> **Legislación europea sobre emisiones** (Publicación de la ESA N° 012/00), publicada por la European Sealing Association en 2000.

## **2. Definición de los productos y tecnología**

Los compensadores de tejido son conectores flexibles diseñados para proporcionar un alivio del esfuerzo en los sistemas de conducción mediante la absorción del movimiento causado por los cambios térmicos. También actúan como aislantes de la vibración, amortiguadores y, en algunos casos, compensan un defecto de alineamiento de conductos o equipos contiguos. Los "compensadores" se conocen también como juntas de expansión de tejido.

Se fabrican con una gran variedad de materiales, entre los que se incluyen elastómeros sintéticos, tejidos, materiales aislantes y plásticos fluorados, dependiendo del diseño. Los diseños van de una sola capa a construcciones complejas de múltiples capas unidas a marcos metálicos para operar bajo condiciones extremas de temperatura o corrosión.

### **2.1. Aplicaciones industriales**

Desde su introducción, los compensadores se han utilizado para resolver una gama cada vez mayor de necesidades flexibles de estanqueidad. No obstante, se aplican principalmente en la generación de energía. A medida que se han desarrollado los materiales y la tecnología del diseño de compensadores se ha mejorado, éstos se han utilizado con éxito en una variedad mucho mayor de aplicaciones industriales, incluyendo los siguientes sectores:

- Cemento
- Químico
- Calefacción y ventilación
- Construcción naval y offshore
- Fundiciones metálicas
- Industria petroquímica
- Control de contaminación y lavado de gases
- Generación de energía
  - cogeneración
  - combustible fósil
  - turbina de gas
  - nuclear
- Pasta y papel
- Acero y aluminio
- Incineración de desechos

### **2.2. Tecnología de compensadores**

Los compensadores proporcionan flexibilidad en los sistemas de conducción y se utilizan para resolver 4 situaciones principales:

- la expansión y contracción del conducto debidas a los cambios de temperatura
- el aislamiento de componentes para minimizar los efectos de la vibración y el ruido
- el movimiento de componentes durante las operaciones de proceso
- la instalación o desmontaje de grandes componentes, y las tolerancias o ajustes de montaje

Entre las ventajas de los compensadores de tejido se incluyen:

**Grandes movimientos en poca longitud** – esto requiere menos compensadores, reduciendo así el número global de unidades y proporcionando ahorros adicionales

**Capacidad de absorber fácilmente movimientos simultáneos en más de un plano** – esto permite al técnico que diseña el conducto acomodar movimientos compuestos en menos (y más simples) compensadores.

**Se necesitan fuerzas muy bajas para mover el compensador** – el bajo nivel de elasticidad permite su utilización para aislar esfuerzos sobre equipos grandes y relativamente ligeros. Un ejemplo concreto es la turbina de gas de escape, en donde es esencial minimizar las fuerzas de la expansión del conducto en el marco de la turbina.

**Materiales de construcción resistentes a la corrosión** – los materiales de tecnología moderna permiten su utilización en condiciones químicas agresivas.

**Resistencia al ruido y a la vibración** – los compensadores proporcionan un alto grado de aislamiento frente al ruido y moderación de la vibración

**Facilidad de instalación y mantenimiento**

**Mínimo coste de sustitución** – el tejido del ensamblaje del compensador puede sustituirse de forma simple y económica

**Libertad de diseño** – los compensadores de tejido pueden hacerse a medida para ajustarse al conducto en que son aplicados, con bisel, en transición o con forma irregular, permitiendo así al técnico de diseño la máxima variedad de opciones.

**Cambios térmicos** – las propiedades auto-aislantes del tejido permiten una transición simple del calor al frío.

### **3. Construcción y configuración de los compensadores**

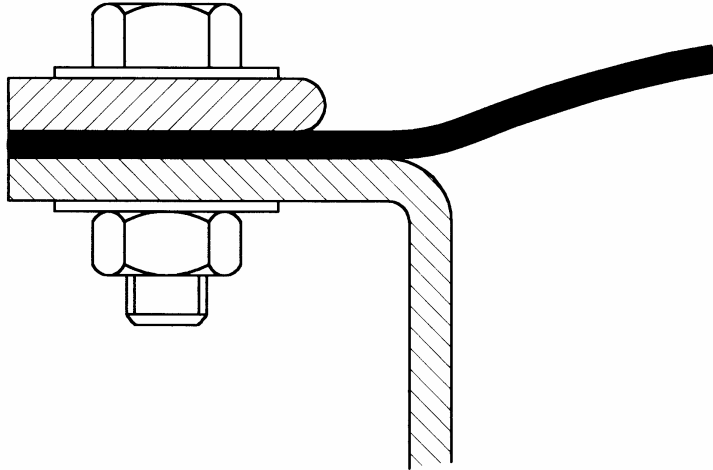
#### **3.1 Construcción**

Existen dos formas básicas de **construcción**, dependiendo del número de capas del compensador:

- Construcción de una sola capa
- Construcción de múltiples capas

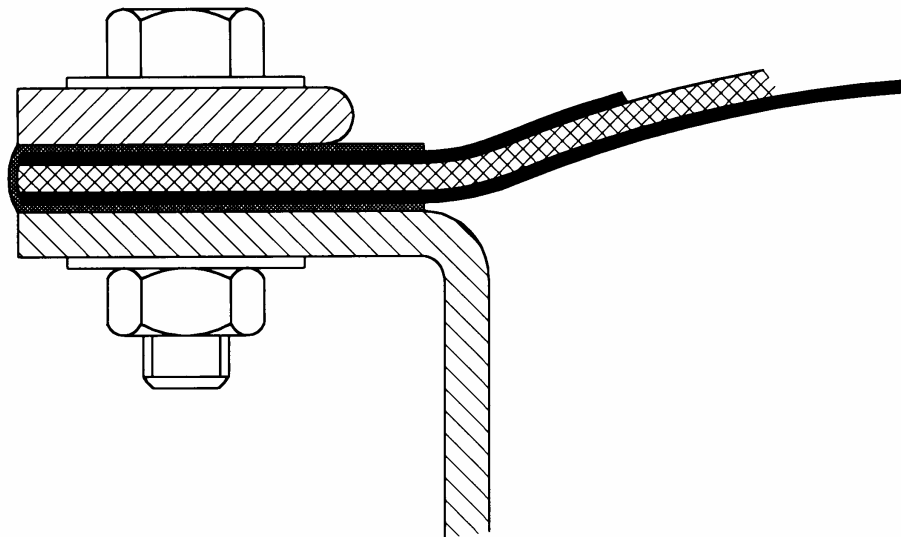
##### 3.1.1. Construcción de una sola capa

Un compensador formado por una capa consolidada, construido frecuentemente con elastómeros y materiales de refuerzo o plásticos fluorados y materiales de refuerzo:



##### 3.1.2. Construcción de múltiples capas

Un compensador en el que las diversas capas son de materiales diferentes y no están adheridos íntegramente:



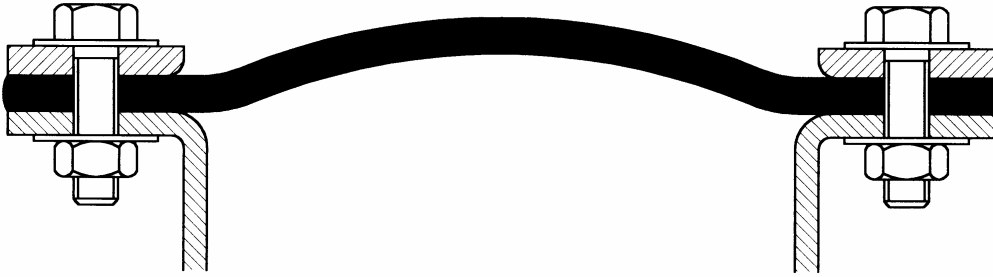
#### **3.2. Configuraciones de sujeción**

Existen tres tipos de configuraciones de sujeción, cada una de las cuales puede emplear cualquiera de las construcciones anteriores:

- Configuración de compensador tipo banda
- Configuración de compensador embridado
- Configuración de compensador de tipo combinado

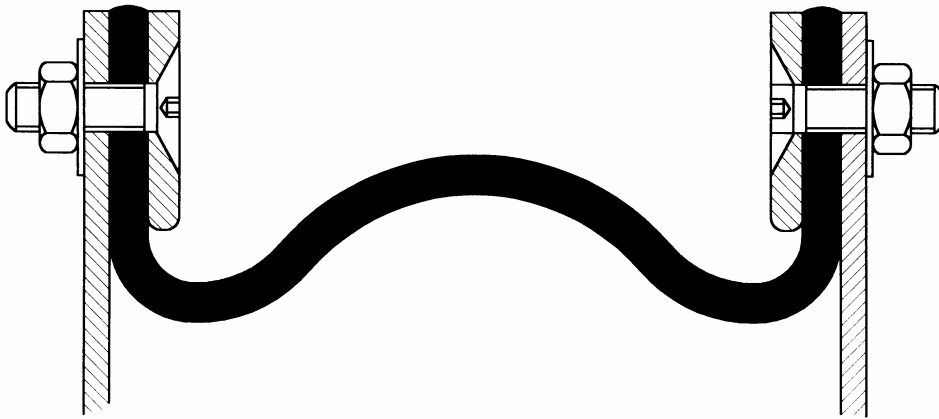
3.2.1. Configuración de compensador tipo banda

Un compensador en el que el elemento flexible se realiza como una banda plana:



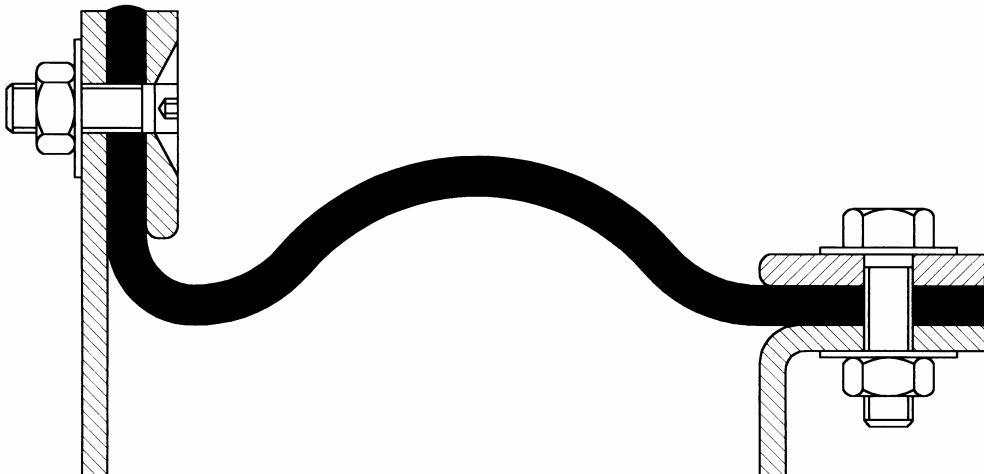
3.2.2. Configuración de compensador embridado

Un compensador en el que el elemento flexible tiene bridas formadas en ángulos rectos:



3.2.3. Configuración de compensador de tipo combinado

Un compensador que utiliza tanto la configuración tipo banda como la tipo embridado:



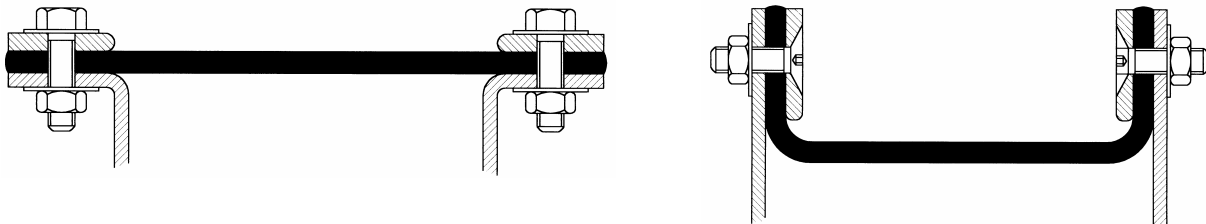
### **3.3 Configuración del elemento flexible**

Además de las configuraciones de sujeción anteriores, el elemento flexible puede fabricarse con diversas configuraciones, dependiendo de la aplicación y de las necesidades de funcionamiento:

- Plano
- Convexo
- Cóncavo
- Ondulado

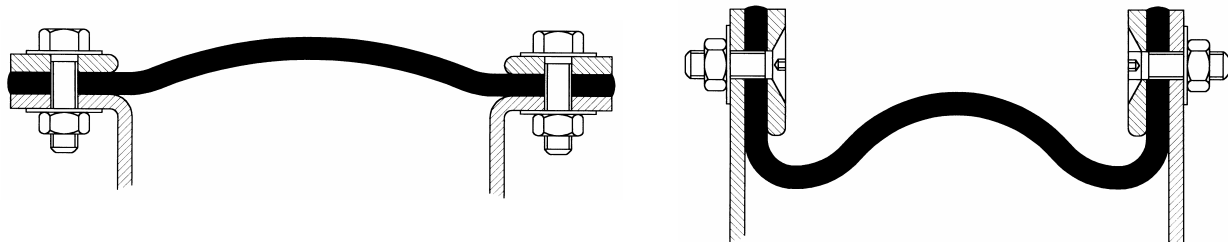
En la siguiente sección, el dibujo de la izquierda representa una configuración tipo banda y el de la derecha una configuración embreada.

#### 3.3.1. Configuración del elemento flexible tipo plano



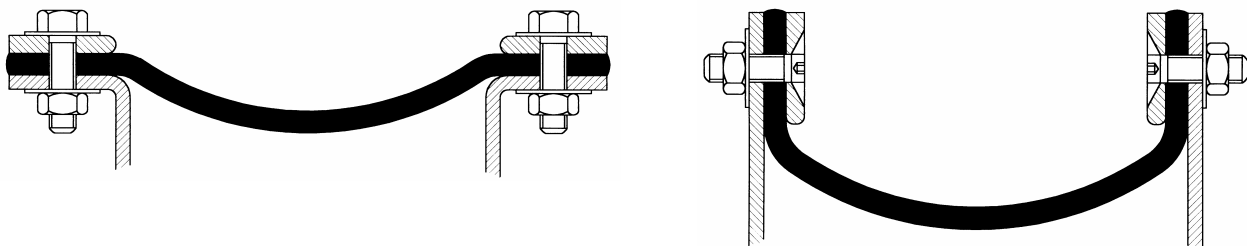
#### 3.3.2. Configuración del elemento flexible tipo convexo

Un compensador en el que se forma un gran arco preformado, para proporcionar una gran capacidad de movimiento y evitar que se doble el elemento flexible, ya que si esto ocurriese, podría causar un bloqueo del calor y un fallo prematuro de la unidad.



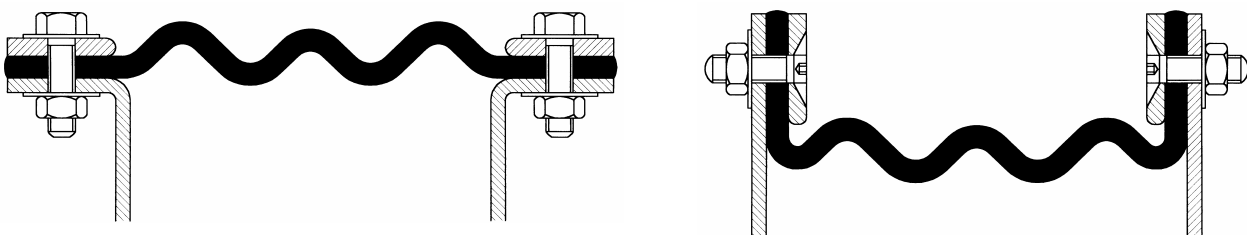
#### 3.3.3. Configuración del elemento flexible tipo cóncavo

Compensadores en los que el elemento flexible tiene forma de "U" cóncava u ondulada.



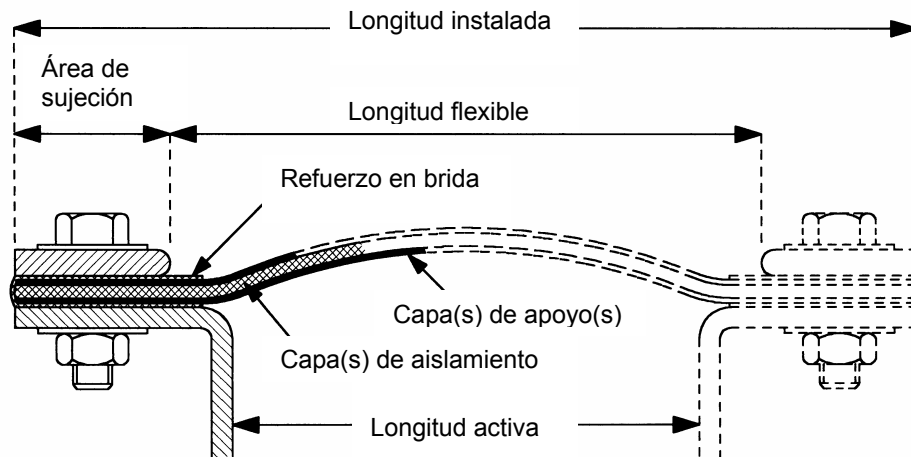
#### 3.3.4. Configuración de elemento flexible tipo ondulado

Compensadores en los que los grandes movimientos se alojan mediante el uso de múltiples ondulaciones.



## 4. Componentes de compensadores

En esta sección se detallan los componentes que contribuyen al mejor rendimiento de los compensadores.



El dibujo anterior representa el elemento flexible de un compensador tipo banda con una construcción de múltiples capas.

### 4.1. Principales componentes

La **longitud flexible** es aquella parte del compensador que se encuentra entre el área de sujeción (que puede diferir de la longitud activa, véase la **Sección 5.7 Movimiento**). Comprende una membrana estanca al gas, con capa(s) opcional(es) aislante(s) y de apoyo y un refuerzo en las bridas.

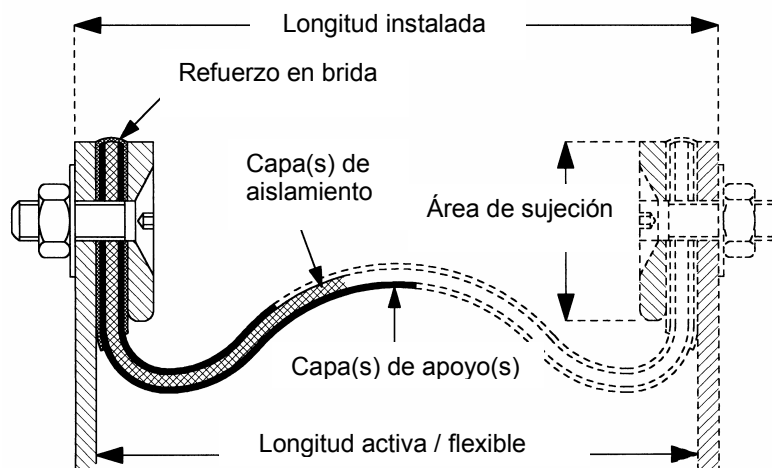
La **capa estanca** es la capa específica del compensador que ha sido diseñada para evitar que el gas penetre a través del cuerpo del compensador. Debe haber sido diseñada para hacer frente a la presión interna del sistema y para resistir la agresión química. La flexibilidad de la capa estanca es esencial para manejar los movimientos del sistema de conducción. En algunos casos, el cierre de gas puede estar complementado por una **barrera química** para mejorar la resistencia química.

La **cubierta exterior** es la capa específica del compensador que está expuesta al entorno externo y proporciona protección frente a él. En algunos casos la cubierta exterior puede combinarse también con la capa estanca, o actuar como un cierre secundario.

El **aislamiento** (o capa aislante) proporciona una barrera térmica con el fin de garantizar que la temperatura de la superficie interna de la capa estanca no sobrepasa su temperatura máxima de servicio. El aislamiento también puede contribuir a reducir y/o eliminar los problemas de condensación.

La(s) **capa(s) de apoyo(s)** mantiene(n) el aislamiento en su lugar y proporciona(n) protección durante la manipulación y operación del sistema. La atenta selección de los materiales adecuados (capaces de resistir las temperaturas operativas del sistema y las agresiones químicas) es esencial para lograr un diseño correcto. Las capas de apoyo se pueden utilizar también para ayudar a crear configuraciones de compensadores arqueadas u onduladas cuando se requiere una forma específica.

El **refuerzo en brida** es un escudo adicional de tejido que protege el compensador de la degradación térmica o mecánica.



El dibujo anterior representa el elemento flexible de un compensador embreado con construcción de múltiples capas.

## **4.2. Otros componentes clave**

Entre los componentes que se describen en esta sección se incluyen:

- Colchonetas aislantes
- métodos de sujeción
- esquinas
- cierres de polvo
- estructuras
- deflectores internos

### *4.2.1. Colchonetas aislantes (también conocidas como bolsters)*

Es la parte del montaje del compensador que incorpora materiales a granel, frecuentemente con forma de almohada encerrada, que pueden utilizarse para rellenar la cavidad existente entre el elemento flexible y el deflector.

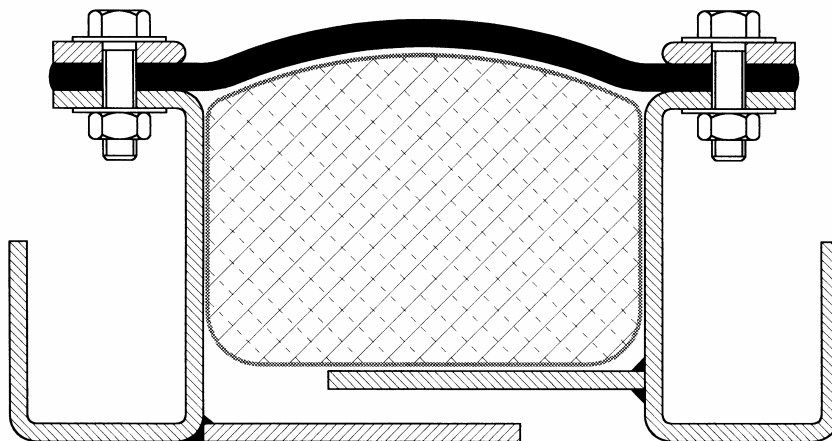
Las razones fundamentales de su inclusión en el diseño de un compensador son:

- a) proporcionar protección térmica adicional para el compensador, mediante la utilización de materiales aislantes a granel con buenas propiedades térmicas.
- b) evitar que entren partículas sólidas en la cavidad del compensador. En sistemas en los que el medio puede tener un alto contenido en polvo se plantean dos retos principales: en primer lugar, el riesgo potencial de que las partículas abrasivas causen un daño y produzcan un fallo prematuro del elemento flexible, y en segundo lugar, que se puedan acumular las partículas en la cavidad, haciéndose compactas y evitando los movimientos compresivos en el sistema.
- c) mejorar el rendimiento acústico del sistema de compensador mediante el uso de materiales a granel con una buena atenuación acústica o buenas propiedades de absorción.
- d) proporcionar apoyo al elemento flexible y minimizar los efectos de las pulsaciones o “vibración” evitando la transmisión progresiva de estas variaciones al elemento flexible.

Las colchonetas pueden construirse de diferentes formas para contribuir a acomodarse a las condiciones de diseño:

**4.2.1.1.** Una **colchoneta** se forma encerrando materiales fibrosos en una funda contenedora. Esto puede ser necesario por diversas razones:

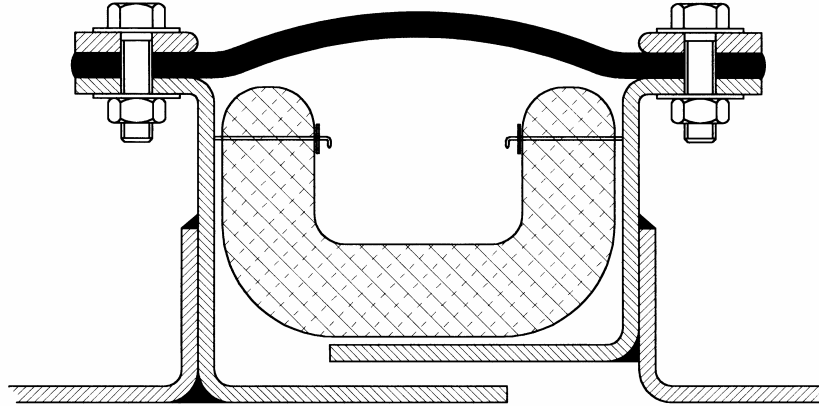
- para limitar la exposición a fibras respirables durante la instalación y operación cerrando los materiales potencialmente peligrosos en una “funda” de materiales no respirables.
- para permitir una fácil manipulación durante la instalación y contribuir a afianzar la colchoneta en la cavidad del compensador
- para minimizar el daño a los materiales fibrosos causado por abrasión. En estos casos, se pueden utilizar capas de malla metálica como bolsa secundaria para contribuir a proteger una primera bolsa tejida que retiene los materiales aislantes.



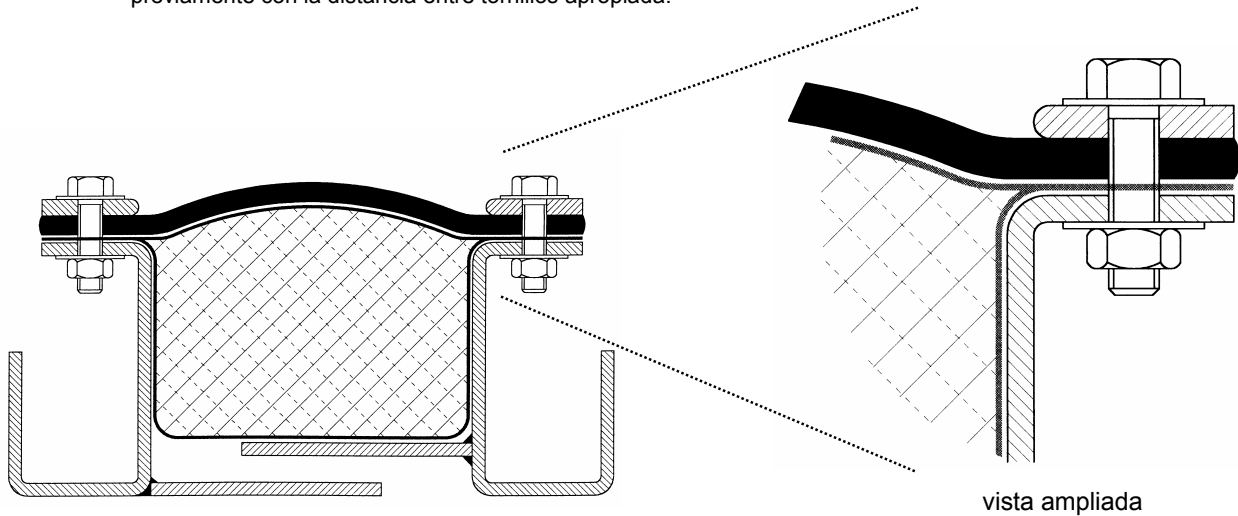


Para permitir el movimiento en el sistema del compensador, la colchoneta encerrada normalmente está (a) **sujeta con pinchos** o (b) **aprisionada** contra la brida:

- a) la colchoneta encerrada se **sujeta con pinchos** al ensamblaje de metal para proporcionar un método para mover la almohadilla cuando se mueve el sistema del compensador. Los pinchos se sujetan bien al interior de los lados del canal o al deflector:



- b) la colchoneta encerrada se extiende hasta adoptar forma de "T" permitiendo que la unidad esté **aprisionada** bajo el área de la brida del compensador. En este caso, la brida pinzada puede muy bien perforarse previamente con la distancia entre tornillos apropiada:



**4.2.1.2. Materiales sueltos a granel** que simplemente se introducen o se pliegan en el área de la cavidad. En circunstancias normales, no se recomienda este método para lograr un buen diseño de compensador ya que puede reducir considerablemente la vida del compensador, o incluso causar un fallo prematuro del mismo.

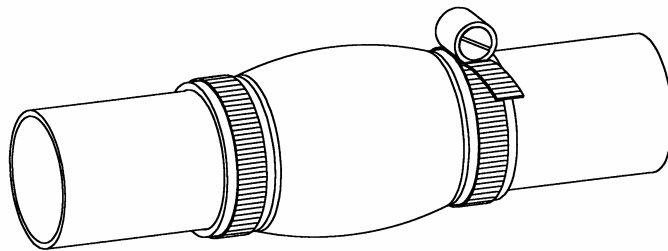
#### 4.2.2. Dispositivos de sujeción

Existen varios métodos para sujetar los compensadores de tejido, a continuación se detallan algunos de los más comunes:

Tipo de compensador	Dispositivo de sujeción	Corte transversal de conducto	Tamaño del conducto	Presión operativa	Coste del método de sujeción	Comentarios
Banda	<b>Tornillo sin fin</b>	Circular	Pequeño	Baja	Bajo	Rápida instalación
	<b>Tornillo-T</b>	Circular	Pequeño-grande	Baja	Bajo	Rápida instalación. Utiliza fiadores en diversos segmentos para los diámetros más grandes, para asegurar una presión de sujeción uniforme.
	<b>Barra de sujeción</b>	Circular/rectangular	Pequeño-grande	Baja-alta	Medio	Capacidad para altas temperaturas
	<b>Sujeción externa</b>	Circular/rectangular	Pequeño-grande	Baja	Alto	
Embridado	<b>Barra de sujeción</b>	Circular/rectangular	Pequeño-grande	Baja-alta	Medio	Capacidad para temperaturas moderadas

##### 4.2.2.1. Tornillo sin fin (“Jubilee clip”) o bandas de sujeción tipo tornillo (Tornillo T)

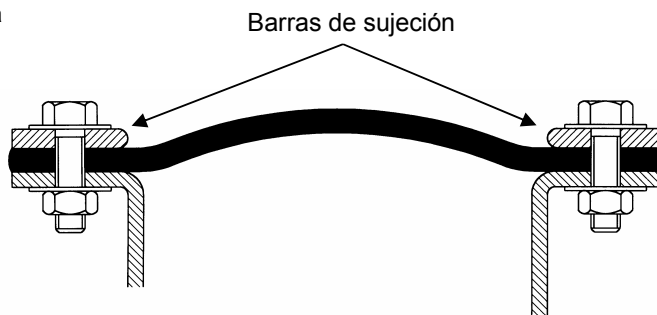
Utilizados en compensadores de tejido tipo banda de menor diámetro circular, y normalmente fabricados con banda de acero inoxidable.



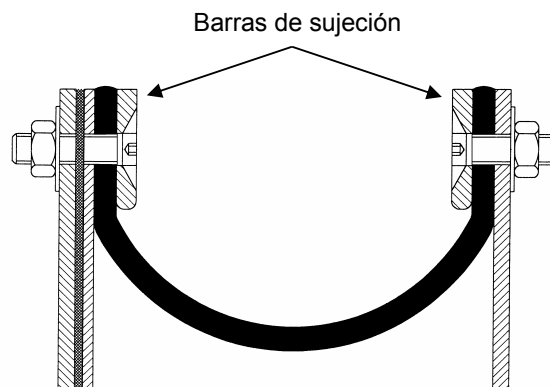
Sujeción de tornillo sin fin mostrada sólo por su extremo derecho

##### 4.2.2.2. Barras de sujeción utilizadas con accesorios (tornillos, tuercas, arandelas)

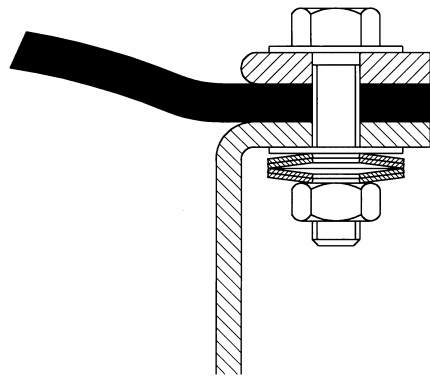
(a) Tipo banda



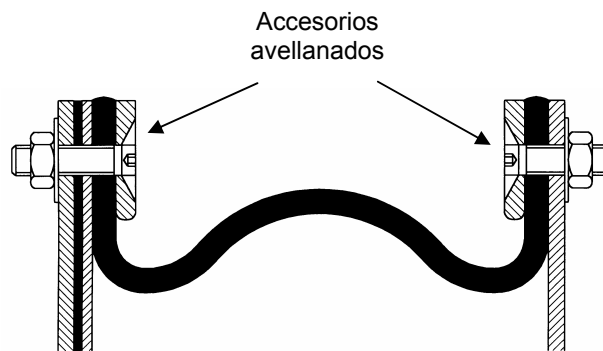
(b) Tipo embridado



Nótese que se utilizan frecuentemente arandelas belleville (cono) para mantener la carga en los tornillos:

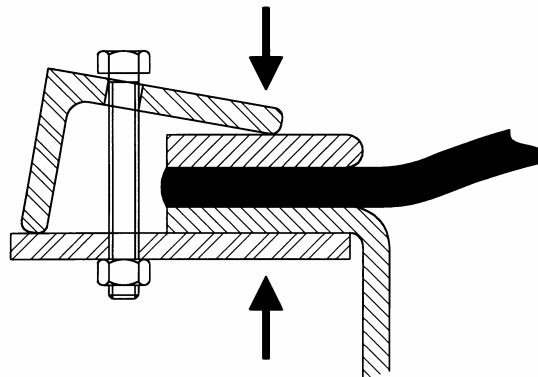


**Nota:** En aquellos casos en los que hay una presión positiva combinada con un alto movimiento axial, se deben utilizar fijaciones avellanadas para evitar que las cabezas de los tornillos dañen la cubierta exterior del compensador:



#### 4.2.2.3. Barras de sujeción utilizadas con sujeciones externas

Utilizadas principalmente en compensadores tipo banda:



#### 4.2.3. Esquinas

El elemento flexible del conjunto del compensador realiza la función más importante ya que absorbe o permite el movimiento para el que se ha diseñado la junta. Este movimiento puede ser axial, lateral, angular o cualquier combinación de ellos. Para compensadores rectangulares, las esquinas representan el reto más importante y necesitan una atenta consideración a la hora de diseñarlos.

Sin costosas técnicas de moldeo, las esquinas de los compensadores tipo U generalmente no se redondean, y por lo tanto el movimiento está limitado por la deformación sobre el material introducida por un arrugamiento en el plano axial, y el estiramiento bajo el movimiento lateral. Las juntas elastoméricas con esquinas moldeadas superan algunos de estos esfuerzos, pero las juntas compuestas necesitan un diseño muy cuidado para evitar un fallo prematuro del elemento textil.

Los compensadores tipo banda con esquinas redondeadas ofrecen la mejor solución para los montajes rectangulares. El material del compensador puede moverse de forma similar a los compensadores circulares, y allí donde el movimiento es

alto, la esquina puede hacerse a medida de forma que incluya material adicional para el movimiento tanto axial como lateral. La esquina redondeada también resulta ventajosa en el diseño de marcos a alta temperatura de compensadores, que están sometidos a altos esfuerzos térmicos.

#### 4.2.4. Cierres anti-polvo (también conocidos como anti-cenizas volátiles)

Se instalan en sistemas con un alto contenido de partículas sólidas transportado en el medio y se utilizan para minimizar el ingreso de partículas en la cavidad del compensador. Existen diversos métodos para instalar cierres anti-polvo; por favor, consulte con el fabricante de compensadores para obtener un asesoramiento técnico específico. Los cierres anti-polvo pueden incluir el uso de un **cierre tipo "c"** (denominado así por la forma que adopta), o un escudo interno anti-polvo adecuado que se sujeta con pinchos al marco del compensador. Por favor, consulten con el fabricante los detalles concretos.

#### 4.2.5 Bastidores

La efectividad de la estanqueidad depende del diseño de los bastidores a las que se acopla el elemento flexible. Resulta posible realizar muchas variantes de bastidores, dependiendo de la estructura a la que va unido el compensador, sin embargo existen algunas configuraciones básicas que cubren la mayoría de aplicaciones.

**4.2.5.1. El compensador tipo banda** proporciona el cierre más eficaz tanto desde el punto de vista de fabricación como de acoplamiento. En estas juntas, los materiales están sujetos a un esfuerzo mínimo hasta que se mueven en condiciones operativas, y la corriente de aire sobre la cubierta exterior del cierre es en gran parte ininterrumpida. Los bastidores para compensadores tipo banda pueden ser ligeramente más complejos que los de compensadores embridados, pero esto se ve compensado por la facilidad de reparación o sustitución del elemento flexible. En general, este tipo de compensadores ofrece una vida más larga que los compensadores embridados.

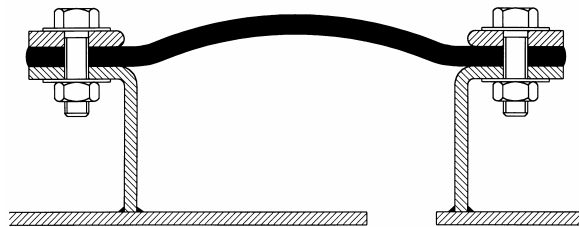
##### A. Acoplamiento simple a conducto

Sólo puede utilizarse eficazmente para conductos circulares que operan a baja presión. Para diámetros más grandes, las bandas de sujeción deben estar en varias secciones con el fin de garantizar una presión de sujeción uniforme.



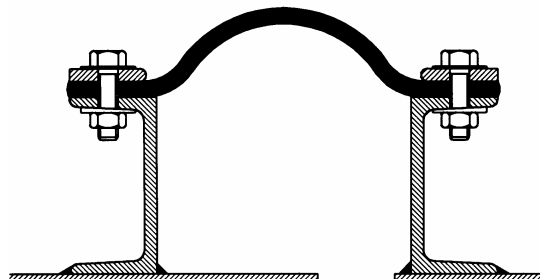
##### B. Bastidor con bridas

Un bastidor simple acoplado a un conducto existente. Para conductos circulares, los perfiles angulares se conforman en rodillo en longitudes apropiadas para su soldadura. Para conductos rectangulares se utilizará una esquina redondeada para unir las longitudes rectas. Si se utilizan perfiles angulares de acero laminado, se deben utilizar arandelas cónicas bajo la brida.



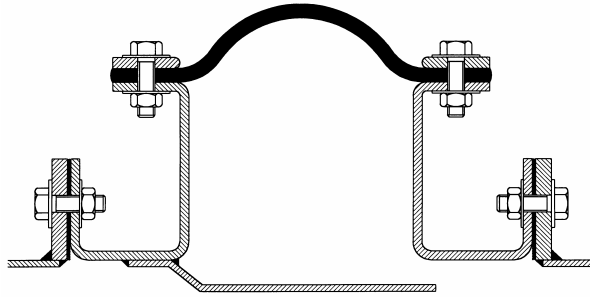
##### C. Bastidor en perfil en U

Una variante simple del bastidor con bridas utilizando perfiles estándar en U. Si se utilizan perfiles de acero laminado, se deben utilizar arandelas cónicas bajo la brida. Una vez más, para conductos de fabricación rectangular, se deben utilizar esquinas redondeadas.



#### D. Bastidor de calderería para un ensamblaje total

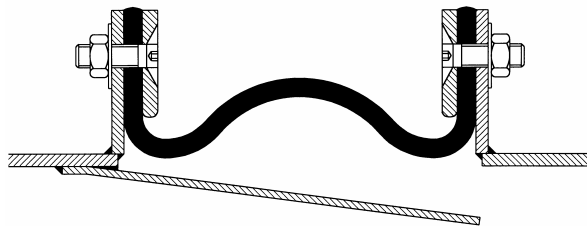
Este bastidor se utiliza normalmente cuando se requiere un ensamblaje total del compensador, frecuentemente para su instalación en proyectos de nueva construcción, con la ventaja añadida de que resulta más sencillo de instalar. Estos diseños ofrecen libertad para colocar los compensadores de la forma más conveniente. Además, el diseño del bastidor puede alterarse para acomodarse al espesor variable de la colchoneta y al tamaño de las bridas del conducto.



**4.2.5.2. Los Compensadores embridados** ofrecen al técnico diseñador del conducto los métodos más simples de acoplamiento, sin embargo, la naturaleza de su construcción limita su uso a temperaturas más elevadas. Para compensadores de múltiples capas en las que hay más de 3 o 4 capas de material, la fabricación de la brida restringe el movimiento disponible, y necesita bridas más profundas y una abertura más ancha. La configuración de la brida permite diseños de grandes movimientos axiales y presiones negativas altas.

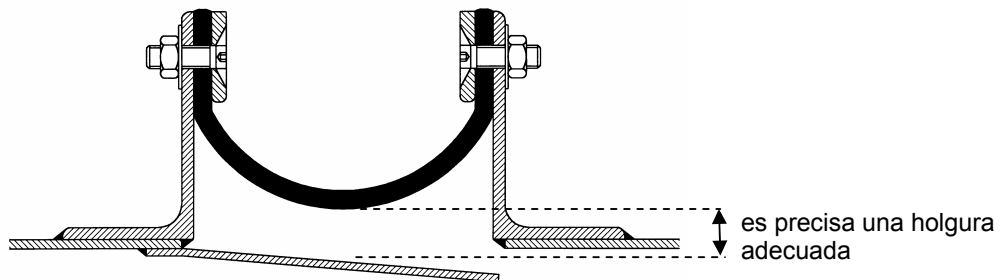
#### E. Bastidor de brida simple para una junta a presión positiva

Allí donde se ajustan los deflectores en esta configuración deben estar libres de material de cierre, especialmente para juntas rectangulares en las esquinas.



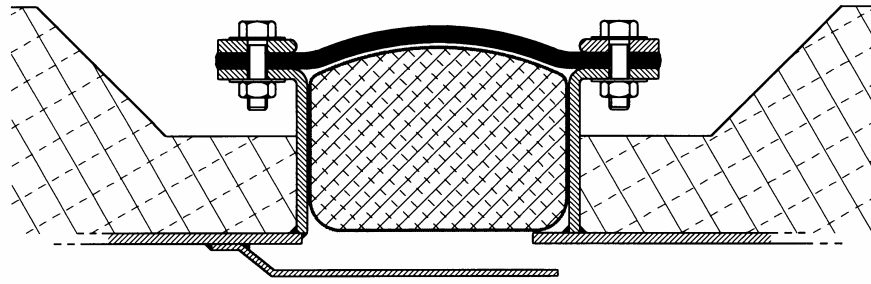
#### F. Bastidor simple para una junta a presión negativa

Para valores altos de presión negativa es esencial evitar los ángulos agudos en el elemento flexible. El tipo de compensador que se puede utilizar con este diseño de bastidor tiene algunas limitaciones de temperatura, debido a la corriente de aire restringida sobre la superficie del cierre.

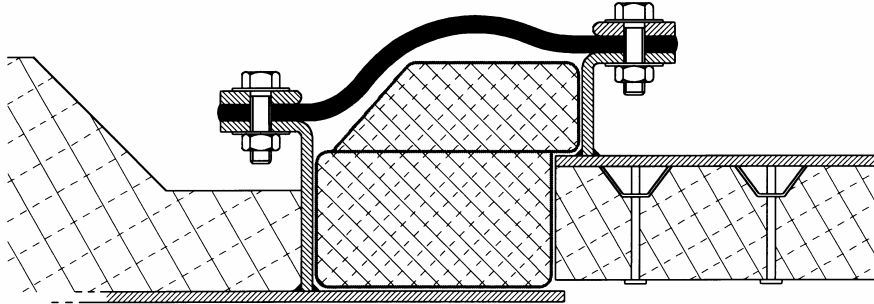


**4.2.5.3. Bastidores calor a frío / frío a calor:** en sistemas de turbina de gas, y otras aplicaciones de alta temperatura, los compensadores se colocan frecuentemente en el punto en el que el aislamiento del conducto cambia de interno a externo o viceversa. Esto proporciona un punto de referencia muy conveniente para el técnico diseñador del conducto, ya que el cambio en el tamaño del conducto o en el material del conducto puede hacerse a lo largo de la longitud del compensador. El soporte del aislamiento interno requiere un cuidadoso diseño, y en ocasiones el cierre debe ser cónico para mantener el diseño del marco dentro de los límites de esfuerzo. A continuación figuran unos pocos ejemplos (que utilizan compensadores tipo banda):

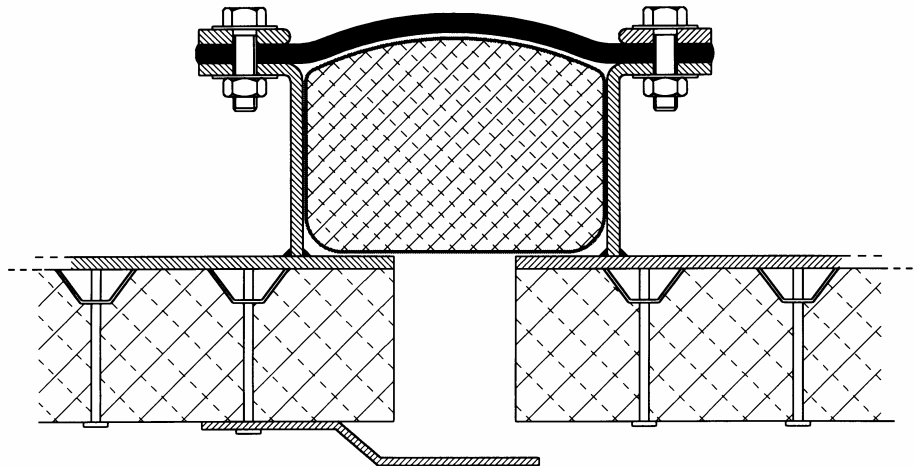
### G. Bastidor calor a calor



### H. Bastidor calor a frío



### I. Bastidor frío a frío



#### 4.2.6 Deflectores internos

El diseño de deflectores internos (también conocidos como revestimientos de flujo) está estrechamente asociado al diseño del marco del compensador, y el revestimiento está formado frecuentemente por parte del propio conducto. Son posibles multitud de variaciones, sin embargo se define más adelante la gama de tipos más comunes.

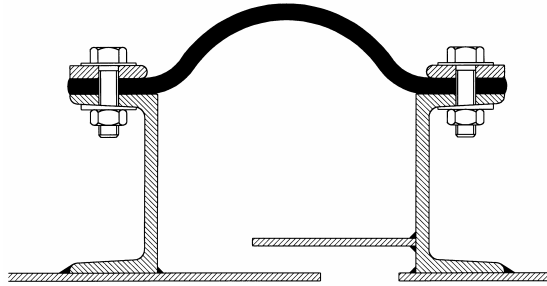
La forma del deflector es un aspecto importante del diseño, para garantizar que el movimiento no queda restringido. La función principal es excluir las partículas o gases de alta velocidad, evitando así la erosión de los materiales de las colchonetas o el cierre. Otras consideraciones importantes son:

- el espesor del material en relación con la posibilidad de erosión
- la longitud de cada sección del deflector, teniendo en cuenta la expansión y deformación debidas a la temperatura. A más de 500° C normalmente será suficiente una longitud de 1 metro con un hueco de 3 mm para evitar la distorsión
- las necesidades de lavado del conducto, y la necesidad de proteger los cierres y las colchonetas
- los deflectores van normalmente soldados por puntos al marco

Los deflectores deben diseñarse de forma que no atrapen polvo o condensación. Consulten al fabricante para obtener un asesoramiento específico.

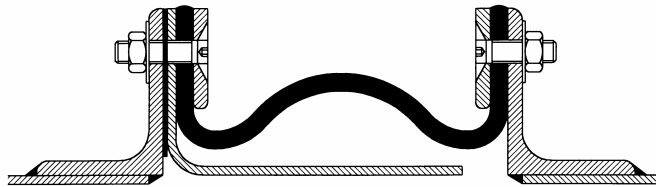
**A. Deflector de doble acción**

De instalación simple en bastidores ya existentes de bridas en ángulo o acanaladas. El solapamiento permite utilizar cierres de polvo secundarios cuando sea necesario.



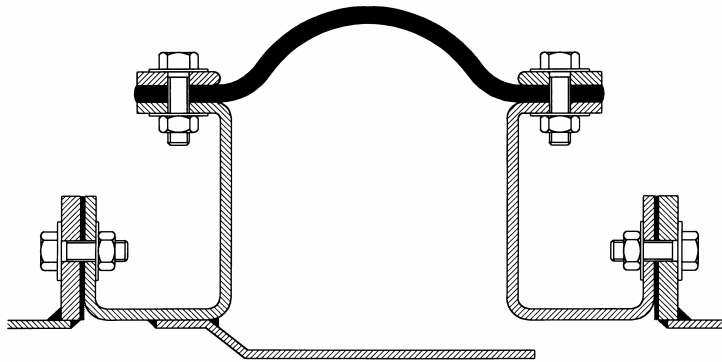
**B. Tipo simple embridado con un único deflector**

Es necesario tener cuidado con este tipo de deflector con el fin de asegurarse de que no se producen interferencias mecánicas con los materiales de cierre. Se utiliza generalmente sólo cuando el movimiento es limitado.



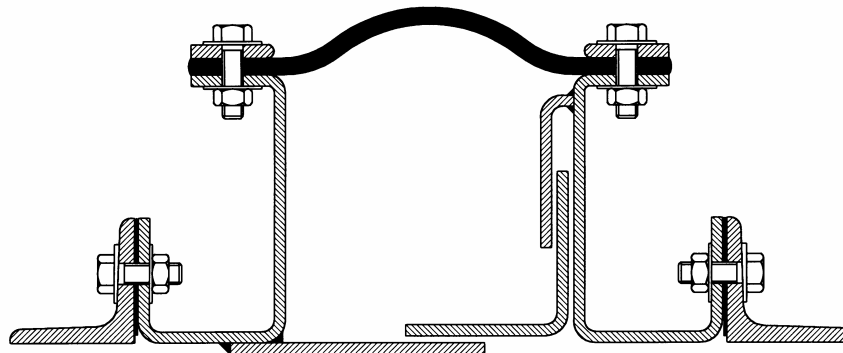
**C. Deflector para ensamblajes de calderería**

La forma de este deflector viene determinada por el diseño del bastidor y las necesidades de movimiento. El resalto (también llamado “escalón” o “empalme de espiga”) está limitado normalmente al necesario para el movimiento lateral, para garantizar que cualquier colchoneta aislante queda completamente retenida.



**D. Deflector flotante**

Se puede utilizar cuando hay necesidad de mantener un agujero mínimo entre las mitades del deflector con un alto movimiento lateral de la junta. La sección flotante queda retenida a intervalos por los ángulos o pernos para permitir el libre movimiento en el plano requerido.



## **5. Criterios de selección y diseño**

Esta sección trata de destacar los criterios más importantes que afectan a la selección de la junta y a sus requisitos técnicos de diseño. Aquí se incluyen:

- Condiciones ambientales
- Guía de apriete de tornillos para compensadores embridados
- Contenido en polvo y velocidad
- Análisis de elementos finitos
- Fugas
- Contenido en humedad, condensación y lavado
- Movimiento
- Ruido
- Presión – pulsación y vibración
- Temperatura
- Tolerancias

Los compensadores deben diseñarse para absorber movimientos específicos (véase **Sección 5.7 Movimiento**), con métodos de acoplamiento adecuados. Deben tenerse en cuenta las condiciones operativas como temperatura, presión y carga química. El diseño del compensador debe verificarse mediante un dibujo o esquema, que puede apoyarse en un análisis de elementos finitos.

### **5.1. Condiciones ambientales**

Las condiciones ambientales locales de los compensadores de tejido desempeñan un papel muy importante en su diseño y selección.

#### 5.1.1. Temperatura ambiente

Un compensador no debe colocarse en una zona de poca circulación de aire, ni debe estar sujeto a radiación de alta temperatura. Los compensadores de tejido que trabajan a temperaturas elevadas (por encima de 250° C) dependen de un gradiente de temperatura a través de la junta. Este gradiente es la diferencia entre la alta temperatura interna (cara caliente) y la temperatura externa menor (cara fría) de la junta. Las altas temperaturas ambiente en las proximidades de la junta reducirán este gradiente de temperatura reduciendo así la proporción en que se puede radiar calor desde la superficie externa de la junta. Esto conducirá, a su vez, a un fallo del cierre primario (i.e. membrana de PTFE) y por lo tanto, de la junta. En consecuencia, es importante garantizar que se adoptan las medidas adecuadas para mantener las temperaturas ambiente locales dentro de las recomendaciones del fabricante, del mismo modo que no se permite generalmente el aislamiento o revestimiento externo de las juntas. Cuando predominan unas condiciones externas de frío, se debe prestar la consideración adecuada a la posibilidad de formación de condensación dentro de los compensadores de tejido. Puede considerarse pertinente adoptar contramedidas como el aislamiento interno o externo.

#### 5.1.2. Medio ambiente

Los compensadores de tejido están situados frecuentemente en enclaves industriales difíciles como plantas de generación de energía, obras químicas, plantas cementeras, etc. En estos enclaves, pueden estar sujetos a niveles de contaminantes superiores a los normales, algunos de los cuales pueden contener agentes agresivos, con posibles ataques a la cubierta externa de elastómero de la junta. Si en la fase de diseño se conoce el tipo y la concentración de dichos contaminantes, es posible diseñar una junta que resista dicho ataque mediante la selección de una cubierta exterior adecuada, resistente a los agentes específicos.

#### 5.1.3. Localización

El hecho de que la junta esté ubicada en el interior de un edificio o en el exterior y expuesta a los elementos puede tener también su importancia en la selección del tipo de cubierta exterior. Es posible que las juntas ubicadas en el interior no necesiten forzosamente cubiertas externas resistentes al agua.



## 5.2. Guía de apriete de tornillos para compensadores embridados (cortesía de RAL)

Guía de apriete de tornillos (válida para atornillamientos lubricados con MoS<sub>2</sub>) utilizada para lograr la estanqueidad ante gases de combustión (TI-002) o la estanqueidad nekal (TI-003).

Tamaño tornillo	Compensadores de tejido						Compensadores elastoméricos					
	Anchura de la barra de sujeción						Anchura de la barra de sujeción					
	30 mm	40 mm	50 mm	60 mm	70 mm-	80 mm	30 mm	40 mm	50 mm	60 mm	70 mm	80 mm
M8	20 Nm	-	-	-	-	-	20 Nm	-	-	-	-	-
M10	30 Nm	40 Nm	-	-	-	-	30 Nm	30 Nm	-	-	-	-
M12	-	50 Nm	60 Nm	-	-	-	-	40 Nm	50 Nm	-	-	-
M16	-	65 Nm	80 Nm	100 Nm	115 Nm	130 Nm	-	50 Nm	65 Nm	75 Nm	90 Nm	100 Nm
M20	-	-	100 Nm	120 Nm	140 Nm	160 Nm	-	-	75 Nm	90 Nm	110 Nm	125 Nm
M24	-	-	115 Nm	140 Nm	165 Nm	190 Nm	-	-	85 Nm	105 Nm	125 Nm	145 Nm
M27	-	-	120 Nm	150 Nm	180 Nm	210 Nm	-	-	95 Nm	115 Nm	140 Nm	160 Nm
M30	-	-	-	165 Nm	195 Nm	225 Nm	-	-	-	125 Nm	150 Nm	175 Nm
M33	-	-	-	175 Nm	210 Nm	240 Nm	-	-	-	135 Nm	160 Nm	190 Nm

Los valores anteriores deben utilizarse exclusivamente como guía. Consulte al fabricante de compensadores para obtener información específica.

### 5.2.1. Guía para establecer las dimensiones de las barras de sujeción

Anchura	30	40	50	60	70	80	90	100	mm
Espesor	6/8	8/10	8/10	10/12	10/12	12	12	12/15	mm
Espacio entre tornillos	60	80	100	100	120	120	120	120	mm
Tornillos M	8/10	10/12	10/12	12/16	12/16	16	16	16/20	

### 5.2.2. Reducción de la resistencia mecánica del atornillamiento a altas temperaturas

Clase de resistencia	Temperatura				
	+20° C	+100° C	+200° C	+250° C	+300° C
	Módulo de elasticidad ReL (N/mm <sup>2</sup> )				
4.6	240	210	190	170	140
5.6	300	270	230	215	195
8.8	640	590	540	510	408
10.9	940	875	790	745	705
12.9	1100	1020	925	875	825

## 5.3. Contenido en polvo y velocidad

El contenido en polvo del medio puede hacer necesario un diseño específico de la sección del compensador y de los deflectores interiores. En general, se debe evitar lo siguiente:

- la abrasión causada por partículas de polvo
- la sedimentación y compresión de polvo en el elemento flexible

Debido a la gran variedad de aplicaciones y complejidades asociadas, consulte al fabricante de compensadores para un asesoramiento técnico específico. Véase también la **Sección 4.2.4. Cierres anti-polvo**

## 5.4. Análisis de elementos finitos

El análisis de elementos finitos es un método informatizado para predecir cómo reaccionará una estructura o ensamblaje del mundo real a las fuerzas, el calor, la vibración, el esfuerzo mecánico, etc. para conocer si se romperá, se desgastará, o

funcionará como estaba previsto. Se denomina “análisis”, pero en el ciclo de diseño de producto, es el método utilizado para predecir lo que ocurrirá cuando el producto se utilice.

El método de elementos finitos funciona descomponiendo un objeto real en un gran número de elementos, y examinando el comportamiento de cada elemento en las condiciones en las que va a operar, mediante una serie de ecuaciones matemáticas. El programa informático suma todos los comportamientos individuales con el fin de predecir el comportamiento del objeto completo.

El Método de Elementos Finitos se utiliza para predecir el comportamiento de los compensadores respecto a los fenómenos físicos de:

- transmisión de calor
- esfuerzo mecánico
- vibración

Este método se utiliza de forma generalizada para verificar el diseño de los compensadores y sus estructuras utilizados en sistemas de escape de turbina de gas.

### **5.5. Fugas**

Los compensadores de dilatación están diseñados para ser tan estancos a las fugas como sea razonablemente posible. Aunque en las condiciones existentes en el laboratorio es relativamente sencillo demostrar una fuga cero, o la *estanqueidad nekal*, los compensadores de múltiples capas para altas temperaturas no deben considerarse estancos a las fugas (o de fuga cero) en servicio sin haber verificado antes el rendimiento in situ con ensayos frecuentes en condiciones operativas.

Mediante el diseño y la selección cuidadosa de compensadores elastoméricos de una sola capa, con su elasticidad inherente, resulta mucho más fácil garantizar sistemas de fuga cero, siempre que se preste la atención adecuada a la calidad y diseño de los elementos metálicos contiguos.

La amplia mayoría de los compensadores (tanto de una sola capa como de múltiples capas) pueden considerarse estancos a las fugas siempre que se hayan especificado materiales adecuados. No obstante, se debe prestar especial atención al estado y diseño de los elementos metálicos, las zonas de sujeción y sus acabados superficiales, los sistemas de fijación como tornillos o abrazaderas y los refuerzos embreados de los compensadores. Es en estas zonas donde existe el mayor potencial de pérdidas de sistema. Cuando sea posible, la instalación íntegra de nuevos elementos metálicos suministrados con el compensador (un sistema de “cartucho” de compensador), suministrada directamente desde las instalaciones del fabricante garantizará casi por completo un nivel de fuga mucho menor que el que se obtenga con empalmes e instalaciones sobre el terreno de los elementos metálicos del compensador in situ.

En condiciones de laboratorio es posible demostrar que los sistemas son estancos a gases de combustión<sup>3</sup> o cumplen la estanqueidad nekal<sup>4</sup>, utilizando métodos de ensayo adecuados<sup>5</sup>.

Para garantizar la estanqueidad nekal en servicio, se deben realizar este tipo de ensayos tras la instalación in situ.

### **5.6. Contenido de humedad, condensación y lavado**

La humedad en el interior de un sistema de conductos de humos puede tener un efecto perjudicial grave sobre la vida del compensador y por lo tanto, se debe prestar mucha atención a este aspecto. A temperaturas operativas superiores al punto de rocío, el contenido de humedad aparecerá sólo cuando el sistema se enfríe. No obstante, esta humedad aparece frecuentemente como condensación agresiva y es un factor importante si se producen ciclos térmicos frecuentes. A temperaturas operativas inferiores al punto de rocío, el medio puede contener un alto grado de humedad que puede resultar muy corrosivo y perjudicial para el compensador.

Cuando predominan condiciones ambientales frías, se debe prestar la debida atención al uso de compensadores de tejido ya que pueden ocasionar problemas de condensación. La condensación se puede producir cuando una junta está situada en un sistema de conductos de temperatura relativamente baja. La junta presentará una cara interna fría en la que se puede formar condensación si la cara fría cae por debajo del punto de rocío, dando lugar a la formación de condensación que atacará a la junta desde el interior causando un fallo prematuro. Esto se puede contrarrestar proporcionando un aislamiento externo (nota; se debe evitar el aislamiento interno). Las juntas se deben aislar externamente sólo en aplicaciones en las que la

---

<sup>3</sup> La especificación de ensayo **RAL TI-002 Rev.1-06/98** de Compensadores de tejido estancos a los gases de combustión se refiere a la estanqueidad frente a fugas como “...no pueden aparecer burbujas en las zonas de los fuelles...” y “...no obstante se permite que se produzca un número limitado de burbujas de espuma en la zona de sujeción y el área de junta de los fuelles...”.

<sup>4</sup> La especificación de ensayo **RAL TI-003 Rev.1- 06/98** de Compensadores de tejidos con estanqueidad nekal se refiere a la estanqueidad nekal como “...no pueden aparecer burbujas en la zona de los fuelles...” y “...esto se refiere tanto a la zona de fuelles como al área de sujeción...”

<sup>5</sup> Métodos de ensayo similares al **Boletín de Información ZfP 1** DECHEMA, anexo 2 Punto 2.2 “Método de burbuja con líquido espumoso”.

temperatura interna de los conductos está por debajo de las capacidades máximas de temperatura de los materiales constitutivos de la junta.

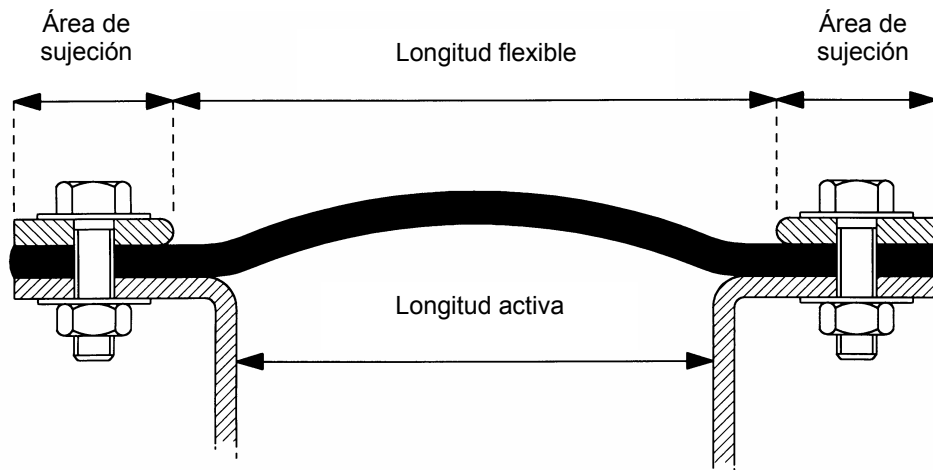
Se puede considerar con mayor detalle la utilización de materiales alternativos a los que les afecte menos la condensación ácida.

Tal y como se menciona en la **Sección 4.2.6.**, los deflectores deben diseñarse de forma que no atrapen polvo o condensación. Consulte al fabricante para obtener un asesoramiento específico.

Cuando es necesario un lavado del conducto o turbina de gas, se debe tener buen cuidado de secar adecuadamente los elementos contiguos al compensador, con el fin de evitar la acumulación de humedad en el material del compensador. Siempre que sea posible, el compensador no debe ocupar el punto más bajo del sistema.

### **5.7. Movimiento**

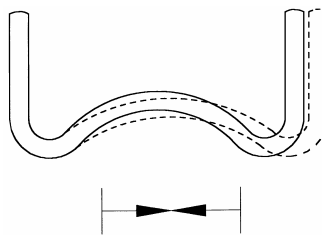
Los compensadores de tejido están diseñados para absorber movimientos y desajustes en los conductos y tuberías. La **longitud activa** del compensador es aquella parte que permite el movimiento. Absorbe la vibración y los movimientos térmicos del conducto, y puede coincidir o no con la **longitud flexible**, que es la parte del compensador comprendida entre las áreas de sujeción:



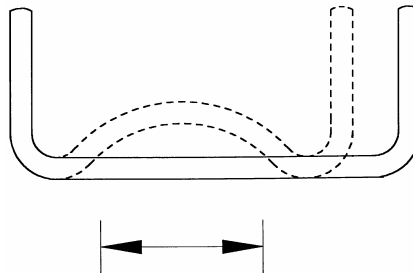
Los movimientos vienen producidos normalmente por la expansión térmica de los tubos o placas del conducto, sin embargo también es posible otro tipo de movimientos, tales como los producidos por el viento, el peso de la nieve, el defecto de alineación del conducto, la vibración, la sedimentación o los movimientos sísmicos.

Los compensadores permiten 5 movimientos distintos:

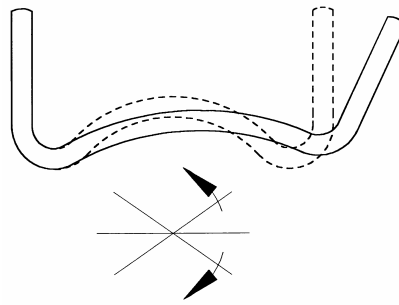
**Compresión axial (-):**



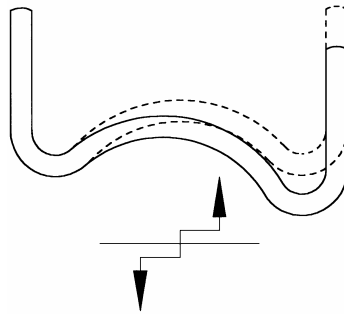
**Extensión axial (+):**



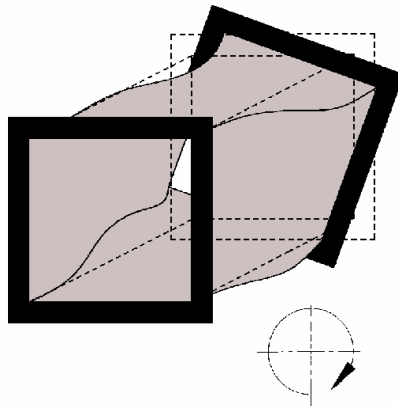
**Movimiento angular:**



**Movimiento lateral:**



**Torsión:**



La flexibilidad depende del número de capas, la flexibilidad de las capas individuales, y la anchura del compensador. Se puede obtener del fabricante la flexibilidad de compensadores específicos.

5.7.1. Vibración y ciclos de movimiento

No debe confundirse el movimiento causado por la vibración con el movimiento debido a los ciclos térmicos, que es lento y relativamente infrecuente. Los materiales fibrosos no se comportan bien en condiciones de alta frecuencia y amplitud. En consecuencia, **las vibraciones deben considerarse por separado de los movimientos térmicos**, con el fin de asegurar una correcta selección de material y proporcionar unas recomendaciones de diseño adecuadas. **Por favor, consulte con el fabricante.**

**5.8. Ruido**

La emisión de ruido en el conducto puede suponer una consideración de diseño importante en determinadas circunstancias, y puede reducirse mediante el tratamiento acústico del conducto. Los compensadores de tejido pueden ser la principal fuente de emisión de ruido del sistema de conductos, y es posible incorporar una colchoneta acústica a su diseño para reducir dicho ruido. La colchoneta estará fabricada normalmente de un material aislante encerrado en una malla metálica o tejido resistente a la temperatura (o ambos) y estará situado entre la junta y el deflector. Normalmente no está permitido el tratamiento acústico externo de los compensadores de tejido por las razones expuestas en la **Sección 5.1.1. Temperatura ambiente**. El diseño de los deflectores internos puede desempeñar también un papel importante en el rendimiento acústico de la junta.

## **5.9. Presión – pulsación y vibración**

La presión operativa de un sistema es un factor crucial que afecta al diseño de los compensadores de tejido. La naturaleza muy flexible de los materiales suscita una serie de cuestiones relativas al diseño que es necesario tratar. Aunque las presiones operativas máximas en los sistemas de conductos son bajas en comparación con los sistemas de tuberías, pueden producirse grandes variaciones de presión, tales como un cambio de positiva a negativa, o picos de presión de corto plazo. Dichas variaciones deben reflejarse en la presión de diseño especificada, y en la medición de la estanqueidad al gas esperada por el cliente. Una especial atención en la elección y construcción de materiales debe permitir:

- la contención de la presión de diseño manifestada bajo todas las condiciones de movimiento y temperatura, sin someter a esfuerzos excesivos a ningún componente del elemento del compensador
- los cambios de presión positiva a negativa que pueden atrapar materiales bajo compresión, o hacer que entren en contacto con partes afiladas o calientes de un conducto
- una alta presión positiva y compresión que permita a los materiales desgastarse en las cabezas de los tornillos de las bridas de sujeción
- los cambios en la presión que producen espacios de aire significativos entre las capas de materiales de junta compuestos, lo que puede permitir la circulación de gas caliente
- una corriente transitoria anormal de presión que se produzca como resultado del funcionamiento del sistema

### 5.9.1. Pulsación

La pulsación de presión en un conducto o tubería puede resultar perjudicial para un compensador de tejido, especialmente para los fabricados con capas de tejido de vidrio o cerámico. La rápida variación de la presión produce fatiga en las fibras, y puede conducir a un fallo prematuro del compensador. Es necesario un cuidado especial al diseñar compensadores para sistemas de motor de combustión de escape para garantizar que la junta no se monta demasiado cerca del motor. Es necesaria una distancia suficiente para permitir que la fluctuación de presión disminuya.

### 5.9.2. Vibración

La vibración puede ser producida por ventiladores, especialmente si el sistema está desequilibrado, por lo que es necesario tener esto en cuenta a la hora de seleccionar los materiales utilizados para los ventiladores adyacentes a los compensadores. Para salvar la vibración de los materiales de la junta, que puede conducir a un fallo prematuro de la misma, los materiales deben tener un espesor y densidad suficientes para frenar las oscilaciones. Normalmente se especifican materiales elastoméricos reforzados para los compensadores incorporados a la entrada o salida del ventilador.

La vibración en cierres de compensador puede estar inducida por una alta velocidad gaseosa, pero normalmente se elimina mediante el esmerado diseño de un revestimiento de flujo apropiado acoplado al conducto o al marco de la junta. La inclusión de una colchoneta puede contribuir a minimizar la vibración.

## **5.10. Temperatura**

Para obtener información sobre temperatura ambiente, por favor consulten el apartado **5.1.1. Temperatura ambiente**.

### 5.10.1. Temperatura operativa

La temperatura operativa es la temperatura normal del medio que se encuentra en el interior del sistema de conductos de humos en funcionamiento. Normalmente se indica en grados C como temperatura de diseño o temperatura máxima operativa. Véase también la **Sección 5.6. Contenido de humedad, condensación y lavado**.

### 5.10.2. Ciclos térmicos

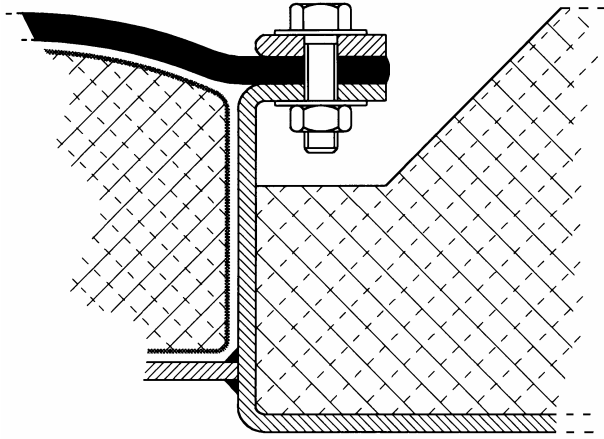
Un ciclo térmico es aquel que se produce cuando la temperatura de un sistema de conductos de humos pasa de temperatura ambiente a temperatura operativa plena y a continuación vuelve a temperatura ambiente. El número de ciclos térmicos se utiliza con frecuencia para calcular la expectativa de vida de marcos de acero para sistemas de escape de turbina de gas o al considerar el número de veces en que puede aparecer humedad en el sistema al enfriarse. Véase también la **Sección 5.6. Contenido de humedad, condensación y lavado**.

### 5.10.3. Temperatura de excursión o punta de temperatura

En ocasiones, los sistemas de conductos de humos presentarán una alteración en su estado o excursión. En esta situación, durante un breve período de tiempo, la temperatura del sistema aumenta por encima de la temperatura operativa normal. El técnico diseñador del compensador debe tener en cuenta esta alteración de duración y temperatura al seleccionar los materiales.

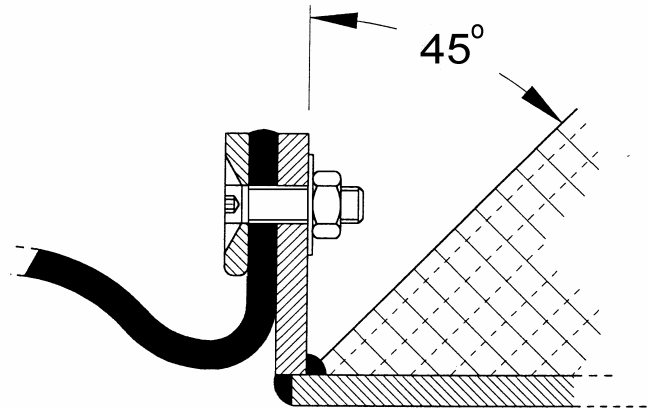
#### 5.10.4. Aislamiento externo

El aislamiento externo no debe cubrir el compensador, excepto cuando forme parte del diseño de la junta para evitar la condensación por debajo del punto de rocío. La terminación del aislamiento del conducto es esencial para que fluya el aire sobre la cubierta exterior y en general debe estar achaflanada en un ángulo no inferior a  $45^\circ$ . Para aplicaciones muy calientes, la terminación del aislamiento debe diseñarse con mucha atención con el fin de minimizar el esfuerzo en los marcos de metal y el sobrecalentamiento de las áreas de sujeción.



Aislamiento externo instalado en un compensador tipo banda

Aislamiento externo instalado en un compensador embreado



## 5.11. Tolerancias

La naturaleza flexible de los compensadores de tejido reduce la necesidad de tolerancias de fabricación muy precisas para el elemento flexible. No obstante, es necesario definir las tolerancias de interconexión para los compensadores y sus marcos y para sus conexiones con los conductos u otros componentes.

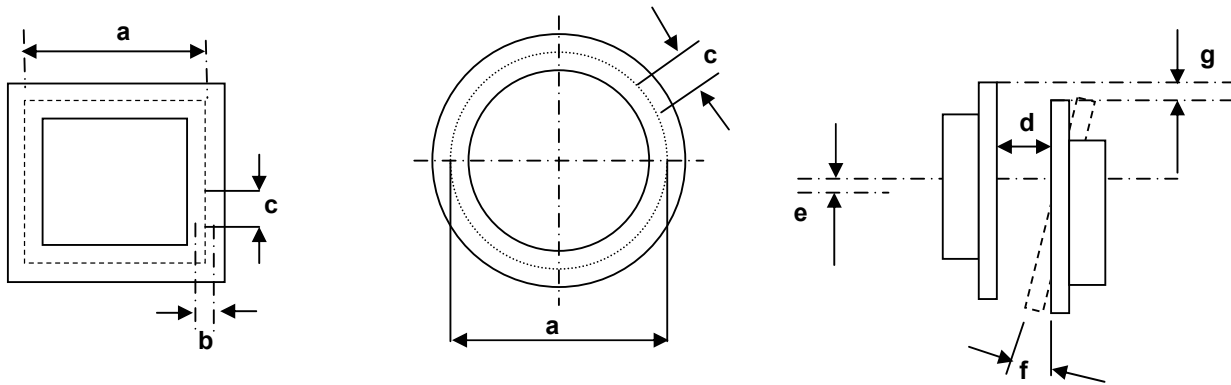
Por favor, consulte las siguientes normas para informarse sobre tolerancias generales:

- **ISO 2768-1** (1989) Tolerancias para dimensiones angulares y lineales sin indicaciones de tolerancia individual
- **EN ISO 13920** (1996) Tolerancias generales para construcciones soldadas – dimensiones para longitudes y ángulos

En otros países pueden aplicarse otras normas nacionales o internacionales, por lo que debe consultar al fabricante o a la autoridad local correspondiente para obtener asesoramiento sobre la normativa aplicable.

### 5.11.1. Tolerancias de interconexión

Se aplica a la interconexión entre el conducto del cliente y el compensador. Las tolerancias aceptables son:



- |  |  |
|--|--|
| a. Círculo de los agujeros de tornillos/ Longitud (hasta 1,5 m)  | $\pm 3$ mm   |
| a. Círculo de los agujeros de tornillos/ Longitud (más de 1,5 m) | $\pm 6$ mm   |
| b. Diámetro de los agujeros de tornillos                         | -0, +1 mm  |
| c. Entre cada agujero ("paso" o "distancia entre tornillos")     | $\pm 1,5$ mm   |
| d. Distancia cara a cara (incluyendo inclinación "f")            | $\pm 10$ mm en cualquier punto alrededor de la junta |
| e. Ajuste previo del eje   | $\pm 3$ mm   |
| g. Alineación de las bridas                                      | $\pm 3$ mm   |

### 5.11.2. Otras tolerancias

Diámetro interno del conducto o longitud lateral	Inferior a 2 m	$\pm 5$ mm
	De 2 m a 5 m	$\pm 8$ mm
	Más de 5 m	$\pm 12$ mm

Superficie de unión de la brida	
Planidad	$\pm 1,5$ mm en cualquier longitud de 1 m
Curvatura en borde exterior	1,5 mm por 100 mm de ancho

**Por favor, póngase en contacto con el fabricante del compensador si no se puede lograr alguna de las tolerancias anteriores.**

## 6. Materiales

Se puede emplear una gran variedad de materiales, seleccionándolos de acuerdo con las necesidades de rendimiento del compensador en servicio. Se deben considerar tanto la resistencia a la abrasión como la resistencia química, la resistencia a la corrosión, la resistencia del material y la capacidad térmica. Gran parte de la información de esta sección es cortesía de DuPont Dow, CICIND y la FSA, a quienes expresamos nuestro agradecimiento.

### 6.1. Elastómeros, plásticos y compuestos

Se pueden utilizar una gran variedad de ellos, con una amplia gama de características de rendimiento. En general, los materiales elastoméricos deben tener siempre algún material de refuerzo como soporte, por ejemplo, fibra aramida, fibra de vidrio, o hilo metálico de aleación resistente a la corrosión.

Para garantizar una vida de servicio razonable, se debe emplear un aislamiento adecuado siempre que las condiciones operativas previstas estén por encima del nivel operativo continuo máximo de cualquiera de los materiales constitutivos. En los casos en que no se ofrezca el aislamiento adecuado, las alteraciones de temperatura por encima del nivel operativo continuo máximo es probable que reduzcan la vida operativa del compensador.

Propiedades simples de los principales elastómeros y polímeros fluorados:

	Elastómeros						Polímeros fluorados	
	Neopreno	Hypalon®	EPDM	Clorobutil	Elastómero fluorado	Silicona @	PTFE (politetrafluoroetileno)	FEP (fluoroetileno propileno)
<b>Gama temperaturas</b>								
Temperatura mínima operativa	-40° C	-40° C	-50° C	-40° C	-40° C	-50° C	-80° C	-80° C
Temperatura operativa continua máxima	80° C	100° C	150° C	150° C	200° C	230° C	260° C	200° C
Tiempo acumulativo/intermitente (hrs)#	120° C/464	120° C/2600 180° C/70	180° C/200	180° C/150	290° C/240 310° C/48 340° C/16 *370° C/4 *400° C/2		370° C/75	260° C/100
<b>Resistencia química</b>								
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 70° C < 50%	x	✓	✓	✓	✓	x	✓	✓
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 70° C > 50%	x	?	x	x	✓	x	✓	✓
HCl 70° C < 20%	x	?	?	?	✓	x	✓	✓
HCl 70° C > 20%	x	x	x	x	?	x	✓	✓
Amoniaco anhidro	✓		✓	✓	x	x		
NaOH < 20%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
NaOH > 20%	✓	✓	✓	✓	?	?	✓	✓
<b>Resistencia a la abrasión</b>	✓	✓	✓	✓	✓	x	x	x
<b>Estabilidad medioambiental</b>								
Ozono	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Oxidación	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Luz solar	?	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Radiación ð	✓	✓	✓	x	?	?	x	x

Claves:

✓ = efecto cero o mínimo

? = efecto menor a moderado

x = efecto grave

\* = elastómeros fluorados reforzados con materiales inertes

# = alteraciones a altas temperaturas acortarán la vida útil del producto

ð = por favor, consulten al fabricante de compensadores para obtener recomendaciones sobre elastómeros apropiados para aplicaciones nucleares

@ = la silicona se debe utilizar sólo para sistemas de aire limpio. No es aceptable en aplicaciones de gases de combustión



## **6.2. Materiales de soporte, aislamiento, barrera química y cubierta exterior**

Por favor, consulten la **Sección 4.1. Principales componentes**, para obtener una explicación de las aplicaciones de estos materiales.

	<b>Temperatura operativa continua máxima (° C)</b>
<b>Materiales de cubierta exterior</b>	
Neopreno	90
EPDM (vulcanización con azufre)	120
EPDM (reticulación con peroxidos)	150
Elastómero fluorado	205
Silicona	220
Plástico fluorado	260
<b>Materiales de barrera química</b>	
Elastómero fluorado	205
Plástico fluorado	260
Foil de acero inoxidable	450
<b>Materiales de la capa aislante</b>	
Tejido o fieltro de vidrio	500
Lana mineral	750
Tejido o fieltro de vidrio para alta temperatura	800
Fieltro de sílice	1000
Material aislante no cerámico para alta temperatura	1000
Fieltro cerámico	1260
<b>Materiales de la capa de soporte</b>	
Tejido de vidrio (con o sin refuerzo metálico)	450
Malla metálica – acero inoxidable	550
Malla metálica – aleaciones	850
Tejido de sílice	1000

### **6.3. Ensayo de los materiales**

La calidad de los materiales utilizados en la fabricación puede identificarse mediante determinadas normas internacionales, muchas de las cuales se enumeran a continuación. Por favor, consulte con el fabricante del compensador para obtener detalles sobre las normas específicas adecuadas para su aplicación en particular.

<b>Norma ISO/EN</b>	<b>Descripción</b>	<b>Equivalentes nacionales</b>
<b>A. Gomas</b>		
ISO 37	Determinación de la resistencia a la tracción, esfuerzo máximo, alargamiento a la rotura y valores de esfuerzo mediante ensayo de tracción	BS 903 Parte A2 DIN 53504
ISO 48	Método para determinar la dureza	BS 903 Parte A26
ISO 132	Determinación de fisuración por flexión y crecimiento de la fisura	Prefijo BS-numeración dual BS 903 Parte A10 DIN 53522 (parte)
ISO 133	Determinación de fisuración por flexión y crecimiento de la fisura	BS 903 Parte A11 DIN 53522 (parte)
ISO 188	Envejecimiento acelerado y ensayos de resistencia al calor	Prefijo BS – numeración dual BS 903 Parte A19 DIN 53508
ISO 868	Método de determinación de dureza	BS 903 Parte A26 DIN 53505
ISO 1817	Determinación de la resistencia a los líquidos, vapores y gases	Prefijo BS – numeración dual BS 903 Parte A16 DIN 53521
<b>B. Tejidos</b>		
ISO 1421	Determinación de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura	Prefijo BS (sustituye a BS 3424 Parte 4)
ISO 4674	Determinación de resistencia al desgarro de tejidos recubiertos de goma o plástico, método del péndulo balístico	Prefijo BS
EN 10204	Documentos de inspección	Prefijo BS Prefijo DIN
EN ISO 13934-1	Ensayo simple de tracción sobre bandas de tejidos	Prefijo BS (sustituye a BS 2576) Prefijo DIN

Véase también: Hoja informativa DECHEMA ZfP 1:

Métodos de ensayo no destructivos en plantas químicas

Ensayos de fuga en aparatos y componentes de plantas químicas

## **7. Seguridad e higiene**

En la producción de materiales de compensadores se puede usar una gran variedad de fibras, elastómeros y plásticos fluorados.

A medida que la experiencia se ha ido incrementando, se han atribuido determinado número de afecciones médicas a la alta exposición a algunos de estos materiales. Por ejemplo, los efectos adversos para la salud de la exposición a niveles altos en el aire de algunas fibras (especialmente el amianto) se han documentado extensamente, lo que ha llevado a desarrollar una amplia gama de legislación restrictiva. Aunque es evidente que los efectos sobre la salud varían notablemente entre los distintos tipos de fibras (incluso entre las diferentes formas de amianto), también se han estudiado cada vez más durante la última década los efectos sobre la salud de muchas fibras alternativas naturales o artificiales.

### **Materiales para compensadores**

Los compensadores de tejido con una única capa de elastómero o polímero fluorado reforzado con fibras no representan ningún riesgo para la salud o la seguridad. En condiciones normales de manipulación y de uso, es poco probable que estos productos den lugar a niveles significativos de exposición a los materiales constitutivos. Las fibras están encapsuladas normalmente dentro de un aglutinante elastomérico (o están ellas mismas polimerizadas), y como tales, no pueden entrar en el cuerpo humano como polvo transportado en el aire.

Los compensadores compuestos se fabrican con una amplia variedad de materiales fibrosos, ya sea tejidos o en forma de fieltro; algunos de ellos pueden ser irritantes o pueden clasificarse como posiblemente peligrosos. En consecuencia, con independencia de las fibras de que se trate, se recomienda que los materiales de compensadores que contengan fibra se traten con el cuidado suficiente para evitar la producción de polvo innecesario. Del mismo modo, cuando sea necesario retirar o sustituir dichos materiales durante el mantenimiento normal, es necesario adoptar siempre precauciones para minimizar el polvo. En todos los casos, se deben aplicar normas de higiene adecuadas, y se deben eliminar los materiales de desecho trasladándolos a un lugar que cuente con las debidas licencias para poder aceptar materiales de esta naturaleza.

Aunque los materiales son inherentemente resistentes al fuego, es posible que se produzca su descomposición a temperaturas elevadas o en caso de fuego prolongado, dando lugar a humos irritantes y, en algunos casos, tóxicos o nocivos.

### **Materiales que contienen fibras cerámicas**

Los materiales de compensadores que contienen fibras cerámicas pueden producir polvo nocivo si se someten a un tratamiento mecánico severo o si el producto ha sufrido fragilización. El Parlamento Europeo y el Consejo de Ministros han clasificado las fibras cerámicas (bajo la Directiva EU 97/69/EC sobre **Clasificación, embalaje y etiquetado de sustancias peligrosas** del 5 de diciembre de 1997) como **Carcinógeno Categoría 2** (sustancias que deben considerarse como si fueran carcinogénicas para el hombre). La exposición ocupacional al polvo de fibra cerámica debe minimizarse y mantenerse bien por debajo de los límites nacionales de exposición. En consecuencia, los miembros de la ESA deberán evitar el uso de materiales cerámicos cuando haya otra alternativa apropiada disponible; consulten al fabricante de compensadores para obtener más información.

### **Materiales que contienen otras fibras**

Pueden incluir diversas fibras, pero especialmente aramida, vidrio o fibra mineral artificial (MMM). La mayoría de ellas son resistentes al fuego. Algunas de estas fibras (normalmente de un diámetro específico) pueden causar irritación a personas con pieles sensibles.

Aunque la mayoría de estos materiales se consideran no peligrosos, algunos están bajo sospecha o se consideran posiblemente peligrosos. En la Directiva EU 97/69/EC sobre **Clasificación, embalaje y etiquetado de sustancias peligrosas** de 5 de diciembre de 1997, la mayoría de las fibras vítreas (roca, vidrio, etc.), han sido clasificadas como **Carcinógeno Categoría 3** (sustancias que causan preocupación debido a sus posibles efectos carcinogénicos para el hombre), con la excepción de las que cumplen determinados criterios de exoneración, tales como diámetro, longitud o solubilidad de la fibra. Las fibras de aramida, vidrio o basalto utilizadas en los compensadores cumplen generalmente estos criterios de exoneración. Las fibras minerales se han clasificado como **irritantes para la piel**. La clasificación de fibras vítreas como Carcinógeno Categoría 3 está de acuerdo con la clasificación ya vigente basada en la mayoría de las reglamentaciones nacionales en los Estados miembros de la UE. La exposición ocupacional a estos polvos debe minimizarse y mantenerse bien por debajo de los límites nacionales de exposición.

### **Materiales que contienen elastómeros fluorados y plásticos fluorados**

Aunque estos materiales son generalmente no inflamables, puede producirse su descomposición a temperaturas elevadas o ante un fuego prolongado, dando lugar a humos irritantes y, en algunos casos, tóxicos o nocivos.

**Consultar siempre al fabricante para obtener un asesoramiento detallado sobre productos específicos.**

## **8. Transporte, almacenamiento, manipulación para instalación y a posteriori**

Parte de esta sección está adaptada del borrador TI-008, RAL-GZ 719, con nuestro agradecimiento.

Los compensadores de tejidos son productos de alta complejidad técnica por lo que deben ser manipulados con atención.

### **8.1. Embalaje**

A falta de otros requerimientos por parte del cliente, los compensadores de tejido se deben empaquetar en cajas de cartón sólidas o similares que sean estándar, en pallets que permitan su retirada con una carretilla elevadora. Se deben acordar con el fabricante los requerimientos específicos de embalaje:

- Cajas, cajones
- Embalaje marítimo
- Contenedor de ultramar
- Embalaje especial

Todos los materiales de embalaje están diseñados para ser manipulados con grúas o carretillas elevadoras. El embalaje proporciona la mejor protección para los compensadores (en tránsito o en almacenamiento a corto plazo) y debe retirarse sólo en el lugar en que van a ser instalados, justo antes de su instalación.

Un almacenamiento a largo plazo puede requerir un embalaje especial que debe acordarse con el fabricante.

### **8.2. Transporte**

Los compensadores de tejido se embalan para su transporte conforme a su tamaño, el método y duración del transporte, el destino final de envío, y la duración prevista del embalaje. No debería producirse ningún daño durante un transporte normal.

Las cajas de cartón en pallets, las cajas de madera y los contenedores están diseñados y son adecuados para su manipulación mediante grúas o carretillas elevadoras, según proceda. Las cajas de cartón en pallets no deben almacenarse unas encima de otras. Se debe respetar la capacidad máxima de aguante (capacidad de soporte).

Los compensadores no embalados deben moverse con extremo cuidado. Por favor, tengan en cuenta los siguientes puntos:

- los compensadores no embalados deben colocarse sobre una base segura (ej. pallet) y deben protegerse temporalmente durante su transporte (incluyendo el punto de instalación)
- los puntos de unión en los equipos de elevación deben estar en la base (pallet)
- cuando proceda, utilice siempre varias personas para el traslado
- no arrastre los compensadores por el suelo o a través de bordes
- respete las propiedades de doblado decrecientes a bajas temperaturas

### **8.3. Almacenamiento**

El estado y duración del almacenamiento influyen en el estado del compensador:

- almacene los compensadores en sus embalajes originales
- almacene los compensadores en condiciones secas. Evite las humedades altas
- proteja los compensadores de la influencia climatológica directa, por ejemplo, de la luz solar, la lluvia, etc.
- si es posible, almacene los compensadores en el interior de edificios
- la temperatura de almacenamiento recomendada es entre +10° C y 20° C
- no almacene otros equipos encima de los compensadores
- debe evitarse la penetración de ozono, la influencia química y las condiciones medioambientales agresivas para almacenamientos de duración superior a 6 meses

#### 8.3.1. Almacenamiento a corto plazo antes de la instalación

Se recomiendan las siguientes condiciones adicionales:

- almacene el compensador en contenedores resistentes a las condiciones climatológicas, por ejemplo, contenedores de ultramar
- durante el almacenamiento a corto plazo en el exterior, el compensador debe cubrirse con una cubierta apropiada resistente a las condiciones climatológicas y debe protegerse frente a la humedad del suelo
- a temperaturas ambiente bajas, los compensadores ofrecen una resistencia creciente al doblado. En estas condiciones, se recomienda que el compensador se almacene inmediatamente en un entorno más cálido antes de su instalación

**Por favor, contacte con el suministrador en caso de que el embalaje haya quedado dañado durante el transporte o almacenamiento.**

#### **8.4. Comprobaciones previas a la instalación**

Por favor, compruebe los siguientes puntos antes de instalar el compensador:

- que las bridas estén en buenas condiciones, soldadas de forma continua y completa y libres de bordes cortantes, rebabas, etc.
- que las dimensiones y los agujeros en las bridas del conducto y las barras de sujeción son correctas
- que las bridas del conducto estén alineadas correctamente
- que los bordes de las barras de sujeción que pueden estar en contacto con el material flexible del compensador sean redondeados
- que, una vez montados, los deflectores estén en buen estado y con la orientación correcta

Para compensadores embridados, compruebe además:

- que las cabezas de los tornillos no dañan las capas exteriores del compensador al expandirse
- que en espacios cerrados o cuando son probables grandes movimientos, las barras de sujeción podrían necesitar montarse con cabezas de tornillo avellanadas

**Nunca instale componentes dañados**

#### **8.5. Manipulación para la instalación**

Para conservar la vida útil y la fiabilidad del compensador, se deben observar las siguientes precauciones:

- los compensadores grandes/pesados deben sostenerse totalmente durante su instalación con grúas o poleas
- los compensadores de tejido **no** deben elevarse acoplado el dispositivo de elevación directamente al tejido. El compensador de tejido debe descansar sobre una base de apoyo, a la que se pueden acoplar los equipos de elevación
- los compensadores de tejido que han sido pre-ensamblados por el fabricante deben elevarse por los puntos de elevación y **no** por sus flejes (salvo que el fabricante haya combinado especialmente los dos)
- cualquier cubierta protectora y/o barra de transporte **no** debe retirarse hasta que la instalación haya finalizado, sin embargo **debe** retirarse inmediatamente antes de la puesta en marcha de la planta
- se debe proteger el compensador de las chispas de soldadura y de objetos afilados, cuando sea necesario
- **no** se debe caminar sobre el compensador ni colocar andamiajes sobre él
- todas las barras de sujeción, incluyendo sus tornillos y tuercas, deben estar en su lugar y apretados a mano antes del apriete adicional
- la carga de tornillo requerida variará, dependiendo del tipo de compensador, las dimensiones del tornillo, la lubricación del tornillo, la distancia entre tornillos, etc. Por favor, consulte la **Sección 5.2. Guía de apriete de tornillos para compensadores embridados**.

#### **8.6. Tras la instalación**

Cuando se caliente el compensador (como sucede al poner en marcha la planta), los componentes del compensador se asentarán. Por lo tanto, los tornillos del compensador se deberán volver a apretar lo antes posible tras la puesta en marcha y no más tarde de la primera parada. Se debe apretar tan sólo hasta el apriete recomendado por el fabricante.

Como cualquier otro componente de una planta industrial, un compensador requiere supervisión para garantizar la máxima fiabilidad. Los compensadores deben considerarse **partes que sufren desgaste**, es decir, partes que necesitan sustituirse a intervalos regulares. Con frecuencia se pueden evitar cierres costosos y situaciones de emergencia sustituyendo oportunamente las partes que sufren desgaste.

Aunque, en general, los compensadores de tejido no necesitan mantenimiento efectivo, deben inspeccionarse regularmente para comprobar si presentan signos de daños. El primer signo de daños será visible en la superficie de la cubierta exterior. El recubrimiento puede empezar a decolorarse o desprenderse, dependiendo del tipo de daño (térmico o químico). Si aparece alguno de estos signos, póngase en contacto con el fabricante inmediatamente.

## **9. Garantía de calidad**

Esta sección está adaptada del Manual Técnico – Sistemas de conductos FSA<sup>6</sup>, con nuestro agradecimiento.

Las normas internacionales para sistemas de gestión de calidad, como la norma ISO 9000, especifican requisitos de uso en los que debe demostrarse la capacidad del suministrador para diseñar y suministrar productos conformados. Estos requisitos van encaminados a lograr la satisfacción del cliente evitando la no conformidad en todas las fases, desde la de diseño a la de servicio.

La certificación de conformidad con la norma ISO 9000 garantiza la verificación y documentación de todos los procedimientos de gestión de garantía de calidad en la fabricación de compensadores, desde la selección del material a la fabricación, ensayo y preparación para su entrega.

### **9.1. Identificación y control de materiales**

Se debe utilizar un sistema para garantizar que los materiales utilizados en la construcción del compensador cumplen los requisitos del diseño, especificaciones, etc. Deben existir procedimientos documentados para la identificación y seguimiento de los materiales utilizados para el producto final. Para obtener más información sobre el ensayo de materiales, por favor consulte la **Sección 6. Materiales**.

Los componentes de materias primas y las partes acabadas deben almacenarse y protegerse adecuadamente para evitar que se dañen.

### **9.2. Control de planos y documentos**

Los planos de montaje, cuando sean necesarios, deben hacerse a partir de las especificaciones, dibujos, requisitos de pedido u otra información específica del cliente. Se deben establecer procedimientos documentados para controlar todos los documentos y datos que tienen relación con los documentos anteriores.

Cuando el comprador solicite la aprobación de planos, el fabricante debe presentarle dibujos que muestren las dimensiones básicas, condiciones operativas, movimientos, materiales y otra información semejante. El fabricante debe mantener un registro de todas las especificaciones y planos de compra aprobados, que servirá para identificar el estado de revisión de todos los documentos en cada momento.

### **9.3. Control de procesos de fabricación**

Se debe utilizar un sistema para garantizar que se emplean en la fabricación tan sólo los planos y procedimientos pertinentes. El fabricante debe documentar procedimientos para los procesos de producción, instalación y servicio para garantizar una calidad de producto uniforme y constante.

### **9.4. Ensayo, inspección y documentación**

Cada fabricante debe preparar, mantener y utilizar procedimientos escritos que cubran las operaciones de proceso y de inspección que se utilizan durante los métodos de fabricación, las comprobaciones dimensionales, las inspecciones visuales, los ensayos no destructivos y otras operaciones pertinentes que se deben realizar para garantizar que el compensador cumple las especificaciones. El procedimiento debe especificar los estándares de aceptación aplicables y debe proporcionar un medio para documentar que las operaciones se han realizado realmente y que los resultados son satisfactorios.

#### *9.4.1. Ensayos físicos*

Al ser tan grandes los compensadores de los conductos de gases de exhaustación, **es prácticamente imposible establecer un procedimiento de ensayo en planta para cada compensador in situ** ya que el coste de dicho programa de ensayo resultaría prohibitivo comparado con el valor obtenido. Una pequeña fuga en una instalación es aceptable normalmente. Los ensayos de presión estructural no resultan prácticos normalmente y no se recomiendan.

Los materiales utilizados en la fabricación de los compensadores deben ser sometidos a ensayos para garantizar su calidad y se deben establecer procedimientos escritos para registrar las conclusiones. El producto debe comprobarse en cada fase de fabricación para garantizar un producto capaz de rendir de forma satisfactoria en el servicio para el que está recomendado.

El fabricante debe establecer y mantener registros que documenten que el producto ha sido inspeccionado y/o sometido a ensayo, y si el compensador ha aprobado o no las inspecciones y/o ensayos.

---

<sup>6</sup> **Manual técnico – Sistemas de conductos** (3ª edición), publicado por la European Sealing Association, 1997.

#### 9.4.2. Ensayos térmicos

Previa solicitud, los fabricantes pueden proporcionar datos de ensayo que demuestren la capacidad del diseño global y de la combinación de materiales para soportar la temperatura máxima para la que se ha propuesto el compensador. Se debe fijar la atención especialmente en la zona de sujeción, en donde son importantes las consideraciones de temperatura que deben discutirse a fondo con el fabricante.

#### 9.4.3. Apriete

Para recomendaciones sobre el apriete de los tornillos, por favor véase la **Sección 5.2. Guía de apriete de tornillos para compensadores embreados**.

La información contenida en esta sección es específicamente para Alemania, y se suministra sólo **como ejemplo**, por cortesía de la RAL (en otros países se aplicarán otras normas nacionales e internacionales, así que será necesario consultar al fabricante o a las autoridades locales competentes para obtener asesoramiento).

Utilizando el método de fijación seleccionado por el fabricante y con la superficie de brida especificada por él, el compensador debe ser estanco, tanto en la longitud flexible como en el área de sujeción. La "estanqueidad a los gases de combustión" tal y como se utiliza aquí está definida en la última edición de la Hoja Informativa DECHEMA ZfP1, Hoja Suplementaria 2, Párrafo 2.2: "Método de burbujas con líquido espumoso" ("estanqueidad nekal"). La definición de estanco-nekal se aplica a la totalidad del compensador ya instalado.

Para obtener más información sobre estas definiciones técnicas de la RAL, por favor véase la **Sección 11. Estanqueidad a los gases de combustión y estanqueidad nekal**.

### **9.5. Inspección final y preparación para su envío**

Antes de su envío, se deben comprobar los siguientes puntos del compensador para garantizar la máxima integridad del producto:

- a) conformidad con las dimensiones contempladas en los planos de fabricación, incluyendo la estructura de atornillamiento de bridas (si procede)
- b) integridad de los empalmes en el elemento flexible (si procede)
- c) seguridad de las tuercas y tornillos en las barras de sujeción, montajes de bridas, y flejes u otros medios de sujeción para el transporte.
- d) tamaño, número y colocación adecuados de los flejes de sujeción, puntos de elevación, o ayudas a la instalación (pintadas de amarillo si fuese necesario retirarlas tras su instalación)
- e) los conjuntos de compensadores con deflectores deben transportarse y almacenarse con la parte de aguas arriba elevada para evitar la acumulación de agua de lluvia
- f) las marcas de identificación, las flechas de dirección de flujo y las instrucciones deben estar claramente estarcidas o adheridas de forma permanente
- g) se deben incluir instrucciones de instalación con cada conjunto
- h) el estado general del elemento flexible, el marco y la pintura deben ser conformes con los requisitos del cliente y con unas prácticas correctas de fabricación

## **10. Garantías y responsabilidades**

Los compensadores de tejido se consideran normalmente un componente crucial de los sistemas en los que operan. Como tales, un fallo prematuro o no previsto puede producir con frecuencia ineficiencias o fugas peligrosas. En consecuencia, el rendimiento del compensador, y el apoyo del fabricante a dicho rendimiento, son un asunto de gran importancia.

Aunque son componentes importantes, los compensadores de tejido muchas veces sólo suponen una pequeña parte de los costes del sistema global o de los costes de las pérdidas debidas a los tiempos de inactividad por sustitución derivados de un fallo no previsto. No obstante, es necesario insistir en que los compensadores son partes que sufren desgaste y tienen una vida finita y, como tales, deben estar sometidos a una rutina de inspección. El riesgo de fallos aumenta a medida que se alarga la vida operativa.

Siempre es preferible que la instalación se realice bajo la supervisión estrecha del fabricante del compensador, para garantizar que se aplican los procedimientos correctos. Evidentemente se produce un coste asociado a este servicio. Con ello, no sólo se realizará correctamente la instalación, sino que los conocimientos técnicos de estos equipos garantizan normalmente un proceso de instalación mucho más rápido, con costes de vida asociados más bajos para el cliente.

En caso de que se suministre una garantía de rendimiento y la instalación haya sido realizada por terceros siguiendo sólo instrucciones escritas/esquemáticas proporcionadas por el fabricante, es importante que la instalación finalizada sea inspeccionada y aprobada por el fabricante o por la persona que éste designe antes de aceptar las condiciones de garantía.

En ningún caso se admitirán las pérdidas resultantes del sistema como responsabilidad debida a un fallo prematuro.

El nivel de garantía debe ser acordado claramente entre el fabricante y el cliente antes de la ejecución del contrato. Con independencia del nivel de garantía aceptado, ambas partes deben acordar unas condiciones operativas específicas. Si se sobrepasan estas condiciones, por la razón que sea, la garantía quedará anulada.

Los fabricantes de compensadores garantizarán sus productos por materiales o mano de obra defectuosa, normalmente durante un espacio de tiempo dado (generalmente 12 meses), acordado con el cliente. La sustitución o reparación (según estime apropiado el fabricante) estará limitada al ámbito y los términos del suministro original.

### **10.1. Período de comienzo**

Los períodos de garantía deben ser definidos (generalmente 12 meses u 8.000 horas operativas) y acordados; ya empiecen a la entrega in situ, la puesta en marcha o tras el encargo. El período puede expresarse en términos de años, meses u horas operativas.

### **10.2. Reclamaciones en garantía**

Las reclamaciones dependen de lo rápido que se avise al fabricante del problema; un defecto menor que requiere una reparación pequeña puede derivar en una sustitución importante si no se actúa oportunamente. Parte de la negociación de la garantía puede incluir inspecciones anuales pagadas por el cliente, permitiendo al fabricante que inspeccione la instalación.

### **10.3. Garantías ampliadas**

En los casos en que se acuerdan las garantías para unos pocos años, tras el período inicial de garantía (normalmente 12 meses) cuando se va a abonar el 100% de la garantía, puede funcionar una escala móvil para reflejar que parte de la vida operativa del compensador ya se ha producido. Probablemente las garantías ampliadas se cargan con una prima. Se deben negociar cláusulas específicas con el fabricante en el momento de revisar el contrato.



## **11. Estanqueidad a los gases de combustión y estanqueidad nekal**

Esta sección describe la información técnica tal y como viene definida en los documentos de la RAL **TI-002** y **TI-003**, ambos Rev. 1 de 06/98. La información se extrae de los documentos de la RAL sin modificaciones.

### **11.1. Compensadores de tejidos estancos a los gases de combustión (TI-002)**

1. Las Normativas sobre Calidad y Ensayos para Compensadores de tejido mencionan en el Punto 2.1.4. y en el 3.1.4. "Estanqueidad" que los compensadores deben ser estancos de acuerdo con la última edición del Boletín Informativo de DECHEMA ZfP 1, anexo 2, Punto 2.2. "Método de burbujas con líquido espumoso" (estanco nekal).
  2. El método de burbujas acc. ZfP 1 es un método cualitativo. Sirve para encontrar y confirmar una fuga individual.
  3. En el Boletín Informativo DECHEMA ZfP 1 se realizan manifestaciones relativas a la sensibilidad de los métodos de ensayo, es decir medidos como producto PV para caracterizar una cantidad de gas.
- 3.1 La sensibilidad del método de burbujas para servir como prueba se establece que es

$$L = 10^{-2} \text{ bis } 10^{-4} \text{ mbar.l.s}^{-1}$$

- 3.2 Esta indicación se refiere a una fuga individual y por lo tanto no puede trasladarse al nivel integral de fuga de un compensador.
4. La estanqueidad se prueba en una unidad de ensayo por medio de un líquido espumoso (nekal) a temperatura ambiente.
- 4.1 De acuerdo con las Normativas sobre Calidad y Ensayos RAL-GZ 719, Punto "2.2.6. Estanqueidad", no deben aparecer burbujas en la zona de fuelle a presión de ensayo, que debe ser 1 ½ veces la presión nominal, al menos hasta 5000 Pa.
- 4.2 Como complemento a las Normativas sobre Calidad y Ensayos RAL-GZ 719, Punto "2.2.6. Estanqueidad", se permite no obstante la aparición de un número limitado de burbujas de espuma en el área de sujeción y el área de junta del fuelle, si las especificaciones del cliente no establecen lo contrario.
5. Para mayor comodidad, la formación de burbujas se juzga en cada uno de los lados de sujeción para una longitud específica de circunferencia (ej. 1 m).
- 5.1 El diámetro y número de burbujas formadas en un período de tiempo específico se puede utilizar como referencia para evaluar el nivel de fuga.
- 5.2 Una burbuja de espuma esférica de 13,66 mm de diámetro tiene un volumen aproximado de 1 cm<sup>3</sup>. 100 burbujas de 2,94 mm cada una, o 10.000 burbujas de 0,63 mm cada una, o 1.000.000 burbujas de 0,14 mm de diámetro cada una, tienen un volumen idéntico.
- 5.3 Según la estructura, son admisibles fugas que estén entre L.min<sup>-1</sup>.m<sup>-1</sup>.
6. La estanqueidad puede demostrarse en una muestra de diseño convenida de mutuo acuerdo y/o in situ, en el original instalado.

### **11.2. Compensadores de tejido de estanqueidad nekal (TI-003)**

1. Las Normativas sobre Calidad y Ensayos para Compensadores de tejido mencionan en el Punto 2.1.4. y en el 3.1.4. "Estanqueidad" que los compensadores deben ser estancos de acuerdo con la última edición del Boletín Informativo de DECHEMA ZfP 1, anexo 2, Punto 2.2. "Método de burbujas con líquido espumoso" (estanco nekal).
  2. El método de burbujas acc. ZfP 1 es un método cualitativo. Sirve para encontrar y confirmar una fuga individual.
  3. En el Boletín Informativo DECHEMA ZfP 1 se realizan manifestaciones relativas a la sensibilidad de los métodos de ensayo, es decir medidos como producto PV para caracterizar una cantidad de gas.
- 3.1. La sensibilidad del método de burbujas para servir como prueba se establece que es

$$L = 10^{-2} \text{ bis } 10^{-4} \text{ mbar.l.s}^{-1}$$

- 3.2. Esta indicación se refiere a una fuga individual y por lo tanto no puede trasladarse al nivel integral de fuga de un compensador.
4. La estanqueidad se prueba en una unidad de ensayo por medio de un líquido espumoso (nekal) a temperatura ambiente.
- 4.1. De acuerdo con las Normativas sobre Calidad y Ensayos RAL-GZ 719, Punto "2.2.6. Estanqueidad", no deben aparecer burbujas en la zona de fuelle a presión de ensayo, que debe ser 1 ½ veces la presión nominal, al menos hasta 5000 Pa.

4.2. Esto se refiere tanto a la zona del fuelle como al área de sujeción.

5. La estanqueidad puede demostrarse en una muestra de diseño convenida de mutuo acuerdo y/o in situ, en el original instalado.

## **12. Glosario de términos**

Esta sección contiene un listado alfabético de las características especiales y términos técnicos que son de uso común en la terminología de compensadores. Gran parte de la información de esta sección proviene del Manual Técnico FSA de Sistemas de Conducción (tercera Edición)<sup>6</sup> con nuestro agradecimiento.

<b><u>Término</u></b>	<b><u>Definición</u></b>
<b>Agarraderas de elevación</b>	Véase <b>Puntos de elevación</b>
<b>Agarraderas de transporte</b>	Véase <b>Puntos de elevación</b>
<b>Aislamiento</b>	Capas de material térmicamente protector diseñadas para reducir el efecto de la temperatura del fluido de proceso (véase también <b>Colchoneta</b> )
<b>Aislamiento acústico</b>	Capacidad de un compensador de absorber el sonido o el ruido  (véase también <b>Atenuación del ruido</b> )
<b>Aislamiento externo</b>	Materiales aislantes aplicados al exterior del conducto o del compensador
<b>Ajuste previo en frío</b>	Véase <b>Ajuste previo</b>
<b>Alargamiento axial</b>	Véase <b>Extensión axial</b>
<b>Altura de retirada</b>	Véase <b>Retirada</b>
<b>Análisis de elementos finitos (AEF)</b>	Estudio de una estructura y sus componentes para garantizar que el diseño se adecua a los criterios de rendimiento exigidos para lograr la integridad de estructura, térmica, de amortiguación y antivibración
<b>Ancla</b>	Véase <b>Punto fijo</b>
<b>Ángulos</b>	Pieza de acero con forma de L utilizada bien como brida del conducto o bien como pieza de fijación para un compensador utilizada para atornillar o soldar la junta a las superficies de acoplamiento de la brida del conducto o equipo adyacente
<b>Ángulos de apoyo de junta de expansión</b>	Véase <b>Ángulos</b>
<b>Arco externo</b>	Véase <b>Esquina de arco externa</b>
<b>Arco interno</b>	Véase <b>Esquina de arco interno</b>
<b>Área de sujeción</b>	La parte del compensador que está cubierta por el dispositivo de sujeción (véase 4.2.2.)
<b>Atenuación del ruido</b>	Reducción del ruido transmitido a través de la construcción del compensador
<b>Banda</b>	El elemento flexible de un compensador, normalmente formado por tejido revestido de elastómero
<b>Banda protectora</b>	Material de tejido (o "cinta nota musical") utilizado en ocasiones entre la banda y la barra de sujeción del compensador para proteger la banda de la transmisión de calor o de la abrasión
<b>Barras</b>	Véase <b>Flejes</b>
<b>Barras auxiliares</b>	Véase <b>Barras de sujeción</b>
<b>Barras de apoyo</b>	Véase <b>Barras de sujeción</b>
<b>Barras de sujeción</b>	Barras de metal utilizadas para sujetar el compensador a las bridas del conducto que se acoplan, o para sujetar la parte de tejido de un compensador tipo banda a las bridas del adaptador de metal

<b>Barras de tránsito</b>	Véase <b>Flejes</b>
<b>Barrera térmica</b>	Capa de material aislante diseñada para reducir la temperatura superficial en la capa de sellado al gas hasta un nivel compatible con su capacidad de resistencia al calor
<b>Bastidor</b>	El angular o marco de acero al que se acopla la parte de la banda o fuelle del compensador (véase también <b>Montaje de compensador</b> )
<b>Bastidor de compensador</b>	Bastidor de metal al que se acopla el compensador antes de fijar el propio bastidor al sistema de conductos. El bastidor puede incorporar deflectores internos
<b>Bastidor de imagen</b>	Véase <b>Bastidor de junta</b>
<b>Bastidor de junta</b>	Bastidor metálico al que se acoplan los compensadores tipo banda o íntegramente embridados antes de su instalación
<b>Bolster</b>	Elemento de relleno, aislante térmico (Vease <b>Aislamiento, Colchoneta</b> )
<b>Brida</b>	El componente que se utiliza para fijar el compensador al sistema de conductos. Puede ser de metal o del mismo material que los fuelles
<b>Brida de apertura</b>	La brida del sistema de conductos (normalmente en un ángulo o canal), con la que conecta el compensador
<b>Brida de conducto</b>	Véase <b>Brida de apertura</b>
<b>Bridas de apoyo</b>	Véase <b>Barras de sujeción</b>
<b>Camisa</b>	Véase <b>Refuerzo de brida</b>
<b>Camisa de junta</b>	Véase <b>Refuerzo de brida</b>
<b>Capa estanca</b>	La capa específica del compensador diseñada para parar la penetración de gas en el cuerpo del compensador. Puede ser un cierre primario o secundario, y puede ser la cubierta externa o una capa especial, dependiendo de los requisitos específicos de temperatura
<b>Capa de apoyo</b>	Mantiene el aislamiento en su lugar y proporciona protección durante la manipulación y operación
<b>Capa interna</b>	El lado en contacto con el gas (interior) de un compensador compuesto
<b>Chapa defensora</b>	Véase <b>Deflector interno</b>
<b>Ciclos de vida</b>	El número de veces que se opera el compensador desde la posición fría a caliente y de nuevo de vuelta a la posición fría
<b>Cierre (o compensador) en ángulo</b>	Véase <b>Compensador embridado</b>
<b>Cierre anti-cenizas volátiles</b>	Véase <b>Cierre anti-polvo</b>
<b>Cierre anti-polvo</b>	Elemento flexible que se acopla entre las pantallas protectoras y/o la pared del conducto para restringir la acumulación de polvo entre la pantalla y el cuerpo de la junta. Este elemento no es estanco al gas.
<b>Cierre primario</b>	El componente diseñado como el medio principal para evitar la fuga de fluido a través del compensador (Véase también <b>Cierre secundario</b> )
<b>Cierre secundario</b>	Componente diseñado como apoyo al cierre primario para evitar la fuga de fluido a través del compensador (véase también <b>Cierre primario</b> )
<b>Cinta de rozamiento</b>	Véase <b>Banda protectora</b>
<b>Colchón cosido</b>	Véase <b>Fieltro</b>

<b>Colchoneta</b>	Un tipo de aislamiento a granel con forma de almohada, que se utiliza para rellenar la cavidad entre el compensador y el deflector. Se utiliza por diversos motivos, entre los que se incluyen: la protección térmica de la junta, evitar la entrada de partículas sólidas, y mejorar el rendimiento acústico de la junta.
<b>Compensador</b>	Compensador de dilatación o <b>Junta de expansión</b> . Conjunto de materiales metálicos o no metálicos que, en un sistema de conductos, constituyen un componente que se utiliza para compensar los movimientos axiales y transversales debidos a la expansión térmica o a la vibración de los conductos y de los revestimientos de la chimenea.
<b>Compensador de fuelle ondulado</b>	Compensadores de fuelle en los que los grandes movimientos se alojan mediante el uso de ondulaciones o formas en "V".
<b>Compensador de múltiples capas</b>	Un compensador en el que las diversas capas son de materiales diferentes que no están ligados íntegramente
<b>Compensador de tejido</b>	Un compensador que utiliza material de banda flexible no metálico para alojar el movimiento de la junta
<b>Compensador de tejido de tipo embridado</b>	Véase <b>Compensador embridado</b>
<b>Compensador de tipo combinado</b>	Un compensador que utiliza tanto configuraciones de sujeción tipo banda como tipo embridado
<b>Compensador de tipo íntegramente embridado</b>	Véase <b>Compensador embridado</b>
<b>Compensador de tipo moldeado</b>	Fabricado mediante un proceso especial de moldeado, la "pared" del compensador se moldea en forma de "U" o en una configuración ondulada
<b>Compensador de una sola capa</b>	Compensador formado por una capa consolidada, construida frecuentemente con elastómeros y materiales de refuerzo o con plásticos fluorados y materiales de refuerzo.
<b>Compensador embridado</b>	Un compensador en el que las bridas de la junta están hechas del mismo material que el cuerpo de la junta, como sucede en las juntas tipo "U".
<b>Compensador no metálico</b>	Véase <b>Compensador de tejido</b>
<b>Compensador tipo banda</b>	Un compensador en el que la parte de fuelle flexible de la junta se ha fabricado como banda plana y está atornillada o sujeta a un marco o bridas de adaptador de metal
<b>Compensador tipo compuesto</b>	Véase <b>Compensador de múltiples capas</b>
<b>Compensador tipo manguito</b>	Véase <b>Compensador tipo banda</b>
<b>Compensadores en línea</b>	Dos o más compensadores en serie, que se utilizan combinados para compensar movimientos especialmente excesivos (véase también <b>Guía de control de tijera</b> )
<b>Compresión axial</b>	La reducción en longitud de un compensador paralelo a su eje longitudinal, siendo medido dicho movimiento en milímetros (o pulgadas) y causado normalmente por la expansión térmica del sistema de conductos.
<b>Conducto de gases de combustión</b>	Conducto que transporta los gases de combustión a la chimenea
<b>Conjunto de montaje de compensador</b>	El compensador completo, incluyendo, cuando proceda, el elemento flexible, el marco y cualquier revestimiento de flujo o componente auxiliar.
<b>Conjunto de unión</b>	El conjunto de todos los materiales y herramientas especializadas apropiadas necesario para unir o empalmar un compensador durante el ensamblaje in situ
<b>Cristalización (cristobalita)</b>	Determinados materiales de lana cerámica forman cristales nocivos a temperaturas superiores a 800° C (1472° F)

<b>Cubierta exterior</b>	La capa más exterior (capa externa) de un compensador compuesto que está expuesta al medio ambiente externo
<b>Cubierta interna</b>	Véase <b>Capa interna</b>
<b>Cubierta protectora de transporte</b>	Material de la cubierta exterior utilizado para proteger el compensador durante el transporte e instalación
<b>d.i. del conducto</b>	La dimensión interna del conducto medida desde las paredes del conducto, antes de aplicar cualquier tipo de revestimiento
<b>Deflector flotante</b>	Un tipo específico de disposición del deflector
<b>Defensa</b>	Véase <b>Banda</b>
<b>Deflector atornillado</b>	Un deflector diseñado para ser atornillado a la brida del conducto
<b>Deflector de acción única</b>	Escudo metálico construido de forma que el revestimiento sea de una sola pieza. El deflector proporciona protección frente al flujo del medio o frente a cenizas volátiles y está acoplado a un lado del marco o conducto
<b>Deflector de doble acción</b>	Un escudo de metal construido de forma que el revestimiento esté formado por dos piezas, cada una de las cuales proporciona cierta protección frente a las cenizas volátiles o el flujo del medio. Se acopla una pieza a cada lado del marco o conducto, uniéndola mediante el compensador (véase también <b>Deflector interno</b> )
<b>Deflector interno</b>	Escudo de metal diseñado para proteger el compensador de partículas abrasivas en la corriente de gas y/o para reducir la vibración provocada por la turbulencia de aire en la corriente de gas
<b>Deflector telescópico</b>	Véase <b>Deflector doble acción</b>
<b>Deflectores gemelos</b>	Véase <b>Deflectores de doble acción</b>
<b>Desajuste</b>	El estado de alineamiento defectuoso que existe entre caras adyacentes de la apertura o bridas del conducto durante el ensamblaje del conducto
<b>Dirección del flujo</b>	La dirección del flujo de gas a través del sistema
<b>Distancia cara a cara del conducto</b>	Véase <b>Luz de apertura</b>
<b>Distancia instalada cara a cara (para un compensador embridado)</b>	La distancia entre las bridas del compensador tras su instalación, cuando el sistema está en posición fría
<b>Elastómero</b>	Designación que se da a las gomas o polímeros sintéticos, con una gran variedad de presentaciones. Se utilizan frecuentemente en combinación con malla metálica o tejido de vidrio para fabricar compensadores.
<b>Elastómero fluorado</b>	Véase <b>Elastómero</b>
<b>Elementos de fijación</b>	Tornillos, tuercas, pasadores, arandelas y otros artículos que aseguran la conexión
<b>Elemento flexible</b>	La totalidad de la parte textil del compensador.
<b>Empalme ensamblado</b>	Un empalme que se construye con múltiples capas de materiales que se conectan por medios mecánicos tales como adhesivos o ganchos de entrelazado o costura
<b>Empalme vulcanizado</b>	Un empalme que se une por medio de un proceso de polimerización química con calor y presión
<b>Empalmes</b>	Procedimiento para hacer un compensador sin fin a partir de material abierto. Los empalmes pueden lograrse mediante uno o varios de los métodos siguientes: adhesión, cementación, cierre en caliente, fijación mecánica, cosido, vulcanización

<b>Ensamblaje in situ</b>	Una junta que se ensambla en el lugar de trabajo debido a su tamaño (demasiado grande para transportarla pre-ensamblada) o debido a la localización de la luz de apertura que hace que sea más práctico instalarla en secciones (véase también <b>Forma desmontada</b> )
<b>Ensamblaje sobre el terreno</b>	Véase <b>Ensamblaje in situ</b>
<b>Ensayo de burbujas</b>	Véase <b>Estanqueidad nekal</b>
<b>Escudo anti-cenizas volátiles</b>	Véase <b>Deflector interno</b>
<b>Escudo anti-polvo</b>	Véase <b>Deflector interno</b>
<b>Esfuerzo</b>	Medida de la carga aplicada a una estructura, expresada en Newtons por mm. cuadrado, y que somete a deformación a la estructura  (véase también <b>Esfuerzo limitador</b> )
<b>Esfuerzo limitador</b>	La carga que, al aplicarse, no supera los límites elásticos del material y proporciona un nivel operativo seguro (véase también <b>Esfuerzo</b> )
<b>Espesor nominal</b>	El espesor aproximado de las capas individuales del compensador (o de la junta en general), normalmente definido como el punto medio de las tolerancias de espesor fabricadas para esa capa en particular, o como cifra acumulada basada en los componentes individuales
<b>Esquina de arco externa</b>	Esquina de un compensador que forma un arco externo (convexo), diseñado principalmente para servicio bajo presión. Utilizada generalmente con una junta moldeada.
<b>Esquina de arco interno</b>	Esquina de un compensador que forma un arco interno (cóncavo), diseñado principalmente para servicio al vacío
<b>Esquinas</b>	En relación con compensadores de tejido rectangulares, las esquinas pueden hacerse moldeadas, preformadas o redondeadas, dependiendo del tipo de compensador y de la aplicación.
<b>Estanqueidad nekal (ensayo de burbujas)</b>	Ensayo de fuga realizado con un líquido que forma burbujas que se aplica al compensador instalado que se encuentra bajo presión. Indica si el compensador, y especialmente el área de brida, es "Estanco nekal".
<b>Excentricidad angular</b>	Véase <b>Movimiento angular</b>
<b>Excentricidad lateral</b>	La distancia de excentricidad entre dos caras de bridas de conducto adyacentes. Puede deberse a una alineación defectuosa o puede introducirse en el diseño para compensar un desplazamiento excesivo en la dirección opuesta durante el ciclo
<b>Excursión</b>	La presión o temperatura que puede alcanzar el sistema durante un fallo del equipo, como puede ser un fallo del calentador de aire. Las excursiones deben definirse por la presión y/o temperatura máxima y el tiempo de duración de dicha excursión.
<b>Expansión de tubería</b>	Expansión térmica de una tubería o conducto debida a un aumento de temperatura (normalmente resultante de un aumento de temperatura del fluido contenido)
<b>Expectativa de vida</b>	Véase <b>Fatiga</b>
<b>Extensión axial</b>	El aumento de longitud de un compensador paralelo a su eje longitudinal, siendo medido dicho movimiento en milímetros (o pulgadas).
<b>Fabricada C/C</b>	Véase <b>Fabricada de cara a cara</b>
<b>Fabricada de cara a cara</b>	La anchura fabricada del compensador medida de una cara de brida de la junta a la otra cara de brida

<b>Fatiga</b>	Condición que se produce cuando los componentes de la junta han sido sometidos a esfuerzo. Depende de la severidad y la frecuencia de los ciclos operativos.
<b>Fieltro</b>	Material fibroso, no entretejido que puede ser cosido, tricotado o en capas
<b>Fijaciones</b>	El sistema mecánico para sostener el compensador en su posición y crear un cierre entre la junta y el sistema de conductos
<b>Flejes</b>	Abrazaderas localizadas entre las dos bridas del compensador para evitar la compensación excesiva o distorsión durante el transporte y el montaje
<b>Flexión angular</b>	Véase <b>Movimiento angular</b>
<b>Flexión lateral</b>	Véase <b>Movimiento lateral</b>
<b>Forma desmontada</b>	Ensamblaje de la junta en el lugar de trabajo, normalmente por ser demasiado grande para montarse antes del envío (véase también <b>Ensamblaje in situ</b> )
<b>Fuelle</b>	La parte del compensador que absorbe el movimiento de la junta. Puede ser ondulada o plana (véase también <b>Longitud activa</b> )
<b>Guía de control de tijera</b>	Una construcción metálica especial que utiliza un principio de "tijera", que se utiliza para distribuir los grandes movimientos uniformemente entre dos (o más) compensadores en línea o combinados
<b>Índice de temperatura continua</b>	Temperatura a la que se puede hacer funcionar un compensador de forma continua con seguridad
<b>Influencias externas</b>	Fuerzas o medio ambiente que actúan sobre el sistema del compensador desde fuera del proceso.
<b>Junta de brida</b>	Una junta que está insertada entre dos bridas adyacentes para formar una conexión estanca al gas
<b>Junta de chimenea</b>	Un tipo de cierre o junta especial utilizado en chimeneas industriales o gases de combustión
<b>Junta de cierre</b>	Véase <b>Junta de brida</b>
<b>Junta de expansión</b>	Véase <b>Compensador</b>
<b>Junta pre-ensamblada</b>	La combinación del marco metálico y un fuelle, ensamblados en fábrica en una unidad completa individual
<b>Lámina de estanqueidad</b>	Véase <b>Capa estanca</b>
<b>Longitud activa</b>	La parte del elemento flexible que permite el movimiento
<b>Longitud efectiva</b>	Véase <b>Longitud activa</b>
<b>Longitud fabricada</b>	Véase <b>Fabricada de cara a cara</b>
<b>Longitud flexible</b>	La parte del compensador comprendida entre las áreas de sujeción
<b>Longitud instalada (para un compensador tipo banda)</b>	La longitud flexible más 2x el área de sujeción
<b>Longitud libre</b>	Véase <b>Longitud activa</b>
<b>Longitud viva</b>	Véase <b>Longitud activa</b>



**Longitudes alteradas** Incremento dimensional del conducto debido al cambio de temperatura. Se calcula de la siguiente forma:

$$\Delta L = L \cdot a \cdot \Delta T$$

$\Delta L$  = incremento en longitud (mm)

L = longitud del conducto entre puntos fijos (mm)

a = coeficiente de expansión por ° C

$\Delta T$  = incremento de temperatura (°C)

---

<b>Luz de apertura</b>	La distancia entre las bridas del conducto que se acoplan en las que se va a instalar la junta
<b>Manta de soldadura</b>	Manta ignífuga que se coloca sobre el compensador para protegerlo de las chispas de soldadura durante las operaciones de soldadura sobre el terreno
<b>Material de empalme</b>	Véase <b>Material de unión</b>
<b>Material de unión</b>	Material utilizado para efectuar una unión o empalme en un compensador
<b>Mecanismo de control por pantógrafo</b>	Véase <b>Guía de control de tijera</b>
<b>Membrana</b>	Una capa de material. Véase también <b>Cubierta exterior</b>
<b>Movimiento angular</b>	El movimiento que se produce cuando una de las bridas del compensador se mueve a una posición no paralela con la otra brida, siendo medido dicho movimiento en grados.
<b>Movimiento lateral</b>	El desplazamiento relativo de los dos extremos del compensador perpendiculares a su eje longitudinal
<b>Movimiento resultante</b>	El efecto neto de movimientos concurrentes
<b>Movimientos</b>	Los cambios dimensionales que el compensador debe absorber, tales como los que resultan de una expansión o contracción térmica. Véase también <b>Movimientos simultáneos</b>
<b>Movimientos concurrentes</b>	Véase <b>Movimientos simultáneos</b>
<b>Movimientos simultáneos</b>	Combinación de dos o más tipos de movimientos (angular, axial o lateral)
<b>Movimientos térmicos</b>	Movimientos axiales, laterales o de torsión creados dentro del sistema de conductos por la expansión térmica
<b>Nivel de elasticidad</b>	Al contrario de lo que sucede con los compensadores de acero, los compensadores de tejido acarrearán sólo fuerzas reactivas muy bajas al sistema de conductos. Esto quiere decir que prácticamente no es necesario prestar atención a los sistemas de soporte del conducto y los accesorios de sujeción.
<b>Nivel de fuga</b>	El nivel de fuga de fluido a través del compensador o del área de brida
<b>Pantalla</b>	Véase <b>Deflector interno</b>
<b>Pantalla atornillada</b>	Una pantalla que está diseñada para atornillarse a la brida de la abertura. El diseño puede ser de acción única o doble y precisa el uso de una junta embridada.
<b>Pantalla soldada</b>	Una pantalla que está diseñada para ser soldada a la pared del conducto. Este diseño puede ser de tipo acción única o doble acción.
<b>Par de apriete del tornillo</b>	El par de torsión al que deben apretarse los tornillos. Varía según las dimensiones del tornillo, la lubricación del tornillo, la presión de la brida, etc.

---

<b>Patrón de agujeros de tornillo</b>	La localización sistemática de los agujeros de tornillo en las bridas del compensador cuando la junta se va a conectar a las bridas del conducto.
<b>Patrón de perforación</b>	Véase <b>Patrón de agujeros de tornillo</b>
<b>Plástico fluorado</b>	Familia de hidrofluorocarburos termoplásticos a quien generalmente se reconocen propiedades químicas y de fricción excepcionales
<b>Pre-ajuste</b>	La dimensión a la que los compensadores se expanden, se comprimen o se descentran lateralmente en la posición instalada, en frío, con el fin de asegurarse de que se producirán los movimientos deseados (véase también <b>Excentricidad lateral</b> y <b>Fabricada cara a cara</b> )
<b>Pre-compresión</b>	La acción de comprimir un compensador en frío e instalarlo en ese estado. Este proceso se utiliza cuando el compensador debe alojar un movimiento lateral y/o una extensión axial considerables
<b>Presión de diseño</b>	La presión máxima o más rigurosa (positiva o negativa) prevista durante el funcionamiento normal, excluyendo períodos de funcionamiento anormal provocado por un fallo del equipo (véase también <b>Excursión</b> )
<b>Presión operativa</b>	La presión de fluido a la que está expuesto el compensador en las condiciones operativas normales. Puede ser positiva o negativa.
<b>Pulsación</b>	Véase <b>Vibración</b>
<b>Punto de rocío</b>	La temperatura a la que se condensan los fluidos para formar un líquido. Especialmente importante para los ácidos; el punto de rocío de ácidos varía con la composición del gas y es una temperatura más alta que el punto de rocío de humedad.
<b>Punto de soporte</b>	Véase <b>Punto fijo</b>
<b>Punto fijo</b>	Los puntos de referencia de apoyo para el sistema de conductos, las posiciones de las que dependen cuando el compensador debe alojar una expansión y/o movimiento. Respecto a esta cuestión, también es esencial que no se utilicen los compensadores de tejido como elementos de apoyo
<b>Puntos de elevación</b>	Posiciones marcadas en la parte metálica (bridas) del compensador o acopladas a ella para la manipulación e instalación sobre el terreno utilizando poleas elevadoras especiales, para garantizar que se mantienen las dimensiones correctas. Deben retirarse después de la instalación y antes de la puesta en marcha de la planta. En ocasiones están incorporadas a <b>Flejes</b>
<b>Purgador</b>	Un accesorio que drena el compensador de condensación u otros líquidos en su punto más bajo
<b>Reacción a la presión</b>	Fuerza (en N) resultante de la presión en el sistema de conducto que actúa sobre el punto fijo. Está determinada por: $F_R = A \cdot p$ A = sección transversal del conducto (cm <sup>2</sup> ) p = presión operativa (N.cm <sup>-2</sup> )
<b>Recubrimiento</b>	Véase <b>Refuerzo de brida</b>
<b>Refuerzo de brida</b>	Una funda adicional de tejido en la zona de la brida para proteger el compensador de las cargas térmicas y/o mecánicas
<b>Resistencia a la tracción</b>	Capacidad de un material de resistir esfuerzos de tracción hasta el punto de rotura
<b>Resistencia al desgaste</b>	Capacidad de un material para soportar partículas abrasivas sin descomponerse

<b>Retirada</b>	Distancia a la que se retira el compensador de la corriente de gas para permitir los movimientos laterales y evitar que la junta salga a la corriente de gas o roce en la pantalla cuando opera bajo presión negativa. La retirada reduce también la entrada de calor y evita la abrasión de las partículas de la corriente de gas
<b>Revestimiento</b>	Véase <b>Deflector interno</b>
<b>Rotación de torsión</b>	Véase <b>Torsión</b>
<b>Shore</b>	Designación de la dureza de los materiales blandos, como las gomas elastoméricas
<b>Sobrecierre</b>	Un método para coser los extremos de los materiales para obtener un buen acabado y evitar que el material se deshilache
<b>Temperatura ambiente</b>	La temperatura externa medioambiental adyacente a la cara externa del compensador
<b>Temperatura de diseño</b>	La temperatura máxima o más rigurosa prevista durante el funcionamiento normal, excluyendo los períodos de funcionamiento anormal provocado por un fallo del equipo (véase <b>Excursión</b> )
<b>Temperatura máxima de diseño</b>	La temperatura máxima que puede alcanzar el sistema durante condiciones operativas normales. No debe confundirse con la temperatura de excursión
<b>Temperatura operativa</b>	La temperatura de fluido a la que opera el sistema en condiciones normales
<b>Temperatura operativa normal</b>	Véase <b>Temperatura operativa</b>
<b>Torsión</b>	El retorcimiento de un extremo de un compensador respecto al otro extremo, sobre su eje longitudinal. Dicho movimiento se mide en grados
<b>Velocidad de flujo</b>	El ritmo de movimiento del fluido a través del sistema del compensador
<b>Velocidad de flujo de gas</b>	Véase <b>Velocidad de flujo</b>
<b>Vibración</b>	La acción que se produce en el cuerpo de la junta como resultado de variaciones de la presión en los sistemas de conductos, provocadas por turbulencias de los gases del sistema o la aparición de vibración en el sistema de conductos. Es un factor muy importante a la hora de determinar el diseño y la estructura de materiales de los compensadores
<b>Vida de servicio</b>	Tiempo estimado en que el compensador operará sin necesidad de sustitución

### **13. Factores de conversión**

El Sistema Internacional de Unidades (Le Système International d'Unités, o unidades SI ), fué adoptado por primera vez por la decimoprimer Conferencia General de Pesos y Medidas en 1960. La lista no es exhaustiva, y se pueden encontrar mas detalles del sistema SI en publicaciones como ISO 31, ISO 1000, DIN 1301, BS 5555, BS 5775.

#### **13.1. Unidades SI:**

<b><u>Cantidad</u></b>	<b><u>Nombre de unidad</u></b>	<b><u>Símbolo</u></b>	<b><u>Expresado en términos de otras unidades SI</u></b>
Energía (trabajo)	julio	J	$J = N.m = kg.m^2.s^{-2}$
Fuerza	newton	N	$N = kg.m.s^{-2}$
Longitud	metro	m	
Masa	kilogramo	kg	
Presión	pascal	Pa	$Pa = N.m^{-2} = MN.mm^{-2}$
Potencia	vatio	W	$W = kg.m^2.s^{-3}$
Temperatura (termodinámica)	kelvin	K	$K = ^\circ C + 273.15$
Tiempo	segundo	s	

#### **13.2. Múltiplos de unidades SI**

Los múltiplos se expresan por órdenes de magnitud, que se dan como prefijo de la unidad SI:

<b><u>Nombre del prefijo</u></b>	<b><u>Símbolo del prefijo</u></b>	<b><u>Factor por el que se multiplica la unidad primaria</u></b>	
exa	E	$10^{18}$	1 000 000 000 000 000 000
peta	P	$10^{15}$	1 000 000 000 000 000
tera	T	$10^{12}$	1 000 000 000 000
giga	G	$10^9$	1 000 000 000
mega	M	$10^6$	1 000 000
kilo	k	$10^3$	1 000
hecto	h	$10^2$	100.00
deca	da	$10^1$	10.00
deci	d	$10^{-1}$	0.10
centi	c	$10^{-2}$	0.01
mili	m	$10^{-3}$	0.001
micro	$\mu$	$10^{-6}$	0.000 001
nano	n	$10^{-9}$	0.000 000 001
pico	p	$10^{-12}$	0.000 000 000 001
femto	f	$10^{-15}$	0.000 000 000 000 001
atto	a	$10^{-18}$	0.000 000 000 000 000 001

Como ejemplo, la unidad múltiplo MPa (megaPascal =  $10^6$  Pa) se utiliza frecuentemente al referirse a la presión en sistemas de fluidos, tales como los de las industrias de proceso.

### 13.3. Unidades de uso común en terminología de compensadores

La lista siguiente cubre **unidades no SI** que se usan normalmente en relación con terminología de compensadores, y da las conversiones equivalentes en unidades SI (y otras unidades cuando proceda). La lista está en orden alfabético (para factores de conversión para unidades SI, consultar la **Sección 12.4**) :

<u>Unidad</u>	<u>Equivalente SI</u>	<u>Otros equivalentes unidades no-SI</u>		<u>Otras unidades diversas</u>		
		<i>bar</i>	<i>kp.cm<sup>-2</sup></i>	<i>N.mm<sup>-2</sup></i>	<i>psi</i>	
1 at	0.1013 MPa	1.013 bar	1.033 kp.cm <sup>-2</sup>	0.1013 N.mm <sup>-2</sup>	14.695 psi	
1 bar	0.10 MPa			0.10 N.mm <sup>-2</sup>	14.504 psi	0.987 atmosferas
°C	- 273.15 K					
°F						(°C x 1.8) + 32
1 ft (pie)	0.305 m					
1 in (pulgada)	0.025 m					
1 in <sup>2</sup>	645.2 mm <sup>2</sup>					
1 kgf	9.81 N					2.2046 lbf
1 kg/cm <sup>2</sup>	0.098 MPa	0.981 bar	1 kp.cm <sup>-2</sup>	0.098 N.mm <sup>-2</sup>	14.223 psi	
1 N/mm <sup>2</sup>	1 MPa	10.0 bar	10.197 kp.cm <sup>-2</sup>	1 N.mm <sup>-2</sup>	145.038 psi	
1 lb (libra)	4.45 N					0.4536 kp
1 lbf. ft	1.355 N.m					
1 lbf.in	0.113 N.m					
1 mm Hg	0.133322 kPa					
1 ppm	35.92 <sup>-0.733</sup> g.h <sup>-1</sup>					#
1 psi	6.895 kPa	0.0689 bar	0.0703 kp.cm <sup>-2</sup>	0.00689 N.mm <sup>-2</sup>		

# Esto proviene de la técnica de medición de campo estándar de EE.UU., conocida como Método de Referencia 21 de EPA, que fue introducido por la Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE.UU. (US EPA) para el control de emisiones fugitivas en partes por millón (ppm). Este enfoque se estableció para proporcionar un método "pasa" / "no pasa" (es decir; hay fuga o no hay fuga). Aunque éste es útil como medición **cuantitativa** de las emisiones, las ppm no pueden convertirse directamente a unidades **cuantitativas**. De acuerdo con esto, la US EPA ha desarrollado una serie de correlaciones para la predicción del nivel de flujo de masa. Estas correlaciones son muy similares a un estudio de juntas posterior realizado en EE.UU. por la Asociación de Fabricantes Químicos (CMA) y la Sociedad de Ingenieros de Tribología y Lubricación (STLE), en el que se analizaron los datos recogidos para determinar la siguiente relación:

$$\text{Nivel de fuga (lb.h}^{-1}\text{)} = 6.138 \times 10^{-5} \times (\text{SV})^{0.733} \text{ donde SV es el valor de selección en ppm}$$

Al convertirlo a unidades métricas (453.6 g = 1 lb) :

$$\text{Nivel de fuga (g.h}^{-1}\text{)} = 0.02784 \times (\text{SV})^{0.733}$$

### 13.4. Factores de Conversión :

<u>Cantidad</u>	<u>Unidad SI</u>	<u>Unidad no SI</u>	<u>Conversiones</u>
Aceleración	m.s <sup>-2</sup>	ft.s <sup>-2</sup>	1 m.s <sup>-2</sup> = 3.281 ft.s <sup>-2</sup> 1 ft.s <sup>-2</sup> = 0.305 m.s <sup>-2</sup>
	9.806 m.s <sup>-2</sup>	32.174 ft.s <sup>-2</sup>	= Aceleración standard de la gravedad
Área	ha (hectárea)	acre	1 ha = 10,000 m <sup>2</sup> = 2.471 acres = 3.86 x 10 <sup>-3</sup> mile <sup>2</sup> 1 acre = 0.405 ha = 4046.86 m <sup>2</sup>
	m <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> = 10.764 ft <sup>2</sup> 1 ft <sup>2</sup> = 9.290 x 10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup>
	m <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> = 1.550 x 10 <sup>3</sup> in <sup>2</sup> 1 mm <sup>2</sup> = 1.550 x 10 <sup>-3</sup> in <sup>2</sup> 1 in <sup>2</sup> = 6.452 x 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> = 645.2 mm <sup>2</sup>
	m <sup>2</sup>	mile <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> = 3.861 x 10 <sup>-7</sup> mile <sup>2</sup> 1 mile <sup>2</sup> = 2.589 x 10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup> = 259 ha
	m <sup>2</sup>	yd <sup>2</sup>	1 m <sup>2</sup> = 1.196 yd <sup>2</sup> 1 yd <sup>2</sup> = 0.836 m <sup>2</sup>
Densidad	kg.m <sup>-3</sup>	lb.ft <sup>-3</sup>	1 kg.m <sup>-3</sup> = 6.243 x 10 <sup>-2</sup> lb.ft <sup>-3</sup> 1 lb.ft <sup>-3</sup> = 16.018 kg.m <sup>-3</sup>
	kg.m <sup>-3</sup>	lb.gal <sup>-1</sup>	1 lb.gal <sup>-1</sup> = 0.099 kg.dm <sup>-3</sup>
	kg.m <sup>-3</sup>	lb.in <sup>-3</sup>	1 lb.in <sup>-3</sup> = 27.679 g.cm <sup>-3</sup>
Energía (trabajo)	J	Btu	1 J = 9.478 x 10 <sup>-4</sup> Btu 1 Btu = 1.055 x 10 <sup>3</sup> J
	J	ft.lbf	1 J = 0.738 ft.lbf 1 ft.lbf = 1.356 J
	J	kcal	1 J = 0.238 x 10 <sup>-3</sup> kcal 1 kcal = 4.19 x 10 <sup>3</sup> J
	J	kgf.m	1 J = 0.102 kgf.m 1 kgf.m = 9.810 J
	J	kWh	1 J = 0.278 x 10 <sup>-6</sup> kWh 1 kWh = 3.6 x 10 <sup>6</sup> J
Fuerza	N	kgf	1 N = 0.102 kgf 1 kgf = 9.81 N = 2.205 lbf
	N	lbf	1 N = 0.225 lbf 1 lbf = 4.448 N
	N	tonf	1 N = 1.003 x 10 <sup>-4</sup> tonf 1 tonf = 9964 N
Longitud	m	ft	1 m = 3.281 ft 1 ft = 0.305 m
	m	in (1")	1 m = 39.37 in 1 in = 0.025 m
	m	mile	1 m = 6.214 x 10 <sup>-4</sup> mile 1 mile = 1.609 x 10 <sup>3</sup> m
	m	milli-inch ("thou")	1 "thou" = 25.4 µm
	m	yd	1 m = 1.094 yd 1 yd = 0.914 m
Masa	kg	cwt	1 kg = 1.968 x 10 <sup>-2</sup> cwt 1 cwt = 50.802 kg
	kg	oz	1 kg = 35.274 oz 1 oz = 28.349 g
	kg	pound (lb)	1 kg = 2.203 lb 1 lb = 0.454 kg
	kg	ton	1 kg = 9.842 x 10 <sup>-4</sup> ton 1 ton = 1.016 x 10 <sup>3</sup> kg = 1.016 tonne 1 tonne (= 1 metric tonne) = 1000 kg

<b><u>Cantidad</u></b>	<b><u>Unidad SI</u></b>	<b><u>Unidad no SI</u></b>	<b><u>Conversiones</u></b>
Momento de fuerza (par de torsión)	N.m	kgf.m	1 N.m = 0.102 kgf.m 1 kgf.m = 9.807 N.m
	N.m	ozf.in	1 ozf.in = 7061.55 μN.m
	N.m	lbf.ft	1 N.m = 0.738 lbf.ft 1 lbf.ft = 1.356 N.m
	N.m	lbf.in	1 N.m = 8.85 lbf.in 1 lbf.in = 0.113 N.m
	N.m	tonf.ft	1 kN.m = 0.329 tonf.ft 1 tonf.ft = 3.037 kN.m
Momento de inercia	kg.m <sup>2</sup>	oz.in <sup>2</sup>	1 kg.m <sup>2</sup> = 5.464 x 10 <sup>3</sup> oz.in <sup>2</sup> 1 oz.in <sup>2</sup> = 0.183 x 10 <sup>-4</sup> kg.m <sup>2</sup>
	kg.m <sup>2</sup>	lb.ft <sup>2</sup>	1 kg.m <sup>2</sup> = 23.730 lb.ft <sup>2</sup> 1 lb.ft <sup>2</sup> = 0.042 kg.m <sup>2</sup>
	kg.m <sup>2</sup>	lb.in <sup>2</sup>	1 kg.m <sup>2</sup> = 3.417 x 10 <sup>3</sup> lb.in <sup>2</sup> 1 lb.in <sup>2</sup> = 2.926 x 10 <sup>-4</sup> kg.m <sup>2</sup>
Potencia	W	ft.lbf.s <sup>-1</sup>	1 W = 0.738 ft.lbf.s <sup>-1</sup> 1 ft.lbf.s <sup>-1</sup> = 1.356 W
	W	hp	1 W = 1.341 x 10 <sup>-3</sup> hp 1 hp = 7.457 x 10 <sup>2</sup> W
	W	kgf.m.s <sup>-1</sup>	1 W = 0.102 kgf.m.s <sup>-1</sup> 1 kgf.m.s <sup>-1</sup> = 9.81 W
Presión	Pa	bar	10 <sup>6</sup> Pa = 1 MPa = 10 bar = 1 N.mm <sup>-2</sup> 1 bar = 0.10 MPa = 14.504 psi
	Pa	ft H <sub>2</sub> O (pies de agua)	1 kPa = 0.335 ft H <sub>2</sub> O 1 ft H <sub>2</sub> O = 2.989 kPa
	Pa	in Hg (pulgada de mercurio)	1 kPa = 0.295 in Hg 1 in Hg = 3.386 kPa
	Pa	kgf.m <sup>-2</sup>	1 Pa = 0.102 kgf.m <sup>-2</sup> 1 kgf.m <sup>-2</sup> = 9.81 Pa
	Pa	kp.cm <sup>-2</sup>	1 MPa = 10.194 kp.cm <sup>-2</sup> 1 kp.cm <sup>-2</sup> = 0.0981 MPa = 0.981 bar = 14.223 psi
	Pa	N.mm <sup>-2</sup>	1 MPa = 1 N.mm <sup>-2</sup> = 1 MN.m <sup>-2</sup> = 10.197 kp.cm <sup>-2</sup>
	Pa	lbf. ft <sup>-2</sup>	1 kPa = 20.885 lbf. ft <sup>-2</sup> 1 lbf. ft <sup>-2</sup> = 47.880 Pa
	Pa	psi (lbf.in <sup>-2</sup> )	1 Pa = 1.450 x 10 <sup>-4</sup> lbf.in <sup>-2</sup> 1 lbf.in <sup>-2</sup> = 6.895 kPa = 0.0703 kp.cm <sup>-2</sup> = 0.689 bar
	Pa	ton.in <sup>-2</sup>	1 MPa = 6.477 x 10 <sup>2</sup> ton.in <sup>-2</sup> 1 ton.in <sup>-2</sup> = 15.44 MPa = 15.44 N.mm <sup>-2</sup>
	1.013 x 10 <sup>5</sup> Pa	14.696 lbf.in <sup>-2</sup>	Atmosfera estándar = 1.013 bar = 1.033 kp.cm <sup>-2</sup>
Nivel de flujo (volumétrico)	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	ft <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> (cusec)	1 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> = 35.314 ft <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> 1 ft <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> = 0.028 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> = 28.317 dm <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	imperial gal.h <sup>-1</sup>	1 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> = 7.919 x 10 <sup>5</sup> imp gal.h <sup>-1</sup> 1 imp gal.h <sup>-1</sup> = 1.263 x 10 <sup>-6</sup> m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> = 4.546 dm <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup>
	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	in <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup>	1 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> = 0.366 in <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> 1 in <sup>3</sup> .min <sup>-1</sup> = 2.731 x 10 <sup>-7</sup> m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
	m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	US gal. min <sup>-1</sup>	1 m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> = 1.585 x 10 <sup>4</sup> US gal. min <sup>-1</sup> 1 US gal. min <sup>-1</sup> = 6.309 x 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>
Temperatura	K	°C	K = °C + 273.15 °C = K - 273.15
		°F	°C = (°F - 32) x 0.556 °F = (°C x 1.8) + 32

<b><u>Cantidad</u></b>	<b><u>Unidad SI</u></b>	<b><u>Unidad no SI</u></b>	<b><u>Conversiones</u></b>
Velocidad	m.s <sup>-1</sup>	ft.s <sup>-1</sup>	1 m.s <sup>-1</sup> = 3.281 ft.s <sup>-1</sup> 1 ft.s <sup>-1</sup> = 0.305 m.s <sup>-1</sup>
	m.s <sup>-1</sup>	km.h <sup>-1</sup>	1 m.s <sup>-1</sup> = 3.6 km.h <sup>-1</sup> 1 km.h <sup>-1</sup> = 0.278 m.s <sup>-1</sup>
	m.s <sup>-1</sup>	mile.h <sup>-1</sup>	1 m.s <sup>-1</sup> = 2.237 mile.h <sup>-1</sup> 1 mile.h <sup>-1</sup> = 0.447 m.s <sup>-1</sup> = 1.467 ft.s <sup>-1</sup>
Viscosidad (dinámica)	Pa.s	P (poise)	1 Pa.s = 10 P 1 P = 0.1 Pa.s
	Pa.s	lbf.s.ft <sup>2</sup>	1 Pa.s = 2.089 x 10 <sup>-2</sup> lbf.s.ft <sup>2</sup> 1 lbf.s.ft <sup>2</sup> = 47.880 Pa.s
Viscosidad (cinemática)	m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>	ft <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>	1 m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> = 10.764 ft <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> 1 ft <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> = 9.290 x 10 <sup>-2</sup> m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>
	m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>	in <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>	1 in <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> = 6.452 cm <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> = 645.16 cSt
	m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>	St (stokes)	1 m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup> = 10 <sup>4</sup> St 1 St = 10 <sup>-4</sup> m <sup>2</sup> .s <sup>-1</sup>
Volumen (capacidad)	m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> = 35.315 ft <sup>3</sup> 1 ft <sup>3</sup> = 0.028 m <sup>3</sup>
	m <sup>3</sup>	imperial fl oz	1 fl oz = 28.413 cm <sup>3</sup>
	m <sup>3</sup>	galón imperial	1 m <sup>3</sup> = 2.199 x 10 <sup>2</sup> imp gal 1 imp gal = 4.546 x 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>
	m <sup>3</sup>	imperial pt (pinta)	1 pt = 0.568 dm <sup>3</sup>
	m <sup>3</sup>	in <sup>3</sup>	1 m <sup>3</sup> = 6.102 x 10 <sup>4</sup> in <sup>3</sup> 1 in <sup>3</sup> = 1.639 x 10 <sup>-5</sup> m <sup>3</sup>
	m <sup>3</sup>	litro (L)	1 L = 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup> = 0.220 imp gal = 0.264 US gal
	m <sup>3</sup>	galón US	1 m <sup>3</sup> = 2.642 x 10 <sup>2</sup> US gal 1 US gal = 3.785 x 10 <sup>-3</sup> m <sup>3</sup>



## **14. Referencias**

1. **Normativa USA sobre Emisiones Fugitivas** (Informe ESA N° 003/94), publicado por la European Sealing Association, 1994.
2. **Legislación Europea sobre Emisiones** (Publicación de la ESA N° 012/00), publicada por la European Sealing Association, 2000.
3. La especificación de ensayo **RAL TI-002 Rev. 1 – 06/98** Compensadores de Tejido estancos a los gases de combustión se refiere a la estanqueidad a la fuga como "...no pueden aparecer burbujas en la zona del fuelle..." y "...se permite no obstante la aparición de un número limitado de burbujas de espuma en el área de sujeción y en el área de junta del fuelle.....".
4. La especificación de ensayo **RAL TI-003 Rev. 1 – 06/98** de Compensadores de estanqueidad nekal se refiere a dicha estanqueidad como "...no pueden aparecer burbujas en la zona del fuelle..." y "...esto se refiere tanto a la zona del fuelle como al área de sujeción..."
5. Los métodos de ensayo similares al **Boletín informativo ZfP 1** de DECHEMA, anexo 2 Artículo 2.2 "Método de burbujas con líquido espumoso".
6. **Sistemas de conductos – Manual Técnico** (3ª edición), publicada por la European Sealing Association, 1997.