MACOGA
ENGINEERED EXPANSION JOINTS

Inspección periódica en servicio de compensadores de dilatación de goma

v1-12/2025

Inspección periódica en servicio de compensadores de dilatación de goma

Introducción 3

Frecuencia y planificación de la inspección 3

Lista de verificación para compensadores de dilatación de goma 7

Prácticas de mantenimiento preventivo e indicadores de sustitución 8

Consideraciones adicionales para instalaciones en exteriores 9

Conclusión 10

Aviso legal – Limitación de responsabilidad

Este documento se proporciona únicamente a título informativo y constituye una guía técnica general sobre la inspección periódica en servicio de los compensadores de dilatación metálicos. Aunque refleja buenas prácticas de ingeniería y se basa en normas reconocidas, no sustituye la responsabilidad del propietario de la planta, del operador o del contratista de mantenimiento de llevar a cabo las evaluaciones de riesgos, inspecciones y análisis de ingeniería adecuados según su aplicación y condiciones de operación específicas.

MACOGA S.A. no se hace responsable de ningún daño, lesión, pérdida o fallo operacional resultante de una aplicación inadecuada de la información contenida en este documento.

Cada sistema presenta características y limitaciones de operación únicas; por lo tanto, todas las acciones de inspección y mantenimiento deben ser evaluadas y aprobadas por personal técnico competente y, cuando corresponda, por el Equipo Técnico de MACOGA.

En aplicaciones críticas o en caso de duda, consulte siempre con el Servicio Técnico de MACOGA antes de proceder.

MACOGA, S.A.
Leira s/n - 15680 Ordes - A Coruña - Spain
Tel: +34 981 68 00 00
macoga@macoga.com www.macoga.com

Introducción

Los compensadores de dilatación de goma suelen requerir poco mantenimiento, pero necesitan inspecciones periódicas en servicio para garantizar su rendimiento, fiabilidad y seguridad a largo plazo. Un programa de inspección proactivo permite detectar signos de envejecimiento o daño antes de que se produzcan fallos.

Este informe describe un procedimiento paso a paso para la inspección periódica de compensadores de dilatación de goma, los criterios visuales y mecánicos que deben evaluarse, una lista de verificación de inspección y consideraciones especiales basadas en las mejores prácticas del sector. Seguir estas directrices ayudará a mantener la integridad del compensador, evitar paradas no planificadas y prolongar su vida útil.

Frecuencia y planificación de la inspección

Inspección inicial: La primera inspección de seguimiento debe efectuarse poco después de poner en servicio el compensador de dilatación (aproximadamente tras una o dos semanas de operación). Durante los primeros días de ciclos de presión y temperatura, el compensador puede asentarse y los pernos de las bridas pueden relajarse. En esta inspección temprana conviene verificar el apriete de los pernos (reapretarlos si es necesario) y comprobar cualquier indicio inicial de fugas o problemas en la cubierta.

Inspecciones periódicas regulares: En condiciones normales de servicio, cada compensador de dilatación de goma debe inspeccionarse al menos una vez al año. Siempre que sea posible, estas inspecciones conviene coordinarlas con las paradas rutinarias de la planta o con las ventanas de mantenimiento. En condiciones de servicio severas -como temperaturas elevadas, presencia de productos químicos agresivos o movimientos frecuentes de gran amplitud- se recomiendan intervalos más cortos, por ejemplo, inspecciones trimestrales o semestrales. Además, durante las rondas habituales por la planta, los operarios deberían realizar comprobaciones visuales rápidas de los compensadores críticos para detectar a tiempo posibles problemas incipientes.

Exámenes detallados: Tras unos cinco años de servicio, suele ser necesario realizar una inspección más exhaustiva. Esta puede requerir desmontar el compensador de dilatación durante una parada programada para examinar el tubo interior de goma y comprobar si existen signos de hinchazón, grietas o separación de capas. Incluso cuando el compensador parece aceptable externamente, el elastómero puede degradarse con el tiempo; por ello, resulta aconsejable considerar su sustitución o reacondicionamiento tras unos 5–10 años de servicio como medida preventiva. En servicios críticos, los compensadores con más de cinco años deberían disponer de repuestos o sustituirse en la siguiente parada conveniente, mientras que los no críticos suelen programarse para su reemplazo alrededor de los diez años a fin de evitar fallos inesperados (la vida real puede variar, y algunos funcionan durante mucho más tiempo en condiciones ideales).

Procedimiento de inspección paso a paso

1. **Preparación y seguridad:** La tubería debe despresurizarse y aislarse cuando vaya a realizarse una inspección manual o un reapriete de pernos. Nunca deben apretarse los pernos de la brida con el compensador de dilatación de goma presurizado; estas operaciones deben ejecutarse siempre durante una parada o con la presión reducida al mínimo por seguridad. El compensador debe estar frío en servicios de alta temperatura y debe utilizarse el equipo de protección individual adecuado. Si el fluido es peligroso, es necesario aplicar los procedimientos de bloqueo/etiquetado y las normas de seguridad de la planta antes de comenzar la inspección. Para una inspección puramente visual, el sistema puede mantenerse en operación estable si es seguro hacerlo, pero cualquier ajuste físico exige que el compensador esté fuera de servicio.

2. **Inspección visual externa:** La superficie exterior de goma y las bridas del compensador de dilatación deben examinarse en busca de cualquier signo de daño o deterioro. Los puntos clave de la inspección visual incluyen lo siguiente:

    - **Condición de la superficie:** La cubierta del fuelle debe revisarse para detectar posibles cortes, mellas o abrasiones. Conviene observar la goma para identificar grietas o cuarteado. Una decoloración o un ligero "sun-checking" (finas grietas superficiales por exposición a UV) puede considerarse un envejecimiento normal, pero las grietas profundas son motivo de preocupación. Si las grietas son superficiales y no dejan visible el refuerzo textil, el compensador puede seguir en servicio con vigilancia. En cambio, cualquier grieta que exponga la tela o el cordón de refuerzo constituye una degradación grave; el compensador ha perdido resistencia y debe planificarse su sustitución. Las ubicaciones más habituales de estas grietas críticas son la base del arco o el perímetro de la brida, a menudo como consecuencia de sobreextensión u otros movimientos excesivos.

    - **Abultamientos o deformaciones:** La superficie de goma debe examinarse en busca de ampollas, abultamientos o deformaciones. Las ampollas pequeñas y antiguas (especialmente cerca del borde de la brida) pueden ser meramente cosméticas o de fabricación y no necesariamente progresivas. Sin embargo, los abultamientos nuevos o que aumentan de tamaño constituyen una señal de alarma. Un abultamiento blando o esponjoso que sugiera un vacío interno o deslaminación indica separación de capas. Las ampollas importantes o cualquier separación interna de capas en el tubo (revestimiento interior) obligan a planificar el reemplazo del compensador lo antes posible. Si el acceso lo permite, es útil comprimir con la mano los abultamientos sospechosos; si se percibe un vacío entre capas, la integridad está comprometida

y resulta prudente sustituir el compensador. (Nota: una pequeña separación de capas en el borde exterior extremo de la brida no es inmediatamente crítica, pero cualquier indicio similar en el arco o en el cuerpo del fuelle sí debe considerarse preocupante).

- **Fugas o indicios de fugas:** Toda la zona alrededor del compensador debe inspeccionarse en busca de signos de fuga de fluido o gas. En servicios con líquidos, pueden aparecer goteos, humedad, manchas o depósitos minerales sobre la goma o la tubería cercana (vetas secas, trazas de óxido, incrustaciones cerca de las bridas). En servicios con gas o aire, conviene escuchar posibles silbidos o buscar residuos que indiquen una vía de fuga. Cualquier fuga activa que atraviese la pared de goma (microperforaciones o exudación a través del fuelle) es inaceptable; el compensador deja de ser estanco y debe sustituirse de inmediato. Si la fuga procede de la zona de la brida (entre la brida de goma y la de la tubería), la causa puede ser un aflojamiento de pernos o un defecto en la superficie de sellado. En tal caso, deben aplicarse los pasos de inspección mecánica para reapretar o corregir el sellado. Incluso una exudación leve a través de la pared del fuelle exige una sustitución urgente, dado que los compensadores de goma no pueden repararse de forma fiable para mantener la estanqueidad. Hasta disponer de la sustitución, es indispensable asegurar la contención del fluido o proteger adecuadamente la zona, especialmente si se trata de un fluido peligroso o de alta temperatura.

3. **Inspección mecánica:** Las conexiones del compensador de dilatación y los elementos de sujeción deben revisarse para comprobar que todo se mantiene firme y correctamente alineado.

    - **Pernos de brida:** Todos los pernos y tuercas de las bridas deben inspeccionarse para verificar su integridad. Deben estar presentes, firmes y libres de corrosión. Si falta algún perno o tuerca, o si aparece roto o muy corroído, es necesario programar su sustitución cuanto antes. Con una llave dinamométrica calibrada puede comprobarse el par de apriete de varios pernos (siempre con el sistema despresurizado). Si alguno aparece flojo, el sistema debe despresurizarse completamente y todos los pernos deben reapretarse en patrón de estrella al par especificado. No debe apretarse un único perno con el sistema presurizado, ya que ello puede generar tensiones desiguales. El reapriete debe realizarse de forma gradual y uniforme, alternando alrededor de la brida, para restablecer el sellado. En esta inspección conviene incluir los anillos de retención o los herrajes de brida partida; las arandelas deben estar colocadas en las uniones y no debe existir contacto metal con metal entre las bridas enfrentadas y los anillos de retención (la brida de goma es la que debe soportar la carga). El apriete de pernos no es una tarea puntual: la buena práctica aconseja volver a comprobar el par aproximadamente una semana después de la instalación inicial y, posteriormente, de forma periódica. La vibración y los ciclos térmicos pueden aflojar la tornillería con el tiempo, por lo que su revisión regular es recomendable. En ningún caso deben reapretarse los pernos de un compensador presurizado; esta operación solo debe realizarse durante una parada o con la línea aislada con seguridad.

    - **Herrajes estructurales y accesorios:** Cuando el compensador está equipado con barras de control, tirantes, bisagras u otros elementos de restricción, estos componentes deben revisarse para comprobar si presentan daños o aflojamiento. Los tirantes, responsables de evitar la sobreextensión, deben mantenerse rectos y bien fijados; sus tuercas -incluidas las contratuercas o tuercas de bloqueo- deben permanecer firmes en las posiciones definidas por MACOGA. Si alguna tuerca se ha aflojado o un espaciador aparece agrietado, el compensador puede quedar desprotegido frente a movimientos excesivos; en ese caso, deben restablecerse los ajustes adecuados o sustituirse los herrajes antes de volver a poner el sistema en servicio. Las bisagras o herrajes cardán deben conservar sus pasadores en su lugar y no mostrar signos de doblado o desgaste excesivo. Las placas o soportes deben estar bien anclados y libres de grietas. También conviene comprobar si alguna barra o varilla de control ha variado su posición; por ejemplo, una barra que antes estaba centrada en su orificio y ahora toca un lado indica un movimiento superior al previsto en el diseño y requiere investigación. Todo el herraje debe mantenerse bien apretado y cualquier dispositivo de bloqueo (como pasadores o tuercas de seguridad) debe permanecer intacto.

    - **Alineación y movimiento:** La forma y la posición del compensador deben encontrarse dentro de los valores previstos. La longitud instalada (cara a cara) debe compararse con la longitud original para identificar posibles variaciones significativas. Durante la operación normal -si observarlo en presión es seguro- debe confirmarse que el compensador no está sobrecomprimido (fuelle aplanado más de lo debido) ni sobreextendido más allá de sus límites de diseño. También es necesario verificar que la desviación angular o el desplazamiento lateral se mantienen dentro de las capacidades del compensador y no superan lo observado en la instalación inicial. Una desalineación excesiva entre las bridas o un cambio notable en la longitud cara a cara sugiere que la tubería ha variado su posición o que las condiciones de soporte han cambiado, lo que puede sobrecargar el compensador. Cuando se detectan estas situaciones, la corrección de la alineación o de los soportes debe planificarse cuanto antes; un compensador obligado a asumir una desalineación no prevista puede sufrir daños internos y deberá sustituirse después de resolver la causa.

- **Estado de los componentes metálicos:** Todas las partes metálicas asociadas al compensador -como anillos de retención, refuerzos metálicos internos o externos y bridas- deben examinarse atentamente. Es normal encontrar óxido superficial en piezas de acero al carbono, pero la corrosión profunda, las picaduras pronunciadas o cualquier grieta en estos componentes constituye un motivo de preocupación. Si el diseño incluye refuerzo interno, este no debería quedar visible. Cuando el refuerzo metálico aparece a la vista (alambres o anillos que asoman a través de la goma), el compensador ha llegado al final de su vida útil: significa que la goma se ha desgastado en exceso o que la pieza ha flexionado tanto que ha expuesto elementos internos, por lo que debe sustituirse. Los anillos de retención deben conservar su forma y sujetar la brida de goma con firmeza. Si las barras de control externas o las placas de bisagra muestran un adelgazamiento severo por corrosión o presentan grietas, el compensador debe retirarse del servicio y sustituirse el herraje afectado, o todo el conjunto si no es posible un reemplazo adecuado. La integridad de los componentes metálicos resulta tan importante como la de la propia goma, ya que garantizan la presión de sellado y protegen frente a movimientos excesivos.

- **Vibración o comportamiento dinámico:** Cualquier vibración u oscilación inusual durante la operación debe observarse con atención. Los compensadores de goma suelen amortiguar las vibraciones; si se aprecia vibración excesiva, traqueteo o ruidos anómalos, es posible que exista un cambio en las condiciones del sistema o un problema de soporte. Un soporte suelto o una bomba con cavitación, por ejemplo, pueden transmitir vibraciones adicionales al compensador. También conviene verificar que el compensador no esté sometido a fuerzas externas o movimientos para los que no fue diseñado. Cuando existe vibración significativa, la causa debe investigarse y corregirse -añadiendo soportes, amortiguadores u otros elementos- para evitar una fatiga prematura del compensador de dilatación.

4. **Consideraciones ambientales y especiales:** Si el compensador de dilatación está instalado en exteriores o en condiciones ambientales exigentes, deben evaluarse factores adicionales:

   - **Intemperie y exposición a los rayos UV:** Los compensadores de dilatación de goma instalados en el exterior están expuestos a la radiación solar (UV) y al ozono de la atmósfera, lo que puede provocar degradación superficial. Compruebe si hay daños relacionados con los rayos UV, como un aspecto apagado o empolvado, o una red de grietas finas en la cubierta exterior. La exposición prolongada a UV y ozono hace que la goma se endurezca y se agriete con el tiempo. Verifique si el compensador se ha fabricado con materiales resistentes a la intemperie y a los rayos UV (por ejemplo, cubiertas de EPDM o Hypalon/CSM recomendadas para uso exterior). En compensadores críticos instalados al aire libre y sometidos a sol intenso (entornos desérticos o de gran altitud), conviene prever la instalación periódica de pantallas o capotas protectoras. Estas protecciones son muy eficaces, ya que resguardan la goma del sol directo y del ozono, permiten el movimiento completo del compensador y además protegen al personal en caso de fuga en forma de spray. No envuelva completamente un compensador de goma con aislamiento térmico convencional, ya que esto puede atrapar calor y ocultar el estado real de la goma. Si es necesario proteger frente a la congelación, consulte con MACOGA para utilizar una cubierta protectora adecuada que pueda retirarse para la inspección.

   - **Temperaturas extremas:** Tenga en cuenta el rango de temperatura ambiental al que está expuesto el compensador. Temperaturas exteriores muy altas o muy bajas pueden afectar a la goma. En tiempo muy frío, el elastómero puede volverse menos flexible, y en ambientes muy calurosos la goma puede envejecer más rápidamente. Asegúrese de que el elastómero del compensador es adecuado para las temperaturas extremas registradas en la instalación. El EPDM moderno, por ejemplo, soporta bien un amplio rango de temperaturas, mientras que la goma natural u otros compuestos pueden degradarse más deprisa en frío o calor extremos. Si el compensador está próximo a fuentes externas de calor (por ejemplo, cerca de una caldera o de una línea de vapor que irradia calor), compruebe que la suma del calor ambiental más la temperatura del proceso no supera el límite de temperatura de la goma. Del mismo modo, si el compensador está expuesto a condiciones de helada, verifique que el fluido interior no pueda llegar a congelarse y dañar la goma, o utilice medidas de mitigación como trazado eléctrico de calor en la tubería cercana (pero nunca envuelva directamente con cinta calefactora la goma del compensador). Cualquier sistema de calentamiento debe aplicarse sobre la tubería adyacente, no sobre la superficie de goma, para evitar sobrecalentar el compensador.

   - **Exposición a productos químicos:** Considere la presencia de productos químicos externos o aceites que puedan entrar en contacto con el compensador. En entornos industriales, vertidos, salpicaduras o contaminantes atmosféricos (como vapores ácidos) pueden depositarse sobre la goma. Con el tiempo, la agresión química por el exterior puede ser tan dañina como la interna. Inspeccione si existen zonas blandas, hinchadas o pegajosas en la superficie, lo que puede indicar que la goma ha estado en contacto con un producto químico o un aceite incompatible. Si el compensador está instalado en una zona con niebla de aceite (aceites hidráulicos, lubricantes) o vapores químicos, es importante realizar limpiezas periódicas (véase el siguiente apartado) y revisar la selección del elastómero para comprobar su compatibilidad.

Si se detectan indicios de degradación química (por ejemplo, que la cubierta esté extremadamente blanda o incluso pegajosa al tacto), planifique la sustitución del compensador por otro fabricado con un elastómero más resistente y evite nuevas exposiciones.

- **Daños físicos y riesgos externos:** En instalaciones exteriores o muy expuestas, verifique la existencia de posibles riesgos de daño mecánico. Los compensadores situados a nivel del suelo pueden sufrir impactos de herramientas, horquillas de carretilla o restos de obra. Revise si hay marcas de roce, golpes o abolladuras en cualquier cubierta protectora. Si el compensador se encuentra en un área con fauna o roedores, asegúrese de que no hayan mordido la goma. En ubicaciones vulnerables puede ser necesario instalar protectores o barreras físicas para evitar daños accidentales por contacto. Compruebe que el drenaje en la zona es adecuado: el agua no debe estancarse alrededor de las bridas ni sobre la goma, ya que el agua encharcada combinada con la acción del sol puede acelerar la fisuración por ozono. Si el compensador está instalado enterrado o sumergido, deben seguirse las recomendaciones específicas de MACOGA (por ejemplo, materiales de goma especiales o envolventes protectoras) y garantizarse siempre un acceso razonable para la inspección. Todos estos factores ambientales influyen también en la frecuencia de inspección; un compensador sometido a condiciones exteriores severas debe inspeccionarse con mayor frecuencia y mantenerse de forma especialmente rigurosa.

5. **Limpieza y mantenimiento menor:** Si la superficie exterior del compensador está sucia, límpiela antes o durante la inspección para asegurar una visibilidad adecuada. Utilice agua con jabón suave y un paño o esponja blandos; no emplee disolventes, cepillos metálicos ni abrasivos, ya que pueden dañar la goma. La limpieza elimina suciedad o aceite que podrían degradar el elastómero y facilita la detección de fugas o de grietas nuevas. Una vez limpio, seque bien el compensador para que cualquier humedad procedente de una fuga sea inmediatamente visible. Para pequeñas grietas superficiales o decoloración tipo "tiza", una vez limpio y seco el compensador, puede aplicarse un cemento o sellador para goma recomendado por MACOGA en grietas pequeñas y poco profundas (que no dejen ver el refuerzo textil). Esto ralentiza temporalmente la progresión de las grietas, pero es solo una medida provisional. Las grietas profundas, los orificios o los daños que alcancen capas internas no pueden repararse y requieren planificar la sustitución del compensador. Tras la inspección y cualquier mantenimiento menor (limpieza, reapriete de pernos), restablecer el sistema siguiendo los procedimientos normales de arranque y vigilar el compensador para detectar fugas o movimientos anómalos.

6. **Documentación y seguimiento:** Registre los resultados de la inspección de cada compensador de dilatación. Mantenga un registro con la fecha, la identificación del compensador (ubicación o código), las observaciones principales -incluso cuando el compensador esté "en buen estado"- y cualquier mantenimiento realizado. Esta información permite seguir la evolución con el tiempo (por ejemplo, grietas o abultamientos que aumentan), identificar deterioros acelerados y detectar cambios repentinos que puedan indicar un fallo inminente.Cuando se detecten problemas graves, programe las acciones correctivas y asegúrese de que se completan antes de la siguiente inspección. Conviene anotar también la antigüedad del compensador y sus condiciones de servicio, ya que estos datos ayudan a planificar sustituciones preventivas y pueden ser relevantes a efectos de garantía.

El procedimiento paso a paso anterior puede resumirse en forma de lista de verificación para facilitar su uso y asegurar la coherencia. La Tabla 1 muestra un ejemplo de lista de inspección que recoge los aspectos principales que deben revisarse y los criterios de aceptación correspondientes. Esta lista puede adaptarse a los estándares específicos de cada planta o al diseño concreto del compensador de dilatación.

Lista de verificación para compensadores de dilatación de goma

La Tabla 1 presenta una lista práctica de verificación para inspecciones en servicio. Los inspectores pueden utilizarla para asegurarse de que se revisan todos los aspectos críticos y para registrar el estado de cada elemento como Correcto o Requiere atención. La columna "Criterios/Observaciones" indica qué debe revisarse y cuándo es necesaria una intervención, de acuerdo con las directrices del sector.

Tabla 1:
Lista de verificación de inspección en servicio para compensadores de dilatación de goma

Parámetro de inspección	Criterios / Observaciones
Fugas	• No debe haber fugas en ninguna superficie de goma. El compensador de dilatación debe estar esencialmente estanco. • Si se observa fuga de fluido a través del fuelle (exudación, goteo): sustituir el compensador inmediatamente, ya que la barrera de presión de goma no puede repararse de forma fiable. • Si la fuga se produce en la brida: es posible que los pernos estén flojos; véase el apartado de pernos. Reapretar durante una parada y hacer seguimiento.
Pernos y tuercas de brida	• Todos los pernos deben estar colocados y firmes. No debe aparecer ninguna separación visible entre la tuerca y la brida, ni debe haber tuercas que giren libremente. • Una muestra puede comprobarse con llave dinamométrica; si aparece algún perno flojo, la instalación debe detenerse y todos los pernos deben reapretarse al par especificado siguiendo un patrón cruzado. • No debe observarse corrosión severa en pernos o tuercas. El óxido superficial es aceptable mientras las piezas sigan íntegras; los pernos muy corroídos o adelgazados deben sustituirse, preferiblemente durante la próxima parada.
Tirantes, bisagras y elementos de restricción	• Si existen tirantes, bisagras o soportes: todas las tuercas y pasadores deben estar firmes y en sus posiciones correctas. • No debe haber doblados ni grietas en las barras o placas. El herraje debe permanecer recto y bien asegurado. • Cualquier elemento de restricción dañado debe repararse o sustituirse antes de reanudar la operación completa.
Movimiento y alineación	• La longitud y la forma del compensador deben ser normales, sin sobreelongación ni sobrecompresión más allá del diseño. • No debe existir desalineación excesiva entre las bridas. Si la longitud cara a cara ha cambiado de manera significativa o el compensador aparece desalineado, revisar los soportes y considerar su sustitución tras corregir la tubería. • El compensador debe moverse libremente dentro del rango previsto durante los ciclos térmicos, sin llegar al tope de recorrido ni trabajar forzado.
Estado interno (si es accesible)	• Si es posible, inspeccione el interior (con linterna o espejo, o durante una parada). No deben aparecer deslaminaciones ni grietas en el tubo interior. Cualquier ampolla importante o un revestimiento interno suelto obliga a planificar la sustitución. Una pequeña zona de separación de capas cerca del borde de la brida puede considerarse aceptable, pero debe vigilarse.
Estado de las partes metálicas	• Los anillos de retención y las bridas deben estar firmemente sujetos y no presentar corrosión severa. El óxido superficial es normal; una corrosión excesiva o cualquier grieta en anillos o bridas implica que el componente debe sustituirse. • En el herraje de los tirantes, no debe faltar ninguna arandela y las tuercas deben estar bloqueadas. No deben aparecer grietas en los soportes ni en las barras.
Vibración y ruido	• No debe observarse vibración anómala en el compensador. Este debe amortiguar las vibraciones; si se aprecia que vibra en exceso o se escuchan traqueteos, conviene revisar los soportes o posibles cambios en el sistema. • No debe existir rozamiento ni contacto con equipos adyacentes durante el movimiento. Es importante comprobar que el compensador y los tirantes disponen de las holguras adecuadas.
Exposición ambiental	• Radiación UV y ozono: En instalaciones exteriores, conviene revisar si la goma presenta daños por UV (decoloración, aspecto empolvado, grietas finas). Si el deterioro es solo superficial, basta con vigilar su evolución; si aparecen grietas profundas, aplicar los criterios indicados en el apartado de estado de la cubierta. • Cubierta o pintura protectora (si existe): Debe permanecer íntegra y cubrir correctamente el compensador. Si la protección UV empieza a deteriorarse, es recomendable renovarla. • Temperaturas extremas: No deberían apreciarse signos de daño por calor (goma endurecida o quebradiza) ni grietas asociadas a rigidez por frío. El elastómero debe ser adecuado para el rango de temperaturas del emplazamiento. • Exposición a productos químicos o aceites: No deben aparecer zonas blandas, hinchadas o pegajosas en la superficie exterior, ya que son indicativas de ataque químico. Si se detectan, conviene planificar la sustitución del compensador con un material compatible y protegerlo frente a futuras exposiciones.
Documentación	• El compensador debe quedar identificado y la inspección debe registrarse en el log actualizado. Es importante anotar cualquier cambio respecto a la revisión anterior (crecimiento de grietas, aparición de nuevas deformaciones, etc.). La lista de verificación sirve para marcar "Correcto" o describir las incidencias observadas.

Prácticas de mantenimiento preventivo e indicadores de sustitución

Las inspecciones periódicas deben complementarse con mantenimiento preventivo para maximizar la vida útil del compensador de dilatación y evitar fallos imprevistos. Las prácticas clave de mantenimiento incluyen:

- **Reapriete rutinario de pernos:** Tal como se indicó, los pernos de las bridas deben revisarse y reapretarse tras el periodo inicial de funcionamiento (aproximadamente entre 1 y 3 semanas después de la instalación) y durante las paradas programadas de mantenimiento. Mantener el par de apriete adecuado evita fugas en las bridas y desplazamientos del compensador. Cuando se sustituya un compensador o si la corrosión ha comprometido la integridad de la tornillería existente, conviene emplear pernos y tuercas nuevos, ya que su estado es fundamental para garantizar un sellado fiable.

- **Limpieza y protección:** Conviene limpiar periódicamente la superficie exterior del compensador para eliminar suciedad, restos químicos o depósitos salinos que puedan acelerar el envejecimiento de la goma. En instalaciones exteriores, puede ser recomendable aplicar o renovar recubrimientos de protección UV. Muchos compensadores de goma se suministran con una pintura o protección externa; estos recubrimientos deben renovarse según sea necesario (por ejemplo, anualmente en zonas de fuerte insolación) para preservar la cubierta. Cualquier pantalla o cubierta protectora debe estar en buen estado, firmemente sujeta y ser desmontable para permitir la inspección. No debe aplicarse pintura ni recubrimientos no aprobados (algunas pinturas o productos derivados del petróleo pueden dañar la goma); utilice únicamente recubrimientos recomendados por MACOGA. Si el compensador se encuentra en un área donde pueda recibir salpicaduras de aceite o productos químicos, conviene instalar una pantalla o barrera de protección para evitar la degradación de la goma.

- **Control del entorno:** Si el compensador está instalado en exteriores, proporcione protección física cuando sea necesario (por ejemplo, una valla o resguardo si hay tránsito de vehículos cerca, o una malla metálica para evitar daños por animales). En zonas con niveles elevados de ozono (por ejemplo, cerca de motores eléctricos grandes o zonas de soldadura por arco), mantenga los compensadores alejados de las fuentes directas de ozono o asegure una ventilación adecuada que reduzca la concentración local. No almacene compensadores de goma a la intemperie ni cerca de fuentes de ozono; un almacenamiento adecuado prolonga su vida útil. En climas fríos, asegúrese de que el compensador no esté expuesto a temperaturas inferiores al límite de flexibilidad en frío del elastómero; si se utiliza trazado térmico en tuberías adyacentes, debe protegerse el compensador para evitar sobrecalentamientos localizados.

- **Reparaciones menores:** Como se indicó anteriormente, pequeñas grietas superficiales pueden mitigarse aplicando un sellador compatible con goma sobre la cubierta. Se trata de una medida temporal destinada a prolongar la vida útil. No se recomiendan otras reparaciones en campo (como parches para fugas o cortes profundos) en compensadores de goma sometidos a presión; estos casos requieren sustitución. Si se observa una pequeña fuga en la brida, puede corregirse mediante reapriete o sustitución de la superficie de junta dañada, según proceda. Cualquier intervención de este tipo debe realizarse siempre con el sistema despresurizado.

- **Inspecciones profesionales:** Puede resultar útil solicitar a los especialistas de MACOGA revisiones periódicas de mantenimiento preventivo de todos los compensadores de la instalación. Los expertos pueden detectar indicios sutiles y recomendar sustituciones antes de que se produzcan fallos. Según la experiencia del sector, estas revisiones mejoran la fiabilidad del sistema, ayudan a evitar paradas no planificadas y protegen tanto los equipos como al personal.

Indicadores de sustitución: Los compensadores de dilatación de goma alcanzan inevitablemente el final de su vida útil. Es fundamental identificar las señales claras que indican que deben sustituirse. Las condiciones que se enumeran a continuación, comúnmente detectadas durante las inspecciones, son indicios firmes de final de vida útil:

- **Fugas que atraviesan la goma:** Cualquier fuga que atraviese la goma (microperforaciones, exudación o grietas por las que escape fluido) exige la sustitución inmediata del compensador. Una vez que la barrera de presión se ha visto comprometida, no es posible aplicar una reparación fiable en un compensador de goma sometido a presión.

- **Refuerzo expuesto:** Las grietas o daños que dejan visible el refuerzo textil o metálico indican que la integridad estructural está comprometida; el compensador debe retirarse del servicio y sustituirse. Por ejemplo, las grietas en la base del arco que muestran la tela suelen deberse a sobreextensión y representan un daño irreversible.

- **Ampollas considerables o daños en el revestimiento interior:** Una ampolla grande en el tubo interior, la deslaminación interna de capas o cualquier zona del revestimiento interno que esté suelta obliga a una sustitución rápida. Estas condiciones suelen indicar ataque químico o daño térmico y pueden conducir con rapidez a una rotura. Las ampollas pequeñas y superficiales de la cubierta exterior pueden ser inocuas, pero cualquier defecto que afecte al tubo interior o que aumente de tamaño debe considerarse grave.

- **Refuerzo metálico visible o herrajes dañados:** Si los anillos metálicos o espiras de acero embebidos en la goma llegan a verse, significa que la goma se ha desgastado en exceso y debe sustituirse el compensador.

De igual modo, si los herrajes externos (bridas, tirantes) presentan grietas o pérdida significativa de espesor por corrosión, el conjunto deja de ser seguro y se requiere la sustitución de las piezas afectadas o del compensador completo.

- **Degradación severa de la goma:** La goma que se ha vuelto extremadamente blanda, pegajosa o viscosa (a menudo por incompatibilidad química o hinchamiento por aceites) está cerca del fallo y debe sustituirse antes de que reviente. En el extremo opuesto, la goma endurecida que ha perdido elasticidad (por envejecimiento o calor) puede agrietarse al moverse; si una medición de dureza muestra valores anormalmente altos o si el compensador se percibe rígido, conviene planificar su sustitución, especialmente cuando supera los 7–10 años de servicio.

- **Problemas persistentes de aplicación:** Cuando la inspección revela que el compensador ha sido utilizado de forma incorrecta de manera continuada -por ejemplo, instalado con desalineación o trabajando repetidamente contra los topes-, aunque no existan daños externos evidentes, es posible que presente fatiga interna o microgrietas. Después de corregir la instalación o el problema del sistema, resulta aconsejable sustituir el compensador en lugar de devolver al servicio una unidad que ha trabajado sobrecargada. Esto evita que un fallo incipiente se materialice más adelante.

En general, cuando exista cualquier duda sobre la idoneidad de un compensador de dilatación de goma para continuar en servicio, resulta más seguro optar por su sustitución. El coste de un compensador nuevo es insignificante en comparación con las posibles consecuencias de una rotura (parada no planificada, incidentes de seguridad, daños en equipos). Es recomendable disponer de repuestos para los compensadores críticos, especialmente en servicios esenciales o cuando la unidad se acerca al final de su vida útil prevista. Una práctica habitual es sustituir los compensadores durante las paradas programadas: aunque no hayan fallado, reemplazarlos a partir de los 10 años (o antes en servicios severos) mejora la fiabilidad y permite coordinar la intervención con los calendarios de mantenimiento de la planta. Al instalar un nuevo compensador, conviene seguir siempre las directrices de MACOGA (apriete uniforme de pernos, uso de la longitud correcta, reinstalación de los dispositivos de control, etc.) y realizar una inspección inicial de referencia tras la puesta en marcha.

Consideraciones adicionales para instalaciones en exteriores

Los compensadores de dilatación instalados en exteriores requieren una atención especial para garantizar su durabilidad frente a la intemperie y otros factores ambientales. La radiación UV y el ozono son los principales agentes de degradación de la goma. Por ello, en cualquier compensador expuesto al sol o al aire libre resulta fundamental emplear elastómeros resistentes a los rayos UV (por ejemplo, EPDM o CSM/Hypalon) y/o aplicar recubrimientos de protección UV. Muchos compensadores modernos diseñados para uso exterior incluyen ya características de protección frente a ozono y radiación UV, aunque sigue siendo importante revisar periódicamente la cubierta para detectar grietas asociadas a UV, tal como se indica en la lista de verificación. Cuando sea posible, conviene instalar pantallas o cubiertas protectoras sobre los compensadores exteriores; estas cubiertas (normalmente de tela técnica o de metal) reducen de forma notable la exposición a UV y ozono y también protegen frente a daños físicos. Es importante que cualquier cubierta de este tipo esté diseñada para no limitar el rango de movimiento del compensador.

Las variaciones de temperatura constituyen otro factor relevante. En exteriores, los compensadores pueden enfrentarse a inviernos muy fríos y veranos muy calurosos. La selección del material debe tener esto en cuenta; por ejemplo, el EPDM soporta mejor el frío que la goma natural. En zonas propensas a heladas, conviene asegurarse de que el agua que pudiera acumularse en torno al compensador drene correctamente, ya que la expansión del hielo puede someter la goma a esfuerzos indebidos. En ubicaciones de alta insolación, el compensador puede alcanzar temperaturas superiores a las del propio fluido; los recubrimientos UV de color claro ayudan a reflejar la radiación solar y mantienen más baja la temperatura del componente.

Los compensadores instalados al aire libre también pueden verse afectados por viento, lluvia, salinidad y contaminantes. En plantas cercanas a la costa, el aire salino acelera la corrosión de las bridas metálicas; en estos casos conviene emplear materiales o recubrimientos adecuados para las partes metálicas externas y aumentar la frecuencia de inspección. La lluvia ácida o contaminada puede degradar la goma, por lo que una cubierta protectora también resulta beneficiosa. En zonas abiertas y con mucho tránsito, la protección física es fundamental; por ejemplo, en tuberías sobre cubiertas de edificios puede ser necesario instalar barreras para evitar daños por caída de herramientas o pisadas. En cualquier caso, los compensadores deben permanecer accesibles para la inspección; no deben encerrarse permanentemente en aislamientos o estructuras sin paneles de acceso.

Por último, debe tenerse en cuenta que las condiciones exteriores pueden exigir intervalos de inspección más cortos. Una norma práctica consiste en inspeccionar los compensadores exteriores con mayor frecuencia (por ejemplo, dos veces al año), debido a la mayor probabilidad de envejecimiento ambiental. Conviene incluir estos compensadores en las rondas de mantenimiento preventivo, especialmente después de episodios

meteorológicos extremos (olas de calor, heladas, tormentas), para comprobar que no hayan sufrido daños.

Conclusión

Realizar inspecciones periódicas en servicio a los compensadores de dilatación de goma es una práctica esencial para el personal de mantenimiento de planta, ya que garantiza un funcionamiento seguro y fiable de los sistemas de tuberías. Este informe ha proporcionado un procedimiento estructurado y criterios claros para dichas inspecciones, haciendo hincapié tanto en las comprobaciones visuales como en las mecánicas. Al seguir las pautas descritas -desde programar inspecciones regulares y vigilar la aparición de grietas superficiales, abultamientos, fugas o desalineaciones, hasta verificar el apriete de los pernos y la integridad del herraje- es posible detectar y corregir a tiempo problemas incipientes antes de que se produzca un fallo. También se han señalado consideraciones especiales para las instalaciones en exteriores (radiación UV, ozono, temperatura y protección física), dado que la exposición ambiental puede acelerar la degradación del compensador.

Aplicar estas buenas prácticas contribuye a maximizar la vida útil de los compensadores de goma. Del mismo modo, un enfoque de mantenimiento proactivo -que incluya limpieza periódica, reapriete de pernos y sustitución oportuna de los compensadores que muestren indicios de final de vida- asegura que estos componentes sigan desempeñando su función crítica de absorber movimientos y vibraciones sin incidentes. El resultado es un mejor rendimiento a largo plazo del sistema, un aumento de la seguridad al reducir el riesgo de roturas súbitas y una mayor fiabilidad de la operación de la planta. En resumen, la inspección y el mantenimiento regulares de los compensadores de dilatación de goma son una inversión sólida en la integridad y disponibilidad de la planta, alineada con los objetivos fundamentales del mantenimiento preventivo y la excelencia operativa.

MACOGA, S.A.
Leira s/n - 15680 Ordes - A Coruña - Spain
Tel: +34 981 68 00 00
macoga@macoga.com www.macoga.com