

TESTEO.

UN ENFOQUE BASADO EN BUENAS PRÁCTICAS



SHIBATAFENDERTEAM

► on the safe side

Índice.

Boletines técnicos de SFT	02
Boletines técnicos de SFT – n.º 4	03
A. Resumen de los diferentes métodos de ensayo	04
Ensayos fundamentales	04
Ensayos de durabilidad.....	04
Ensayos de aprobación de tipo	05
Ensayos de verificación.....	05
B. Ensayos de verificación – Detalles.....	06
Ensayos de material	06
Trazabilidad	07
Ensayos de rendimiento.....	08
Verificación de las dimensiones	11
Comprobación visual	11
Guía de buenas prácticas de SFT – Preguntas frecuentes.....	11
C. Información adicional – Defensas de espuma, defensas neumáticas y escudos de acero	12
Conclusión.....	14
Grupo ShibataFenderTeam	14

Resumen ejecutivo.

El cuarto y último número de los boletines técnicos de SFT complementa a los tres números anteriores, del 1 al 3, en los que se explica en detalle la composición, el mezclado, la fabricación y el curado. El boletín técnico n.º 4 de SFT cierra la serie con un profundo análisis de los métodos de ensayo aplicados a las defensas, que incorporan enfoques basados en buenas prácticas para verificar las propiedades de rendimiento necesarias y la durabilidad de una defensa comercial. En este documento, se destaca la importancia del testeo y se explica claramente cómo interpretar los resultados de los diferentes ensayos. Puede utilizarse como una guía práctica para que los clientes conozcan el enfoque ideal que debe aplicarse al complejo programa de testeo de defensas en función del punto de vista de un fabricante experimentado.

En el resumen de los cuatro métodos de ensayo —ensayos fundamentales, de durabilidad, de aprobación de tipo y de verificación—, se presenta información valiosa sobre la práctica industrial y conocimientos básicos sobre el testeo de defensas en general.

El documento se centra principalmente en los ensayos de verificación, ya que se trata del área de comprobaciones más relevante para garantizar al cliente que la defensa final se ha fabricado tal como solicitó. Se explican las cinco partes diferentes de los ensayos de verificación (ensayos de material, trazabilidad, ensayos de rendimiento, verificación de dimensiones y comprobación visual), incluyendo los factores más importantes de los ensayos de rendimiento. En la sección de preguntas y respuestas, se incluye una reflexión sobre los requisitos del sector, información práctica sobre las cuestiones más frecuentes y esenciales en relación con los factores de corrección, la forma de abordar las desviaciones y la consecución de los resultados de ensayo requeridos.

Asimismo, el boletín n.º 4 expone los aspectos básicos de las defensas neumáticas, las defensas de espuma y los escudos de acero para cubrir este tema por completo.



Boletines técnicos de SFT:
N.º 1 Composición | N.º 2 Mezclado | N.º 3 Curado | N.º 4 Testeo

Boletines técnicos de SFT.

Las defensas están diseñadas para crear un entorno seguro para los barcos, los pasajeros y las infraestructuras portuarias, por lo que la seguridad, la fiabilidad y la durabilidad son sumamente importantes durante la vida útil de una defensa y tras ella. **La calidad de una defensa puede medirse únicamente por sus propiedades físicas y su rendimiento en su área de aplicación específica.** Cada proyecto de defensa es único y constituye una solución personalizada para cada caso y situación. **El objetivo del boletín técnico consiste en compartir con el sector los profundos conocimientos y la dilatada experiencia de SFT, y analizar de cerca qué entendemos realmente por una buena defensa, desde los materiales originales y los procesos de fabricación hasta el testeo.**

Junto con los boletines técnicos de SFT (#1: [Composición. Un camino sinuoso](#); y #2: [Mezclado. Una operación paso a paso](#)) y [Fabricación y curado. Perfección avanzada](#)), se han descrito métodos de fabricación relevantes y se ha mostrado que no existen directrices ni estándares donde se especifique la composición química del caucho, ni disposiciones obligatorias respecto a los procesos de mezclado y fabricación. **No obstante, las directrices y los estándares internacionales como, por ejemplo, PIANC2002, ASTM D2000, EAU 2004, ROM 2.0-11 (2012) o BS6349 (2014), garantizan que las defensas funcionen de la forma en que fueron diseñadas al instalarse en el muelle y definen los atributos físicos obliga-**



Boletines técnicos de SFT:
N.º 1 Composición | N.º 2 Mezclado | N.º 3 Curado | N.º 4 Testeo

torios de las defensas de caucho. Este es el motivo por el que son tan importantes los resultados de los diversos métodos de ensayo: son la demostración esencial y definitiva de que una defensa posee las propiedades físicas requeridas y es un producto de alta calidad que puede responder a todos los desafíos del atraque a los que puede enfrentarse. Para poner de relieve esta importante cuestión, el boletín técnico sobre el testeo de defensas concluye que en este número se describe uno de los pasos cruciales en la fabricación de defensas.

Como fabricantes experimentados, en el Grupo SFT consideramos que contribuir a aumentar la calidad en el sector es una de nuestras principales responsabilidades, y se ve impulsada por nuestro firme compromiso con la fabricación y el diseño holísticos de defensas.

Boletines Técnicos de SFT – N.º 4

Las características de un compuesto de caucho y su comportamiento durante el proceso de mezclado, fabricación y curado son aspectos complejos. Tal como hemos aprendido de los anteriores boletines técnicos de SFT, las propiedades físicas de una defensa requeridas pueden variar en función del proyecto, de ahí que la fabricación sea específica de cada encargo. **En el boletín técnico n.º 4, se ofrece orientación y ejemplos de buenas prácticas de los diferentes métodos de ensayo, y se describe cómo funcionan.** Se divide en tres secciones: un resumen de los diferentes métodos de ensayo (Sección A), un enfoque centrado especialmente en los ensayos de verificación (Sección B) e información adicional en relación con las defensas neumáticas, las defensas de espuma y los escudos de acero (Sección C). El boletín técnico prioriza los ensayos de verificación con asesoramiento práctico respecto a lo que se debe tener en cuenta desde la perspectiva de un cliente y sirve de guía para problemas frecuentes relacionados con factores de corrección, desviaciones y cómo tratar ciertos retos que podrían producirse durante el proceso de testeo.

El documento contiene información esencial sobre la práctica del testeo de defensas según las normas y directrices internacionales actuales, y demuestra el enfoque de ensayo recomendado desde la perspectiva de un fabricante de defensas experimentado, fiable y fidedigno.

A. Resumen de los diferentes métodos de ensayo.

Existen diferentes métodos de ensayo con distintos objetivos de testeo como, por ejemplo, obtener una aprobación de tipo para una defensa, establecer valores de catálogo estándar y realizar ensayos de durabilidad, propiedades físicas o rendimiento. **Los diferentes métodos se basan en estándares internacionales y en recomendaciones ampliamente aceptadas. Algunos de los ensayos se llevan a cabo antes del pedido de un cliente (por ejemplo, durante la fase de desarrollo de la defensa).** Los ensayos de verificación garantizan que el cliente pueda examinar la defensa final y verificar que ha recibido justo lo que solicitó. A continuación, se describen cuatro métodos de ensayo diferentes.

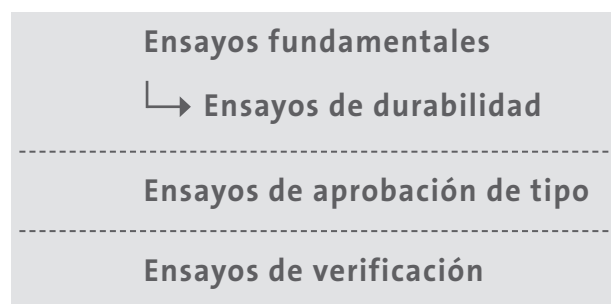


Figura 1: Resumen de los diferentes métodos de ensayo

Ensayos fundamentales

Los ensayos fundamentales se llevan a cabo empleando un modelo a escala para establecer datos de rendimiento de catálogo y determinar factores de corrección, que son datos fundamentales para la aprobación de un tipo de producto. Estos ensayos están diseñados para probar, como mínimo, el tipo de condiciones y situaciones definidas en las recomendaciones del sector, por lo que no es conveniente realizarlos para cada proyecto de defensa debido al elevado gasto de tiempo y su coste. Los ensayos fundamentales se aplican principalmente en el desarrollo de defensas para obtener datos técnicos generales o una especificación puntual de los valores de catálogo. Los datos publicados de los ensayos fundamentales incluyen las prestaciones estándar, factores de corrección (por ejemplo, temperatura, velocidad y ángulo) y resultados de ensayos, mientras que los resultados de cualquier desarrollo y estudio tecnológico se utilizan exclusivamente para que el fabricante mejore los productos y siga manteniendo la confidencialidad.

Ensayos de durabilidad

Como parte de los ensayos fundamentales, los ensayos de durabilidad se llevan a cabo una vez por tipo de producto con una defensa de un tamaño no inferior a las dimensiones mínimas del producto comercializado del mismo modelo. **El procedimiento de ensayo impone una fatiga prolongada en la defensa durante un breve período de tiempo y evalúa su durabilidad. La muestra de la defensa con estabilización de la temperatura está expuesta a una compresión repetitiva de su deflexión de diseño, lo que significa al menos 3000 ciclos de compresión con una duración máxima de 150 segundos por ciclo, de conformidad con el acuerdo establecido entre el fabricante y el cliente, o la pauta aplicable.** Normalmente, los ensayos de durabilidad no pueden realizarse en defensas de tamaño completo. Los criterios establecidos de aprobado/rechazo para los ensayos de durabilidad requieren que las defensas ensayadas no presenten fisuras visibles a simple vista. **Siempre que el tipo de defensa o el método de producción no haya cambiado, no hay necesidad de realizar un nuevo ensayo para cada nuevo proyecto. Como opción, se recomienda un testeo combinado de compresión y fuerza de cizallamiento, en lugar de un simple ensayo de compresión.** Este ensayo combina deflexión de cizallamiento con deflexión axial. En SFT, los equipos de ensayo combinado de compresión y cizallamiento permiten que se sometan a ensayo defensas de casi cualquier tamaño, aunque el número de ciclos de compresión se ve limitado en las defensas de mayores dimensiones. En el caso de los modelos a escala, son posibles ensayos de al menos 25 000 ciclos y ya se han probado satisfactoriamente en auditorías externas a tiempo completo. **En general, no debe subestimarse el coste del ensayo de durabilidad, ya que algunos protocolos de ensayo pueden generar costes adicionales de cientos de miles de dólares.** Antes de que se requiera este ensayo en las especificaciones, el cliente debe consultar con el fabricante los detalles y los precios para determinar el presupuesto necesario para llevarlo a cabo.



Ensayo de compresión y fuerza de cizallamiento

Ensayos de aprobación de tipo

Para obtener una aprobación de tipo de producto o un certificado de examen de tipo para una defensa, un tercero certificado debe presenciar y verificar los correspondientes ensayos. El alcance mínimo del ensayo incluye el rendimiento estándar, la durabilidad, los factores de corrección y las propiedades físicas, tal como se publica en el catálogo. Una aprobación de tipo de producto suele ser válida durante cinco años y necesita renovarse tras el período de validez. Cabe señalar que solo se consideran auténticos y fiables los certificados que se han subido a la web del organismo de certificación. A lo largo del ciclo de validez, deben llevarse a cabo evaluaciones periódicas para revisar constantemente los procesos de fabricación.



Ejemplos de certificados de examen de tipo de producto de SFT. Para comprobar la verificación, consulte esta página: <https://approvalfinder.dnvgl.com>

Ensayos de verificación

Los ensayos de las defensas finales y del material utilizado sirven para demostrar el rendimiento y la calidad del material del producto. Los ensayos se realizan en el material y en las defensas reales que se han producido para un proyecto. Una vez que se han determinado los requisitos y los parámetros específicos de un proyecto, corresponde al fabricante garantizar que las defensas finales y el material utilizado cumplen los requisitos individuales del proyecto del cliente. Los ensayos de verificación garantizan que las defensas finales se hayan producido según los respectivos valores de catálogo o las especificaciones del proyecto.

Los ensayos de verificación se componen de ensayos de material, trazabilidad, ensayos de rendimiento, verificación de las dimensiones y comprobación visual, aspectos que se tratan más detalladamente en la Sección B de este documento. Los ensayos de material se llevan a cabo en el material real utilizado para la producción de la defensa, mientras que los demás procedimientos de ensayo se realizan en la defensa final que se ha fabricado para el proyecto. En cambio, los ensayos fundamentales o de durabilidad se llevan a cabo, normalmente, en un modelo a escala.

MÉTODO DE ENSAYO	DEFINICIÓN/ OBJETIVO	TIPO DE ENSAYO	MÉTODO DE PUBLICACIÓN	PRACTICANTE
ENSAYOS FUNDAMENTALES	Determinar datos técnicos generales y establecer factores de corrección	Compresión en diversas situaciones, material, durabilidad, rendimiento, etc.	Publicaciones, catálogos y web del fabricante	Fabricante o tercero
ENSAYOS DE DURABILIDAD	Evaluar la durabilidad	Compresión repetitiva hasta la deflexión de diseño		
ENSAYOS DE APROBACIÓN DE TIPO	Obtener certificado de aprobación de tipo	Rendimiento estándar, durabilidad, factores de corrección y propiedades físicas	Expedición de documentos de certificación por parte de terceros	Presencia y verificación por parte de un tercero
ENSAYOS DE VERIFICACIÓN	Verificar la producción de defensas de acuerdo con las especificaciones del proyecto o los valores de catálogo	Ensayos de material y de rendimiento, trazabilidad, verificación de las dimensiones y comprobación visual	Informe de ensayo del fabricante o de un tercero	Fabricante o tercero

Tabla 1: Comparación de los diferentes métodos de ensayo

B. Ensayos de verificación – Detalles.

Los ensayos de verificación son el método con el que se determina que los clientes reciben justo lo que han solicitado.

Este procedimiento de ensayo es de suma importancia para el cliente, ya que confirma la calidad del producto antes del envío y de la instalación en el muelle.

Es importante que las especificaciones del proyecto ya incluyan previamente los requisitos de ensayo del cliente y los parámetros importantes relacionados con el proyecto, entre otros aspectos, para poder presupuestar de antemano los costes del testeo. Resulta crítico saber que los requisitos de ensayo especiales conllevan un determinado coste, y se aconseja estimar el presupuesto del testeo de antemano.

Requerir ensayos que vayan más allá de las normas industriales afecta al presupuesto global del proyecto en relación directa con el tamaño y la relevancia del mismo. Si, por ejemplo, el cliente solo compra dos defensas como repuestos, no se justificarían unos ensayos de gran amplitud que generasen un gasto de cientos de miles de dólares. Otro factor importante es el tiempo de entrega: con un plazo de entrega del proyecto ajustado, no todas las defensas pueden someterse a un testeo completo, ya que los requisitos de ensayo específicos, y especialmente los ensayos de terceros, pueden superar este plazo. **Una especificación detallada es clave, y se recomienda encarecidamente consultar a un fabricante de defensas reputado y de confianza para obtener asistencia y asesoramiento sobre todos los requisitos relacionados con el proyecto.**

De acuerdo con las normas industriales para los ensayos de verificación, suele haber dos procedimientos diferentes para su realización. **El fabricante puede llevar a cabo los ensayos estándar internos**, o bien el cliente o el fabricante pueden seleccionar a un **tercero como testigo de los ensayos, y el testeo se lleva a cabo en las instalaciones del fabricante con sus equipos**. El tercero presencia el ensayo y verifica que todos los equipos están calibrados y disponen de una certificación válida en el momento del testeo. **Este proceso constituye una buena práctica y, a diferencia de otras soluciones individuales que puedan acordarse entre el fabricante y el cliente, es el método aconsejable.** En las siguientes secciones, se describen las cinco partes en que se

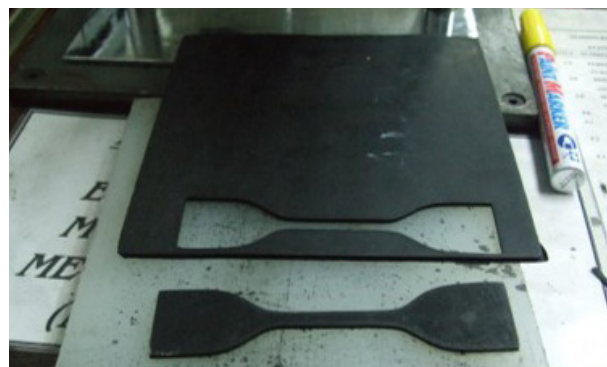
divide un ensayo de verificación: ensayo de material, trazabilidad, ensayo de rendimiento, verificación de las dimensiones y comprobación visual.

Ensayos de material

Los compuestos de caucho pueden estar formados por composiciones químicas muy diferentes en función de los criterios de rendimiento requeridos, que deben cumplir las directrices y las normas internacionales como, por ejemplo, PIANC2002, ASTM D2000, EAU 2004, ROM 2.0-11 (2012) o BS6349. Estas directrices garantizan que una defensa funcione tal como se diseñó cuando se instale en un puerto.



Muestra de ensayo del compuesto final para los ensayos de material



Muestra de ensayo realizada a partir de la muestra tomada del compuesto final

Las muestras de caucho que son necesarias para los ensayos de material se toman del compuesto finalizado, se preparan de forma precisa y, a continuación, se curan en el laboratorio. Posteriormente, se someten a ensayos para comprobar sus propiedades físicas bajo estrictas condiciones de laboratorio, incluyendo fuerza de adherencia y resistencia a la tracción, conjunto de compresión, dureza, elongación, resistencia al desgaste y a la abrasión, resistencia química y al ozono, y envejecimiento.

Las normas de ensayo ASTM, DIN, JIS e ISO, que son muy similares en cuanto a procedimiento y limitaciones, establecen el grosor y la forma exactos de las muestras de caucho, así como los procedimientos de ensayo. El rango de referencia de los resultados de ensayo suele basarse en la norma ASTM D2000. **Resulta crucial cumplir estrictamente la norma en cuestión, que no solo se aplica a la preparación de las muestras de ensayo, sino también al correcto almacenamiento y a la rapidez con la que deben probarse las muestras tras la producción para evitar resultados de ensayo fuera del rango de referencia y desviaciones de los resultados de ensayo del fabricante.** Puede obtenerse información detallada del fabricante en relación con los requisitos de ensayo.

Trazabilidad

La trazabilidad se comprueba para verificar que la defensa final se produce a partir del mismo compuesto que se usó para probar las propiedades físicas durante los ensayos de material. Con esta finalidad, debe llevarse a cabo un ensayo de análisis termogravimétrico (TGA) para comparar la composición de las dos muestras: la procedente de la defensa final y la del ensayo de material. Es importante que los valores coincidan/sean coherentes, independientemente del valor real. El ensayo se configura del siguiente modo: se toma una

pequeña muestra de la defensa final, y se lleva a cabo un ensayo TGA. El ensayo TGA es un método de análisis térmico en el que la muestra de caucho se pesa continuamente durante el calentamiento. Los diferentes componentes se queman a distintas temperaturas, por lo que la reducción del peso ofrece un indicio de la composición de la muestra. Estos resultados se comparan con el ensayo TGA realizado sobre la muestra de caucho del compuesto finalizado, que se usó en su momento para los ensayos de material. **Si los resultados de ambos ensayos TGA son coherentes, quedará verificado que la defensa final está fabricada con el mismo compuesto que se sometió a ensayo para comprobar sus propiedades físicas durante los ensayos de material.**

Sin embargo, cabe señalar que pueden producirse desviaciones entre laboratorios. Las condiciones pueden variar entre el laboratorio que lleva a cabo el ensayo TGA en la muestra de ensayo de material (normalmente, el fabricante) y el laboratorio que realiza el ensayo TGA en la muestra de la defensa final (normalmente, un instituto indicado por el cliente). Por otra parte, pueden darse pequeñas diferencias en el bloque de la defensa (debido a variaciones de mezcla, entre otros aspectos), por lo que la muestra tomada para la trazabilidad puede presentar una composición ligeramente

ENSAYOS DE MATERIAL	TRAZABILIDAD
Realizados por el fabricante	Realizada por un fabricante o un instituto independiente
La muestra de ensayo se toma del compuesto finalizado	Tras el curado, se toma una pequeña muestra de la defensa final
Las muestras de ensayo se preparan con precisión de conformidad con las normas	La muestra debe ser pequeña para no dañar la defensa (normalmente, 50-100 g)
Las muestras de ensayo se curan en el laboratorio	
Las muestras de ensayo se someten a ensayo para comprobar sus propiedades físicas en condiciones de laboratorio	
Se realiza el ensayo TGA sobre la muestra del compuesto	Se realiza el ensayo TGA sobre la muestra de la defensa final
Se recomienda la extracción Soxhlet y, en cualquier caso, debe llevarse a cabo el mismo procedimiento para ambos ensayos	
Se comparan los resultados del ensayo TGA de ambas muestras para comprobar si coinciden	
Coherencia de los resultados de ensayo: la defensa final se ha fabricado a partir del compuesto con el que se ha realizado el ensayo de material	

Tabla 2: Proceso de los ensayos de material y de trazabilidad

diferente a la de la muestra extraída del lote. Estas irregularidades son habituales y no afectan a las prestaciones de la defensa. Asimismo, también pueden producirse las desviaciones mencionadas anteriormente si tanto el fabricante como el instituto realizan un ensayo TGA en muestras de la misma defensa.

Si el fabricante no realiza el ensayo de trazabilidad de la defensa final, el cliente deberá asegurarse de que se lleva a cabo en un laboratorio certificado (por ejemplo, certificado de acuerdo con la norma ISO 17025) que tenga experiencia en ensayos de caucho. Asimismo, es importante que el laboratorio sea independiente y que los equipos de ensayo estén perfectamente calibrados.

Sin embargo, cabe señalar que el TGA solo es un análisis cuantitativo y no ofrece ninguna indicación sobre la calidad de la defensa.

Antes de llevar a cabo el análisis TGA, debe realizarse una extracción Soxhlet añadiendo un disolvente como, por ejemplo, acetona, al caucho que, a continuación, extraerá las sustancias químicas. Si se omite este paso, el contenido de polímeros mostrará valores más altos de lo normal. **Por lo tanto, la extracción Soxhlet se recomienda para obtener resultados más precisos y para optimizar la comparabilidad entre el ensayo de la muestra de caucho y el de la defensa final.** Es obligatorio que ambos ensayos sigan la misma norma, tanto si la extracción Soxhlet se realiza para las dos muestras como para ninguna, ya que, de lo contrario, la desviación de los resultados podrá ser bastante grande. Por este motivo, es sumamente importante que el cliente o el laboratorio que lleven a cabo el ensayo en la defensa final sepan si el fabricante ha realizado la extracción Soxhlet.

En ocasiones, en el sector se cuestiona por qué los ensayos de propiedades físicas no deberían realizarse en la propia defensa final, en lugar de preparar muestras de ensayo del compuesto antes de la producción. Someter a ensayo las propiedades físicas de las defensas finales es inusual y sumamente complejo, ya que implicaría cortar una gran pieza de la defensa final sin dañarla. Esto se debe a que se necesita una cantidad de material mucho mayor para el ensayo de propiedades físicas que para la trazabilidad (TGA). Además,

debe tenerse en cuenta una desviación del 15-20% respecto a los valores de catálogo, ya que existe una gran diferencia entre los resultados de una pieza procedente del bloque de la defensa y una placa de ensayo curada y preparada en condiciones de laboratorio. Asimismo, curar una defensa es diferente de curar una pequeña muestra de ensayo (es prácticamente imposible establecer una correspondencia entre sus propiedades físicas y las de cualquier sección del producto).*

Ensayos de rendimiento

Los ensayos de rendimiento, también conocidos como ensayos de aceptación de fábrica (FAT), se llevan a cabo en el producto final para garantizar que cumpla los requisitos de rendimiento. Normalmente, y si el cliente y el fabricante no acuerdan lo contrario, se somete a ensayo el 10% de las defensas finales.

Las defensas sometidas a ensayo se seleccionan aleatoriamente, y esta acción puede llevarla a cabo el cliente si supervisa el proceso de ensayo. A continuación, se comprimen en una gran prensa o bastidor de ensayo hasta su deflexión de diseño, mientras que la fuerza de reacción se mide con celdas de carga o transductores de presión. En el caso de las defensas de gran tamaño, resulta especialmente importante que el bastidor de ensayo tenga suficiente recorrido para alcanzar la deflexión requerida. **Solo hay un número limitado de bastidores de ensayo disponibles en todo el mundo para defensas de gran tamaño, de ahí que los ensayos de rendimiento suelen llevarse a cabo en las instalaciones del fabricante.**



Ensayos de rendimiento

* Estándares Técnicos y Comentarios sobre Instalaciones de Puertos y Muelles en Japón

LOS CUATRO FACTORES CLAVE QUE DEBEN TENERSE EN CUENTA EN EL ENSAYO DE RENDIMIENTO

01 Estabilización de la temperatura

Tras el curado de una defensa, el bloque de caucho conserva calor, por lo que es importante estabilizar la temperatura de la defensa antes de realizar los ensayos de rendimiento. Esto significa que una defensa sea expuesta a una cierta temperatura durante un determinado período de tiempo para alcanzar una distribución de la temperatura uniforme por todo el producto.

La temperatura uniforme puede alcanzarse dejando la defensa a la temperatura ambiente de la planta de fabricación o utilizando una sala de estabilización térmica. En la planta del fabricante se dispone de salas de estabilización térmica, pero su espacio es limitado, por lo que solo pueden estabilizarse unas pocas defensas a la vez. Por lo tanto, si se requieren temperaturas de estabilización específicas, los períodos de ensayo pueden prolongarse varias semanas.

Ejemplo: tras el desmolde, una defensa Cónica 600 tarda un día aproximadamente hasta que todo el producto ha alcanzado la misma temperatura desde la parte exterior hasta el núcleo, mientras que una defensa Cónica 1800 tarda siete días.



Sala de estabilización térmica

Existen dos opciones para el ensayo de rendimiento:

- Las defensas se estabilizan y se ensayan a temperatura ambiente. Los resultados del ensayo se ajustan a la pauta/norma en cuestión, o a la temperatura específica de un proyecto aplicando factores de temperatura. **Este método se considera la configuración más económica y eficaz.**
- Las defensas se estabilizan en la sala de estabilización térmica de acuerdo con las directrices o las especificaciones de un proyecto, sin permitir factores de temperatura. Por lo tanto, el tiempo de ensayo puede incrementarse significativamente, al igual que los costes de testeo.

02 Preparación de la defensa

En el ciclo de preparación para el uso, tras el proceso de fabricación, se suele realizar, al menos, una compresión completa hasta la deflexión de diseño de la defensa. La fuerza de reacción de esta primera compresión no se corresponde con el valor de catálogo y no es representativa del rendimiento de la defensa durante su vida útil. El ciclo de preparación suele recomendarse para defensas de gran tamaño con elevadas fuerzas de reacción. Las defensas moldeadas pueden presentar pequeñas adherencias que deben romperse para que el producto pueda alcanzar sus propiedades de rendimiento a largo plazo.

Las defensas seleccionadas para los ensayos de rendimiento suelen someterse a un mínimo de tres ciclos de compresión, durante los cuales se presta especial atención al período de reposo de 15 a 20 minutos entre compresiones. Después de la tercera compresión, el ciclo de reposo se amplía a, al menos, una hora, tras la cual se realiza el proceso de ensayo real durante el cuarto ciclo de compresión.

03 Factores de corrección

Si las condiciones de ensayo difieren de las condiciones de diseño, se aplican factores de corrección para lograr la comparabilidad. Estos factores de corrección se establecen durante los ensayos fundamentales. Los datos de contraste se obtienen comparando los resultados del ensayo con los datos de catálogo o los requisitos específicos del proyecto para comprobar si una defensa cumple los requisitos y para verificar su rendimiento de forma concluyente.

Los factores de corrección típicos son la velocidad de ensayo (VF; factor de velocidad) o el rango de temperatura (TF; factor de temperatura). No hay marcos de ensayo independientes que puedan probar defensas con la velocidad de ataque real, por lo que se aplica una velocidad lenta constante (CV) durante los ensayos, de conformidad con el informe 33 de PIANC WG (PIANC 2002).

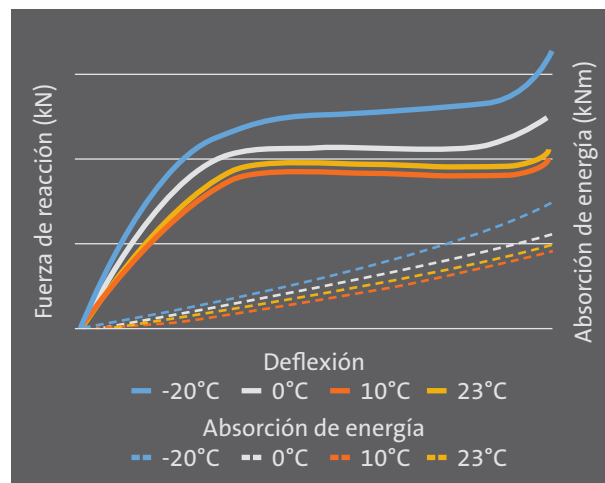


Figura 3: resultados de los ensayos de rendimiento a diferentes temperaturas de caucho

Ejemplo de cálculo de aplicación del factor de temperatura

- ▶ La defensa se ensaya a 30° (estabilización obtenida a la temperatura ambiente de la planta de fabricación). Resultado del ensayo: 766 kNm
- ▶ El factor de corrección de la temperatura a 30° es 0,976 (este valor se ha establecido durante los ensayos fundamentales)
- ▶ Corrección de la absorción de energía para el factor de temperatura: $766 \text{ kNm} / 0,976 = 784 \text{ kNm}$
- ▶ El resultado tras el factor de corrección (784 kNm) se compara con el valor mínimo requerido (en nuestro ejemplo, 782 kNm)
- ▶ La absorción de energía de la defensa cumple los requisitos mínimos

04 Criterios de aprobado/rechazo

Durante los ensayos de rendimiento, la defensa se desvía hasta su deflexión de diseño y supera el ensayo cuando se alcanza la energía mínima en cualquier punto durante el ensayo, sin exceder la fuerza de reacción máxima. A este respecto, cabe mencionar que la deflexión no es un criterio de aprobado/rechazo*, y que la defensa supera el ensayo aunque se alcancen los valores establecidos para la energía y la fuerza de reacción antes de la deflexión de diseño.

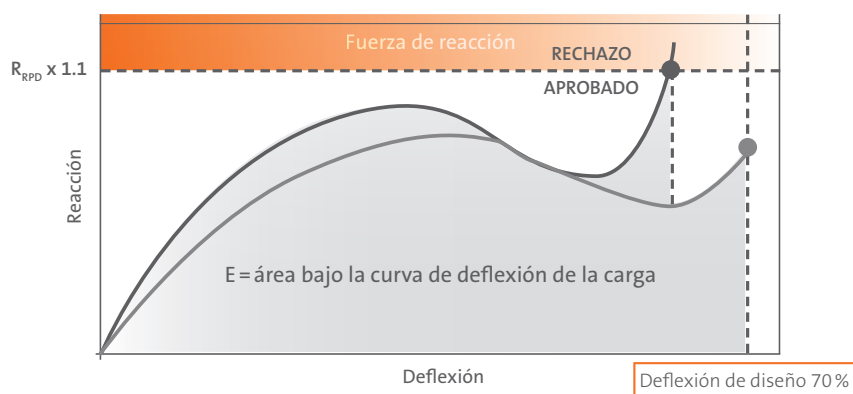


Figura 4: curva de deflexión de la carga

Dos defensas se comprimen hasta una deflexión de diseño de 70. Una de las defensas alcanza su energía mínima y su fuerza de reacción máxima antes de la deflexión de diseño, mientras que la otra lo hace en el momento de la deflexión de diseño: Ambas defensas superan el ensayo.

*PIANC: 2002, Sección 6.1.2, ASTM F2192, punto 7.1.2

Verificación de las dimensiones

Las dimensiones se comprueban y se comparan con los datos de catálogo, y deben encontrarse dentro de los valores de tolerancia del fabricante. Al medir las dimensiones en la planta de producción, deben tenerse en cuenta la contracción y dilatación térmicas. Las variaciones de tamaño entre defensas son poco habituales, ya que se han producido en el mismo molde.



Comprobación dimensional

Comprobación visual

Durante el ensayo de verificación, se examina visualmente la defensa final para comprobar su aspecto en busca de grietas o defectos. Si la defensa muestra una pequeña protuberancia, se corrige el producto. **En general, la presencia de protuberancias no afecta al rendimiento.** Las defensas pueden presentar marcas de flujo superficial, que pueden aceptarse como algo habitual siempre que no sean demasiado extensas. Si únicamente se trata de un aspecto estético, no tienen ningún impacto en la calidad. Si el área defectuosa es extensa, el cliente debe consultar al fabricante.

Asimismo, en caso de que una defensa cilíndrica sea ovalada, es posible que sea necesario volver a fabricarla.



Protuberancia en la defensa (debe repararse o reemplazarse)

Guía de buenas prácticas de SFT – Preguntas frecuentes.

En el siguiente apartado, se abordan cuestiones y preguntas importantes en relación con la verificación de los factores de corrección, la forma de categorizar y tratar las desviaciones de los resultados de ensayo, y qué ocurre si un producto no cumple los requisitos.



¿Cuál es la práctica recomendada para verificar factores de corrección?



Podrían volver a verificarse los factores de corrección para un proyecto específico, pero normalmente se aplican los factores de corrección preasignados en los ensayos de aprobación de tipo. La cuestión importante que debe respetarse en este contexto es saber cuáles fueron el protocolo y la configuración del ensayo de factores de corrección originales, y lograr que los nuevos ensayos se correspondan con la configuración original para lograr datos comparables. Pueden darse ligeras desviaciones, que es lo normal, incluso con la misma configuración.

En este caso, las buenas prácticas recomiendan que el fabricante cuente con una aprobación de tipo, ya que los factores de corrección se calculan y se establecen durante este proceso. La aprobación de tipo se debe certificar a través de un organismo independiente y fiable, y se recomienda en todo momento que el cliente trabaje con un proveedor de confianza con una trayectoria demostrada. Se genera mayor confianza si el establecimiento de los factores de corrección se ha desarrollado en colaboración con un organismo independiente (por ejemplo, un instituto técnico, como la Universidad Kyushu de Japón). En cualquier caso, si se solicita o se requiere por cualquier motivo, pueden volver a ensayarse los factores de corrección. Este ensayo se realiza en condiciones de laboratorio, lo que conlleva un coste adicional y una mayor inversión de tiempo. **No obstante, si el pedido se realiza a un proveedor de confianza, apenas será necesario ni estará justificado realizar otro ensayo.** Por otra parte, suele ocurrir que los factores de corrección se cuestionen a la hora de llevar a cabo el testeo, aunque, en realidad, no hay ningún motivo lógico para ello: **la defensa se ha diseñado de acuerdo con los mismos factores de corrección que se han aplicado durante los ensayos.**

Q ¿Cómo lidiar con las divergencias entre los resultados del ensayo y los datos de catálogo? ¿Qué proceso debe seguirse cuando se producen divergencias?

A El procedimiento de buenas prácticas para gestionar las divergencias consiste en establecer una comunicación muy clara a lo largo del proyecto y en que el cliente y el fabricante acuerden el procedimiento antes del inicio de los ensayos. El protocolo de ensayo debe determinarse claramente entre ambas partes. Las divergencias no implican automáticamente que se haya entregado un mal producto o que el material sea de baja calidad. En caso de que se produzcan, el fabricante puede comprobar la calibración de sus equipos de ensayo y revisar las condiciones del testeo. Los siguientes pasos serían comprobar los resultados del ensayo de material y el proceso de moldeo y curado.

Un posible motivo de las divergencias es que no se haya seguido el protocolo de ensayo. Por ejemplo, no se ha estabilizado la temperatura de la defensa y, por lo tanto, se ha ensayado con una temperatura incorrecta, o puede que no se haya respetado el tiempo establecido entre cada ciclo de ensayo para los ensayos de rendimiento. El incumplimiento de los protocolos de ensayo altera los resultados del ensayo y no permite que se comparen con los datos de catálogo. Sin embargo, esto no significa que se trate de un mal producto, sino simplemente de que no pueden compararse los resultados.

Q ¿Qué ocurre si se han respetado todas las indicaciones, pero se siguen produciendo divergencias?

A Si los resultados del ensayo definitivos siguen mostrando divergencias, aunque se hayan descartado todos los motivos posibles, el fabricante deberá consultar al cliente para saber si puede aceptarse el producto con determinadas condiciones. En este caso, debe analizarse el nivel de divergencia para evaluar las posibles consecuencias sobre el rendimiento de la defensa o su instalación. La decisión se tomará basándose en una cuidadosa evaluación y en el acuerdo entre el fabricante y el cliente. Algunas divergencias pueden obviarse como, por ejemplo, unos milímetros de diferencias dimensionales.

Q ¿Qué ocurre si el producto no cumple los requisitos de ensayo?

A En caso de que los resultados del ensayo de verificación no cumplan los valores requeridos de las correspondientes tolerancias, la repetición del ensayo se llevará a cabo utilizando dos conjuntos más de muestras o defensas del mismo lote de mezclado. La defensa que no supere el ensayo se rechazará y se volverá a fabricar. Si todas las muestras adicionales superan los ensayos de rendimiento y los demás ensayos de verificación de calidad, puede asumirse que las defensas restantes también cumplen los requisitos.

C. Información adicional – Defensas de espuma, defensas neumáticas y escudos de acero.

El mismo principio que se aplica a cada aspecto de la fabricación de defensas también es válido para los ensayos: los diferentes proyectos de defensas, así como los distintos tipos de defensas, precisan un análisis con criterios específicos. En esta sección, se resumen los puntos clave para probar defensas neumáticas, defensas de espuma y escudos de acero.

Defensas de espuma

Para la verificación del rendimiento de una defensa de espuma, es importante definir si se está ensayando un modelo a escala o una defensa de tamaño completo (de acuerdo con la norma ASTM 2192, deben utilizarse modelos a escala para defensas de gran tamaño). La tolerancia de rendimiento típica de una defensa de espuma es $\pm 15\%$, y la tolerancia dimensional recomendada se sitúa en $+5\%/-0\%$, según se acuerde entre el fabricante y el cliente.

Otros ensayos analizan el grosor de la capa de la defensa, la densidad de su espuma y su estiramiento. Para obtener más información, consulte al fabricante y asegúrese de acordar un protocolo de ensayo que, posteriormente, se siga estrictamente, así como la forma de abordar las desviaciones.

Defensas neumáticas

El ensayo de material del caucho interior y exterior se llevará a cabo de acuerdo con la información especificada en la norma ISO 17357. La inspección dimensional debe llevarse a cabo a la presión interna inicial y se sitúa en una tolerancia de +10 %/-5 % en lo que respecta a la longitud y al diámetro.

En las defensas neumáticas se realizan ensayos para comprobar fugas de aire, y estos deben llevarse a cabo en todas las defensas a la presión inicial durante más de 30 minutos. Los resultados del ensayo deben confirmar que hay fugas de aire.

Se especificará el rendimiento de las defensas neumáticas de caucho flotantes a alta presión en términos de absorción de energía garantizada (GEA), fuerza de reacción en la deflexión GEA y presión del casco en la deflexión GEA. Estos ensayos se llevarán a cabo utilizando una defensa de tamaño real o un modelo a escala con unas dimensiones superiores a la quinta parte del diámetro real.



Defensas neumáticas

Escudos de acero

Los escudos de acero para defensas suelen estar protegidos contra la corrosión con un revestimiento de conformidad con la norma ISO 12944. **Los escudos deben someterse a inspecciones de grosor de la pintura para comprobar el grosor del revestimiento y realizar retoques en caso necesario.**

Para comprobar la estanqueidad del escudo, se lleva a cabo un ensayo de presión del mismo. Se trata de un ensayo muy habitual, que puede llevarse a cabo fácilmente en el emplazamiento de construcción: el escudo se somete a presión y, aplicando un espray de jabón alrededor de las soldaduras exteriores, puede examinarse la estanqueidad. La formación de burbujas es un indicio de que existe una fuga de aire. En tal caso, las soldaduras deben repararse soldándolas de nuevo y volviendo a comprobarlas después.

Para consultar requisitos de ensayo adicionales, se recomienda establecer un plan de ensayo e inspección (ITP) con el fabricante.



Escudo de acero

Conclusión.

Una defensa de alta calidad es el resultado de un proceso de composición, mezclado, fabricación y curado coordinado y elaborado de forma experta, así como de procesos de ensayo a cargo de un fabricante experimentado. **Los ensayos garantizan que el rendimiento y las propiedades físicas de la defensa final cumplan los requisitos individuales del proyecto, así como las normas internacionales, lo que constituye una de las razones por las que se recomienda que el cliente consulte al fabricante y haga especial hincapié en esta fase de la fabricación de defensas.**

En este boletín técnico, se analiza la importancia de establecer un protocolo de ensayo detallado antes del testeo, y se recomienda encarecidamente consultar a un fabricante de defensas reputado y de confianza para obtener asistencia y asesoramiento respecto a todos los requisitos relacionados con el proyecto. Asimismo, es de crucial importancia establecer una comunicación clara en relación con los factores de corrección y las desviaciones para garantizar la entrega de la defensa final tal como solicitó el cliente.

Un fabricante de defensas experimentado tendrá en cuenta cada aspecto importante de las normas de máxima calidad y encontrará el equilibrio óptimo en la relación calidad-precio, especialmente en lo que al testeo se refiere. **Utilizar los métodos de ensayo de forma incorrecta puede dar lugar a un mayor gasto de tiempo y dinero, que puede evitarse estableciendo de antemano el enfoque más adecuado.**

Como fabricantes de defensas con una experiencia inigualable en la producción de caucho, en el Grupo ShibataFenderTeam, consideramos que crear y fomentar el valor del producto es uno de nuestros objetivos más importantes. **Nuestra misión está impulsada por nuestro compromiso con productos de alto rendimiento y nuestro claro sentido de la responsabilidad.**

Referencias:

A menos que se indique lo contrario, todas las referencias al caucho y a la composición del caucho en este boletín técnico se extraen de:

- Abts, G. (2007). Einführung in die Kautschuktechnologie (Introducción a la tecnología del caucho). Munich: Hanser
- Hofmann, W. & Gupta, H. (2009). Handbuch der Kautschuktechnologie. Band 4 Artikelfertigung und Qualitätssicherung (Guía de referencia de la tecnología del caucho. Volumen 4. Garantía de producción y de calidad) Ratingen: Gupta

Nota:

- ▶ El testeo garantiza que el rendimiento de la defensa final cumpla los requisitos individuales del proyecto, así como las normas internacionales.
- ▶ Resulta clave establecer un protocolo de ensayo detallado antes del testeo, y se recomienda encarecidamente consultar a un fabricante de defensas reputado y de confianza.
- ▶ Es de crucial importancia establecer una comunicación clara en relación con los factores de corrección y las desviaciones para garantizar la entrega de la defensa final tal como solicitó el cliente.

Grupo ShibataFenderTeam.

El Grupo ShibataFenderTeam es el fabricante líder internacional de sistemas de defensa, con más de 50 años de experiencia en la producción de defensas, más de +120.000 defensas en servicio y más de 90 años de experiencia en la elaboración de productos de caucho. Shibata Industrial, con sede en Japón, es responsable de la producción y la I+D, mientras que ShibataFenderTeam, con sede en Alemania, se ocupa del diseño y las ventas. Sus oficinas regionales en los Estados Unidos, Europa y Asia cuentan con el apoyo de una amplia red de representantes locales bien establecidos en seis continentes. Crear y proteger el valor es el objetivo esencial al que nuestros productos están destinados. Ofrecemos la gama completa de productos de defensas marinas, desde simples perfiles de caucho hasta sistemas de alta ingeniería, así como accesorios y fijaciones. La excelencia en ingeniería significa que nuestros socios pueden estar seguros de que pueden esperar lo mejor en todas las áreas. Nuestra experiencia nos ha granjeado una reputación como socio de confianza en el mercado internacional de puertos, muelles y vías navegables.

GRUPO SHIBATAFENDERTEAM.

Sede central:

ShibataFenderTeam AG – Alemania

+49 (0)40 63 86 10 - 170

contact-germany@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Inc. – Estados Unidos

+1 (571) 281 - 3770

contact-americas@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Sdn. Bhd. – Malasia

+60 (0)3 5545 9215

contact-malaysia@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam Spain SLU – España

+34 960 550 400

contact-spain@shibata-fender.team

ShibataFenderTeam B.V. – Países Bajos

+31 (0)497 749 - 260

contact-netherlands@shibata-fender.team