



Edición especial

# ***Geshundheits Ingenieur***

**Domótica – Física de la construcción – Ingeniería ambiental**

---

Matthias Hofmann (autor)

**Aspectos negativos sobre el  
uso de tuberías de plástico en  
instalaciones de gas domésticas**

# INDICE

Matthias Hofmann

## 1. Introducción y objeto del estudio (información ampliada en página 6 punto 1)

En este documento se analizan de forma crítica los conceptos y dispositivos de seguridad previstos en instalaciones de gas domésticas con tuberías de plástico.

Contra el uso de tuberías de plástico como conductos interiores de gas no existe ninguna duda en cuanto a aspectos constructivos, sin embargo, el autor tiene notables dudas de si la cadena de seguridad prevista para tuberías de plástico en la TRGI 2008 es lo suficientemente amplia para un caso real de incendio.

## 2. El autor (información ampliada en página 6 punto 2)

Ingeniero licenciado (FH) Matthias Hofmann, Múnich, e-mail: [info@svrnh.de](mailto:info@svrnh.de), [www.svrnh.de](http://www.svrnh.de)

Cabe indicar que la opinión expuesta en esta documentación no se trata de un encargo profesional, sino de una valoración personal y subjetiva. La elaboración de este análisis no ha sido remunerada y no persigue ningún tipo de interés económico.

## 3. Calidad HTB hasta ahora (información ampliada en página 6 punto 3)

Esta calidad HTB suele demostrarse mediante una prueba de inflamabilidad (650 °C durante 30 minutos).

Los componentes adicionales sin calidad HTB comprobada (p. ej. contadores de gas o el calefactor de gas mismo) deberán asegurarse mediante la intercalación de un "dispositivo de cierre térmico", el denominado dispositivo TAE.



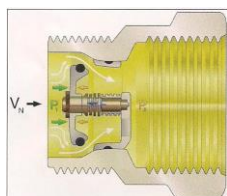
1 – TAE en estado abierto



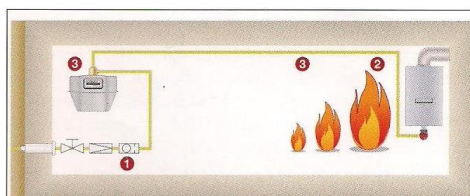
2 – TAE en estado cerrado

## 4. Tuberías de plástico en la TRGI 2008 (información ampliada en página 7 punto 4)

Junto a esta filosofía de seguridad, se creó un nuevo sistema para tuberías de plástico. La parte esencial de esta nueva filosofía de seguridad es el controlador de flujo de gas. Se parte de la base de que, en caso de incendio, el tubo de plástico quemará de modo que el gas se escapará y el controlador de flujo de gas se cerrará.



3 – Controlador de flujo



4 – Caso de incendio

## 5. Calidad HTB de tuberías de plástico (información ampliada en página 7 punto 5)

Debido a que la TRGI 2008 aprueba para las tuberías de plástico la misma seguridad contra incendios y explosiones que para las tuberías metálicas, se habla de que estas también cuentan con la calidad HTB. Desde el punto de vista pericial, esta afirmación no es correcta.

Según la norma DIN EN 1775, un componente cuenta con una alta resistencia térmica cuando (dicho de forma simple), tras una exposición de 30 minutos a una temperatura de 650 °C, solo presenta una tasa de fuga determinada. Está claro que los componentes de tuberías de plástico no pueden cumplir con este requisito.

La asociación DVGW destaca en los prólogos de las hojas DVGW VP 625 y VP 626 de forma relevante que las tuberías de polietileno reticulado (PE-X) y las tuberías multicapa "*no son conductos de gas de alta resistencia térmica*".

## 6. Controlador de flujo de gas (información ampliada en página 8 punto 6)

Un controlador de flujo de gas es una válvula que se mantiene abierta mediante un resorte (a veces también gracias al propio peso del plato de válvula). Si la velocidad de circulación aumenta en el controlador de flujo de gas un determinado valor, la presión dinámica presiona el plato de la válvula hasta el asiento de la válvula y detiene el suministro de gas (*Imagen 3*).

Un error de cálculo en el dimensionado de la instalación de un limitador de caudal ya no sería en este caso solo relevante para el funcionamiento sino relevante para la seguridad. Puede incluso llegar a tener consecuencias penales. Desde la perspectiva pericial es relativamente fácil detectar un error de dimensionado en caso de daños. Se recomienda por ello la conservación de todos los documentos de calculación.

## 7. Rotura libre de fugas previas (información ampliada en página 9 punto 7)

La normativa TRGI 2008 parte de la base de que, en caso de incendio, las tuberías de plástico tendidas profesionalmente y homologadas según DVGW VP 625/626 se mantienen estancas al menos 30 minutos o se abren de forma rápida. En definitiva, se le denomina "rotura libre de fugas previas". Se debe dar una apertura tan grande para que como mínimo pueda salir el caudal de cierre necesario del controlador de flujo de gas. La entrada de una rotura libre de fugas previas representa el segundo componente central de la seguridad contra incendios y explosiones en tuberías de plástico.

### 7.1 Requisitos de las pruebas de tipo

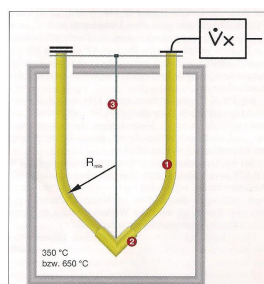
### 7.2 Preguntas periciales sobre la rotura libre de fugas previas

#### 7.2.1 Sin mecanismo físico

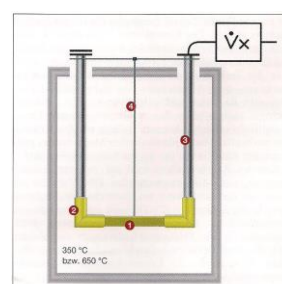
#### 7.2.2 Comportamiento de ruptura sin descarga del propio peso

#### 7.2.3 Comportamiento de rotura en caso de sollicitación térmica y de flexión

#### 7.2.4 Prueba deficiente de la tubería



5 – Montaje tubo PEX



6 – Montaje tubo multicapa

## 8. Trayecto hasta la rotura libre de fugas previas (información ampliada en página 12 punto 8)

Entre el controlador de flujo de gas y la rotura libre de fugas previas que se espera se dé en caso de incendio, pueden existir muchos metros de tubería. Pero el controlador de flujo de gas solo cerrará si a través de su caja o cuerpo circulan realmente unas cantidades de gas tan importantes que se alcanza el caudal de cierre (*Imagen 3*). Y de nuevo, esto solo sucede cuando la tubería entre el controlador de flujo de gas y la rotura libre de fugas previas aún es capaz de transportar este caudal (*Imagen 4*).



7 – Inliner suelto tras sollicitación térmica.

## 9. Ensayos del Instituto de inspección de gas GWI (información ampliada página 13 punto 9)

Como demostración de la capacidad funcional de la nueva filosofía de seguridad para tuberías de plástico, la DGWW ha realizado "un gran número de ensayos adicionales y de desarrollo, como p. ej. pruebas de incendio en copias de instalaciones prácticas en el horno de pruebas de incendio del Instituto oficial de pruebas de los materiales MPA de Dortmund, así como ensayos únicos del laboratorio de pruebas del GWI, de Essen y también por fabricantes"<sup>3</sup>.

## 10. Valoración (información ampliada en página 16 punto 10)

Desde la perspectiva pericial, cualquier proyectista o constructor de una instalación de gas es responsable de su seguridad. En caso de fallo de la cadena de seguridad la autorización constructiva del sistema tendrá muy poca importancia. Finalmente se cuestionará por qué la cadena de seguridad se ha visto cortada en ese caso en concreto y si un experto hubiera podido reconocerlo de antemano. Posiblemente, también se cuestionará si el sistema homologado de forma indiscutible cumplía con las reglas de la técnica conocida y si "era apto para el uso habitual y presentaba una composición habitual en obras del mismo tipo y que el fabricante pudiera esperar según el tipo de obra" (Código civil alemán BGB art. 633).

## 11. Observaciones de probabilidad (información ampliada en página 16 punto 11)

La TRGI 2008 prevé para la garantía de la seguridad contra incendios y explosiones de tuberías de plástico en las instalaciones de gas domésticas una cadena de seguridad que se basa en la confluencia de tres procesos (*Imagen 4*):

- formación de una rotura libre de fugas previas
- alcance del caudal de cierre
- cierre mediante un controlador de flujo de gas

En el caso de que falle uno de los tres procesos, falla toda la cadena de seguridad.

## Bibliografía (información en página 16 y 17)

# Aspectos negativos sobre el uso de tuberías de plástico en instalaciones de gas domésticas

Matthias Hofmann

## 1. Introducción

Con la normativa técnica para instalaciones de gas (TRGI) de la asociación alemana de gas y agua (DVGW) TRGI 2008, se homologó en Alemania por primera vez el uso de tuberías de plástico en instalaciones de gas domésticas. En este documento se analizan de forma crítica los conceptos y dispositivos de seguridad previstos.

Contra el uso de tuberías de plástico como conductos interiores de gas no existe ninguna duda en cuanto a aspectos constructivos. Según la opinión de la DVGW, incluso ofrecen la misma seguridad contra incendios y explosiones que las tuberías metálicas. Sin embargo, el autor tiene notables dudas de si la cadena de seguridad prevista para tuberías de plástico en la TRGI 2008 es lo suficientemente amplia para un caso real de incendio.

## 2. El autor

El autor fue hasta 2004 consejero técnico de la *Fachverband SHK Bayern* (Asociación profesional de tecnología sanitaria, de calefacción y climatización de Baviera) y es desde entonces perito jurado por orden oficial en tecnología sanitaria y el gremio de instaladores de gas y agua.

Cabe indicar que la opinión expuesta en esta documentación no se trata de un encargo profesional, sino de una valoración personal y subjetiva. La elaboración de este análisis no ha sido remunerada y no persigue ningún tipo de interés económico.

## 3. Calidad HTB hasta ahora

Hasta la fecha, las tuberías, incluidos todos sus componentes y conectores, que debían montarse en un conducto interior de gas, debían contar íntegramente con una "alta resistencia térmica", es decir, debían ofrecer la denominada calidad HTB.

Esta calidad HTB suele demostrarse mediante una prueba de inflamabilidad (650 °C durante 30 minutos). Alternativamente, la calidad HTB también puede demostrarse mediante el cumplimiento de determinados requisitos constructivos y de material (p. ej. determinados grosores de pared para tendido de tuberías).

Los componentes adicionales sin calidad HTB comprobada (p. ej. contadores de gas o el calefactor de gas mismo) deberán asegurarse mediante la intercalación de un "dispositivo de cierre térmico", el denominado dispositivo TAE.

El TAE es un dispositivo de parada cuyo vástago de la válvula se encuentra sujeto a un nervio mediante una soldadura. Cuando esta soldadura se encuentra sometida a una temperatura de más de 96 °C se derrite y el disco de la válvula queda presionado por un fuerte resorte pretensado en el asiento de la válvula (*Imágenes 1 y 2*). Un TAE cierra por completo y tras el disparo debe desmontarse y cambiarse.

A modo de alternativa al TAE, los componentes sin calidad HTB también pueden proveerse de una protección constructiva (envolvente).

Ingeniero licenciado (FH) Matthias Hofmann, Múnich, e-mail: info@svrnh.de, www.svrnh.de - Perito jurado oficial por la Cámara de comercio e industria de Múnich y Alta Baviera en tecnología sanitaria - Perito jurado oficial por el Gremio de instaladores de Múnich y Alta Baviera en instalaciones de gas y agua.



1 – TAE en estado abierto



2 – TAE en estado cerrado

#### 4. Tuberías de plástico en la TRGI 2008

Junto a esta filosofía de seguridad hasta la fecha (que sigue estando en vigor y puede aplicarse), se creó un nuevo sistema para tuberías de plástico. La parte esencial de esta nueva filosofía de seguridad es el controlador de flujo de gas (*Imagen 3*). Se parte de la base de que, en caso de incendio, el tubo de plástico quemará de modo que el gas se escapará y el controlador de flujo de gas se cerrará (*Imagen 4*).

En consecuencia, la nueva TRGI 2008 aprueba de forma automática para las tuberías de plástico la misma seguridad contra incendios y explosiones que para las tuberías metálicas, cuando

- se intercala un controlador de flujo de gas adaptado a la carga tipo K (GS-K),
- se utiliza un sistema de tuberías con unas exigencias específicas de comportamiento de rotura (DVGW VP 625/626) y
- se ajusta especialmente la disposición de la línea y su dimensionado.

#### 5. Calidad HTB de tuberías de plástico

Debido a que la TRGI 2008 aprueba para las tuberías de plástico la misma seguridad contra incendios y explosiones que para las tuberías metálicas, también se habla de que estas también cuentan con la calidad HTB. Desde el punto de vista pericial, esta afirmación no es correcta.

Según la norma DIN EN 1775, un componente cuenta con una alta resistencia térmica cuando (dicho de forma simple), tras una exposición de 30 minutos a una temperatura de 650 °C, solo presenta una tasa de fuga determinada. Está claro que los componentes de tuberías de plástico no pueden cumplir con este requisito.

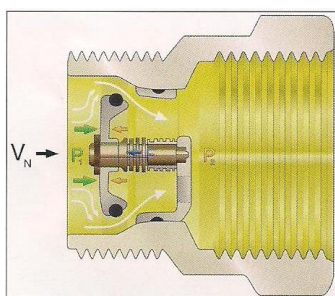
No obstante, las pruebas de la DVGW según VP 625 y VP 626 se apoyaron en las pruebas DIN EN 1775. De este modo se puede argumentar que los componentes sometidos a estas pruebas cumplen con la calidad HTB. Desde el punto de vista pericial, no es así.

Mientras que la DIN EN 1775 para demostrar la calidad HTB exige la resistencia (estanqueidad/tasa de fuga) de un componente, las pruebas DVGW según VP 625 y VP 626 comprueban el modo en que un componente falla. Pues bien, el fallo de un componente de un cierto modo (o sea, con brusquedad repentina en vez de con lentitud paulatina) no puede determinar de forma segura la resistencia de un componente.

Por descontado, se demuestra con las pruebas de tipo constructivo que este tipo de fallo tan concreto, en combinación con unos instrumentos de seguridad que también reaccionan, en una disposición de prueba determinada, alcanza el mismo objetivo de protección que la calidad HTB. Pese a ello, no se trata de la misma.

La asociación DVGW destaca en los prólogos de las hojas DVGW VP 625 y VP 626 de forma relevante que las tuberías de polietileno reticulado (PE-X) y las tuberías multicapa "*no son conductos de gas de alta resistencia térmica*".

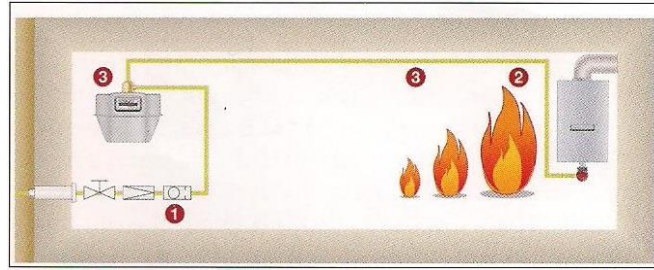
La seguridad contra incendios y explosiones exigida según la normativa técnica para instalaciones de gas TRGI 2008 puede conseguirse por diferentes vías. Una de ellas es la calidad HTB. Otra vía es la nueva filosofía en seguridad para tuberías de plástico. Ambas opciones son posibles según la norma DIN EN 1775.



3 – Controlador de flujo

**Imagen 3.** Principio de funcionamiento de un controlador de flujo de gas. La fuerza del resorte (F) y la fuerza de la presión posterior (P 2) mantienen abierto en funcionamiento normal el plato de la válvula del controlador de flujo de gas. Si el flujo volumétrico (VN) aumenta hasta un determinado valor (caudal de cierre), la presión dinámica (P 1) presiona el plato de la válvula hasta el asiento de válvula y detiene el suministro de gas.





4 – Caso de incendio

**Imagen 4.** Principio de la cadena de seguridad de tres niveles para tuberías de plástico en las instalaciones de gas domésticas según TRGI 2008. En caso de incendio, el controlador de flujo de gas (1) debe bloquear el suministro de gas. Esto solo sucede cuando se supera el caudal de cierre. Para que esto pueda llegar a suceder, el tubo de plástico debe fallar de manera que se dé (2) una apertura de fuga suficientemente grande ("rotura sin fuga previa"). Además, la tubería restante (3) no debe sufrir ningún desperfecto, de modo que pueda llegar a transportarse el caudal de cierre.

## 6. Controlador de flujo de gas

Un controlador de flujo de gas es una válvula que se mantiene abierta mediante un resorte (a veces también gracias al propio peso del plato de válvula). Si la velocidad de circulación aumenta en el controlador de flujo de gas un determinado valor, la presión dinámica presiona el plato de la válvula hasta el asiento de la válvula y detiene el suministro de gas (*Imagen 3*). Debido a que a través de una apertura de rebose siempre se pierde una pequeña cantidad de gas y la válvula vuelve a colocarse en posición de trabajo, un controlador de flujo de gas disparado no debe desmontarse.

Hasta la fecha, se utilizaban controladores de flujo de gas exclusivamente para proteger de posibles manipulaciones. Este objetivo de protección conlleva implícitamente que no se alcance nunca una protección suficiente ya que, en definitiva, nunca se puede proteger de una manipulación intencionada. Todo técnico debe tener claro que, independientemente de la cantidad de gas de rebose, un controlador de flujo de gas puede dispararse en caso de escape de gas causado premeditadamente, pero no tiene por qué dispararse a toda costa.

En la instalación de tuberías de plástico en instalaciones de gas domésticas, el controlador de flujo de gas es el componente central del sistema de seguridad contra incendios y explosiones. Según la legislación de responsabilidad se trata de una categoría muy distinta a la de la protección contra manipulación intencionada. Hasta la fecha se trataba de una protección adicional contra acceso externo intencionado, a partir de ahora se trata de la seguridad propia de una instalación técnica.

Un error en el dimensionado ya no sería en este caso solo relevante para el funcionamiento sino relevante para la seguridad. Puede incluso llegar a tener consecuencias penales. Desde la perspectiva pericial es relativamente fácil detectar un error de dimensionado en caso de daños. ¡Se recomienda por ello la conservación de todos los documentos de calculación!

El controlador de flujo de gas como componente central para la seguridad contra incendios y explosiones en tuberías de plástico reacciona condicionado por el tipo constructivo solamente en caso de que la presión dinámica alcance en su caja una determinada proporción, es decir, cuando circule al menos el denominado caudal de cierre (*Imagen 3*). En caso de producirse fallos con pequeños flujos volumétricos, el controlador de flujo de gas no se conecta. A mi parecer como perito, se recomienda advertir al cliente de esta particularidad física. Ya que, incluso si la norma TRGI 2008 parte de la base de que se alcanza el caudal de cierre, ¿quién da garantía de ello?

Además, cabe decir que la TRGI 2008 para el controlador de flujo de gas no prevé ni un control de funcionamiento en el momento de la puesta en marcha ni un control periódico cada 12 años. Según opinión de la asociación DVGW, "*las amplias condiciones previas de certificación cubren los requisitos de disponibilidad operativa segura*", al igual que en muchos otros casos, p. ej. en un TAE.<sup>1</sup>

En el caso de un TAE se trata de un fuerte resorte pretensado que cierra el cono de la válvula (*Imágenes 1 y 2*). En el caso de un controlador de flujo de gas actúa solo la relativamente escasa fuerza de la presión a la máxima potencia. En caso de fallo real esta también debe superar las también existentes fuerzas de fricción de una espiga de guía inmóvil durante muchos años.

Desde el punto de vista pericial, se recomienda que el fabricante confirme por escrito la ausencia de mantenimiento del controlador de flujo de gas como componente central, a modo de garantía de la seguridad contra incendios y explosiones, especialmente en cuanto a las calidades de gas cambiantes (p. ej. impurezas, biogás añadido, etc.).

<sup>1</sup> Anexo 2 de un e-mail de la DVGW del 15.01.2010



## 7. Rotura libre de fugas previas

La normativa TRGI 2008 parte de la base de que, en caso de incendio, las tuberías de plástico tendidas profesionalmente y homologadas según DVGW VP 625/626 se mantienen estancas al menos 30 minutos o se abren de forma rápida. En definitiva, se le denomina "rotura libre de fugas previas". Se debe dar una apertura tan grande para que como mínimo pueda salir el caudal de cierre necesario del controlador de flujo de gas. La entrada de una rotura libre de fugas previas representa el segundo componente central de la seguridad contra incendios y explosiones en tuberías de plástico.

En las instalaciones técnicas es usual que el modo de funcionamiento y de trabajo de los componentes relevantes en cuanto a seguridad técnica sea totalmente lógico. Al menos un perito debería poder comprender el principio de funcionamiento básico. Pero hasta ahora no se ha publicado aún ningún mecanismo físico lógico que conduzca a la entrada de la rotura libre de fugas previas.

Los fabricantes de tuberías informan bajo demanda de que las pruebas DVGW correspondientes han sido superadas y, por consiguiente, se facilita una certificación suficiente. La asociación DVGW se remite a "amplias investigaciones científicas"<sup>1</sup>, cuyos resultados se incluyen en las exigencias de las pruebas. En concreto, esto significa: "dejar en manos del fabricante mediante qué detalles constructivos el fabricante de los sistemas de plástico cumple con las exigencias, al igual que para otros componentes en la instalación de gas. Para ello es decisivo el cumplimiento de las exigencias de prueba."<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Anexo 2 de un e-mail de la DVGW del 15.01.2010.

### 7.1 Requisitos de las pruebas de tipo

La prueba de tipo para la obtención de la certificación DVGW para tuberías de unión multicapas y sus conectores se lleva a cabo basándose en las hojas DVGW W 542, W 534, VP 632 y VP 625, para tuberías PE-X y sus conectores en base a las hojas DVGW W 544, W 534, VP 624 y VP 626. Consultando esta documentación se puede determinar que existen requisitos concretos referentes a fugas térmicas en las hojas VP 625 y VP 626. Para las tuberías tapadas o descubiertas se prevén las siguientes pruebas (descripciones resumidas):

En el caso de sistemas PE-X, según DVGW VP 626, deberá fijarse un tubo PE-X de 30 cm de largo mediante dos conectores en ángulo con rosca interior a dos tubos de acero de 1 metro y además, con un alambre "descargarlo de su propio peso" (*Imagen 5*).

En el caso de tuberías de unión multicapas, según la DVGW VP 625, se unen dos tubos de conexión de 1 metro de largo con un conector angular de 90° y finalmente se curvan en una probeta en U en el menor radio de curvado permitido. Además, el conector angular también se "descarga de su propio peso" (*Imagen 6*) con un alambre.

Estas construcciones en una prueba de fuego (30 minutos a 350 °C o 650 °C) deben seguir estancas dentro de los límites de tolerancia o fallar de inmediato.

Para instalaciones bajo pavimento se requiere aún otra prueba.

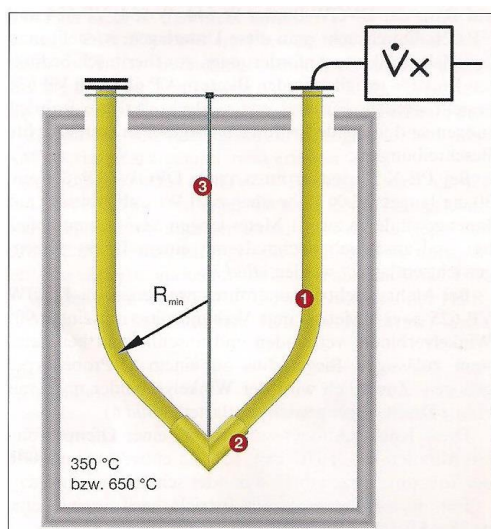
### 7.2 Preguntas periciales sobre la rotura libre de fugas previas

#### 7.2.1 Sin mecanismo físico

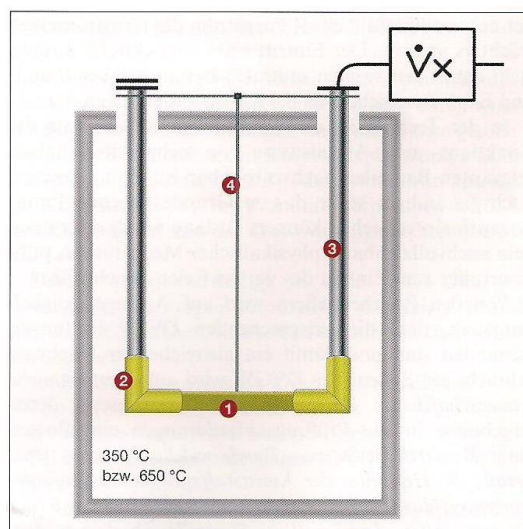
La comprobación de la aparición de una rotura libre de fugas previas se basa en pruebas de tipo. No se determinan principios físicos lógicos. Un perito puede, por tanto, solamente "creer" que un tipo de rotura de esta índole *también* aparecerá en la práctica. Sin embargo, no puede entenderlo o comprobarlo.

Las pruebas existentes según la DVGW VP 625 y VP 626 indican, sin duda alguna, que en las disposiciones de prueba aparece una rotura libre de fugas previas. En este caso no existe ningún principio normalizado lógico detrás de las pruebas, lo que demuestra sin embargo que también se va a dar en la práctica una rotura libre de fugas previas.

Si se comparan las disposiciones de prueba con las instalaciones reales, se pueden determinar (al menos en el ámbito de las tuberías tapadas y descubiertas) pocos paralelismos (*Imágenes 5 y 6*). Desde el punto de vista pericial se plantea la pregunta de si estas pruebas pueden reemplazar a un mecanismo físico lógico.



5 – Montaje tubo PEX



6 – Montaje tubo multicapa

**Imagen 5.** Montaje experimental de la prueba de tipo para fugas térmicas según la DVGW VP 626 – tubos PE-X. Un tubo PE-X (1) de aprox. 30 cm de largo y dos tubos de acero (3) de aprox. 1 m de largo se unen con dos reductores de 90° con rosca interior unilateral (2) a un componente en forma de U. Este componente se coloca en el horno de ensayos. La pieza de tubo PE-X de 30 cm de longitud (1) además se "descarga de su propio peso". Para ello, en la norma se propone p. ej. un alambre tensor (4). También están autorizados otros modos de "descarga del propio peso".

**Imagen 6.** Montaje experimental de la prueba de tipo para fugas térmicas según la DVGW VP 625 – tubos de unión multicapa. Se unen dos tubos de conexión (1) de aprox. 1 metro de largo con un conector angular de 90° (2) y finalmente se curvan en una probeta en U en el menor radio de curvado permitido ( $R_{min}$ ). Este componente se coloca en el horno de ensayos. El conector angular de 90° además se "descarga de su propio peso". Para ello, en la norma se propone p. ej. un alambre tensor (4). También están autorizados otros modos de "descarga del propio peso".

### 7.2.2 Comportamiento de ruptura sin descarga del propio peso

En los ensayos de fugas de origen térmico en tuberías tapadas y descubiertas según la DVGW VP 625 y VP 626 se "descargan de su propio peso" centralmente a los componentes (*Imágenes 5 y 6*). Según información de la DVGW esto representa la condición primordial, ya que "el conector colocado en vertical o el conector montado en horizontal sin descarga del propio peso podría sustentar erróneamente la velocidad de apertura en caso de rotura".<sup>2</sup>

A pesar de ello, en la práctica los tubos y las piezas de unión soportan su propio peso y las fuerzas de palanca resultantes. Desde el punto de vista pericial, es por ello que en caso de incendio debe contarse con deformaciones y conexiones inclinadas.

Por descontado, estos "podrían" soportar la velocidad de apertura en caso de rotura. Al igual que también "podrían" bajo estas temperaturas arrastrar y deformar tubos flexibles, de modo que solo se darían aperturas parciales y no se dispararía el controlador de flujo de gas.

Para esperar con una cierta seguridad la entrada de una rotura libre de fugas previas en un caso real de incendio, debe al menos asegurarse de que la fuerzas actuantes (p. ej. fuerza de flexión o de tracción de conectores inclinados) no puedan finalizar o modificar de forma importante su formación. Este hecho, sin embargo, no ha sido ni considerado ni comprobado.

Por tanto, desde el punto de vista pericial no queda claro si realmente o de qué manera es seguro que la rotura sin fuga previa que se da en el examen de tipo también vaya a darse en la práctica. Naturalmente, puede llegar a darse el caso. Pero, ¿con qué seguridad y bajo qué condiciones?

### 7.2.3 Comportamiento de rotura en caso de sollicitación térmica y de flexión

En caso de incendio, la longitud de las tuberías se verá modificada debido a influencias térmicas. Esto conllevará tensiones en el sistema de canalización. Por lo tanto, debe contarse con las fuerzas que el tubo introduce en el racor (p. ej. codo o pieza en T).

Según información de la DVGW *"estas constelaciones han sido realizadas en laboriosas pruebas de seguridad adicionales (diferentes tuberías instaladas en muros cortafuegos). Se cumplieron en cada caso los requisitos de seguridad deseados. En las condiciones de la prueba de tipo se confirmó el registro de suficientes requisitos"*.<sup>1</sup>

Pero para sistemas que se vayan probar en el futuro no se requiere ninguna "laboriosa prueba de seguridad adicional". ¿Qué conclusiones podemos entonces sacar de las pruebas anteriores si no se trata del sistema de canalización concreto que se va a probar? El autor tampoco tiene conocimiento alguno de ningún ensayo en el que se haya probado el comportamiento de rotura de una pieza en T que, en caso de incendio, se sentirá afectada en gran medida por la sollicitación de flexión (efecto de las fuerzas por tres lados).

En la prueba de tipo solo se requieren los ensayos según DVGW VP 625 y VP 626. Pero estos ensayos no son de gran valor informativo en cuanto a comportamiento de rotura en caso de sollicitación térmica y de flexión, ya que no aportan ni modificaciones de longitud considerables ni sollicitaciones de flexión.

<sup>2</sup> Anexo 2 de un e-mail de la DVGW del 15.01.2010

### 7.2.4 Prueba deficiente de la tubería

Los requerimientos en cuanto a las fugas térmicas de las tuberías se encuentran establecidos en las hojas DVGW VP 624 y VP 632. Sin embargo, en ellas solo se remite a los ensayos según DVGW VP 625 y VP 626. Por consiguiente, solo se especifica una prueba de los puntos de conexión, pero no de la propia tubería.

Precisamente debido a la simplificación en el tendido en cavidades (punto 5.3.7.4 de la TRGI 2008) y a la instalación de distribuidores practicada para tuberías de plástico (en vez de la instalación de piezas en T) debe contarse con largos tramos de tubería sin puntos de conexión.

Los resultados de los ensayos de VP 625 (2 x 1 metro de longitud de tubo) y VP 626 (30 cm de longitud de tubo) no pueden aplicarse de forma segura en este caso. ¿Qué comportamiento de rotura tienen los tubos en estos casos? ¿Pueden al menos aportar para este ámbito principios físicos lógicos? ¿Cómo influye el tipo de fijación (distancia de las abrazaderas de tubo, tendido simple sin fijaciones) en la formación de una rotura libre de fugas previas?

Sin la respuesta a estas cuestiones, ningún experto puede prever si en caso de incendio real puede esperarse una rotura libre de fugas previas o no.

## 8. Trayecto hasta la rotura libre de fugas previas

Entre el controlador de flujo de gas y la rotura libre de fugas previas que se espera se dé en caso de incendio pueden existir muchos metros de tubería. Pero el controlador de flujo de gas solo cerrará si a través de su caja circulan realmente unas cantidades de gas tan importantes que se alcanza el caudal de cierre (*Imagen 3*). Y de nuevo, esto solo sucede cuando la tubería entre el controlador de flujo de gas y la rotura libre de fugas previas aún es capaz de transportar este caudal (*Imagen 4*).

La capacidad funcional de la tubería entre el controlador de flujo de gas y el punto de aparición de una rotura libre de fugas previas representa por tanto el tercer componente central de la seguridad contra incendios y explosiones en tuberías de plástico. Pero, ¿cómo se garantiza en caso de incendio?

Los tubos PE-X pierden estabilidad a temperaturas por encima de los 150 °C. Dependiendo de las fuerzas que actúen en ellos (p. ej. carga estática de las tuberías, racores de unión, etc.) y del estado del soporte (p. ej. abrazaderas, montaje en el suelo o construcciones especiales) pueden aparecer deformaciones. Las dilataciones de longitud que se dan a estas temperaturas también refuerzan la tendencia a la deformación. En cuanto una tubería se deforma (p. ej. combado o abombado), aumenta la resistencia al flujo y disminuye el caudal.

En tubos de unión multicapas a temperaturas superiores a los 110 °C, el adhesivo del tubo intermedio (Inliner) pierde adhesión al tubo soporte (*Imagen 7*). Un Inliner suelto puede reducir el diámetro del tubo debido a la formación de burbujas, desgarrar, inclinar u propiciar otras modificaciones de su estado. También en este caso se ve reducido el caudal.

Dependiendo de las temperaturas, del tiempo de exposición y de la superficie afectada, una tubería de plástico puede modificarse durante la fase de desarrollo de un incendio de modo que deja de poderse garantizar de forma segura la circulación de grandes caudales. A fin de garantizar el caudal de cierre en el controlador de flujo de gas en caso de un incendio real, deberá conocerse la temperatura límite hasta la cual las propiedades de material de un sistema de tubería de plástico no se ven afectadas de forma importante. Además, debe existir un concepto de cómo asegurar la capacidad funcional de las tuberías a altas temperaturas.

Según los conocimientos actuales no queda claro si realmente o de qué modo está asegurado que una tubería entre el controlador de flujo de gas y el punto de aparición de una rotura libre de fugas previas en caso de cualquier tipo de incendio vaya a tener la capacidad de transportar el caudal de cierre necesario. Claro que cabe la posibilidad de que así sea. Pero, ¿con qué seguridad y bajo qué circunstancias?



7 – Inliner suelto tras sollicitación térmica.

**Imagen 7.** Inliner suelto tras sollicitación térmica.

## 9. Ensayos del Instituto de inspección de gas GWI

Como demostración de la capacidad funcional de la nueva filosofía de seguridad para tuberías de plástico, la DGWW ha realizado *“un gran número de ensayos adicionales y de desarrollo, como p. ej. pruebas de incendio en copias de instalaciones prácticas en el horno de pruebas de incendio del Instituto oficial de pruebas de los materiales MPA de Dortmund, así como ensayos únicos del laboratorio de pruebas del GWI, de Essen y también por fabricantes”*<sup>3</sup>.

Los principales son

- el proyecto piloto en el MPA Dortmund/NRW en Erwitte, 1998  
*(“Casa piloto, vivienda plurifamiliar de 2 x 3 plantas en Solingen”)*

En el marco de este proyecto piloto se dispusieron certificaciones de tipo a las que se habían presentado algunos fabricantes como "homologación DVGW" (véase p. ej. la revista SBZ, número 17/2000, página 22).

- el estudio sobre tubos de unión multicapas en el horno de mufla del Instituto de inspección de gas GWI, 1999  
*(“Valoración técnica de seguridad del uso de tuberías de unión de plástico y de metal para la optimización de costes en la subdistribución de gas en viviendas”)*

Los resultados de estas pruebas se encuentran incluidos en las hojas de la DVGW VP 625 y VP 632.

- el estudio sobre tubos PE-X en el horno de mufla del Instituto de inspección de gas, 2001  
*(“Instalaciones de gas no metálicas /Valoración técnica de seguridad del uso de tuberías PE- X, técnicas de conexión y disposiciones de seguridad secundarias en las instalaciones de gas ”)*

Los resultados de estas pruebas se encuentran incluidos en las hojas de la DVGW VP 626 y VP 624.

- pruebas de incendios adicionales en el MPA Dortmund/ NRW en Erwitte 2002/2003 *(“Valoración complementaria en técnica de incendios de elementos de las instalaciones de gas no metálicas con conductos de plástico y materiales de unión”)*

Debido a que en la inspección de las obras la utilización de las tuberías de plástico en las instalaciones de gas domésticas ya estaba aceptada en ese momento, los resultados de este cuarto estudio *“por acuerdo ya no se intercambiaron con los gremios de la construcción”* (Informe final del proyecto DVGW-F&E, G 5/02/05).

Paralelamente hubo muchos otros proyectos de investigación, p. ej. sobre la posibilidad del uso de sensores de gas, sobre los fallos de los controladores de flujo de gas observados en la práctica, sobre nuevos métodos de cálculo del dimensionado de la canalización y sobre el comportamiento dinámico de reguladores de la presión de gas.

En el informe final del proyecto DVGW-F&E G 5/02/05 *(“Protección de tuberías y conectores no metálicos en las instalaciones de gas”)* del año 2006 se encuentran recopilados los resultados de estos proyectos de investigación.

En este punto solo se toman en estricta consideración los resultados de las pruebas de incendios adicionales del MPA Dortmund/NRW en Erwitte 2002/2003. En cinco pruebas de incendios se estudiaron dos sistemas de tuberías PE-X y tres sistemas de conexión de tubos de cuatro fabricantes distintos. En cada sistema de tubería se comprobaron seis tramos con diferentes coberturas de revoque. El resultado de estos ensayos se encuentra en la página 16 del informe final del proyecto DVGW-F&E G 5/02/05 *(Imagen 8)*.

Se comprobaron dos sistemas de tubería PE-X, uno del fabricante "a" y otro del fabricante "e". En el caso del fabricante "a" *(primera parte de imagen 8)*, los seis tramos cumplen los requisitos establecidos; el tramo "3" exactamente en su totalidad. En el caso del fabricante "e" *(quinta parte de imagen 8)* solo cuatro de los seis tramos cumplen con los requisitos establecidos. El tramo "2" y el "3" fallaron durante el tiempo de prueba (tras 25 min uno y tras 27,5 min el otro), sin que un controlador de flujo de gas se haya o hubiese activado.

Se comprobaron tres sistemas de conexión, uno del fabricante "a", otro del fabricante "b" y otro del fabricante "d". En el caso del fabricante "a" *(segunda parte de imagen 8)*, los seis tramos cumplen los requisitos establecidos. En el caso de los fabricantes "b" y "d" *(tercera y cuarta parte de imagen 8)* solo cinco de los seis tramos cumplen con los requisitos determinados. Los dos tramos "6" fallaron durante el tiempo de prueba (tras 25 min uno y tras 27 min el otro), sin que un controlador de flujo de gas se disparara.

Si se exige que un sistema de tubería debe cumplir los requisitos establecidos en los 6 tramos, entonces podemos llegar a la conclusión de que el 50% de los sistemas de tuberías PE-X y el 66% de los sistemas de conexión de tuberías no han superado el ensayo o que, al menos los sistemas de conexión de tubos, no pueden autorizarse para un montaje visto sobre revoque.

El Instituto GWI determina la desviación del tiempo de prueba requerido en un 8%, 10% y 17% como "aproximadamente cumplido" (Imagen 8) y concluye diciendo que "en todos los sistemas probados de los diferentes fabricantes bien cumplen o se acercan al cumplimiento de los objetivos de seguridad 1 o 2. Por lo general, las pruebas de incendio realizadas en Erwitte se consideran de gran valor informativo y de solidez práctica; el grupo de proyecto no prevé la necesidad de realizar ningún otro ensayo complementario" (Imagen 8).

En el transcurso de la elaboración del TRGI 2008, se vieron modificadas las condiciones límite del uso de controladores de flujo de gas. En la página 19 del informe final del proyecto DVGW-F&E G 5/02/05, se comenta:

*"Estas modificaciones necesarias para la seguridad de funcionamiento de toda la instalación aumentan el caudal de cierre máximo. Para la respuesta del controlador de flujo de gas se requerirá, por consiguiente, un mayor caudal de gas. Bajo la observancia del sistema global no puede llegarse incondicionalmente a la conclusión de que se vea reducida de modo relevante la seguridad."*

Para tubos de conexión, el informe concluye diciendo (también página 19 del informe):

*"Cuanto mayor sea el diámetro del tubo de conexión, mayores son también las posibilidades de fugas en los conectores antes de la rotura total. Con el mismo caudal de cierre del controlador de flujo de gas crece junto al diámetro la probabilidad de que en caso de un incendio sin llama necesite más tiempo para crear una fuga que permita un flujo de gas inferior al caudal de cierre."*



Tabla 3.2: Ensayo del comportamiento en fuego en Erwitte: resultados/valoración

Fabricante a, sistema 1, tubería PE-X, 20 x 2,8 (prueba en julio de 2003)

Tramo	Revest. revoque	Elementos	Observación	Obj. protección 1	Obj. Protección 2
6	0 cm	Un. recta	tras 24 min caída presión, pico claro		n GS habría saltado
5	1,5 cm	Un. recta	tras 40 min caída presión hasta "cero"	30 l / 30 min cumplido	-
4	0 cm	Un. Recta	tras 24 min caída presión, pico claro		según GS habría saltado
3	1,5 cm	Un. angular	tras 30 min caída presión hasta "cero"	30 l / 30 min cumplido	GS no habría saltado
2	1 cm	Un. Recta	tras 34 min caída presión hasta "cero"	30 l / 30 min cumplido	GS no habría saltado
1	Sobre revoque	un. recta + GS	tras 22,5 min caída presión lenta	-	GS ha saltado

Fabricante a, sistema 2, tubería conexión 20 x 2,9 (prueba en julio de 2003)

Tramo	Revest. revoque	Elementos	Observación	Obj. protección 1	Obj. protección 2
6	0 cm	Un. Recta	tras 64 min caída presión	30 l / 30 min cumplido	según GS habría saltado
5	1,5 cm	Un. Recta	tras 40 min caída presión hasta "cero"	30 l / 30 min cumplido	GS no habría saltado
4	0 cm	Un. Recta	durante 70 min sin caída presión	-	-
3	1,5 cm	Un. angular	durante 70 min sin caída presión	-	-
2	1 cm	Un. Recta	durante 70 min sin caída presión	-	-
1	Sobre revoque	un. recta + GS	tras 24,5 min caída presión lenta	-	GS ha saltado

Fabricante b, Tub. conexión 20 x 2,25 (prueba en marzo de 2002)

Tramo	Revest. Revoque	Elementos	Observación	Obj. protección 1	Obj. protección 2
1	0 cm	Un. Recta.	tras 55 min tubo reventado		según GS habría saltado
2	1 cm	Un. Recta	tras 55 min caída presión	-	-
3	2 cm	Un. angular	durante 67 min sin caída presión	-	-
4	2 cm	Un. Recta	durante 67 min sin caída presión	-	-
5	2 cm	Conex. gas	durante 67 min sin caída presión	-	-
6	Sobre revoque	un. recta + GS	tras 25 min caída presión, pico suave		GS no habría saltado

Fabricante d, Tub. conexión 20 x 2,6 (prueba en marzo de 2002)

Tramo	Revest. Revoque	Elementos	Observación	Obj. protección 1	Obj. protección 2
1	0 cm	Un. Recta	durante 42 min sin caída presión	-	-
2	1 cm	Un. Recta	durante 42 min sin caída presión	--	--
3	2 cm	Un. angular	durante 42 min sin caída presión	-	-
4	2 cm	Un. Recta	durante 42 min sin caída presión	-	-
5	2 cm	un. recta + GS	durante 42 min sin caída presión	-	-
6	Sobre revoque	Un. Recta	tras 27 min caída presión, pico suave	30 l / 30 min aprox. cumplido	GS no habría saltado

Fabricante e, tubería PE-X 20 x 2,7 (prueba en marzo de 2002)

Tramo	Revest. revoque	Elementos	Observación	Obj. protección 1	Obj. protección 2
1	0 cm	un. recta + GS	tras 27 min caída pres.	-	GS ha saltado
2	0 cm	Un. Recta	tras 25 min caída pres.	30 l / 30 min aprox. cumplido	-
3	1 cm	Un. Recta	tras 27,5 min caída pres.	30 l / 30 min aprox. cumplido	-
4	2 cm	Un. angular.	tras 45 min caída pres.	30 l / 30 min cumplido	-
5	2 cm	Un. Recta	tras 47 min caída pres.	30 l / 30 min cumplido	-
6	Sobre revoque	Un. Recta	tras 20 min caída pres, pico claro	-	GS habría saltado

La valoración deja claro que todos los sistemas probados de los diferentes fabricantes bien cumplen o se aproximan al cumplimiento de los objetivos de seguridad 1 o 2.

Por lo general, las pruebas de incendio realizadas en Erwitte se consideran de gran valor informativo y de solidez práctica; el grupo de proyecto no prevé la necesidad de realizar ningún otro ensayo complementario.

**Imagen 8.** Página 16 del Informe final del proyecto DVGW-F&E G 5/02/05 (marcas en gris no incluidas en el original).

## 10. Valoración

Desde la perspectiva de la DVGW y de los fabricantes sobre la introducción de tuberías de plástico en las instalaciones de gas domésticas se han formulado objetivos de seguridad y se han desarrollado las correspondientes pruebas de componentes. Se llegó a un acuerdo con los gremios de la construcción y se introdujo en la reglamentación técnica. A fin de que las nuevas tuberías de plástico contaran con los mismos objetivos de seguridad que las tuberías metálicas, no existe ninguna diferencia ni se cuestiona la seguridad técnica.

Desde la perspectiva pericial, cualquier proyectista o constructor de una instalación de gas es responsable de su seguridad. En caso de fallo de la cadena de seguridad la autorización constructiva del sistema tendrá muy poca importancia. Finalmente se cuestionará por qué la cadena de seguridad se ha visto cortada en ese caso en concreto y si un experto hubiera podido reconocerlo de antemano. Posiblemente, también se cuestionará si el sistema homologado de forma indiscutible cumplía con las reglas de la técnica conocida y si *"era apto para el uso habitual y presentaba una composición habitual en obras del mismo tipo y que el fabricante pudiera esperar según el tipo de obra"* (Código civil alemán BGB art. 633).

## 11. Observaciones de probabilidad

La TRGI 2008 prevé para la garantía de la seguridad contra incendios y explosiones de tuberías de plástico en las instalaciones de gas domésticas una cadena de seguridad que se basa en la confluencia de tres procesos (*Imagen 4*):

- formación de una rotura libre de fugas previas
- alcance del caudal de cierre
- cierre mediante un controlador de flujo de gas

En el caso de que falle uno de los tres procesos, falla toda la cadena de seguridad. En el marco de los exámenes de tipo (*Imágenes 5 y 6*) esta cadena de seguridad funciona.

En la práctica puede valorarse el riesgo en este tipo de sistemas, p. ej. mediante un análisis de los modos y los efectos de fallo (FMEA).

Para obtener, de una manera sencilla, una idea de la probabilidad del funcionamiento de la cadena de seguridad en un caso cualquiera de incendio, pueden clasificarse los procesos en función de cada una de las respectivas probabilidades y multiplicarlas entre sí.

<sup>3</sup> Anexo 2 de un e-mail de la DVGW del 15.01.2010.

## Bibliografía

Hoja de trabajo DVGW G 600. "Reglamento técnico para instalaciones de gas DVGW-TRGI", fecha de publicación: abril 2008.

Reglamento de ensayo DVGW VP 625. "Conectores y uniones de tubos para instalaciones de gas en interiores con tubos de unión multicapas según DVGW-VP 632 – Requerimientos y pruebas", fecha de publicación: mayo 2005.

Reglamento de ensayo DVGW VP 626. "Conectores y uniones de tubos para instalaciones de gas en interiores con tubos de polietileno reticular (PE-X) según DVGW-VP 624 – Requerimientos y pruebas", fecha de publicación: mayo 2005.

Reglamento de ensayo DVGW VP 632 "Tuberías de unión multicapas de plástico/Al/plástico para instalaciones de agua potable y gas; Instalaciones de gas en interiores con una presión de servicio menor/igual a 100mbar", fecha de publicación: mayo 2005.

Reglamento de ensayo DVGW VP 624 "Tuberías de plástico de polietileno reticular (PE-X) para instalaciones de agua potable y gas; Instalaciones de gas en interiores con una presión de servicio menor/igual a 100mbar", fecha de publicación: mayo 2005.

Protección de tuberías no metálicas y conectores en instalaciones de gas, Informe final del proyecto DVGW-F&E

(proyecto n.º G 5/02/05).

Hoja de trabajo DVGW W 542 "Tuberías de unión multicapas en instalaciones de agua potable y gas – Requerimientos y pruebas", fecha de publicación: agosto 2009.

Hoja de trabajo DVGW W 534 "Conectores y uniones de tubos en instalaciones de agua potable", fecha de publicación: mayo 2004.

Hoja de trabajo DVGW W 544, "Tuberías de plástico en instalaciones de agua potable", fecha de publicación: mayo 2007.

DIN EN 1775 "Suministro de gas – Red de conducciones de gas para edificios – Presión máxima de servicio inferior o igual a 5 bar – Recomendaciones funcionales ", fecha de publicación: octubre 2007.

DIN EN 60812 "Técnicas de análisis de la fiabilidad de sistemas – Procedimiento de análisis de los modos de fallo y de sus efectos (AMEF)", fecha de modificación: noviembre 2006.

DIN EN 45020 "Normalización y actividades relacionadas – Vocabulario general", fecha de publicación: marzo 2007.

Documentación de producto Empresa Viega, Attendorn TAE Modelo G 2206 T.

Revista especializada gwf-Gas/Erdgas, 138 (1997) N.º 8.

Revista SBZ, edición 17/2000