

ESTUDIO TÉCNICO SOBRE LA ROTURA DE TUBOS DE PRESIÓN DE PVC

Díaz-Parralejo, A.; Sánchez-González, J.; Gallego-Núñez, A.; Guiberteau, F.

Universidad de Extremadura

Abstract

The damages caused in pipes of pressure of PVC are studied in this work. PVC pipes are frequently used for the canalizations of drinking water. Damages caused in the pipes as well as problems that may derive from such damages are also common. Occasionally failures are caused by an incorrect manipulation. Defects during the conformation process of the pipes are another potential cause of failures. In the present work, the breaking of a PVC pressurized pipe after its setting in service was studied. The pressure and temperature conditions never surpassed the nominal working values. Studying the origin of the faults throughout a correct failure analysis procedure may be of the utmost importance when trying to determine the causes that originated the breaking of the pipe.

Keywords: *Civil work, PVC, pipes, faults*

Resumen

En este trabajo se aborda el estudio de los desperfectos ocasionados en tuberías de presión de PVC. En estas tuberías son relativamente frecuentes los desperfectos y fallos que suelen originarse en las mismas, así como los graves problemas que de los mismos se pueden derivar. En ocasiones estos fallos están ocasionados por una incorrecta manipulación o puesta en obra, y otras veces son debido a defectos producidos en el proceso de conformación de los tubos. En el presente trabajo se hace un estudio técnico sobre la rotura de una tubería de presión de PVC utilizada para canalización de agua potable tras su puesta en servicio, y estando en todo momento sometida a unas condiciones de presión y temperatura que no sobrepasan las nominales de trabajo. El estudio del origen de los defectos a través de un correcto procedimiento de análisis de fallos, puede conducir al esclarecimiento de las causas que originaron la rotura.

Palabras clave: *Obra civil, PVC, tuberías, defectos*

1. Introducción

Este estudio técnico se llevó a cabo en base a la solicitud de una empresa aseguradora, para tratar de esclarecer las causas que originaron la rotura de unas tuberías de presión de PVC utilizadas para la canalización de agua potable en edificios de nueva construcción (Ley 38/1999; R. D. 1027/2007). La rotura y desperfectos se detectaron en las pruebas preliminares antes de su puesta en servicio, lo que contribuyó a minimizar los costes de reparación ocasionados por tales anomalías. No obstante, los costes finales fueron elevados puesto que se optó por sustituir todas las canalizaciones realizadas con las partidas de tubos defectuosos.

Las instalaciones de suministro de agua están reguladas en el Código Técnico de la Edificación (R. D. 314/2006; Orden VIV/984/2009). Más concretamente en la parte II del Código Técnico de la Edificación se incluye el Documento Básico sobre Salubridad, que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de salubridad. En particular, la sección sobre suministro de agua establece que la instalación de suministro de agua se ejecutará con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena construcción y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, y que la empresa instaladora estará obligada a efectuar una prueba de resistencia mecánica y estanquidad de todas las tuberías, elementos y accesorios que integran la instalación.

Los tubos del siniestro objeto de estudio presentan dos tipos de fallo bien diferenciados, por lo que las causas del problema parecen diversificarse. Algunos presentan perforaciones en diversas localizaciones en las paredes de los tubos, con diferentes diámetros y morfología irregular. Otros, presentan fisuras que se extienden longitudinalmente y/o transversalmente por el tubo (ver las figuras 1a y 1b).

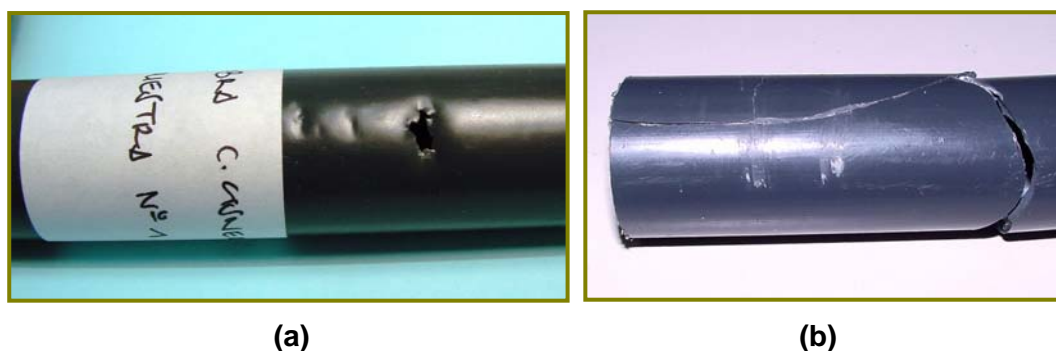


Figura 1. Muestras de tubos con perforaciones (a) y fisuras (b).

Se ha procedido a un estudio morfológico, físico y químico de los tubos, a la vez que comparativo, con otros tubos de PVC utilizados como referencia y de contrastada solvencia en cuanto a sus prestaciones de servicio en condiciones de trabajo similares. Los ensayos y pruebas realizadas sobre los dos tipos de tubos han sido los siguientes: determinación de los diámetros y espesores de los tubos, inspección visual y micrográfica de los tubos siniestrados, estudio del comportamiento mecánico y resistente de los materiales, pruebas de presión interna en todos los tubos, comportamiento al fuego y frente a diferentes disolventes orgánicos, así como el análisis de absorbancia y permitividad dieléctrica en muestras de los tubos siniestrados y de referencia (Llorente, M. A., 1990; Guanck, F., 1992; Pérez, A. A., 1995; Ramos, M. A., 2007). A continuación se describen los resultados y conclusiones más relevantes obtenidos a partir de las pruebas y ensayos realizados, que han permitido esclarecer las causas de los fallos aparecidos en las tuberías objeto de estudio.

2. Metodología

El diámetro nominal de los tubos es de 25 ± 0.2 mm, y su espesor de 2 ± 0.1 mm. Se ha utilizado un microscopio óptico (Nikon, Epiphot 300) para la inspección micrográfica de las muestras, con la finalidad de apreciar con detalle y a distintos aumentos la superficie y la sección de las paredes de los tubos.

Para determinar el comportamiento mecánico del material plástico de las tuberías se ha utilizado una máquina universal de ensayos (Shimadzu, Autograph-IS), que permite un control preciso de la carga aplicada y de la velocidad de aplicación de la carga, cuestión esta última de vital importancia debido a la especial sensibilidad que tienen los plásticos a la velocidad de deformación. Las probetas ensayadas han sido bandas de 1 x 15 cm extraídas de las paredes de ambos tipos de tubos de PVC y trozos de tubo de 5 cm de longitud, con los que se han realizado ensayos de tracción y compresión, respectivamente. Asimismo, para ensayar la dureza del material se ha utilizado un microdurómetro (Fischerscope, modelo H-100). Se ha utilizado un banco de pruebas con un compresor neumático para someter los tubos a pruebas de presión interna de hasta 20 kp/cm².

Las pruebas de comportamiento del material plástico al fuego han sido realizadas con la llama de un mechero Bunsen. Se han utilizado diferentes disolventes (etanol, fluorhídrico, tetrahidrofurano, etc.) para estudiar el comportamiento del material plástico frente a los disolventes. Asimismo, se ha utilizado un espectrofotómetro UV-Visible (Termo Spectronic, Helios α) para realizar pruebas de absorbancia y un equipo de espectroscopía de impedancia para determinar la permitividad dieléctrica de las muestras. Todas estas pruebas aportan información o valores que son sensibles a la composición química del material.

3. Resultados y discusión

Los tubos objeto de análisis presentan defectos microestructurales consistentes en poros de morfología irregular y diferente tamaño. Aparecen repartidos de forma aleatoria a lo largo del tubo aunque, normalmente, presentan cierta regularidad o alineamiento a lo largo de alguna generatriz. Se pueden encontrar amplias zonas del tubo con escasa presencia de estos defectos, sin embargo, existen otras zonas donde la acumulación de defectos o poros es bastante alta y significativa.

La localización de estos defectos dentro de la pared o espesor del tubo también varía. Se pueden encontrar poros internos de pequeño o mediano tamaño (0.5 – 1 mm) incrustados en la pared del tubo (figura 2), y también poros de mayor tamaño (1 – 5 mm) que incluso llegan a aflorar por la superficie interior del tubo.

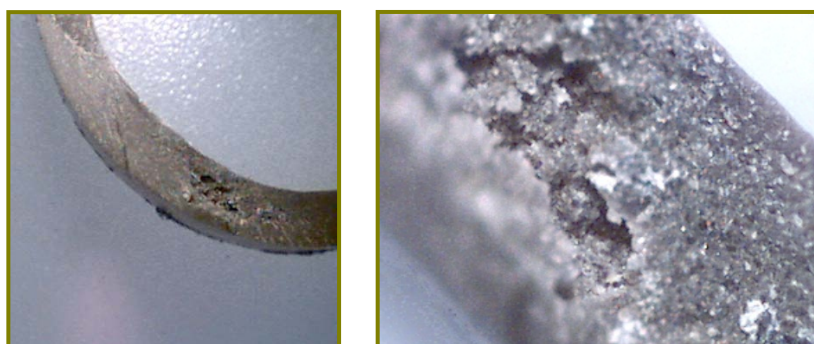


Figura 2. Tubos con poros internos de pequeño tamaño observados a 10 y 60 aumentos.

En la figura 3 se muestra un detalle de una probeta sometida a un ensayo de tracción, así como las gráficas carga-desplazamiento correspondiente a los dos tipos de muestras de PVC ensayadas. En la tabla 1 se recogen los valores obtenidos a partir de los ensayos de tracción y de microdureza Vickers.

A la vista de las curvas de la figura 3 y de los valores indicados en la tabla 1, se puede apreciar y deducir un comportamiento mecánico más resistente (mayor módulo de Young, carga y tensión de rotura, así como una mayor dureza del material) del PVC utilizado en las obras objeto de estudio, en comparación con el PVC utilizado como material de referencia.

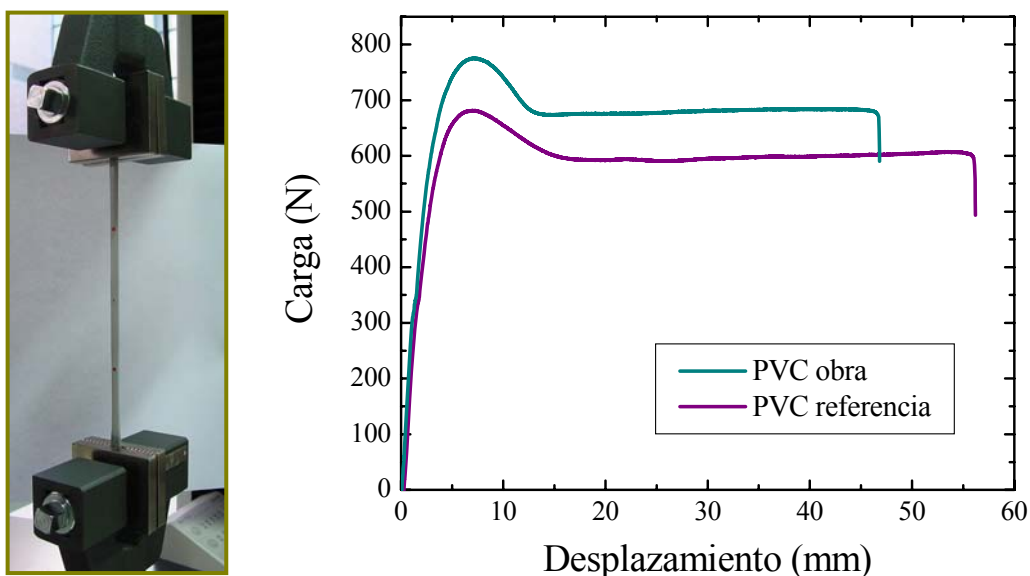


Figura 3. Tubos con poros internos de pequeño tamaño observados a 10 y 60 aumentos.

	E (MPa)	$\sigma_{m\acute{a}x.}$ (MPa)	A (%)	HV (MPa)
PVC de obra	2078 \pm 150	48 \pm 2	40 \pm 8	13.7 \pm 0.5
PVC referencia	1742 \pm 60	42 \pm 2	52 \pm 6	10.6 \pm 0.4

Tabla 1. Valores del módulo de Young (E), tensión de rotura ($\sigma_{m\acute{a}x.}$), alargamiento (A) y dureza Vickers (HV), para ambos tipos de PVC.

No obstante, todos esos resultados conducen a un material más rígido y menos flexible (menor capacidad de deformación) que el utilizado como referencia, tal y como se desprende del desplazamiento mostrado en las gráficas de la figura 3, así como del alargamiento porcentual indicado en la tabla 1. La aparición de fisuras en algunas muestras de tubos, son características de un material relativamente rígido; este hecho puede estar asociado a la propagación de grietas a partir de los defectos preexistentes en los tubos, cuando éstos son sometidos a la presión de trabajo. Este hecho se pone de manifiesto en la figura 4, que muestra dos probetas que han sido sometidas a compresión o aplastamiento.

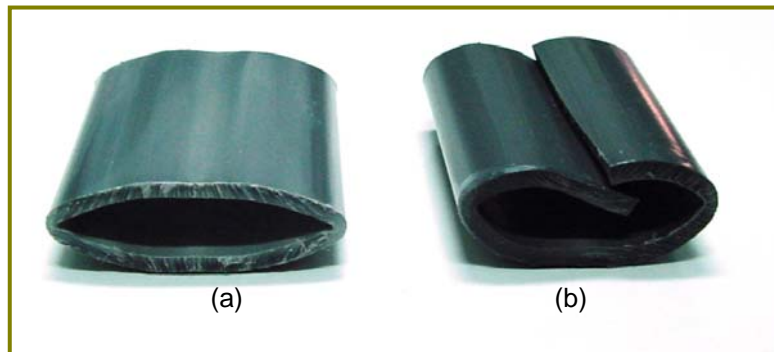


Figura 4. Muestras de tubos de PVC tras ser sometidas a una prueba de compresión: tubo de referencia (a), y tubo de obra (b).

En la figura 5 se muestra un tramo de tubo sometido a una prueba de presión. Las pruebas de presión a que han sido sometidos los tubos demuestran que los tramos que no presentan poros (tramos “sanos”), o incluso aquellos tramos con defectos relativamente pequeños, pueden soportar las presiones nominales de trabajo (1.6 MPa) sin problemas. Sin embargo, y como resulta lógico, cuanto mayor sea el tamaño del defecto presente en el tubo menor será la presión soportada.

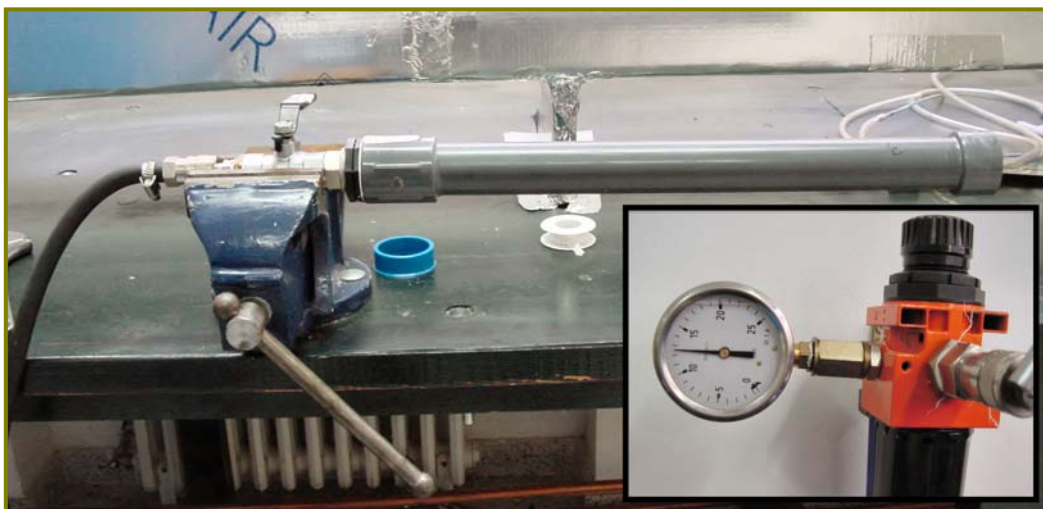


Figura 5. Tramo de tubo de obra sometido a una prueba de presión interna.

Un aspecto importante observado en estos ensayos y que es necesario resaltar de cara a comprobaciones y puesta en servicio futuras, es el hecho que un tramo de tubo defectuoso puede soportar una determinada presión de trabajo de forma instantánea o durante un determinado tiempo, el tiempo necesario para que el defecto vaya creciendo en profundidad y debilitando la pared del tubo, hasta que llega un momento en que la pared está tan fina y debilitada que no soporta la presión de trabajo y el tubo resulta perforado.

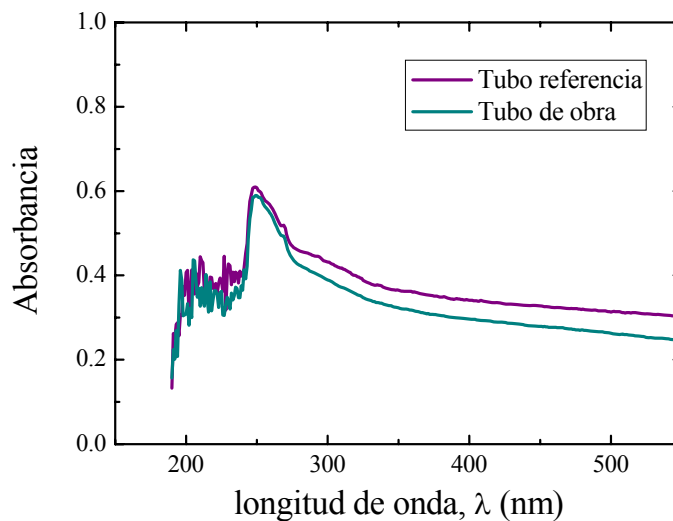


Figura 6. Espectros de absorción de ambos materiales poliméricos.

Para tratar de esclarecer las causas que han podido ocasionar tales anomalías en los tubos, se han realizado otras pruebas sobre el comportamiento y características de los tubos. Así, se ha estudiado el comportamiento al fuego y frente a disolventes orgánicos (ambos polímeros de PVC presentan un comportamiento similar), la absorbancia y permitividad dieléctrica, también con valores muy próximos de esta última ($\epsilon_r(\text{tubo ref.}) = 4.62 \pm 0.05$ y $\epsilon_r(\text{tubo obra}) = 4.75 \pm 0.05$). Dichas pruebas aportan información sensible a la composición química del material, indicando que se trata de polímeros con una gran similitud química, típica y característica de materiales poliméricos de PVC rígido habitualmente utilizado para este tipo de aplicaciones. A modo de ejemplo, en la figura 6 se muestran los espectros de absorción de ambos materiales de PVC tras su disolución en tetrahidrofurano, pudiendo observar una gran semejanza en las características del espectro y posición de las bandas de absorción.

4. Conclusiones

A partir de las pruebas expuestas y discutidas en el apartado anterior, es posible extraer las siguientes conclusiones:

- No se aprecian diferencias significativas, ni en la composición química ni en el comportamiento mecánico, entre los materiales de PVC utilizados en las tuberías objeto de estudio y las utilizadas como referencia, por lo que hay que descartar estos dos factores como posibles causas de los fallos acontecidos en las tuberías.
- Debido a la morfología y a la distribución de los defectos a lo largo de la generatriz en algunos tramos de las tuberías, las causas más probables de los defectos observados deben estar relacionadas con irregularidades tecnológicas originadas en el proceso de conformación. Este tipo de defectos apreciados pueden ser debidos a una defectuosa refrigeración en el proceso, a la presencia de burbujas de aire o gas ocluido durante el proceso de extrusión, debido al mal cierre de la matriz, etc.

- Por último, los fallos acontecidos en las tuberías son debidos a la presencia de defectos en forma de pequeños poros en las paredes de los tubos. Debido a la cantidad de tramos de tubería donde se aprecian tales defectos, no es prudente la utilización o puesta en servicio de la instalación recomendando, por tanto, la sustitución por tubos de mejor calidad y prestaciones.

Referencias

Guanck, F., *Iniciación a la química de los plásticos*, Hanser, 1992.

Ley 38/1999, de 5 de noviembre, *Ordenación de la Edificación*. BOE número 266, de 6 de noviembre de 1999.

Llorente, M. A., *Técnicas de caracterización de polímeros*, UNED, 1990.

Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, *Modificación de documentos básicos del CTE*, BOE número 99, de 23 de abril de 2009.

Pérez, A. A., *Identificación de plásticos*, UNED, 1995.

R. D. 1027/2007, de 20 de Julio. *Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)*. BOE número 207, de 29 de agosto de 2007.

R. D. 314/2006, de 17 de marzo, *Código Técnico de la Edificación*, BOE número 74, de 28 de marzo de 2006.

Ramos, M. A., *Ingeniería de los materiales poliméricos*, Fundación para el fomento de la innovación industrial, 2007.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Departamento de Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales.

Área de Ciencia de los Materiales e Ing. Metalúrgica – Escuela de Ingenierías Industriales

Av. de Elvas s/n 06071 Badajoz

Phone: +34 924 289 600

Fax: + 34 924 289 601

E-mail: adiazpar@unex.es