

# Difusión en materiales termoplásticos para la conducción de agua

Ing. Sonia Bueno, Unión Nacional de Arquitectos e Ingenieros de la Construcción de Cuba, (UNAICC), Tel.: 045/ 61 41 42, s.bueno@t-online.de

## RESUMEN

La difusión molecular en materiales termoplásticos ocurre mayormente a través de dos vías:

- a) orificios libres entre los polímeros formados bajo la influencia térmica, así como
- b) capilares submicroscópicos.

En líneas para la conducción de agua fabricadas de termoplásticos (PVC, PE, PB y otros), el efecto de difusión se manifiesta como la transportación de sustancias a través de las paredes de las tuberías. Este efecto puede traer como consecuencia la contaminación de aguas potables con sustancias dañinas para la salud, la contaminación de suelos con residuales tóxicos y hasta la notable aceleración de los procesos de deterioro de los sistemas de conducción. En el siguiente artículo será discutido el impacto de los efectos de difusión en la calidad de las aguas y suelos así como las limitaciones engendradas para el uso de termoplásticos en la conducción de agua bajo la situación específica del trópico.

## PALABRAS CLAVE:

Difusión activada, difusión a través de capilares, velocidad de difusión, propiedades de materiales termoplásticos, corrosión y degradación de materiales, diseño de sistemas, normas de producción, normas de instalación, conducción de agua, PVC, PE, PB, calidad del agua potable, contaminación de las aguas, contaminación de los suelos, metales pesados, compuestos orgánicos volátiles, compuestos orgánicos sintéticos, hidrocarburos, solventes, asbesto, alcoholes, nitratos, impactos sobre la salud, limitaciones para el uso de materiales termoplásticos, condiciones climáticas del trópico

## INTRODUCCIÓN

Desde más de cinco décadas la difusión en materiales termoplásticos ha sido analizada sistemáticamente en el sector de la construcción (penetración de oxígeno en membranas termoplásticas para edificaciones) y en la industria alimenticia (envases termoplásticos). También del año 1955 data uno de los primeros casos de contaminación de agua potable con hidrocarburos a través de una tubería de PE (Instituto de Certificación e Inspección de los Países Bajos, KIWA, Rijswijk, [1] KIWA 1985). Hasta los años '80 se pudo observar un aumento continuo de casos similares de contaminación que coincidió con el creciente uso de estos materiales en la transportación de agua. La permeación de una gran variedad de sustancias dañinas afectó todos los tipos de materiales termoplásticos utilizados con este fin.

El impacto de esos efectos sobre la conducción de agua no se llegó a investigar debidamente hasta principio de los años '90. El incremento del número de casos de contaminación de aguas, suelos y personas, reportados desde Europa y Norteamérica promovió la intensificación de las investigaciones a partir de esta época.

Hoy se puede constatar que la preocupación por la calidad de las aguas y suelos no puede concluir con el saneamiento de fuentes y embalses, así como la disminución de desechos peligrosos. Se debe tener en cuenta la difusión de sustancias dañinas a través de las paredes de componentes termoplásticos para la conducción de agua como un problema serio.

Entre estas sustancias nocivas para la salud encontramos metales pesados, solventes, nitratos, asbesto e hidrocarburos, así como otros residuos líquidos, gaseosos y sólidos.

## CONTEXTO FÍSICO-QUÍMICO

Se entiende como difusión la penetración de sustancias líquidas, gaseosas o sólidas a través de un material sólido, en este caso, los componentes termoplásticos para las líneas de conducción de aguas potables y residuales, así como desagüe y drenaje. Para este artículo será especialmente interesante la difusión molecular, que sucede por las propiedades típicas de los materiales termoplásticos (PVC, PE, PB, y otros).

Los materiales termoplásticos facilitan los efectos de difusión principalmente a través de dos vías ([2] AFFOLTER 2006, [3] KREBS 1999), (Gráfico 1):

- **Difusión activada.** Los polímeros como componente principal de los termoplásticos están en constante movimiento dentro del material iniciado por efectos térmicos. Este movimiento continuamente deja aparecer y desaparecer orificios libres que dan espacio para la absorción de sustancias. El proceso de difusión hacia adentro o hacia fuera de la tubería se realiza entonces a través de las fases 1. Adsorción, 2. Absorción, 3. Disolución, 4. Difusión, 5. Desorción, 6. Evaporación.

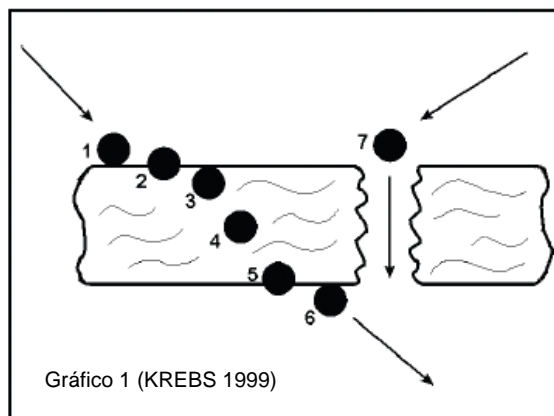
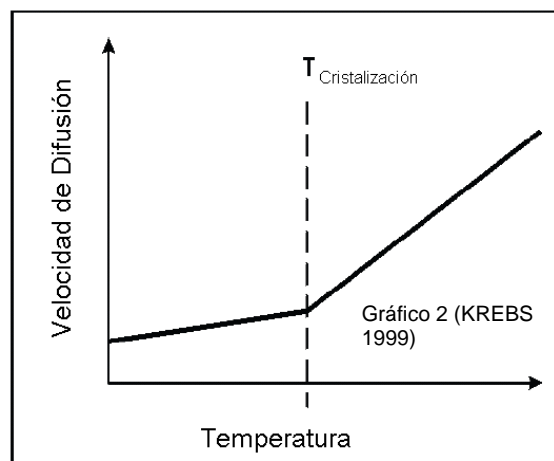


Gráfico 1 (KREBS 1999)

- **Difusión a través de capilares.** Los materiales termoplásticos contienen entre 10.000 y 15.000 capilares submicroscópicos por cm<sup>2</sup>. Al contrario de los orificios libres estos capilares o microporos son estructuras estables. La difusión sucede en este caso como tránsito directo (7).

Ambos tipos de difusión dependen de:

- la temperatura ambiental (la velocidad de la difusión aumenta con la temperatura (Gráfico 2)),
- de la relación de tamaño entre los espacios intermoleculares de los polímeros y las moléculas de la sustancia ([4] MEVIUS 1994) así como
- de la diferencia de presión parcial entre los medios dentro y fuera de la tubería.



La degradación de los materiales termoplásticos por influencias térmicas (dilatación irreversible), termo-oxidativas, químicas, biogénicas, foto-oxidativas y por hidrólisis también resulta en un aumento de la velocidad de la difusión activada con el paso del tiempo. Los aditivos que se aplican a los termoplásticos con el objetivo de contrarrestar algunos de dichos efectos también sufren una degradación o disolución dejando orificios libres adicionales para los procesos de difusión.

Durante la transportación, instalación y operación los componentes termoplásticos para la conducción de agua están expuestos a fuerzas físicas que aún observando cuidadosamente las normas y manuales de instrucción tienen la tendencia de producir micro-fracturas dentro de los materiales. De esta manera se forman capilares adicionales que facilitan notablemente la difusión por tránsito directo.

## LA DIMENSIÓN CUANTITATIVA Y LOS IMPACTOS

Desde los años '50 se han reportado alrededor de mil casos de contaminación de agua potable en el mundo donde la difusión ha sido identificada como causa única del incidente. Según una investigación realizada en el año 1991 ([5] HOLSEN 1991) en base de más que 100 casos de contaminación ocurridos entre 1980 y 1990 en EE.UU., los 98% de ellos eran incidentes con tuberías termoplásticas. Los restantes casos afectaron tuberías de asbesto-cemento (AC) y materiales de juntas (Gráfico 3). Los casos analizados en ese estudio así como otros elaborados en los sectores de la construcción, hidráulica, química e ingeniería de calefacción también muestran que no existen diferencias significantes entre los distintos tipos de materiales termoplásticos en cuanto al fenómeno de la difusión.

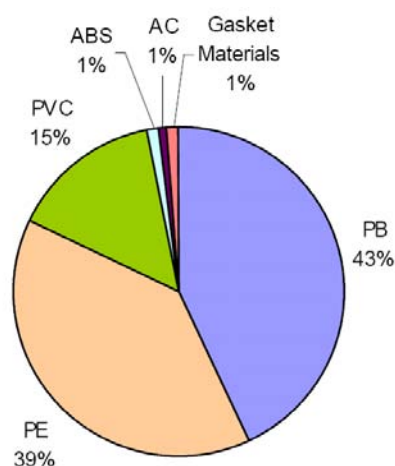


Gráfico 3: Incidentes de contaminación de agua potable debido a difusión por tipo de material de la tubería ([5] HOLSEN 1991)

Sustancias solventes presentes comúnmente en los suelos urbanos y aguas residuales penetran a través de tuberías termoplásticas dentro de un período de 2 a 9 semanas ([4] MEVIUS 1994, [6] SELLECK 1991, [7] GREENPEACE 2004). Un espesor mayor de la tubería solamente alarga gradualmente el período de difusión inicial. Los solventes como por ejemplo el tolueno, el tricloroetileno, el cloruro de metileno y el xileno una vez difundido por las paredes provocan una hinchazón irreversible de los termoplásticos aumentando la velocidad de difusión por un factor de 900 hasta 4000 ([6] SELLECK 1991).

Micro-fracturas sufridas durante la transportación e instalación, o provocadas por fuerzas alternadas durante la operación no solamente afectan la resistencia pero también la permeabilidad de los materiales termoplásticos. Una membrana termoplástica de 100mm de espesor y de última tecnología, por ejemplo, recibe durante la instalación (conforme a los manuales) un elevado número de micro-perforaciones que permiten la difusión de líquidos lixiviados a una velocidad de alrededor de 200 litros por hectárea y día ([8] ENVIRONMENTAL RESEARCH FOUNDATION, 1992). La AWWA (American Water Works Association) por esa razón exige para las tuberías termoplásticas según los estándares C906 (PE), C900, C905 y C909 (PVC) que bajo ningún concepto sean instalados componentes que tengan defectos visible en sus superficie (arañazos) ya que aquellos son indicadores de micro-perforaciones y fracturas que afectan la integridad de la pared.

La difusión en materiales termoplásticos juega un papel importante para la degradación de los mismos componentes así como otros materiales usados en la conducción de agua. La difusión permite que las sustancias agresivas para los termoplásticos como los oxidantes, cetonas, éster, diferentes hidrocarburos, cloroformo ([2] AFFOLTER 2006) pero también la naftalina, la margarina, el vinagre y el lustre de zapatos ([7] GREENPEACE 2004) pueden penetrar el material y así degradarlo no solamente en la superficie pero también en su interior. Típico de los termoplásticos es que pequeñas degradaciones químicas tienen un mayor impacto en las propiedades físicas de los materiales, razón por lo que la vida útil real de los termoplásticos no cumple con los pronósticos elaborados en los laboratorios ([2] AFFOLTER 2006).

De la misma manera pueden difundir sustancias químicas, biológicas y también gases atmosféricos hacia las líneas de conducción que no degradan los termoplásticos pero atacan por ejemplo componentes metálicos y de cemento que no llevan la protección adecuada, o contienen todavía sustancias tóxicas, hecho muy común en instalaciones antiguas. En la ingeniería de calefacción se ha investigado durante muchos años el efecto de difusión de oxígeno en tuberías termoplásticas y la resultante corrosión de componentes metálicos. Como conclusión el uso de termoplásticos ha sido limitado a un bajo porcentaje en cada red para poder controlar dichos efectos ([9] BDH 2004).

Los impactos sobre la salud de la población son tan variados como las sustancias que pueden difundir a través de los materiales termoplásticos. Metales pesados, compuestos orgánicos volátiles y sintéticos, solventes, asbesto, alcoholes y nitratos son solamente ejemplos que traen efectos cancerígenos, teratogénicos y mutagénicos, irritan ojos, piel y mucosas, afectan el sistema gastrointestinal y respiratorio así como las células nerviosas y la sangre ([7] GREENPEACE 2004).

Muchos de los mencionados impactos sobre la salud tienen en común, que no consisten en intoxicaciones agudas pero en el lento deterioro de funciones vitales debido a la constante exposición del organismo a concentraciones relativamente bajas. La recepción en el organismo ocurre no solamente a través de la consumición de agua potable o alimentos pero también por absorción dermal e inhalación.

El riesgo para otras enfermedades como por ejemplo la metahemoglobinemia provocada por altas concentraciones de nitrato en el agua potable ([10] GARCÍA 1982), a través de procesos de difusión en las líneas puede llegar a niveles superiores a pesar de que la contaminación en las fuentes y embalses haya disminuido.

Típico también para las enfermedades provocadas por la contaminación de aguas y suelos es un largo período de dolencia, terapias largas y costosas y la limitada capacidad laboral de las personas afectadas.

## **CONCLUSIONES PARA EL USO DE MATERIALES TERMOPLÁSTICOS EN LA CONDUCCIÓN DE AGUA**

En varios países alrededor del globo el uso de sistemas termoplásticos para la conducción de agua ha sido limitado a suelos y medios no contaminados (UE, Canadá, partes de EE.UU. y Japón) .En caso de contaminación o cuando la posibilidad de una contaminación no puede ser excluida, deben ser instalados sistemas impermeables.

Dentro de la situación específica en zonas tropicales existen circunstancias que hacen una estrategia similar aún más necesaria:

- La contaminación de los suelos y medios a transportar en muchos casos no puede ser determinado con precisión.
- Las pruebas de materiales en cuanto a la velocidad de difusión bajo condiciones reales han sido mayormente elaboradas según las condiciones en los países del norte. Con la influencia de altas temperaturas, el plazo de difusión en los termoplásticos es aún mayor ([2] AFFOLTER 2006).
- La alta salinidad de los suelos así como la humedad relativa en muchos países tropicales ([11] GONZÁLEZ 2004, [12] SIMEÓN 1990) elevan las posibilidades de degradación de los termoplásticos por causa de envejecimiento biogénico ([2] AFFOLTER 2006). De esta forma micro- y macroorganismos provocan un crecimiento del plazo de difusión.
- Materiales termoplásticos deben ser tratados cuidadosamente durante la transportación e instalación para evitar micro-fracturas y perforaciones que aceleran el plazo de difusión en el material. El uso de las herramientas adecuadas es imprescindible. En los sitios de construcción esas condiciones muchas veces no pueden ser garantizadas.
- América Central y el Caribe poseen numerosas ciudades antiguas con redes de conducción de agua desprovistas de protección adecuada contra la corrosión. La difusión de sustancias agresivas a través de sistemas termoplásticos significa un alto riesgo para un deterioro acelerado del patrimonio cultural.

## **BIBLIOGRAFÍA**

[2] AFFOLTER, Prof. Dr. Samuel, Langzeitverhalten von Thermoplasten, Interstaatliche Hochschule für Technik NTB, Buchs, Suiza, 2006

[9] BDH (Bundesindustrieverband Deutschland Haus- Energie- und Umwelttechnik e.V.), Korrosionsschäden durch Sauerstoff im Heizungswasser – Sauerstoffkorrosion –, 4. Auflage August 2004, Alemania

[8] ENVIRONMENTAL RESEARCH FOUNDATION, 16 de diciembre de 1992 "New Evidence that All Landfills Leak"; semanario N° 316 de "Rachel's Environment and Health News"; Estados Unidos

[10] GARCÍA, M./ Rodríguez, D./ Rabelo, I, Nitratos en aguas de consumo como factor de riesgo para la población infantil, Editorial: Instituto de Hidroeconomía, Conferencia Científico-Técnica 20 Años de Desarrollo Hidráulico en la Revolución, Ciudad de La Habana, Cuba, Nov. 1982

[11] GONZÁLEZ-Núñez, LM., Tóth, T., García, D., Manejo integrado para el uso sostenible de los suelos afectados por salinidad en Cuba, UNIVERSIDAD Y CIENCIA, Volumen 20, Número 40 Diciembre 2004, México

[7] GREENPEACE Argentina, Campaña Contra las Sustancias Tóxicas, Segunda Revisión: Julio 2004, Argentina

[5] HOLSEN, Thomas M., Park, Jae K., Jenkins, David, and Selleck, Robert E., August 1991, "Contamination of Potable Water by Permeation of Plastic Pipe," Journal AWWA, Vol. 83 No. 8, pp. 53-56., Estados Unidos

[1] KIWA (Keuringinstitut voor waterleiding) N.V., Permeatie van organische verbindingen door leidingsmaterialen, Medeling nr. 85, 1985, Países Bajos

[3] KREBS, C., Avondet, M.A., K.W. Leu, Langzeitverhalten von Thermoplasten – Alterungsverhalten und Chemikalienbeständigkeit, Hanser-Verlag München (1999), Alemania

[4] MEVIUS, Walter, von Oepen, Birgit, Steinbrecht Harald, Permeabilität von Polyethylenrohren gegenüber Umweltchemikalien, Hamburger Wasserwerke, Fachliche Berichte 1/94, Alemania

[6] SELLECK, Robert E. and Marinas, Benito J., July 1991, "Analyzing the Permeation of Organic Chemicals Through Plastic Pipes," Journal AWWA, Vol. 83 No. 7, pp. 92-97., Estados Unidos

[12] SIMEÓN, F.R./ Galinsky, I.D., Base normativa y metodológica del tomo 'Condiciones del suelo y su mejoramiento' - Esquema regional precisado del aprovechamiento integral de los recursos de agua y suelo de las provincias La Habana, Matanzas y Ciego de Ávila, Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Ciudad de La Habana, Cuba, 1990