

Conductos prefabricados de hormigón. Respuesta ante las acciones físicas y mecánicas

Los conductos de hormigón durante su vida útil, están sometidos a una serie de acciones de carácter diverso frente a las que deben estar en condiciones de soportar sin perder sus características funcionales, estabilidad mecánica y estanquidad. Para ello, las tuberías se deben diseñar y fabricar conforme con unos estándares de calidad adecuados. En este artículo se analizan las acciones físicas y mecánicas que afectan a los conductos de hormigón utilizados en sistemas de saneamiento y drenaje y se dan reglas que ayudan a mejorar su comportamiento en diversas situaciones.

Palabras clave: ABRASIÓN, COMPORTAMIENTO, CONDUCTO, DRENAJE, ENSAYO, ESTABILIDAD, ESTANQUEIDAD, HORMIGÓN, NORMATIVA, PREFABRICADO, RESISTENCIA, SANEAMIENTO, TUBERÍA.



Miguel Ángel SANJUÁN, Jefe del Área de Cementos y Morteros. **IECA.**
Cristina ARGIZ, Prof. Ayudante. E.T. S. ICCyP (UPM)
José RODRÍGUEZ SOALLEIRO, ICCyP.
Asesor Técnico de Canalizaciones. **ANDECE.**

La durabilidad del hormigón, junto con la resistencia mecánica, es uno de los aspectos esenciales de las tuberías de hormigón, ya que éstas deben proyectarse no sólo para que resistan las acciones mecánicas previstas sin que alcancen su estado límite de agotamiento, sino también, para que resistan aquellas acciones ambientales de tipo físico, químico o microbiológico que puedan deteriorarlas reduciendo su vida en servicio o necesitando para su conservación un coste de mantenimiento o reparación elevado ⁽¹⁾. (Fig. 1).

Los conductos de hormigón cuentan con la normativa europea armonizada que podemos ver en las **Tablas I, II y III**.

Las acciones físicas que pueden afectar a estos conductos son las del fuego, las elevadas temperaturas, la radiación ultravioleta, los ciclos de hielo-deshielo, abrasión y cavitación.

Dado que habitualmente van enterradas deben soportar las cargas del relleno y las del tráfico que sobre éste circule. En el caso de puesta en obra mediante hincas, a las acciones anteriores hay que añadir las debidas a las fuerzas de empuje.

A continuación entraremos a analizar las acciones físicas y mecánicas, el comportamiento de los conductos y las medidas preventivas a adoptar en la ejecución de las obras de las redes de saneamiento y drenaje ⁽²⁾.

Resistencia mecánica y estabilidad de volumen

La resistencia mecánica de los conductos prefabricados de hormigón, es una de las cualidades que les hacen más fiables en su uso en canalizaciones de saneamiento y drenaje.

Al aportar por sí mismos una gran parte de la capacidad resistente del sistema, hace a éste menos vulnerable ante una mala instalación, en comparación con los sistemas de tuberías flexibles que pueden depender hasta en un 80% de la capacidad del relleno lateral, su correcta compactación y el mantenimiento de estas condiciones durante toda su vida útil.



[Fig. 1].- Acopio de conductos de hormigón.

Norma	Título
UNE-EN 1916:2008	Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero.
UNE-EN 127916:2014	Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero. Complemento nacional a la Norma UNE-EN 1916.
UNE-EN 1917:2008	Pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibras de acero.
UNE-EN 127917:2005	Tubos y piezas complementarias de hormigón en masa, hormigón armado y hormigón con fibra de acero. Complemento nacional a la Norma UNE-EN 1917.

[TABLA I] .- Normas aplicables a los tubos, elementos de pozos de registro y cámaras de inspección de hormigón.

Norma	Título
UNE-EN 14844:2007+A2:2012	Productos prefabricados de hormigón. Marcos.

[TABLA II] .- Normas aplicables a los marcos de hormigón.

Norma	Título
UNE-EN 1610:1998	Instalación y pruebas de acometidas y redes de saneamiento.
UNE-EN 476:2011	Requisitos generales para componentes empleados en tuberías de evacuación, sumideros y alcantarillas para sistemas de gravedad.
UNE-EN 752:2010	Sistemas de desagües y alcantarillado exteriores a edificios.

[TABLA III] .- Normas comunes aplicables a cualquier sistema de saneamiento o drenaje.

La capacidad mecánica de los conductos de hormigón viene determinada por sus condiciones de fabricación, espesores, dosificaciones de cemento, cuantías de acero, etc. Cada elemento puede ser calculado como una estructura para el caso concreto en el que va a ser utilizado, o puede fabricarse en series de clases resistentes.

El primer caso corresponde a los conductos tipo marco o galerías abovedadas, que se diseñan a la medida del terreno de apoyo, cargas de los rellenos, cargas del tráfico y, en definitiva, de las condiciones que la obra requiera (Fig 2).

Los tubos de hormigón habitualmente se fabrican en varias clases resistentes normaliza-



[Fig. 2] .- Instalación de una canalización con galerías de hormigón.

das, adoptando la necesaria, según requiera cada circunstancia de colocación. Para su evaluación, la Norma UNE-EN 127916 cuenta con un anejo de cálculo en el que se recogen los distintos tipos de instalación, las acciones actuantes y cuantifica la colaboración del apoyo mediante lo que se conoce como factor de apoyo (Fig 3).



[Fig. 3] .- Ensayo de tres aristas de un tubo de hormigón circular.

Una vez instaladas, las conducciones de hormigón mantienen sus dimensiones originales sin deformaciones perceptibles, y sólo en el caso de elementos de hormigón armado pueden aparecer las pequeñas fisuras propias de este material, necesarias para movilizar la resistencia de la armadura. El ancho de estas fisuras se calcula y se limita su valor al que la normativa establece según las condiciones ambientales. En la mayoría de los casos y en un corto espacio de tiempo se autosellan por formación de carbonato cálcico en su interior.

El CO_2 atmosférico reacciona con la fase acuosa del hormigón que contiene hidróxido cálcico y forma un compuesto sólido, el carbonato cálcico, que se sitúa en las microfisuras colmatándolas y sellándolas (Fig. 4).

El comportamiento estructural de una conducción con elementos de hormigón, es menos dependiente de las condiciones de instalación respecto a otras soluciones con materiales alternativos.

Una instalación de tuberías flexibles deficiente, por una compactación del terreno poco eficiente en las partes laterales del tubo, daría lugar a un sistema con una escasa capacidad

resistente y a una deformación elevada, pues se deformaría hasta comprimir los rellenos laterales y poder movilizar así el efecto soporte que estos deben aportar a este tipo de instalación. Esta alta deformación conlleva pérdidas de estanquidad en las uniones y disminución de la capacidad hidráulica de la conducción.

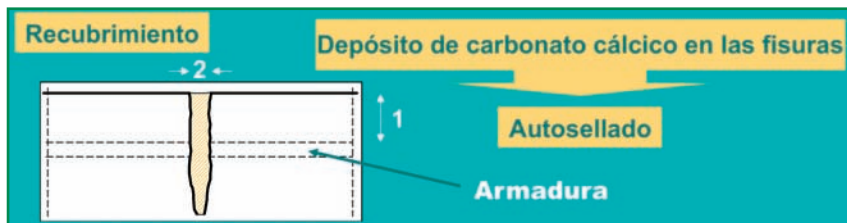
En caso de inundación o elevación del nivel freático de las aguas subterráneas, el hormigón se opone mejor a una posible flotación de la red que las tuberías de polímeros ya mencionadas.

Los sistemas de tuberías de

hormigón son resistentes y robustos, y poco susceptibles a dañarse durante su almacenamiento, manejo, instalación o uso, presentando asimismo una buena resistencia al impacto y a la erosión.

Su resistencia mecánica, a diferencia de otros productos alternativos, mejora con la edad (Fig 5).

El hormigón no se deforma durante su vida en servicio conservando la forma inicial e integridad estructural, lo cual garantiza en el tiempo su eficiencia hidráulica.



[Fig. 4] .- Efecto de relleno o sellado de las microfisuras del hormigón.

Este efecto también nos ayuda en el autosellado de pequeños poros así como a estabilizar una conducción cuando, por cargas imprevistas, aparezcan fisuras diferentes de las propias del sistema.

Resistencia a los ciclos hielo-deshielo

Cuando el agua penetra en el hormigón y bajan las temperaturas externas se puede producir su congelación en los poros saturados del hormigón dando lugar a un aumento de volumen de aproximadamente un 9%, lo que provoca tensiones internas y posibles fisuras⁽³⁾.

En el hormigón son más peligrosas las alternancias de heladas y deshielo (ciclos hielo-deshielo) que las temperaturas frías.

Dado que la mayoría de las aplicaciones de los conductos de hormigón son subterráneas, esta posibilidad es remota y en cualquier caso limitada. Sólo podría ser necesaria la aplicación de alguna medida preventiva en aquellos casos en los que los conductos no fueran enterrados o un mínimo recubrimiento así lo aconsejara (Fig. 6).

Como medidas a tomar para mejorar el comportamiento de una obra de canalizaciones frente a la acción de las heladas se pueden dar las siguientes⁽⁴⁾:

- Emplear cementos puzolánicos que a partir de una determinada edad dan hormigones más impermeables que los portland comunes, aunque sean más sensibles a las heladas a edades cortas.
- Utilizar áridos compactos, limpios y con buena rugosidad superficial.
- Usar hormigones lo más compactos que sea posible con relaciones agua/cemento del orden de 0,45.



[Fig. 5] .- Emisario de hormigón armado circular.



■ [Fig.6].- Canal de hormigón.



■ [Fig. 7].- Deslavado del hormigón por combinación de lixiviación y abrasión.

- Emplear agentes aireantes que generan microburbujas ocluidas, que se sitúan en la red de poros capilares del hormigón dificultando la absorción capilar de líquidos que se produce en éstos y que actúan como cámaras de expansión.
- Cuidar el curado húmedo del hormigón para que se formen geles que cierren los poros.

En general, se puede decir que las tuberías prefabricadas de hormigón presentan una excelente resistencia a los ciclos de hielo-deshielo.

Resistencia al fuego, a las elevadas temperaturas y radiación ultravioleta

Las conducciones con elementos de hormigón son resistentes a elevadas temperaturas, en general, y al fuego en particular.

Se pueden transportar aguas residuales a través de tuberías de hormigón, alcantarillas y bocas de hombre a elevadas temperaturas cuando se fijan con sistemas de sellado adecuados diseñados específicamente para tal fin. No se deforman a elevadas temperaturas, al contrario que las tuberías termoplásticas, que a temperaturas superiores a 45°C podrían sufrir deformaciones irreversibles.

Los sistemas de saneamiento pueden transportar fluidos inflamables de forma intencionada o accidental ⁽⁶⁾, en cualquier caso, se podrían producir fuegos y explosiones en el interior de los sistemas de saneamiento o drenaje. El hormigón no se quema y no emite gases perjudiciales en los incendios como sí lo hacen los plásticos. Este hecho hace de los sistemas de tuberías de hormigón una opción muy apropiada en instalaciones de de desagüe en zonas industriales con depósitos de combustible, aeropuertos, gasolineras, etc. en los que el riesgo de explosiones e incendios es alto.

Con relación a la resistencia a la luz solar y

radiación ultravioleta, las tuberías de hormigón no necesitan medidas especiales de protección más allá de adaptar el material de las juntas cuando se utilicen polímeros.

Resistencia a la abrasión

Las partículas sólidas que transporta el efluente, según su naturaleza, y los métodos de limpieza a presión, pueden provocar la erosión de las paredes de los conductos.

Ante la posibilidad de que se produzca este problema se pueden adoptar dos tipos de medidas, eliminando la causa o haciendo el producto más resistente a la abrasión.

La reducción de la velocidad y la disposición de areneros en cabecera de red, sumideros y pozos de registro, son los métodos más efectivos, aunque este último, requiere mantenimiento con una limpieza periódica (Fig 7).

La abrasión sobre el hormigón se puede mitigar mejorando sus características, seleccionando para ello, como indica la EHE-08 áridos de elevada dureza, altas dosificaciones de cemento y baja relación agua/cemento. Todo esto, junto con el espesor de sus paredes y el acabado liso y poco poroso de la superficie que se obtiene con las tecnologías actuales de fabricación, hacen que el efecto de la abrasión en los productos de hormigón no presente un problema.

Por otra parte, cabe mencionar que la limpieza de los depósitos sólidos de los sistemas de saneamiento se realiza con métodos de inyección de chorros de agua a elevada presión en el interior de las tuberías. Esta limpieza produce dos efectos: una ligera erosión de las paredes internas y un impacto sobre ellas.

Las canalizaciones de hormigón de buena calidad, están en condiciones de resistir presiones de hasta 300 bares mientras que en otros sistemas no se deben sobrepasar los 120 bares para evitar daños durante el proceso de limpieza.

Conclusión

Los conductos de hormigón se utilizan habitualmente en las redes de aguas residuales y drenaje de aguas pluviales con tipos de instalación y condiciones de uso diversas.

Después de evaluar los diferentes efectos mecánicos y físicos que pueden afectarles, podemos concluir que es la solución más adecuada para esta aplicación y ofrecen una elevada fiabilidad.

Bibliografía

(1) NEVILLE, A. M. *Properties of concrete: fourth and final edition standards updated to 2002*. 844 pp. Longman, Reino Unido, 2002. ISBN 9780582230705.

(2) HAKTANIR, T., ARI, K., ALTUN, F. Y KARAHAN, O. *A comparative experimental investigation of concrete, reinforced-concrete and steel-fibre concrete pipes under three-edge-bearing test*, *Construction and Building Materials*, 21(7), pp. 1702-1708 (2007).

(3) VARIOS AUREOS. *2nd International RILEM Workshop on Frost Resistance of Concrete*. Proceedings pro024. Edited by M. J. Setzer, R. Auberg and H. - J. Keck. ISBN: 2-912143-30-6. e-ISBN: 2351580370. 400 pp. Publicación: 2002.

(4) MANUEL FERNÁNDEZ CÁNOVAS. *Hormigón*. Editorial: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid, 01-10-2007. 666 pp. ISBN: 978-84-380-0364-0. EAN 9788438003640.

(5) *Datos obtenidos tras el accidente en el aeropuerto internacional de O'Hare, Chicago, Illinois*. Chicago-O'Hare International Airport, IL profile: <http://aviation-safety.net/database/airport/airport.php?id=ORD#general>.

ANDECE
Pº Castellana, 226 - Entrp. A
28046 Madrid
☎: 913 238 275 • Fax: 913 158 302
E-mail: tubos@andece.org
Web: www.andece.org
www.atha.es