

## COMPETITIVIDAD PARA LOS ALCANTARILLADOS:

# Tuberías de concreto

**Ing. Jaime  
Gomezjurado S.**

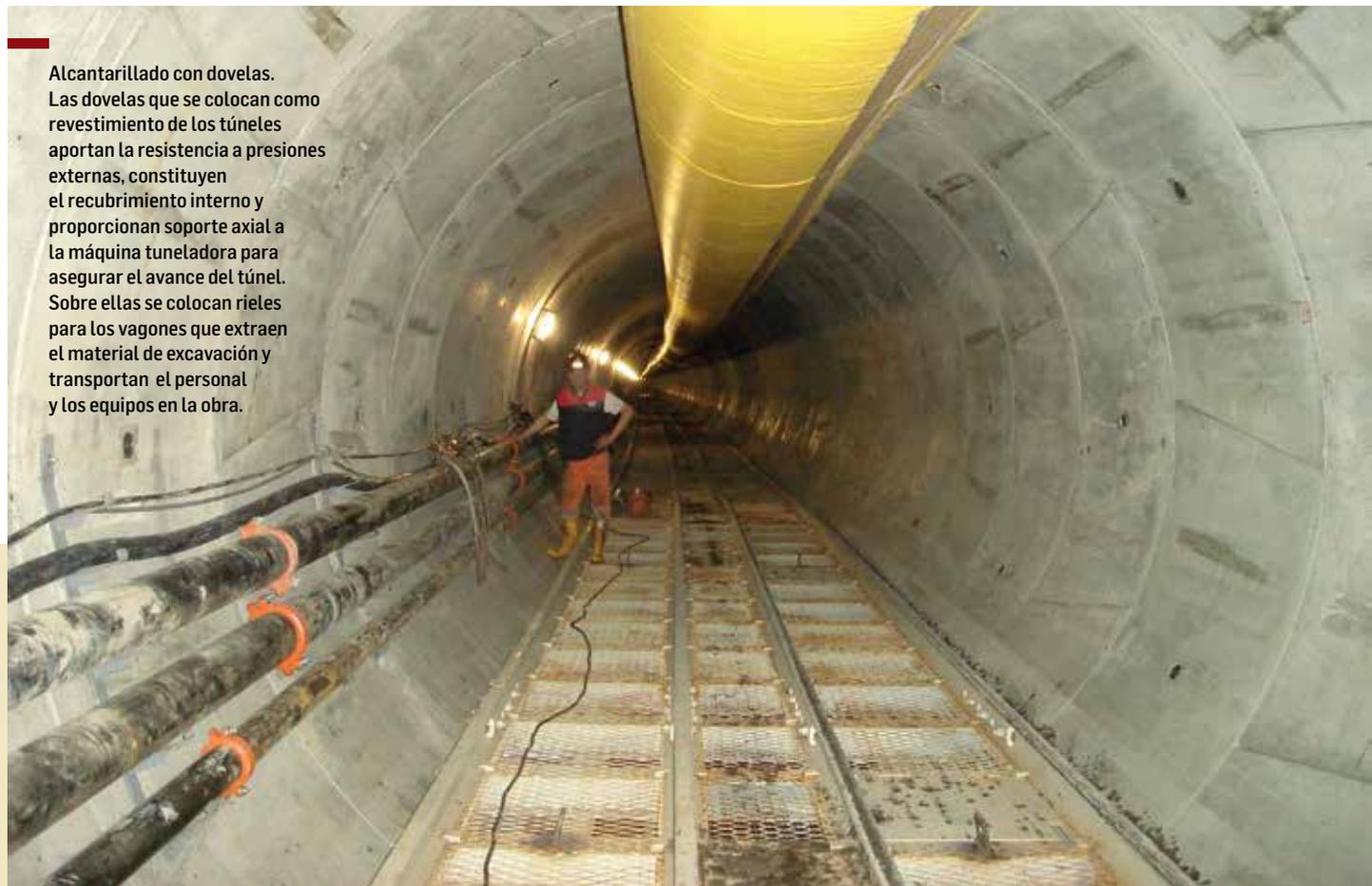
Manufacturas de Cemento S.A.

**Fotos: Cortesía  
Manufacturas de  
Cemento S.A.**

Reproducción autorizada por la revista *Noticreto* # 125, de Julio – Agosto 2014. Editada por la Asociación Colombiana de Productores de Concreto – **ASOCRETO**.

**E**l concreto es el material de construcción más utilizado en los proyectos de saneamiento básico en el mundo; se emplea particularmente en la conducción de aguas residuales y pluviales porque tiene muchas ventajas, entre las cuales están su alta resistencia mecánica, su gran durabilidad y la facilidad para conseguir localmente las materias primas para elaborarlo. La primera estructura construida para el transporte de aguas servidas sobreviviente hasta hoy es la cloaca máxima, que fue elaborada con cemento natural y bloques de piedra en el año 800 a.C. por los romanos y algunos de sus tramos se conservan en buen estado en la actualidad.

Alcantarillado con dovelas.  
Las dovelas que se colocan como revestimiento de los túneles aportan la resistencia a presiones externas, constituyen el recubrimiento interno y proporcionan soporte axial a la máquina tuneladora para asegurar el avance del túnel. Sobre ellas se colocan rieles para los vagones que extraen el material de excavación y transportan el personal y los equipos en la obra.



En el siglo XIX se diseñaron, por razones de salud pública, los primeros sistemas de alcantarillado en Europa y Norteamérica. En ellos el concreto empezó a jugar un papel preponderante, que se consolidó en el siglo XX con la aparición de tecnologías que contribuyeron al desarrollo de la fabricación de tubos. La industria produjo innumerables alcantarillados construidos en concreto, los cuales tienen vida de servicio superior a 100 años. Tal situación convierte a este material en el único que ha demostrado gran durabilidad y buen desempeño con el pasar del tiempo.

## TECNOLOGÍA EN LOS PREFABRICADOS DE CONCRETO

Debido a los avances en la tecnología del concreto, los tubos de este material son una buena alternativa para muchos proyectos, puesto que la industria de prefabricados de concreto ha evolucionado a pasos gigantescos en las últimas décadas. Así, se han conseguido altos niveles de análisis y diseño de tuberías con ayuda de programas de computador específicos para el sector, los desarrollos en los aditivos que se han incorporado en los diseños de mezclas, se han mejorado las maquinarias de mezcla automatizada, y se dispone de equipos precisos para la fabricación de las canastas de refuerzo. Además, se consolidaron técnicas para el control de calidad, se mejoraron las juntas de los tubos y se dictaron nuevas normas de instalación. De la misma forma, los box culvert prefabricados han tenido avances en cuanto a mejoramiento del control de calidad, la implementación de elementos de izaje que facilitan la instalación, la reducción de los riesgos asociados con las zanjas abiertas, menor impacto ambiental y alta velocidad de instalación para efectuar grandes proyectos en corto tiempo. El crecimiento actual de las ciudades y la creciente infraestructura vial, demandan la construcción de alcantarillados para agua residual y pluvial que impulsan la industria de tubería de concreto gracias a su capacidad de ser instalada en zanjas profundas, debajo de terraplenes de gran altura o mediante sistemas sin zanja en grandes longitudes, mientras que tuberías de otros materiales solo pueden ser instalados en zanjas de poca profundidad.

## DISEÑO DE LA TUBERÍA

Aunque los tubos de concreto más usados en nuestro medio son los de sección circular o cuadrada, también es posible fabricarlos en prácticamente cualquier geometría para lograr mayor eficiencia hidráulica, considerando las cargas específicas y la topografía de cada proyecto. Hay especificaciones internacionales y normas técnicas colombianas que describen las características que deben cumplir los tubos circulares, cuadrados o box culvert, elípticos y con secciones en arco. Cuando es necesario manejar gran caudal en conductos que demandan un trazado con pendiente suave y a poca profundidad, los más indicados son los tubos con sección cuadrada o elíptica instalados con el eje menor en sentido vertical y secciones en arco. Para alcantarillados con caudal muy variable, los tubos con sección elíptica instalados con el eje mayor en sentido vertical son ideales porque la velocidad de agua es alta con poco caudal, lo que le permite arrastrar todos los sólidos que viajan por el alcantarillado.



**Instalación de tubería en zanja. Los tubos de concreto se pueden instalar a grandes profundidades, cimentándolos sobre material granular y utilizando parte del material de excavación.**

## DIMENSIONES

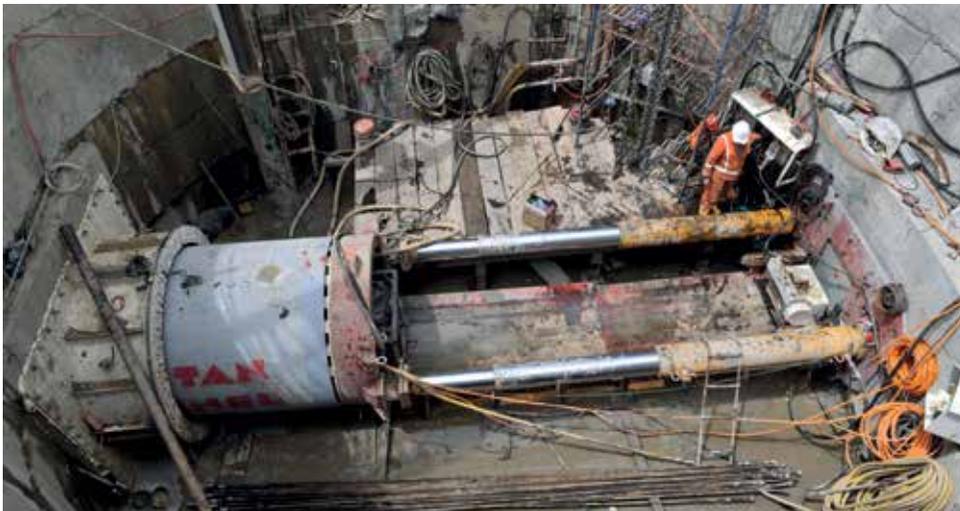
Los tubos de concreto normalmente se suministran en diámetros desde 0.15 m para los arranques de los alcantarillados y hasta 3.0 m para la parte final de los mismos. En los casos que exigen mover más caudal, pueden utilizarse dos líneas de alcantarillado o instalar ductos de mayor diámetro con sistemas de dovelas prefabricadas en concreto, para lo cual prácticamente no hay restricción de diámetro. Es poco común fabricar tubos de diámetro mayor de 3.0 m porque el volumen y el peso de estos elementos dificulta su transporte y porque resulta más eficiente segmentarlos en dovelas. La longitud de los tubos varía según el diámetro y normalmente se elaboran con longitud de 2.50 m ó 2.60 m para embalarlos en el sentido transversal de los planchones de los camiones.

## INSTALACIÓN DE LOS TUBOS

La instalación de los tubos de concreto en zanja se realiza normalmente utilizando parcialmente el material de excavación: cuando se instalan en la parte baja de un terraplén, éste se elabora con el material de corte de otras zonas. Dependiendo de la profundidad de la zanja o de la altura del relleno y de las cargas de servicio, se especifica el tipo del tubo, que está en función de su resistencia, puesto que es el tubo el que aporta la capacidad de soporte. Los tubos reforzados se clasifican en cinco clases que se designan con números romanos (I a V) y los tubos sin refuerzo se clasifican en tres clases que se distinguen con números arábigos (1 a 3).

La construcción de alcantarillados sin zanja se hace normalmente con máquinas tuneladoras o topos, que excavan túneles con diámetro mayor a 35 cm, y colocan los tubos a medida que se va realizando la excavación. Por lo común la excavación se realiza con una cabeza giratoria equipada con elementos de corte que pueden perforar tramos rectos o con alineación en curva. Los tubos para hincado se diferencian de los tubos para instalación en zanja o terraplén en que son diseñados para soportar los esfuerzos de empuje durante la instalación. La construcción de alcantarillados sin zanja en diámetros mayores a 3.0 m se realiza con máquinas tuneladoras que permiten la colocación de dovelas.

Para seleccionar el material a utilizar en un proyecto de alcantarillado es necesario revisar, –además de las características del tubo (distancia entre juntas, diámetro real y peso)– las condiciones del terreno y la técnica de instalación, pues de ello depende que determinado material resulte más práctico o más económico que otro. Cuando se considera únicamente el costo de los tubos, a veces parece más económico utilizar los de otro material; sin embargo, cuando se calculan los costos de excavación y relleno se encuentra que, en general, la tubería de concreto es más competitiva para diámetros iguales o superiores a 0.90 m.



**Hincado de tubería de concreto.** Mediante este sistema se pueden colocar tubos de diámetros comprendidos entre 0.35 m y 3.0 m sin abrir zanjas, lo cual reduce el impacto socioambiental en la ejecución de obras de alcantarillado.

## VENTAJAS DE LOS TUBOS DE CONCRETO

Algunas ventajas de los tubos de concreto, soportadas en estudios realizados por entidades independientes, se mencionan a continuación.

### 1. Eficiencia hidráulica

Aunque al tacto la superficie del concreto se siente más áspera, la rugosidad hidráulica de los tubos de concreto –representada por el coeficiente  $n$  de Manning– es prácticamente la misma frente a materiales competidores ( $n = 0.009$  a  $n = 0.010$ ). Esto indica que el coeficiente de rugosidad seleccionado por diseñador hidráulico para la tubería de concreto en las redes recién instaladas es igual al de tuberías de otros materiales.

Además de lo anterior, cuando las redes de alcantarillado entran en servicio, las paredes interiores de todos los tubos son recubiertas por una película orgánica que físicamente hace que la rugosidad hidráulica de todas las tuberías, con independencia del material sea la misma.

Por otra parte, debido a que los tubos de concreto mantienen su forma original y la alineación durante la vida de servicio, tienen mejor desempeño y eficiencia hidráulica frente a tuberías que no consiguen mantener su forma original ni la alineación durante la vida de servicio.

### 2. Resistencia mecánica

Los tubos de concreto tienen excelente capacidad portante y su resistencia, como sus demás propiedades mecánicas, mejoran con el paso del tiempo.

La alta resistencia mecánica de los tubos de concreto –producidos con o sin refuerzo– en mezclas con resistencia a compresión del rango de 32 MPa a 60 MPa hacen que la estabilidad de la estructura dependa de sí misma y no de las condiciones del suelo en que se cimienta. En el caso de tubos flexibles, la resistencia depende en más del 95% de las condiciones del suelo.

### 3. Condiciones de instalación

Los tubos de concreto se pueden instalar en cualquier condición de carga, ya sea hincados, en terraplén o en zanja inducida, y en algunos casos bajo condiciones casi imposibles de cumplir: por ejemplo, alcanzar niveles de compactación proctor de 95% (como figura en muchos de sus manuales técnicos) en los costados de los tubos, donde no cabe ningún equipo de compactación.

### 4. Resistencia al fuego

Los tubos de concreto son resistentes al fuego y no son inflamables. Tampoco presentan problemas cuando permanecen expuestos a los rayos ultravioleta en los lugares de acopio. Esto es una consideración importante en zonas rurales expuestas a incendios forestales o incluso en sectores urbanos en que habitantes de la calle encienden fogatas dentro de estructuras hidráulicas que utilizan como refugio, antes o incluso después de instaladas.

### 5. Rendimiento

Los tubos de concreto se colocan con altos rendimientos de obra, porque en general las condiciones de cimentación que requieren no son muy exigentes; de manera que se hace la excavación, se coloca el material de cimentación, se instala el prefabricado y se vierte el material de relleno, que con mucha frecuencia procede de la misma excavación. Los



**Instalación de box culvert.** Estas estructuras pueden disponerse de la misma forma que la tubería de concreto a muy poca profundidad, sin necesidad de material de protección, a diferencia de tuberías en otros materiales que requieren cárcamos para su instalación.

posibilitan que la alineación y la pendiente de las estructuras hidráulicas se revise frecuentemente para que tenga la precisión exigida. Por otra parte, en la instalación de tubería, el rendimiento que se obtiene para tubos con diámetro mayor de 0.30 m, –en el que la seguridad ocupacional requiere la utilización de maquinaria para el izaje de tubos de otros materiales– es prácticamente igual entre los tubos de diversos materiales, así los de concreto sean más pesados.

### 6. Instalación

El peso de los tubos de concreto compacta el suelo sobre el que se instalan y resiste los esfuerzos laterales cuando se compacta material en los lados; además, previene los movimientos mientras se ensamblan unos elementos con otros. En la tubería y los box culvert instalados en zonas de alto nivel freático, el peso de estos elementos evita los problemas de flotación o los cambios en la pendiente o el nivel, porque el peso ayuda a resistir las fuerzas de flotación y las presiones laterales cuando los conductos están parcial o totalmente desocupados.

### 7. Reciclabilidad

Los tubos de concreto son reciclables porque se fabrican con materias primas naturales de obtención local. Una vez cumplen su vida útil pueden ser triturados y aprovechados como material granular para bases y sub-bases o como agregados para producir nuevo concreto. El refuerzo metálico, que se separa en el proceso de trituración, se funde en altos hornos para obtener diferentes clases de acero.

### 8. Sostenibilidad

La fabricación de tubos de concreto consume menos energía que la empleada en la elaboración de tuberías de otros materiales y produce una mínima disposición de residuos, que en todos los casos pueden ser reciclados.

### 9. Durabilidad

El concreto es, sin duda, el material más durable que se ha utilizado en la construcción de estructuras hidráulicas, debido al buen desempeño que presenta cuando se expone a condiciones ambientales agresivas y a sus ventajas para resistir las cargas de servicio.

### 10. Economía

Prácticamente para todas las condiciones de instalación, los alcantarillados construidos con tubería de concreto en diámetros superiores a 0.50 m son más económicos porque los materiales y actividades para la cimentación son menos exigentes y, por lo tanto, menos costosas. Para tuberías de diámetro menor a 0.50 m, los costos de los alcantarillados de concreto son generalmente menores, en especial cuando se requieren instalaciones con alto desnivel. **C**