

# Tuberías de concreto de grandes diámetros y protección plástica interior

Luis Alberto Carbajal Olórtigue<sup>1</sup>

## Resumen

*Este trabajo presenta la vigencia tecnológica de los tubos de concreto de grandes diámetros que son usados en el sistema de alcantarillado para la evacuación de las aguas residuales. Indicamos las características principales del tubo de concreto y también su método de diseño y fabricación de acuerdo a Normas Técnicas Peruanas. Asimismo, analizamos el problema de la corrosión desde el punto de vista microbiológico y las condiciones ideales para que pueda ocurrir. Indicamos el sistema para proteger interiormente a los tubos de concreto contra la corrosión.*

## Palabras claves

*Tubo de concreto, Alcantarillado sanitario por gravedad, Resistencia del concreto, Carga exterior, Fabricación, La Corrosión, Planchas Plásticas.*

## Abstract

*This paper presents the technological force of the large concrete pipe diameters are use in the sewage system for disposal of wastewater. Indicate the main characteristics of concrete pipe and also its design and manufacturing method according to the Peruvian Technical Standards. Also analyze the problem of corrosion from the microbiological point of view and the ideal conditions that may occur. Indicates the system to protect the tubes inside concrete against corrosion.*

## Key words

*Concrete pipe, Gravity sanitary sewer, Concrete strength, External load, Manufacture, Corrosion, Plastic plates.*

## Introducción

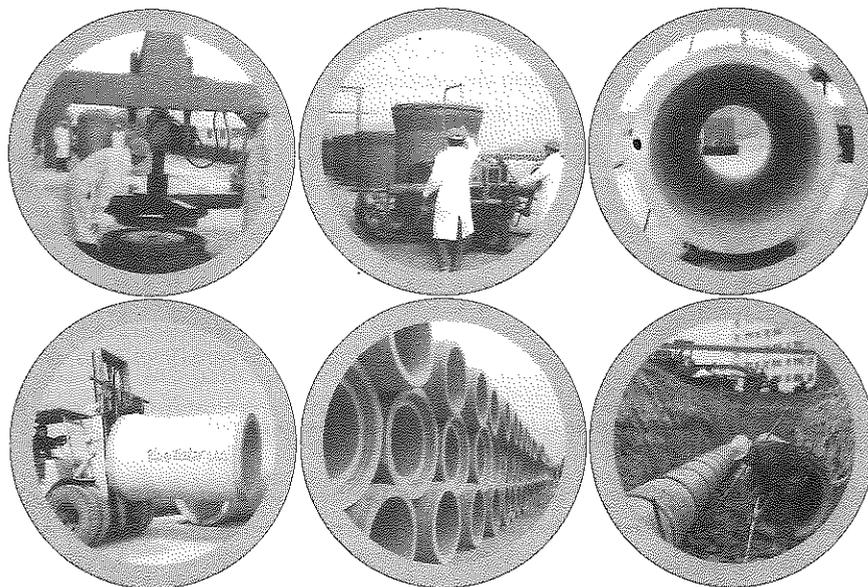
Las tuberías, independientemente del material de que estén hechas, transportan vida y progreso. Las tuberías de concreto de grandes diámetros se fabrican a partir de  $D=700\text{mm}$ . Y se presentan comercialmente como tubos de concreto reforzado de sección circular y son usados para la conducción de líquidos. De acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas y la industria del sector pueden conducir líquidos sin presión (por gravedad) o a media presión.

En la conducción de líquidos sin presión los tubos de concreto reforzado son aplicables a sistemas de alcantarillado y drenaje de agua de lluvia. Para el caso de conducción de líquidos a mediana presión las tuberías son usadas en líneas de conducción de agua potable (puede ser el caso de una línea de la fuente de captación a la planta de tratamiento). Sin embargo, este trabajo analizará principalmente el caso de la conducción de aguas residuales (sistema de alcantarillado) a través de colectores, interceptores y emisores.

En el diseño o ejecución de un sistema de alcantarillado con tuberías de concreto se puede presentar que en algunos tramos se necesite proteger a la tubería contra ataques de ácidos, sales, agua de mar, suelos agresivos, gas cloacal, etc. En ese sentido existen mecanismos como el uso de diversos tipos de cemento y aplicaciones de emulsiones asfálticas en los tubos para superar la observación. En el caso del gas cloacal, las tuberías de concreto reforzado que trabajan por gravedad y tienen pendientes y velocidades adecuadas (máximas) para transportar aguas residuales no requieren protección interna alguna. Sin embargo si las pendientes y velocidades son mínimas, el gas cloacal puede atacar al concreto produciendo gradualmente corrosión. En ese sentido el objetivo de este artículo es presentar los requisitos que deben cumplir los tubos de concreto reforzado y analizar el proceso puntual de la corrosión que se produce al interior de las tuberías ocasionada por el ácido sulfúrico debido a las descargas de las aguas residuales. Y cómo se puede proteger interiormente estas tuberías, durante su fabricación, con planchas plásticas a fin de evitar la corrosión del concreto (no se refiere al acero).

Las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), en la ejecución de sus proyectos de alcantarillado que tiene que ver con la recolección y disposición final de las aguas servidas pueden usar los tubos de concreto ya definidos. Uno de los casos más notables es el Interceptor Norte ejecutado por Sedapal donde la tubería principal es de concreto reforzado protegido interiormente con planchas plásticas (Diámetro = 2200mm) y está pendiente la ejecución de una planta de tratamiento de aguas residuales y su disposición final en el mar a través de un emisor submarino de 5 Km. de longitud (ubicado cerca de la playa Oquendo- Callao). Este gran proyecto una vez concluido contribuirá a la preservación del medio ambiente y a la salud de la población, principalmente a la ubicada en la zona norte de la ciudad de Lima ya que el litoral quedará libre de contaminación por las aguas servidas. Por eso la necesidad de difundir las obras de saneamiento en la comunidad universitaria que pesar de su importancia y uso imprescindible generalmente ignoramos como funciona.

A continuación presentamos consideraciones de diseño, proceso de fabricación, métodos de ensayo, la corrosión y la protección plástica interior de los tubos de concreto reforzado.



Fotografía 1: Etapas de Fabricación, Almacenamiento e Instalación en Obra  
Tubos de Concreto de Grandes Diámetros

## Consideraciones de Diseño

Debemos indicar que las tuberías de PVC o HDPE de acuerdo a las normas técnicas peruanas se fabrican hasta diámetros de  $D=600\text{mm}$ . En consecuencia, cuando la red de alcantarillado requiera tuberías de mayores diámetros los proyectistas y constructores podrán optar por el uso de tubos de concreto reforzado. Desde luego que la solución tendrá que ver con la mejor solución técnica y económica.

El ingeniero proyectista deberá considerar los siguientes términos de referencia, como mínimo.

- **Presión interna.** En este caso debemos definir si la tubería trabajará en la conducción de líquidos por gravedad o a presión. Como generalmente las tuberías que estamos analizando se usan para colectores y emisores de alcantarillado, éstas trabajan por gravedad. En tal caso se diseñará para un tirante determinado de acuerdo a los reglamentos de construcción. Para el diseño a mediana presión se tendrá en cuenta el rango de los valores indicados en la norma técnica. La experiencia en el diseño nos obliga siempre a revisar nuestro proyecto a fin de evitar o disminuir los sobrecostos de la tubería.

- **Diámetro.** Se debe seleccionar el diámetro de acuerdo al caudal que se necesita conducir. En el caso de conducción de líquidos por gravedad es usual utilizar la fórmula de Manning y en el caso de conducción de líquidos a mediana presión la fórmula de Hasen Williams. Se deberá revisar la velocidad de flujo, capacidad de conducción, el diámetro equivalente y la velocidad mínima. Una vez seleccionado el diámetro, se ubica el diámetro comercial inmediatamente superior al requerido por las fórmulas.
- **Carga exterior.** Los tubos de concreto reforzado deben tener la resistencia necesaria para resistir las cargas externas a que estarán sometidos. Tenemos el peso del terreno (carga que tiene que ver con la profundidad de la zanja), el tipo de material, condiciones de apoyo, sobrecargas, tráfico encima, etc. El análisis de estas cargas sobre la tubería nos da la resistencia que debe tener el tubo en kg/metro.

Estas tuberías generalmente se diseñan para atender cualquier demanda de resistencia, caudal y durabilidad. Se pueden instalar en cualquier tipo de suelo o terreno. Los tubos de concreto no se ovalizan bajo carga vertical o radial, por lo tanto no se aplica el concepto de rigidez (caso que sucede con los tubos de PVC ó HDPE) lo que permite mantener y efectuar una instalación correcta. Adicionalmente a la resistencia estructural propia, la capacidad de carga de los tubos de concreto una vez instalados, se incrementa notablemente debido a la presión lateral del relleno de zanja compactado. Podemos decir que su resistencia estructural puede adaptarse a cualquier carga razonable usando algunas variables como modificar el espesor de la pared, la resistencia del concreto, la cantidad de refuerzo de acero y la forma de colocación entre otros. Ver clasificación de tubos.

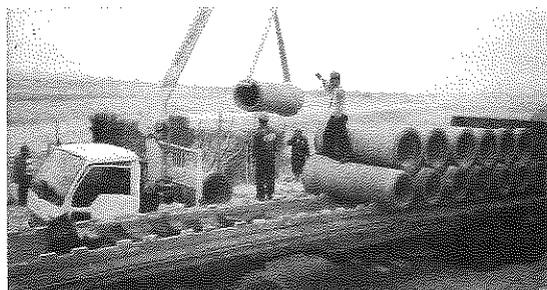
- **Especificación de la tubería.** Con estos tres parámetros de diseño definidos: presión, diámetro y cargas externas, estamos en condiciones de especificar técnicamente y de manera precisa, la tubería seleccionada que cumple con nuestros requerimientos. Para lo cual contamos con normas técnicas que establecen los requisitos que deben cumplir los tubos de concreto reforzado y que para el diseño tiene que ver con la clasificación respectiva. Si la conducción es por gravedad tenemos la opción de usar la norma ASTM C-76-07 o NTP 339.038-2008. Si la conducción es a presión mayor de 0 y menor de 375 kPa debemos utilizar la norma ASTM C-361 o NTP 334.080
- **Clasificación y diseño.** Los tubos de concreto reforzado de grandes diámetros y que trabajan por gravedad se clasifican en cinco clases cuya diferencia está en los requerimientos mínimos de diseño de los tubos y en la carga de ensayo de fisuración que se exige en los ensayos de los filos (resistencia a la rotura), de acuerdo a los valores siguientes:

Clases	Carga de grieta da N/m (kg./m)	Carga de rotura da N/m (kg./m)
I	4 d	6 d
II	5 d	7,5 d
III	7 d	10 d
IV	10 d	15 d
V	15 d	20 d

d es el diámetro nominal interno del tubo en milímetros.

Comercialmente el largo útil de los tubos analizados es de 2.00 y 2.50 mts.

. Los espesores de las paredes, los refuerzos circulares y elípticos y las calidades de concreto para los diferentes diámetros y clases de tuberías deberán cumplir con los requisitos mínimos especificados en las tablas 1,2,3,4 y 5 de la NTP 339.038 -2008 "Tubos de concreto armado para alcantarillado, drenaje de aguas de lluvias y aguas residuales".



Fotografía 2 Tubería de Concreto reforzado para conducción de agua a mediana presión  
 Obra : Línea de Conducción Cabeza de Toro – Cuchilla Vieja - Pisco EMAPISCO  
 Financiación : KfW Kreditanstalt für Wiederaufbau Contratista : COSAPI S.A  
 Supervisión : SANIPLAN – GKW CONSULT Clase tubo : B-300 Año :2001  
 Fabricante Tubos: Blue Water SAC

## Proceso de Fabricación

Los tubos son conductos circulares que se fabrican con concreto, de acuerdo a un proceso adecuado donde se utilizan refuerzos de acero, este refuerzo podrá elaborarse con una o dos armaduras llamadas mallas o canastillas. En todos los casos deberá cumplir con los requisitos de la Norma Técnica Peruana NTP 339.038 – 2008 "Tubos de Concreto Armado para alcantarillado, drenaje de aguas de lluvia y aguas residuales". A continuación una presentación de los materiales y su fabricación.

**Concreto.** El concreto debe estar constituido por Cemento Portland (Tipo 1, Tipo 2 ó 5, Cemento Puzolánico), Agregados y Agua. El Cemento deberá cumplir con la clasificación y requisitos de las NTP 334.009: 2005 "Cemento Portland". En cuanto a los agregados, estos deben satisfacer la NTP 400.037 "Agregados requisitos", la arena será de río o de cantera y estará compuesta de granos limpios, duros, sin adherencias superficiales; la piedra estará formada por unidades duras, limpias, inalterables sin adherencias. La granulometría debe ser la necesaria para producir un concreto durable. El agua empleada en la preparación del concreto y curado de los tubos debe ser limpia y estar libre de aceites, ácidos, álcalis fuertes y sustancias orgánicas. El concreto para la fabricación de los tubos se dosificará por peso y se debe mezclar a máquina. Si las condiciones lo requieren el fabricante podrá usar aditivos autorizados. La práctica nos indica que debemos recurrir a un diseño de mezcla hecho por un laboratorio autorizado a fin de asegurar la resistencia, buena dosificación y elaboración del concreto. El transporte, moldeado y la compactación se hacen por métodos mecánicos de vibro-compresión en máquinas y moldes especiales.

**Acero para refuerzo.** El refuerzo consiste en una armadura de alambre de alta resistencia de acuerdo a lo especificado en la NTP 341.068 "Alambre de acero para concreto armado" o de malla de alambre conforme a lo especificado en la NTP 341.031. El refuerzo deberá ser colocado en los moldes previa limpieza de cualquier elemento que pueda reducir la adherencia con el concreto. Este refuerzo constituido por alambres y varillas deberá ser colocado en los espaciamientos previstos y sujeto firmemente para impedir desplazamiento durante el vaciado del concreto de tal manera que el acero y el concreto endurecido trabajen conjuntamente. La cantidad de acero a usar estará de acuerdo con la clasificación del tubo conforme se indica en NTP 339.038-2008.

**Curado.** Los tubos serán curados en un tiempo suficiente a fin de que el concreto desarrolle la resistencia a la compresión especificada a los 28 días. Los métodos optativos de curado son: a vapor, con agua y membranas. Los métodos de curado serán establecidos y aplicados de acuerdo a las condiciones climatológicas del lugar de fabricación. Los tubos deberán ser almacenados de tal forma que permitan una fácil inspección de los mismos.

**Juntas.** Los extremos de todos los tubos serán acabados de tal forma que cuando se coloquen uno a continuación de otro y unidos, formen una línea continua y uniforme, con una superficie lisa y regular. Las juntas serán diseñadas de tal forma que aseguren una unión efectiva y hermética. En el caso de los tubos de grandes diámetros serán fabricados con extremos de machimbrados o con juntas de espiga-campana para empaquetaduras de jebe que forman la unión flexible. Finalmente, los tubos tendrán un buen acabado, no deberán presentar fracturas, fisura o grietas. Los planos terminales de los tubos serán perpendiculares al eje mismo.

## Métodos de Ensayo

Los tubos de concreto deberán pasar por unas pruebas o ensayos técnicos antes de salir a obra. Para lo cual se establecen reglas para el muestreo, inspección y aceptación o rechazo de los tubos de concreto reforzado (espécimen), conforme lo establece la NTP 339. 039 - 1978 "Muestreo e inspección". Los principales ensayos son: resistencia a la rotura, absorción, presión hidrostática y permeabilidad y se llevan a cabo generalmente en laboratorios de control de calidad y con la presencia, del fabricante, el contratista y la supervisión de obra.

## Definiciones

**Diámetro nominal.**- Es el diámetro interior de los tubos expresado en milímetros.

**Longitud total.**- Es la dimensión del tubo considerando sus extremos.

**Longitud útil.**- Es la longitud efectiva de instalación.

**Sobrecarga.**- Son las fuerzas que inciden sobre los tubos por acción del relleno y/o cargas superficiales

**Partida.**- Son todos los tubos de un diámetro y características determinadas, motivo de una transacción comercial.

**Lote.**- Es una cantidad especificada de tubos, de características similares o que se han fabricado bajo condiciones de producción presumiblemente uniformes que se somete a la inspección como un conjunto unitario

**Muestra.**- Es un grupo de tubos extraídos de un lote, que sirve para obtener información necesaria que permita apreciar una o más características de ese lote, para servir de base a una decisión sobre el mismo o sobre el proceso que la produjo.

**Carga de grieta.**- Es la carga máxima que puede resistir el tubo antes de que se forme una grieta con un ancho de 0.25mm en varios puntos cercanos y en una longitud de 30 cm o más.

**Carga de rotura.**- Es la carga máxima que puede resistir el tubo, a partir de la cual si se incrementa la carga, el manómetro no registra incrementos de presión.

**Presión de servicio.**- Es la máxima presión interna a la que podrá estar sometida una tubería de servicio.

**Presión de prueba.**- (En fábrica) Es la máxima presión interna a la que debe probarse el tubo

**Elección de muestra.-** Las muestras para los ensayos serán elegidas al azar, descartándose aquellas que no reúnan los requisitos mínimos indispensables para cada ensayo. Las muestras se marcarán con el número o marca de identificación del tubo del cual provienen y estarán libres de grietas visibles. Para efectuar el primer ensayo se toma normalmente tres tubos de cada lote de 100 o fracción menor a 100

**Ensayo de resistencia (método de los tres filos).-** Consiste en aumentar gradualmente una carga uniformemente distribuida a lo largo de una generatriz de un tramo de tubo hasta alcanzar una carga de fisura o rotura, según sea el caso. La máquina de ensayo debe asegurar la distribución uniforme de la carga a lo largo de toda la longitud del cuerpo del tubo en prueba. Se usa listones de madera como los apoyos inferiores (dos filos) y el cuartón de repartición (un filo) y que se apegará a lo indicado en la NTP 339.065:2001. El procedimiento se inicia midiendo el diámetro y la longitud de cada muestra. La carga se aplica verticalmente en el centro del cuartón de repartición y se eleva la carga en forma gradual a razón de 2 980 daN/min (kg/min) por m hasta la ruptura de la muestra. La lectura de las cargas se hará en manómetros graduados y calibrados. La carga de grieta y rotura por metro lineal se calculará dividiendo la respectiva carga registrada en daN (kg) por la longitud útil del tubo, en metros. Se debe informar las cargas de grieta y rotura de cada una de las muestras. Asimismo, clase y diámetro del tubo, fecha de fabricación, fecha del ensayo.

**Ensayo de presión hidrostática.-** Consiste en someter a una presión hidráulica interna determinada, un tubo de concreto de ensayo. Para lo cual debemos contar con un manómetro con capacidad de hasta 15 daN/cm<sup>2</sup> (kg/cm<sup>2</sup>) con subdivisión de 0.5 daN/cm<sup>2</sup> (kg/cm<sup>2</sup>) y una bomba capaz de dar la presión requerida. De acuerdo con la NTP 339.041:2001 "Método de ensayo de presión hidrostática", el procedimiento consiste en sellar los extremos del tubo con el fin de impedir escapes de agua al aplicar la presión de prueba. Se debe asegurar la purga de aire a medida que se llena el tubo. Una vez que el tubo está totalmente lleno de agua se mide la presión en el manómetro. La presión se aumenta gradualmente hasta 0.7 daN/cm<sup>2</sup> (kg/cm<sup>2</sup>) durante 10 minutos (10 libras por pulgada cuadrada) que es la presión de prueba para tuberías que trabajarán por gravedad (sin presión interna). En el informe se indicará clase y diámetro del tubo, fecha de fabricación, fecha del ensayo, número de muestras ensayadas y resultado del ensayo de cada muestra.

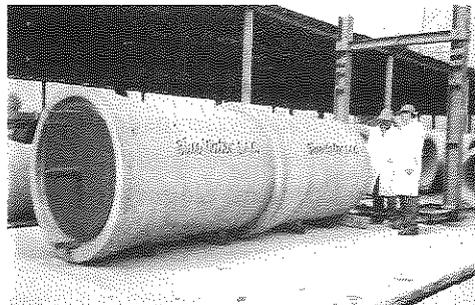


Fig. 3. Tubo de Concreto. Fuente: Elaboración propia.

**Ensayo de absorción.-** Consiste en sumergir totalmente en agua un espécimen de ensayo, durante un tiempo determinado. Los especímenes deben ser tomados de los fragmentos de las tuberías que han pasado satisfactoriamente el ensayo de los tres filos. Cada espécimen debe tener una superficie de 100cm<sup>2</sup> a 150 cm<sup>2</sup> en forma cuadrada y debe estar libre de grietas o rajaduras. Para llevar a cabo este ensayo necesitamos un horno de tamaño adecuado que pueda mantener una temperatura constante de 110 °C, una balanza sensible al 0.05% del peso del espécimen y un recipiente de tamaño suficiente para contener al espécimen cubierto por agua. El procedimiento para el resultado de la absorción de agua en porcentaje está indicado en la NTP 339.042.2001. Para la expresión de resultados, la absorción se da en porcentaje referido a su peso seco, se calcula con la fórmula siguiente:

$$A = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

En donde:

- A = Es la absorción de agua en porcentaje
- Ph = Es la masa del espécimen húmedo en gramos
- Ps = Es la masa del espécimen seco en gramos.

Se deben informar los resultados individuales de cada espécimen.

**Ensayo de permeabilidad.-** Este ensayo se practica en tubos secos antes de la aplicación de cualquier protección adicional que se pueda especificar. El procedimiento es bastante sencillo: colocamos el tubo en forma vertical con la espiga hacia abajo sobre una capa de caucho suave, se asegura a fin de evitar fugas. Luego se llena de agua hasta el nivel que corresponde a la base de la campana. Después de 15 minutos de empezado el ensayo, se realizará una primera inspección. Si los tubos presentan en este momento manchas de humedad solamente, el ensayo continuará por un tiempo que no exceda de 24 horas. Si no hay variaciones considerables como fugas o chorreos se dará la conformidad. Ver NTP 339.067:2004 Método de ensayo de permeabilidad.

## La Corrosión

El hombre a través de la historia ha tenido que enfrentarse a la corrosión que ataca a los metales. A fin de proteger sus herramientas, maquinarias, estructuras, etc. ha usado diversos productos con resultados diferentes. Podemos decir que la corrosión es el ataque químico que sufren los metales por diversas sustancias, principalmente el oxígeno del aire (oxidación), ácidos fuertes, etc. Este proceso hace que los metales se vayan desgastando (corroyendo).

Pero, la corrosión que analizamos en este trabajo es la que afecta al concreto y actúa o reacciona en el interior de las tuberías de concreto reforzado de grandes diámetros. Generalmente, esta corrosión es un proceso puntual, focalizado en algunos tramos de los sistemas de alcantarillado: donde por falta de una buena pendiente o baja velocidad de flujo

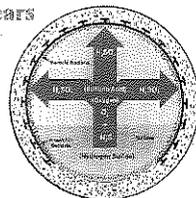
(que pueden ser producidas por asentamientos, falta de mantenimiento, etc.) se produce concentración séptica de los sólidos. Decimos que la corrosión es puntual, porque existen miles de kilómetros de tuberías de concreto para alcantarillado instaladas que funcionan normalmente desde hace 40, 50 o más años. Sin embargo, en los grandes proyectos de alcantarillado, los diámetros también son grandes y las pendientes y velocidades de flujo pueden tener limitaciones. En todo caso, de lo que se trata es de proteger adecuadamente el interior de las tuberías para que cumpla con sus periodos de diseño. A continuación se hace una descripción de la corrosión y finalmente como debemos hacer la protección interior de los tubos.

### Proceso

Una tubería que transporta aguas residuales no se llena completamente y tenemos una superficie interior de concreto en contacto con el aire arriba del líquido y es en este medio donde se puede producir bajo ciertas circunstancias ideales (humedad, temperatura, velocidad de flujo y concentración de consorcios bacteriales) un proceso conocido como corrosión microbiológica inducida del concreto. Las aguas residuales generan y emanan olores desagradables y tóxicos. Los olores están asociados a una condición anaerobia o séptica que tiene que ver con la limitada transferencia de oxígeno a las aguas residuales. Es decir, en el estado anaerobio, los organismos presentes no tienen oxígeno disuelto disponible para su metabolismo, en consecuencia los microbios sulfatorreductores utilizan el ion de sulfato ( $SO_4$ ) que es abundante en la mayoría de las aguas residuales como fuente de oxígeno para su metabolismo. El subproducto de esta actividad es el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), el mismo que tiene una solubilidad baja en las aguas residuales y un fuerte olor a huevos podridos. Aparte del olor, este sulfuro bajo ciertas circunstancias inicia el proceso de corrosión al interior de la tubería, es decir, cuando las bacterias oxidan el sulfuro de hidrógeno y se produce el ácido sulfúrico.

El ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) a través de la acción de bacterias oxidantes de azufre, entra en contacto con las paredes de concreto y empieza a corroerlo produciendo la reducción del espesor de la tubería. El proceso hace que el concreto atacado con el paso de los años se ablande, se macere, por acción de las bacterias oxidantes de azufre. Esta situación puede ser peligrosa y en consecuencia ocasionar adelgazamiento en las paredes de la tubería.

Major sanitation district predicts that  
30-year-old T-Lock installation may  
last another 100 years



## Protección interior de planchas plásticas

Para proteger el interior de las tuberías de concreto de la corrosión se usan planchas o láminas de policloruro de vinilo (PVC) o polietileno de alta densidad (HDPE) que son resistentes y especialmente diseñadas para unirse mecánicamente a la pared interior del tubo de concreto durante su fabricación.

El PVC y el HDPE son materiales no conductores y por lo tanto inmunes al tipo de corrosión (química o electroquímica) que pueda afectar a un sistema de tuberías enterradas.

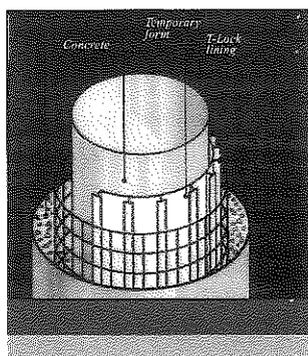
Este sistema de protección que proporciona una barrera a la corrosión ha mostrado resultados comprobados de más de 50 años de uso. Específicamente en la ciudad de Los Angeles –USA., donde se usó por primera vez por indicaciones técnicas de sus autoridades municipales ( Los Angeles County Sanitation District, su equivalente en Lima sería Sedapal). La fabricación de los tubos de concreto protegidos interiormente con este sistema fue ejecutado y reconocido por la empresa Ameron Internacional.

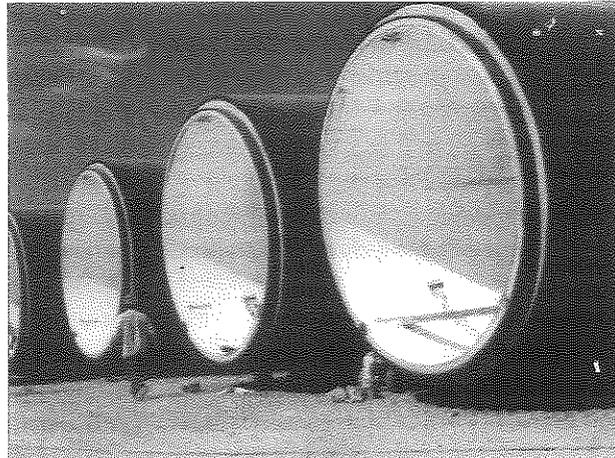
Esta buena combinación formada por el concreto que aporta la resistencia y durabilidad, y la plancha plástica que lo protege de la corrosión, se viene usando en forma eficaz en diferentes países soportando décadas de servicio en la conducción de aguas residuales.

Como se ha indicado, en el Perú en algunos proyectos de Alcantarillado Sanitario se han utilizado los tubos de concreto reforzado con protección interior de planchas plásticas.

La fabricación de este producto ha estado a cargo de empresas peruanas del sector tuberías de concreto. Solamente se importaron las planchas plásticas, las misma que fueron colocadas y adheridas al concreto de acuerdo a las indicaciones técnicas.

Al respecto, Sedapal considera como alternativa básica el uso de tuberías de concreto reforzado con protección interior de planchas plásticas para su sistema de alcantarillado de diámetros grandes.





Fotografía 4 Tubos de Concreto de 3.66mts de Diámetro para la línea de alcantarillas del Conducto Océánico de Descarga de South Bay en San Diego California USA  
Un revestimiento interno de PVC T-lock protege la Tubería

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las grandes obras de saneamiento que tienen que ver con la ampliación y mejoramiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado de las ciudades tienen un alto impacto social y económico para el país. En el caso de Lima el abastecimiento de agua potable en condiciones normales estaría asegurado (mediano plazo) debido a la ejecución de obras estratégicas (trasvases, plantas de tratamiento etc.) Sin embargo en cuanto al Alcantarillado todavía un gran porcentaje de las aguas residuales se vierten al mar sin ningún tratamiento (se aprovecha la pendiente natural este- oeste), de esta manera hacemos de nuestro litoral en un gran basural.

Este trabajo respaldado por la experiencia teórica y práctica en obras de saneamiento trata de presentar las tuberías de concreto de grandes diámetros como alternativa vigente en los sistemas de Alcantarillado.

Los ingenieros, cuando diseñamos, siempre buscamos la mejor solución de mínimo costo, en ese sentido es importante tener en cuenta las características técnicas de este producto que utiliza insumos y mano de obra 100% nacionales y su mejor comportamiento antisísmico frente a las tuberías livianas. No olvidemos que estamos en una zona sísmica y conforme lo ha demostrado la experiencia, para el caso de los últimos sismos fuertes en nuestro país, los sistemas de agua potable y alcantarillado en un buen porcentaje colapsan. Al respecto, es poca la información técnica que se dispone sobre estas evaluaciones y el seguimiento de las soluciones

En cuanto a la corrosión, esta ocurre en determinados puntos por factores externos como pendiente mínimas que dificultan el flujo. Para asegurar la durabilidad del concreto es necesario el recubrimiento especial de los tubos con planchas plásticas que brindan una barrera de protección contra la corrosión. De esta manera tenemos un producto totalmente seguro y confiable para transportar las aguas residuales.

## REFERENCIAS

EDDY METCALF, *Ingeniería de Aguas Residuales. Redes de Alcantarillado y Bombeo.*  
Editorial McGraw-Hill, 1 Edición 1995

FRANCISCO GÓMEZ DE LA TORRE. *Tuberías de Concreto..la elección correcta.*  
*El Ingeniero de Lima . Revista del Consejo Departamental de Lima Año III N°15 1997*  
*XI Congreso Nacional de Ingeniería Civil – Ciudad de Trujillo.*

REVISTA BLUE WATER SAC *Tubos de concreto normalizado 2002*  
Asociación Peruana de Tubos de Concreto  
American Concrete Pipe Association USA [www.concrete-pipe.org](http://www.concrete-pipe.org)

Ameron Protective Linings [www.amerontlock.com/tlock.htm](http://www.amerontlock.com/tlock.htm)