

# Tecnología PENETRON para la Durabilidad de la Infraestructura Hidráulica

DURABILIDAD en revestimientos finales de túneles de conducción de agua residual o potable a través de los **Sistemas PENETRON**

## INTRODUCCIÓN

Los túneles de conducción de agua son grandes obras de infraestructura con vida de servicio mínima estimada de 50 años. Este tipo de proyectos da solución a la captación y conducción de agua potable, gris y negra, mejorando la calidad de vida a los centros urbanos y comunidades circundantes.

Tanto los túneles de conducción de aguas residuales, como los sistemas de almacenamiento y tratamiento, se enfrentan a embates continuos de deterioro relacionados con el ataque químico de sustancias deletéreas que pueden dañar al concreto y al acero. Estos efectos se propagan rápidamente por la presencia de grietas, defectos ocasionados en la colocación del concreto, oquedades, juntas no tratadas, alta permeabilidad y porosidad del concreto, y en general por toda zona que facilite el ingreso de sustancias a la matriz cementante. El deterioro de las estructuras no está acotado exclusivamente a la matriz cementante. El impacto puede generar severas condiciones de corrosión en el acero, conllevando al servicio deficiente de la estructura y a la vulnerabilidad de su integridad estructural.

Los Sistemas de Protección Integral por Impermeabilización de **PENETRON**, proporcionan durabilidad a las estructuras de concreto, a través de la reducción de la permeabilidad y el control de filtraciones. Cada caso es analizado particularmente, como corresponde a una práctica profesional

adecuada en materia de protección y reparación.



Al identificar las causas específicas o probables de los deterioros, es posible proponer el tratamiento y materiales adecuados que brinden o restablezcan la Durabilidad integral a la estructura de concreto existente. La vasta experiencia de los especialistas en estructuras de concreto de **PENETRON**, está a su disposición para generar las recomendaciones de especificación, con nuestra línea de productos, para prevenir deterioros severos en la vida de servicio de estructuras nuevas o recién construidas; o bien, para proponer la metodología óptima para el caso de estructuras en mantenimiento y reparación.

## LAS OBRAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA

El revestimiento final o secundario de los túneles para conducción de agua tiene como función principal la protección del revestimiento estructural o primario, conformado en muchas ocasiones por dovelas. El revestimiento final queda en contacto directo con el agua que conduce, por lo que está sujeto a altos requerimientos de servicio durante su vida útil, tales como:

**PENETRON IC México S.A. de C.V.**

CTO. Circunvalación PTE 33-B / 201

Cd. Satélite, Naucalpan de Juárez

Edo. Mex. C.P. 53100

Tel. + 52 (55) 5390-6166

# Tecnología PENETRON para la Durabilidad de la Infraestructura Hidráulica

DURABILIDAD en revestimientos finales de túneles de conducción de agua residual o potable a través de los **Sistemas PENETRON**

- Humedad constante, considerando zonas de inmersión y estados gaseosos de agua y de diversas sustancias de desecho orgánicas e inorgánicas;
- Ataque químico;
- Abrasión por arrastre de materiales y por el flujo del agua;
- Agrietamiento;
- Filtraciones no controladas del terreno;
- Acciones mecánicas generalizadas por asentamientos o desplazamientos calculados de la totalidad de la estructura; entre otras.

De aquí la importancia del revestimiento final como estructura de protección, pues juega un papel fundamental en la Durabilidad integral de todo el túnel.



Actualmente, las especificaciones generales de los proyectos de infraestructura hidráulica toman en cuenta algunas consideraciones de diseño de concreto, tales como:

- Limitar la relación agua/material cementante (a/mc) a valores máximos de 0.45;
- Solicitar resistencias a la compresión a los 28 días ( $f'_c$ ) de al menos 400 kg/cm<sup>2</sup> y resistencias a un día de al menos 150 kg/cm<sup>2</sup>;
- Uso de cemento resistente a los sulfatos que cumplan con NMX C 414 Tipo RS;
- Uso de agregados sanos, limpios, densos y no reactivos con los álcalis del cemento, que cumplan con NMX C 111;
- Uso de agua para la elaboración de mezclas de concreto que cumpla con NMX C 122;
- Uso de sistemas de aditivos reductores de agua de alto rango que cumplan con NMX C 255 Tipo F para obtener un revenimiento de  $18 \pm 3$  cm medido a pie de obra;
- Uso de macrofibras metálicas o sintéticas para controlar el agrietamiento del concreto; entre las principales consideraciones.

Sin embargo, estos parámetros no proporcionan baja permeabilidad en la matriz cementante; ya que los componentes antes mencionados no brindan el mejoramiento físicoquímico substancial de la

**PENETRON IC México S.A. de C.V.**

CTO. Circunvalación PTE 33-B / 201

Cd. Satélite, Naucalpan de Juárez

Edo. Mex. C.P. 53100

Tel. + 52 (55) 5390-6166

# Tecnología PENETRON para la Durabilidad de la Infraestructura Hidráulica

DURABILIDAD en revestimientos finales de túneles de conducción de agua residual o potable a través de los **Sistemas PENETRON**

microestructura, es decir, no promueven la disminución efectiva y medida de la permeabilidad de la masa de concreto, ni de la reducción de su agrietamiento micro y por efectos de contracción plástica y por secado en condiciones de servicio.

**PENETRON ADMIX** es un aditivo químico Tipo PRAH\* de acuerdo con *ACI 212*, que dosificado al **0.8%** con respecto al material cementante, proporciona baja permeabilidad a toda la masa del concreto y capacidad de autosellar grietas de hasta 0.4 mm de abertura (no estructurales) durante su vida de servicio. Esta solución es adecuada para estructuras por construirse.



*Capacidad de auto-sellado de una mezcla de concreto que tiene PENETRON ADMIX*

Consulte al representante local de **PENETRON** para brindarle el servicio técnico que requiera con relación al diseño de mezcla y especificación técnica.

\* Permeability Reducing Admixture for structures subjected to Hydrostatic Pressure (Aditivo Reductor de

En estructuras ya construidas o en operación, la presencia de agrietamiento, de discontinuidades, juntas frías y oquedades por colocación del concreto, constituye una puerta abierta para el ingreso de sustancias al interior de la matriz del concreto, lo que puede resultar en una alta vulnerabilidad de su integridad y consecuente disminución de su vida de servicio.



*Capacidad de auto-sellado en una estructura de concreto tratada con PENETRON ADMIX*

**PENETRON** ofrece sistemas de productos completos para los casos en que la estructura ya se encuentra en operación, y se requiere prevenir o reparar efectos no deseables de grietas con filtraciones, fugas activas, transmisión de agua generalizada y otras complicaciones comunes de calidad deficiente y de permeabilidad del concreto. A

Permeabilidad para estructuras sujetas a presión hidrostática).

**PENETRON IC México S.A. de C.V.**  
CTO. Circunvalación PTE 33-B / 201  
Cd. Satélite, Naucalpan de Juárez  
Edo. Mex. C.P. 53100  
Tel. + 52 (55) 5390-6166

# Tecnología PENETRON para la Durabilidad de la Infraestructura Hidráulica

DURABILIDAD en revestimientos finales de túneles de conducción de agua residual o potable a través de los **Sistemas PENETRON**

continuación se describe de forma global el sistema de productos eficaces para solucionar dichas condiciones:

## **Obturación de grietas que presentan fugas activas**

Solucionado mediante el método de inyección directa de **PENETRON INJECTION FOAM**, la cual es una espuma de poliuretano flexible inyectable que cuenta con las siguientes especificaciones:

- Viscosidad de la resina: 100 a 400 cP;
- Acción rápida con el agua: Formación de espuma en 5 segundos y terminación de la reacción en 20 segundos;
- Expansión volumétrica de al menos 15 a 20 veces sin confinación;
- Tiempo de vida de 5 a 9 horas; y
- Excelente adherencia a superficies húmedas.

## **Obturación de grietas de abertura igual o mayor a 0.4 mm sin filtración**

Las estructuras hidráulicas deben ser estancas, por lo cual todo defecto o agrietamiento debe ser reparado para evitar graves problemas de filtraciones en su vida de servicio. Las grietas no estructurales o susceptibles a movimiento, se obturan exitosamente mediante inyección directa o indirecta de **PENETRON INJECTION RESIN**, el cual es un sello de poliuretano flexible libre de solvente que brinda impermeabilidad permanente, sus especificaciones incluyen:

- Aplicación en condiciones secas y húmedas;
- Viscosidad de la resina: 100 a 300 cP;
- Dureza Shore A: 60 (ASTM D 2240);
- Tiempo de vida de 30 a 60 minutos; y
- Cura totalmente en 7 días.

## **Tratamiento de oquedades mayores y de orificios de montaje de dovelas y cimbra**

Las oquedades mayores se resuelven a través del método de caja para llegar a concreto sano, preparación de superficie con poro abierto, limpieza por hidrolavado, puente de adherencia y subsecuente relleno con **PENECRETE MORTAR**. En el caso de los orificios de montaje de dovelas y cimbra, basta con realizar el relleno sobre superficie preparada y limpia con **PENECRETE MORTAR**.

**PENECRETE MORTAR** es un mortero predosificado de baja permeabilidad y de baja contracción compatible diseñado con la tecnología de impermeabilización por cristalización cementicia de **PENETRON**. Es decir, los productos químicos activos de **PENECRETE MORTAR** reaccionan con la humedad y con los subproductos de la hidratación del cemento, generando una reacción catalítica para formar una estructura de cristales resistentes e insolubles. Dicha estructura de cristales crece en presencia de agua, bloqueando la capilaridad del concreto y grietas de contracción menores, logrando así la impermeabilidad.

**PENETRON IC México S.A. de C.V.**

CTO. Circunvalación PTE 33-B / 201

Cd. Satélite, Naucalpan de Juárez

Edo. Mex. C.P. 53100

Tel. + 52 (55) 5390-6166

# Tecnología PENETRON para la Durabilidad de la Infraestructura Hidráulica

DURABILIDAD en revestimientos finales de túneles de conducción de agua residual o potable a través de los **Sistemas PENETRON**

Las especificaciones fundamentales del **PENECRETE MORTAR** son:

- Resistencia a la compresión a 1 día: 11 MPa;
- Resistencia a la compresión a 28 días: 48 MPa;
- Resistencia a la tensión a 1 día: 2.2 MPa;
- Resistencia a la compresión a 28 días: 6.2 MPa;
- Cumple con CE 1085-CPD-0040 EN 1504-3.



**Protección integral de baja permeabilidad que promueve el autosellado de grietas a través del tiempo**

Dado que las estructuras hidráulicas, tales como los túneles de conducción de agua, están sometidas a humedad constante, se considera de alta importancia aplicar la protección de superficie **PENETRON** a la estructura de forma integral con el fin de obtener:

- Reducción de la permeabilidad del concreto a través de compuestos químicos estables y resistentes;
- Capacidad de resistir la presión del agua;
- Autosellado de grietas no estructurales durante la vida de servicio de la estructura, en presencia de humedad.

**PENETRON** es un tratamiento químico cementicio de aplicación superficial, conocido también como sistema de cristalización cementicia. Su exclusiva formulación permite integrarse químicamente con el sustrato de concreto sobre el cual se aplica, dando lugar a compuestos resistentes y estables que reducen la permeabilidad del concreto y que lo hacen resistente a la presión hidrostática. Las especificaciones fundamentales de **PENETRON** son:

- Proporciona resistencia química al concreto para sustancias con pH de 3 a 11 en contacto constante y con pH de 2 a 12 en contacto intermitente;
- Promueve una acción físicoquímica durante la vida de servicio de la estructura, ya que obtura paulatinamente agrietamientos no estructurales (menores a 0.4 mm) en presencia de humedad;
- Cumple con las certificaciones internacionales NSF 61 para uso en estructuras que contienen agua potable y CE 001aCPR2013-07-10 (EN 1504-3);

**PENETRON IC México S.A. de C.V.**

CTO. Circunvalación PTE 33-B / 201

Cd. Satélite, Naucalpan de Juárez

Edo. Mex. C.P. 53100

Tel. + 52 (55) 5390-6166

# Tecnología PENETRON para la Durabilidad de la Infraestructura Hidráulica

DURABILIDAD en revestimientos finales de túneles de conducción de agua residual o potable a través de los **Sistemas PENETRON**



Es muy fácil de aplicar, por método de aspersión o cepillo. Puede aplicarse tanto en lado positivo como en lado negativo;

Su desempeño está medido a través de ensayos internacionales de permeabilidad al agua bajo presión, con resultados que corroboran su eficacia. Los reportes de desempeño incluyen:

Evaluación al microscopio electrónico de barrido que demuestra la capacidad de penetración del tratamiento, así como la saturación de compuestos químicos debidos a **PENETRON**;

La comprobación de la reducción significativa de la permeabilidad o nula presencia de humedad bajo la norma DIN 1048: Parte 5 (Ensayo de concreto para la determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión), para una presión de más de

200 m de columna de agua en periodos de exposición de 72 horas continuas;

Reducción del ingreso de iones cloruro bajo las condiciones del ensayo AASHTO T 259-02 (Resistencia a la penetración de iones cloruro), con respecto a concretos de alto desempeño sin PENETRON.

## **BENEFICIOS DEL SISTEMA DE PROTECCIÓN INTEGRAL PENETRON**

El tratamiento físico-químico integral que ofrece el Sistema de Impermeabilización PENETRON, permite a los revestimientos finales de los túneles de conducción de agua y a las estructuras hidráulicas, obtener los siguientes beneficios:

1. Reducir la permeabilidad en las estructuras y por consiguiente disminuir el ingreso de sustancias;
2. Restituir la estanqueidad de la estructura de concreto;
3. Proporcionar la capacidad de autosellado de grietas no estructurales;
4. Brindar resistencia química al concreto ante sustancias no consideradas en el proyecto original;
5. Mejorar la Durabilidad del concreto en la vida de servicio de la estructura.

Para más información sobre la selección y aplicación de los Sistemas de productos PENETRON, favor de contactar al representante local de la marca.

**PENETRON IC México S.A. de C.V.**

CTO. Circunvalación PTE 33-B / 201

Cd. Satélite, Naucalpan de Juárez

Edo. Mex. C.P. 53100

Tel. + 52 (55) 5390-6166