

**Impermeabilización de Fosos de Elevador con Tecnología de Cristalización**

**Resumen:** Fosos de elevador — el cubo de concreto que se encuentra en la parte inferior del hueco debajo de las cabinas de los elevadores — constituye un sistema estructural sencillo, pero que puede ser altamente susceptible a filtraciones de agua, las cuales pueden llegar a afectar directamente la integridad estructural y mecánica del sistema del elevador. El estudio que se presenta a continuación evalúa diversos métodos de impermeabilización de fosos de elevador en base a su confiabilidad, accesibilidad y durabilidad a largo plazo. Se hace particular énfasis en la impermeabilización por cristalización y su aplicación como una solución a largo plazo para muchos problemas de filtración de agua en construcción nueva, así como a técnicas de reparación correctiva para fosos de elevador existentes.

**Por Jim Caruth**

Gerente de Servicio Técnico  
Xypex Chemical Corporation

Elevadores existen con diferentes formas, tamaños y tipos, desde un simple elevador hidráulico de tres pisos, pasando por un elevador estándar de cable, y hasta los sistemas avanzados de hoy con cuerdas de fibra de carbón. Los dueños de los edificios y sus ocupantes cuentan con la eficiencia y confiabilidad del elevador — hasta que éste se descompone. Mientras la interrupción del servicio pudiera ser de origen mecánico, en algunos casos, el ingreso de agua o inundación del foso del elevador es la causa, obligando a cancelar su uso hasta la resolución del problema. A continuación se examinarán las ventajas de la tecnología por cristalización comparándolas con otros métodos para impermeabilizar fosos de elevador, tanto en construcción nueva como para la reparación y el mantenimiento de estructuras existentes.



Filtración de agua en un foso de elevador.

**En el interior del elevador**

Que se trate de la construcción de un edificio bajo o muy alto, la movilidad vertical es un componente crítico de las estructuras de hoy en día. Los elevadores han

evolucionado considerablemente desde que fueron inventados en 236 a.C. por Arquímedes. En 1832, Burton y Horton introdujeron el ascensor y, por supuesto, Elisha Otis instaló el primer elevador comercial seguro en Nueva York en 1874.

Hoy en día, el Edificio Taipei 101 se enorgullece de sus elevadores que pueden viajar a casi 60 km por hora, y ahora los propietarios de la Torre Jeddah de 1,000 metros de altura están instalando elevadores de doble cabina que ascenderán hasta 660 metros. A nivel mundial, se ha estimado que se realizan diariamente 7 mil millones de recorridos de elevador en edificios altos. Aún con los adelantos continuos en tecnología, todos los sistemas modernos de elevadores siguen teniendo el viejo elemento familiar—el foso del elevador, un cubo de concreto que se encuentra en el punto más bajo de esa estructura. Por definición, el foso del elevador es aquella parte que se extiende desde el nivel del umbral de la puerta de acceso más baja hasta el piso del fondo del foso. El foso mismo consiste en una losa de base con cuatro paredes que han sido construidas de concreto o bloque de concreto. En algunos casos, puede ser necesaria la construcción de un depósito y, si la estructura es para un elevador de pistón hidráulico, será entonces necesaria una salida de agua en el centro de la losa de base. Dependiendo del tamaño del edificio, la construcción puede requerir tan sólo un foso o fosos múltiples alrededor de un núcleo central. Sin importar la forma, básicamente se trata de un sistema estructural sencillo en el cual no debe haber filtración de agua bajo ninguna circunstancia.

Ya que los fosos de elevador están contruidos con concreto, el cual es intrínsecamente un material poroso y permeable, hay que tomar medidas para proteger la estructura contra la entrada de agua y, cuando sea necesario, contra la acción agresiva de químicos disueltos como iones de cloruro y sulfatos que penetran el concreto a través de sus poros (tractos capilares) y grietas. La interacción entre estos químicos y el concreto puede deteriorar rápidamente la estructura.

### Técnicas de Impermeabilización

Generalmente, los fosos de elevador han sido impermeabilizados aplicando un sistema de membrana o recubrimiento que actúa como barrera en la superficie del concreto para prevenir el paso del agua. Dependiendo de las condiciones del sitio y las restricciones de construcción, las técnicas incluyen impermeabilización en el lado positivo, negativo o ciego. La impermeabilización en el lado positivo por debajo del nivel del suelo en fosos de elevador se lleva a cabo aplicando una membrana o un material bentonítico a la superficie positiva o exterior del foso durante la construcción. La aplicación requiere libre acceso a la superficie exterior y espacio suficiente para que los aplicadores puedan trabajar eficientemente, sobre todo cuando se llega a detalles finos tales como juntas superpuestas, barras de terminación y esquinas, todos ellos siendo puntos potenciales de falla. La impermeabilización en el lado negativo es típicamente considerada como una aplicación correctiva para estructuras existentes con signos de filtración, y donde es imposible tener acceso a la superficie exterior para su reparación. Con la aparición de la impermeabilización por cristalización, la aplicación en el lado negativo se ha generalizado en construcciones nuevas como una alternativa efectiva y económica al uso de membranas.

La impermeabilización en el lado ciego representa un problema de factibilidad de construcción cuando se compara con un sistema de material específico. Cuando las restricciones del sitio limitan el acceso para excavar un área suficiente alrededor del foso del elevador, el sistema de impermeabilización debe ser aplicado correctamente apuntalado o firmemente sujeto al suelo con clavos. Las paredes de concreto se cuelan entonces en contra del sistema de impermeabilización seleccionado. Debido a que el sistema de impermeabilización está escondido, es vital que todas las juntas, empalmes y esquinas se detallen perfectamente, ya que una vez colado, no hay ninguna forma de rectificar problema alguno sino a través de un proceso de reparación costoso desde el lado interior del foso.

Existe otro método de impermeabilización de fosos de elevador: se trata de la impermeabilización integral por cristalización que ha sido usada con éxito por muchos años. Hay dos formas de llevarla a cabo: usando la tecnología de impermeabilización por cristalización como un aditivo que se agrega al concreto en la planta mezcladora, o se puede usar como un recubrimiento tanto del lado positivo como del negativo de donde recibirá presión de agua.

### Ventaja de la Cristalización

La tecnología integral por cristalización se presenta en forma de un compuesto de polvo que consiste en cemento Portland, arena de sílice finamente tamizada y químicos

exclusivos. Estos últimos reaccionan con los residuales del proceso de hidratación del cemento y se combinan directamente en la matriz del concreto para producir una formación insoluble de cristalización que sella los tractos capilares y las grietas finas por contracción que haya en el concreto.

Fórmulas específicas existen para la aplicación de esta tecnología, ya sea como un material de recubrimiento, aditivo para el concreto o espolvoreado en superficies horizontales (dry shake). Cuando se hidrata una partícula de cemento, la reacción entre el agua y el cemento provoca que se vuelva una masa sólida y dura, igual que una roca. Dicha reacción también genera residuales químicos que quedan inertes en el concreto. La tecnología por cristalización añade otro grupo de químicos a la mezcla. Cuando los residuales de la hidratación del cemento y los químicos de cristalización se encuentran juntos en presencia de humedad, ocurre una reacción química que produce una nueva estructura insoluble en los capilares, microgrietas y agrietamientos por contracción que se encuentran en el sustrato del concreto. Gracias a la reacción de cristalización, la porosidad del concreto se reduce considerablemente al igual que la posibilidad de penetración al sustrato de agua o químicos disueltos en ella. Las formaciones de cristalización se pueden observar a través de imágenes de un microscopio electrónico (SEM por sus siglas en inglés) que muestran cómo la misma formación rellena y sella los tractos capilares y las grietas en el concreto, lo cual reduce la dispersión de sustancias agresivas en el mismo, extendiendo así la vida de la estructura significativamente.

### ***Xypex forma su cristalización al interior mismo de poros y capilaridades del concreto.***



Concreto Sin Tratar      Inicio de Cristalización      Cristalización Avanzada

*Proceso de Cristalización*

### Verificación Científica

Además de la evidencia visual de la formación de cristalización dentro del concreto proporcionada por las imágenes SEM, pruebas independientes tanto de permeabilidad como de resistencia química, demuestran la capacidad de la tecnología por cristalización para impermeabilizar y proteger estructuras de concreto.

La efectividad de la impermeabilización ha sido verificada en múltiples pruebas de permeabilidad hidrostática, usando tanto los procedimientos de prueba CRD C 48-92 y DIN 1048 (EN 12390-8). En el caso del método CRD C 48, y usando muestras de concreto de 2 pulgadas

de grosor, se ha demostrado que la tecnología integral por cristalización puede resistir presiones de agua equivalentes a más de 122 metros de columna de agua. En la prueba DIN 1048, usando una presión de columna de agua equivalente a 71 metros y midiendo la profundidad de penetración del agua luego de 72 horas de haberse aplicado la presión, la tecnología por cristalización redujo dicha profundidad hasta un 90%.

En cuanto a la resistencia química, la tecnología por cristalización es única ya que es específica al nivel de pH en vez de ser específica en composición química cuando se trata de proteger al concreto contra materiales agresivos. Eso significa que puede proveer una resistencia química donde materiales que entran en contacto con el concreto tengan un pH de 3.0 – 11.0 en contacto constante y 2.0 – 12.0 en contacto intermitente. Pruebas específicas tanto para la resistencia al sulfato como para ataque de cloruro han mostrado un mejoramiento notable en el desempeño, comparado con un concreto de control mejorando la durabilidad del concreto en condiciones adversas de suelo o de aguas subterráneas. Además de impermeabilizar, la tecnología integral por cristalización tiene también la capacidad de ayudar al concreto para auto-sellar grietas finas estáticas de hasta 0.4 mm de ancho. En casos donde las grietas son más anchas y hay filtraciones activas, un sistema de reparación correctivo puede ser utilizado desde el lado negativo para sellar la estructura.

Un concreto dosificado con una mezcla aditiva de impermeabilización por cristalización no tan sólo tiene propiedades similares de impermeabilización y resistencia química que el recubrimiento por cristalización, sino también puede lograr una mayor resistencia a la compresión que una mezcla de concreto sin aditivo de cristalización. Las pruebas han mostrado que la resistencia a la compresión se puede aumentar entre 5% y 10% a los 28 días.

### Verificación de Campo

Con más de 45 años de experiencia en impermeabilización, la tecnología por cristalización ha mostrado de manera más importante su efectividad en campo que con pruebas de laboratorio para la protección de estructuras de concreto como plantas de tratamiento de agua potable y residual, infraestructura de alcantarillado y drenaje, túneles, cimentaciones profundas, fosos de elevadores, depósitos de agua y muchas otras estructuras. Esta tecnología es un método comprobado, aceptado y efectivo para impermeabilizar estructuras de concreto, y asimismo aplica en el caso de fosos de elevador. Cuando se usa como recubrimiento, es menos costoso que otros sistemas, no sufre deterioro físico y resiste presiones hidrostáticas extremas. A diferencia de una membrana, no

requiere que la superficie sea alisada o nivelada antes de la aplicación del recubrimiento. No hay traslapes ni juntas, no se requiere detallar esquinas ni ángulos, ni tampoco requiere protección durante la instalación. El uso de este sistema comparte no solamente todas las ventajas arriba mencionadas, sino que conlleva beneficios adicionales como costos de instalación más bajos y programación más rápida de la impermeabilización de los fosos de elevadores.

### Cómo se usa

En términos de diseño, el uso del sistema de impermeabilización por cristalización no requiere de ningún cambio estructural y no implica más que la sustitución del material impermeabilizante por otro. La base del foso del elevador se cuela como una losa estructural, con las paredes encima de la misma. Las juntas de construcción se detallan ya sea con un sellador de PVC, o algún otro como bentonita o material de hule hidrófilo.

La única decisión está entre usar el recubrimiento de impermeabilización por cristalización o el aditivo. Eso dependerá de las condiciones de la obra o de la necesidad de aplicar en un lado positivo o negativo.

Dado que la impermeabilización por cristalización puede ser introducida como un aditivo en el concreto en la planta de mezclado, es un acercamiento muy limpio y eficiente a la impermeabilización. El proceso asegura una total dispersión de los agentes químicos en el concreto sin alterar su apariencia.

La dosificación puede variar, dependiendo del diseño de la mezcla de concreto, pero por lo general está en un rango del 2% - 3% por peso de material cementante (p.ej. cemento Portland, cemento de escoria). Una vez que los químicos de impermeabilización están mezclados en el concreto en la planta, todas las demás operaciones como bombeo, colocación o colado y terminado son las mismas que con un concreto regular. La tecnología de impermeabilización por cristalización no requiere esfuerzo, experiencia o trabajo extra por parte del contratista.

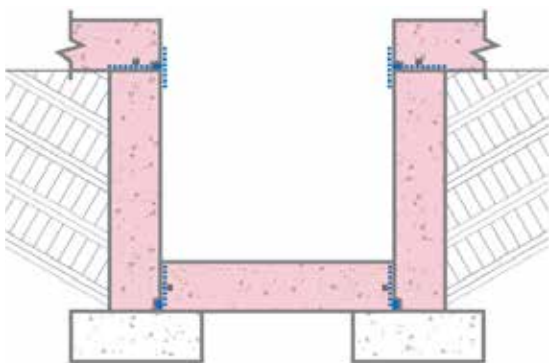
Cuando se requiere la aplicación de un recubrimiento de impermeabilización por cristalización, el procedimiento es relativamente sencillo. El concreto se prepara usando agua a alta presión, la cual limpia y abre la porosidad del concreto. Cuando el concreto esté en una condición de superficie saturada de humedad (SSD por sus siglas en inglés), el recubrimiento por cristalización se aplica con brocha o con equipo de aspersión. Una vez en la superficie del concreto, los químicos activos se dispersan en el substrato donde reaccionan con los residuales de hidratación del cemento en los tractos capilares y forman una estructura insoluble de cristalización, bloqueando de

esa manera el paso de agua. Después de la aplicación, el recubrimiento se humedece 2 o 3 veces al día durante dos días para curarlo, o se usa un agente de curado especializado.

#### Construcción Nueva

En el caso de construcción nueva, la decisión de usar el sistema como aditivo integral de impermeabilización por cristalización o como recubrimiento es bastante sencilla.

Ambos materiales pueden ser evaluados en una base "costo por metro cuadrado". De manera general, el costo del sistema como aditivo es más económico en estructuras de 46cm (18") de grosor o menos. Si a corte transversal el grosor pasa de esta medida, el sistema aplicado como recubrimiento resultará entonces más barato, tomando en cuenta tanto la preparación de la superficie, como la aplicación y el curado.



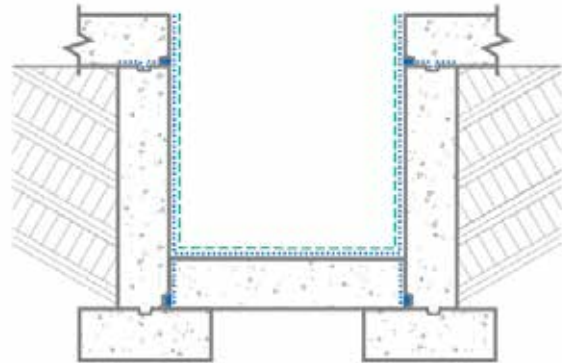
*Xypex Admix incluido en la mezcla de concreto*

En el caso de construcción nueva, el aditivo para impermeabilización integral por cristalización es agregado en polvo al concreto en la planta de premezclado, debiendo mezclarse cuando menos durante 5 minutos antes de salir a la obra. El aditivo se dosifica al 2% por peso del cemento Portland en una base por metro cúbico. Un diseño de mezcla que incluya cemento con escoria o con ceniza volante Tipo C afectará también la dosificación. Si el diseño de mezcla usa ceniza volante Tipo F, no se incluye más que el factor del cemento Portland.

El aditivo está disponible en bolsas hidrosolubles de 10, 12 o 15 libras (4.5, 5.4 o 6.8 kg), lo cual es conveniente para el usuario de premezclado al momento de agregar la cantidad correcta de material.

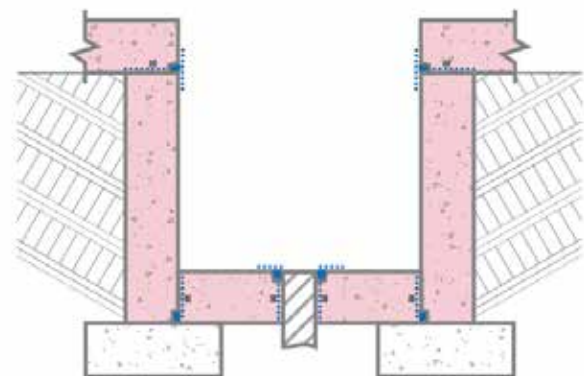
Como alternativa al uso del aditivo por cristalización, el diseño podría especificar que se aplique el recubrimiento por cristalización en las paredes y superficies de piso del foso de concreto del elevador después de haber retirado

la cimbra.



*Aplicación del recubrimiento de impermeabilización por cristalización en el lado negativo*

En el caso de construcción nueva, el detalle más importante después de la selección entre el sistema como aditivo o recubrimiento, es el tratamiento de líneas de junta, ya que son las áreas más vulnerables a filtraciones de agua. Dependiendo del manto freático y la presión hidrostática existen pocas opciones diferentes que pueden tomarse en cuenta, pero hay que tener en mente que una pequeña inversión al usar sistemas redundantes en la línea de junta siempre resultará positiva a largo plazo.

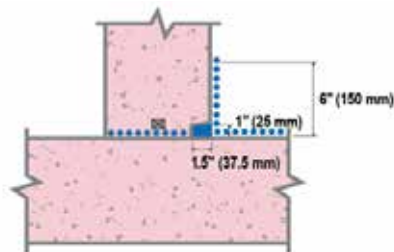


*Detalle para la construcción de un foso de elevador hidráulico*

#### Sellado de Juntas de Construcción

La mejor forma de asegurar juntas impermeables es tener dos niveles de protección. El sistema primario podría consistir en un sello de tipo PVC o un sello expansivo (bentonita o hule hidrófilo) y además un sistema secundario que consista en una franja selladora de material de cristalización reactivo así como una capa del mismo material. Esta franja selladora de cristalización se forma con la ayuda de una regleta de madera que se

fija a las cimbras y crea una ranura lineal en el concreto una vez colado. La ranura queda alineada con la junta en la pared o losa y deberá tener una pulgada (25 mm) de alto por 1.5 pulgadas (37 mm) de profundidad como se muestra a continuación.



*Detalles de Junta*

El procedimiento completo incluye la instalación del producto de sellado escogido y la aplicación de un recubrimiento del material impermeabilizante por cristalización a la losa estructural o de piso, de 24 a 48 horas antes del colado de la pared. Después de haberse vertido el concreto y retirado la regleta, la ranura se rellena con el material de impermeabilización por cristalización en forma de empaque seco (dry-pack).

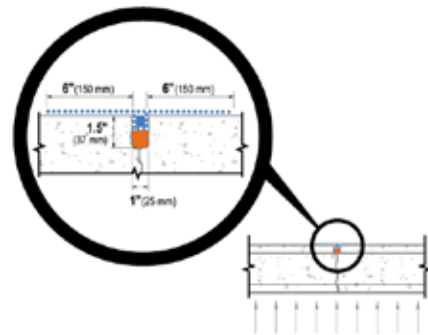
Esto se logra mezclando el polvo de cristalización con agua en una proporción de 6 partes de polvo por 1 parte de agua por volumen, y comprimiendo este material fuertemente ya sea con un equipo mecánico, o con un bloque de madera y martillo, hasta rellenar totalmente la ranura. Se aplica una capa del recubrimiento de cristalización como lechada encima de esta ranura y siguiendo 6 pulgadas (2.54 cm) sobre la pared y 6 pulgadas (2.54 cm) sobre la losa.

#### Impermeabilización de Fosos para Elevador Existentes

Fosos de elevador que tienen filtraciones activas a través de juntas constructivas o grietas en el concreto pueden ser impermeabilizados y reparados desde el interior (lado negativo) usando un sistema único de reparación con tecnología por cristalización o en combinación con inyecciones de materiales reactivos al agua, ya que son materiales compatibles.

Cuando se usan estos materiales, el procedimiento de impermeabilización de fosos de elevador con filtraciones implica cortar una ranura a lo largo de las líneas de junta o de cualquier grieta y formar una cavidad cerca de cualquier punto de ingreso de agua, pudiendo tratarse de un agujero de sujeción o defecto en el concreto.

Dependiendo del volumen del flujo de agua a través de la grieta o de la junta de construcción, la reparación se puede hacer usando los métodos descritos en los siguientes esquemas.



*Detalles para sellado de grieta o junta*

En primer lugar, el flujo de agua debe ser detenido usando un cemento hidráulico de fraguado rápido, como Xypex Patch'n Plug, y a continuación se puede usar Xypex Concentrado en forma de empaque seco (dry-pack) para rellenar el resto de la cavidad.

Una vez detenido el ingreso de agua a través de los agrietamientos, juntas o defectos en el concreto, las superficies deberán ser tratadas con una aplicación de dos capas de impermeabilizante por cristalización (Xypex Concentrado). Esto detendrá la filtración de agua a través de los poros del concreto, los capilares y las microgrietas que son demasiado pequeños para cortar o abrir con cincel. Se encontrará una descripción completa de este método de reparación en: <http://xypex.com/technical/statements>

#### Conclusión

La impermeabilización de fosos de elevador, aunque sea un sistema estructural sencillo, representa un gran desafío por su ubicación, condiciones de suelo, métodos de construcción y otros criterios.

El uso de un impermeabilizante integral por cristalización agregado al concreto en planta o aplicado sobre la superficie del concreto endurecido es una técnica efectiva de impermeabilización para construcción nueva, así como para la reparación y mantenimiento de estructuras existentes.

**Caso de Estudio: Willis Building, Londres***Willis Building, Londres, Inglaterra*

El edificio Willis en Londres tiene 26 pisos. Xypex Admix fue usado para impermeabilizar la losa del sótano (más de 1,900 m<sup>3</sup>) contra presión hidrostática. También se usó Admix en los fosos de los 21 elevadores de la estructura, los cuales están diseñados para viajar a 24 km por hora. El concreto usado en la losa del piso (incluyendo la losa de los fosos de los elevadores) fue tratado con Admix C-1000 NF. Una capa de Xypex Concentrado fue aplicada como lechada a las superficies de las juntas, mientras que Xypex Concentrado en forma de empaque seco (dry-pack) fue usado en todos los detalles de juntas de piso.

**Caso de Estudio: Pismo Beach, California***Imágenes del foso de elevador antes y después de la aplicación del impermeabilizante por cristalización*

El foso del elevador y el depósito tenían originalmente 30 centímetros (12") de agua que se filtraban constantemente. Las reparaciones usando Xypex Patch'n Plug y Xypex Concentrado fueron ejecutadas con éxito desde el interior.

**Caso de Estudio: Transbay Transit Center***Vista transversal del Transbay Transit Center*

El Transbay Transit Center es un nuevo centro de tráfico, el cual, cuando esté totalmente desarrollado, será la piedra angular de un totalmente nuevo proyecto de desarrollo urbano. La primera fase de su construcción incluye un nuevo centro de tráfico multimodal de cinco pisos. Los productos Xypex fueron usados en todos los fosos de elevador, escaleras mecánicas y bóvedas de servicio.

**Caso de Estudio: Centro de Visitantes del Capitolio***Centro de Visitantes del Capitolio, Washington, DC, USA*

Los productos Xypex Concentrado y Xypex Modificado fueron aplicados en fosos de elevador de concreto colados en el Centro de Visitantes del Capitolio en Washington, DC, así como en las paredes de las cimentaciones.



Jim Caruth es graduado en Ingeniería Civil de la Universidad de Waterloo en Ontario, Canadá. Es miembro de la Asociación de Ingenieros Profesionales de la Columbia Británica y tiene 25 años de experiencia en las industrias de la construcción y concretos. Jim también tiene experiencia en ventas técnicas en las áreas de restauración y protección de concreto.

Jim también ha participado en varios comités de ACI (American Concrete Institute), es miembro de la Junta del ACI en Columbia Británica y ha sido miembro votante del Comité CSA A-3000 "Compendio de Materiales Cementosos".

Jim ha trabajado y presidido en diversos comités para la Asociación de Concreto de Columbia Británica, donde recibió el Premio de Liderazgo y Contribución en 1998 y el Premio de Contribución Excepcional a la Industria del Concreto en 2003.

---

**Contacto:****Les Faure**

*Director de Publicidad y Promoción*

Xypex Chemical Corporation  
13731 Mayfield Place, Richmond, BC V6V 2G9  
Tel: 604-273-5265 | Fax: 604-270-0451  
les.faure@xypex.com

**Visite nuestra página web**

[www.xypex.com](http://www.xypex.com)

**Síguenos:**

[www.facebook.com/xypex/](http://www.facebook.com/xypex/)  
[www.linkedin.com/company/xypex-chemical-corporation](http://www.linkedin.com/company/xypex-chemical-corporation)  
[www.twitter.com/xypexglobal](http://www.twitter.com/xypexglobal)  
[www.youtube.com/user/xypexchemicalcorp](http://www.youtube.com/user/xypexchemicalcorp)