



RC 2018 xvii Reunión
del **CONCRETO**

El evento del Cemento, el Concreto y los Prefabricados



TECNOLOGÍAS DE INYECCIÓN DE ANCLAJES PARA SOPORTE EN ROCAS

*Andres H. Uribe Gómez
BASF Química S.A.
Colombia*

Definición de Inyección

- » *“La introducción de un material a presión dentro de un terreno (macizo rocoso o suelo), con el objetivo de sellar filtraciones o consolidar, mejorando de esta forma las condiciones geomecánicas de este”*

Definición de Anclaje

» *“Es un conjunto de elementos destinados a fijar una cuña o estrato de roca firmemente al terreno circundante estable, en una excavación subterránea”*

Componentes de un Sistema de Anclaje

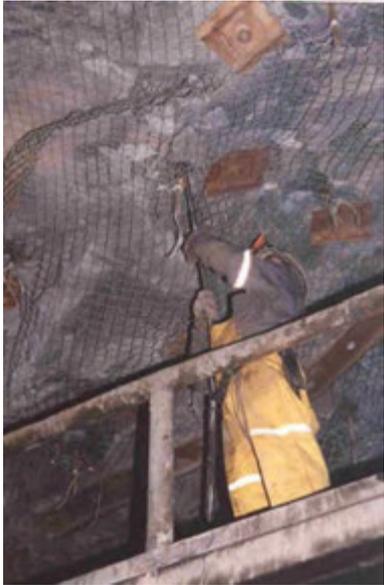
- » *Un elemento metálico usualmente de acero en forma de barra o compuesto de fibra de vidrio, cable o alambre*
- » *Material de lleno o aglutinante, usualmente lechadas o resinas (Grouting)*
- » *Tubos, mangueras y otros elementos para inyectar*
- » *Sistemas de distribución de carga en la superficie libre, tales como platinas, tuercas y arandelas*



Tipos de Anclaje

- » **Anclaje Activo:** aquel que es pre-tensionado poco tiempo después de su instalación a un porcentaje entre el 50% y 90% de la carga de trabajo considerada en el diseño, permitiendo que el anclaje aporte gran resistencia rápidamente
- » **Anclaje Pasivo:** aquel que no se tensiona luego de su instalación, permitiendo movimientos en el material circundante inestable hasta lograr el tensionamiento previsto durante el diseño
- » **Anclaje Mixto:** que se pre-tensiona a un bajo porcentaje, permitiendo deformaciones hasta lograr el tensionamiento de diseño

Los Pernos y Cables de Anclaje - Generalidades



- » Usados ampliamente como mecanismo para el soporte de terreno con aplicaciones en Minería y Túneles Civiles (Viales, Ferroviarios y de Centrales Hidroeléctricas)
- » Este soporte del terreno se considera un soporte activo
- » Se utilizan una gran variedad de tipos de llenos aglutinantes para la fijación
- » El diseño del soporte en túneles mineros y civiles se diferencian principalmente por la velocidad de extracción del material, la naturaleza geotécnica del terreno y la geometría (Sección Transversal)

Principios Básicos de un Anclaje

Para que está diseñado un sistema de anclaje?

*Los pernos en roca se usan como mecanismo de soporte principal para estructuras tales como túneles y minas en donde la **seguridad** es crítica*

Tipos de Soporte:

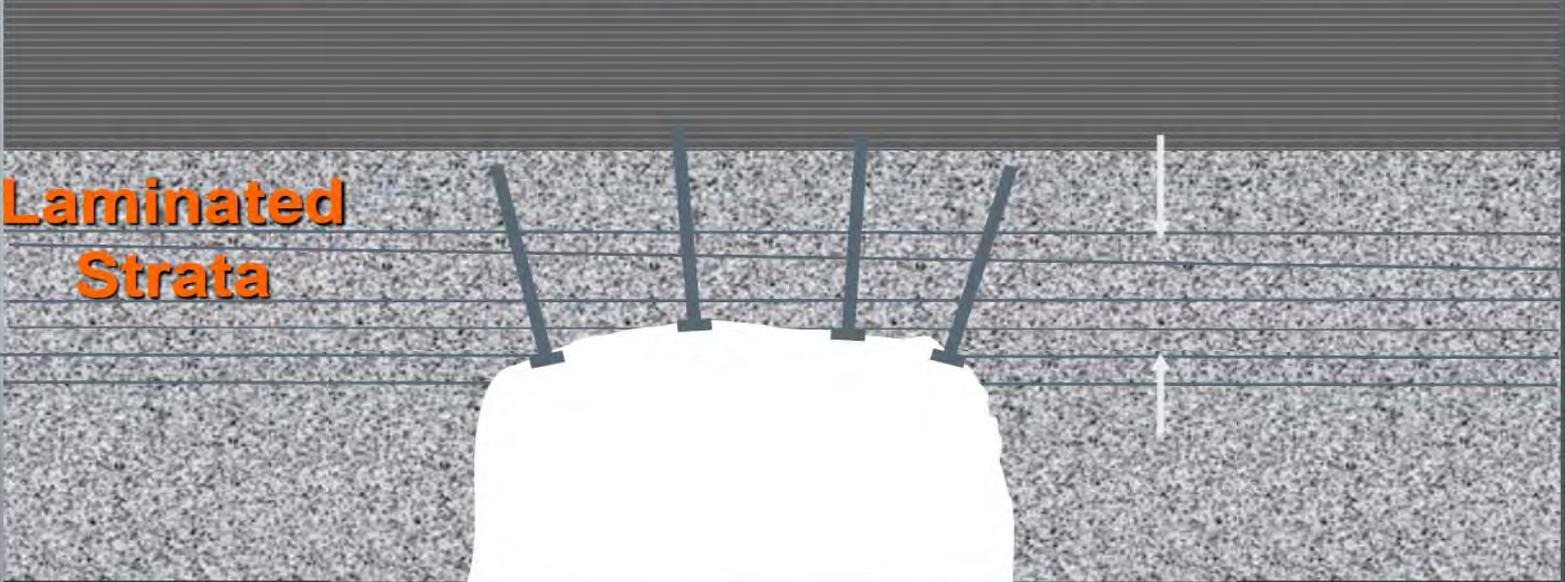
- » *Tipo Viga (Beam Building)*
- » *Suspensión*
- » *Keying*
- » *Control de superficie*

Tipos de Soporte

Beam Building

Support Principles

**Laminated
Strata**



**Individual laminations bound
together to form a single beam**

Tipos de Soporte (2)

Suspension

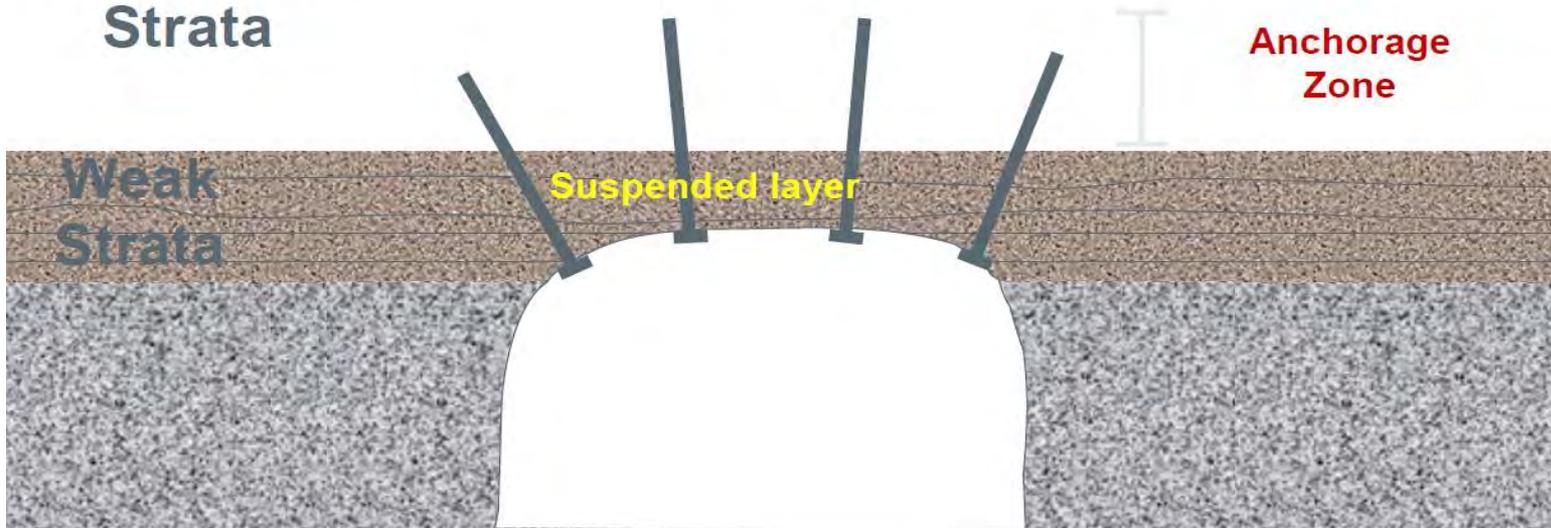
Support Principles

Competent
Strata

Anchorage
Zone

Weak
Strata

Suspended layer



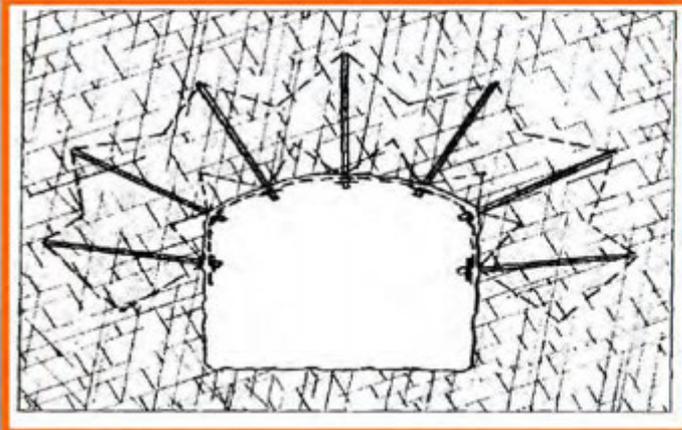
Tipos de Soporte (3)



Tipos de Soporte (4)

Surface Control

Support Principles



Highly jointed, altered or weathered rock



Tipos de Pernos y Cables

- » Pernos de fricción – Split Sets
- » Pernos de acero para roca maciza
- » Cables de acero, simples, múltiples, planos, con bulbo, etc
- » Pernos de fibra de vidrio
- » Pernos huecos redondos, de acero o fibra de vidrio
- » Pernos de roca mecánicos



Tipos de Material de Lleno o Aglutinante (Grouting)

- » *Lechadas convencionales inyectadas*
- » *Grouts cementicios inyectados*
- » *Cartuchos de resina*
- » *Cartuchos cementicios*
- » *Grouts de resina inyectadas*

Tipos de Material de Lleno o Aglutinante (Grouting)

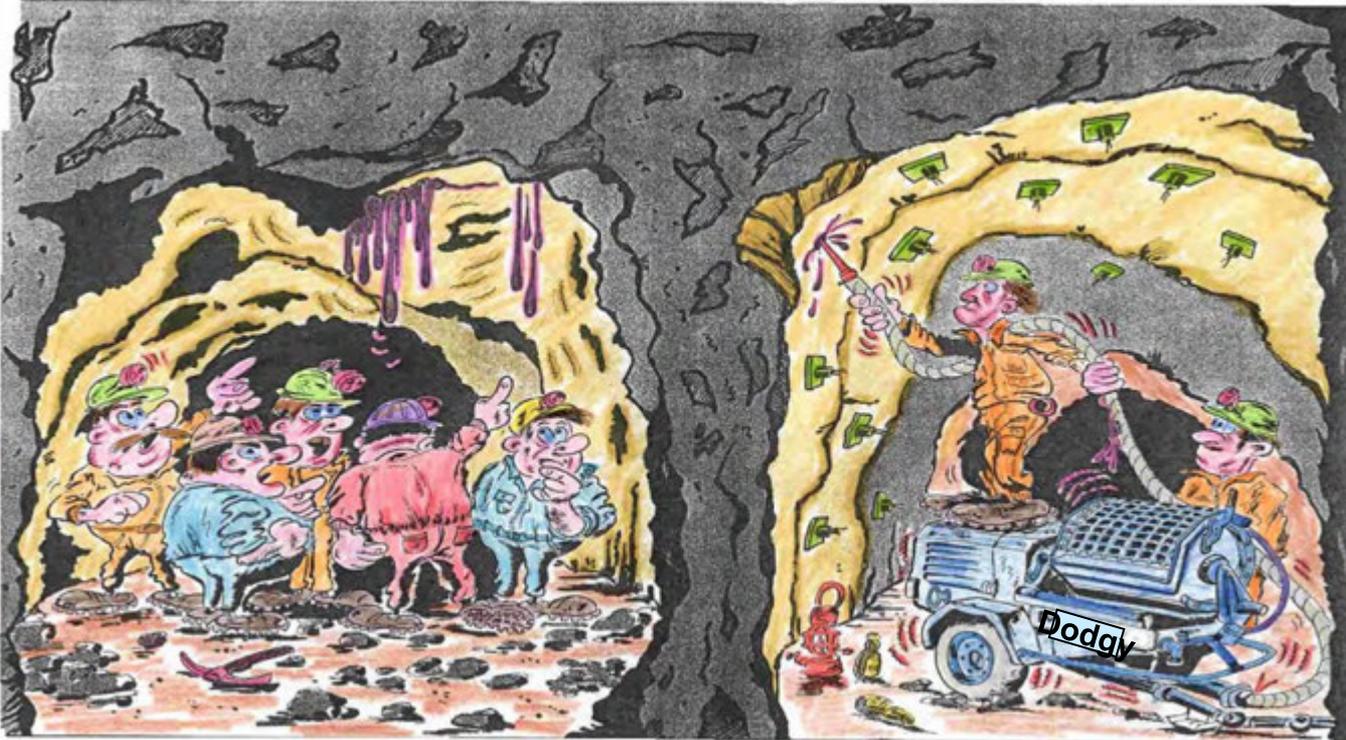
- » *Lechadas convencionales inyectadas*
- » *Grouts cementicios inyectados*
- » *Cartuchos de resina*
- » *Cartuchos cementicios*
- » *Grouts de resina inyectadas*

Lechadas Convencionales Inyectadas (Thin Mix)

- » *Relaciones W/C variables*
- » *Generalmente con alta fluidez*
- » *Incertidumbre en el volumen inyectado*
- » *Encapsulamiento total?*
- » *Migración de la lechada hacia zonas indeseadas (innecesarias)*



Lechadas en Túneles: El Pasado

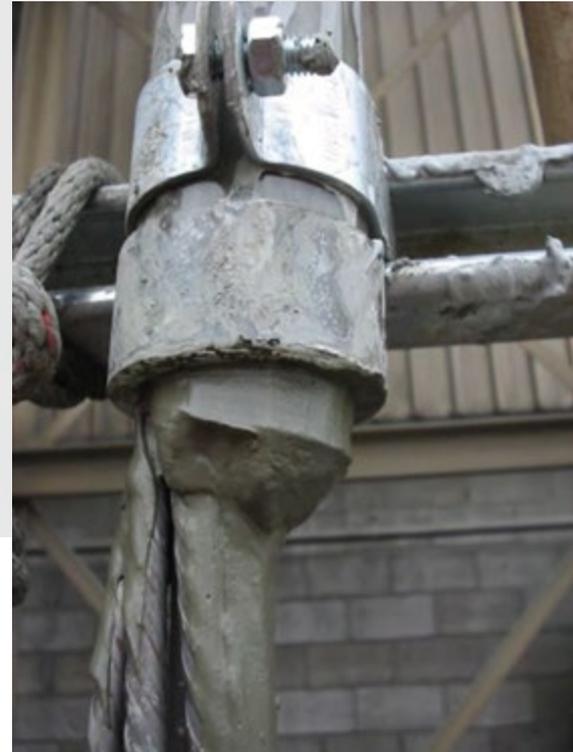


Tipos de Material de Lleno o Aglutinante (Grouting)

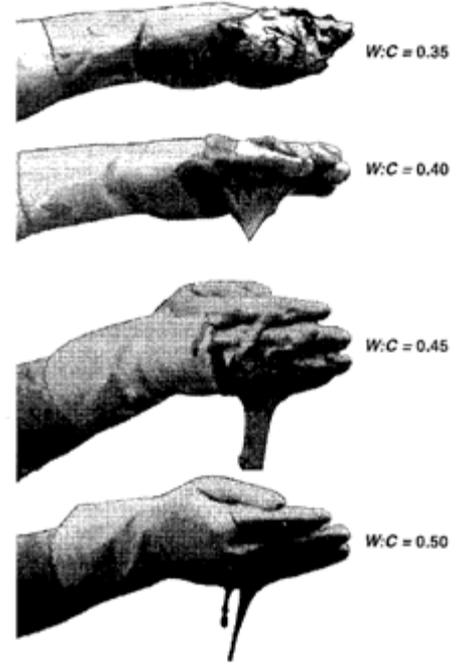
- » *Lechadas convencionales inyectadas*
- » **Grouts cementicios inyectados**
- » *Cartuchos de resina*
- » *Cartuchos cementicios*
- » *Grouts de resina inyectadas*

Grouts Cementicios Inyectados (Thick Mix)

- » *Control de Contracción: ligeramente expansivos*
- » *Fáciles de colocar aún con relaciones W/C bajas (0,30 – 0,35) – Consistencia de “Pasta de dientes”*
- » *Solución tixotrópica*
- » *Mejores resistencias: 24 h – 72 h para tensión temprana*
- » *Encapsulamiento Total*
- » *Soluciones Pre-empacadas*
- » *Equipo adecuado es requerido*



Grouts Cementicios Inyectados (Thick Mix)



Instalación de Pernos con Grouts Cementicios Inyectados



Ventajas del Método de *Thick Mix*

- » *Eficiencia y Rapidez: Reducidos tiempos de instalación*
- » *La calidad del lleno y su resistencia se incrementan vs las lechadas convencionales*
- » *Adecuado para uso con pernos y cables*
- » *Reducción de desperdicios y fugas*
- » *Reducción de consumibles como tubos, collares, mangueras, obturadores, etc*
- » *La mezcla se controla afuera de la perforación*
- » *Mejoramiento de condiciones de seguridad*



Desventajas del Método de Thick Mix

- » *Tiempos de curado mas extensos, por lo tanto se extiende el tiempo de reingreso*
- » *Podrían presentarse problemas de resistencia y fraguado final en estratos con gran cantidad de agua*
- » *Equipo especializado requerido*



GP 2000A Grout Pump

Tipos de Material de Lleno o Aglutinante (Grouting)

- » *Lechadas convencionales inyectadas*
- » *Grouts cementicios inyectados*
- » **Cartuchos de resina**
- » **Cartuchos cementicios**
- » *Grouts de resina inyectadas*

Cartuchos de Resina y Cementicios

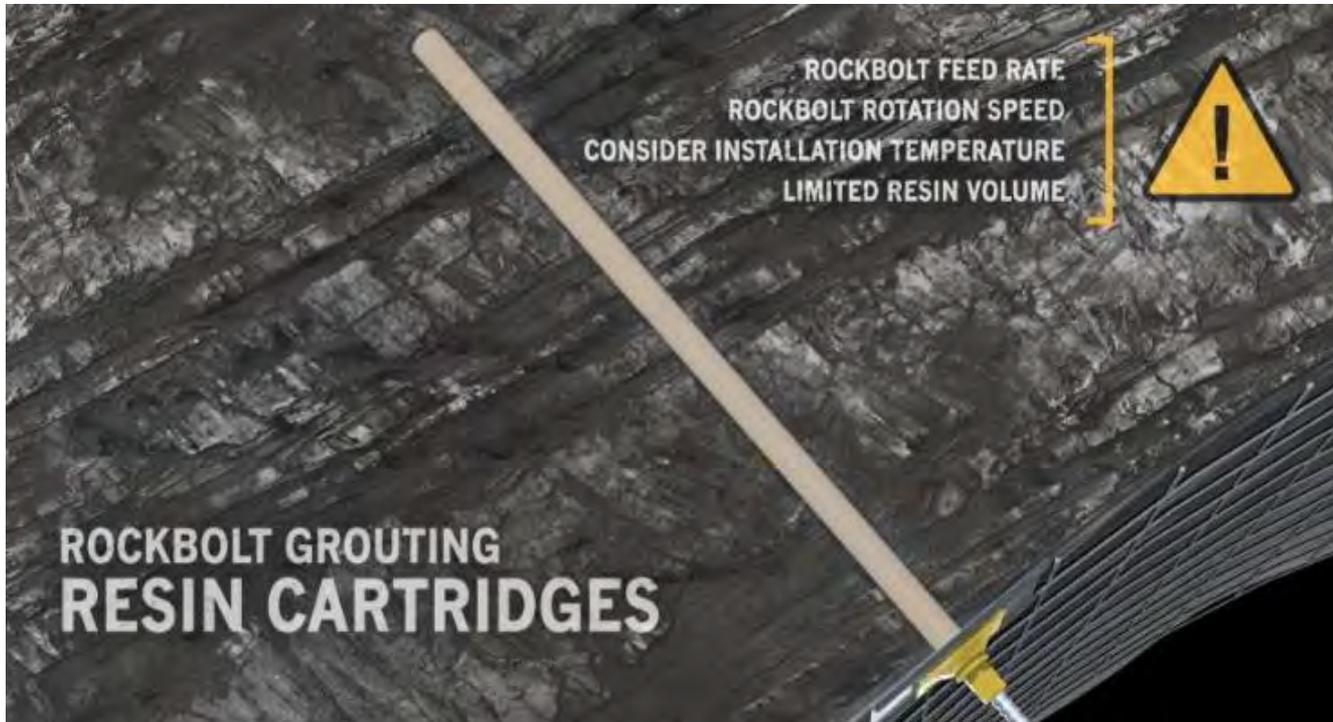
- » De uso generalizado (Resinas)
- » Cementicios son menos comunes
- » Disponible en varios diámetros, longitudes y velocidades de reacción
- » Encapsulamiento total?
- » Posibilidad de realizar pre-tensionamiento a los pocos minutos



Instalación de Pernos con Cartuchos de Resina



Instalación de Pernos con Cartuchos de Resina



Cartuchos de Resina (Velocidad de entrada del Perno)



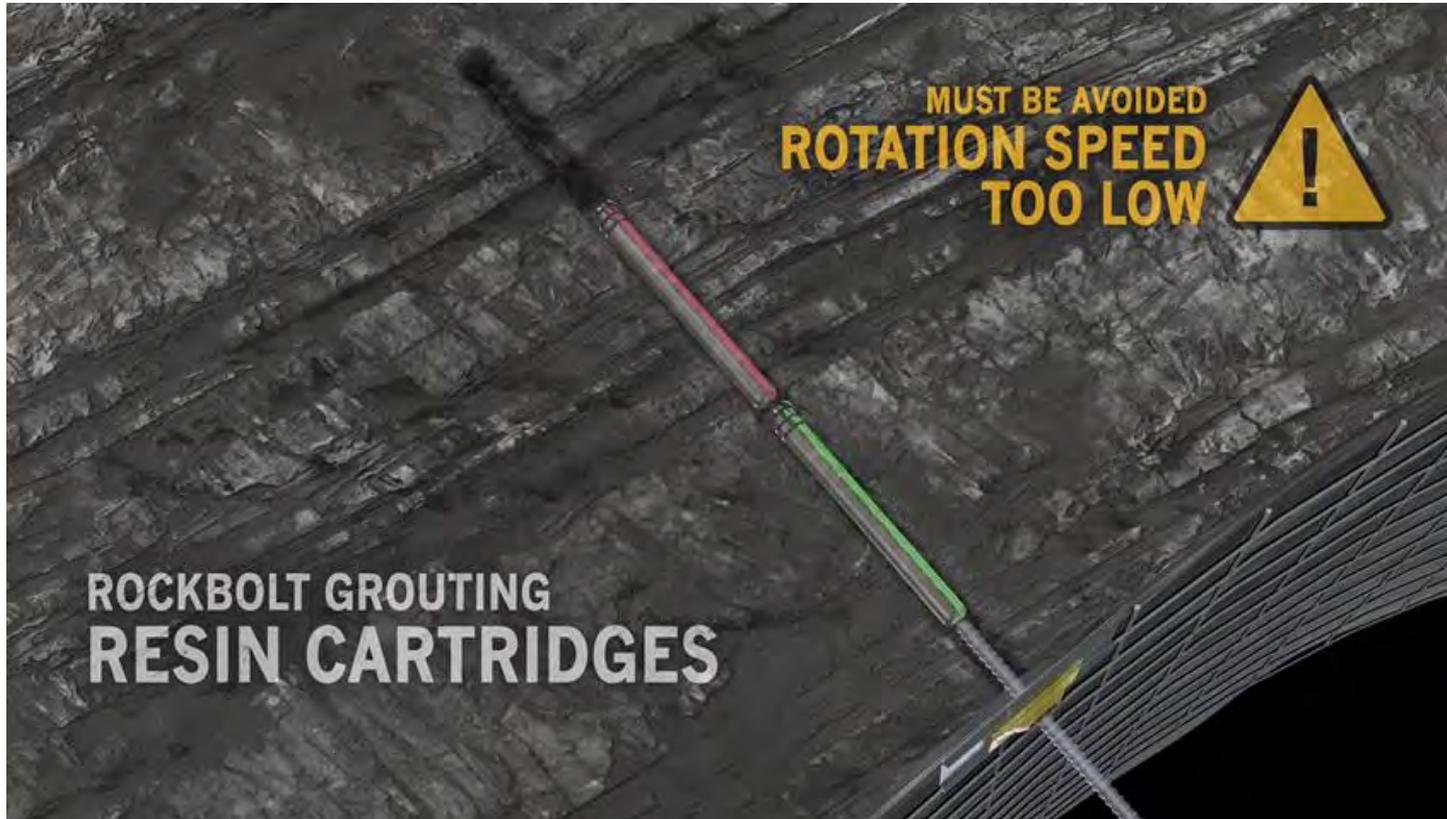
Cartuchos de Resina (Velocidad de entrada del Perno)



Cartuchos de Resina (Tiempo de Mezcla)



Cartuchos de Resina (Poca Rotación del Perno)



Cartuchos de Resina (Tiempo de Mezcla)



Cartuchos de Resina (Colapso de la Perforación)



Cartuchos de Resina y Cementicios

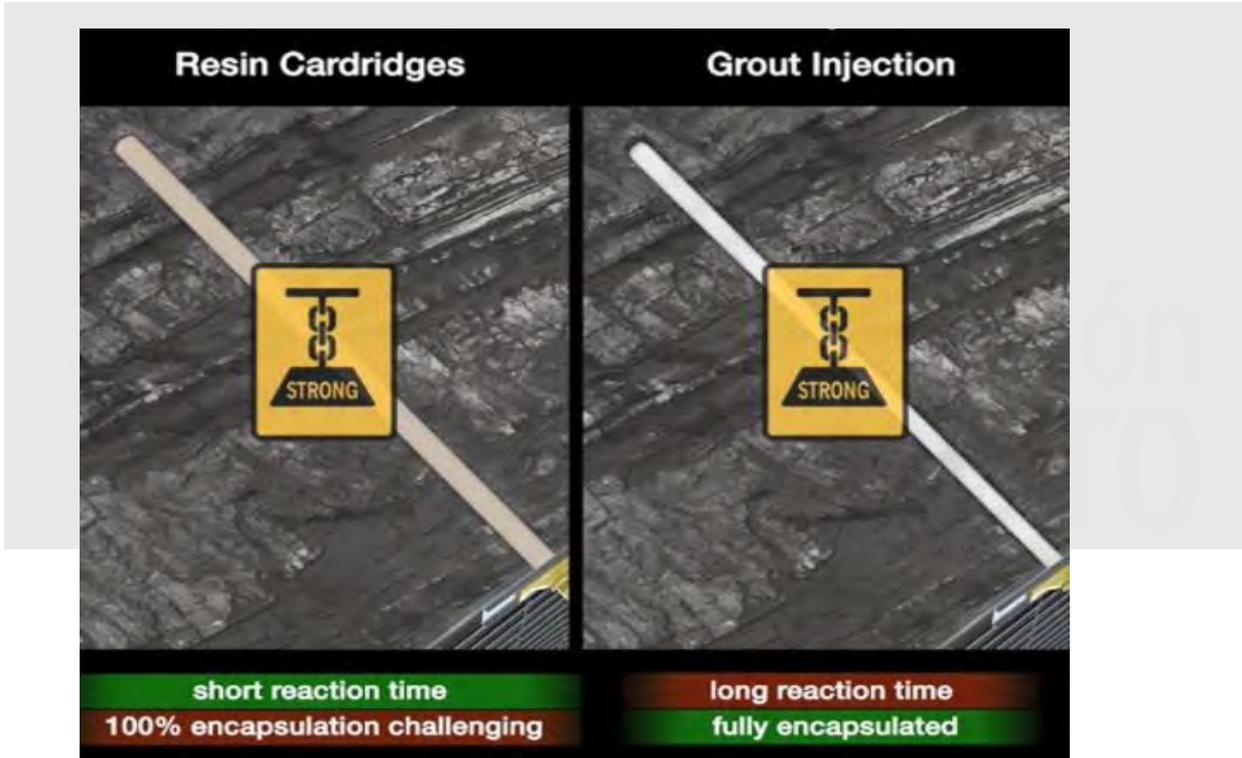
Ventajas

- » De uso generalizado (Resinas)
- » No requiere equipos especiales para la colocación
- » Velocidades altas de reacción
- » Fácil almacenamiento y disponibilidad
- » Posibilidad de realizar pre-tensionamiento a los pocos minutos

Desventajas

- » La mezcla del cartucho no es controlada (se hace al interior de la perforación)
- » Limitaciones en el diámetro
- » Asuntos como la rotación del perno y velocidad de entrada deben ser controlados

Comparación entre Grouts Cementicios y Cartuchos



Tipos de Material de Lleno o Aglutinante (Grouting)

- » *Lechadas convencionales inyectadas*
- » *Grouts cementicios inyectados*
- » *Cartuchos de resina*
- » *Cartuchos cementicios*
- » ***Grouts de resina inyectadas***

Grouts de Resina Inyectada

- » *Sistema de resina bi-componente inyectable*
- » *Tecnología en fase de penetración en LATAM*
- » *Adecuada para anclajes con pernos y cables*
- » *Posibilidad de realizar pre-tensionamiento a los pocos minutos*
- » *Equipo adecuado es requerido*



Grouts de Resina Inyectada (Comportamiento Tixotrópico)



Grouts de Resina Inyectada

Ventajas

- » *Combinación de las ventajas de los anteriores sistemas*
- » *Fácil aplicación con el equipo adecuado*
- » *Comportamiento tixotrópico*
- » *Encapsulamiento total*

Desventajas

- » *Tecnología poco común aún*
- » *Requerimiento adicional de equipo adecuado*
- » *Costo?*
- » *Equipo especial requerido para la aplicación*

Grouts de Resina vs Grouts Cementicios vs Cartuchos



Grouts de Resina – Equipo Requerido

» Bombas de inyección de alta presión – Bi-componentes



Quelle:
Mtsperforator.d
e



Grouts de Resina – Equipo Requerido

- » *Bombas de inyección de alta presión – Bi-componentes*
- » *Relación de Mezcla 1:1 en Volumen*
- » *Capacidad de Inyección superior hasta de 20 lt/min*
- » *Presión de trabajo hasta de 200 bar*
- » *Control de Flujo*



Reflexiones Finales - Inyección de Anclajes

- » *Todos los sistemas descritos tienen aplicabilidad y son adecuados de acuerdo a la necesidad requerida*
- » *La aplicabilidad podrá ser definida por factores como:*
 - *La calidad de la roca, distribución de fracturas, resistencia, etc*
 - *El diámetro y longitud de la perforación*
 - *El tipo de perno*
- » *No se debe “generalizar” el uso de uno u otro sistema.....todas las situaciones merecen un análisis particular*
- » *El coste de cada sistema es relativo. De acuerdo a la necesidad se pueden analizar otros factores como el tiempo de aplicación y el desperdicio*

.....y Finalmente!!!

*Buenos
procedimientos de
elección y aplicación
de llenos para
anclajes producirán:*

*Satisfacción y
excelentes
resultados!!*



GRACIAS!!!

andres-humberto.uribe@basf.com