



# Webinar Túneles con TBM

Diseño, construcción, servicios y  
proyectos de ingeniería



CTES

COMITÉ DE TÚNELES Y  
ESPACIOS SUBTERRÁNEOS  
DE CHILE

01 de Julio

# DISEÑO DE RUEDA DE CORTE Y HERRAMIENTAS DE CORTE

Michael Weinhold  
Gerente Minería para Latinoamérica  
Herrenknecht Chile Ltda.

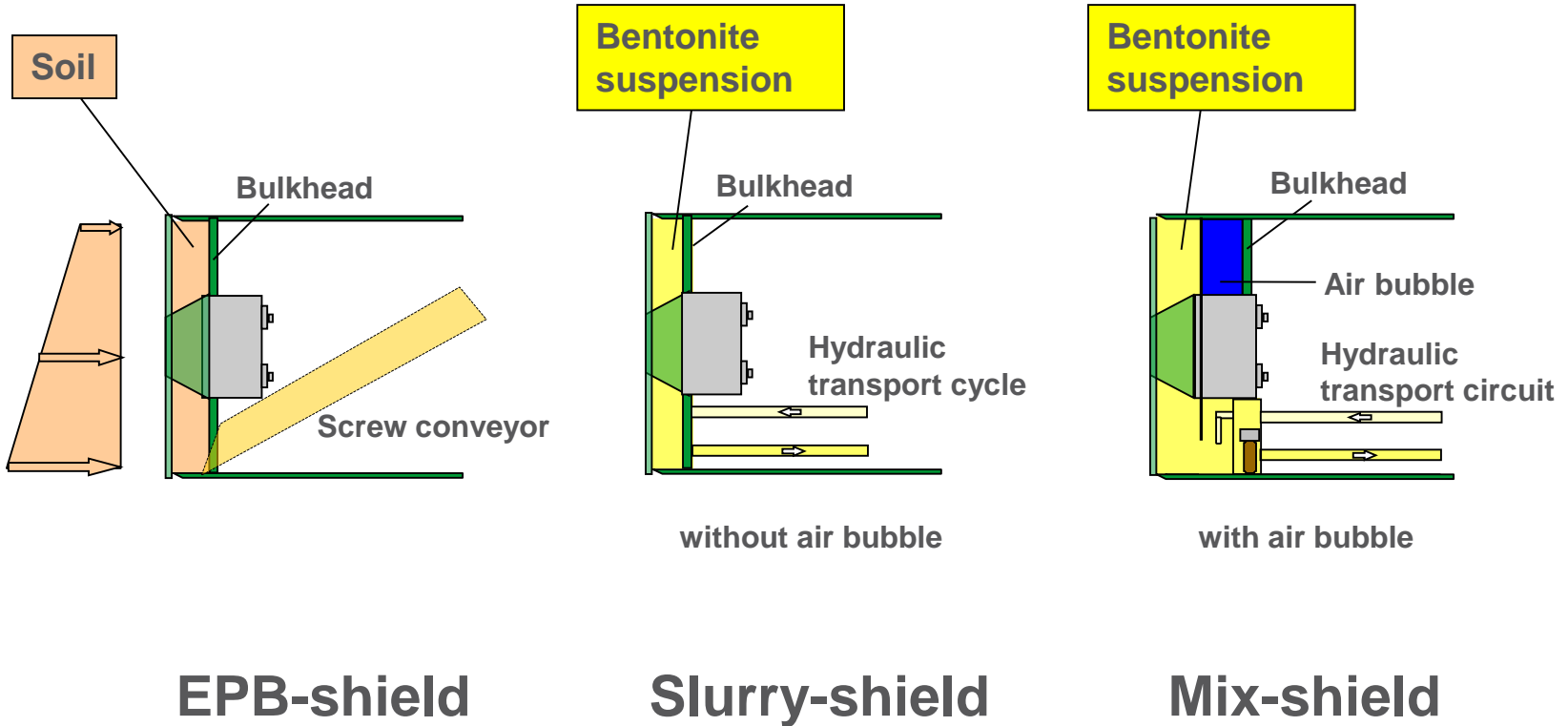
# DISEÑO DE RUEDA DE CORTE Y HERRAMIENTAS DE CORTE

- ▶ Diseño de Cabeza de Corte para TBMs en suelo
- ▶ Diseño de Cabeza de Corte para TBMs en roca
- ▶ Herramientas de excavacion

# APLICACIONES DE TBM EN SUELOS

- ▶ Frente de excavación con poca o sin ingreso de agua, principalmente sobre el nivel freático
- ▶ Frente de excavación inestable en combinación con ingreso significativo de agua bajo el nivel freático /

# SUPPORT-PRESSURE REGULATION BASADO EN FLUJO - BASADO EN PRESION



## PRIMERA MIXSHIELD PARA HERA, HAMBURG

- ▶ Rueda de corte abierta “Tipo Estrella” para arenas y gravas
- ▶ Garantizar contacto / circulación optima de bentonita en la frente
- ▶ Sin aditamiento para remocion de boulder (remocion manual)



## PRIMERAS RUEDAS DE CORTE - FRENTE MIXTA SLURRY, 1986

- ▶ Rueda de corte abierta “Tipo Estrella” para condiciones mixtas
- ▶ Garantizar contacto / circulación óptimo de bentonita en la frente
- ▶ Cortadores para roca y boulders en la frente



## RUEDA DE CORTE DE MAQUINA SLURRY PARA ROCA, 1991

- ▶ Cabezal de roca cerrado con aberturas de ingreso de material reducidas
- ▶ Intercambio de bentonita limitado en la frente
- ▶ Suministro de bentonita al frente y detrás del cabezal de corte





## RUEDA DE CORTE MAQUINA SLURRY PARA CONDICIONES VARIABLES

- ▶ Diseño de disco de corte con herramientas de carguio de material mixto
- ▶ Cortadores y herramientas de corte repartidas en todo el cabezal
- ▶ Suministro de bentonita al frente y detras del cabezal de corte



## RUEDA DE CORTE DE ROCA PARA MAQUINA TIPO DUAL

- ▶ Diseño especial para operacion dual – modo slurry y modo abierto
- ▶ Rotacion en un solo sentido para modo abierto



# PRIMERAS MAQUINAS EPB PARA SUELOS FINOS UNIFORMES

- ▶ Cabezal con herramientas de corte para suelo
- ▶ Suministro de acondicionador al frente de la cabeza de corte



# RUEDA DE CORTE DE EPB CON DISTRUBUCION DE CORTADORES EN TODO EL CABEZAL

- ▶ Diseño de cabezal con herramientas de corte de suelo y cortadores
- ▶ Suministro de acondicionador al frente de la cabeza de corte



## EPB CON RUEDA DE CORTE PARA ROCA

- ▶ Diseño con rotación en un solo sentido con cortadores como herramientas de corte primario
- ▶ Suministro de acondicionador al frente de la cabeza de corte



## RUEDA DE CORTE DE EPB PARA MAQUINA TIPO DUAL

- ▶ Diseño para operación modo Dual – EPB y modo abierto
- ▶ Rotación en un solo sentido para modo abierto



## EARTH PRESSURE BALANCE TBM – SLURRY TBM (MIXSHIELD)



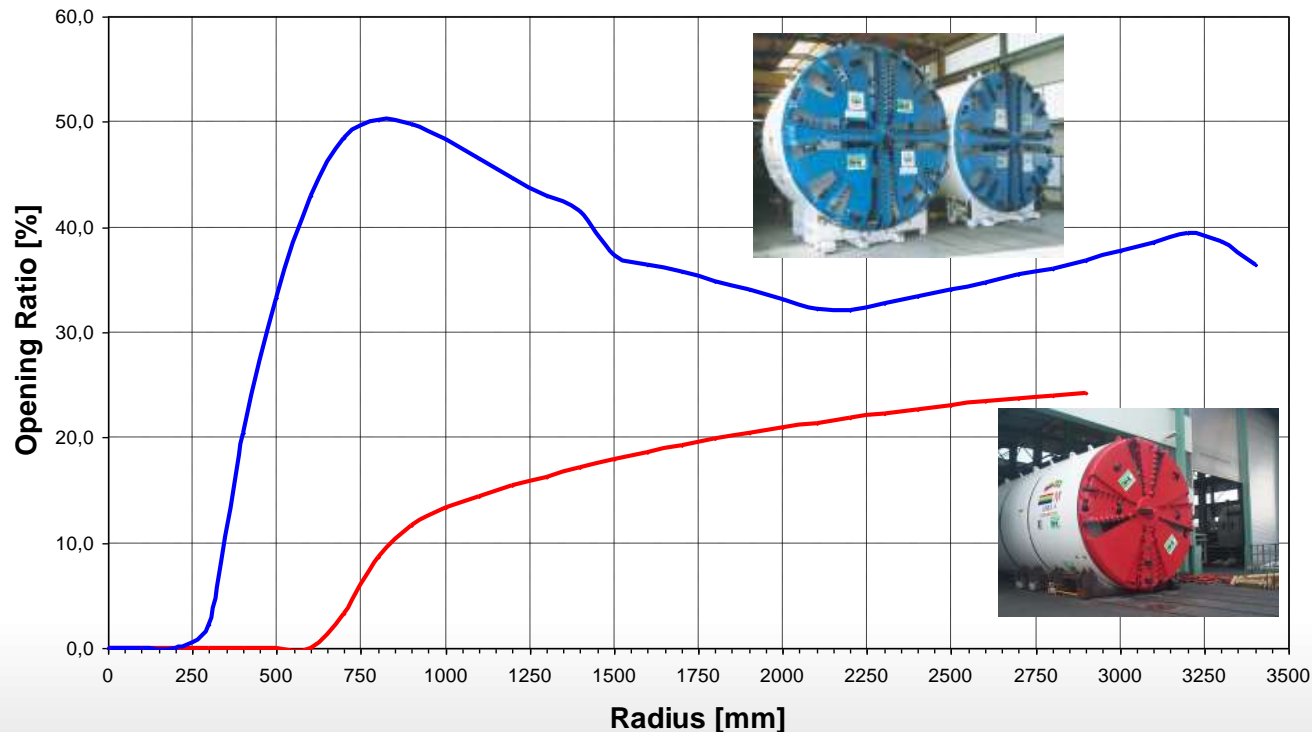
## EPB - SLURRY - HARD ROCK?





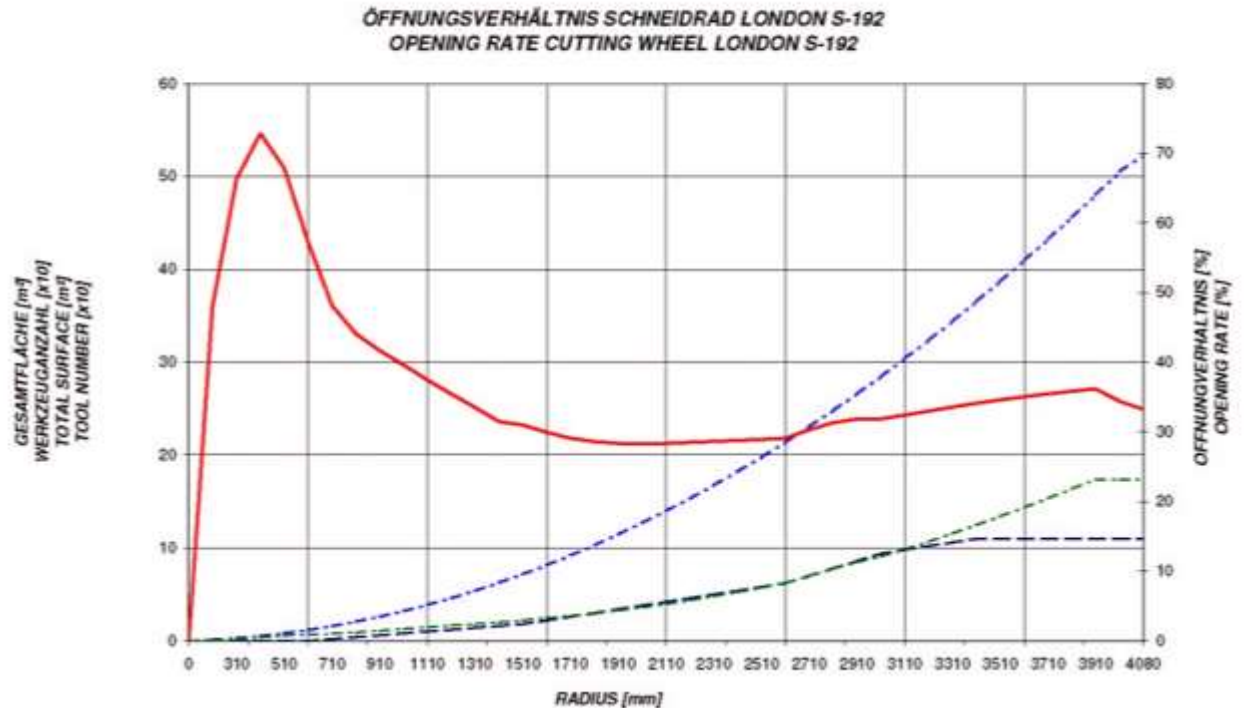
## EPB CUTTERHEAD – OPENING RATIO

- ▶ Opening ratio = % openings of total cutterhead (or face) are
- ▶ Total opening ratio presents limited information
- ▶ Opening percentage along radius is important



# SLURRY CUTTERHEAD – OPENING RATIO

- ▶ Opening ratio = % openings of total cutterhead (or face) are
- ▶ Total opening ratio presents limited information
- ▶ Opening percentage along radius is important



## DISEÑO RUEDA DE CORTE – FLUJO DE MATERIAL (MUCK FLOW)

- ▶ Flujo del material es una consideracion muy importante en el diseño de cabezales de las EPB y SLURRY
- ▶ Flujo de material inadecuado aumenta riesgos de clogging o desgastes secundarios



## DISEÑO RUEDA DE CORTE – FLUJO DE MATERIAL (MUCK FLOW)

- ▶ Parte trasera de cabezal de corte con superficie lisas
- ▶ Diseño de camara de excavacion para operacion eficiente EPB



## DISEÑO RUEDA DE CORTE – FLUJO DE MATERIAL (MUCK FLOW)

- ▶ Aberturas tapadas => Cortadores bloqueados
- ▶ Daño estructural significativo => consecuencia potencial



# DISEÑO RUEDA DE CORTE – CONFIGURACION DE HERRMIENTAS DE CORTE

- ▶ Escogencia y configuracion de herramientas de corte apropiadas para bolones



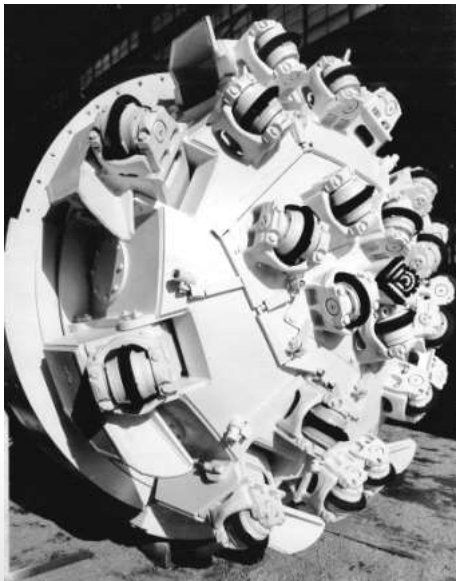
## DISEÑO RUEDA DE CORTE – CONFIGURACION DE HERRMIENTAS

- ▶ Selección y configuración de las herramientas de corte para condiciones variables de suelo y roca



## PRIMERAS RUEDAS DE CORTE PARA ROCA

- ▶ Operacion modo abierto en roca / frente estable
- ▶ Para TBMs diametro medio a menor
- ▶ Cortadores de 13" o 15" de montaje frontal
- ▶ Habia que retraer TBM para acceso a cabezal y mantenimiento de cortadores





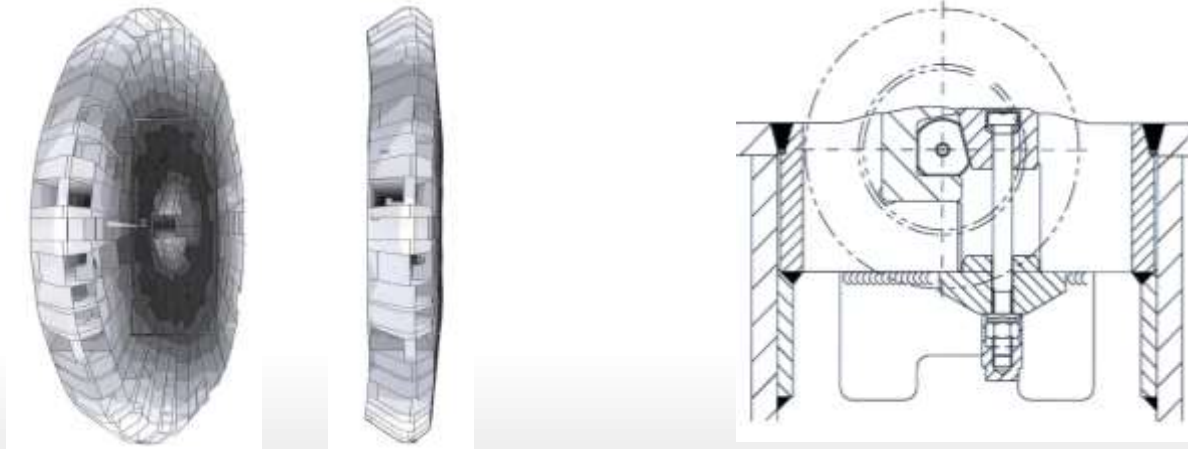
## RUEDAS DE CORTE PARA ROCA ACTUALES

- ▶ Operacion modo abierto en roca / frente estable
- ▶ Para TBMs diametro medio a mayores
- ▶ Cortadores de 17" o 19" de cambio trasero
- ▶ Sin mantenimiento regular al frente de la cabeza de corte por razones de seguridad (montaje trasero mandatorio en Europa para diam. >4.5m, see EN 16191)



## RUEDAS DE CORTE CON ACCESO A CORTADORES PARTE TRASERA

- ▶ Modo operacion abierta para roca muy dura y roca fracturada
- ▶ Para TBMs pequenas a gran diametro
- ▶ Cortadores de 17" o 19" de cambio traseros
- ▶ Integridad estructural del rueda de corte – configuracion de herramientas de corte muy importante en el diseno



## RUEDAS DE CORTE CON ACCESO A CORTADORES PARTE TRASERA

- ▶ Utilización de cortadores de 17" o 19" mas comun
- ▶ Adecuada para empujes altos y cargas de impacto ocasionales
- ▶ Sistemas de monitoreo Wifi disponibles para cortadores individuales con transmission de datos en tiempo real.



## RUEDAS DE CORTE CON ACCESO A CORTADORES PARTE TRASERA

- ▶ Para cargas de impacto elevadas en formaciones fracturadas
- ▶ Procedimientos de cambios e inspecciones de cortadores en forma segura mandatorio



## EXCAVACION EN ROCA – CONDICIONES EXTREMAS

- ▶ Roca fracturada con gran cantidad de agua



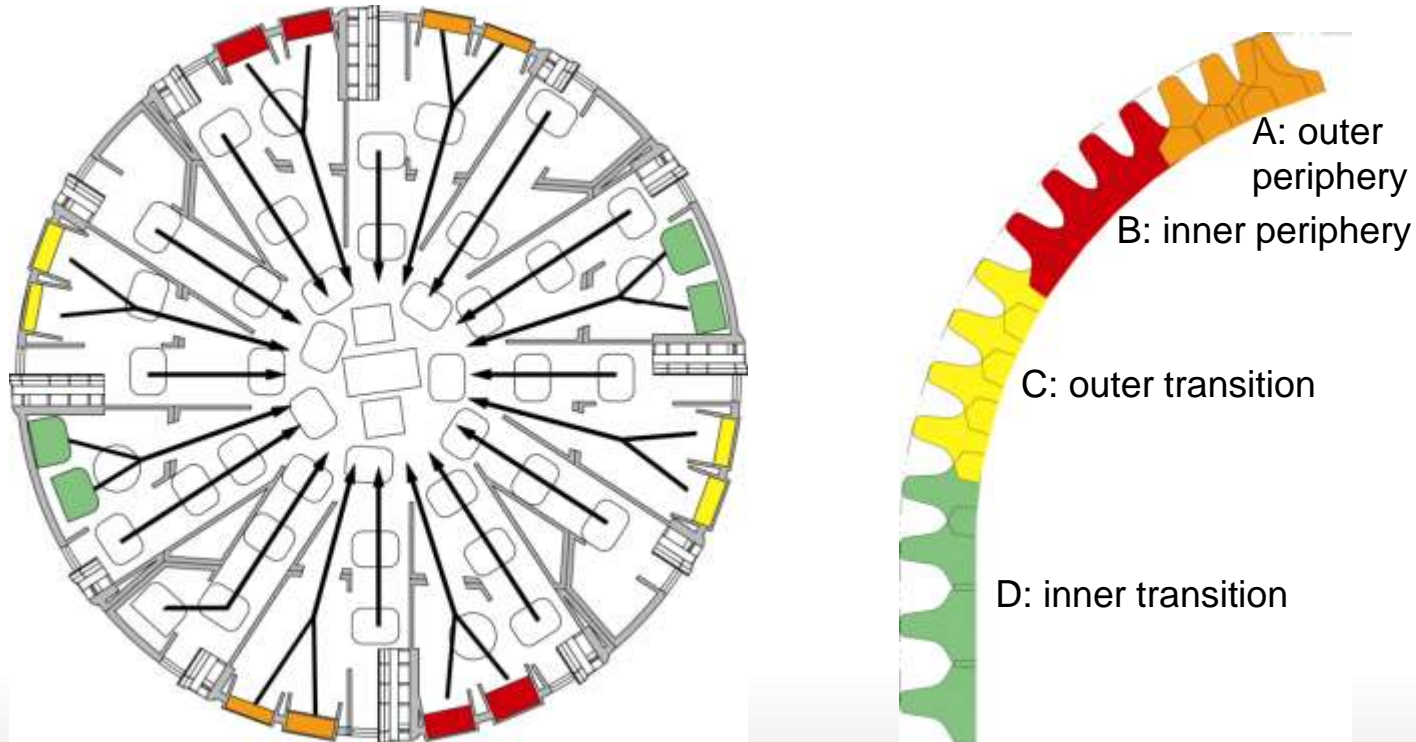
## MANTENIMIENTO DE CORTADORES EN RUEDA DE CORTE ROCA

- ▶ Acceso a cortadores => consideracion importante de diseño
- ▶ Acceso optimo => reduce tiempos de mantenimeinto
- ▶ Sistema de fijaciones optimo y seguro para cambio de cortadores



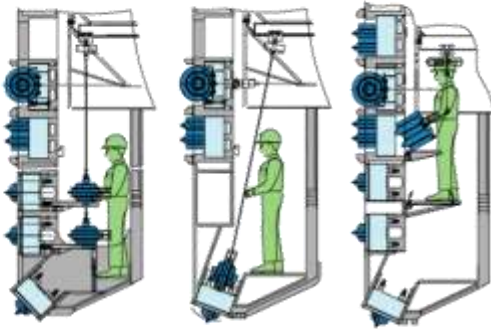
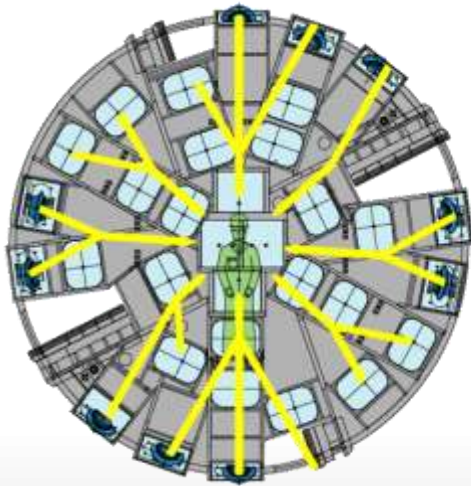
# MANTENIMIENTO DE CORTADORES EN RUEDA DE CORTE ROCA

- ▶ Acceso a cortadores => consideracion importante de diseño
- ▶ Distribucion de cortadores y grupos para optimizer tiempos de mantenimiento



# RUEDAS DE CORTE CON ACCESO A CORTADORES PARTE TRASERA

- ▶ Soluciones para manejo de cortadores
- ▶ Sistemas y herramientas para manejo de cortadores eficientes
- ▶ Programas de capacitacion

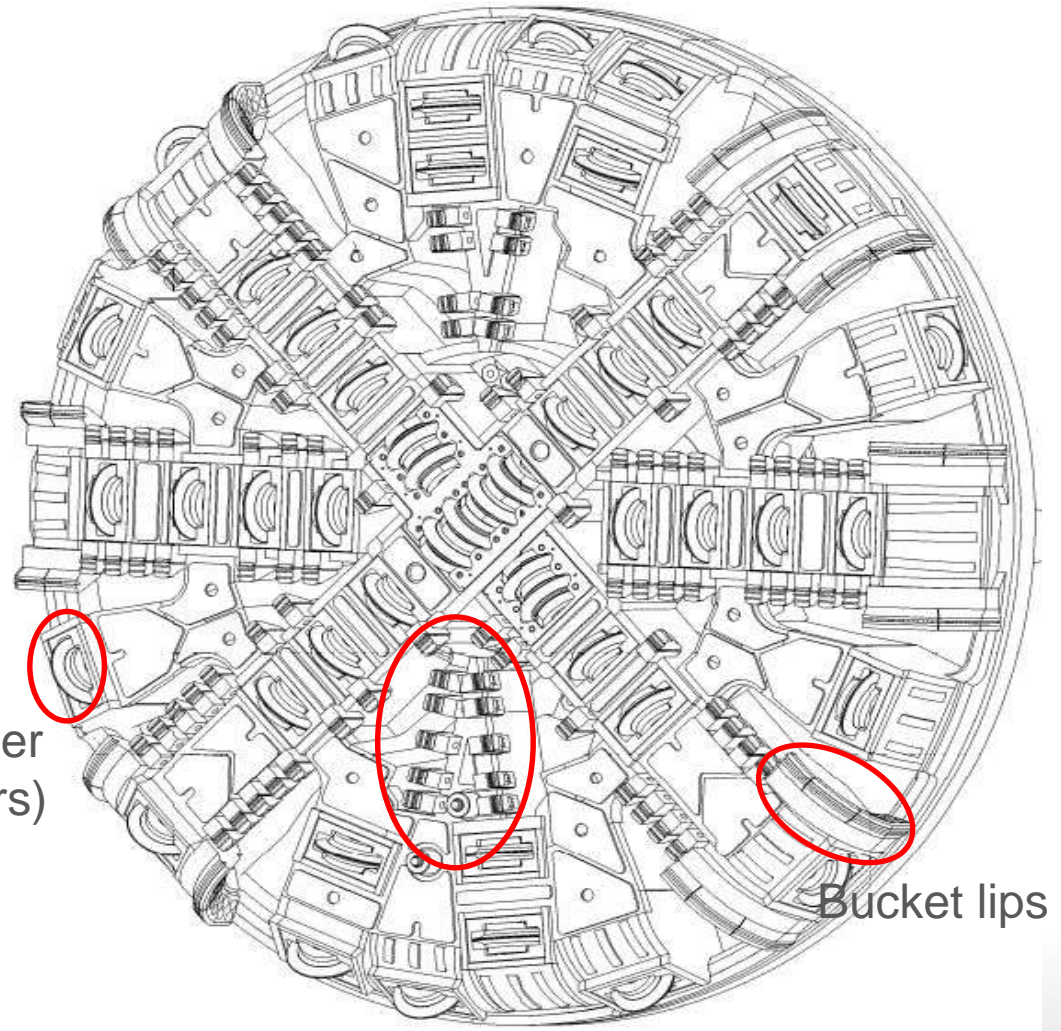




## HERRAMIENTAS DE CORTE – DETALLES Y DISPOSICION

- ▶ Tres tipos de herramientas de corte
- ▶ Cortadores intercambiables con herramientas de corte
- ▶ Cuchillos de corte (para suelos blandos)
- ▶ Bucket lips

Disc cutter  
(or rippers)

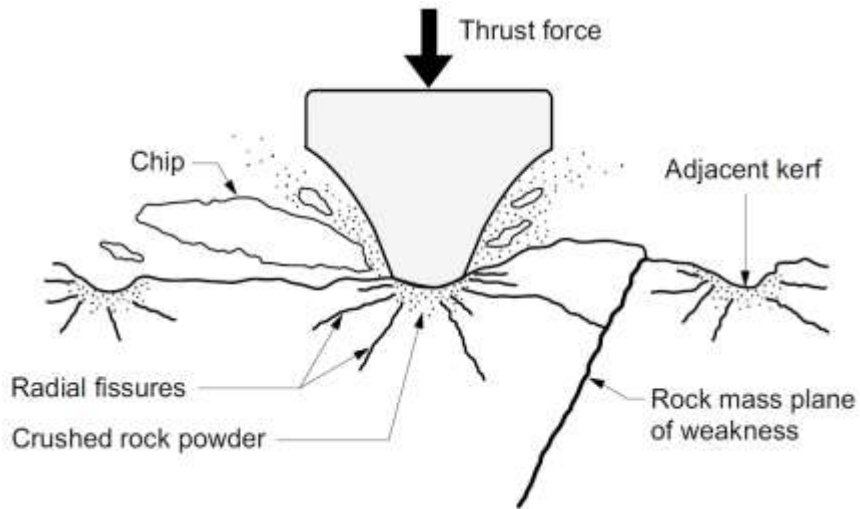


Bucket lips

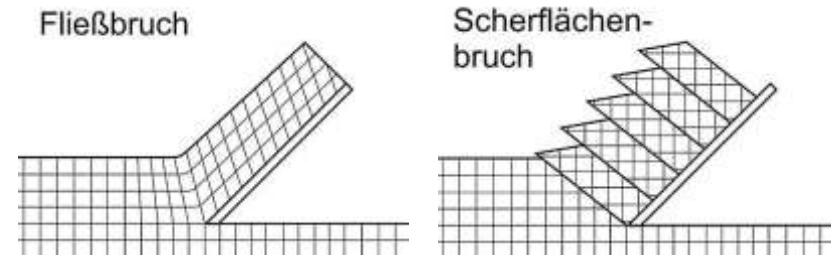
Cutting knives

# HERRAMIENTAS DE CORTE – PRINCIPIOS DE CORTE

## CORTADORES



## CUCHILLOS DE CORTE



# CORTADORES


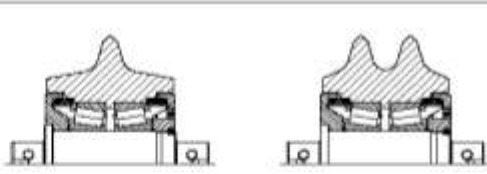

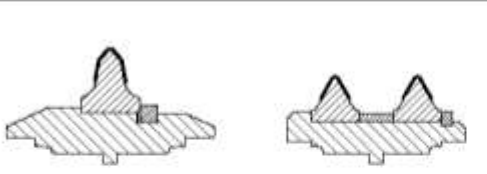
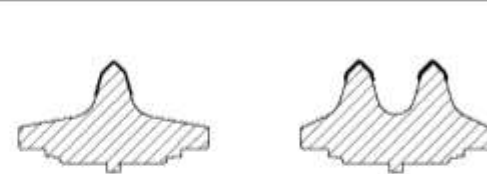
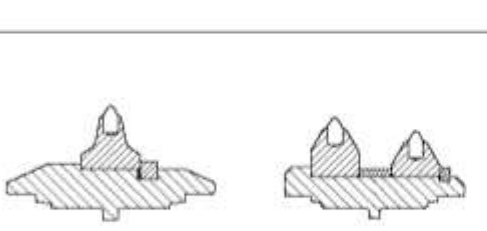
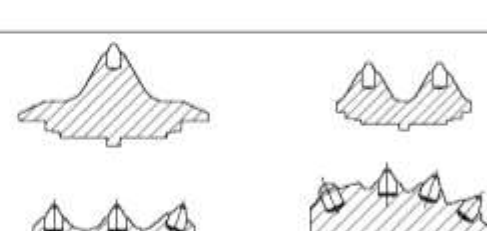
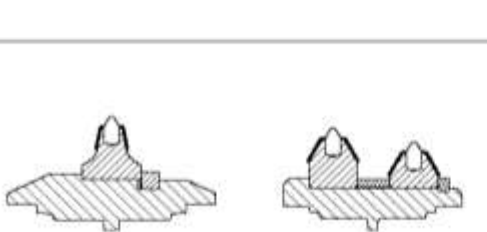
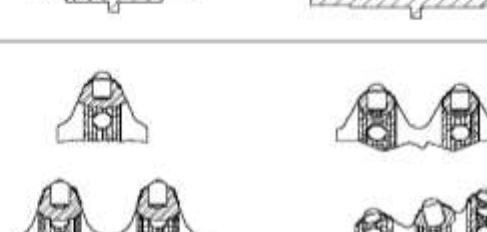
- ▶ Full face rock
- ▶ Partial face rock or boulders



# TIPOS DE CORTADORES

## REPLACEABLE RING

## MONOBLOCK

	REPLACEABLE RING	MONOBLOCK	
STEEL			
HARD FACED			
INSERT			
INSERT W/ HARD FACING			

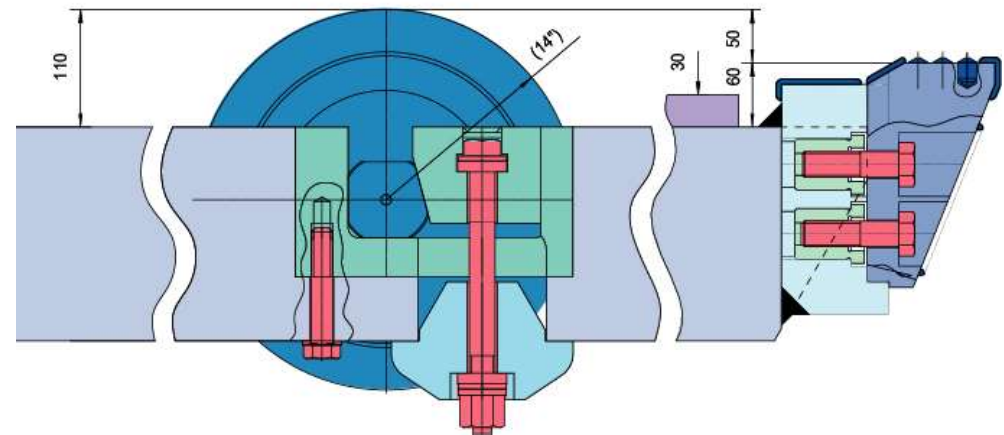
## TIPOS DE CORTADORES

- ▶ 14" Cortadores Monobloc en slurry TBM
- ▶ Rocas y bolones en una matriz de suelo
- ▶ Lab test (CSM cutter test bench) and reality



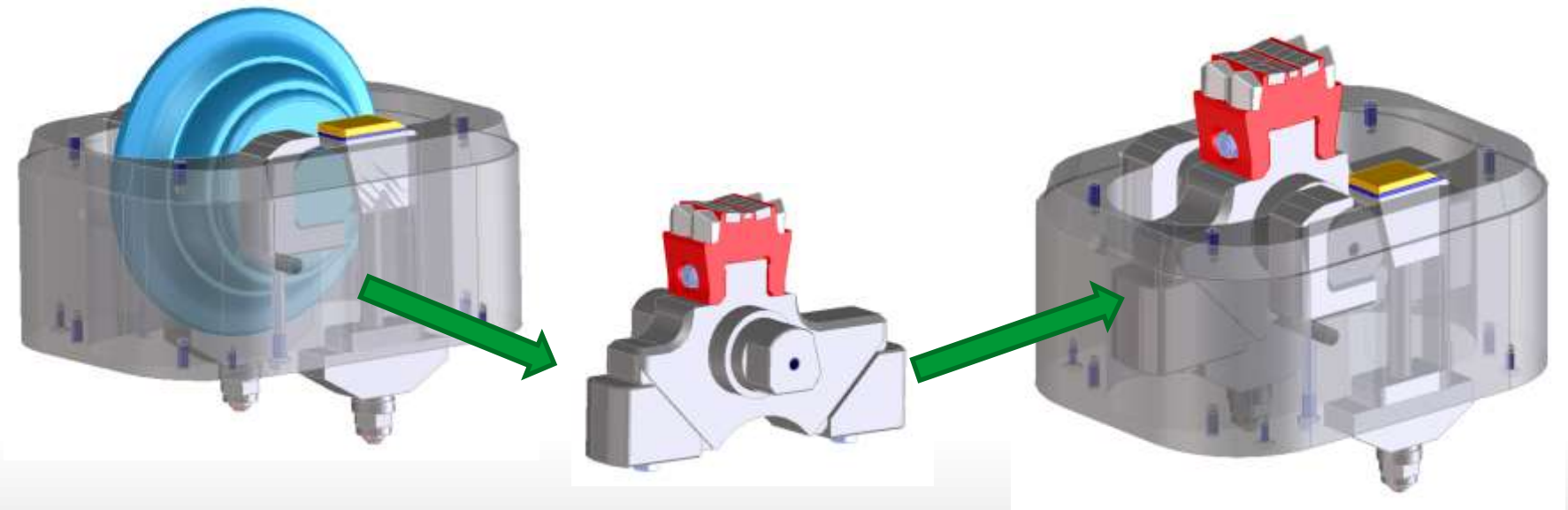
## POSICIONAMIENTO DE HERRAMIENTAS EN SUELOS MIXTOS

- ▶ Cortadores y cuchillos de corte
- ▶ Posicion de Cortadores y Cuchillos de corte – muy importante
- ▶ Cortadores para pre-corte para proteger los cuchillos de cargas de impacto



## DISC CUTTER / RIPPER

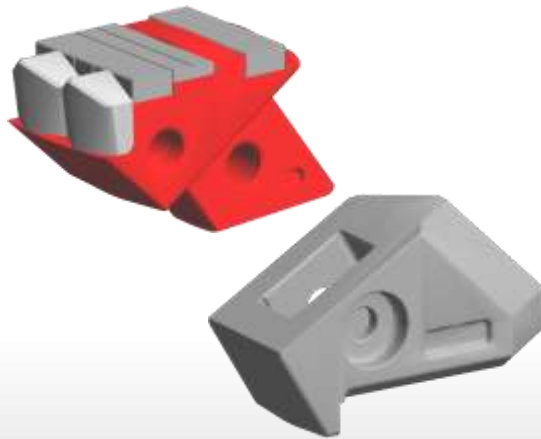
- ▶ Cortadores y Rippers intercambiables en la misma carcasa
- ▶ Cortadores para roca o bolones
- ▶ Ripper para suelo compacto



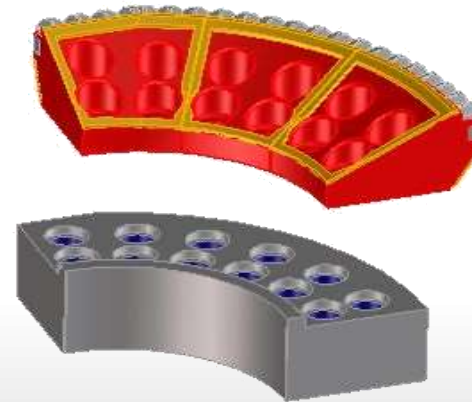
## CUCHILLOS DE CORTE – ASPECTOS DE DISEÑO

- ▶ Conceptos basicos de cuchillos de corte
- ▶ Soporte soldado en el la base del cortador
- ▶ Cuerpo de la herramienta de acero
- ▶ Estructura de proteccion del cuerpo de la herramienta con insertos de tungsteno y soldadura de proteccion.
- ▶ Ripper para suelo compacto

Cutting knife



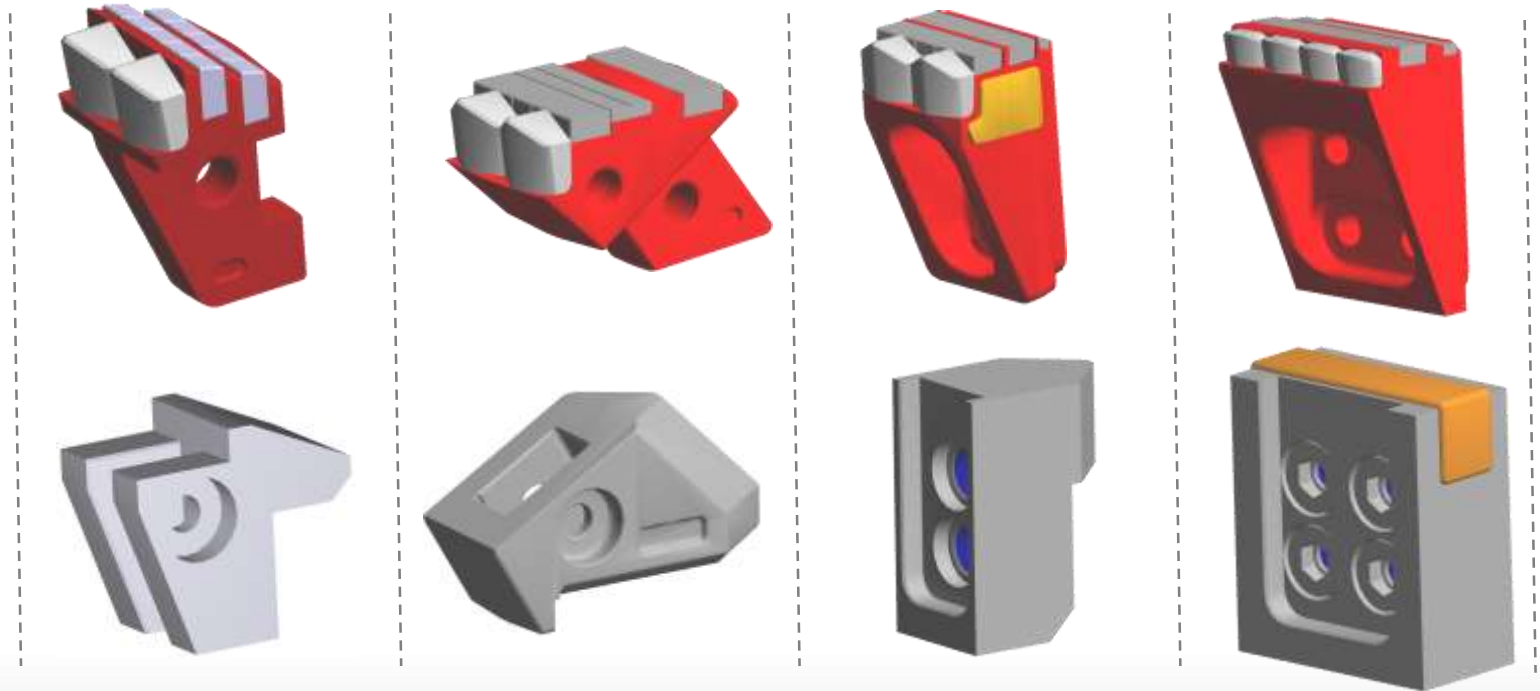
Bucket Lip





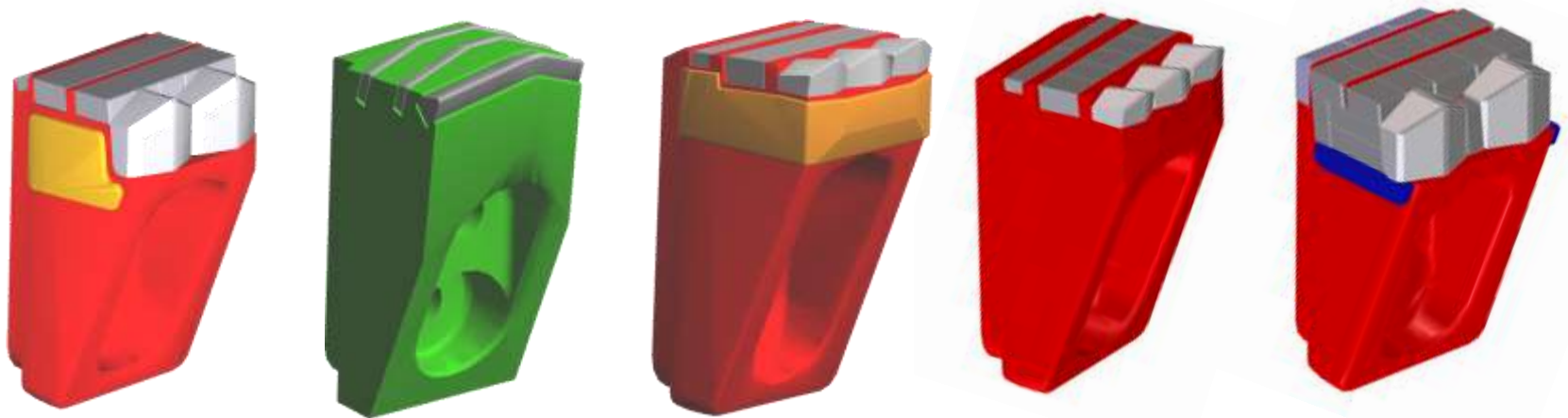
## CUCHILLOS DE CORTE

- ▶ Diferentes tipos de cuchillos de corte y sistemas de fijacion
- ▶ Insertos de tungsten se instalan en forma estandard



## CUCHILLOS DE CORTE

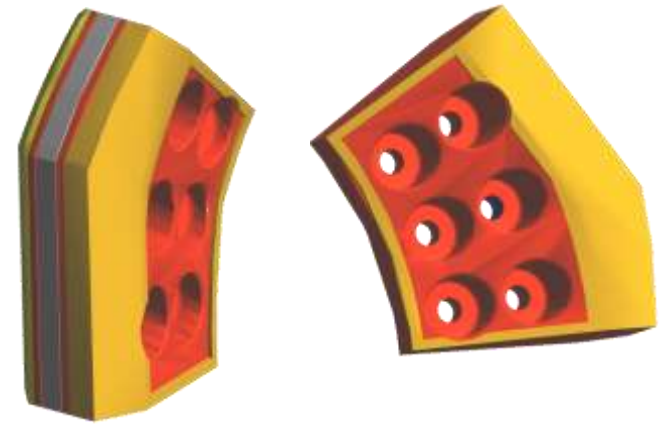
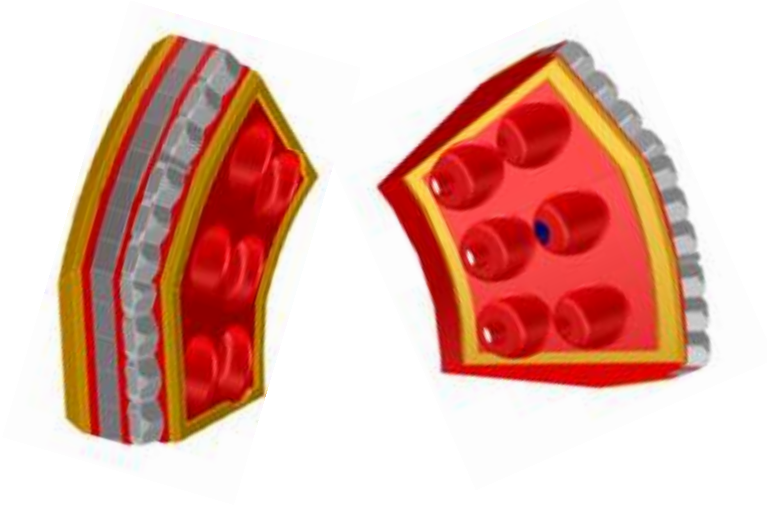
- ▶ Diferentes configuraciones de los insertos de tungsteno



## BUCKET LIPS

- ▶ Diseñados para suelos
- ▶ Para corte y carguio

- ▶ Diseñado para roca
- ▶ Solo para carguio



## BRACING PROCESS

Herramienta es pegada con metal de relleno y posicionada en estructura



Con calor se funde el metal de relleno. Junta fuerte se logra



## EXAMPLES OF BRAZE JOINTS

▶ Mala calidad



▶ Buena calidad



# FINALMENTE – NO TODO LO QUE SE ESTA EXCAVANDO ES SUELO O ROCA.....

- ▶ Typical site collections



# Visitenos en Schwanau



## **Disclaimer**

a) The speakers are presenting their own personal views and are not expressing the view of the organization.

b) Papers and documents displayed or handed out during the Event are copyrighted. The participants must observe and comply with all applicable law regulations concerning the copyright.





**CTES**

COMITÉ DE TÚNELES Y  
ESPACIOS SUBTERRÁNEOS  
DE CHILE

**HERRENKNECHT CHILE LTDA**

**Michael Weinhold**

Gerente Minería para Latinoamérica

Weinhold.Michael@herrenknecht .com

Tel. 22479900