

Reciclado del Material de Excavación y Medidas para reducción del Mantenimiento Túnel del “Koralm”, Austria



Ing. Gerhard Harer, Geoconsult ZT-GmbH, Austria
(Ing. Martin Böfer, Geoconsult Buenos Aires S.A.)



La situación topográfica de Austria

- Austria es un país chico, situado en el centro de Europa
- Alrededor de 2/3 de Austria están cubiertos por los Alpes
- El cruce de los Alpes siempre fue un desafío para el transporte
- Así es que desde hace mucho tiempo se presentó la necesidad de construir túneles

Túneles en Austria



- Austria tiene una gran cantidad de túneles (más de 600 km de túneles de transporte*)
- Normalmente, los túneles se construyen en condiciones geológicas complejas (macizos muy heterogéneos)
- Existe mucha experiencia en construcción de túneles
- También se tiene mucha experiencia en la operación y el mantenimiento de túneles

*) sin túneles de Metro Viena y sin otras estructuras subterráneas, p.e. hidroeléctricas



Grandes proyectos en construcción

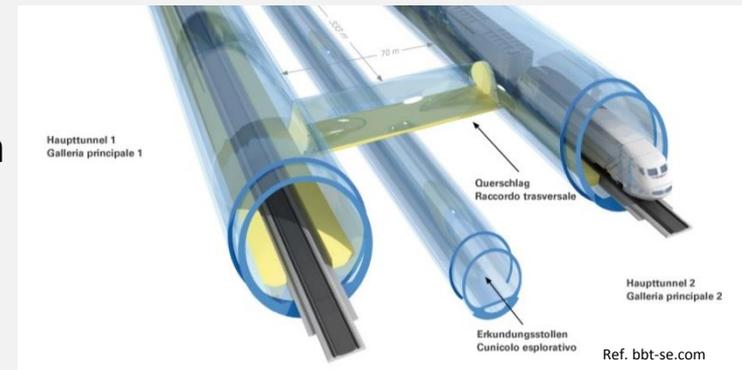
Actualmente en Austria se están ejecutando una serie de túneles que están entre los más grandes del mundo:

- Túnel de base BRENNERO, TAV, longitud de 57 km
- Túnel de base de SEMMERING, TAV, longitud de 27.3 km
- Túnel base de KORALM, TAV, longitud de 32.9 km
- Túnel GLEINALM, de autopista, longitud 8.4km

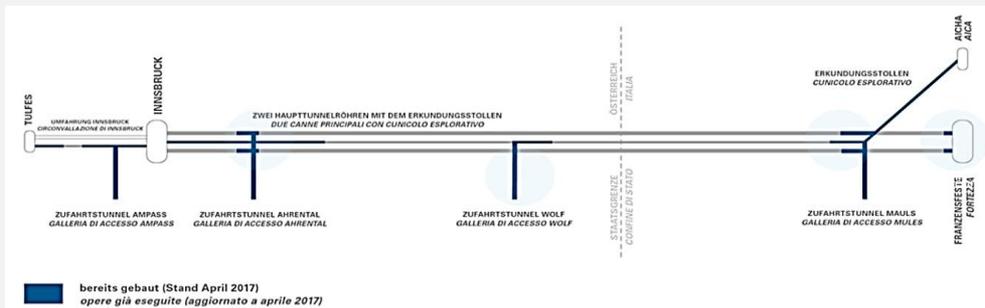
Grandes proyectos en construcción

Túnel de base del “Brennero” (Austria – Italia)

- Junto con el túnel Inntal, será el túnel de transporte terrestre más largo del mundo
- Dos tubos a una distancia de 70 m, más un túnel de servicio
- Estaciones multifuncionales (servicio, mantenimiento, emergencia)
- Cobertura máxima de 570 m
- Varias rocas metamórficas y sedimentarias, fallas tectónicas



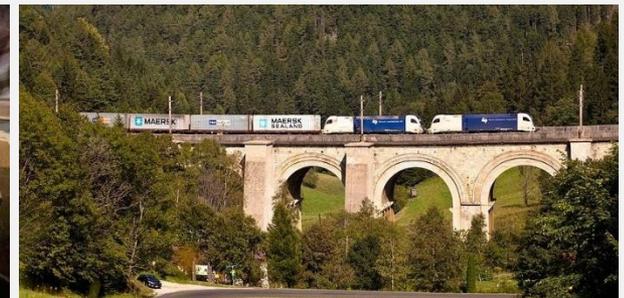
Ref.: slabtrackaustria.com



Grandes proyectos en construcción

Túnel de base del “Semmering”

- Longitud de 27 km
- Considerable reducción del tiempo de viaje y mejora significativa de las condiciones de operación y seguridad
- Dos tubos a una distancia de 40 - 70 m
- Estación de emergencia y conexiones transversales cada 500 m
- Cobertura máxima de 870 m, pozos de hasta 400 m de profundidad



Nuevas demandas

La experiencia actual tiene que complementarse y continuar desarrollándose con relación a los siguientes aspectos:

- Eficiencia del ciclo de vida de una obra, como proceso integral (LCA)
- Reducción de impactos sobre el Medio Ambiente
- Mejora de condiciones de Salud y Seguridad laboral



Ejemplo: Túnel del “Koralm”

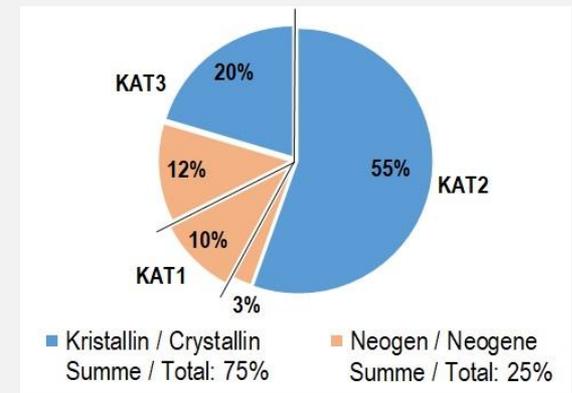
- Túnel para ferrocarril de alta velocidad
- Longitud: 32.9 km
- Dos tubos a una distancia de 40 - 50 m
- Con Galerías de Conexión transversales y 1 Estación Multifuncional (Servicio / Mantenimiento / Emergencia)
- 2 pozos de ventilación
- Cobertura máxima de 1.250 m
- Varios tipos de rocas metamórficas y sedimentarias, fallas tectónicas
- 1/3 de la excavación el método convencional (NATM), 2/3 con tuneladora
- 3 contratos (KAT1, KAT2, KAT3)
- Plazo de construcción 8 años



Ejemplo túnel del “Koralm”

Reciclado del Material de Excavación

- Mas de 5 millones m³ de excavación
- Aprox. 25 % rocas blandas (Terciario y Cuaternario) y 75 % rocas metamórficas
- Objetivos principales en la fase de la evaluación medioambiental
 - Mayor posible porcentaje de reciclaje del material de excavación
 - Menor posible impacto ambiental
 - Mayor rentabilidad posible



Ejemplo túnel de “Koralm” – Contr. KAT2

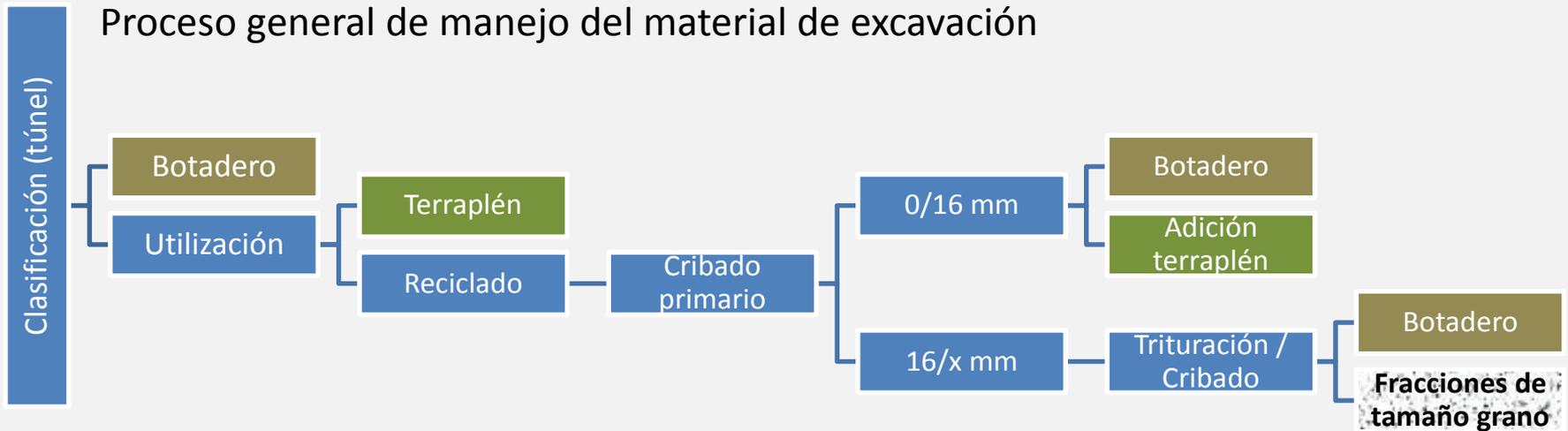
Reciclado del Material de Excavación

- Sólo rocas metamórficas; no obstante, gran variedad de
 - Esquistos con mica
 - Gneises
 - Mármoles
 - Pegmatitas, (intrusiones magmáticas)
- También zonas de fallas (rocas tectonizadas) e ingreso de agua
- En todas las fases de investigación y diseño, el manejo del material de excavación su reciclado fueron un objetivo central
- El concepto de reciclado forma parte del contrato de construcción, teniendo en cuenta toda la variedad y condiciones de las rocas



Ejemplo túnel del “Koraln” – Contr. KAT2

Reciclado del Material de Excavación



Nota: Necesidad de ejecución de ensayos de aptitud y permanentes controles

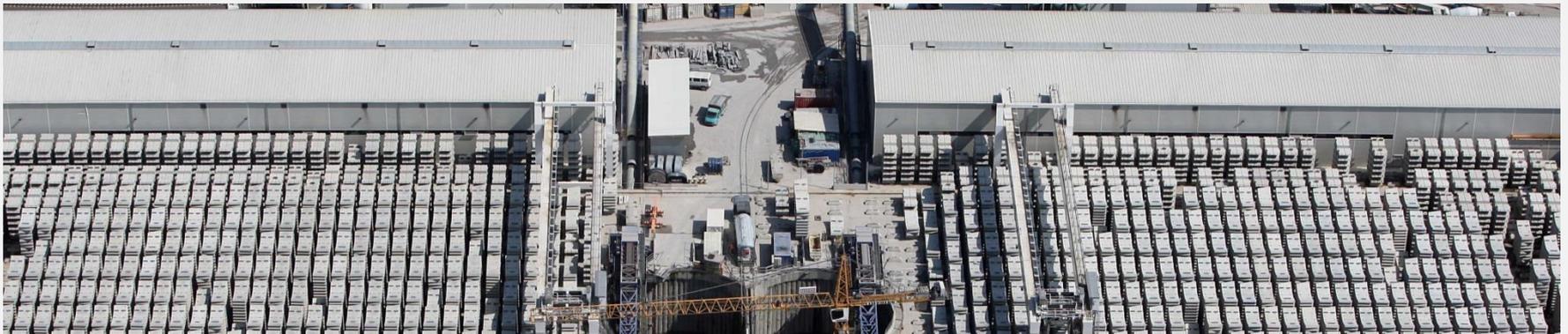


Ejemplo túnel del “Koraln” – Contr. KAT2

Reciclado del Material de Excavación

Experiencias:

- El reciclado de materiales ha resultado técnicamente y económicamente beneficioso
- Los objetivos propuestos fueron alcanzados con éxito
- La clasificación del material (apto / no apto) se debe hacer en el frente de excavación por parte de especialistas, siguiendo los protocolos establecidos para ese propósito
- Con la disponibilidad de este material reciclado, casi toda la producción de hormigón (hormigón proyectado, hormigón para dovelas, otros hormigones) pudo proveerse con agregado grueso

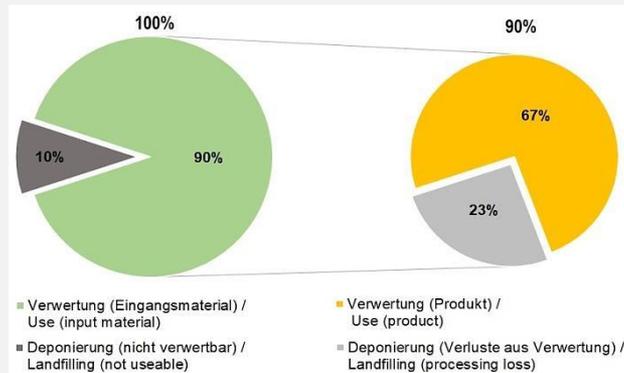


Ejemplo túnel del “Koralm” – Contr. KAT2

Reciclado del Material de Excavación

Experiencia:

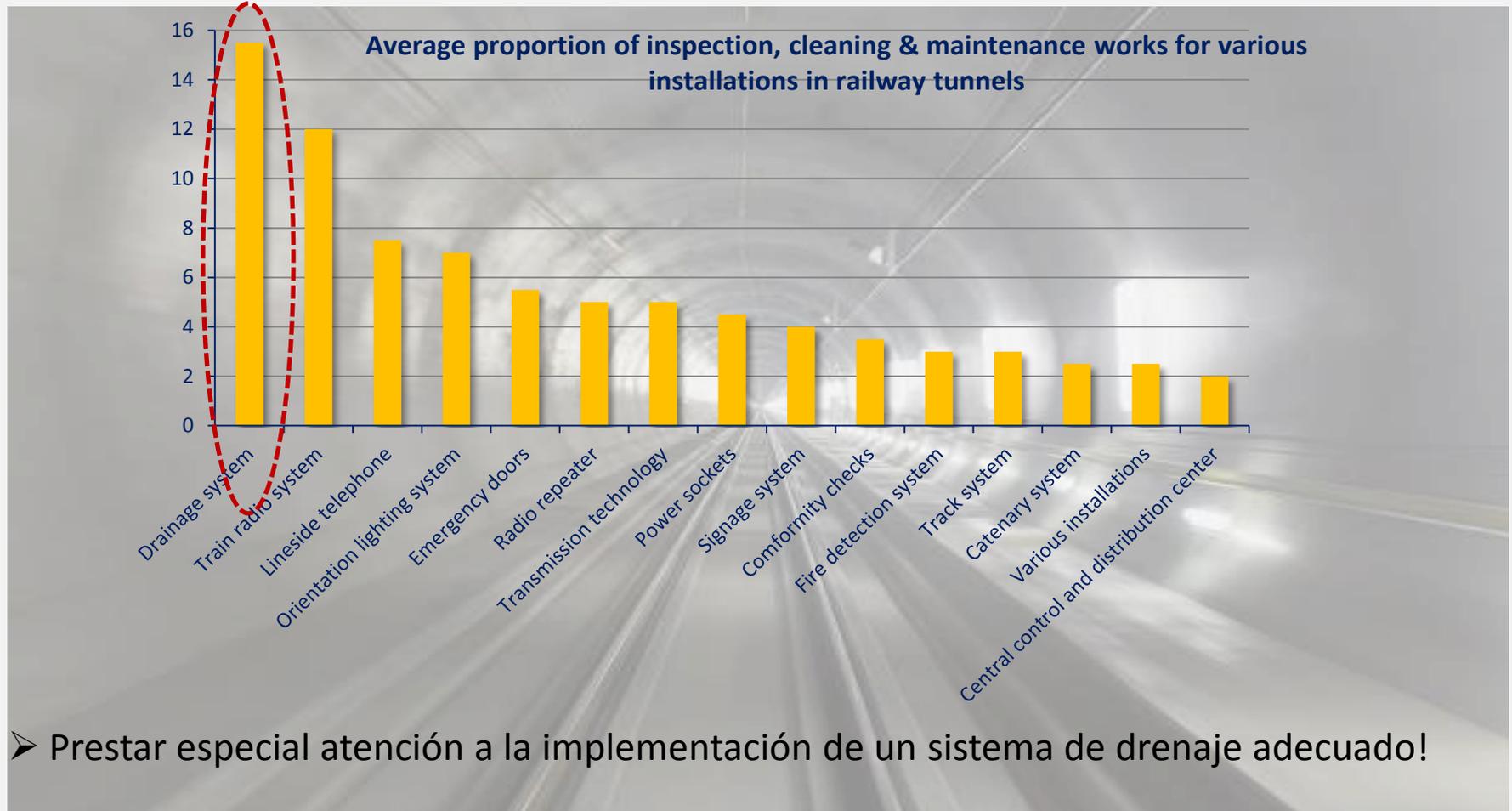
- Aprox. el 20 – 30 % del material extraído se podrá re-utilizar como agregado grueso para hormigones
- Esto ha dado lugar a:
 - Beneficio económico propio de la obra
 - Una reducción del impacto sobre el medio ambiente y los recursos naturales



Ejemplo túnel del “Koralim”

Reducción de las formación de sinter calcáreo

Inciso: mantenimiento en túneles ferroviarios



Ejemplo túnel del “Koralm”

Reducción de formación de sinter calcáreo

- Los fenómenos son bien conocidos
- Requieren alta demandas en
 - Inspección
 - Limpieza y
 - Reposición temprana
- Generando
 - Altos costos y
 - Alta perturbación de la operación → pérdidas asociadas



Ejemplo túnel del “Koralm”

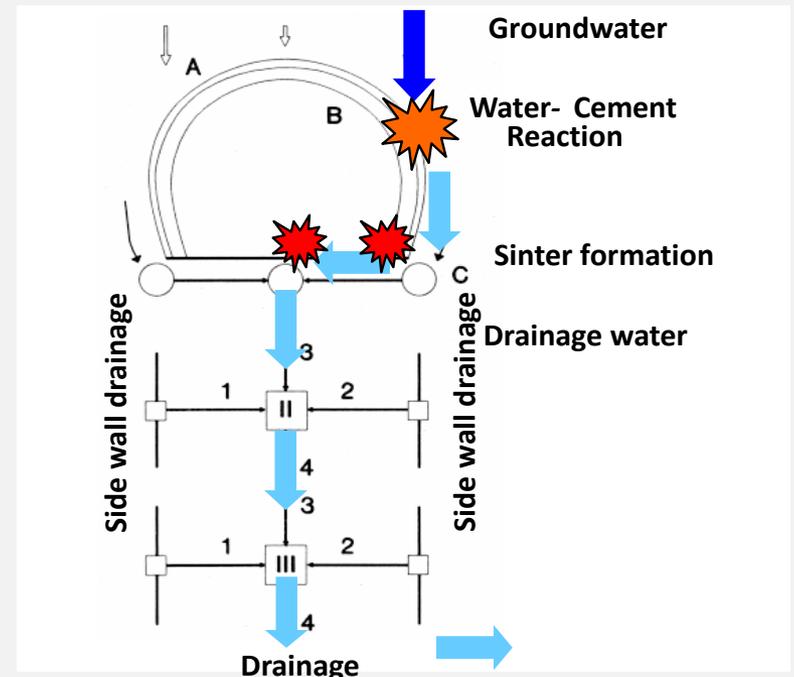
Reducción de formación de sinter calcáreo

¿Cuáles son los factores en la formación del sinter calcáreo?

Los carbonatos de calcio se disuelven de acuerdo con la siguiente reacción general



- La composición del agua subterránea
 - tratamiento con inhibidores (por ejemplo ácido poliaspártico)
- Detalles constructivos
 - reducción del intercambio de CO_2 (por ejemplo longitud de tubo de drenaje, corto → ausencia de flujo turbulento)
- Los materiales de construcción en el túnel
 - Aplicación de hormigones y morteros hechos a medida (por ejemplo hormigón proyectado con bajo contenido de Ca^{2+} así como bajas permeabilidades / porosidad)



Ejemplo túnel del “Koralm”

Reducción de formación de sinter calcáreo

Optimización del sistema de drenaje

- Solo un tubo de drenaje central
(→ reducción de la longitud de 2/3)
- Introducción lateral de agua a través de **Noppenfolien**



Ejemplo túnel del “Koralm”

Reducción de formación de sinter calcáreo

Ejemplos de hormigón proyectado modificado

| Muestra | CEM I 52,5 R [kg/m ³] | CEM III/B 32,5 N [kg/m ³] | Ceniza volante [kg/m ³] | Acelerador [%] | Cantidad de material sinterizado [kg/t] | Cantidad de material sinterizado [%] |
|---------|--------------------------------------|--|---|-------------------|--|---|
| 1 | 400 | - | 20 | 7 | 0,21 | 100,0 |
| 2 | 320 | 100 | - | 7 | 0,18 | 85,7 |
| 3 | 320 | - | 100 | 7 | 0,15 | 71,4 |
| 4 | 280 | - | 140 | 6 | 0,11 | 52,4 |

- La reducción de Ca^{2+} (→ Portlandita o hidróxido de calcio) en el cemento tiene un gran impacto sobre la reducción de la formación de sinterizado
- Los gastos de mantenimiento pueden reducirse sustancialmente

Ejemplo túnel del “Koralm”

- Los dos ejemplos muestran que en los proyectos de túneles hay un enorme potencial en cuanto a sustentabilidad ambiental y económica.
- Es la responsabilidad de los Comitentes y Proyectistas de activar este gran potencial.
- Se requiere capacitación continua, incluyendo también éstos temas.

