

## LA TÉCNICA PASA FRONTERAS



## EUROCK 2020

### “ISRM International Symposium Eurock 2020 – Hard Rock Engineering Trondheim”

14-19 de junio, Noruega

#### Main challenges related to deep subsea tunnels – a review based on experience from Norwegian projects

Autor: B. Nilsen, NTNU - Norwegian University of Science and Technology.

La construcción de túneles submarinos profundos implica desafíos considerables con respecto a la investigación del subsuelo, el diseño del túnel, la excavación y el soporte de rocas. En este documento, dichos desafíos se analizan en función de la experiencia de los túneles submarinos en roca dura de Noruega. Desde principios de la década de 1980, se han construido alrededor de 50 túneles submarinos en roca a lo largo de la costa de Noruega. La mayoría de éstos son túneles carreteros, siendo el túnel Ryfylke de doble tubo de 14 km de longitud, que baja a 290 m bajo el nivel del mar el más largo y profundo actualmente.

En la etapa de investigación previa a la construcción, el levantamiento de refracción sísmica y la perforación para recuperación de núcleos (con perforación direccional comúnmente utilizada en la actualidad), además del mapeo de ingeniería geológica convencional, son los métodos más importantes para identificar condiciones de macizo rocoso potencialmente adversas. En la etapa de construcción, se llevan a cabo continuamente el mapeo de ingeniería geológica, la perforación con sonda por delante del frente de excavación (percusión y perforación de núcleo) y MWD (*Measurement While Drilling*). Para los proyectos de túneles submarinos noruegos más recientes, también se ha utilizado el sondeo sísmico de reflexión (TSP) para investigar las condiciones por delante del frente.

Durante la excavación, la inyección de lechada por delante del frente del túnel se lleva a cabo siempre que sea necesario de acuerdo con los resultados del sondeo. El sellado previo de la entrada de agua mediante la inyección de lechada es particularmente importante antes de excavar un túnel en una sección de mala calidad del macizo rocoso. Al excavar a través de zonas débiles, se suele aplicar una combinación de pernos de voladura, rondas de voladura corta y nervaduras reforzadas de concreto lanzado (RRS) cerca del frente. Los aspectos

básicos de la metodología de investigación del subsuelo, la excavación, la evaluación de la estabilidad y el diseño del soporte rocoso se analizan e ilustran con experiencias de casos noruegos recientes.

Las principales fallas/zonas débiles y la gran afluencia de agua han provocado condiciones desafiantes en la mayoría de los túneles submarinos de Noruega. Por lo general, estas zonas tienen una baja permeabilidad debido al alto contenido de minerales arcillosos (incluida la arcilla expansiva), pero en algunos casos, las zonas con minerales arcillosos también tienen una filtración de agua considerable. Tales situaciones han sido particularmente difíciles de manejar y, en general, han representado los mayores desafíos para los túneles submarinos noruegos.

<http://onepetro.org/ISRMEUROCK/proceedings-pdf/EUROCK20/All-EUROCK20/ISRM-EUROCK-2020-003/2254854/isrm-eurock-2020-003.pdf/1>

#### Developments for TBM tunneling – from cutter force & face monitoring to tubbing design

Autores: R. Galler, R. Wenighofer, Chair of Subsurface Engineering, Department ZaB-Zentrum am Berg, Montanuniversität Leoben, Austria.

La carga sobre las herramientas de una tuneladora generalmente solo se puede estimar a través de la fuerza de empuje global, que da una fuerza típica de alrededor de 250 kN para discos de 17". Sin embargo, la carga real es muy variable, con picos de carga que pueden ser muchas veces la carga nominal. En el presente trabajo, se presenta el desarrollo e implementación de un método que permite medir fuerzas de disco in situ y en tiempo real. Resulta que las fuerzas medidas se distribuyen de manera desigual sobre el área del frente y se pueden correlacionar con sus características geológicas/geotécnicas. Además, se presenta un método que permite documentar fotográficamente el mismo.

Las imágenes individuales o los videos se combinan en una imagen general mediante el procesamiento de imágenes digitales. La calidad de las imágenes obtenidas de esta manera puede proporcionar una mejora significativa de la documentación geológica para los operadores de la TBM. Debido al uso de los llamados escudos mecanizados en la construcción de túneles, el soporte y la estabilización de dichos túneles mediante el uso de revestimientos segmentados es lo último en tecnología.

Para la verificación del comportamiento de carga y deformación de estos elementos de concreto armado de alta resistencia, faltaba una plataforma de pruebas, por lo tanto, esta se desarrolló como una cooperación entre la Montanuniversität Leoben, cátedra de Ingeniería Subterránea y los Ferrocarriles Federales de Austria.

La plataforma de pruebas desarrollada permite realizar estudios de elementos de revestimiento segmentados escala 1:1 en condiciones de laboratorio relacionadas con la carga y el rodamiento. Este documento presenta los resultados correspondientes, realizados por esta nueva instalación de prueba a gran escala. Además, se presenta un sistema basado en cámaras para la detección de grietas. También se ha generado un modelo de elementos finitos, este modelo se ha validado utilizando los resultados del panel de prueba.

<https://onepetro.org/ISRMEUROCK/proceedings-abstract/EUROCK20/All-EUROCK20/ISRM-EUROCK-2020-004/451206?redirectedFrom=PDF>

#### Eurocode 7 and rock engineering: a new start

Autor: J. P. Harrison; University of Toronto, Toronto, Canada.

El Eurocódigo 7, oficialmente EN1997 pero informalmente el Eurocódigo 7 o EC7, es parte del conjunto de códigos armonizados del Eurocódigo para el diseño de estructuras de ingeniería civil, implementado en su totalidad en 2010 pero concebido en la década de 1970. Los Eurocódigos implementan principios de diseño de estado límite (LSD) que se establecieron en la década de 1940. El criterio de diseño LSD reconoce que existe incertidumbre tanto en las cargas como en la resistencia estructural, para esto utiliza un modelo probabilístico para cuantificarlo. El concepto de factor de seguridad no existe en LSD: en cambio, la probabilidad de falla se usa para cuantificar la seguridad.

El origen de EC7 es como un código para el diseño de cimentaciones en suelo, y se considera débil con respecto al diseño de ingeniería de rocas. Sin embargo, el EC7, junto con todo el conjunto de Eurocódigos, está experimentando una revisión significativa y la publicación de una nueva edición de segunda generación de los códigos está prevista para 2022. Se muestra que el código revisado incluirá mucho material que es directamente aplicable y relevante para la ingeniería de rocas. Se afirma que esto representa un nuevo comienzo para EC7 con respecto a la ingeniería de rocas.

A pesar de estas revisiones, siguen existiendo dificultades para aplicar el LSD a la ingeniería de rocas. Principalmente, estos derivan del hecho de que, en marcado contraste con

la base probabilística del LSD, la práctica de la ingeniería de rocas contemporánea es generalmente determinista. Además, las evaluaciones subjetivas de propiedades que se definen como datos ordinales, por tanto, inadecuados para su uso en un marco probabilístico, son comunes. En consecuencia, el diseño de ingeniería de rocas contemporáneo es fundamentalmente incompatible con LSD y, por lo tanto, con el EC7. La parte final del documento examina ejemplos específicos de estas incompatibilidades e indica cómo pueden superarse. Adoptando el aforismo “todo problema es una oportunidad”, se llega a la conclusión de que estos problemas actuales pueden ser considerados como la necesidad de un nuevo comienzo para la ingeniería de rocas.

<https://onepetro.org/ISRMEUROCK/proceedings-abstract/EUROCK20/All-EUROCK20/ISRM-EUROCK-2020-006/447278?redirectedFrom=PDF>

#### Support design and implementation in difficult ground conditions – managing the expected and the unexpected

Autores: K. Kalenchuk, C. Palleske, C. Hume, J. Oke; RockEng Inc., Kingston, Canada.

Anticipar el comportamiento geomecánico de los macizos rocosos encontrados, o que se espera encontrar durante las excavaciones mineras es esencial para los procedimientos de diseño geomecánico estratégico y optimizado. Esto requiere una comprensión temprana de la geología del sitio y prácticas de recopilación de datos geomecánicos personalizados para garantizar que se recopilen los datos más útiles y apropiados de manera sistemática y objetiva. Un buen conocimiento de la geología del sitio y el establecimiento de dominios geomecánicos permite desarrollar un modelo de comportamiento del suelo que es fundamental para conceptualizar la posible reacción de éste antes de iniciar el diseño e implementación del revestimiento. Si bien la severidad y la velocidad de la reacción del suelo pueden variar con respecto a lo esperado, el modo de la reacción del suelo en sí no debería ser un imprevisto.

Este documento proporciona una discusión sobre cómo el conocimiento y los datos geológicos y geomecánicos integrados son clave para minimizar las incertidumbres de los datos y gestionar las condiciones difíciles del terreno. Además, se analizan los desafíos de diseñar en malas condiciones del suelo asociadas con materiales de baja resistencia y/o muy baja calidad del macizo rocoso con condiciones de contorno desfavorables y se brindan descripciones generales de los enfoques de diseño para situaciones de compresión, desmoronamiento, chimenea o combinadas.

<https://onepetro.org/ISRMEUROCK/proceedings-abstract/EUROCK20/All-EUROCK20/ISRM-EUROCK-2020-007/449609?redirectedFrom=PDF>

### The evaluation of large deformation in deep underground mine excavations using RQD

Autores: R. Morla, Glencore CSA Mine, Cobar, Australia; G.B. Sharrock, Itasca Australia Pty Ltd, Brisbane, Australia.

La designación de calidad de la roca (RQD) es un índice utilizado en los sistemas de clasificación de macizos rocosos definido como "el porcentaje de núcleos de perforación sanos con un espaciamiento de más de 10 cm". Debido a su simplicidad, muchas operaciones mineras recopilan el RQD, y se han intentado establecer correlaciones entre el comportamiento del subsuelo con grandes deformaciones y el RQD (o espaciamiento de las capas). Aun así, las observaciones en la mina CSA indican que el RQD no se correlaciona bien con el comportamiento del terreno en macizos rocosos de limolita silícea altamente anisótropos. En la CSA, los estudios de casos de QTS North y QTS Central indican que se produce una gran deformación del túnel en materiales con RQD "pobres" y "excelentes". Se encontró que deformaciones importantes son originadas por elevados estados de esfuerzo inducidos por el pilar generado por excavación minera por etapas, en lugar de un RQD bajo. A partir del estudio, se concluyó que el RQD por sí solo es insuficiente para determinar la probabilidad de grandes deformaciones en áreas esfuerzos elevados.

<https://onepetro.org/ISRMEUROCK/proceedings-abstract/EUROCK20/All-EUROCK20/ISRM-EUROCK-2020-193/447427?redirectedFrom=PDF>

### Underground oil caverns conversion to heat storage facility in Helsinki

Autores: N. Blomqvist, A. Wegelius, R. Schamarin, Pöyry Finland Oy, Finlandia.

La empresa de energía de la ciudad de Helsinki, Helen, ha comenzado a construir las instalaciones de almacenamiento de calor de distrito más grande de Finlandia en las antiguas cavernas de petróleo de la isla de Mustikkamaa, cerca del área

de la ciudad de Helsinki. Las instalaciones de almacenamiento de calor se completarán en 2021.

Durante las décadas de 1980 y 1990, se utilizaron previamente tres cavernas subterráneas de roca para almacenar combustible pesado. Dos de las cavernas, con un volumen de 260,000 m<sup>3</sup>, ahora se convertirán en una instalación de almacenamiento de calor.

El calor del distrito se almacenará en las cavernas para ser utilizado en otro momento más adecuado. En la descarga, el calor puede utilizarse como calor de distrito. Las instalaciones de almacenamiento de calor proporcionarán flexibilidad al sistema de energía, ya que equilibrarán el consumo de calor, que es variable. El agua caliente es utilizada para el almacenamiento de calor. La capacidad energética de la instalación es de 120 megawatts, lo que permite calentar el área de Helsinki durante cuatro días.

La instalación de almacenamiento de calor se ubicará completamente bajo tierra en espacios de túneles existentes. La implementación técnica ha sido diseñada sin excavación extra de roca en las cavernas. Solo se necesita excavar un nuevo espacio para la sala eléctrica y el transformador, y se necesitan diez perforaciones nuevas desde la superficie para cables y tuberías. Las cavernas de almacenamiento permanecerán como están actualmente y no se realizarán reparaciones ni soporte adicional.

Se han realizado simulaciones mecánicas y térmicas de rocas para modelar el comportamiento a largo plazo del macizo rocoso. La temperatura del agua en las cavernas será de hasta 100 °C durante la operación. El calor de las rocas alrededor de los espacios técnicos de los túneles será de hasta 60 °C.

Durante la operación, las condiciones ambientales son muy desafiantes. El aumento de temperatura provoca cambios de esfuerzos y movimientos de rocas alrededor de los túneles y en la superficie. Debido al alto contenido de cloro del agua subterránea y la alta temperatura, las condiciones son altamente corrosivas.

<http://onepetro.org/ISRMEUROCK/proceedings-pdf/EUROCK20/All-EUROCK20/ISRM-EUROCK-2020-206/2255018/ism-eurock-2020-206.pdf/1>

## TUNNELS AND TUNNELLING INTERNATIONAL NOTICIAS DESTACADAS



### Herrenknecht TBM lista para proyecto de aguas residuales de Virginia 19 de julio de 2022.

AlexRenew, el proveedor de tratamiento de aguas residuales de Alexandria, Virginia, recibió una tuneladora Herrenknecht para su proyecto RiverRenew.

La TBM de 4.47 m de diámetro excavará el Túnel Waterfront de 3.2 km (2 millas) que capturará, almacenará y transportará las aguas residuales combinadas a AlexRenew, donde se purificarán y devolverán al Río Potomac.

RiverRenew es el proyecto de infraestructura más grande en la historia de Alexandria y, una vez completado, evitará que más de 120 millones de galones de aguas residuales combinadas contaminen el Río Potomac, Hunting Creek y Hooffs Run cada año. La finalización del proyecto está prevista para julio de 2025.

Además de la construcción del túnel, que tendrá una profundidad de 30 m, el proyecto incluye instalaciones de desvío para dirigir 130 millones de galones de aguas residuales combinadas al sistema del túnel; el interceptor Hooffs Run de 800 m de largo (media milla) y 1.8 m de ancho (6 pies), las estaciones de bombeo alojadas en dos pozos grandes y una superestructura para albergar el equipo de la estación de bombeo.

La tuneladora ha sido nombrada Hazel en honor a Hazel Johnson, una de las principales pioneras de Estados Unidos en justicia ambiental.

Fuente: <https://www.tunnelonline.info/news/herrenknecht-tbm-ready-for-virginia-wastewater-project-9860201>

### Túnel peatonal prefabricado erigido en Toronto 20 de julio de 2022.

Un nuevo túnel para peatones y ciclistas está tomando forma junto con el proyecto de tránsito de tren ligero (LRT) de Finch West en Toronto.

Se instalaron dieciocho segmentos de túneles de concreto debajo de la rampa de entrada en dirección sur de la autopista

400 en Finch Avenue West, formando el cuerpo del nuevo túnel de usos múltiples. Los 18 segmentos, cada uno con un peso de 39.5 toneladas, se instalaron durante un fin de semana.

El túnel tiene 32 m de largo, pero todo el portal se extiende por 155 metros.

El túnel prefabricado tiene espuma rígida en la parte superior, inferior y laterales, proporcionando protección térmica y aislamiento acústico. Una barrera de vapor debajo de cada sección de concreto brinda protección adicional contra las fugas de agua subterránea.

Ahora se construirán los portales y se instalará un sistema de drenaje para ayudar a mitigar las inundaciones. El sistema de drenaje incluye un sistema de alarma que notifica a los equipos de mantenimiento de inmediato en caso de acumulación inesperada de agua.

Finch West LRT es una línea de 11 km que proporciona mejores conexiones en el noroeste de Toronto. Tiene 18 paradas, incluido un intercambio subterráneo en la estación de metro Finch West. Está previsto que la nueva línea comience a operar el próximo año.

En 2018, Infraestructura Ontario y Metrolinx adjudicaron el contrato de diseño, construcción, financiación y mantenimiento a Mosaic Transit Group, que incluye ACS Infrastructure Canada, Aecon, CRH Canada Group, Dragados Canada, Dufferin Construction Company, Arup Canada, Dillon Consulting, DPM Energy, DTAH, Perkins + Will Canadá, Sener SES Canadá y RBC Dominion Securities.

Fuente: <https://www.tunnelonline.info/news/precast-pedestrian-tunnel-erected-in-toronto-9863172> <https://www.tunnelonline.info/news/precast-pedestrian-tunnel-erected-in-toronto-9863172>

### HS2 elogia exitosa prueba de generador de hidrógeno 21 de julio de 2022.

Un sitio de construcción de HS2 en Londres ha probado con éxito dos generadores de electricidad basados en celdas de combustible de hidrógeno.

Las dos unidades de energía de hidrógeno (HPU) GeoPura de 250 kVA se probaron durante el último año en Victoria Road Crossover Box de HS2 en Ealing, como reemplazo directo de los generadores diésel para alimentar la maquinaria en el sitio.

Las HPU fueron probadas y puestas en servicio en el sitio en agosto de 2021 por el contratista de obras civiles de la red eléctrica de HS2, Skanska Costain Strabag (SCS JV). La prueba mostró que las unidades eran capaces de producir la energía necesaria para alimentar los equipos para las operaciones del sitio, y redujeron el carbono y mejoraron la calidad del aire para los trabajadores y la comunidad local.

Andrea Davidson, gerente de calidad del aire de HS2, dijo que la prueba era un ejemplo de cómo HS2 estaba impulsando el cambio en la industria. Probar innovaciones de combustibles alternativos también ayudaría a desarrollar un próspero sector de hidrógeno bajo en carbono en el Reino Unido, agregó.

"Sin contaminantes nocivos, la tecnología brinda importantes beneficios de calidad del aire a la fuerza



<http://larms2022.com/>