

Febrero 2021

WWW.TUNNELMINING.NET

MAGAZINE
tunnel
& mining

TÚNEL OLLACHEA
DESAÍOS EN ALTAS TEMPERATURAS

NICK BARTON
ENTREVISTA: RETOS DE LA
GEOTECNIA EN EL SIGLO XXI

TÚNELES EN CHILE
8 PROYECTOS Y ¿CUAL ES LA
ESTRATEGIA CONTRACTUAL?

4 MINAS PERUANAS
AUTOMATIZACIÓN, MECANIZACIÓN
Y SISTEMAS DE VENTILACIÓN

TÚNEL ESTUROY
3 carreteras submarinas

11.2 Km de túneles en las islas Feroe, Dinamarca
a 185 mt. bajo el mar - Inversión: US\$ 182 millones



Sistemas de Sostenimiento Subterráneo

Para Minería y Túnelería



**Reinforcing
Progress**

Nuestros productos

Refuerzo para macizos rocosos
Resinas líquidas inyectables
Sistema de anclaje con cables especiales
Barras helicoidales
Pernos de actuación por fricción

Placas
Sistemas tipo paraguas y drenajes
Sistemas autoperforantes
Mallas metálicas electrosoldadas y tejidas

Cerchas / Marcos tipo reticulares
Cerchas / Marcos tipo vigas (HEB, HN y THN)
Elementos especiales

2021: Más proyectos



tunnel
& mining

News 4
-Inversiones en minería y transporte - Litio y consumo de baterías - Automatización en Minera Corona - La línea 2 del metro de Lima



Ventilación subterránea en Minera El Brocal, Minera Poderosa, Minera Lincuna 10

FanTR: Ingeniería aeronáutica en ventilación de minas y túneles 12

Entrevista a Nick Barton 16



Mejora de accesos a líneas de metro en Madrid 18

Proyectos de la división de Túneles en Chile 20

Colombia: Innovación en túneles carreteros 22

Desafíos del túnel Ollachea obras en altas temperaturas 26

A Fraguíña la mina de pizarra más grande del mundo 28

Nuevo túnel submarino 11.2 km. en las Islas Feroe 30

MENSAJE DEL EDITOR

La influencia del sector minero en proyectos de infraestructura es notable en Perú y en esta edición mostramos los últimos anuncios de los ministros informando sobre la cartera de inversiones en Perú para los siguientes años, en minería e infraestructura vial. Destacamos también la entrevista al Dr. Nick Barton, autor de 260 publicaciones de geotecnia y creador del sistema Q para clasificación de macizos rocosos, quien nos alcanza comentarios para los ingenieros y el desarrollo de la geotecnia para el siglo XXI; también informamos los últimos datos de la producción y reservas de litio en el mundo, además del acuerdo de la compañía American Lithium con Plateau Energy, que explora en Puno-Perú para consolidar dos activos de litio.

Finalizado el 9no Congreso Latinoamericano Tunnel&mining -T&M realizado del 1 al 4 de diciembre de 2020, transmitido desde Lima y organizado por Elite Consulting SAC,

expresamos un cálido agradecimiento a las Asociaciones de Túneles de México, Colombia, Bolivia y España, a la Asociación Boliviana de Geomecánica y a la Fundación Chilena de Minería, por su apoyo y participación. Del mismo modo agradecemos a las empresas auspiciadoras, a todos los ponentes y a la audiencia que estuvo conectada vía Zoom y redes digitales, de tal forma vivimos una gran experiencia OnLine. En esta edición, presentamos el resumen de algunas de las 43 conferencias presentadas en el evento y que continuaremos editando durante el 2021. Expreso mi anhelo que podamos avanzar juntos, intercambiando experiencias, desarrollando proyectos para beneficio general, con la voluntad de concordar, generando confianza con las personas que viven en el entorno de los proyectos, mediante contratos adecuados, creando progreso para mejorar la calidad de vida, y donde prime la voluntad de servicio para superar todos los obstáculos solidariamente y desarrollando la ingeniería por más proyectos.

Editor

José Miguel Herrera
press@elitemin.com

Producción

Elí Torres / Manuel Fajardo
eli@elitemin.com

Colaboradores

Ing. Rómulo Mucho M.
Ing. Dugald Mc Lellan
Phd. Anselmo Pérez R.
Ing. Miguel Angel Morales C.
Ing. Antonio Alonso J.
Ing. Siegfried Arce H.

Reportes e investigación

Zurich Milton Torres F.
Barcelona Armando Torres L.
Marsella Alejandro Torres L.

Ventas

Elite Consulting SAC
Balneario de Santa Rosa, Lima
T: +51 928045653
info@elitemin.com

www.visionminera.com

CIRA LUGO
Marketing



ÉLITE
ELITE CONSULTING S.A.C.

Perú 2021: minería e infraestructura

En un reciente foro organizado por la Cámara de Comercio Americana del Perú, el ministro de energía y minas y el titular de transportes y comunicaciones, anunciaron la cartera de inversiones de transportes, para el sector eléctrico y para minería.

El titular del Ministerio de transportes y comunicaciones- MTC, Eduardo González, anunció que durante el primer semestre del presente año, se tiene previsto firmar los contratos de Gobierno a Gobierno para cuatro proyectos de suma importancia que superan una inversión de US\$ 10,000 millones, se trata de la nueva Carretera Central; la vía que conecta el Aeropuerto Internacional Jorge Chávez-Santa Rosa-Costanera en el Callao; y las líneas 3 y 4 del Metro de Lima y Callao.

Indicó además que el presupuesto de inversión asignado al sector Transportes y Comunicaciones para el año 2021, supera los US\$ 2,500 millones.

En el segundo día del evento, el Ministro de Energía y Minas-MINEM, Jaime Gálvez Delgado, resaltó que el Perú cuenta con una cartera de proyectos eléctricos por US\$ 6,025 millones, que será ejecutada en los próximos nueve años. Destacó que los proyectos de generación, que representan un monto de US\$ 3,183 millones (53% de la cartera) comprende la construcción de centrales de energías renovables, como hidroeléctricas, granjas solares y parques eólicos.

Acerca de los proyectos mineros el MINEM informa en su Boletín Estadístico Minero, la nueva cartera de proyectos de construcción de mina, conformada por 46 proyectos y el cual representa una inversión total de US\$



Jaime Gálvez D., Ministro de Energía y Minas del Perú

56,158 millones distribuidas en 17 regiones del país.

El ministro Gálvez informó que de acuerdo con la etapa de avance, son 5 los proyectos en etapa de construcción, 4 en etapa de Ingeniería de detalle, 17 en etapa de factibilidad y 20 proyectos en etapa de pre-factibilidad. Asimismo, se estima que durante los años 2021 al 2025 se iniciará la construcción 13 proyectos de la cartera. Cajamarca es la región con mayor participación del monto global de inversiones representando el 31.9% (US\$ 17,900 millones) y con 5 en Cartera.

PROYECTOS MINEROS 2021

Para este año, el proyecto más importante es Yanacocha Sulfuros en Cajamarca, por US\$ 2,100 millones y se espera el inicio de la construcción del proyecto argentífero Corani, localizado en la región Puno, con una inversión

estimada de US\$ 579 millones.

También forman parte del paquete de inversiones que iniciaría su ejecución en los próximos 12 meses, el proyecto aurífero San Gabriel en Moquegua, con inversiones que asciende a US\$ 422 millones, y la ampliación en la Minería Shouxin en Ica, para recuperar contenidos de hierro por US\$ 140 millones.

Para el 2022 deberán seguir otros dos proyectos, y queda pendiente para el próximo gobierno, uno de ellos es, Zafranal ubicado en Arequipa, proyecto por US\$1,200 millones, vendido por AQM Copper a la empresa Teck Resources Limited; el otro es Los Chancas por US\$2.800 millones, a cargo de Southern Copper.

De tal forma la minería en Perú continúa constituyéndose como la fortaleza de la economía, cuando más del 50 % de la exportaciones es generado en este sector.

www.wtc.2022.dk

WORLD TUNNEL CONGRESS IN DENMARK
ITA-AITES
WTC 2022
22-28 APRIL 2022 Copenhagen

American Lithium acuerda adquirir Plateau Energy

PERÚ

>> Con el objetivo de aumentar la base de recursos al combinar los proyectos: TLC en Nevada y Falchani en Perú.

ELÍ TORRES LUGO



La empresa Plateau Energy Metals, propietaria del proyecto Falchani Lithium en la localidad de Macusani en Puno-Perú, realizó el 2018 un primer anuncio acerca del descubrimiento de un yacimiento de litio, próximo a la zona donde la misma empresa explora uranio desde la década pasada, estimando que Perú estaría entre los 6 países con mayores recursos. Este mineral afirma la compañía se encuentra en roca entre los 45-80 mt. y a diferencia de los salares de Chile y Argentina, tiene 7 veces mayor contenido, para explotarse a tajo abierto, con bajos costos operativos, según afirmó Ulises Solís gerente general de la Falchani. “Esperamos que el 2021, los recursos del proyecto Falchani pueden pasar a reservas y la producción debe iniciarse a mediados del 2022, con un carbonato de litio de alta pureza, mayor a 99.5 %” concluyó hace algunos meses en un importante evento en Perú. Cabe mencionar que el estudio de la consultora australiana DR Global estima una inversión

global de US\$ 2,089 millones, en el desarrollo de la mina de los cuales US\$ 587 corresponden al Capex inicial.

AMERICAN LITHIUM

El área de Tonopah Lithium Claims (TLC), en Nevada-USA, propiedad de American Lithium se encuentra en una cuenca sedimentaria potencialmente importante, cercana a carreteras pavimentadas, energía, etc. con recursos hídricos que no están restringidos y a 4 horas de la gigafábrica de Tesla. El informe técnico más reciente de la compañía, indica un recurso de 5.37 Mt. de carbonato de litio equivalente LCE junto con otro recurso inferido de 1.76 Mt LCE.

El CEO y director de American Lithium, Michael Kobler anunció el 9 de febrero 2021, la firma de un acuerdo de arreglo definitivo con la empresa Plateau Energy, para consolidar dos activos de litio no desarrollados, muy importantes y estratégicos en América. Según el

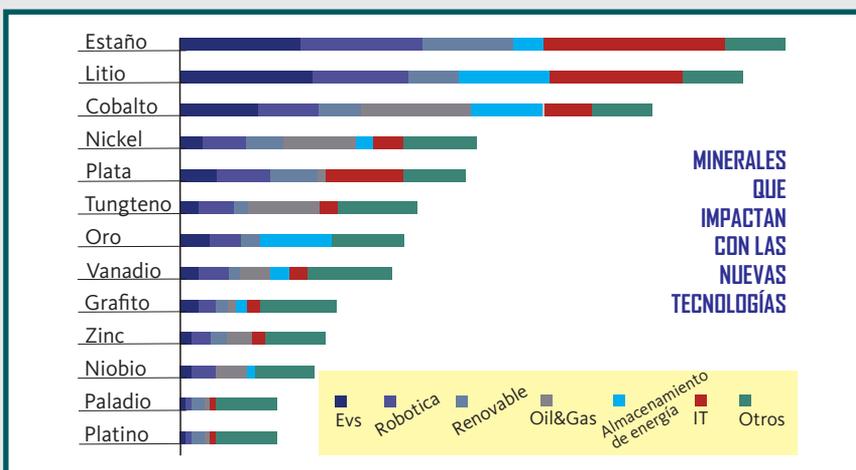
comunicado, se espera que los accionistas de Plateau posean aproximadamente el 21% de las acciones de American Lithium en circulación sin diluir una vez completada la transacción. El acuerdo aumentaría sustancialmente la base de recursos al combinar el proyecto TLC de American Lithium en Nevada y el proyecto Falchani de Plateau, en Perú.

El Acuerdo ha sido aprobado por unanimidad por los consejos de administración de American Lithium y Plateau, y los consejeros de Plateau, basándose en la asesoría de un comité especial de consejeros independientes, recomiendan que los accionistas y tenedores de opciones voten a favor de la transacción, en la reunión que tendrían en abril próximo.

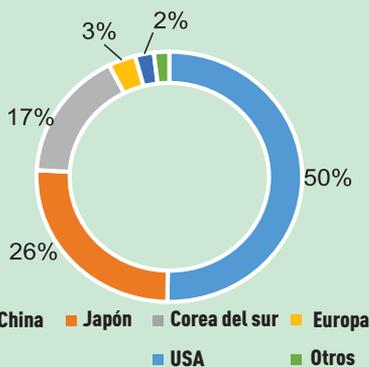
USOS DEL LITIO

El litio es el mineral que proyecta un consumo exponencial al 2040 y actualmente los mercados globales de uso final se estiman de la siguiente manera:

Baterías:	65%
Cerámica y vidrio:	18%
Grasas lubricantes:	5%
Para polímeros:	3%
Polvos de fundente para moldes de colada continua:	3%
Tratamiento del aire:	1%
Para otros usos:	5%



Centros de consumo de litio DESARROLLO DE BATERÍAS



Fuente: Cochilco en base a BMI y Roskill.

PAÍS	PRODUCCIÓN MINA			RESERVAS (Millones de Toneladas)	RECURSOS
	2018	2019	2020		
United State	---	---	---	0.75	
Argentina	6,400	6,300	6,200	1,90	17.00
Australia	58,800	45,000	40,000	4.70	6.30
Brazil	300	2,400	1,900	0.09	--
Canada	2,400	200	---	0.53	--
Chile	17,000	19,300	18,000	9.20	9.00
China	7,100	10,800	14,000	1.50	4.50
Namibia	500	---	---	--	--
Portugal	800	900	900	0.06	--
Zimbabwe	1,600	1,200	1,200	0.22	--
Bolivia					21.00
Otros	---	---	---	2.10	
Total	95,000	86,000	82,000	21.00	

EL CONSUMO Y TENDENCIAS

El consumo global de litio en 2019 se ha estimado en 57,700 ton. de contenido de litio, un aumento del 18% respecto a las 49,100 ton. en el 2018.

Sin embargo, el consumo el 2019, fue más bajo de lo anticipado debido a que China estuvo reduciendo los subsidios a los vehículos eléctricos.

PRODUCCIÓN MUNDIAL

En el cuadro que presentamos se puede ver la producción mundial de litio siendo Australia el mayor productor, además Chile contiene las

mayores reservas con 9.2 millones de toneladas, según datos del servicio geológico de Estados Unidos.

LITIO EN BOLIVIA

Bolivia alberga el depósito con recursos de litio más grande del mundo, a 3,653 msnm. en el Salar de Uyuni, con 21 millones de toneladas. Pusieron en marcha la Planta Piloto de Carbonato de Litio, la Planta Piloto de ensamblado de baterías de Litio y el 23 de agosto de 2017, inauguraron la Planta Piloto de Materiales Catódicos. Yacimientos de Litio Bolivianos - YLB, a la fecha tienen dificultades para el tratamiento por la relación Litio-Magnesio en su estructura, y por la insuficiente

evaporación. No se ha logrado alcanzar una pureza para el uso de baterías y las plantas piloto aun no informan sobre resultados convincentes se pueda determinar reservas.

PRONÓSTICO

La Agencia Internacional de la Energía pronostica que de los actuales cinco millones de vehículos eléctricos se pasará a 23 millones en el 2023. Así, el mercado de las baterías de litio, se multiplicará casi por diez, en los próximos cuatro años.



RÓMULO MUCHO

Litio, tecnología e innovación

» El desarrollo del litio necesita de profesionales competentes afirma. Además propone una Agencia de Ciencia y Tecnología en Perú.

Para el ex viceministro de Minas, Rómulo Mucho, la explotación y el procesamiento de litio en el yacimiento ubicado en Puno, favorecerá la formación de un polo de desarrollo que dinamizará la actividad económica de las regiones del sur del país, además precisó que la demanda de mano de obra calificada se incrementará.

“Cuando avance el proyecto habrá necesidad de enviar profesionales a capacitarse a países como China, Alemania, Corea, Japón, entre otros. El objetivo es contar con especialistas en el tratamiento del litio”, dijo.

El Ing. Mucho subrayó, que el litio está considerado como el metal con riesgo cero en este tipo de operaciones, debido al gran mercado existente. Explicó que al ser los fabricantes de autos eléctricos uno de los grupos más interesados en el litio, aquí se podrían elaborar los motores para estas

unidades e inclusive instalar en el Perú una planta de autos eléctricos”, aseveró.

Rómulo Mucho quien ha sido congresista y Presidente del INGEMMET, participó en el Encuentro Científico Internacional el 11 de enero y afirmó que el camino del Perú es una alta calidad de educación y el desarrollo de la ciencia y la tecnología siendo su propuesta la siguiente:

La repatriación de científicos peruanos que se encuentran en el extranjero, la creación de la Agencia de Ciencia y Tecnología autónoma e independiente, con plazos y metas claras, sin que el gobierno interfiera; además de elevar la inversión en ciencia y tecnología en términos de porcentaje del PBI. En Perú es el 0.12% hace muchos años y es insuficiente.



MECANIZACIÓN y automatización en minera corona

La mina Yauricocha trabaja con túneles y altos altos esfuerzos inducidos por el método Sublevel Caving y reduce sus costos con innovación y nuevas tecnologías. Conozca los avances de la automatización (fase 1).



ROBERTO MEZA
Superintendente Corporativo de Geomecánica y Geotecnia
Sierra Metals

La Mina Yauricocha de Minera Corona, pertenece a Sierra Metals Inc. y se encuentra ubicada en el distrito de Alis-Yauyos, departamento de Lima, a 340 km. al este de la ciudad de Cañete. La mineralización de polimetálico y sulfuros de cobre se presenta en el contacto Skarn producto del contacto con intrusivo (Diorita) y sedimentario (Caliza).

Utilizando el método de explotación sublevel caving-SLC, la mecanización y automatización en sus operaciones, y con una secuencia de minado, tanto horizontal como vertical se ha logrado trabajar con una velocidad de minado que impactan en los costos de operación, porque se puede extraer un mayor tonelaje de mineral de una ventana, sujeto a rápidas deformaciones, de tal forma se puede avanzar hacia otros niveles.

Resultado de ello, durante el 2019 el costo de minado mediante el SLC en diferentes zonas resultó entre 70-80 US\$/ton. y durante el 2020 con un mayor velocidad de minado y una preparación rápida dentro de la vida útil de las vent. permite una mayor producción y un a reducción de los costos entre 55-65 US\$/ton.

MECANIZACIÓN EN LA MINA

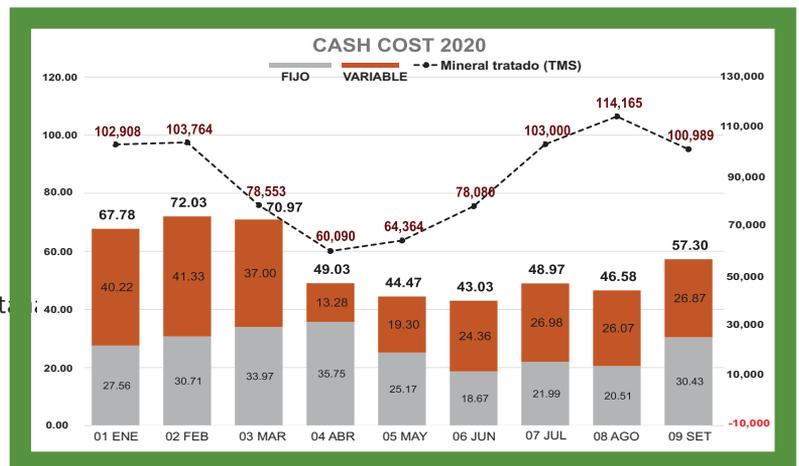
Para el sostenimiento, se encuentra la instalación de las cimbras, que antes era de forma manual. Se ha mecanizado también las perforaciones radiales del sublevel caving y la extracción de mineral, se utiliza robots lanzadores para shotcrete y así trabajar mejor las labores críticas.

Existen proyectos de profundización de 800 hasta 1,200 mt. y la mina se prepara, para posibles esfuerzos inducidos tanto por la explotación y también por la altura litostática, que pueden provocar

estallidos de rocas. Estos son los proyectos de medición de esfuerzos insitu (over coring y emisiones acústicas) e instalación de geófonos microsísmicos en la Mina central Cachi-Cachi.

AUTOMATIZACIÓN

Se ha concluido la Fase 1, con la instalación de la fibra óptica que facilitará monitorear en tiempo real la concentración de eventos microsísmicos que permitirán gestionar adecuadamente los riesgos asociados a posibles estallidos de rocas, al control de operaciones (scoop, dumper, bolter, robot lanzador, ventiladores y jumbos). Por ahora los monitoreos continuos de convergencias en las ventanas, nos permitieron obtener la velocidad de Deformación Vs. Tiempo y desplazamiento, antes y después de la falla de las cimbras, como consecuencia de ello se pudo determinar la vida útil de las ventanas entre 80-90 días.



Nota de redacción: El informe EIA 2021 de Sociedad Minera Corona, indica un presupuesto de US\$140 millones de inversión para una serie de modificaciones y mejoras en su unidad minera Yauricocha para continuar con “mejoras tecnológicas y sustitución de equipos” con el fin de aumentar hasta en un 20% la capacidad de la Planta de Beneficio Chumpe – Yauricocha, y procesar de 3,000 a 3,600.TMS/día.

Piezómetros de cuerda vibrante en el embalse de Poechos-Piura



SIEGFRIED ARCE

» Han sido conectados a una red de nodos inalámbricos GeoNet de Geokon que transmiten la data a un sistema centralizado de monitoreo en tiempo real.

El embalse de Poechos en Piura de 500 Mm³ incluye la presa de tierra y núcleo central de concreto más larga del Perú, con más de 10 Km. de longitud aproximadamente. Como parte de un consorcio, Tata Soluciones suministró e instaló 41 piezómetros de cuerda vibrante Geokon en varios sondajes y otras secciones de la presa en el talud aguas abajo, y cinco piezómetros en



la galería de concreto, además de piezómetros stand-pipe o Casagrande, y otros instrumentos de monitoreo como acelerógrafos, prismas, 3D crackmeters, y otras estaciones más de aforo para monitorear las filtraciones de la presa.

Los piezómetros de cuerda vibrante han sido conectados a una red de nodos inalámbricos GeoNet de Geokon que transmiten la data a un sistema centralizado de monitoreo en tiempo real. Las fotos muestran la instalación de los nodos GeoNet que se suministran desde uno hasta 8 canales.

EMBALSE DE RÍO GRANDE

En otro caso, para proporcionar monitoreo continuo y automatizado de las condiciones del Embalse de Río Grande durante la construcción y revitalización, se instalaron sensores geotécnicos, incluidos los monitorear la presión de los poros en la presa y

las áreas circundantes y se automatizaron utilizando nodos inalámbricos GeoNet conectados de forma segura a una puerta de enlace de rosca sensemetrics in situ. Además, la plataforma en la nube Sensemetrics recopila mediciones continuas de los niveles de los lagos mediante llamadas API y métricas de flujo mediante medidores de flujo Endress+Hauser Group conectados a subprocesos instalados en tuberías de hasta 126" de diámetro. Todos los sensores automatizados presentan de forma segura datos casi en tiempo real para las partes interesadas del proyecto. Mayor información, los invito a visitar:

www.tata22.net o www.geokon.com

Brasil: la minera Vale deberá pagar US\$ 7000 millones por la tragedia en Brumadinho

» La compañía minera Vale acordó con el gobierno de Minas Gerais, el pago por los daños ocasionados, tras la tragedia en el municipio Brumadinho en 2019, que dejó al menos 270 personas muertas.

El 25 de enero de 2019 el municipio Brumadinho, en el estado Minas Gerais, suroriente de Brasil, sufrió una de las peores tragedias en la historia del país. La rotura de una presa con 13 millones de metros cúbicos con desechos mineros, de "Córrego de Feijão", copropiedad de la empresa Vale que causó una avalancha que arrasó con todo a su paso. Centenares de casas y propiedades quedaron sepultadas y 270 personas murieron. Una gran

cantidad de víctimas fueron trabajadores de la misma empresa. Ahora, después de dos años de reclamos y múltiples rondas de negociaciones, la compañía acordó con el gobierno local pagar una indemnización de alrededor de 7,000 millones de dólares por los daños "sociales y ambientales" causados. El gobernador del estado, Romeu Zema, informó que el dinero que se pagará por medio de los tribunales se destinará directamente a obras para la

población como mejoras en las áreas de salud, saneamiento básico, proyectos de seguridad hídrica, la construcción de una carretera y educación. Las obras según él gobernador pueden generar 365,000 puestos de trabajo.

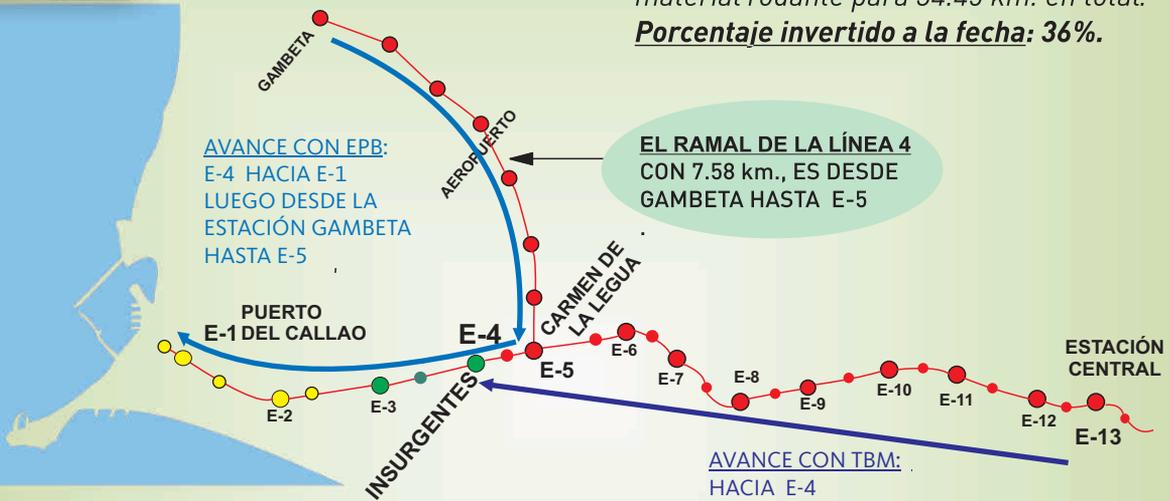
El desastre de Brumadinho es el segundo colapso fatídico de una presa en una instalación afiliada a Vale en los últimos cuatro años, lo cual alertó a la industria minera y a los inversionistas sobre los peligros de miles de presas en todo el mundo.



Línea 2 del metro de Lima

Estaciones E-1 a E-27 >> 26.87 km.
 Inversión: US\$ 4,531 millones sin IGV, e incluye la línea 2 y el ramal de la línea 4, así como el material rodante para 34.45 km. en total.
 Porcentaje invertido a la fecha: 36%.

OCÉANO PACÍFICO



- ESTACIÓN EN EJECUCIÓN
- ESTACIÓN PRÓXIMA EJECUCIÓN
- ESTACIÓN PENDIENTE

- TÚNEL EJECUTADO
- TÚNEL POR EJECUTAR
- Pozo en ejecución
- Pozo próxima ejecución
- Pozo pendiente



www.metrolima2.com

18 y 25 MAYO

tunnel & mining

Carreteras-Viaductos-Trenes

Conferencias y entrevistas

www.tunnelmining.net

ORGANIZAN:



Minera El brocal duplica su capacidad de ventilación

JOSÉ LUIS
ARIAS



>>Gran experiencia desde el diseño hasta su ejecución con una inversión de US\$ 8.5 millones

En el 2015 la producción en Cia. Minera El Brocal era 6,000 TM/día de cobre, en la zona de Marca Punta Norte, al sur de la ciudad de Cerro de Pasco-Perú, (+ 4,000 msnm,) y al 2017 se ha incrementado a 10,000 TM. El 2015 se trabajaba con 716,000 cfm, y luego se llegó a 1 millón 524 mil cfm en el 2017. La inversión en chimeneas ha llegado a US\$ 7 millones y para los sistemas de ventilación se alcanzó US\$ 1.5 millones. El equipo de trabajo acumula una gran experiencia, habiendo realizado todos los diseños, la ejecución del proyecto hasta su culminación y puesta en marcha de los sistemas. Se han usado para el incremento,

02 ventiladores de 300,000 cfm con potencia de 600HP. Asimismo, para la ventilación auxiliar se usó inicialmente caudales de 30,000 cfm a ventiladores de 60,000 cfm, y en general también se ha duplicado el requerimiento de aire fresco en la mina en los últimos 3 años, lo cual resulta meritorio y confirma las buenas prácticas. La mina Marcapunta Norte, es una operación subterránea que explota minerales de cobre, y la Minera El Brocal ha organizado sus planes de crecimiento dentro de un portafolio de proyectos que responde a un plan estratégico que busca el desarrollo sostenible.

El Programa de Ampliación de Operaciones aprobado en agosto de 2008, empezó a desarrollarse

intensamente en el año 2009. La empresa busca incrementar la capacidad de producción de mineral actual de 5,500 TMD a 18,000 TMD, a través de la explotación y procesamiento del mineral de las ampliaciones de las minas Tajo Norte y Marcapunta Norte.

José Luis Arias, es ingeniero de minas y especialista en Ventilación Subterránea.

Nuevos trabajos en el circuito de ventilación auxiliar en Cia. Minera Poderosa

>>La minera esta comprometida a la investigación de futuros escenarios para la mejor aplicación de la ventilación

JAVIER
LUCAR



Esta mina ubicada entre los 1,250 y 3,100 msnm., en Pataz, La Libertad-Perú produce oro desde 1982. Es un yacimiento filoneano, que corresponde al Batolito de Pataz, y sus dos plantas tratan hasta 1,600 TM/día. Invierte en exploración para llegar al objetivo de producir 250 mil onzas de oro para el año 2021, manteniendo un nivel de reservas de por lo menos tres años de operación. Además, con el desarrollo del proyecto hidroenergético Lavasen, se propone cubrir su demanda de energía de forma limpia y eficiente. Para afrontar el alto consumo de

energía en el circuito de ventilación auxiliar y debido a la ventilación con el aire comprimido en las chimeneas, se ha implementado mangas de hasta 100 mt. en las labores auxiliares, lo que permitió la disminución del porcentaje de gas, y se ha controlado la recirculación del aire viciado. También se ha reducido el consumo de energía a cantidades menores al 30% y la temperatura se ha reducido entre 2 y 3°C. Estos trabajos son para mantener los caudales necesarios y se proponen, automatizar los sistemas para reducir el consumo de energía y

para detectar los gases. En los últimos años Minera Poderosa se comprometió a investigar más los escenarios posibles, para una adecuada aplicación de los sistemas de ventilación auxiliar para optimizar su desempeño.

Una ventilación deficiente afecta la salud de los trabajadores y los ciclos de operación, generando pérdidas económicas en las empresas mineras. Javier Lucar Marrou, es ingeniero de planeamiento a largo plazo en la Cia. Minera Poderosa S.A.

Underground

A 600 m. de profundidad: mejoras en la ventilación en Cia. de minas Lincuna

>>La Unidad Huancapetí de Cia. de Minas Lincuna está ubicado entre las provincias de Aija y Recuay en Ancash-Perú a 3,920 msnm., y la producción se inició el 2016. El yacimiento tiene una mineralización hidrotermal y es del tipo relleno de fracturas; con vetas argentíferas, mantos y cuerpos polimetálicos. Tiene tres minas que trabajan para cumplir una producción anual de 923,228 TM.

Las minas Hércules, y Caridad se explotan con el método de corte y relleno con realce y con taladros largos; la mina Conturcan utiliza los métodos anteriores y trabaja también con el método de cámaras y pilares.

PROYECCIÓN DE LA MINA

Se tiene el objetivo de contar con un circuito principal de aire viciado, disminuir la temperatura en la mina de 28.5 °C a 24°C, y la recirculación de 15% a 3%.

Además se proyecta incrementar la cobertura de aire y mantener la concentración de gases debajo de los límites (D.s 024-2016 EM y su MOD D.s 023-2017 EM).

REDUCCIÓN DE COSTOS

• Con la implementación de temporizadores a los ventiladores auxiliares al 72% se ahorró 2,890 US\$/mes, lo cual representa un 4.9%.

La instalación de 2 ventiladores en paralelo en la zona más profunda constituye uno de los importantes avances del sistema.

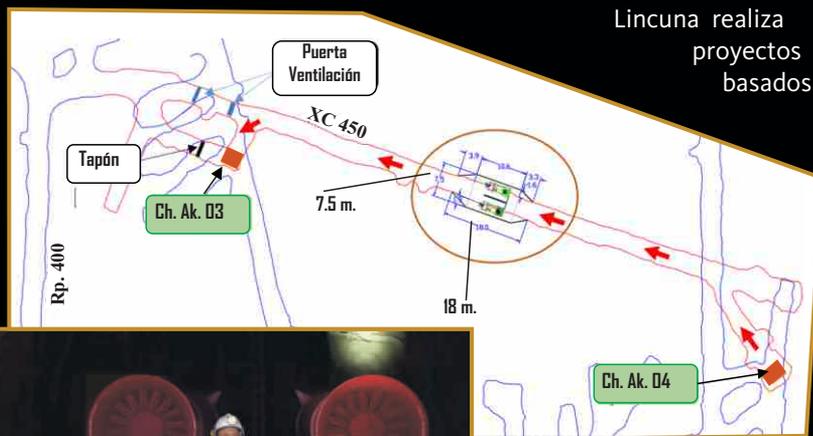


MANUEL VELA

- Con la instalación de los 2 ventiladores extractores en paralelo se ahorrará 4,712 US\$/mes respecto al costo actual que representa un 8.4%.
- Se implementó ventiladores auxiliares de alta presión estática, mayor longitud de ventilación, se redujo los enseriados que permitirá regular los caudales, y un significativo ahorro de energía.

En enero 2021 se han instalado 2 ventiladores en paralelo, en la zona más profunda, de 48" de diámetro, con un caudal de 95 Kcfm y 200 Hp de potencia cada uno, con 9" de presión de agua. De esta forma la cobertura de aire se incrementará de 101.2% a 115.7%. La inversión para estos trabajos ha representado un monto aproximado de US\$ 800,000.

De esta forma Cia. de Minas Lincuna realiza proyectos basados



En abril del 2020 se culminó la construcción de 4 chimeneas Raise Climber en la Mina Hércules, esto nos permite contar con un circuito principal de extracción de aire viciado e ingreso de aire, y avanzar con los objetivos. En total se ejecutó 565 mt. de chimeneas

infraestructura, proyectos productivos y el fortalecimiento de capacidades empresariales comunales basadas en relaciones de confianza y trabajo en conjunto.

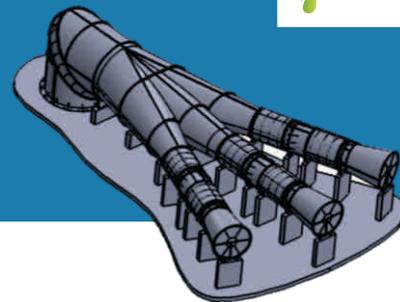
El autor del artículo es José Luis Arias, Ingeniero de minas y Jefe de Ventilación en la unidad minera Huancapetí en Cia. de Minas Lincuna.

Tecnología aeronautica aplicada a la Ventilación subterránea



INGENIERÍA EN VENTILACIÓN

Los sistemas de ventilación subterráneos en Brasil, los equipos utilizados, la presentación de casos prácticos en túneles y minas y la implementación de tecnología aeronáutica en la fabricación de equipos de ventilación minera, fueron los temas dictados por los ponentes de FanTR en el último Congreso Latinoamericano de Túneles Tunnel&Mining 2020, desarrollado del 1 al 4 de diciembre, transmitido desde Lima-Perú.



TECNOLOGÍA APLICADA

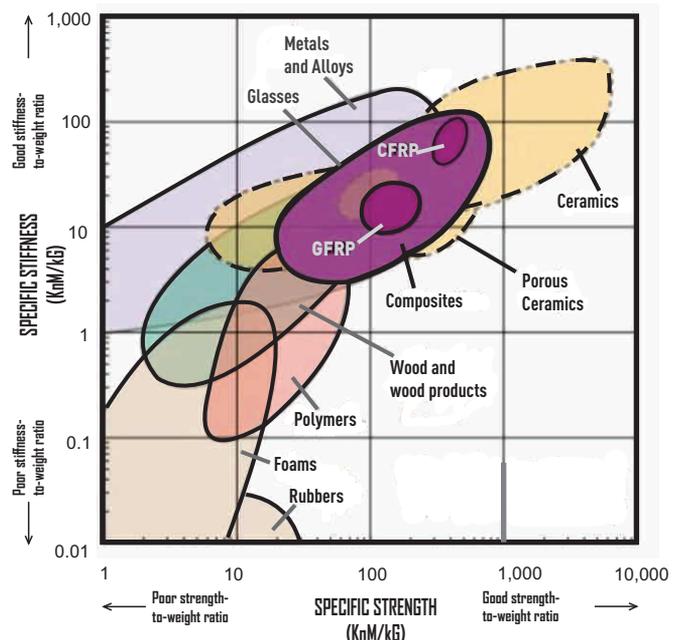
El desarrollo de álabes de materiales compuestos en ventilación subterránea está enfocado a garantizar que la pieza tenga las mejores propiedades mecánicas en su aplicación, sin embargo, el proceso de desarrollo no se detiene ahí, se deben hacer todas las modelaciones y las pruebas computacionales, así como extensas pruebas físicas y de rendimiento para validarlas. Para esto la empresa utiliza software CFD y estaciones de ensayo de fatiga y de desempeño. FanTR cuenta con una estación de ensayo de 10.5 metros de diámetro y una altura de 15 metros, además de bancos de pruebas especializados para realizar pruebas en tamaño real, cumpliendo las normativas internacionales aplicables. Las estaciones de prueba de fatiga y de rendimiento, así como de fiabilidad y alta temperatura (ISO5801, AMCA210, ISO13350, ISO21927-3 y EN12101-3) complementan el desarrollo de los productos que se aplican con gran éxito y se citan en las siguientes líneas.

MODELOS DE VENTILADOR

— Los ventiladores principales poseen diámetros de 1530 mm (60in) hasta 2440 mm (96in), con potencias que alcanzan los 700 HP por ventilador. Cada ventilador puede llegar a proporcionar un caudal de hasta 200 m³/s, lo que equivale a 424 kcfm, aunque es más usual un flujo de hasta 300 kcfm por ventilador.
— En muchos casos, los sistemas de ventilación principal son dispuestos en bifurcaciones o trifurcaciones y esta

configuración permite elevar la capacidad volumétrica del sistema hasta 420 m³/s o casi 900 kcfm.

— Los ventiladores son diseñados para alcanzar una presión estática de 2500 a 5000 Pa (10 a 20 inH₂O), en algunos casos prácticos FanTR ha logrado implementar sistemas trifurcados de ventiladores axiales que poseen un rendimiento comparable al de los sistemas centrífugos, alcanzando presiones estáticas de hasta 7000 Pa (28 inH₂O) conservando altas eficiencias.





Carlos Porras
Ventas y Desarrollo
de Negocios
Colombia



Marcelo Carvalho
Director de ventas
globales y
marketing



Neif Alem
Gerente de tecnología
y aplicación de
producto



Victor Silva
Ingeniero de
Investigación y
Desarrollo

Ponentes FanTR en el 9no Congreso Tunnel&Mining

DISEÑO EFICIENTE

En el pasado, la mayoría de las minas en Brasil utilizaban casas de ventilación o sistemas de ventilación vertical, los cuales han sido desplazados por sistemas de curvas de bifurcaciones o trifurcaciones y chimeneas, debido a las notables ventajas que estos ofrecen.

—Permiten optimizar las labores de mantenimiento, haciéndolas mucho más sencillas.

—Poseen una menor pérdida de carga del sistema, ofreciendo optimizaciones aerodinámicas del flujo, es decir, una menor turbulencia, lo que se traduce en mayor eficiencia.

—Además ofrecen la posibilidad de trabajar en operación parcial usando dämpers electromecánicos y la implementación de sistemas de control remoto automatizado.

SOLUCIONES A MEDIDA

También están las chimeneas de salida, las cuales ofrecen una disminución considerable de los niveles de ruido, siendo posible instalar sistemas de gran capacidad en espacios reducidos o con restricciones medioambientales. Los conos de recuperación de presión permiten mejorar la eficiencia de los equipos, disminuyendo la potencia requerida para mover el mismo caudal. Cada una de estas disposiciones tiene consideraciones de diseño que son necesarias y se deben tener en cuenta, FanTR estudia cada proyecto de forma independiente, realizando todas estas optimizaciones y adaptando cada solución a sus necesidades específicas.

MEJORA DE LA VENTILACIÓN

En casos de sistemas de ventilación principal, al implementar las soluciones, se debe prestar atención a posibles restricciones en el área donde van a ser instalados. El desafío en este tipo de proyectos es diseñar un sistema que atienda estas restricciones geométricas y eléctricas, considerando todas las características especiales que hay en su operación, para elegir la cantidad de equipos que pueden implementarse para hacer la división del caudal y la potencia instalada para establecer el diseño más eficiente en términos aerodinámicos. Es indispensable hacer un estudio profundo de las características aerodinámicas del sistema para que exista la menor cantidad de pérdidas posibles en las curvas y derivaciones del sistema; además, aunque estas pérdidas

sean mínimas, es necesario también conocer sus valores para considerar la selección de los ventiladores. Para estos estudios FanTR utiliza software de simulación de fluidos CFD, que permite prever el comportamiento del aire en el sistema y determinar cada una de estas características asegurando su adecuado comportamiento aerodinámico.

SIMULACIÓN Y MODELAMIENTO

Considerando las limitaciones de espacio para la instalación se genera un diseño y se inicia la optimización aerodinámica mediante la simulación CFD. La empresa posee la capacidad de diseñar la instalación



que tenga la menor pérdida de carga posible. Una vez que se conoce la pérdida de carga de la instalación, es posible considerar con precisión, la configuración del ventilador que proporcionará la mejor eficiencia energética. La metodología CFD es de alta complejidad y ha sido validada exhaustivamente en bancos de experimentos de FanTR, asegurando que los resultados de las simulaciones computacionales corresponden al comportamiento del equipo real.

RENDIMIENTOS ÓPTIMOS

En la imagen, un túnel de viento diseñado y fabricado por FanTR, utilizando el mismo concepto de las bifurcaciones de la ventilación principal en minería. Se destaca el desplazamiento laminar del aire, lo que quiere decir que no existe una turbulencia apreciable y garantiza el mejor rendimiento posible del sistema. Es importante mencionar que las validaciones mencionadas se hacen también para el perfil aerodinámico de los álabes del rotor de cada uno de los modelos de los equipos de la empresa.

RESISTENCIA A LA ABRASIÓN

Los rotores de los álabes poseen un recubrimiento en el borde de ataque de cada una de las palas. Se han utilizado desde los inicios de la compañía, evolucionando a medida que lo ha hecho la industria. En un inicio se fabricaban álabes con recubrimiento de titanio, pero este ha sido reemplazado por acero inoxidable, material que ofrece mayor ductilidad y un mejor comportamiento frente a los impactos de material particulado, tan presente en las operaciones mineras, además de ofrecer una mayor resistencia a la corrosión.

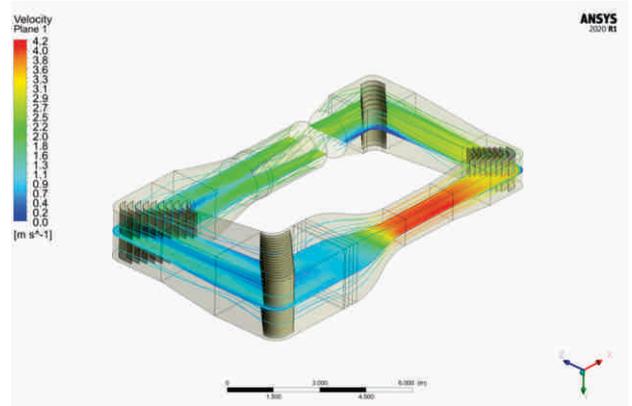
FanTR en HIDROITUANGO el Megaproyecto hidroeléctrico en Colombia

El Proyecto Hidroeléctrico Ituango es muy conocido en la región por una serie de eventos críticos que retrasaron su entrada en operación. La mayoría ya fueron solucionados y actualmente las obras subterráneas siguen su curso, usando los ventiladores de FanTR para garantizar el flujo de aire. Es un proyecto de grandes dimensiones y de alta complejidad. Con 225 metros de altura y un volumen de 20 millones de metros cúbicos es el proyecto hidroeléctrico más importante de Colombia, estando destinado a proporcionar el 17% del suministro de energía con 2400 MW de capacidad instalada. Las obras comprendieron la caverna principal, la casa de máquinas donde se alojan 8 turbinas tipo francis, de 300 MW de potencia nominal cada una. El Proyecto es construido por el Consorcio CCC Ituango, siendo esta la empresa que confió en la tecnología de FanTR para suministrar aire limpio a las obras de excavación de la represa.

DISEÑO DE VENTILACIÓN

La empresa participó en la definición y el dimensionamiento del proyecto, seleccionando equipos de 1530 mm de diámetro con 250 HP montados en series de dos. El diseño contempló un ducto de 1800 mm con tres líneas paralelas que distribuían el aire limpio a las galerías.

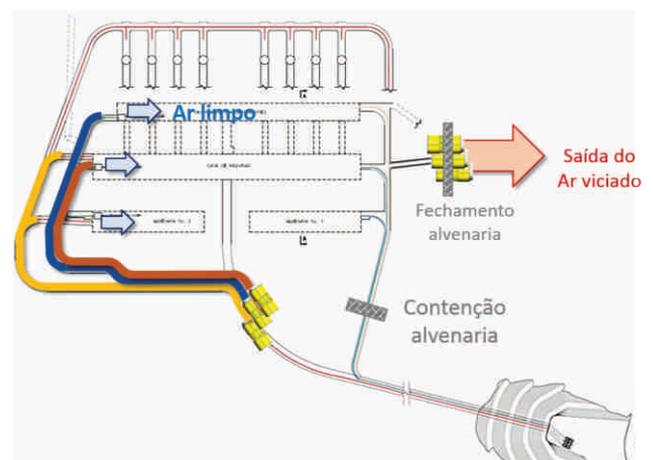
Los equipos se fabricaron y fueron enviados a Colombia. Sin embargo, fueron necesarias modificaciones en el diseño original por cambios en el proyecto, reduciendo la sección de los túneles y, en consecuencia, disminuyendo también el



diámetro de los ductos de 1800 mm a 1500 mm. Como se sabe, la pérdida de carga del sistema es muy sensible al diámetro del ducto y este cambio de 30 cm representó un incremento de la presión estática a vencer por los ventiladores muy significativo. Por ello, FanTR debió implementar modificaciones para asegurar que el proyecto de ventilación tuviera la capacidad de proveer aire limpio a la construcción de la represa.

CAMBIOS EN EL SISTEMA

La solución de FanTR fue un nuevo diseño de extracción para atender los requerimientos de ventilación, teniendo como base todos los cambios realizados al proyecto y los equipos disponibles. Aunque no es usual, se empleó el concepto de ventilación minera para asegurar la correcta ejecución del proyecto hidroeléctrico. Los ventiladores se convirtieron en extractores de aire y fueron instalados en las galerías de cables, con lo que hubo una gran disminución de las pérdidas del sistema.



La AGENDA FanTR EN PERÚ



Carlos Quispe
Contacto comercial
en Peru

Para el año 2021 FanTR cuenta con un cronograma de visitas en el cual especialistas en ventilación estarán visitando empresas en Perú. Si requiere de una visita es posible solicitar su inclusión en esta agenda contactando a PROSUMISAC, empresa representante en Perú.

E-mail: ventas@prosumisac.com
Urb. Los Rosales Mz. B Lote 12, San Martín de Porres, Lima-Perú
+51 (01) 484-4298 | +51 991909007

VENTILACIÓN EN EL PROYECTO ARIPUANA DE NEXA RESOURCES

CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

El Proyecto Aripuanã pertenece a Mineração Dardanelos Ltda., desarrollado en conjunto entre Nexa Brasil, Nexa Perú y Mineração Rio Aripuanã Ltda. Aripuanã es un proyecto subterráneo polimetálico, ubicado en el estado de Mato Grosso, en Brasil. La estimación de gasto de capital agregado requerido para este proyecto es de US\$ 354.3 millones. La producción promedio anual es de 70.000 toneladas de zinc, 24.000 toneladas de plomo y 4.000 toneladas de cobre.

Fue originalmente diseñado con 3 raises operando sistemas

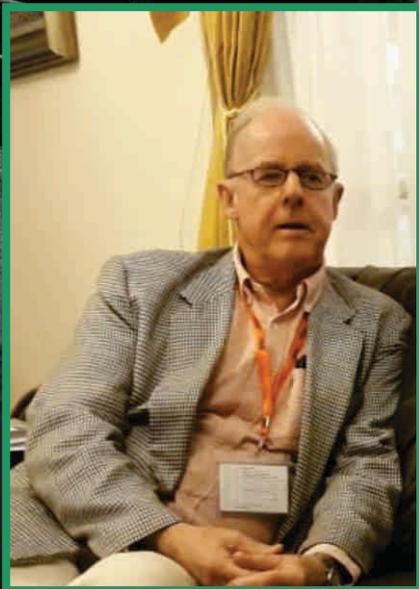


principales centrífugos en superficie, dos entregando un caudal de 214 m³/s y uno de 321 m³/s; FanTR puso a disposición de este proyecto su departamento de ingeniería y trabajando de la mano con los ingenieros responsables se reemplazaron los sistemas centrífugos por 3 sistemas axiales bifurcados, los cuales ofrecen importantes reducciones en términos de inversión inicial y de costos de manutención a lo largo de su vida útil, manteniendo los altos niveles de eficiencia. El diseño de la ventilación de esta mina comprende tres sistemas principales bifurcados con ventiladores 2310 mm de diámetro y 400 caballos de potencia cada uno, suministrando un caudal total a la mina de 600 m³/s. La mina cuenta también con 30 ventiladores secundarios de 1400 mm de diámetro, cada uno con una potencia de 200HP, ofreciendo un caudal de casi 80 kcfm por ventilador.

FanTR SUMINISTRA A LA MINA MORRO AGUDO

En mayo 2020 FanTR entregó 2 sistemas completos de ventilación para la empresa Nexa Resources Brasil. Se instalaron en la Unidad Morro Agudo, ubicada en el municipio de Paracatu – MG, la cual está compuesta de una mina subterránea y una mina a cielo abierto que producen zinc y plomo. Los nuevos sistemas fueron completamente diseñados y fabricados por FanTR con una potencia instalada de 400 hp, capacidad de 280 m³/s y presión de 2.300 Pa y fueron responsables de aumentar la capacidad de ventilación del sistema principal de la mina subterránea. Cada sistema está compuesto de dos extractores de 400 HP, atenuadores de ruido, curva y derivación, cono de recuperación y salida vertical.





Nick Barton

El Dr. Nick Barton, es autor de 260 publicaciones de geotecnia y creador del sistema Q para clasificación de macizos rocosos, de los parámetros de resistencia al corte de discontinuidades de macizos rocosos JRC y JCS, de los métodos QTB y Q SLOPE y co-desarrollador de las leyes constitutivas Barton-Bandis. En el I Congreso Boliviano de Geomecánica realizado en Cochabamba- Bolivia se realizó esta entrevista al Dr. Nick Barton, quien además de un gran profesional demostró mucha calidez, cordialidad y buen humor.

¿Cuál es el principal desafío que los ingenieros geotecnistas deben superar en el siglo XXI?

Es una pregunta importante. Me voy a referir a una cuestión que se ha planteado desde hace años y que es uno de los problemas clave en la ingeniería de rocas en cuanto a la durabilidad de los parámetros de resistencia interna. Referido al modelo de Mohr-Coulomb, que ha sido utilizado

históricamente, siendo su característica los parámetros: cohesión y ángulo de fricción interna, usualmente se plantea una degradación de las propiedades cohesivas de las rocas con el tiempo, pero manteniendo las propiedades friccionantes. Esto debería estudiarse mejor para reducir las propiedades friccionantes y correctamente describir los esfuerzos de cizalla en los macizos rocosos. Algunas personas ya están haciendo esto, por ejemplo, al monitorearse la falla progresiva en un talud, que no ocurre de forma instantánea, sino por etapas hasta alcanzar la falla, los parámetros friccionantes deben ir degradándose gradualmente. Por esta razón muchos datos no resultan lógicos en la descripción de la resistencia a los esfuerzos en modelos numéricos, que terminan siendo incorrectos. Necesitamos hacer desarrollos en esa materia y mejorar, en los últimos 50 años este trabajo no se hizo lo suficientemente bien.

¿Considera más relevante la experiencia del profesional que el sustento de un modelo numérico?

Tuve un interesante caso hace unos diez años con un paquete informático, con el modelo más usado en ese momento, y que aún muchos usan. Este modelo fallaba en la predicción de zonas plásticas alrededor de un pequeño túnel, indicando zonas plásticas que realmente no existían, y mostrando condiciones que definían toda una

zona dañada debido a resultados numéricos imprecisos e interpretación errada. Mientras ocurría la discusión se agotó el tiempo estipulado para los trabajos, tras lo cual debió actuar el inversor de la obra. Estas personas trataron de argumentar que todo el material estaba plastificado y que por lo tanto, el túnel no estaba diseñado con el soporte estructural adecuado. Pero eso era en realidad una exageración total del modelo numérico, el cual no concordaba con la práctica usual y los resultados estaban fuera de la lógica. Por ello me inclinó más al uso de clasificación de macizos rocosos que al de modelos numéricos porque se acerca más a la realidad.



Los modelos numéricos se apoyan en muchos supuestos, y quienes los utilizan eventualmente no los conocen bien y los conducen a interpretaciones equivocadas.

¿Cuál es la mejor herramienta que los estudiantes y nuevos ingenieros geotecnistas deben aprender a utilizar?

Es muy importante que los nuevos profesionales aprendan a usar las herramientas adecuadas. Esto no es tan fácil y necesita ser más desarrollado. Quisiera hablar de dos puntos que considero fundamentales como herramientas: El primer punto es respecto a las perforaciones. Es muy común que los ingenieros traten de resolver sus interpretaciones solo a partir de perforaciones verticales, cuando con estas es realmente poco probable que se puedan interceptar todos los planos de discontinuidades que deben ser observados. Por este motivo pienso que debería recurrirse a utilizar perforaciones inclinadas complementarias para tener una interpretación más completa y realista. El segundo punto tiene que ver con el modelo de caracterización geomecánica. Considero que los

nuevos ingenieros deberían usar el Sistema Q de clasificación en lugar de otros sistemas porque este sistema define un rango de magnitudes en vez de un solo orden de magnitud. Además permite caracterizar un amplio rango con el que se puede describir la naturaleza en los macizos rocosos de manera más realista, lo que nos lleva a una ecuación muy simple que hasta ahora funciona, y que tiene propiedades valiosas con muchos casos registrados. El sistema Q es como un proceso de aprendizaje, en el que los registros de casos que se tienen nos deben indicar qué acciones deben tomarse.

Hacia el final de esta amena entrevista, quisimos conocer la opinión del Dr. Barton sobre las aplicaciones desarrolladas para los teléfonos móviles que permiten usar el sistema de clasificación Q y otros similares. Su respuesta la transmitió con una sencillez que pocas personas del calibre de su genio mantienen tras una carrera de tantos logros profesionales y contribuciones a la proyección del estado del arte de una ciencia aplicada.

“..Tengo referencia de esas aplicaciones, pero el hecho es que yo no uso teléfonos móviles, me rehúso

a ello, utilizo mi computador cuando lo necesito, y esto ocurre varias veces al día, pero prefiero no tener que cargar con un computador todo el tiempo en mi bolsillo.”

Realizó la entrevista y es autor de la nota. Ingeniero geólogo, gerente técnico en la consultora Sobrierriesgos, especialista en Ingeniería aplicada a la gestión de riesgos y la adaptación al cambio climático.
miguelmc11@gmail.com

Agradecemos la colaboración en la transcripción del Profesor Wagdy Naime.

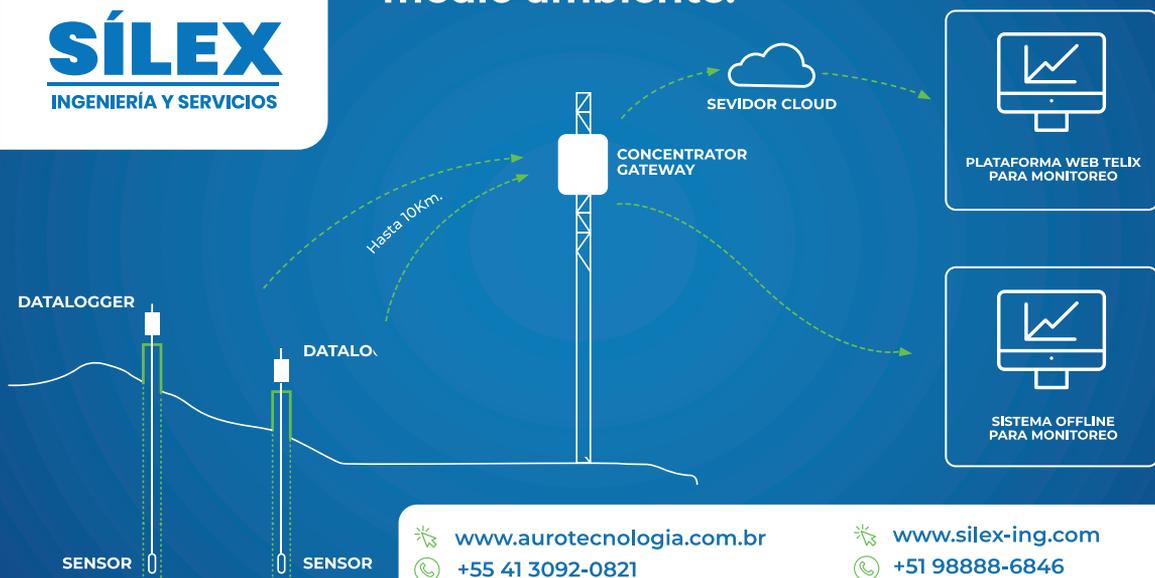
MIGUEL ÁNGEL MORALES



AURO

SÍLEX
INGENIERÍA Y SERVICIOS

Soluciones de automatización y telemetría de sensores de geotécnia, estructuras, recursos hídricos y medio ambiente.



www.aurotecnologia.com.br
+55 41 3092-0821
contacto@aurotechnologia.com.br
Fábrica - Brasil

www.silex-ing.com
+51 98888-6846
ventas@silex-ing.com
Representación Comercial



ERO VINICIUS
SILVA ESPÍÑA

Mejora de accesos EN LAS LÍNEAS DEL METRO DE MADRID

El metro de Madrid lo conforman 12 líneas, con 302 estaciones y un total de 294 km. de extensión. La primera línea se inauguró en 1919 y la línea 2 entre 1924 y 1929. Cien años después, las áreas del entorno han pasado de ubicarse en una zona abierta con apenas densidad de población, a una zona urbana con alta densidad de población.



Con el objetivo de actualizar y mejorar el servicio de Metro existente, existe un plan de accesibilidad e inclusión para personas con movilidad reducida; al mismo tiempo que el plan de modernización de estaciones 2017-2021.

Estas actuaciones presentan como objetivo el actualizar y homogeneizar las instalaciones existentes para la incorporación de los estándares establecidos en los últimos años en toda la red de Metro.

En este contexto la actuación de Geoconsult España se emplaza en las

obras de la estación de Tribunal- línea 1 y 10, encontrándose bajo una zona de edificios emblemáticos, como el museo de historia de Madrid. Otra obra en la que trabajan es la Estación de Gran Vía, con conexiones con la línea y la línea 4.

En estas obras se han realizado pozos de distribución, galerías, accesos a las estaciones, ascensores y cuartos de instalaciones, en condiciones especiales que amerita exponer.

LOS CONDICIONANTES DE DISEÑO

- Existen muchos elementos estructurales que interactúan y generan subsidencias o afecciones no homogéneas.
- Edificaciones en superficie, algunas de ellas históricas y en zonas densamente pobladas.
- Geometrías variables
- La infraestructura debe continuar en servicio, de tal forma que su funcionamiento no se vea alterado por las obras
- Estructuras no definidas que fueron hechas en distintas etapas, con modificaciones.
- Limitación de áreas para el trabajo durante la ejecución.

LOS DISEÑOS REALIZADOS

Geoconsult España realizó la modificación y optimización de los diseños que afectaban a galerías y pozos interiores. Los diseños se realizaron mediante el empleo de la modelización numérica de las actuaciones, esto permitió analizar las distintas fases del proyecto, el comportamiento y la afección de los nuevos elementos, además del comportamiento

FLAC3D 5.01

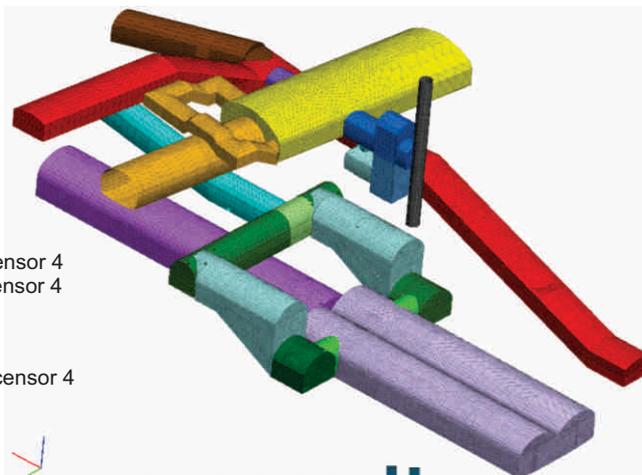
© 2018 Itasca Consulting Group, Inc.
19/12/2019 10:17:26

Zgroup

Group Slot: 2

- Ascensor 3
- Ascensor 4
- Cajón
- Cangrejo
- Conexión Línea 10
- Escalera Línea 10
- Estación Línea 1
- Estación Línea 10
- Galería acceso ascensor 4
- Galería inferior Ascensor 4
- Galería Intermedia
- Galería Línea 1
- Galería Línea 10
- Galería superior Ascensor 4
- None
- Pozo ascensor 4
- Túnel Línea 1
- Túnel Línea 10
- Vestíbulo Línea 10
- Vestíbulo Línea 10

PROYECTO DE INSTALACIÓN DE ASCENSORES
EN LA ESTACIÓN TRIBUNAL



geoconsult
INGENIEROS CONSULTORES S.A.U.

del terreno en profundidad y en superficie. Todos estos análisis permitieron dimensionar las infraestructuras y mejorar el proceso de toma de decisiones. A partir de toda la información suministrada y disponible se dio apoyo durante la realización de la construcción ante los distintos imprevistos o dificultades que surgieron.

LAS LECCIONES

El ingeniero Ero Silva Espiña realizó un resumen de las lecciones que nos dejan estas obras de gran trascendencia para Madrid, la cual se encuentra inmersa en futuros proyectos de metro con contextos similares a los expuestos. En tal sentido, anotamos:

- La importancia durante el diseño de buscar soluciones simples para evitar problemas durante la ejecución. Debemos simplificar con soluciones que se



puedan controlar.

- La necesidad de tomar como punto de partida un estudio geológico- geotécnico de calidad que permita conocer el terreno y crear los modelos adecuados que representen lo más fielmente posible la realidad.

- Durante el seguimiento en fase de obra, las soluciones propuestas deberán adaptarse a las condiciones reales que se encuentren.

- La auscultación como elemento fundamental de control, cuya necesidad abarca todas las fases de la obra, y que debe ser la primera actividad en realizarse y la última en finalizar.

Ero Vinicius Silva Espiña, es Jefe de proyectos en Geoconsult España Ingenieros Consultores.



Grupo Iberoamericano de Túneles



JOSÉ MIGUEL GALERA

➤ José Miguel Galera, es un gran promotor del Grupo Iberoamericano de Túneles, liderado por el Ing. Germán Pardo Albarracín. Durante el congreso Tunnel&mining 2020 brindó algunos alcances de esta importante iniciativa.

¿Cómo ve el futuro del naciente grupo Iberoamericano de túneles?

Veo con optimismo, la formación del grupo iberoamericano y lo que surgió en Bogotá el 2018 durante el XIV Seminario Andino de Tüneles, fue consolidar la idea de esta organización. Cabe mencionar que ese momento tuvieron una gran participación Pedro Zolla y

Germán Pardo, quienes con muchos amigos, de Latinoamérica estuvimos en varias oportunidades conversando para unirnos, por tener intereses en común.

¿Qué experiencias en el World Tunnel Congress 2019 en Italia?

Fue una reunión muy especial porque como bloque, se apoyó a México en su candidatura para ser sede del World Tunnel Congress 2022, y se logró. Aunque por efecto de la pandemia se ha cambiado las sedes, la experiencia en Nápoles fue muy buena y debemos seguir trabajando.

intercambios de experiencias y tecnología para aplicarse a los nuevos proyectos. Los países

¿Cuál es el principal objetivo del grupo Iberoamericano de Túneles?

Sin duda es realizar grandes cada uno con diferente geología tiene mucho para aportar. Otro aspecto muy importante son las normativas, la estandarización de las técnicas, los procesos y las investigaciones. Creo todo va por buen camino y sobretodo existe un buen ánimo de unirse.

Tunnel&Mining seguirá informando sobre los avances del grupo que constituye una buena noticia.



**MATÍAS
EGAÑA**

Túneles viales en Chile

Los desafíos de la división de túneles del MOP

La Dirección Nacional de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas de Chile - MOP, tiene a su cargo la fiscalización de la construcción de las obras concesionadas y la mantención, conservación y operación de las obras construidas y no concesionadas. La conservación de los Túneles tiene por finalidad mantener los equipos e instalaciones; y que la operación de todos los sistemas involucrados, tengan las condiciones de tránsito expeditas y seguras.

La División de Túneles del MOP en Chile, creada el 2018, fue impulsado por la existencia de numerosos proyectos y por la dificultad que conllevan estas obras. Por tanto esta división es un grupo especializado para gestionar la cartera de proyectos que a continuación se presenta:

1. EL TÚNEL AGUA NEGRA

Son dos túneles de 14 km. cada uno. Cada túnel tiene pistas

unidireccionales con 50 galerías de interconexión. La cobertura alcanza hasta 1,800 mt. y más del 50% del trazado está sobre 750 m. de cobertura.

2. EL TÚNEL LA GRUPA 2

Se proyecta un túnel de 1.3 km. bidireccional paralelo al existente, interconectado con el túnel antiguo para utilizarlo en emergencias.

3. TÚNELES CRISTO REDENTOR Y CARACOCLES

Ubicados en el paso Los Libertadores, la conexión más importante entre Chile y Argentina. El túnel Caracoles con 3,167 m., construido en 1910, de un carril, se usa para emergencias y casi paralelo se encuentra el túnel Cristo Redentor construido en 1980-bidireccional con dos carriles con 3,152 m. de longitud. Se planea ensanchar el túnel Caracoles de los 21 mt.2 hasta 85 mt.2. y finalizando estas obras se realizarán mejoras en el túnel Cristo Redentor.

4. TÚNEL ALHUÉ-RANCAGUA

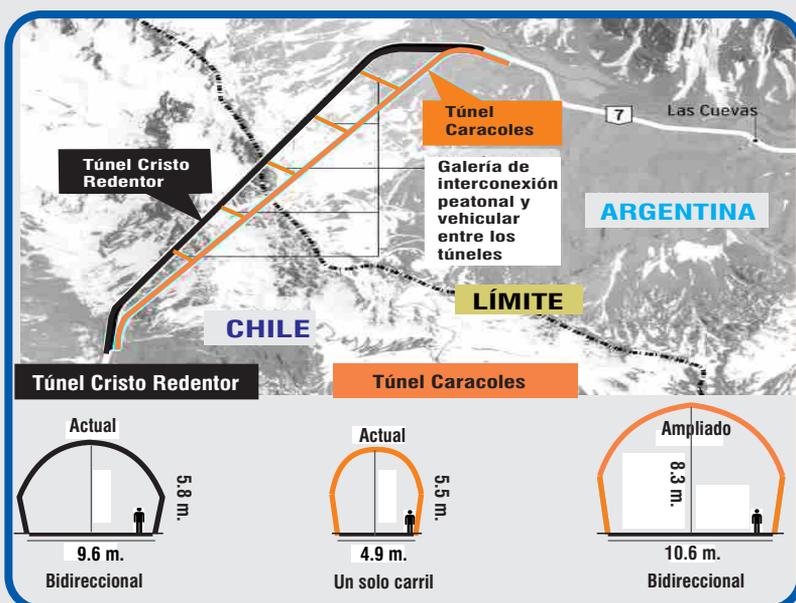
Está en fase de pre factibilidad. Se planea un nuevo túnel en un paso vial de más de 25 km.

5. TÚNEL BINACIONAL LAS LEÑAS

Entre Termas de Cauquenes en Chile con San Rafael en Mendoza-Argentina. Longitud probable del túnel: 10-12 km. Se está ejecutando la ingeniería de factibilidad.

6. TÚNEL LAS RAÍCES

Inaugurado en 1939, ubicado a 700 km. al sur de Santiago, conecta la ciudad de Temuco con Argentina, tiene una longitud de 4,528 mt. a 1,010 msnm. Se estudia realizar un túnel paralelo de 2,840 mt.



7. TÚNEL LAS MULATAS

Se proyecta un túnel subfluvial: 300 m., hecho con elementos de hormigón prefabricados para ubicarlos en el lecho del río Valdivia, conectando el sector de Las Mulatas con Torobayo. Se estima que el año 2021 se completará la ingeniería básica y la ingeniería de detalle.

8. TÚNELES DE LA RUTA 7

Son proyectos viales desde Puerto Montt a Puerto Yungay. Entre Pichanco y Caleta Gonzalo existe 80 Km. de ruta y 17 túneles. El túnel más extenso es Pillán-Caleta Gonzalo con 3 km. con diferente nivel de avance.

ESTANDARES PARA TÚNELES VIALES

El MOP considera que la metodología de trabajo, no puede dejarse a criterio del consultor y Chile como dueño de los proyectos, debe definir como quiere sus túneles. La División de Túneles tiene el encargo de homogenizar criterios y crear estándares básicos que permita actividades más eficientes y en menor tiempo.

LA ESTRATEGIA CONTRACTUAL

Como es conocido, a medida que avanzan los estudios de un proyecto se va conociendo mejor la geología del túnel, pero cuando se excava conocemos mejor la realidad. Por ello, en la actualidad el MOP como dueño de los proyectos, aplica el riesgo compartido con los contratistas, bajo la siguiente modalidad:

–El dueño se hace responsable de la geología donde se construye el proyecto. El contratista es responsable de la calidad y eficacia de la construcción.

–El contratista es compensado por unidad de trabajo efectivamente realizada, por precio unitario y por tiempo equivalente.

–Para la fortificación se escoge de diferentes elementos de

soporte, cada elemento con un precio unitario y un tiempo equivalente para tener mayor flexibilidad según el avance y tipos de roca.

–El soporte se instala en dos etapas. El soporte inicial debe ser parte del sistema de soporte definitivo, debiendo tener las características de calidad y durabilidad.

–Una sola empresa deberá realizar la ingeniería de detalle y la Inspección Fiscal (Ingeniería +ITO)

QUE ESPERA LOGRAR EL MOP

El Ministerio de Obras Públicas-MOP y la división de Túneles con la aplicación de estándares y una adecuada estrategia contractual esperan lograr lo siguiente:

- Una mayor flexibilidad durante la construcción
- Menos reclamos por condiciones geológicas inesperadas
- Reducción de costos
- Se logre una cooperación
- Un contrato justo y con incentivos para ambas partes

El texto del artículo corresponde a un resumen de la conferencia dictada en el Congreso Tunnel&Mining 2020, entre el 1 y 4 de diciembre, que brindó Matías Egaña, quien es ingeniero de la División de Túneles del Ministerio de Obras Públicas de Chile.

Consultor senior en ingeniería geológica, minería y geofísica, de amplia experiencia en la industria de la construcción de túneles, en Chile, Albania, Colombia, Panamá, Malasia, Indonesia y Perú.

Desde Tunnel&Mining expresamos nuestro anhelo que esta división logre sus objetivos y esperamos seguir conociendo más acerca de los avances y desafíos que enfrentan.



9° Exposición Internacional: San Juan, Factor de desarrollo de la Minería Argentina

- 8-10 de junio 2022
- Modalidad: Presencial
- Sede: Provincia de San Juan Argentina
- Público estimado: +8,000 (última edición virtual: +22,000)

www.panorama-minero.com



HÉCTOR SALAZAR
CEO Grupo Geoandina



Innovaciones en la construcción de túneles de carretera

Colombia construye los túneles carreteros más extensos de Latinoamérica y es un referente en ingeniería aplicada a estas obras, donde el 70% de la población y la economía se encuentra en áreas montañosas.

Hace 10 años se creó el GRUPO GEOANDINA, conformado por tres empresas especializadas en diferentes áreas pero con un mismo fin, innovar en Ingeniería, habiendo participado en los estudios y diseños en todas las etapas de grandes proyectos de infraestructura.

Colombia sigue invirtiendo para la modernización de sus vías, las cuales incluyen túneles de montaña, para lo cual está en ejecución el Programa de Cuarta Generación (4G) de Concesiones Viales, que consta de 40 proyectos, comprende 159 túneles (250 km). Actualmente se está trabajando en la estructuración del programa 5G de concesiones, que tiene como objetivo reactivar la economía después de la pandemia. Como aporte para el diseño y construcción de túneles, se realizó el Manual para Túneles de Colombia (MTC-20) que se espera

pueda ser aprobado muy pronto. Hoy en día Colombia es el país con la mayor cantidad de túneles carreteros largos en Latinoamérica y 6 de ellos están en operación con longitudes entre 4.0 a casi 9 km., que se puede observar en el siguiente cuadro.

TÚNELES EN CONSTRUCCIÓN

El Túnel del Toyo (9.8 Km), 20 túneles cortos en accesos al Túnel de la Línea, Túneles de la Quiebra (4.2 Km), Túneles de Amagá (2 de 3.6 Km), Túneles de Sinifaná (2 de 1.5 Km), Túneles de Mulatos (2 de 2.5 Km), Túneles de Tesalia (3.5 Km).

Dentro de las innovaciones que se han aplicado en el Diseño y Construcción de Túneles, se encuentran el uso de instrumentación geotécnica especial automatizada que permite la medición de esfuerzos

TÚNELES DESTACADOS	KM.
La Línea -Cajamarca-Calarcá	8.6
De oriente - Medellín-Río Negro	8.2
De occidente - Medellín-San Jeronimo	4.6
Buenavista - Villavicencio-Bogota	4.5
Renacer (autopista girardot-Bogotá)	4.3
Sumapaz (Tolima y Cundinamarca)	4.0

y deformaciones para conocer en tiempo real el comportamiento en el túnel. En el cruce de zonas de falla, se han instalado y automatizado extensómetros multipunto MPBX, inclinómetros, celdas de presión tangencial y radial tipo NATM y deformímetros.

Una de las tecnologías más innovadoras que se está usando, es el georradar en tiempo real para monitoreo de inestabilidades en laderas que afectan algunos túneles. Otra de las innovaciones es el uso de un ensayo TSP (Tunnel Seismic Prediction) para identificar el comportamiento de los túneles especialmente en zonas de falla, que se ha utilizado en tres túneles en Colombia.



5º CONGRESSO BRASILEIRO DE TÚNEIS E ESTRUTURAS SUBTERRÂNEAS
SEMINÁRIO INTERNACIONAL "LATIN AMERICAN TUNNELLING SEMINARA - LAT 2021"

01 a 04 de dezembro de 2021 / São Paulo-SP

Inovando em obras subterrâneas para um futuro melhor



GERMÁN PARDO
Presidente Sociedad
Colombiana de Ingenieros



Retos del túnel de **LA LÍNEA**

El túnel de La Línea atraviesa la cordillera Central de los Andes de Colombia, en una zona donde la altura llega a 3,260 msnm., siendo un obstáculo para conectar a Bogotá, los Llanos Orientales y el océano Pacífico (puerto de Buenaventura).

El túnel es parte de un grupo de infraestructuras que conectarán a los departamentos de Tolima y Quindío: El Proyecto Cruce de la Cordillera Central, que incluye la construcción de la doble calzada del Quindío (9.5 km) y del Tolima (8.9 km), un total de 3.2 km de túneles cortos, 4 km de viaductos y 11.2 km de obras a cielo abierto.

INGENIERIA

La ingeniería colombiana se enfrenta a lo siguiente:

-En términos de geología y formaciones topográficas hay una gran diferencia predominante entre el este y el oeste del país: el primero presenta un escaso relieve montañoso formado por rocas antiguas, mientras que el segundo se caracteriza por las imponentes rocas de la cordillera de los Andes.

-Por otra parte, es el único país que alberga tres subdivisiones de los Andes (occidental, central y oriental), presentando una variada y compleja geología que abarca rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, además de altas tasas de precipitaciones y gran sismicidad.
La carga que llega al puerto de

Obra de nivel mundial, marca un hito fundamental en Colombia.



Buenaventura se transporta a Bogotá a través de un antiguo corredor construido hace 50 años, con 512 km. de longitud, con un tiempo de viaje de 10.5 horas que asciende a la cima de la cordillera Central de los Andes, a 3,260 m.s.n.m., en lo que se conoce como el alto de La Línea.

El trayecto implica enfrentar dificultades climáticas y topográficas y genera un alto costo operativo

-En términos netamente económicos, se estima más barato enviar una tonelada de carga desde Tokio al puerto de Buenaventura que se calcula en aproximadamente, US\$20, versus US\$35 que resulta desde el puerto hacia Bogotá.

BENEFICIOS DEL TÚNEL

- Reducción del tiempo de viaje de vehículos pesados y ligeros en 80 min. y 40 min. respectivamente.
- Se ahorrará una altura de 840 mt. y una distancia de viaje de 10 km.
- Se reducirá los accidentes en un 75%.

El Ing. Germán Pardo confirma que la finalización del túnel de La Línea, obra de nivel mundial, marca un hito fundamental en Colombia. “La ingeniería colombiana debe sentirse orgullosa. Este túnel fue diseñado y construido por colombianos, es un gran conocimiento para la academia, para las universidades; recomiendo que siempre debe permitirse a la ingeniería que lidere los proyectos, esta obra nos deja un gran aprendizaje”.



Anselmo Pérez R.
Co consultor / Catedrático de
la Universidad Nacional
Autónoma de México

Geofísica aplicada a obras civiles subterráneas

EL CASO DEL TÚNEL EMISOR ORIENTE - MEXICO

La geofísica, a partir de sus diferentes métodos de prospección, otorga una aproximación a las condiciones geológicas del subsuelo, además de que permite la caracterización de sus propiedades físicas.

Su principal ventaja radica en la capacidad de identificar rápidamente y de manera no invasiva, así como su relativo bajo costo en comparación con los métodos directos. En la siguiente tabla se presentan los métodos geofísicos más apropiados y todos ellos tienen sus ventajas y desventajas y siempre requerirán de la suficiente experiencia y un análisis exhaustivo.

PROYECTO EJECUTIVO

PROSPECCIÓN SÍSMICA

- Reflexión sísmica
- Refracción sísmica
- Caracterización geológica y parámetros dinámicos en perfil
- Cross hole, down hole - Parámetros dinámicos puntuales

PROSPECCIÓN ELÉCTRICA

- Sondeos eléctricos verticales-SEVs
- Caracterización geológica e hidrogeológica
- Tomografía eléctrica
- Detección de anomalías severas o semiprofundas
- Calicatas - Caracterización de anomalías severas

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

PROSPECCIÓN SÍSMICA

- Refracción sísmica

PROSPECCIÓN ELÉCTRICA

- Sondeos eléctricos verticales-SEVs
- Tomografía eléctrica

SELECCIÓN DEL MÉTODO GEOFÍSICO

Debe entenderse que las principales condicionantes para la selección del método geofísico más apropiado son: la profundidad de la exploración, el presupuesto, la sensibilidad de cada método (para la identificación de contactos o rasgos geológicos), la habilidad y el conocimiento sobre cada método, la disponibilidad de equipos y el convencimiento de las partes involucradas en el proyecto.

EL TÚNEL EMISOR ORIENTE

Ciudad de México

- 62 kilómetros de longitud
- 7 metros de diámetro
- 25 lumbreras
- 150 metros cúbicos/sg. como capacidad de desalojo de aguas residuales y de lluvias, equivalente a llenar el estado Azteca en 2.5 horas.
- 21 millones de habitantes beneficiados.
- 142 mil 226 toneladas de acero
- 1 millón 300 mil metros cúbicos de concreto.
- 4 millones de metros cúbicos de materiales excavados.

En este caso, los estudios geofísicos se utilizaron para la caracterización geológica del tramo 6D del Túnel Emisor Oriente en la Ciudad de México y durante la etapa de construcción, cuando se vio la oportunidad de generar un nuevo y más apropiado trazo en términos geológicos e hidrogeológicos.

Cabe señalar que existieron dificultades para la ejecución de los métodos geofísicos debido a las limitantes de emplazamientos por condiciones urbanas y grandes

relieves; a su vez, por los acuíferos presentes y la profundidad de la exploración la cual llegaba a los 170 m.

Por lo anterior, se eligieron métodos eléctricos y sísmicos; estos fueron: los sondeos eléctricos verticales (SEV's), para la caracterización geológica y la identificación de acuíferos, y el cross hole y down hole para el diseño de las lumbreras.

CONCLUSIONES

Paso a detallar cuatro aspectos importantes:

- La geofísica puede otorgar una muy buena aproximación a la geología del sitio y de los parámetros geomecánicos que se requieren para el diseño geotécnico de la obra.
- No se debe considerar que la geofísica sustituya a los métodos directos, como los sondeos geotécnicos, porque estos son necesarios para la calibración de métodos indirectos y la certeza de las condiciones de excavación.
- Implementar métodos sofisticados, como la reflexión sísmica para la etapa del proyecto ejecutivo, que permite obtener una mayor certeza en la caracterización geológica del trazo y por lo tanto, mitiga en gran medida la incertidumbre geológica a la que nos enfrentamos en este tipo de obras.
- Por lo anterior, se sugiere analizar la incorporación de métodos geofísicos asociados normalmente con la industria petrolera y en aquellos proyectos en donde se justifique su ejecución a partir del análisis costo-beneficio.

Hormigones reforzados con fibras

Estimación de las resistencias residuales a partir de la capacidad de absorción de energía

BarChip Latinoamérica estuvo presente en el Congreso OnLINE Tunnel&Mining 2020, Dic 1-4, con la presentación “Estimación de las Resistencias Residuales a partir de la capacidad de absorción de energía de los hormigones reforzados con fibras” a cargo del Ing. Sergio Carmona M., Académico de la Universidad Técnica Federico Santa María de Valparaiso-Chile y Doctor en Mecánica de Fractura y Fragilidad de los hormigones de altas prestaciones de la Universitat Politècnica de Catalunya, quien recordó que el Ensayo Barcelona, surgió como



Sergio Carmona

una necesidad de respuesta al shotcrete, luego de investigaciones y la validación de campo, se publicó el trabajo en la prestigiosa revista “Construction Building Materials”. Mencionó que la incorporación de fibras al hormigón proyectado, permite generar un refuerzo continuo que se adhiere de forma permanente a la roca, y constituye un refuerzo estructural menos sensible a la deformación de túneles, y respecto al hormigón estas fibras aumentan la ductilidad, la tenacidad y la resistencia residual.



Arturo Rubiños - Claudio Parada

G-RAD

No requiere entrenamiento especializado.

Giroscopio buscador de norte con precisión de $\pm 0.2^\circ$ en azimut.

Alineamiento de Azimut e Inclinación en 3 Minutos

Gyroscopic Rig Alignment Device



www.bornav.com

Francisco Avila
CEO HERRENKNECHT
México, Panamá,
Colombia y Perú



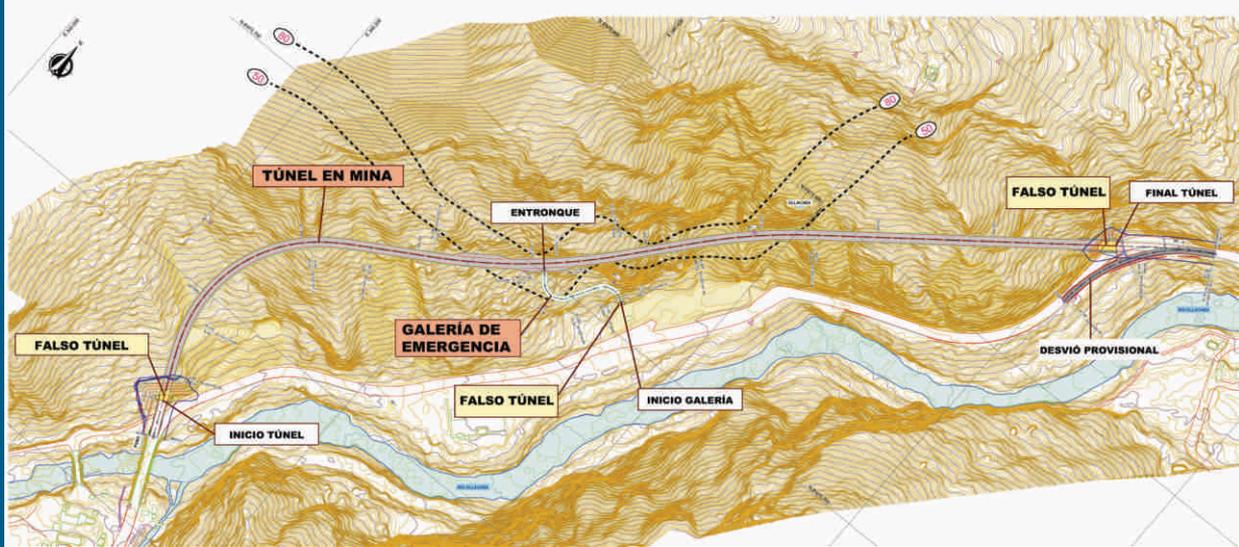
La excavación mecanizada mediante Tuneladora (TBM) resulta ser para la construcción de túneles, la más elegante y fiable respecto a otros métodos. Se realiza sin ningún tipo de incidencia sobre la superficie y edificios. Para túneles con longitudes mayores a los 4.5 km. se considera como la mejor alternativa, donde se pueden lograr rendimientos de 15-45 mt/día, dependiendo de factores y características propias del terreno.

PIONEERING
UNDERGROUND
TOGETHER



HERRENKNECHT, como fabricante Alemán, analiza los proyectos y dimensiona las máquinas tuneladoras de acuerdo a las recomendaciones del Deutscher Ausschuss für Unterirdisches Bauen – DAUB (Asociación Alemana de Obras Subterráneas), basado en el siguiente proceso:

1. Estudio geológico y geotécnico.
2. Comportamiento del sistema en el proceso de excavación.
3. Opciones de tipologías de máquinas.
4. Análisis para el transporte del material de excavación.
5. Análisis para la disposición del material excavado.
6. Elección del tipo de máquina.
7. División del trazado en sectores tipificados de avance. Dependiendo de las condicionantes, deberán analizarse todos los escenarios posibles que se puedan dar en el proyecto y elegir la máquina más apropiada para el mismo.



Proyecto túnel Ollachea

NUEVO DESAFÍO DE LA TUNELERÍA

Resumen de la conferencia presentada en el Tunnel&mining 2019

José Miguel Galera, Gerente corporativo en Subterra Ingeniería

Israel Tarco, Gerente de contratos Intersur Concesiones

Manuel Ramírez, Gerente de desarrollo de negocios

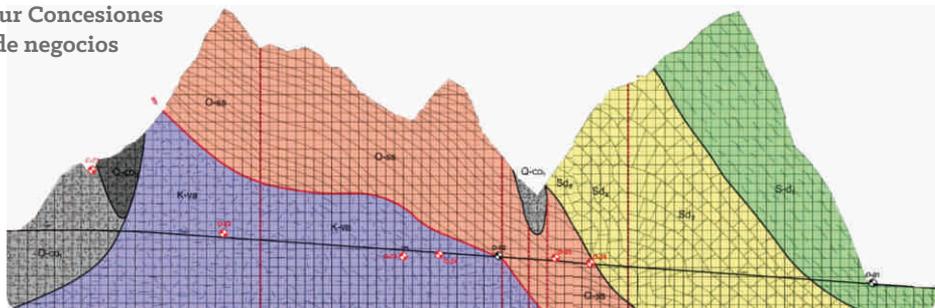
Subterra Ingeniería

La característica más peculiar de este túnel es la existencia de aguas termales de alta entalpía, con temperaturas superiores a 80°C, lo que hace de este túnel un proyecto pionero. A la fecha se ha reportado termalismo en otros túneles en Islandia, o en los Andes (hidroeléctrica Cheves), en Perú, que no superaron los 60°C.

El Túnel de Ollachea está ubicado en Puno (Perú) y forma parte de la carretera Interoceánica Sur entre Puno y Puerto Maldonado – Tramo 4, en la ceja de selva andina, a una altitud de 2,700 m. y es la solución de ingeniería a un sector crítico de la vía con un alto riesgo para la seguridad de los usuarios de la carretera, el túnel se sitúa justo a la entrada de la localidad de Ollachea, desde Puno, (Km 232) posee una longitud de 906 m. y una sección útil de 80.55 m² y cuenta con una salida de emergencia intermedia.

Desde el punto de vista geológico, El túnel atraviesa de Norte a Sur, las siguientes formaciones:

La Unidad Ananea del Silúrico



Donde se han diferenciado dos miembros, el inferior (SD-a1) compuesto por cuarcitas y areniscas intercaladas con pizarras, y el miembro superior (SD-a2), compuesto principalmente por pizarras y limolitas.

La Unidad Ordovícica

Sandia (Oss) consiste en una secuencia de cuarcitas intercaladas con finas capas de pizarra.

Rocas ígneas del Cretácico

Andesitas brechoideas, conocidas como ocoitas, (K-va) y otra formada por un stock de granito (K-gr) que no llegan a afectar al túnel.

Depósitos de suelos coluviales en el portal lado Puno.

Entre las características estructurales más importantes se encuentra la falla de Paquillusqui (N100°E / 10°N) que corresponde a una falla inversa de bajo ángulo que

hace cabalgar a las rocas paleozoicas sobre las ígneas. Esta falla está desdoblada, separando las unidades Sandía (Oss) y Ananea (SD).

La existencia de aguas termales con temperaturas superiores a 80 °C, supera a otras obras en el mundo donde las temperaturas máximas no superaron los 60°C., y es por ello que las investigaciones geológicas se han centrado en conocer más y definir todas las condiciones que se puede esperar del flujo y de la



Excavación del portal de salida (lado Ollachea) en las pizarras de la unidad Ananea Diciembre 2020.



Galería intermedia, ubicada en las ocofías del Cretácico. Diciembre 2020.

temperatura del agua en el túnel; ajustando el trazo del túnel para minimizar el impacto térmico considerando también las difíciles condiciones geomorfológicas y geológicas estructurales, siendo un compromiso de respetar un macizo de roca mínimo de 25 m. al farallón rocoso, y una isoterma de 70°.

CALIDAD DE LA ROCA Y LA CONSTRUCCIÓN

Luego de evaluar los datos geotécnicos se puede afirmar que las propiedades geomecánicas promedio de las rocas afectadas por el túnel, poseen una calidad geotécnica de media a buena para su constructibilidad, habiéndose definido cinco clases de soporte y una específica para los portales. La metodología constructiva prevista es el NATM, metodología recomendada tras información de los mapeos geológicos e hidrogeológico, se han previsto tratamientos de inyección para contener en avance, las aguas termales. Para definir estas inyecciones se han ejecutado, durante el diseño, pruebas de inyectabilidad, se realizaron tres perforaciones de 60 m. separadas 2 m. entre sí, alcanzando temperaturas

superiores a 80°C. Estos tres taladros fueron inyectados con una relación agua/cemento de 1/2 y un contenido de bentonita del 3%. La formación de la aureola de inyección se comprobó realizando dos simulacros de control entre los anteriores a una distancia de 1 m. de ellos comprobando el caudal residual, que fue muy bajo, inferior a 1.5 l/min. Esta prueba verificó, a escala real, la funcionalidad de las inyecciones previstas para la fase de construcción.

USO DE CONCRETO IMPERMEABILIZACIÓN

Está previsto un revestimiento de concreto moldeado en la zona bajo la napa, con aislamiento térmico entre la lámina de impermeabilización y el hormigón de revestimiento. La expectativa de minimizar las temperaturas no es bajar la del ambiente del túnel ya que éste tendrá suficiente aire y ventilación, si no garantizar una adecuada temperatura en la cara vista del revestimiento. Para ello se ha previsto una solución con poliurea, que

garantiza que si se encuentran zonas a 80°, la temperatura en la cara vista no superaría los 37°C. Durante la fase construcción está prevista, si se requiere, el empleo de climatización con refrigeradores suficientemente potentes (> 500 kW) además de radiadores y bombas de agua fría que se adaptarán al sistema de ventilación de la obra.

SEGURIDAD-INICIO DE OBRAS

El túnel finalmente, irá equipado con instalaciones de seguridad (iluminación, ventilación, TV, etc.) con estándares de la normativa vigente.

Las obras de este túnel propiamente, comenzaron en julio de este año, luego de haber logrado la certificación ambiental en marzo de 2020, a la fecha ya se han habilitado los portales de entrada (lado Puno) y de salida (lado Ollachea), así como el correspondiente a la galería intermedia de evacuación.



Sondeos donde se aprecia la salida de vapor de agua



Portal de entrada (lado Puno), a la salida del puente de San Francisco, en un relleno coluvial. Dic. 2020.



ANTONIO ALONSO

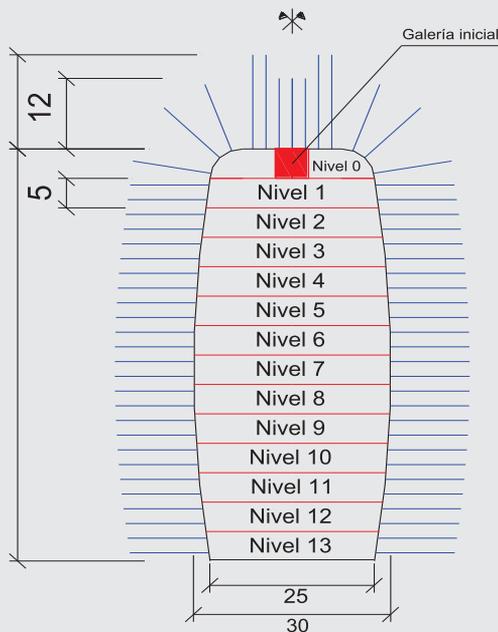
ESPAÑA

A FRAGUIÑA, la mina de pizarra MAS GRANDE DEL MUNDO

El paso del método de cielo abierto a la explotación subterránea ha permitido un óptimo aprovechamiento del yacimiento.



Jumbo perforando para la colocación de cables



VENTILACIÓN

En las cámaras habrá circulación de aire natural entre la toma de aire y el eje de ventilación. En las galerías de avance en parte inferior se necesita ventilación secundaria.

Ubicado en Carballeda de Valdeorras, en la provincia de Ourense, al noroeste de España, y frontera con Portugal, se extrajo pizarras desde 1968 a cielo abierto y desde 1996 la explotación es subterránea, a cargo de la empresa Canteras Fernández S.A.- CAFERSA. Esta roca es utilizada ampliamente en obras civiles para revestimientos de muros y pisos.

EL YACIMIENTO

- Capa explotable en charnela de pliegue.
- Espesor de unos 100 m, de potencia
- Buzamiento subhorizontal: 5°-8°.
- La cobertera máxima: 100 m.
- Reservas probadas: 3 millones de toneladas.

El ancho de cámara fue sujeto de estudio, cuantos más grandes sean los bloques que se extrae, mejor se podrá trabajar las pizarras, mejor se puede cortar y favorece los costos de explotación. Por ello, se realizaron rediseños para dimensionar las cámaras para una mejor calidad de la pizarra.

DIMENSIONES

- Acceso por galería con pendiente Alto: 18% y 600 mt. de longitud.
- Cámaras más grandes. 120x30x60 tras el rediseño original.
- Mayor Producción: 20,000 toneladas/año.
- Vida de la mina: 15 años.

GALERÍAS

- Bulones (anclas) de acero de 2.6m. y de 32mm., formando una malla de 2.2 x 2.2m.
- Hormigón Proyectoado de refuerzo con fibra de acero de 4 a 5 cm de espesor.

PILARES

- Anclas de acero de 6 mt. de longitud en medio de la malla del cable. Malla electrosoldada: 0.5m x 0.5 m.
- Pernos de acero de 4 m. en medio del elemento anterior.
- Cable de acero de 16 m. de longitud.

EXPLOTACIÓN POR CÁMARAS Y PILARES

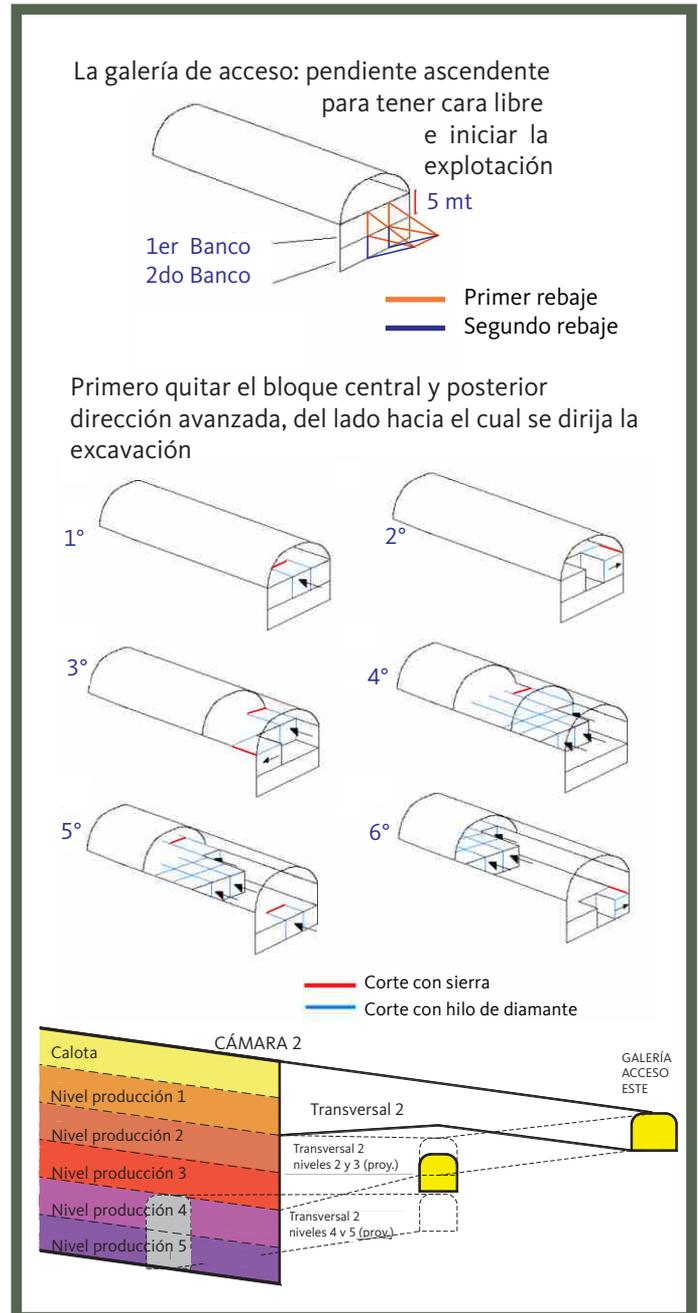
El cálculo numérico para el dimensionamiento de las cámaras, su orientación y afección para trabajar unas con otras, fue de gran importancia, del mismo modo se calcularon los pilares, las galerías de desarrollo y se hicieron los cálculos del sostenimiento. El modelamiento permite ajustar al máximo las variables y que se trabaje solo sobre pizarras, y el recorrido del transporte de materiales por las rampas, sea el mínimo. Las cámaras son de 100 m. de longitud y 25 m. de ancho; la altura de la cámara hasta 50 m. y la explotación de las cámaras se hacen por banqueo descendente.

BÓVEDA

- Cable de acero de 12 m. de longitud, resistente hasta 50 tm. siguiendo una malla cuadrada de 2 m. x 2 m.
- Pernos de acero de 4 m. de longitud, en medio del elemento anterior.
- Cable de acero de 16 m.
- Malla metalizada: 0.5 x 0.5 m.
- Hormigón proyectado: 10-15 cm. de grosor

Se encuentra en investigación el aprovechamiento de las cavernas al cierre de la mina, la legislación es exigente y si bien las cámaras pueden estar 5 a 6 años hasta que se rellenen por completo, la restauración y la ejecución de la explotación van en paralelo y se sigue trabajando en la búsqueda de alternativas para que estos espacios tengan un segundo uso. Otro aspecto importante es que la preparación de las bóvedas tienen una inversión importante por ello es preciso maximizar los estudios

Antonio Alonso Jimenez es Técnico Superior de Investigación en el Instituto Geológico y Minero de España. Tiene el título de MEng en Ingeniería de Minas por la Universidad Politécnica de Madrid.



ORGANIZADORES:

ÉLITE
ELITE CONSULTING S.A.C.

INSTITUTO IBEROAMERICANO DE MINERÍA

tunnel & mining

PRESAS&DEPÓSITOS

relaves

OnLINE 2021

23/24 MARZO

www.tunnelmining.net

conferencias y entrevistas

top companies

Nuevo Túnel submarino Eysturoy - Islas Feroe



MILTON TORRES F.
Reportes e investigación
Zurich-Suiza

El 19 de diciembre de 2020 bajo las Islas Feroe, archipiélago autónomo parte del Reino de Dinamarca, fue inaugurada el nuevo túnel Eysturoy de 11.2 km. bajo el océano Noratlántico, el cual consta de 3 carreteras submarinas y una espectacular rotonda

NCC está construyendo el túnel de Sandoy luego de inaugurarse el primer tramo: El túnel de Eysturoy. En total son 2 túneles de carretera submarinos y una rotonda en las Islas Feroe. El contrato se divide en dos subproyectos con un Costo total de 2,700 millones de coronas suecas. (Aprox. US\$ 327 millones).

Cabe destacar que NCC es una compañía Noruega y antes construyó los túneles Vagga y Nordoya en la isla.



DATOS DE LAS OBRAS

Cliente: P / E Eystur- y Sandoyartunlar (EST), propiedad de la Diputación de las Islas Feroe.
Tipo de contrato: Llave en mano.

Fase uno: el túnel de Eysturoy - Obra concluida

Periodo de construcción: 2016-2020

Longitud total: 11.2 km

Costo: 1.4 mil millones SEK
Aprox. US\$ 182 millones

La pendiente máxima: 5 grados

El punto más bajo: Está a 187 m. bajo del mar.

Reducción del trayecto: De 55 a 17 km.

Reducción del tiempo: De una hora a 16 min. de viaje. (entre la isla Eysturoy y la capital)

Consta de 3 carreteras submarinas que se unen en una rotonda a 180 m. bajo el océano Atlántico.

Fase dos: el túnel de Sandoy

Tiempo de construcción: 2018-2023

Longitud total: 10,5 km

Costo: 1,2 mil millones SEK
(Aprox. US\$ 145 millones)

Actualmente, para llegar a Sandoy se usan barcos transbordadores para personas y autos.

Los túneles en Dinamarca favorecen directamente a la industria pesquera, económicamente vital y políticamente poderosa, que produce el 95% de las exportaciones del país.



VMT | Your Partner in Tunnel Building

With its guidance systems and services, VMT has been one of the leading suppliers in tunnel construction and industrial measurement for more than 25 years.

Approximately 2,400 tunnel projects throughout the world bear witness to the efficiency and innovative strength of the VMT product portfolio in the fields of navigation technology, production and logistics management, deformation and process monitoring as well as data management.

VMT is a competent, reliable partner to developers and contractors in every phase of the tunnel project. The provision of personal advice and active support and the absolute dedication of all VMT employees from project engineers on site to IT developers at their desks are top priorities within the corporate philosophy and are qualities that are demonstrated day after day.

Cities are expanding across the globe, and in the economically aspiring regions in particular, demand for modern transport routes and efficient supply and disposal lines is increasing. To be able to build and lay these underground exactly where they are needed, there is a growing need for solutions to allow tunnels to be driven safely and economically in geologically challenging conditions, often under densely populated inner cities.

As a driving technological force, VMT has the experience, the capacities and the know-how to cope with the toughest project requirements:

Using innovative system and product solutions developed by VMT, construction companies build tunnels and shafts of every size for ever more complex infrastructure projects: the navigation systems for driving equipment, the production and logistics management system for segment production and innovative system solutions for safety, information and monitoring all play key roles here. The individual modules can be combined into efficient, modern, networked solutions that ensure streamlined processes and seamless quality assurance for every tunnel project.

In industrial measurement, VMT develops concepts and supplies equipment for manufacturing processes that have to meet the most stringent precision requirements. The high-tech equipment for laser-based 3D measurements combined with the expertise of the VMT specialists guarantee quality assurance and economic efficiency in the production of individual workpieces or complete assembly lines.

Worldwide, the VMT Group employs approximately 220 members of staff at the headquarters in Bruchsal (Germany), in its subsidiaries in Shanghai, Seattle, Melbourne and Saint Petersburg as well as in its representations in Singapore and New Delhi. VMT is part of the Herrenknecht Group, the world market leader in mechanical tunnel driving technology.



Navigation and supplementary systems



Deformation monitoring system



Modular production and logistics management system



Process data management



Industrial measurement solutions

VMT Germany | Headquarters
t +49 7251 9699 0
info@vmt-gmbh.de
www.vmt-gmbh.de

VMT China | t +86 21 50750276 | info@vmt-china.com | www.vmt-china.com

VMT Australia | t +61 1300 553 905 | info@vmt-tg.com.au | www.vmt-tg.com.au

VMT USA | t +1 253 447 2399 | info@vmt-us.com | www.vmt-us.com

VMT Russia | t +7 812 677 79 74 | info@vmt-iit.ru | www.vmt-iit.ru

VMT Singapore | t +65 659 057 19 | info@vmt-singapore.com | www.vmt-singapore.com

VMT India | t +91 987 129 22 00 | info@vmt-india.com | www.vmt-india.com

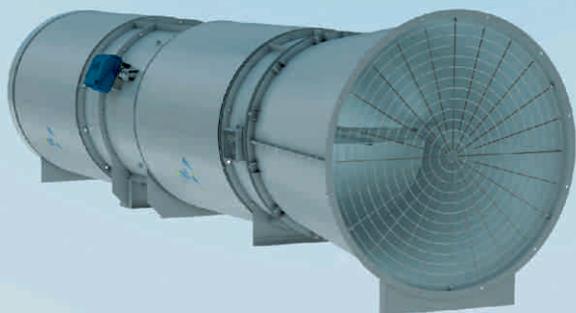


Soluciones innovadoras para ventilación subterránea

FanTR fabrica equipos y sistemas de ventilación para la renovación del aire en ambientes subterráneos o confinados, desarrollados por un experimentado equipo profesional de ingenieros especializados en ventilación.

Número 1 en el mercado de ventilación subterránea en Brasil

Presencia local en Perú y Colombia



EQUIPOS DE VENTILACIÓN DE MINAS SUBTERRÁNEAS

Desarrollados para la realidad de las minas, nuestros ventiladores ofrecen una mayor resistencia y garantizan una durabilidad superior, incluso en las condiciones más adversas.

VENTILADORES Y SISTEMAS DE EXCAVACIÓN Y APERTURA DE TÚNELES

Siguiendo la misma línea de diseño de los ventiladores de minería, estos equipos son más robustos y están diseñados para condiciones extremas de operación, muy comunes en los sitios de construcción.



VENTILADORES AXIALES DE CHORRO DEFINITIVOS DE ALTA TEMPERATURA

Los ventiladores con certificado F400, según la norma EN12101-3, soportan temperaturas de hasta 400°C de funcionamiento sin comprometer su estructura o rendimiento durante dos horas.

fantr.com

FAN TECHNOLOGY RESOURCES

Rodovia Waldomiro Corrêa de Camargo, km 53,7
Bairro Cruz das Almas - Itu/SP - Brazil

fantr@fantr.com

+55 (11) 4025-1670

VENTAS PERÚ - PROSUMISAC

Urb. Los Rosales Mz. B Lote 12 - San Martín de Porres
Lima - Perú

ventas@prosumisac.com

+51 (01) 484-4298

+51 991909007