


ARTÍCULO CENTRAL

CONSTRUCCIÓN SUBTERRÁNEA

CRECIENDO BAJO TIERRA

ALFREDO SAAVEDRA L.
PERIODISTA REVISTA BIT



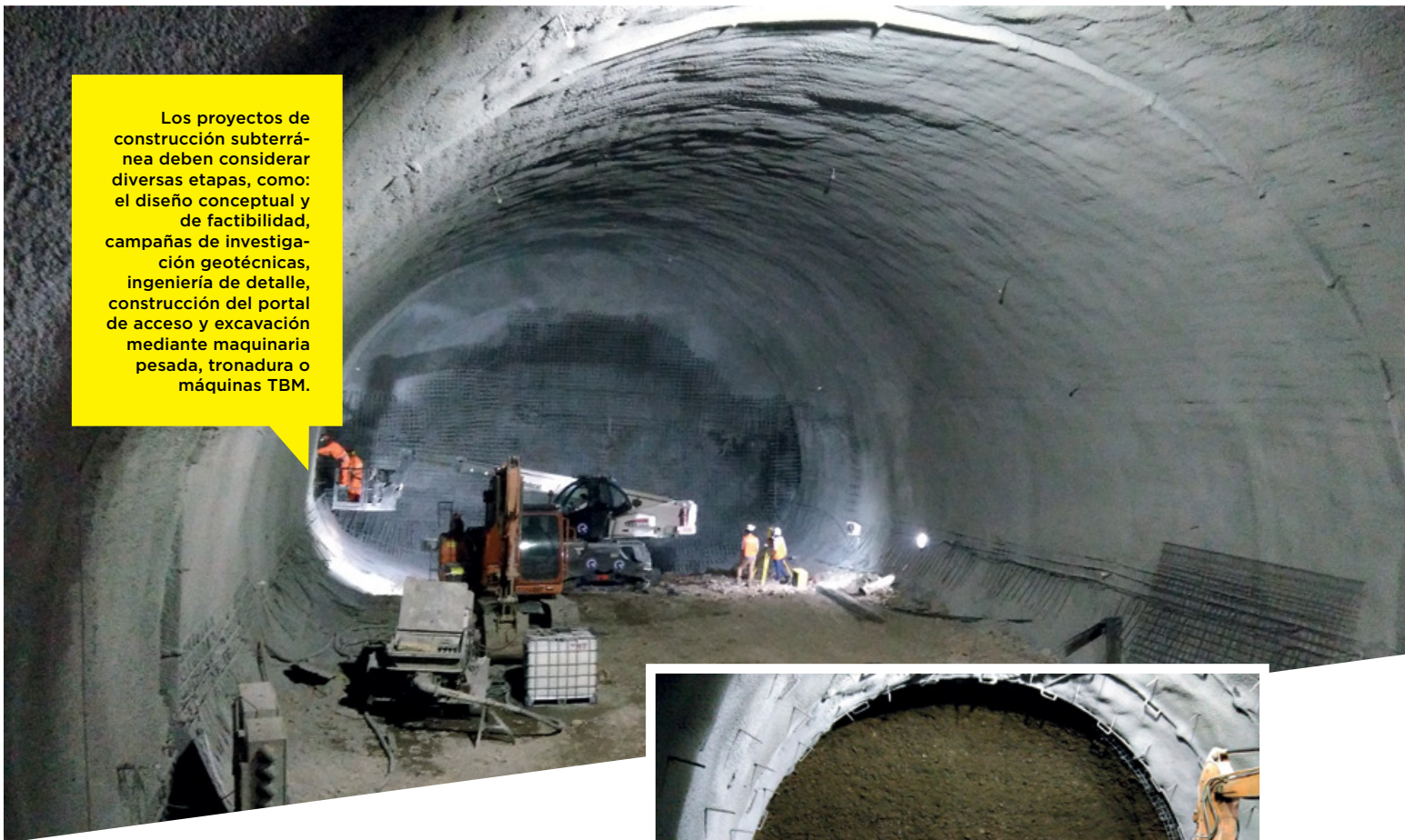
— El continuo desarrollo de las grandes ciudades está produciendo escasez de suelo donde seguir construyendo, por lo que la búsqueda de alternativas se intensifica. Es así como la construcción subterránea muestra su potencial para llevar a cabo diversos tipos de proyectos que satisfagan distintas necesidades. Con metodologías constructivas características y tecnologías que avanzan en búsqueda de mayor seguridad y productividad, este tipo de construcción crece bajo tierra.

M

MÁS DE ALGUNA VEZ se ha escuchado que el espacio para construir es cada vez menor producto de factores como la continua expansión de edificaciones, nuevas

obras, planos reguladores, etcétera. Esto presenta oportunidades para el sector, observando un interesante espacio: el subsuelo. Según cuentan desde la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas (MOP), debido a las características propias del entorno donde se llevan a cabo, los proyectos de este tipo deben considerar diversas etapas, como por ejemplo: la identificación de la obra, estudios básicos (topográficos, geológicos, sísmicos, hidrológicos, de riesgos y de flujo vehicular), prospecciones geológicas (sondajes, perfiles geofísicos, ensayos de laboratorio), definición del trazado del túnel y de sus accesos, selección del método de excavación, para dar paso al desarrollo de la ingeniería básica para las obras subterráneas y el equipamiento y de detalles para las obras exteriores.

Los proyectos de construcción subterránea deben considerar diversas etapas, como: el diseño conceptual y de factibilidad, campañas de investigación geotécnicas, ingeniería de detalle, construcción del portal de acceso y excavación mediante maquinaria pesada, tronadura o máquinas TBM.



GENTILEZA CTES



Otras etapas incluyen la elaboración de documentos de licitación para la construcción, la ejecución de la construcción por ciclos repetitivos (perforación, disparo, ventilación, extracción de la maraña, mapeo geológico, instalación del soporte inicial y monitoreo), así como la instalación del sostenimiento adicional para asegurar la estabilidad del túnel durante la operación (lo define el mandante o dueño de la obra), el retiro de las instalaciones de construcción, instalación del radier y limpieza, la instalación del equipamiento del túnel y la operación y mantenimiento. De acuerdo a los expertos consultados, en estricto rigor todos los suelos y rocas serían más o menos aptos para una excavación subterránea, pero el desafío está en cómo soportarlo, cómo realizar el avance y en los costos y tiempos asociados. “Desde superficie se pueden perforar sondajes que mejoren el terreno inyectando productos que estabilicen el sector en donde se ex-

cavará el túnel. Además, para mantener un frente de excavación estable, se pueden instalar elementos estructurales como pernos dentro del terreno y de la frente para que al momento de excavar se asegure la estabilidad”, comenta Giorgio Piaggio, ingeniero civil y presidente del Comité de Túneles y Espacios Subterráneos de Chile (CTES-Chile), agregando que en casos se requieran, existen medidas como inyección de productos para consolidar el terreno y/o controlar la entrada de agua, proyección de membranas, instalación de soporte muy rígido como marcos metálicos, hasta medidas extremas como la técnica del congelamiento de suelos (ground freezing). “Si los costos y tiempos de construcción son altos, quizás la solución subterránea no sea necesariamente la más adecuada, a menos que existan otros criterios: sociales, medioambientales o de serviciabilidad que influyan en la toma de decisiones”, explica.

METODOLOGÍAS

Si bien se pueden desarrollar obras para diversos usos, la metodología constructiva es similar para proyectos mineros, de energía o de infraestructura. “Normalmente en las fases básicas del proyecto se establece cuál es la mejor forma de completarlo y ejecutarlo: totalmente subterráneo, combinado con tramos parciales en superficie, entre otras. También se analiza el método de excavación que puede ser convencional o mecanizado”,

cuenta Juan Carlos Ulloa, director y gerente general de Geoconsult Latinoamérica. Y es que son las condiciones propias y particulares de cada proyecto (geología, trazado, interferencias en superficie y con otras obras subterráneas, el modelo contractual, cronograma y presupuesto, etcétera) las que ayudan a escoger el método que mejor se adapte a las necesidades. Típicamente, en minería se utiliza para los desarrollos de producción el método convencional de perforación y tronadura pues es más flexible y adaptable a los cambios en las condiciones geológicas, los cambios de dirección y porque estas obras son la mayoría de las veces labores temporales. Dentro de los métodos convencionales se agrupa también el NATM (New Austrian Tunneling Method), que se adapta a la exca-

vación en suelos, en particular para túneles de Metro e infraestructura urbana. “Este método consiste en la subdivisión del frente de trabajo en secciones para limitar los desplazamientos en el túnel y eventualmente en superficie” explica Piaggio. A nivel nacional, en particular, se cuenta con vasta experiencia en este método, principalmente utilizado en los últimos 20 años en la excavación de las líneas del Metro de Santiago. Para proyectos de infraestructura y energía en donde la longitud de la obra subterránea es importante (>5,0 km) el trazado de los túneles posea curvas de radios altos, las máquinas TBM (Tunnel Boring Machine) pueden resultar más atractivas”, comenta Piaggio. Adicionalmente, los expertos consultados indican que las metodologías de perforación y tronadura son transversales a cada industria y se han aplicado en Chile por más de 100 años con un estándar probado y seguro.

Cabe destacar que las terminaciones del túnel las constituyen la construcción de la losa de piso y los servicios permanentes como electricidad, señalética, iluminación, ventilación, entre otros. Este último aspecto, por ejemplo, comprende un ítem que posee décadas de desarrollo en nuestro país mediante ventiladores especiales, mangas, estaciones intermedias, etcétera. “El diseño de la red de aire fresco y de extracción de aire viciado está bien establecido y los caudales exigidos están regulados por el Decreto Supremo N°132. Para el caso de minas





Hormisur

PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

ISO 9001:2015 Casa Matriz - Planta San Bernardo 

Diseño, fabricación y montaje de estructuras prefabricadas.

☎ 22 235 9451
✉ hormisur@hormisur.cl
🌐 www.hormisur.cl



Condominio Industrial Ventisquero
Rentas La Capilla Ltda.



Pasos Llay Llay - Nogales - Illapel
Arrigoni S.A.



Pasarelas Runge - Montenegro - Las Blancas - Acceso Sur La Calera - Nogales - Escuela Melón - Collahué
Brotec Construcciones SPA





El subsuelo puede tener diversos usos, ya sea para desarrollo de proyectos de transporte, viales y de esparcimiento, entre otros. En las imágenes, el Centro Cultural La Moneda, ubicado debajo del Palacio de Gobierno chileno.

subterráneas, se incluyen típicamente modelos numéricos particulares para asegurar que toda la infraestructura subterránea esté ventilada adecuadamente”, señala Piaggio, agregando que hoy se está explorando el uso de maquinaria y equipos eléctricos, en particular para el transporte de material, a fin de disminuir el aporte de aire viciado. La iluminación, en tanto, también es un desarrollo establecido ya que se cumple de forma adecuada y se cuenta con proveedores de equipos que satisfacen las necesidades de las industrias de manera competitiva.

Por su parte, la humedad, es un aspecto relevante ya que el influjo de agua es transversal en todo proyecto subterráneo, tanto de cordillera como urbano y un caudal de agua importan-

te podría incluso detener la obra si no es controlado adecuadamente. Desde la Dirección de Vialidad del MOP, señalan, por ejemplo, que para temas de afloramientos de agua existen varias opciones, según sea la naturaleza del túnel y la magnitud del fenómeno, las que van desde sistemas de drenaje, membranas impermeables para canalizar las aguas, hasta impermeabilización de la roca mediante inyecciones de cemento o productos químicos. Por lo general este tema está



Uno de los proyectos de construcción subterránea más destacados de Chile es el Metro de Santiago, cuyas líneas 3 y 6 (en la imagen) se construyeron bajo tierra. Se espera que la futura línea 7 también sea completamente subterránea.



controlado además por los requerimientos ambientales y capacidad de las plantas de tratamiento, las que en conjunto condicionan y exigen actuar con el mejor método técnico económico que logre el objetivo de impermeabilización. El manejo de estos aspectos es aportado por la información obtenida en la investigación geotécnica. “Muchas veces no se identifica ni se acota en la intensidad que se puede presentar durante la obra y aparecen dificultades en la etapa de excavación, que pueden afectar su estabilidad y hasta la durabilidad del proyecto por lo que el diseño de ingeniería en las fases previas debería identificar este u otros problemas y presentar soluciones de mitigación”, señala Ulloa.

TECNOLOGÍAS

Por lo general hay dos grandes grupos de métodos constructivos con sus respectivas tecnologías: por un lado está el método convencional que utiliza equipos tradicionales como retro-excavadoras, camiones normales para mover el material, jumbos de perforación (en el caso de roca), etcétera, mientras que por el otro, está el método mecanizado que cuenta con las máquinas TBM o rozadoras, entre otras. “La tecnología para el método convencional tiene ventajas en cuanto a su versatilidad, puesto que en caso de existir el espacio y disposición del terreno se pueden abrir frentes adicionales de trabajo simultáneos sin que se eleve mayormente el costo de inversión de la obra”, explica Ulloa, agregando que en el caso del uso de TBM, la logística y el desarrollo es más específico porque la inclusión de más equipos o frentes de excavación adicionales, como en el método convencional, aumentaría significativamente los costos.

Los avances tecnológicos están enfocados también para mejorar la seguridad y la productividad. “Como Chile es un país minero, ha sido el estándar de seguridad de esa industria el que se ha ido traspasando paulatinamente a las obras subterráneas de uso civil lo que ha permitido disminuir la exposición de las personas al riesgo, con la implementación de equipos en tareas que hasta no hace mucho tiempo se realizaban de forma manual, por ejemplo, acuñadura, pro-

Excelente Relación Precio Calidad



Óleo Brillante

Óleo sintético formulado con resinas alquídicas de alta calidad y pigmentos que le confieren un alto brillo, poder cubriente, buenas propiedades de dureza, excelente adherencia y elasticidad.

Uso en interiores y exteriores, para baños y cocinas.

Pintura Para Techos



Permite una fácil aplicación sobre techos nuevos y antiguos, de Zinc, hierro galvanizado o planchas de fibrocemento. Muy buena conservación del color en el tiempo.



TAJAMAR



www.pinturastajamar.cl



yección de hormigón, colocación de pernos, junto con esto, el personal de terreno es más consciente y está más informado sobre los riesgos que pueden ocurrir en sus trabajos y cómo hacerles frente”, señala el gerente de Geoconsult. En el área de seguridad se busca que el operador esté el menor tiempo posible cerca de la frente del túnel o en sitios sin fortificación. Por ejemplo, en el caso de los equipos mineros, estos están siendo adaptados para ejecutar prácticamente cada actividad minera que se requiere para el avance (perforación, fortificación, acuífura, etcétera), protegiendo por completo al operador, lo cual también mejora la productividad, ya que entregan a los equipos mayor versatilidad para realizar multitareas. Por otro lado, las TBM proveen tanto seguridad y productividad de forma simultánea, al estar el frente completamente cubierto por el cabezal de corte, un escudo parcial o completo en la bóveda y paredes, medios mecánicos para la fortificación y avances diarios atractivos. “El transporte de la marina se realiza generalmente mediante correas transportadoras, lo cual previene el ingreso adicional de equipos y maquinarias que puedan tener interacción con los trabajadores”, cuenta Piaggio. Otros avances en el caso de excavación con perforación y tronadura, se relacionan con el uso de barras de perforación y bits de mayor durabilidad ante la abrasión, lo cual permite optimizar tiempos de avance. “Equipos como jumbos perforadores poseen mayor tecnología, versatilidad y robustez para incrementar su factor de utilización, así como su geometría para labores mineras desafiantes”, detalla el ingeniero.

Arriba: Centro comercial Garden Santa Fe, ubicado en Ciudad de México.

ASPECTO NORMATIVO

Actualmente la normativa para construcción subterránea está dirigida a casos particulares, no necesariamente aplicables a todas las industrias en donde las obras de este tipo son una solución técnica. “El tema de estándares generales para obras subterráneas en Chile es básico. Las recomendaciones que se implementan son derivadas generalmente de estándares europeos”, señala Ulloa, agregando que se debe avanzar en la implementación de una normativa que ayude a minimizar la falta de estandarización. A modo de ejemplo, el DS N°132 del Ministerio de Minería cumple un rol de reglamento de seguridad para obras mineras que no son exigidas fuera de ese contexto. Lo mismo se puede apreciar con el Manual de Carreteras del

COMITÉ DE TÚNELES Y ESPACIOS SUBTERRÁNEOS

Bajo la coordinación de la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), CTES-Chile, es una entidad de carácter técnica y permanente, que convoca a los principales profesionales e instituciones relacionadas (proveedoras, consultoras, constructoras, mandantes, académicos, entre otros), con el fin de canalizar las inquietudes, el conocimiento y la información, constituyéndose en una instancia de desarrollo técnico, difusión y buenas prácticas para la promoción de esta industria. Más información en: tuneles@cdt.cl



MOP, que en su capítulo 3.8 indica requerimientos mínimos para el diseño de túneles, orientado a obras de infraestructura con criterios de diseño específicos. “Las especificaciones técnicas particulares y recomendaciones provienen de las empresas mandantes cuyas buenas prácticas y experiencia son traspasadas a los contratistas y viceversa. También se recurre a normativas y recomendaciones internacionales, como son los instructivos de la International Tunnelling Association, ITA”, explica Piaggio. Otros cuerpos normativos que rigen el uso y ocupación del subsuelo urbano son: la ley de metro, la ley de concesiones, Ley N°18.695 orgánica de municipalidades y el artículo 822 y título IX del Código Civil de la República de Chile.

EJEMPLOS DE USO

Uno de los usos más destacados que se hace del espacio subterráneo en Santiago es a través de la red de Metro, que en la actualidad contempla seis líneas, más una extensión de Línea 4 (L4A). El transporte subterráneo, además, ha logrado mantener un constante crecimiento de su obra a lo largo de los años gracias a nuevas líneas como L3 y L6. La primera, inaugurada a principios de este año, está compuesta por 18 estaciones y 22 km de extensión, uniendo a las comunas de Quilicura con La Reina en 30 minutos aproximadamente. De acuerdo a lo señalado a Revista BiT hace unos meses atrás, la construcción de los túneles de esta obra se realizó con metodología NATM (New Austrian Tunneling Method). En el caso de estaciones de gran envergadura

(200 m²) como Universidad de Chile o Plaza de Armas, la excavación avanzaba como si se estuvieran realizando dos túneles independientes: por un lado iba la excavación de uno y al lado de este, dejando un “muro temporal” de separación, se comenzaba el otro. Una vez estables, se excavaba la parte central y se conectaban entre ellos.

Una de las principales características de Línea 3, es que se cruza con todas las otras líneas de la red (a excepción de L4A), siendo estación Universidad de Chile una de las más complejas debido a su gran tamaño y lugar donde se emplaza. Por tal razón y para generar el menor impacto a la comunidad se recurrió a un diseño y secuencia constructiva distinta a como se hicieron las demás estaciones “de paso”, las que se construían en una secuencia de pique, galería, estación y túnel interestación. En cambio, en Universidad de Chile, se optó por hacer el proceso a la inversa. Así y para evitar el corte de la calle Alameda, se realizó un pique por calle Bandera, la que permaneció cerrada de forma temporal. Por su parte, la Línea 6, inaugurada a fines de 2017 cuenta con una extensión de 15 km, distribuidos en 10 estaciones, uniendo las comunas de Cerrillos y Providencia en cerca de 20 minutos de viaje. Como se mencionó anteriormente, para la construcción de las estaciones se realizó una secuencia de piques, galería, túnel estación y túneles de interestación y al igual que en L3, tanto el diseño como la construcción de estos túneles, se basó en la metodología NATM. En términos generales, la construcción comenzó por la ejecución de un pique de acceso típicamente lateral a un eje vial, a objeto de no interrumpir el normal tránsito peatonal y vehicular. Desde ahí se ejecutó de modo subterráneo una galería de acceso, desde donde nacía, a cada uno de sus lados,



ADEMÁS DE OBRAS VIALES Y DE TRANSPORTE, también hay usos de espacios subterráneos para esparcimiento, cultura, estacionamientos, etcétera. Es el caso del Centro Cultural del Palacio de La Moneda cuyo desafío arquitectónico y constructivo estuvo en no alterar las fundaciones de la sede de gobierno y no intervenir la línea tradicional del centro histórico más importante del país. Para lograr lo anterior, se trabajó en un sistema de socialzado que permitió excavar a los pies del palacio en forma vertical, con una profundidad de 15 metros. La construcción de este centro cultural de 7.250 m², contó en el subterráneo con tres niveles, junto con 17.440 m² de estacionamientos, divididos en cuatro niveles y 560 espacios para automóviles.

el túnel donde se emplaza el andén de la estación, que se encuentra bajo un eje vial. Desde los extremos de este túnel (“túnel estación”), comenzó la ejecución de los túneles interestación por donde circulan los trenes (más detalles sobre estas obras en Revista BIT 121).

Otro ejemplo de obra subterránea es el túnel Kennedy, construido a 25 m bajo tierra y que se caracteriza por contar en sus primeros metros con cinco pistas, convirtiendo ese tramo en uno de los túneles carreteros más grandes del continente. El túnel Eje Sur de Avenida Kennedy, corresponde a un túnel unidireccional de cuatro pistas entre la Rotonda Pérez Zujovic y el nudo Vespucio, emplazado parcialmente bajo la pista sur de Avenida Kennedy y bajo terrenos del Club de Golf Los Leones, todo ello de forma paralela a la Avenida Kennedy existente en superficie. La obra considera cuatro salidas peatonales de emergencia (SPE) ubicadas dentro del trazado del túnel (N°2, N°3, pique Rotonda Pérez Zujovic y Trinchera). Para la cons-

trucción del túnel se empleó la metodología NATM la que se realizó con una excavación cíclica y secuencial que incluía el sostenimiento primario instalado después de cada avance de excavación mediante hormigón proyectado; luego se realizaba la impermeabilización mediante geotextil y PVC y posteriormente el revestimiento de hormigón moldeado era reforzado con marcos reticulados, malla electrosoldada o barras. Según se indica en el artículo de Revista BIT N°115 sobre esta obra, la sección de excavación típica del túnel Kennedy presentaba unas dimensiones considerables (190 m²) por lo que se aconsejó realizar la excavación por fases, lo cual se definió mediante secuencias constructivas diferenciadas para la sección típica. Otras innovaciones estuvieron en el revestimiento realizado mediante la inclusión de un carro de encofrado deslizante para hormigonar la bóveda el cual cubría toda la sección de la bóveda del túnel y fue del tipo deslizante, es decir, avanzaba mientras disponía el hormigonado.

CASOS INTERNACIONALES

Uno de los ejemplos más destacados sobre uso de espacio subterráneo es la ciudad conocida como Réso ubicada en Montreal, Canadá. De acuerdo a su historia, fue el centro comercial subterráneo Place Ville Marie, ubicado bajo el primer rascacielos de la ciudad, el que dio inicio en 1962 a una tendencia que llevaría a la construcción de la que se trans-



CONCLUSIONES

El importante crecimiento y densificación de las zonas urbanas lleva a una disminución de los espacios libres en superficie y a un aumento de la plusvalía del suelo. Así, el espacio subterráneo se presenta como un recurso disponible y generalmente subutilizado.

De acuerdo a expertos consultados, un aspecto a avanzar es la normativa para este tipo de construcciones, pues actualmente no cuenta con normas estandarizadas, sino que dependen del tipo de proyecto y sector donde se desarrolla.

Los distintos métodos constructivos (convencionales y mecanizados) se utilizan dependiendo su idoneidad para el desarrollo de determinado proyecto. Ambos cuentan con diversas ventajas y utilizan tecnologías que apuntan constantemente a elevar los estándares de seguridad de los trabajadores y de productividad en obra.

formaría en la mayor ciudad subterránea del mundo. Apoyada por la llegada del Metro en 1966, otros centros subterráneos y túneles comenzaron a aparecer uniendo las estaciones con lugares importantes, como edificios de oficinas y hoteles, formando lo que sería el segmento central de la tierra de la ciudad. En la actualidad, son 33 km de túneles subterráneos cuyos corredores se enlazan con 10 estaciones de metro, dos terminales de autobuses, 1.200 oficinas, alrededor de 2.000 tiendas, incluyendo dos grandes almacenes, 200 restaurantes, 40 cines y lugares de ocio y entretenimiento, 7 hoteles, la Universidad de Quebec en Montreal y el campus de la Universidad de Montreal, el Parque Olímpico, la Plaza de las Artes y tres salas de exposiciones: la Place Bonaventure, el Centro de Convenciones (Palais des Congrès de Montréal) y el Centro Olímpico.

Otro ejemplo de obra subterránea es el centro comercial Garden Santa Fe, ubicado en Ciudad de México, que destaca por sus tres estructuras de conos invertidos, que proporcionan luz natural y ventilación y por contar con una gran azotea verde. Esta última, que correspondería al nivel calle, incluye un parque con una pista para correr, bancas, espacio de recreación y esparcimiento, áreas arboladas, accesos peatonales y vehiculares con una superficie de construcción de 1.114 m² y un área libre de 10.749 m² que equivalen al 91% de la extensión del predio. En los primeros tres niveles subterráneos se emplaza la zona comercial de servicios y entretenimiento (S-1, S-2, S-3) con una superficie de 20.088 m², mientras que el área de estacionamientos se desarrolla en otros cuatro niveles inferiores (S-4, S-5, S-6, S-7). Con todo, la superficie de construcción total es de 68.961 metros cuadrados. En el parque se encuentra el acceso al estacionamiento y al área comercial subterránea. Además, el acceso peatonal al estacionamiento, al centro de entretenimiento y a la zona comercial es a nivel del parque por medio de unos volúmenes que se configuran en el paisaje urbano como esculturas de cristal ubicadas en los cuatro lados extremos del proyecto. También cuenta con una bahía de ascenso y descenso que está cubierta por un techo de cristal y ofrece el servicio de dos elevadores, escaleras mecánicas para permitir el acceso y protección del usuario para bajar y recorrer el parque, así como bajar al centro comercial (más detalles de la obra en Revista BiT N°104).

DESAFÍOS A FUTURO

De acuerdo a los expertos consultados, la construcción subterránea sigue mostrando gran potencial en el sector, donde uno de los grandes desafíos que debe abordar es la incertidumbre geológica y su comportamiento asociado, en el sentido que numerosos problemas (constructivos, legales) tienen que ver con encontrar condiciones diferentes a las esperadas produciendo altos sobrecostos y sobretiempos. "La industria ha entendido que las investigaciones geológicas y geotécnicas previas a la construcción deben ser exhaustivas a fin de disminuir la incertidumbre a niveles aceptables, así como te-

ner la flexibilidad de modificar los diseños de ingeniería a las condiciones reales y concretas del proyecto", explica Piaggio, agregando que cláusulas contractuales que incluyan estas medidas, conciliadas entre el mandante y el contratista, permitirían resolver de mejor manera estos conflictos poniendo el foco en el éxito del proyecto. El presidente de CTES-Chile, también señala que es importante avanzar, desde métodos de diseño y fortificación empíricos a métodos que utilicen modelos con las condiciones específicas y reales de las obras. "Esto sincera la magnitud del soporte necesario y entrega trazabilidad de las medidas aplicadas, en especial en términos de la seguridad de los trabajadores y obra", indica. Junto a lo anterior, se debería estimular la formación, preparación y capacitación a nivel técnico y profesional que aporten mano de obra calificada para trabajos específicos para el área de proyectos subterráneos. "Se podría hacer más hincapié desde lo académico, ampliar la oferta de cursos, postgrados, especialización en general ya que con mejor y mayor distribución del conocimiento mejoran los estándares de construcción y calidad", señala el gerente general de Geoconsult, Juan Carlos Ulloa, agregando que adicionalmente se podría avanzar en una "descentralización" de la construcción subterránea, evaluando factibilidad de proyectos en más regiones que podrían usar alternativas de descongestión como por ejemplo, Viña del Mar y Concepción, entre otras. Así, la construcción subterránea ofrece un amplio espectro de posibilidades de desarrollo y crecimiento bajo tierra. ■



Melón Hormigones



Expertos en obras de fortificación subterránea

Hablar de shotcrete hoy en Chile es muy distinto que hace una década atrás. La demanda por este tipo de hormigón para proyectar es cada vez mayor en el país, junto con las exigencias de performance e implementación de tecnologías de control de calidad de éste, ligadas al auge del desarrollo de espacios subterráneos en el ámbito minero como civil, que nos posicionan en un nuevo y mejor escenario.

En este contexto, actualmente en la fortificación subterránea existe una preocupación asociada a optimizar los tiempos de ejecución, asegurando exigentes estándares de seguridad y calidad, en un ambiente operacional hostil. Por lo tanto, el estándar del shotcrete utilizado debe cumplir con: mantener su cohesión, docilidad y bombeabilidad durante los tiempos de transporte (3 horas o más), tener la capacidad de desarrollar altas resistencias a muy temprana edad (en algunos casos podemos hablar de minutos).

Adicionalmente, se busca que el shotcrete tenga una alta adherencia al sustrato, que el porcentaje de rebote o rechazo sea bajo y, por último, que el producto tenga una alta durabilidad a través del tiempo, por lo que debe ser poco permeable.

Como podemos observar, existe un amplio listado de requisitos que no consideran las condiciones climáticas, disposición y performance de materias primas existentes en las zonas donde se ejecutan las faenas, lo que complejiza su producción. Así como también las contrapositiones que se generan en las especificaciones técnicas como, por ejemplo, cuando la obra requiere que para el mismo producto antes de la aplicación se inhiba el fraguado por un tiempo



po indeterminado, y luego de una vez aplicado requerir un rápido desarrollo de resistencias.

Ante un escenario tan desafiante como son los requisitos habituales que se demandan a un solo producto de hormigón, surge la pregunta ¿cómo se aborda la venta de un producto tan complejo? La estrategia para resolver este desafío se centra en la Investigación e Innovación, en conjunto con un fuerte control operacional, que se traduce en la realización constante de pruebas, investigaciones y desarrollos con todos los actores del mercado de aditivos, adiciones y fibras, con la finalidad de estar a la vanguardia en el uso de nuevas tecnologías.

Esta cultura de innovación de Melón Hormigones, nos ha permitido contar con un amplio sustento técnico, fundamental para enfrentar las nuevas especificaciones técnicas y requerimientos de clientes. Contando con la experiencia necesaria para ofrecer productos que se ajusten 100% a las exigencias del mercado.

Para responder de manera eficiente a los nuevos requerimientos, también es relevante contar con los mejores equipos multidiscipli-

narios, materiales de alta calidad y con la tecnología asociada para dar soluciones y prestaciones, como la que actualmente se desarrolla en Minera El Teniente, la mina subterránea más grande del mundo.

Nuestra empresa asumió el compromiso de abastecer de shotcrete de la más alta calidad, junto con el estricto cumplimiento de los estándares y especificaciones técnicas que el proyecto exija. En este proceso de desarrollo, el mandante Codelco, se ha transformado en un socio estratégico, quien a través de su propia satisfacción con nuestra calidad y variedad de productos, eficiencia y flexibilidad, sumado a nuestra capacidad logística y gran experiencia en este tipo de servicios, han hecho de Melón una empresa clave e importante dentro de sus proyectos mineros subterráneos.

Dado que la calidad de nuestros productos está firmemente ligada a la seguridad y resistencia de las fortificaciones mineras, impactamos positivamente al cuidado y protección de los trabajadores que desarrollan labores tan arduas como complejas en el interior de una mina subterránea.

Para nuestra compañía es un orgullo ser parte de proyectos de relevancia nacional, en el cual se ven beneficiados todos los chilenos, con la convicción de que nuestros hormigones bombeables y proyectados, son agentes relevantes para la completitud de las fortificaciones mineras.

Con el desarrollo de esta estrategia, Melón ha desarrollado lazos de confianza y compromiso con sus clientes, lo que nos ha permitido ser parte fundamental del equipo mandante, logrando aportar activamente al cumplimiento de metas productivas que imponen estos desafíos.

Vivir el progreso.

EXPONOR
CHILE 2019

Visítenos

Exponor Chile 2019

27 al 30 de Mayo, Antofagasta, Chile
Área Exterior D, Stand 89 - 90 - 91



La alternativa segura: Nuevas grúas todoterreno de Liebherr

LRT 1090-2.1: 47 m pluma hidromecánica

LRT 1100-2.1: 50 m pluma embulonada

- Segura y fuerte**
- Altas capacidades de carga y máxima seguridad gracias a VarioBase®
 - Tablas de cargas homogéneas a nivel global conforme a ANSI, EN y otras normas
 - Escaleras de acceso seguras y cubierta plana

- Cómoda**
- Manejo sencillo y fácil
 - Cabina del gruista fácil de usar, extra ancha y abatible
 - Venta y servicio técnico directamente del fabricante



Liebherr Chile SpA
Avda. Nueva Tajamar N° 555, Piso 18
Edificio World Trade Center, Torre Costanera
Las Condes, CP 7550099, Santiago
Phone: +56 (2) 2580 0711
E-Mail: info.gruasliebherr@liebherr.com
www.facebook.com/LiebherrConstruction
www.liebherr.com

LIEBHERR