

Los túneles carreteros de Legacy Way en Brisbane (Australia)



Rolando Justa Cámara

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.
Director del departamento de Túneles y Trabajos Marítimos en Acciona Infraestructuras S.A.

Resumen

Este artículo trata de describir el proyecto inaugurado recientemente en el mes de junio, denominado Legacy Way, consistente en un doble túnel carretero de 4,6 kilómetros de longitud que une la autopista occidental de Toowong con la carretera de circunvalación de Kelvin Grove, en Brisbane (Australia). El proyecto ha alcanzado un coste de 1.500 millones de dólares australianos. En la construcción se han usado dos tuneladoras doble escudo de 12,40 metros de diámetro de perforación. Este proyecto ha conseguido diversos premios relacionados principalmente con la innovación:

- Lord Mayor's 2012 Award for Business Innovation.
- Gran Proyecto de Construcción de Túneles del año 2013. Este premio fue entregado en Londres el 26 de noviembre de 2013, en la ceremonia de los Premios Internacionales de la ITA (International Tunnelling Association).
- Infrastructure Partnerships Australia (IPA), forum líder de la industria de la construcción, nominó el Proyecto Legacy Way como "Project of the Year 2015" por las innovaciones introducidas y la búsqueda de la excelencia en el transcurso general del proyecto.

Palabras clave

Túneles urbanos, tuneladoras doble escudo, roca de alta resistencia a compresión, innovación

Abstract

The article describes the recently opened \$1.5 billion Legacy Way project, consisting of a 4.6 kilometre long twin-bored road tunnel connecting the Western Freeway at Toowong with the Inner City Bypass at Kelvin Grove, in Brisbane, Australia. Two 12.4 metre diameter double-shield TBM's were employed in the construction of the tunnels.

The project has garnered a number of awards, mainly in terms of innovation:

- Lord Mayor's 2012 Award for Business Innovation.
- Major Tunnel Project of the Year - 2013. Awarded in London on 26 November 2013 at the ITA (International Tunnelling Association) International Award ceremony.
- Infrastructure Partnerships Australia (IPA), Australia's leading forum for the construction industry, named the Legacy Way Project as "Project of the Year 2015" for the innovations introduced and the search for excellence throughout the course of the project.

Keywords

Urban tunnels, double-shield TBMs, high compressive strength rock, innovation

Descripción del proyecto

Los túneles del proyecto Legacy Way forman parte de un ambicioso proyecto de la Municipalidad de Brisbane, en Australia, para reducir la congestión del tráfico en las vías urbanas en superficie de la ciudad, reduciendo a la mitad los tiempos de viaje entre el este y el oeste de la misma. Brisbane es la capital del estado de Queensland, situada en el noreste de Australia, y es actualmente la tercera ciudad por población de Australia con aproximadamente 2 millones de habitantes.



Plano de situación de los túneles



Detalle de diseño del portal oeste, incluida la ampliación del jardín botánico



Portal oeste una vez abierto al tráfico



Detalle de diseño del portal este en su conexión con el bypass

Para el diseño, construcción y mantenimiento de esta infraestructura, el cual, tal como estipula el contrato, se extiende por un periodo de 10 años, se creó la unión temporal de empresas “Transcity Joint Venture” formada por la empresa local BMD Constructions, la italiana Ghella y la española Acciona Infraestructuras, siendo Acciona Infraestructuras la empresa que lidera dicho consorcio.

Los dos túneles discurren paralelos, y tienen una longitud aproximada de 4,6 kilómetros cada uno con un diámetro interior del revestimiento de hormigón de 11,30 metros, habiéndose empleado para su perforación y revestimiento dos tuneladoras doble escudo para roca dura.

Las tuneladoras han tardado 10 meses en completar la excavación de los túneles, e iniciaron su trabajo, una de ellas en agosto de 2012 y la otra en octubre de 2012.

La construcción de los túneles del proyecto Legacy Way ha marcado nuevos hitos de referencia en la excavación de túneles a nivel mundial, no solo por los records en cuanto a velocidad de excavación obtenidos, sino por la implementación de nueva tecnología y el empleo de nuevas prácticas sostenibles, elementos consustanciales con los valores de Acciona.

Unidades de obra principales

- Movimiento de tierras: 2 millones de toneladas de roca.

- Portales de entrada a los túneles: 1.200 pilotes de hormigón armado para contención de tierras en los emboquilles.

- Pavimento: 185.000 m² de asfalto.

- Ventilación de los túneles: 98 ventiladores de chorro en conjunto.

Las tuneladoras

La elección de las tuneladoras para efectuar la excavación del túnel parte de la idea inicial de reciclar dos tuneladoras Herrenknecht tipo doble escudo usadas previamente en el proyecto del túnel CLEM7 de Brisbane completado en el año 2010. Las máquinas fueron restauradas y modificadas según nuevos criterios:

1. Acceso al frente mediante vehículos sobre neumáticos.
2. Uso de un sistema de descarga rápida de dovelas para la aceleración del ciclo de construcción.
3. Uso de mortero bicomponente como relleno de trasdós del revestimiento, innovación a nivel mundial en un túnel en roca.

Posteriormente, fueron rebautizadas estas, habiendo logrado con ello que los túneles del proyecto Legacy Way fueran uno de los proyectos de reciclaje de mayor enver-



TBM instaladas en el portal de arranque

gadura de Australia y además que los procesos de excavación de ambos túneles alcanzaran resultados realmente exitosos.

El diámetro de la rueda de corte era de 12,4 m, longitud equivalente a la altura de un edificio de 4 pisos.

Cada una de las tuneladoras con los remolques de apoyo tiene una longitud de 110 m aproximadamente.

Cada tuneladora con sus remolques de apoyo pesa 2.800 toneladas aproximadamente.

Han sido necesarios 90 camiones de gran tamaño para trasportar las piezas al pozo de ataque.

Las tuneladoras han excavado aproximadamente 1 millón de metros cúbicos de roca.

En la Geología atravesada por la excavación predominan las filitas de las formaciones “Bunya Phyllite” y “Neranleigh-Fernvale”, comunes en los suburbios del oeste de Brisbane.

La formación “Bunya Phyllite” se extiende por la parte occidental y central del proyecto. Es relativamente uniforme en términos de litología, comprendiendo predominantemente filita con vetas ocasionales de cuarcita, con menor grado de metamorfismo que los esquistos de color verde. Estas rocas se pueden encontrar en secuencia de capas intercaladas como en estratos potentes. Esta formación muestra una foliación bien desarrollada.

La matriz de la filita tiene cuarzo contorsionado de color gris claro a gris oscuro, de las fases más tempranas de deformación. Esta constitución de la roca da lugar a un material poco alterado con una resistencia a compresión alta a muy alta.

La cuarcita de color gris claro a gris oscuro se encuentra en bancos potentes con foliación visible. Las zonas de cuarcita en la formación “Bunya Phyllite es probable que se hayan formado por alteración posterior o por precipitación de elementos ricos en sílice en los sedimentos originales.

La formación “Neranleigh-Fernvale” se extiende por la parte oriental del proyecto. Los estratos son más variables que los de la formación Bunya Phyllite” en términos de litología, y comprende estratos de filita, metagrauwaca, arenisca, arenisca cuarzosa, cuarcita y espilita, presentándose tanto en secuencias de capas intercaladas como en bancos potentes. Los contornos de las litologías son a menudo difusos y son frecuentes los cambios en granulometría.

Los estratos de la formación “Neranleigh-Fernvale” muestran menos evidencia de deformación post depósito (contorsión, plegamiento).

Tuneladora Anabell

Lleva el nombre de Annabell MacKinney, hija del difunto soldado de primera Jared MacKinney que resultó muerto en acción en Afganistán en 2010. Comenzó a excavar en agosto de 2012 y finalizó en junio de 2013.

Al final de su viaje los números de esta tuneladora han sido: 48 m el mejor día, máximo en una semana: 239,89 m,

y máximo en 30 días: 841,9 m. Esta máquina completó su trabajo dos meses antes de las previsiones del proyecto.

Tuneladora Joyce

Lleva el nombre de Joyce Tweddell, una enfermera que durante la Segunda Guerra Mundial, mostró un inmenso coraje tras permanecer detenida como prisionera de guerra en Sumatra durante tres años. Comenzó a excavar en octubre de 2012 y finalizó en abril de 2013.

Al final de su viaje los números de esta tuneladora han sido: 49,7 m en un día (Record del mundo), máximo en una semana: 253,80 m, y máximo en 30 días: 858,10 m. Completó su trabajo cinco meses antes de lo previsto en proyecto.

Instalaciones para el suministro de materiales a las tuneladoras

Transcity ha diseñado y construido todas las instalaciones y equipos necesarios dentro de la cadena de suministros de las tuneladoras para hacer frente a una producción de 50 m de perforación de túnel durante 20 horas de producción por día, lo que incluye:

Sistema de extracción del material excavado

Se emplea una cinta transportadora en cada túnel, más una cinta transversal conjunta para el transporte continuo del material excavado de los túneles a la cantera de Mont Coot-tha.



Boca del túnel para ubicación de la cinta de descombro



Detalle del extendido de material en la cantera



Cinta distribuidora del escombros en la cantera

Esta cinta conjunta tiene una longitud de 870 m, de los cuales 560 m son subterráneos, reduciendo así en algo menos de la mitad la longitud de recorrido de los materiales excavados en el proyecto original. Este diseño de evacuación de escombros y reutilización de los mismos en la recuperación de una antigua cantera propuesto por el Consorcio al Cliente ha sido el fundamento de uno de los premios otorgados por la Municipalidad de Brisbane a la innovación.

Los beneficios de este innovador diseño

- Disminución de la contaminación por el polvo a la comunidad cercana al portal de inicio y reducción de las afecciones a la vegetación del jardín Botánico.
- Disminución del ruido al realizarse el transporte en túnel, sin necesidad de camiones.

- El material se transfiere en un solo movimiento desde el túnel hasta su destino final en la cantera.
- La salida del material se realiza en el punto más bajo de la cantera, lo que disminuye aún más el impacto de polvo.
- Eliminación de 96.000 movimientos de camiones en las carreteras adyacentes con la consiguiente reducción de emisiones de CO₂ a la atmosfera e interferencias de tráfico consiguientes.

Fábrica de dovelas prefabricadas

Para la fabricación de dovelas, se estableció un fábrica en Wacol a mediados del 2011. En este parque se produjeron, controlaron y almacenaron más de 38.700 dovelas de hormigón ligeramente armado, pero reforzado con fibras metálicas de alta eficiencia, antes de ser transportadas para su empleo como revestimiento definitivo del túnel.

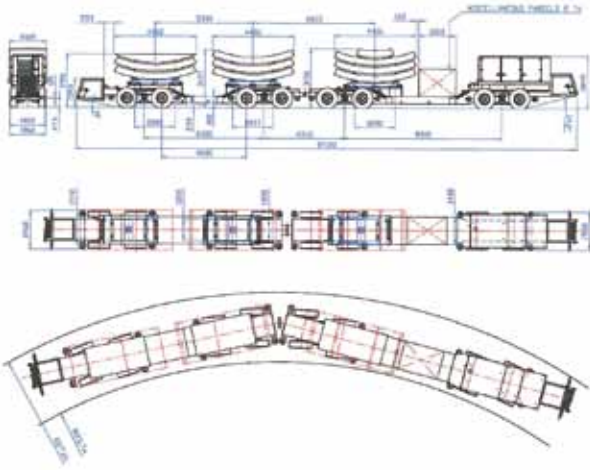


Acopio en portal de arranque de las TBM

- Cada dovela prefabricada tenía un espesor de 35 centímetros y 2 metros de ancho y un peso máximo de 7,5 toneladas.
- Se tarda aproximadamente 10 minutos en la fabricación de una dovela
- El anillo de revestimiento utilizado era de tipo universal y estaba constituido por ocho dovelas más una dovela de clave.
- Han sido instalados algo más de 4.300 anillos completos
- Han sido empleados más de 105.000 metros cúbicos de hormigón en la fabricación de las dovelas.
- Se ha utilizado un camino de rodadura constituido por dovelas prefabricadas de base de 4,50 m de ancho, reforzadas solo con fibras sintéticas estructurales.



Planta de fabricación de dovelas de revestimiento



Alimentación de dovelas con vehículos sobre neumáticos

- El promedio de fabricación fue de 17,4 anillos al día, correspondientes a 157 dovelas el mejor mes y se consiguió finalmente una tasa de rechazo de solo el 1 %.

Plantas para la fabricación y suministro continuo de mortero bicomponente

Para rellenar el espacio anular entre la excavación del túnel y el trasdós del anillo de dovelas hace falta suministrar mortero fluido de forma continua. Este material es un mortero de dos componentes que se suministra mediante un sistema de bombas y una red de tuberías desde la planta de fabricación hasta el lugar de colocación en la tuneladora con el fin de disminuir los movimientos de tráfico de vehículos dentro del túnel ya de por sí bastante numerosos.



Planta de elaboración del mortero bicomponente

El empleo del mortero de 2 componentes ha sido un desafío, no solo porque no existía experiencia en tuneladoras de gran diámetro en roca dura, sino porque había que conseguir que la mezcla tuviera la viscosidad adecuada para garantizar que todo el vacío detrás de las dovelas se llenara por completo y que el tiempo de gelificación fuera el óptimo para que el mortero no fluyera por detrás del escudo y evitar así la posible obstrucción de las tuneladoras.

Los beneficios del empleo del mortero bicomponente han sido:

- Inyección a sección completa, usando las toberas del escudo de cola conjuntamente con las toberas existentes en las dovelas en la parte alta del revestimiento.
- 100 % de relleno de los huecos de trasdós.
- Mejora de la impermeabilización del trasdós del revestimiento.
- Minimización del movimiento de vehículos en el interior del túnel ya que el mortero es bombeado desde el exterior, sin necesidad de estaciones de rebombeo.

Equipamiento del túnel

Galerías Transversales: Éstas conectan los túneles paralelos y actúan como salidas de evacuación en caso de emergencia. Las galerías transversales se encuentran a intervalos de 120 metros y están claramente marcadas con señalización direccional y de seguridad.

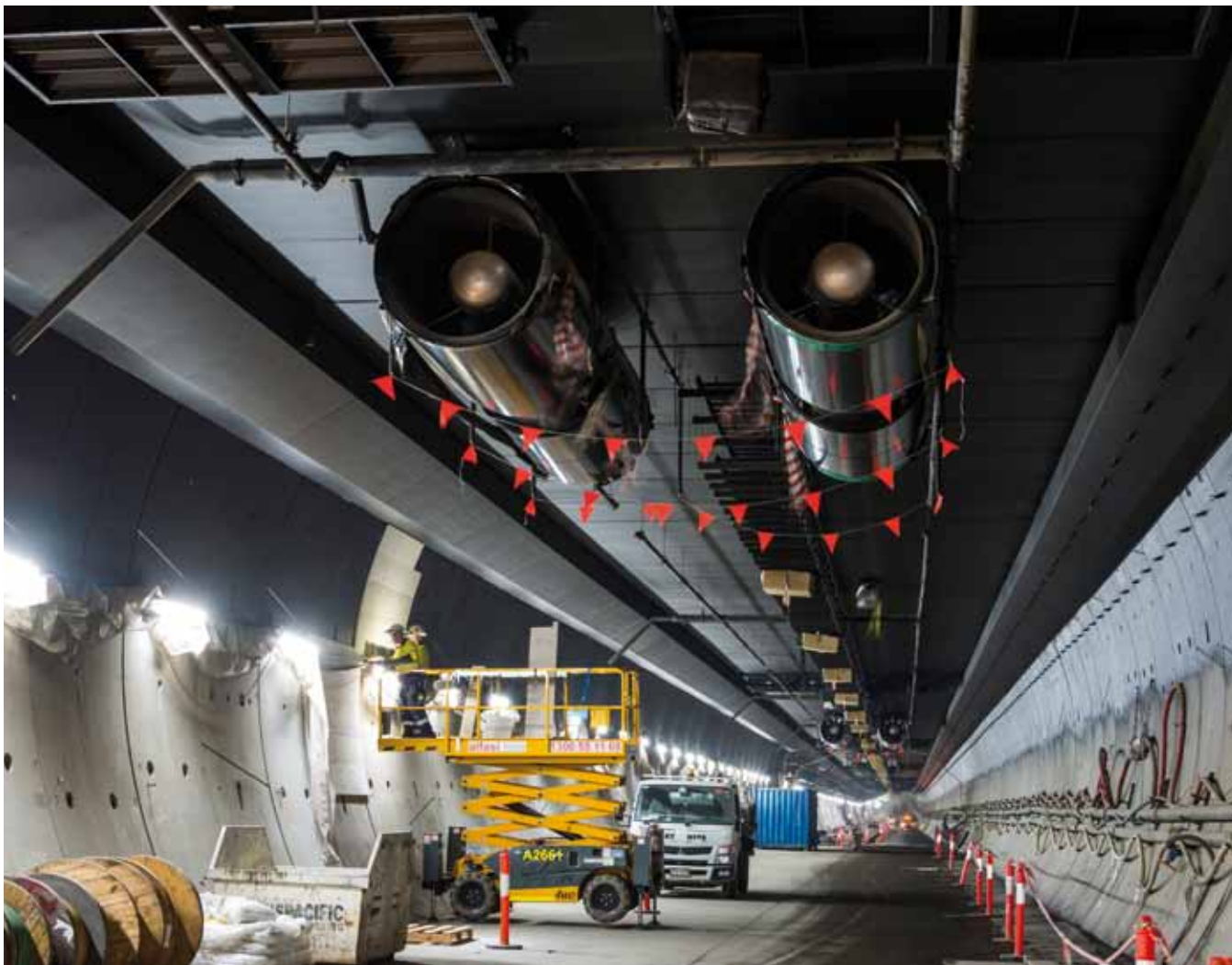
Se han construido un total de 37 galerías siguiendo el proceso constructivo siguiente:

- **Subestaciones Eléctricas:** estas son necesarias para la distribución del suministro de electricidad en los túneles. Las subestaciones eléctricas reciben la electricidad en alta tensión y en ellas se baja el voltaje y se distribuye la energía a la red eléctrica de los túneles, dando servicio a los equipos mecánicos y eléctricos, incluyendo iluminación, ventiladores y sistemas de seguridad. Han sido necesarias la instalación de 2 subestaciones eléctricas a lo largo del trazado de los túneles.

- **Equipamiento Mecánico y Eléctrico:** está formado por el equipamiento necesario para proporcionar una con-



Entrada de galería transversal



Instalación de equipos

ducción segura a los usuarios de la infraestructura y se plasma en la instalación de plataformas elevadas. Estas se utilizan para el soporte de ventiladores para la ventilación y el control de humos en caso de emergencia, cámaras, sinaléptica de túnel, altavoces, luces, cableado, sistemas de megafonía, circuito cerrado de televisión (CCTV), tuberías de agua así como la red contra incendios.

Se han instalado 98 ventiladores de chorro, más los ventiladores instalados en las torres de ventilación, junto con teléfonos de emergencia cada 60 metros. **ROP**