Elementos Premoldeados

Empleo de dovelas de Hormigón para la construcción de túneles en el AMBA

INTRODUCCIÓN

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires, posee una superficie de aproximadamente 200 Km^2 y su número de habitantes se mantiene estable desde mediados del siglo XX, en aproximadamente 3.000.000. Se encuentra rodeada por diferentes partidos de la Provincia de Buenos Aires que inicialmente fueron localidades independientes, y que debido al crecimiento demográfico fueron expandiendo sus límites y generando una continuidad urbana que se denomina Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA). El AMBA tiene actualmente una población que supera a los 12.800.000 millones de habitantes en una porción territorial del orden del 1% del total del país, concentrando además aproximadamente el 40% del Producto Bruto Industrial. Esto la convierte en uno de los grandes conglomerados urbanos del mundo y la tercera en tamaño de América Latina, después de las ciudades de México y San Pablo.

Para facilitar el crecimiento de tan importante centro urbano se requiere de una infraestructura de transporte y servicios que permita el normal desarrollo sostenido de las actividades laborales, sociales, culturales y económicas de sus habitantes.

En este sentido, durante los últimos años se vienen realizando diversas intervenciones y obras para mejorar, modernizar y ampliar la capacidad de la infraestructura. Entre ellas, se puede mencionar trascendentes proyectos como:

- El **río subterráneo** que conduce agua potable desde el barrio porteño de Saavedra, para desembocar en dos bombas elevadoras en los partidos de Tres de Febrero y Morón.
- El **Aliviador del Arroyo Cildañez**, que evacua aguas pluviales en los partidos de La Matanza y Tres de Febrero.
- Los **Aliviadores Holmberg** – Villa Martelli en el Partido de Vicente López.
- Los **Aliviadores del Arroyo Maldonado**, realizados dentro del Plan Director Hidráulico de la Ciudad de Buenos Aires. Este también incluye obras similares a realizarse en el Arroyo Medrano.
- La **Planta Potabilizadora Juan Manuel de Rosas**, en el Partido de Tigre.

- El recientemente iniciado **Soterramiento del Ferrocarril Sarmiento**, en el tramo Haedo – Caballito. Posteriormente se ejecutarán los tramos Haedo - Castelar y Castelar - Moreno.

TUNELERAS

La característica común entre estos destacados emprendimientos es que todos ellos incluyen la construcción de túneles, y en los casos mencionados, la ejecución de los túneles se realiza de manera eficiente y segura, a varios metros de profundidad, sin obstaculizar la actividad normal de la población y con mínimo impacto ambiental.

Ello es posible mediante la incorporación de modernas tecnologías como son las máquinas tuneladoras que son diseñadas específicamente para cada obra en particular. Las mismas realizan en una sola etapa y en forma secuencial, la perforación, la extracción y el retiro de la tierra, e inmediatamente después, la colocación del revestimiento para materializar el túnel. En la **Fig. 1** puede observarse el pozo de acceso y las operaciones de ingreso de las secciones de la tunelera, para el caso del Aliviador del Arroyo Maldonado.

Fig. 1 – Pozo de acceso ejecutado en hormigón armado y operaciones de ingreso de las secciones de la tunelera

Los túneles son revestidos con anillos premoldeados de hormigón armado, formados por secciones componentes que se denominan "dovelas" y generalmente son producidas en el mismo obrador general, donde se instala especialmente una fábrica para tal fin. Un acopio de dovelas de hormigón puede verse en la **Fig. 2**, donde cada pila está conformada por las siete secciones que integran un anillo de avance para el futuro túnel.

La **Fig. 3** muestra el ingreso de las dovelas terminadas al túnel, por el interior de la tuneladora, mientras que en la **Fig. 4** pueden apreciarse claramente los anillos de avance colocados. También pueden observarse el tren de servicio, que transporta material y personal desde el acceso hasta el frente de trabajo, y las instalaciones complementarias como canalizaciones y el insuflador de aire.

La dovela, originariamente, estaba constituida por una piedra tallada en forma de cuña que servía para formar arcos y bóvedas. Esta técnica ha sido utilizada por muchas civilizaciones antiguas, como el Imperio Romano, para la construcción de edificios monumentales, acueductos, estructuras subterráneas y de drenaje. Posteriormente, en la Edad Media el arco con dovelas alcanzó un elevado perfeccionamiento técnico para la construcción de catedrales.

Fig. 2 – Acopio de dovelas prefabricadas de Hormigón en el obrador.

Muchas de las construcciones realizadas por estas culturas antiguas aún se conservan y todavía se emplea la técnica aunque con diferentes materiales. Las rocas talladas han sido reemplazadas por hormigón armado, que cumple estrictos requisitos de calidad para elaborar dovelas que aseguran vidas útiles superiores a los 100 años.

Fig. 3 – Detalle del ingreso por el túnel de las dovelas dentro de la tuneladora

Fig. 4 – Sección del túnel finalizada

ANTECEDENTE MÁS RECIENTE

La última obra realizada con esta técnica, es el Aliviador del Arroyo Maldonado que se encuentra prácticamente finalizada. En ella, se fabricaron 75.000 dovelas (**Fig. 2**). La fábrica instalada contaba con una planta elaboradora de hormigón, una sala de llenado y vibrado y un conjunto mecánico denominado carrusel que permite la rotación de los siete moldes diferentes que conforman un anillo en una línea de prefabricación y otra de curado a vapor, permitiendo una producción continua de dovelas.

CICLO DE PRODUCCIÓN

El ciclo total de producción de una dovela es de 6 hs, de las cuales más de 5 hs corresponden al tiempo de curado a vapor.

Inicialmente se arman y ajustan los moldes, se aplica desencofrante en todas las superficies que estarán en contacto con el hormigón y durante el llenado del mismo, se verifica y controla el perfecto cierre y el ajuste dimensional, colocándose las armaduras. El molde con las armaduras predispuestas ingresa a la sala de llenado, en esta posición es dispuesto sobre un centrador neumático para evitar puntos rígidos durante la vibración. Se realiza el llenado con el hormigón elaborado en la planta adyacente, que produce un pastón de la cantidad estrictamente necesaria para una dovela. Se produce el vibrado para lograr una compactación eficiente y se retira el molde lleno mediante un sistema mecánico, avanzando simultáneamente toda la línea.

Luego de la salida de la cámara de llenado, la secuencia sigue con la tarea de alisado y fratachado, que se realiza en forma manual para lograr una superficie de la pieza libre de irregularidades y permitir la adecuada toma de la pieza para su desmolde por las ventosas de extracción de la grúa de izaje.

Posteriormente los moldes ingresan a la cámara de curado a vapor, donde permanecerán aproximadamente 5 horas en un ambiente controlado a una temperatura media de entre 45 y 50 °C y una humedad relativa superior al 90%. En la **Fig. 5** se observa cómo se desplazan por rieles los moldes llenos con hormigón e ingresan a la cámara de curado por vapor.

Fig. 5 – Vista general del ciclo de producción en la fábrica de dovelas.

Cuando salen del curado reposan unos 20 minutos a temperatura ambiente y se desmoldan. Inmediatamente después, se transporta la dovela con un puente grúa que posee un sistema de toma con "ventosas" neumáticas (**Fig. 6**). Luego se realizan algunas tareas menores y se lleva a cabo la colocación de la junta perimetral. A continuación se acondiciona el molde, se colocan las armaduras y se alista para re ingresar al circuito y dar inicio a un nuevo ciclo de llenado con hormigón.

Fig. 6 - Dovela de hormigón terminada transportada por grúa.

CARACTERÍSTICAS DEL HORMIGÓN EMPLEADO

El hormigón utilizado para la fabricación de dovelas presenta estrictos requisitos de desempeño, tanto en lo referido a la trabajabilidad del mismo como al comportamiento mecánico y a su durabilidad.

Además de contar con moldes precisos, robustos, en perfecto estado de mantenimiento y bien ajustados; para asegurar el cumplimiento de las tolerancias dimensionales, el hormigón en estado fresco debe poseer la capacidad de llenar completamente el molde sin presentar oquedades que afectarían el perfecto encastre y la estanqueidad de las futuras uniones. En este sentido, si quedan defectos o excesivo aire ocluido en los laterales, los mismos deberán ser reparados, generando demoras evitables.

Otro parámetro crítico de diseño está dado por la elevada exigencia de resistencia a la compresión a la temprana edad de 6 horas, momento en el cual la dovela debe ser desmoldada y transportada.

Para alcanzar el éxito se debe realizar una extensiva evaluación de los materiales componentes, incluyendo ensayos de compatibilidad y optimización de aditivos en la etapa de diseño de la mezcla en laboratorio. Luego, en la etapa de producción se debe establecer un estricto control de calidad de todas sus etapas.

CONCLUSIONES

La construcción de túneles mediante el empleo de tuneladoras y dovelas de hormigón es una tecnología de última generación, que en la Argentina se viene empleando exitosamente desde hace más de 10 años. Realizando trascendentes obras como las descriptas, que benefician a centenares de miles de habitantes del conglomerado urbano, sin afectar la normal continuidad de las actividades cotidianas de las ciudades. La misma será aplicada para la ejecución del soterramiento del Ferrocarril Sarmiento permitiendo construir el túnel sin condicionar la habitual circulación de trenes por las vías existentes.

Un cuidadoso diseño de las mezclas de hormigón sumado a un riguroso control de producción, permiten acompañar adecuadamente a esta tecnología, asegurando los plazos de ejecución y la durabilidad de las obras.

Instituto del Cemento Portland Argentino

Plataforma del Hormigón

San Martín 1137 1°Piso C1004AAW | C.A.B.A. Argentina

Tel / Fax: (+54 11) 4576 7695 / 7690 | www.icpa.org.ar