

Construcción de Muro Milán, pantalla flexoimpermeable y sistema de bombeo para el Nodo Vial Juárez Serdán, Puebla, Pue.

Construction of Wall Milan, flexoimpermeable screen and pumping system to the Node Road Juarez Serdan, Puebla, Pue.

Asael ELVIRA¹, Claudia PINEDA² y Walter PANIAGUA³

¹Pilotec, México, DF

² Pilotec, México, DF

³ Pilotec, México, DF

PALABRAS CLAVE. Muro Milán, Pantalla Impermeable, sistema de bombeo.

1 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Como parte de los proyectos viales para mejorar la movilidad de la población en la ciudad de Puebla, se desarrollan diferentes obras, entre las que se encuentra el distribuidor vial Nodo-Juárez Serdán, localizado al Poniente del Centro Histórico de la capital del estado; esta obra une las avenidas Blvd. Atlixco, Blvd. Norte y Hermanos Serdán. Conduce a la intersección de las avenidas en un paso a desnivel y da continuidad a una vialidad secundaria que da acceso y salida a dos calles de menor afluencia vehicular, en la fig. 1, se muestra una vista general de la glorieta.



Fig. 1, Vista general de la glorieta

2 DESCRIPCIÓN ESTRATIGRÁFICA

El suelo donde se construyeron los muros presenta la siguiente secuencia estratigráfica:

De 0.0 a 3.0 m

Arena limosa y limo arenoso de baja y alta plasticidad, colores café grisáceo, gris y gris oscuro, de compacidad suelta a media y blanda a media, respectivamente, empacando fragmentos de

travertino.

De 3.0 a 7.0 m

Limo orgánico de alta plasticidad, color gris oscuro, de consistencia muy blanda a blanda, empacando roca travertino de mala a buena calidad, grava y tufa calcárea.

De 7.0 a 12.2 m

Limo arenoso de alta y baja plasticidad y arena limosa, colores café grisáceo, café y gris oscuro, de consistencia muy blanda a blanda y compacidad muy suelta a suelta, respectivamente, empacando fragmentos de grava de travertino y tufa calcárea.

De 12.2 a 15.0 m

Limo arenoso de baja plasticidad y arcilla arenosa de alta plasticidad, colores gris verdoso y café claro, de consistencia media a firme, empacando fragmentos y grava de travertino.

En la figura 2, se presenta la zonificación geotécnica de la ciudad de Puebla, así como la localización del sitio de los trabajos.

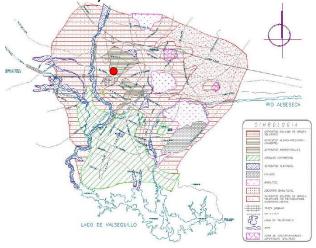


Fig. 2, Zonificación geotécnica el valle de Puebla y sitio de los trabajos, Azomoza, 1998.

3 CONSTRUCCIÓN DE MURO MILÁN

Se construyeron muros Milán de 80 cm de espesor y 15 m de profundidad promedio, delimitando el Nodo Vial confinando los accesos de la misma, todo con un total de 4,930 m3 de excavación.

Para la construcción de los muros, fue necesario el uso de almejas hidráulicas montadas en grúa, con excavación promedio de 100 m³/jor.

Hacia la zona de la avenida Hermanos Serdán, las condiciones mecánicas del suelo cambian significativamente, encontrando una franja de roca fracturada, llamada travertino.

La excavación con almeja hidráulica se realizó de forma simultánea en 4 frentes de trabajo, con equipos Soilmec y Casagrande.

Por la geometría del conjunto, y para dar la curvatura necesaria de acuerdo al trazo, los paneles fueron excavados en anchos de 3.5 m en la zona del Nodo Vial mientras que en las avenidas Blvd. Norte y Hermanos Serdán, se excavaron secciones de 8 y 6 m; en la fig. 3, se muestra la excavación de muro Milán.



Fig. 3, excavación para muro Milán

Además fue necesario el uso de grúas con capacidad de carga de 60 ton, para colocar las parrillas de acero de refuerzo dentro de la excavación, en la figura 4, se muestra la colocación de una de las parrillas de acero de refuerzo, colocándose un total de 1,269 ton de acero.



Fig. 4, Colocación de acero de refuerzo en muro

La colocación de concreto se realizó vaciándolo directamente del camión revolvedora, utilizando el sistema Tremie, consistente en tramos acoplables de tubería de acero de 8 pulgadas de diámetro; en los paneles de mayor sección se emplearon dos tuberías, vaciando en cada una a la vez, el volumen contenido en el camión, como lo muestra la figura 5, en el que se ilustra el colado de un panel de muro Milán.

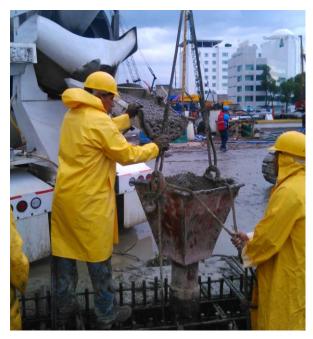


Fig. 5, Colocación de concreto en muro

Para mantener las paredes de la excavación, se empleó lodo bentónico con una mezcla bentonita-agua de 70kg/m³, preparada en dos plantas con capacidad de almacenaje y distribución de 70 m³ cada una, colocadas en extremos opuestos del Nodo Vial en la figura 6, se muestra la colocación de lodo de perforación en una excavación para muro.



Fig. 6, Colocación de lodo de perforación en muro Milán.

4 PANTALLA FLEXOIMPERMEABLE

Para la construcción de la superficie rodamiento vehicular y evitar la flotación del conjunto, resultado de la presión generada por el nivel freático, se diseñó una losa de fondo, de peralte suficiente, la cual se ancló al muro Milán, para llegar al nivel de proyecto; fue necesario excavar el núcleo del Nodo Vial y la intersección de las avenidas Blvd. Norte y Hermanos Serdán, de hasta máximo -10.80 m, 0.00 m por las condiciones en el tiempo de entrega, se requirió seccionar el área en 4 frentes de trabajo, los cuales permitieran realizar actividades de forma simultánea incluida la terminación de muro Milán, quedando de la siguiente manera: Blvd. Norte, Hermanos Serdán, Glorieta 1 y Glorieta 2.

La forma de delimitar estas áreas fue con la construcción de una estructura temporal, que además permitiera el corte del flujo de agua hacia las excavaciones, se trata de un muro pantalla impermeable de 80 cm de espesor y 12 m de profundidad, la localización en línea gruesa de las zonas donde se construyó pantalla flexoimpermeable se puede observar en la figura 7.

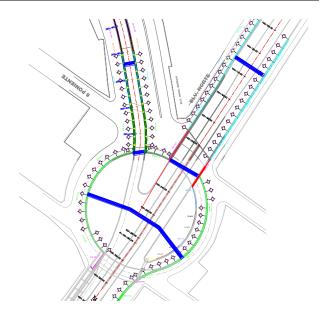


Fig.7, Localización de pantalla impermeable en zona del proyecto.

La construcción de la pantalla flexoimpermeable se llevó a cabo en las zonas señaladas a la profundidad especificada; el procedimiento de construcción fue similar al empleado en el muro Milán, cambiando el lodo de perforación que sirve para mantener las paredes de la perforación, por lodo fraguante, el cual ya no era retirado de la perforación y creaba una pared impermeable de la profundidad indicada previamente, se muestra la proyección aproximada de la pantalla en un tramo del Nodo Vial en la figura 8.

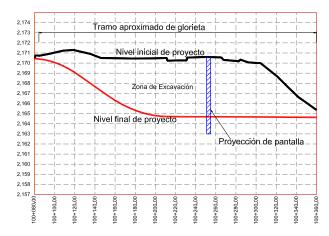


Fig. 8, Proyección aproximada de pantalla

La dosificación empleada de acuerdo al estudio de mecánica de suelos realizado previamente, fue una mezcla cemento-bentonita-impermeabilizante en proporción 200-50-8 kg por cada metro cúbico de agua.

El fluido se preparó en una planta de lodos, adaptada con un contenedor extra, el cual recibía el cemento y la bentonita, dosificados a través de un mezclador tipo Venturi con el cual se garantizaba una mezcla uniforme y sin grumos, posteriormente ésta mezcla era enviada a la excavación con el fin de estabilizar la zanja y dar forma a la pantalla en cuanto fraguara la mezcla.

El tiempo de fraguado fue variable, entre 3 y 4 días después de los cuales se realizó la excavación, dejando un talud para evitar el colapso de la estructura, en la figura 9, se muestra la construcción de una sección de pantalla flexoimpermeable.



Fig. 9, Construcción de pantalla flexoimpermeable

5 SISTEMA DE BOMBEO

La construcción de pantallas impermeables para realizar los trabajos de excavación evita el flujo de agua al interior de los cajones formados con el muro Milán, pero aun es necesario el retiro del agua contenida al interior de los mismos, la cual quedó atrapada una vez construidas las estructuras definitivas y auxiliares.

Para ello, se diseñó una red de pozos de bombeo interconectados en cuatro sistemas independientes, los cuales permitieron abatir el nivel freático, que de acuerdo al estudio de mecánica de suelos y lo que se observó durante la ejecución de la obra, permaneció en -1.50m medidos a partir de la rasante original de la Av. Blvd. Norte, en la figura 10, se muestra la ubicación de los 4 sistemas de bombeo, delimitados por los muros Milán y las pantallas flexoimpermeables.

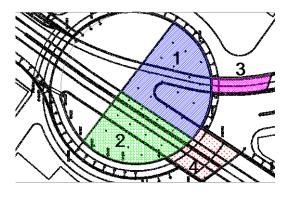


Fig. 10, Ubicación de los 4 sistemas de bombeo

Los pozos se distribuyeron en cada sistema, en proporción al área por drenar, utilizando para su construcción una perforadora rotatoria hidráulica, por medio de la cual se realizaron perforaciones de 30 cm de diámetro y 11 m de profundidad (nivel al que se llevó el abatimiento), el retiro de material se realizó por medio de inyección de agua durante la perforación, en la figura 11, se muestra la perforación de un pozo de bombeo.



Fig. 11, Construcción de un pozo de bombeo

Una vez concluida la perforación, se colocó un tubo de PVC, ranurado en toda su longitud y forrado con malla plástica como lo muestra la figura 12.



Fig. 12, Habilitado de tubos ranurados para pozos de bombeo

Este ranurado permitió el flujo de agua al interior, la sección anular libre; entre el área del tubo y la perforación se rellenó con grava de 3/4" la que sirvió como filtro, evitando el paso de partículas que pudieran tapar los pozos, en la figura 13, se muestra la colocación del tubo ya forrado dentro de una excavación.



Fig. 13, Colocación de tubos ranurados dentro de perforación.

Dentro del pozo se colocó una punta eyectora conectada a dos mangueras, como lo muestra la figura 14.



Fig. 14, Colocación de puntas eyectoras dentro de los pozos de bombeo

La extracción de agua se realizó por medio de un sistema de puntas eyectoras; cada sistema se formó mediante la conexión de varias puntas a un tren de válvula, que a su vez se conectó a una bomba de 15 hp, trabajando 24 horas los 7 días de la semana, en la figura 15, se muestra el tren de válvulas utilizado para cada sistema. El volumen extraído, era cargado en camión cisterna para ser utilizado en diferentes actividades de la obra y el restante enviado a la red de drenaje pluvial por tratarse de aguas freáticas.



Fig. 15, Tren de válvulas para cada sistema de bombeo

La extracción de agua del subsuelo fue un tema delicado de manejar, ya que era necesario retirar un volumen tal, que permitiera la construcción de la losa de fondo en superficies secas sin afectar a las colindancias; un bombeo prolongado y sin el adecuado control podía generar que el nivel freático se abatiera también al exterior del Nodo Vial, dando como resultado asentamientos no controlados. Por ello, además de los pozos de extracción se construyeron pozos de observación al exterior del área delimitada por el muro Milán.

Los pozos de cada sistema, incluidos los de observación, fueron monitoreados todos los días durante su operación, llevando un registro del nivel dinámico y el nivel freático; con los valores obtenidos, se generaron graficas de gasto (lt/seg) vs tiempo transcurrido (días), por medio de las cuales se determinó el tiempo de bombeo para mantener cada sistema en funcionamiento; en la figura 16, se muestran las gráficas de gasto-tiempo generadas a partir de los levantamientos de los diferentes niveles.

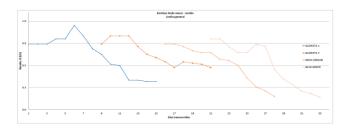


Fig. 16, Gráfica de los 4 sistemas de bombeo gasto-tiempo

6 CONCLUSIONES

Para el proyecto denominado distribuidor vial Nodo-Juárez Serdán, ubicado en la ciudad de Puebla, fue necesaria la construcción de una glorieta a desnivel, formada por medio de una excavación que fue contenida con muros Milán de 80 cm de espesor y de 15 m. de profundidad colado in situ, para dicha excavación fue necesario evitar una posible falla de fondo por medio del abatimiento del

nivel freático el cual se abatió hasta los -11.00 m de profundidad; para lograr éste abatimiento fue necesaria la construcción de 4 diferentes secciones de bombeo que se delimitaron por muro Milán y por pantallas flexoimpermeables construidas de cemento-bentonita-impermeabilizante que cortaban el flujo hasta los -12 m de profundidad. Finalmente se concluye que el tipo de cimentación utilizada para la ejecución del proyecto fue de las más adecuadas ya que permitió solucionar varias problemáticas de inestabilidad que se pudieran haber generado.

En la figura 17, se muestra una imagen del Nodo Vial concluido.



Fig. 17, Glorieta perteneciente al nodo vial, vista general

7 BIBLIÓGRAFA Y REFERENCIAS

Azomoza, G. (1998), "Zonificación Geotécnica para el valle de Puebla", pp. 4-8.

SMMS (2001), "Manual de Cimentaciones Profundas". Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C.

Pilotec (2014), "Nodo Vial Juárez-Serdán Puebla, Puebla. Muro Milán".

Pilotec (2014), "Nodo Vial Juárez-Serdán Puebla, Puebla. Pantalla Flexoimpermeable".

Pilotec (2014), "Nodo Vial Juárez-Serdán Puebla, Puebla, Sistema de Bombeo".