

# Uso y abuso de anclas postensadas en zonas urbanas

Alberto CUEVAS<sup>1</sup>, Walter I PANIAGUA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Diseño geotécnico, Ingenieros Cuevas Asociados, México*

<sup>2</sup>*Construcción geotécnica, Pilotec, México*

**Resumen.** El uso de sistemas de anclaje, como procedimiento de apuntalamiento de excavaciones y muros de contención, en zonas urbanas se ha incrementado notablemente en años recientes. En este trabajo se describen, en forma general, los criterios para el diseño e instalación de anclas postensadas, con algunos ejemplos de aplicación exitosa. Asimismo, se muestran diversos casos del uso de este sistema, en zonas urbanas, donde se presentaron problemas debido a diversas causas: instalaciones municipales, colindancias conflictivas, condiciones geotécnicas e hidráulicas imprevistas; se comentan las soluciones adoptadas.

**Keywords.** Anclas, casos historia.

## 1. Introducción

Las anclas postensadas son muy utilizadas para la estabilización de los cortes verticales que demandan las grandes excavaciones que se realizan en todas las ciudades, que conjuntamente con el concreto lanzado, muros diafragma, pilas-tangentes, secantes, tablestacas de acero, concreto, etcétera, constituyen el sistema de contención que garantiza la estabilidad de las edificaciones colindantes, las instalaciones municipales y de la propia excavación. Su capacidad a la tensión se determina de acuerdo fundamentalmente con los dos criterios presentados enseguida [1 y 2]:

$$F_a = \frac{\pi D l_a (\alpha c + \sigma t g \phi)}{F_s} \quad (1)$$

$$F_a = \frac{\pi D l_a p_i t g \phi}{F_s} \quad (2)$$

Donde D es el diámetro del ancla, l longitud del bulbo,  $\alpha c$  y  $\phi$  son los parámetros de resistencia al esfuerzo cortante que se desarrollan en la interfaz lechada suelo,  $\sigma$  es el esfuerzo vertical efectivo medio en la zona del bulbo,  $p_i$  presión de inyección de la lechada y F es el factor de seguridad.

La diferencia entre estos dos criterios es sobre todo para los primeros niveles de anclaje; con el que depende de la presión de inyección se obtienen capacidades más

grandes que con el correspondiente a los esfuerzos efectivos. A mayores profundidades esta diferencia se reduce. Se hace notar que, para altas presiones de inyección, el primer criterio genera fracturamiento hidráulico en los suelos.

Cuando se realiza el diseño del sistema de estabilización, es necesario determinar las técnicas de perforación y la instalación de los tendones del ancla, para ello es indispensable caracterizar con detalle la masa de suelo de interés: Existencia del nivel de aguas freáticas o presencia de manto colgado, granulometría, límites de plasticidad, resistencia al esfuerzo cortante, agresividad del medio que genera efectos de corrosión en los tendones, etcétera. Haciendo hincapie en que las anclas se desarrollan hacia fuera del predio en estudio, adicionalmente, es importantísimo, conocer la trayectoria de las instalaciones municipales como son, energía eléctrica, telefonía y particularmente tuberías de agua potable y de drenaje. Por fugas en estas conducciones de agua, y por drenajes trabajando a presión, se han tenido problemas de inestabilidad en muchas excavaciones.

## 2. Aplicaciones en zonas urbanas

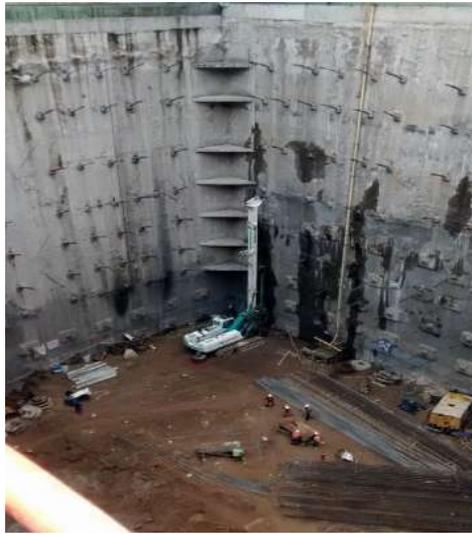
### 2.1 Casos exitosos

Enseguida se presentan dos casos construidos en la Ciudad de México; el primero, localizado en la zona geotécnica llamada de Lomas, se trata de una excavación a 54.5 m de profundidad desarrollada en suelos volcánicos, estabilizada con 14 niveles de anclas, complementados con un muro de concreto lanzado de 20 cm de espesor con una resistencia de 20 Mpa reforzado con 2 mallas electrosoldadas 6x6-4/4; la excavación se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Excavación a 54.5 m

La excavación del segundo caso se ubica en la zona geotécnica denominada Transición; se trata de una excavación de 38 m de profundidad en un sitio cuya estratigrafía se caracteriza por la presencia de depósitos fluviolacustres en los primeros 18 m, con la presencia de un manto colgado, subyacidos por un depósito de mayor compacidad, donde ocurre la transición entre los suelos fluviales hacia una formación volcánica. El sistema de estabilización fue de tipo mixto, integrado por un muro Milán en la parte superior y concreto lanzado en los suelos compactos, soportados lateralmente con anclas postensadas.



**Figura 2.** Excavación a 38 m en zona de transición

En ambos casos, se advierte la bondad del sistema de contención, con base en anclas postensadas. En efecto, no se presentaron problemas en el comportamiento de la excavación, además de que durante la instalación de las anclas no hubo conflictos o interferencias con las colindancias. Se hace notar que, en ambos casos, las anclas fueron un sistema de contención temporal, que fue sustituido posteriormente con las losas de los edificios respectivos.

## **2.2 Casos conflictivos**

A continuación, se presentan 4 casos, localizados todos en la zona de Transición en la Ciudad de México, en los que ocurrieron agrietamiento en las vialidades vecinas y fallas en el sistema de contención.

El primero con una excavación a una profundidad de 21.3 m medidos con relación al nivel de banquetta; se tienen suelos aluviales desde la superficie hasta 13.5 m, subyacidos por suelos volcánicos. La estabilización consistió en muro diafragma prefabricado, vigas mdrinas y 5 niveles de anclas postensadas. En la Figura 3 se muestra la excavación terminada. Una vez terminada, se tuvo una suspensión de actividades de aproximadamente 3 años; los desplazamientos verticales en los edificios

colindantes fueron entre 2.0 y 3.5 cm, además en la una de las calles colindantes, se presentaron hundimientos del orden de 5.0 cm, con agrietamos paralelos a la excavación hasta de 2.0 cm, que tuvieron que ser rellenados con lechada varias veces.



**Figura 3.** Muro diafragma prefabricado con vigas mdrinas y anclas

El segundo caso, consiste en una excavación a 14.0 m de profundidad; la estratigrafía está integrada por rellenos y por la costra superficial que se extienden hasta 4.8 m, seguidos por suelos lacustres hasta 15.0, subyacidos por suelos aluviales de gran resistencia; existe en la zona un manto colgado de agua entre 6.5 y 15.0 m. El sistema de contención consistió en un muro diafragma y 2 niveles de anclaje inclinados 40 grados, con los bulbos en los suelos aluviales. La excavación fue abandonada varios años; al poco tiempo de haber retomado los trabajos se presentó la falla del muro, Figura 4, generada por fugas en el colector pluvial vecino que trabajo a presión. De los análisis realizados posteriormente, se determinó que un incremento en la presión del agua del 25% genera el equilibrio límite.



**Figura 4.** Falla del muro diafragma y anclas postensadas

El tercer proyecto, consiste en una excavación a 28.7 m de profundidad. La estratigrafía consiste en un relleno superficial de 40 cm, seguido por suelos aluvio lacustres integrados fundamentalmente por arcillas y limos arenos que se extienden hasta 12.8 m, subyacidos por suelo volcánicos; el nivel freático se localiza a una profundidad mayor a 50 m. La estabilización consiste en un muro de concreto lanzado con el espesor y refuerzo del muro definitivo, soportado lateralmente por 9 niveles de anclas postensadas. Durante los trabajos correspondientes al 5° nivel, se presentó un deslizamiento y giro del muro, generado por fugas en el colector paralelo a una de las colindancias; en las Figuras 5 y 6 se muestra la falla.



**Figura 5.** Giro del muro de concreto lanzado; se aprecia el recargue de material estabilizador



**Figura 6.** Detalle del agrietamiento en el muro de concreto lanzado por el deslizamiento y giro

El cuarto y último proyecto, presenta en los primeros 14 m intercalaciones de suelos aluviales finos, en donde el sistema de contención consistió en un muro diafragma colado en el lugar; posteriormente, y hasta la profundidad máxima de excavación de 24.5 m, suelos aluviales muy gruesos, por lo que la contención se realizó con concreto lanzado de 40 cm de espesor. Durante los trabajos de anclaje, se hizo contacto con un edificio vecino, perforando la estructura del sótano. Debido a esta circunstancia, se posicionaron las anclas con diferente inclinación, Figura 7.



Figura 7. Corte que muestra la problemática presentada; una vista general del sitio del proyecto.

### 3 Conclusiones

Se presentan diversos casos del uso de anclas en la zona urbana de la Ciudad de México; en los dos primeros, las anclas postensadas resolvieron el problema de contención temporal, durante el proceso de excavación, sin mayores contratiempos.

Asimismo, se presentan cuatro casos problemáticos, en situaciones que se consideran como un abuso de este sistema; en el primero, la excavación permaneció abierta más de tres años; en el segundo, se presentó una presión de agua proveniente de una instalación municipal defectuosa; en el tercero, las condiciones geotécnicas del lugar exigían una solución de contención más rígida (muro diafragma, por ejemplo); en el cuarto, las colindancias limitaron notablemente la instalación de las anclas.

Finalmente, se hace notar la importancia de contemplar las circunstancias de cada proyecto, en el momento de decidir un sistema de contención de excavaciones, en zonas urbanas. A través de los casos presentados, se muestran diversas condiciones que limitan en espacio, tiempo o geología, el uso de sistemas de anclaje.

### Referencias

- [1] Ovando E, Holguín E, Capítulo 5, Sistema de Anclaje en Suelos, Manual de Construcción Geotécnica I, Sociedad de Mecánica de Suelos A C, 2002.
- [2] Tamez E, Cuevas A, Anclas Postensadas Definitivas Inyectadas a 15 kg/cm<sup>2</sup>, Memorias Conmemorativas Aniversario 50 de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, 2007.