



INTRODUCCIÓN

Se anticipan así al constructor los problemas de mecánica de suelos con que tendrá que enfrentarse todo lo que determina que las futuras vías rápidas puedan y deban de ser subterráneas. Las especiales condiciones del subsuelo compresible de la ciudad que durante años fueron un factor de freno para esta empresa ahora ya se conoce y los ingenieros mexicanos saben cómo hacerles frente.

Antecedentes históricos.

Como se sabe, prácticamente toda obra de ingeniería civil empieza por una excavación, sea para alojar su cimentación, o bien para propiamente construirla si es que ésta debe quedar por debajo de la superficie del terreno.

Cuando la obra se realiza en campo abierto, sin problemas de interferencia con instalaciones o estructuras vecinas, la excavación en talud es tradicionalmente una alternativa racional que puede ser aplicada con ventajas técnicas y económicas; sin embargo cuando lo anterior no es posible, es necesario “contener” las paredes de la excavación, tanto para proteger a los trabajadores como conservar la estabilidad de las estructuras e instalaciones vecinas.

A mitad de los años 60', cuando se empezó a materializar el largamente anhelado sueño de contar con un sistema Metropolitano de transporte masivo subterráneo para la Ciudad de México, surgieron dos procedimientos constructivos conceptuales: “en túnel” utilizando la incipiente experiencia de los escudos, que por entonces ya se habían aplicado en algunas obras menores de drenaje de la Ciudad y “en zanja”, tomando como ejemplo la experiencia extranjera de los “muros Milán”, desarrollada en suelos predominantemente arenosos de esa importante ciudad italiana que les da su nombre, y que ahora debía ser adaptada a los “difíciles” suelos arcillosos del entorno.



A finales de los años 60, la empresa Solum del Grupo ICA pone a prueba con éxito el concepto de estabilizar zanjas con lodo bentonítico en la arcilla de la Ciudad de México, las cuales fueron excavadas en su patio de maquinaria, ubicado en la colonia Agrícola Oriental (zona frecuentemente lacustre, de subsuelo arcilloso).

En un segundo experimento de mayor alcance, con ayuda de otras empresas de ICA se construyen varios muros “Milán” en otro predio de la misma colonia Agrícola Oriental y se efectúa una excavación somera entre ellos, para verificar la calidad del concreto colado bajo lodo bentonítico.

La información práctica obtenida de tales experiencias permite iniciar la construcción de las primeras líneas del Metro de la Ciudad de México, con el procedimiento “en zanja”, que resultó más práctico de aplicar si se le compara con el procedimiento “en túnel”, que permitió establecer numerosos frentes de ataque, para beneficio del programa de construcción.

En la ciudad de México. Durante los primeros trabajos de construcción del Metro se hicieron tramos experimentales cuyas conclusiones desgraciadamente casi se han perdido. Sin duda el Ing. Guerrit A. Treep fue un innovador que logró una calidad excelente, que no se ha repetido simplemente por la falta de cuidado en los detalles, Tamez (1982). Otra experiencia desconocida de ese tiempo, fue la estabilización subrepticia de algunas excavaciones con el lodo espontáneo que se forma al excavar las arcillas; esto lo conoció el Ing. Luciano Rubio (1986), después verificó que la calidad de los muros era igual a los estabilizados con lodo bentonítico, y concluyó que la bentonita era sustituible por el espontáneo y lo conservó como experiencia personal.

Al muro milán en la construcción del Metro de la ciudad de México generalmente se le consideró durante la excavación como el elemento temporal que soporta los empujes horizontales y que posteriormente contribuye sólo como parte del peso del cajón, ya que la impermeabilidad y acabado final se le confió al muro de acompañamiento. Cabe comentar que sólo algunos tramos del Metro de la ciudad de México fueron



construidos utilizando al muro milán como muro estructural. El criterio del muro de acompañamiento condujo al permitido descuido en la calidad final del muro milán, perdiéndose la posibilidad de adoptarlo como muro estructural definitivo y estando, cualidades que le hubieran permitido incrementar su utilidad.

En 1988 COVITUR construyó un tramo experimental del cajón del Metro con paneles de concreto prefabricados instalados en una zanja llena con lodo fraguante que endurece a una resistencia preestablecida, con la idea de eliminar los problemas y errores del colado del concreto en su lugar; desafortunadamente los resultados fueron poco satisfactorios, aunque la prueba se inspiró en la técnica de la empresa *Bachy* de Francia.

En 1992 se construyó la cimentación de un edificio con una excavación profunda de cinco sótanos recurriendo a los *Muros Panasol* (Santoyo y Cuevas, 1992). El Prof. J. Grenet de Soletanche intervino en los detalles del caso y posteriormente, en 1993 se construyó un tramo del Metro con esa técnica; esos trabajos han estimulado a varios diseñadores y constructores para desarrollar sus versiones de la construcción del muro prefabricado.

MUROS MILÁN

En este tramo de la línea 1 se utiliza el procedimiento constructivo **“cajon de muros colados en sitio”** . Este método se utiliza abriendo zanjas de unos 80 cm de ancho y separadas por una distancia de 7 m, una paradoja que se de en las grandes obras es que se construcción implica siempre una destrucción previa, el hombre que lo sabe dispone de maquinas cuya misión es destruir.

Los obreros afinan los contornos y las zanjas adquieren su fisonomía definitiva en ciertos sectores de la superficie, ahí que respetar las líneas de agua y de luz y de telefonos el reposo de este semaforo aunque temporal no deja de ser simbolico en todos los cruceros de la línea se respeta el paso de los vehiculos.



Cuando la zanja tiene metro y medio de profundidad se cuelan sus paredes. Este colado inicial sirve de guía a las maquinas de excavación primera se hacen perforaciones piloto. Durante la excavación la zanja se llena de lodo bentonitico moderno sistema de apuntalamiento de sus paredes las cisternas recorren sus frentes abasteciendo a la zanja. Tambien en este nuevo ambiente los cucharones cumplen su misión con mayor eficacia. La profundidad tope es de 10 a 12 metros y alcanzarlos comienza la labor de construcción las zanjas ahora deberan de llenarse de concreto hace semanas que entre mesa se elaboran los principales elementos precolados que formaran parte del cajon del metro juntas fijas de diferentes formas y juntas flexibles que tienen en su interior un elemento de material deformable a todas ellas se les adaptan bandas de cloruro de polibinilo destinadas a impermeabiliar el perimetro completo del cajon. Estas son juntas con forma de H en los patios de almacenamiento juntas fijas y flexibles puntales y trabes para la losa superior estan listas para ser enviadas a los frentes de trabajo.

He aquí un caso en que las maquinas no lo son todo, las juntas fijas se introducen verticalmente cada 5 metros a lo largo de la línea, las juntas flexibles cada 20 metros estan juntas limita y unen los tramos de colado otorgando al cajon la firmesa y flexibilidad acordadas al subsuelo inestable de la ciudad. En algunos lugares los tramos de colado se determinan mediante cimbras metalicas removibles. Pero en la mayoria de los casos se esta trabajando con estas junta en forma de H.

El paso siguiente consiste en meter a lo largo de la zanja varillas de refuerzo que preseden al colado. La maniobra una de las mas espectaculares de la obra se lleva a cabo con destresa y precisión. Las enormes parrillas de 50 metros cuadrados toman su lugar en los espacios comprendidos entre las juntas. Colacada la varilla se introduce hasta el tope largas trompas de colado despues el concreto depositado poco a poco en el fondo de la zanja va sustituyendo a los lodos y forma al fraguar dos solidos muros enclavados en la tierra que constituyen en si las paredes laterales y definitivas del cajon del metro.



La grua se hace cargo de la trompa y la mete en su lugar, el colado es ritmico y no admite interrupciones terminados los muros comienza la excavación del nucleo central que lo separa, la primera fase de esta operación desciende una profundidad aproximada de dos metros. Troqueles de acero apuntalan los muros que vayan quedando al descubierto y evitan cualquier deformación de los mismos, en otros lugares se colocan las trabes de la losa superior y se cuela esta, a traves de lumbreras abiertas cada 50 metros la excavación prosigue, los cucharones extraen el material que les habilitan hombres y banda sin fin, la excavación llega a su termino y en su fondo se situo otro troquel de concreto prefabricado el colado de la losa interior del tunel envuelve al troquel, y ambos forman un todo de máxima resistencia, se cierra asi el solido perimetro termina el ciclo que remata este peculiar e interesante proceso de construcción.