

IV. PROCEDIMIENTO COMBINADO SIN BANDEOS: EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO A NIVEL MEZZANINE

El sistema de piso de mezzanine es la parte de la estructura de la estación en donde se alojara el área de escaleras de acceso a la estación, taquillas, torniquetes, áreas de conexión a los andenes. La estructura constará de traveses portantes rectangulares con anchos y peraltes de acuerdo a los requisitos de sus diseños, y de losas macizas; por otra parte el sistema de piso en nivel andén también constara de losas macizas apoyadas en muros Milán y traveses de cimentación, el peralte será el que resulte de acuerdo al diseño para cumplir los requisitos de resistencia y de deformaciones permitidas.

Como parte de la estructura principal de la Estación, estarán las traveses que además de formar marcos con las columnas ó muros Milán, serán las encargadas de recibir las cargas de las losas con sus correspondientes cargas vivas que formarán parte de los sistemas de piso en nivel mezzanine.

4.1. Condiciones estratigráficas y de desplante de la estructura

Las condiciones estratigráficas de la estructura son las mismas para esta estructura tratadas en el apartado 3.1.

El procedimiento que se pretende habilitar para realizar la excavación y construcción de la estación consistirá en utilizar los muros milán como elementos de contención y a su vez como elementos estructurales de cimentación para sostener la estructura de losa tapa la cual se utilizará como cubierta de un puente temporal para el tránsito de los vehículos y perturbar en la menor medida el flujo vehicular; lo anterior permitirá que se ejecute la extracción de los sedimentos lacustres por debajo de la losa de mezzanine mediante la técnica de sub-excavación.

4.2 Cimentación adoptada

Por requerimientos del procedimiento de sub-excavación y para lograr la sustentación de la estructura de puenteo temporal constituida por la losa tapa, es preciso que los elementos de cimentación, en este caso los propios muros Milán, se desplanten en estratos competentes que proporcionen la capacidad de carga adecuada, por consiguiente, el desplante queda restringido a los depósitos volcánicos detectados a profundidades del orden de 17.00 m, la condición anterior define la cimentación adoptada, constituida por los muros Milán con trabajo de punta empotrados en los depósitos profundos.

La solución de la cimentación anterior se desarrolló en base a los lineamientos establecidos en el Reglamento vigente del Distrito Federal, en donde la capacidad de punta de los muros Milán deberá ser capaz de tomar las cargas de la estructura de la estación en su totalidad, considerando sus correspondientes factores de carga y para las diferentes condiciones estática y dinámica que demandará la estructura durante su vida útil.

4.3. Aspectos geotécnicos considerados

Para definir la estabilidad de la excavación y su correspondiente procedimiento constructivo, que permitan un adecuado comportamiento durante la apertura y construcción de la estación, se revisó el estado límite de falla de acuerdo a las condiciones que estarán impuestas durante la obra considerando las propiedades del subsuelo del sitio, de acuerdo a lo siguiente:

- Estratigrafía y propiedades
- Estado de esfuerzos en el subsuelo y piezometría
- Cargas
- Estación
- Muro Milán
- Procedimiento constructivo

4.4. Estratigrafía y propiedades

Se ejecutaron dos campañas de exploración: una preliminar para determinar la factibilidad técnica del proyecto en el año de 2001 y una complementaria en 2008 en función del trazo definitivo de la línea. Los sondeos representativos que fungieron como base para la determinación de la estratigrafía y caracterización del subsuelo del sitio corresponden al SM-07 y SM-08 de la campaña de 2008 Para lo cual la estratigrafía se presento en la Tabla 2.3.

4.5. Estado de esfuerzos en el subsuelo y piezometria

Las condiciones hidráulicas del sitio se obtuvieron a partir de la estación piezométrica más cercana, que corresponde a la estación EPZ-2, instalada en 2008 de la cual se reportan sus últimas lecturas piezométricas. Teniendo en cuenta lo anterior, y en concordancia con la estratigrafía típica en la zona de transición alta; se considera un manto de agua colgado ubicado en la parte superior del depósito entre 2,0 m y 11 m de profundidad.

La estimación del hundimiento regional se realizó en función de las condiciones piezométricas indicadas lo que arrojó como resultado que el hundimiento a largo plazo en la zona de la estación es de 3 cm, dicho hundimiento se llevara a cabo en un periodo del orden de 30 años con una velocidad de hundimiento de 0.1 cm/año, cabe aclarar que dicho hundimiento se asocia a cambios piezometricos y al reacomodo de las partículas del detrito superficial susceptible a presentar el fenómeno de la tubificación a largo plazo. Por tal motivo no se desarrollaran fricciones negativas en las caras externas del Muro Milán no siendo necesaria la colocación del sistema antifricción.

4.6. Cargas

El peso de la estación se obtuvo a partir de la información proporcionada por el área de estructuras, la cual se muestra en la Tabla 3.1 mostrada anteriormente.

4.7. Estación

Para el análisis de la estación se consideraron los siguientes aspectos:

- Condición de compensación

El tipo de cimentación adoptada para la estación no contempla ningún tipo de compensación, ya que las cargas son transmitidas a los depósitos de alta resistencia al esfuerzo cortante y baja compresibilidad.

- Falla de fondo

Los factores de seguridad mínimos establecidos por el Manual de Diseño Geotécnico en el numeral 2.4.2 son mayores o iguales a 1.7 para excavaciones cercanas a edificios susceptibles de sufrir daños por asentamientos, en una distancia igual al ancho de la excavación. Para otros casos, se establece un Factor de seguridad mínimo 6 1.5. En caso de no satisfacerse los límites establecidos, será necesario limitar la longitud de avance de la excavación o aumentar la profundidad del muro Milán. En el caso de materiales no cohesivos, la falla de fondo se genera como un proceso de tubificación debida a un gradiente hidráulico mayor al gradiente crítico del material del fondo de la excavación.

- Falla por flotación

Para la revisión de la estabilidad de flotación se considera lo siguiente:

- Se analizara la fuerza de flotación hasta el nivel del NAF, suponiendo que las condiciones piezométricas en la zona de la estación se restablezcan.
- Se tendrá que revisar que la fuerza de flotación es menor que la suma del peso total de la estructura más el efecto de la fricción negativa afectada por un factor de reducción.

- Falla por sub-presión

Dentro de los análisis que se efectúen para muros de contención es necesario revisar este criterio el cual se puede presentar cuando se tenga en el fondo de la excavación un estrato permeable subyaciendo un estrato de arcilla. El factor de seguridad mínimo para éste tipo de análisis de acuerdo con lo establecido en el Manual de Diseño Geotécnico editado por la Comisión de Vialidad y Transporte Urbano (COVITUR) será de 1.3; en caso tal que no se logre obtener dicho valor se deberá pensar en la posibilidad de abatir el nivel freático, para de esta manera reducir las fuerzas de filtración, teniendo presente las consideraciones particulares que esta actividad implicaría.

4.8. Muro Milán

El sistema constructivo mencionado en el punto 3.8 contempla que cada sistema de piso correspondiente a los niveles de losa tapa, losa de mezzanine y losa de fondo actúen como puntales que restrinjan el desplazamiento lateral del muro en la medida que avance la excavación, así mismo, los niveles quedan definidos por la propia estructuración. En el **Anexo 2 Procedimiento constructivo del Muro Milán** se detalla lo anterior mente dicho.

4.9. Estructura de conexión

Para las conexiones entre Muros Milán se utilizan generalmente estructuras metálicas que constan de un cuerpo tubular de sección rectangular, de ancho igual al muro Milán, que sirve de respaldo y rigidizador a la parte de la junta que deja una huella en el concreto del tablero. Para el diseño de estas juntas se consideran los siguientes parámetros:

- Falla por extrusión.

Se evalúo el factor de seguridad contra la falla por extrusión a partir de los empujes actuantes contra los resistentes según la teoría de Rankine.

- Diseño del prisma de lodo fraguante.
- Estabilidad del prisma superior en la zona de contacto.

Se evalúo el factor de seguridad cumpliendo el equilibrio entre las fuerzas actuantes y las fuerzas resistentes.

- Análisis de estabilidad del prisma con la ventana abierta.

El factor de seguridad para garantizar la estabilidad del prisma se determinó en función al método ordinario de dovelas, también llamado de Fellenius.

En el Anexo 2 inciso e) se muestra más a detalle el proceso de dichas juntas.

4.10. Procedimiento constructivo

Del procedimiento constructivo descrito en el tema 3.9, continua el proceso de excavación en forma subterránea hasta el nivel de Mezzanine (ver figura 4.1); se cuela la losa (ver figura 4.2) para posteriormente continuar la excavación en forma alternada hasta el nivel de losa de fondo (ver figura 4.3). Con este procedimiento se evita la utilización de troquelamiento de las estructuras durante la excavación; es un procedimiento rápido y limpio que hace más amigable la convivencia de la construcción con el contexto inmediato en la medida de lo posible.



Figura 4.1. Excavación hasta nivel de Mezzanine



a) Armado y colado de losa mezzanine



b) Losa de mezzanine terminada

Figura 4.2.Etapas constructivas del nivel Mezzanine



a) Excavación de losa de fondo



b) Colado de losa de fondo

Figura 4.3.Etapas constructivas del nivel de Losa de Fondo