



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN
GEOTÉCNICA EN UN TALUD
ESTABILIZADO CON ANCLAS**

TESIS

Que para obtener el título de

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

ESCARLETH IRENE JIMENEZ ESCOBAR

DIRECTOR DE TESIS

M. I. CARMELINO ZEA CONSTANTINO



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2021

Contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	4
Objetivos.....	5
Justificación.....	5
Sistemas de anclajes y materiales.....	5
Definición y clasificación.....	5
Materiales.....	12
Sistemas de anclaje en suelos blandos.....	13
Instalación/Construcción.....	17
2. MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE ANCLAS	22
Estabilización de Taludes.....	22
Anclas postensadas.....	23
Criterios del Manual de Construcción Geotécnica de la SMIG	27
3. CASO DE ANÁLISIS.....	36
Descripción del proyecto	36
Resumen del Estudio de Mecánica de Suelos	37
Proceso constructivo.....	42
4. SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA	54
Actividades de supervisión Geotécnica.....	54
Corte y afine en un talud	54
Perforación	55
Lechada de inyección	55
Inyección de la lechada	56
Colocación de malla electro-soldada, lanzado de concreto, colocación de parrillas y cimbra	56
Pretensado	57
Pruebas de Carga	57
Bitácora de supervisión.....	61
Correcciones	67
5. CONCLUSIONES.....	84
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
7. BIBLIOGRAFÍA.....	87

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

8. LISTA DE FIGURAS.	88
9. LISTA DE FOTOGRAFÍAS.....	89
10. ANEXO A. ÁLBUM FOTOGRÁFICO.....	90

1. INTRODUCCIÓN.

Los anclajes son usados para aplicar fuerzas dentro de una masa de suelo o roca con el fin de mantener o reestablecer la estabilidad en taludes, cortes carreteros, excavaciones a cielo abierto, túneles o galerías subterráneas.

Hoy en día los usos de los anclajes en obras son muy diversos, aunque las aplicaciones más comunes se han dado en la estabilización de excavaciones para cimentaciones en zonas urbanas o industriales y en cortes y túneles carreteros.

Los usos y aplicaciones de anclaje se han favorecido debido a:

- Innovaciones en las técnicas de perforación e inyección que cada vez son más eficientes, con lo que se vuelve más productivo y rentable el proceso de anclaje.*
- Las mejoras en la calidad de los materiales con los que se conforman las anclas, lo cual trae consigo tanto un incremento de vida útil y por supuesto seguridad.*
- El incremento en la demanda por las solicitudes de diseños y proyectos cada vez más grandes, pues estas construcciones requieren de mayores excavaciones, ello en área y en profundidad.*

En este documento se dan a conocer conceptos fundamentales relacionados con el anclaje, así como la normatividad existente, proceso constructivo, diseño, entorno y los materiales necesarios para la construcción de un ancla.

Mediante un caso de análisis se describirán las actividades de supervisión geotécnica más importantes de un talud estabilizado mediante anclas activas y pasivas, la problemática que se da en el proceso constructivo y la solución en campo que no se especifica en gabinete.

Objetivos.

El objetivo general de este trabajo es dar a conocer al lector las acciones más importantes a realizar durante la supervisión geotécnica en un talud estabilizado con anclas.

En tanto que los objetivos particulares son:

- *Proporcionar una descripción de los sistemas de anclaje, su clasificación, aplicación y su proceso constructivo.*
- *Mediante un caso de Análisis detallar el proceso de anclaje en una excavación de 23 m de profundidad.*
- *Exponer las actividades realizadas durante la supervisión geotécnica del Proyecto denominado Alpes II, ubicado en Periférico.*

Justificación.

El presente trabajo describe las actividades de supervisión geotécnica en un talud estabilizado con anclas, las problemáticas que se dan en el proceso constructivo y la solución en campo que no se especifica en gabinete.

Sistemas de anclajes y materiales.

Definición y clasificación.

Sistema de anclaje: Representa el conjunto de elementos que permite la estabilización de masas de roca o de suelo mediante la introducción de anclas en el terreno.

Ancla: elemento en forma de barra que puede ser metálico o de madera, que se introduce en una masa de suelo o roca con el fin de mantener o reestablecer su

estabilidad debido a que transmite una carga de tensión desde el área de corte o talud a una masa de suelo duro o roca. Las partes que constituyen un ancla son: bulbo, longitud libre, la placa de apoyo, cabeza de anclaje y longitud de tensado.

Bulbo: Es la parte del fondo del barreno, en la cual queda ahogado el acero con la lechada de inyección a presión (mortero inyectado a presión) dentro del suelo y que hace contacto con el estrato resistente. Normalmente el bulbo queda sellado por un obturador que lo incomunica de la longitud libre. En esta zona se tiene transferencia de esfuerzos cortantes en la interfaz del bulbo-masa de suelo que se equilibran con las fuerzas de tensión que se aplican en los torones o las barras.

Longitud libre: Parte intermedia del ancla en la que no se aplica la lechada a presión pues suele realizarse por gravedad, por lo que es llamada lechada secundaria y que puede tener menor resistencia que la lechada del bulbo. En esta zona no se tiene transferencia de cargas entre el ancla y la masa de suelo.

Longitud de tensado: Es la parte que queda expuesta y que es necesaria para el tensado del ancla o para la realización de pruebas de carga de la misma. La cabeza del ancla forma parte de la longitud de tensado y está constituida por la placa de apoyo, las cuñas y queso de torones. Su función es transmitir la fuerza de tensión del torón o barra a la estructura de soporte.

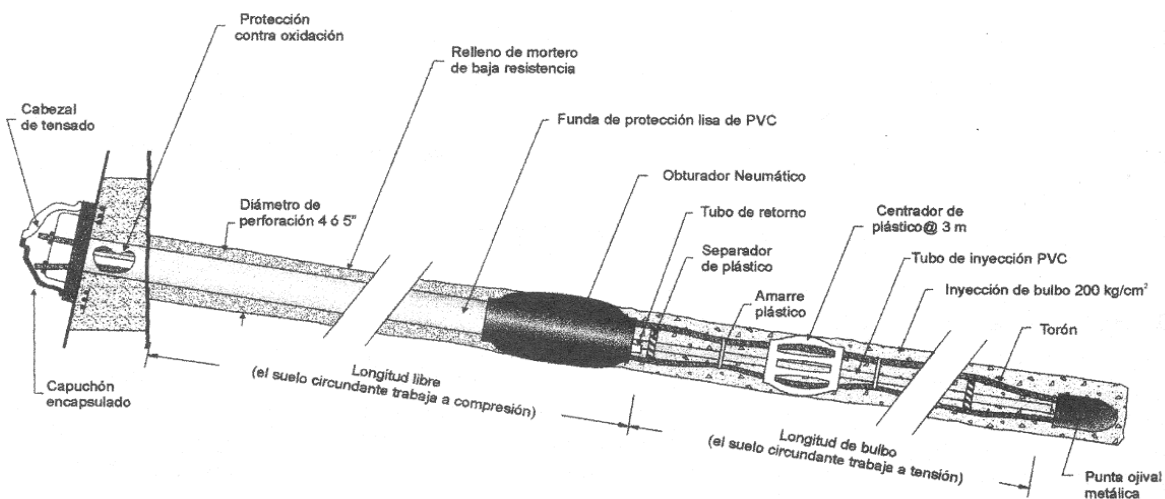


Ilustración 1. Partes principales de un ancla. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)

Dispositivos auxiliares de un ancla.



Ilustración 2. Ancla habilitada.

- Funda de protección. Normalmente es una manguera de PVC que se utiliza para contener los torones en la longitud libre. Dicha funda comienza en el inicio del barreno y termina en donde se conecta con el obturador.
- Tubo de inyección. Es una manguera que se coloca en el centro del barreno por lo que queda rodeada de los torones o barras, mediante esta se realiza la inyección y su longitud es tan larga como la longitud del barreno.
- Obturador. Consiste en un tapón de hule por el cual pasa el tubo de inyección. Empleado para aislar al bulbo de inyección del resto ancla.
- Separadores. Prácticamente placas que se asemejan a engranes tipo estrella con perforaciones circulares. En la perforación del centro de la placa pasa el tubo de inyección y en las perforaciones de la periferia de la placa pasan los torones o barras.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

- Opresores. Utilizados para oprimir los cables o torones y con ello evitar que se tengan movimientos durante la instalación. Pueden ser zunchos de plástico o también se utiliza alambre recocado, por cuestiones relacionadas con el tiempo que se emplea para colocarlos, se sugiere por practicidad que se utilice el alambre recocado.

TABLA DE IMÁGENES DE DISPOSITIVOS AUXILIARES DE UNA ANCLA

OPRESORES

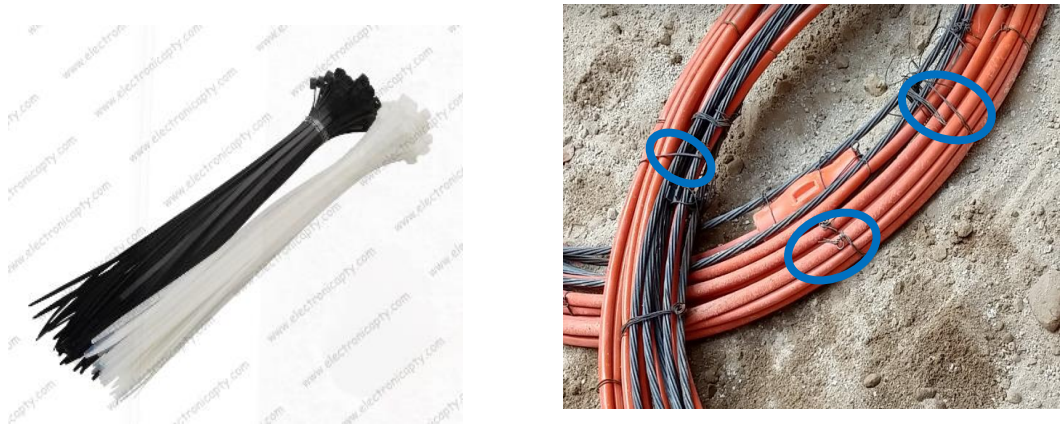


Ilustración 3. Opresores.

TUBO/MANGUERA DE INYECCIÓN FUNDA DE PROTECCIÓN



Ilustración 4. Tubo de inyección y mangueras de protección de los cables.

CENTRADORES



Ilustración 5. Centradores.

SEPARADORES



Ilustración 6. Separadores.

Clasificación de anclajes:

A. Según su vida útil

- Anclajes temporales. Utilizados para estabilizar taludes o cortes verticales en excavaciones que se tapen después o que posteriormente se tengan estructuras permanentes, ejemplo de ello son las excavaciones que se realizan para alojar la cimentación de

edificios. Según la (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002) la vida útil de un anclaje de este tipo es de algunos meses, cuando mucho un par de años.

- Anclajes permanentes. En este tipo de anclaje se debe garantizar la protección de los elementos que se pueden degradar, tales como el acero y la lechada de inyección así como contemplar los programas de mantenimiento por relajación del anclaje. La vida útil de un anclaje de este tipo es de más de dos años. (Castro Hernández, 2019)

B. Según su funcionamiento.

- Anclas de fricción. También conocidas como anclas pasivas que proveen fuerzas externas para lograr la estabilidad de taludes. Este tipo de anclas no trabajan a menos que el terreno que las circunda (roca o suelo) presente deformaciones.
- Anclas de tensión. Estas anclas proporcionan fuerzas externas activas para que se dé la estabilidad del corte y comienzan a trabajar desde el momento en que se les aplique fuerzas axiales mediante equipo especial (precarga).

C. Según la presión de inyección.

- Anclas de alta presión. Utilizadas en rocas, gravas o suelos arenosos compactos. La presión a la que se inyectan es mayor a 10 kg/cm^2 , lo anterior para lograr la transferencia de carga del ancla a la masa de suelo que la rodea, ello es posible debido a se incrementan los esfuerzos normales al bulbo inyectado y al aumento del diámetro que se produce en éste.

- Anclas de baja presión con bulbo recto. Colocadas en suelos cohesivos, roca, gravas y arenas, la presión de inyección no supera los 10 Kg/cm² y es necesario un obturador.
- Anclas con inyección posterior. Este tipo de anclas recibe una primera inyección realizada a gravedad y pasadas entre 24 y 48 horas recibe inyecciones mediante un tubo sellado instalado junto con el tendón. Dicho tubo tiene acopladas varias válvulas check en el bulbo de inyección, este tubo de inyección normalmente tiene obturadores para aislar las válvulas ya mencionadas. El objetivo de las lechadas de inyección posteriores a la primera, es fracturar la primera lechada para ensanchar el bulbo.
- Anclas con reinyección posterior. Utilizadas en suelos cohesivos de baja plasticidad. En suelos granulares o en rocas las reinyecciones se aplican para mejorar la transferencia de carga entre el bulbo inyectado y el material circundante. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)

D. Según la forma del fuste.

- Anclas con campana en el fondo. Se utilizan para anclar suelos cohesivos firmes o muy consistentes. Los barrenos generalmente de gran diámetro y sin ademe, se rellenan con lechadas de arena y cemento o bien con concreto colado por gravedad. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)
- Anclas con campanas múltiples. Utilizadas en suelos rígidos o en rocas débiles. El espaciamiento entre las campanas se selecciona para minimizar la posibilidad de fallas por cortante a lo largo de la superficie perimetral de las campanas. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)

Materiales.

Para la construcción de un ancla se necesitan materiales diversos: acero (torones, varilla, placas), cemento (bulbo), PVC (mangueras de inyección y de protección), grasas y otros materiales anticorrosivos.

- Acero: Se presenta en barras lisas o corrugadas, cables y torones; en el caso de las barras se tienen en diámetros comprendidos entre 12 y 40 mm y son utilizados para anclas cortas y de baja capacidad de tensión. Dicha tensión se lleva a cabo por medio de una tuerca que se aprieta contra la placa de apoyo. Por otro lado, se tienen las anclas de torones, que consisten en cables trenzados de acero de al menos 4 hilos, el diámetro de dichos cables está comprendido entre 2 y 8 (mm). Los torones resisten tensiones mayores a las barras. (Monroy Salgado, 2007)

- Cementante: Fabricado con cemento Portland (lechada, mortero o concreto) o resina epóxica. Debe cumplir tres funciones principales:
 - i. Fijar el ancla al terreno.
 - ii. Proteger los cables contra la corrosión.
 - iii. Llenar los vacíos, grietas y fisuras en el suelo.

Protección contra la corrosión:

Corrosión Galvánica: Formación de una capa delgada de óxido distribuida de manera uniforme en la superficie.

Picaduras: Se refiere a una corrosión más local y pueden ser superficiales o profundas. Están relacionadas con la ruptura local de la capa delgada de óxido.

Corrosión de baja tensión. Cuando se tiene un incremento de esfuerzos en el área donde se presenta reducción de área por picaduras, provocando la exposición de material y propagación de grietas, ello hasta llevarlo a la falla por ruptura.

Fragilidad por hidrógeno. Ocurre cuando el hidrógeno penetra la estructura atómico molecular del acero, convirtiéndose ahí en hidrógeno molecular el mayor volumen de moléculas de hidrógeno reduce la ductilidad del acero y tiene un efecto nocivo el fondo de la fisura, al generar un incremento de esfuerzos.

Almacenamiento, Transporte y Manejo.

Almacenamiento: Los materiales deberán ser resguardados en áreas en las que no se alteren sus propiedades físicas y químicas, como lo son las bodegas.

Transporte: Durante el traslado de los materiales se pueden presentar escenarios en los que resulte afectada la carga, es por ello que para cada material se debe tener precauciones en particular, un claro ejemplo de ello es el transporte de cemento, pues en un caso desfavorable se puede tener lluvia ocasionando que se moje. Otro ejemplo es el transporte de agregados (arena, grava, granzón) en los que si no se cubren con una lona se pueden tener pérdidas durante su trayecto.

En cualquiera de los materiales a transportar, es recomendable que se asegure que el material no se vaya a caer durante su traslado y portar una lona impermeable por si se tienen lluvias.

Manejo: Cualquiera de los materiales requiere de un manejo en el que se preserven en condiciones óptimas los materiales y que no se ponga en riesgo la integridad de los trabajadores.

Sistemas de anclaje en suelos blandos.

Anclas con atraque o anclas con muerto de concreto. Utilizadas para contener rellenos compactados a profundidades de algunos 3 m. El modo en el que trabajan es aprovechando la resistencia pasiva delante del muerto de concreto. Si el material a retener es un suelo natural debe efectuarse una excavación para instalar el muerto con su ancla. Debido a que se utilizan en muros marinos y en muelles, es necesario

que se protejan contra la oxidación las anclas, los conectores y otros elementos de acero, ello debido a las variaciones del nivel del agua.

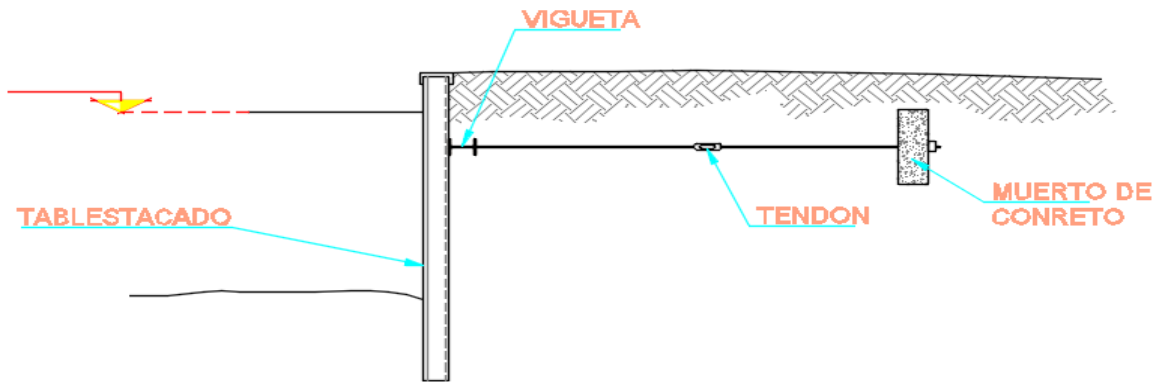


Ilustración 7. Tablaestacado anclado con muerto de concreto.

Anclas con membrana expandible confinada. Utilizadas en suelos cohesivos, su objetivo es aumentar la transferencia de carga entre el ancla y el suelo. Básicamente la lechada inyectada se confina dentro de una membrana que evita la migración de la lechada en el suelo circundante. Dentro de las ventajas de este sistema se tiene que se conoce con mucha certeza el volumen de inyección. Al ser tensadas este tipo de anclas, se comprime el suelo frente a la membrana, algo muy similar al funcionamiento de un muerto de concreto anclado (la resistencia pasiva del suelo localizado frente a la membrana expandida equilibrada a la fuerza de la tensión en el tendón del ancla. Pueden ser temporales o permanentes.

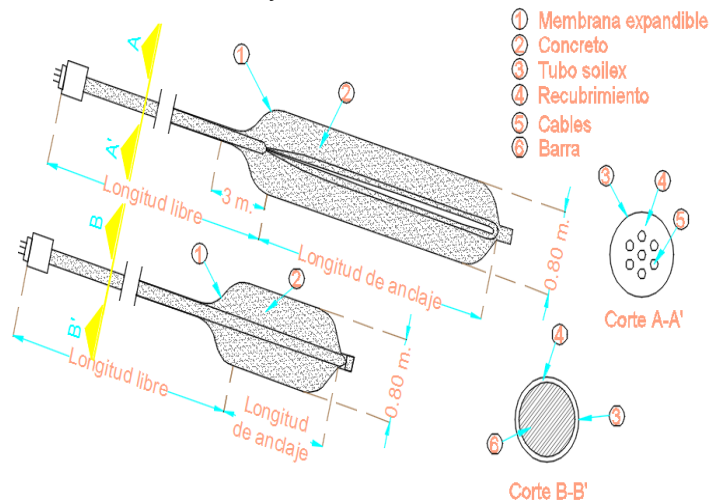


Ilustración 8. Ancla con membrana expandible confinada.

Anclas de tornillo helicoidal. Barras de acero en las cuales se intercalan aletas helicoidales. Dichas barras se hincan en el terreno para penetrar el suelo por rotación. El diseño del ancla es determinado por las condiciones locales del suelo y de las solicitaciones de carga, y dicho diseño engloba el diámetro de las barras, número y espaciamiento de las aletas.

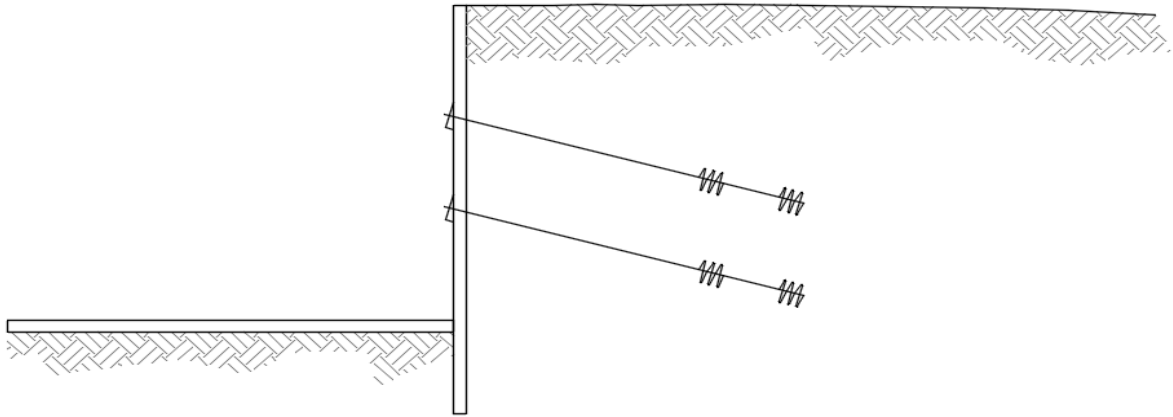


Ilustración 9. Anclas de tornillo helicoidal. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)

Sistemas para refuerzo interno.

Clavos de anclaje. Anclas cortas de diámetro pequeño, constituidas generalmente por varillas de acero encapsuladas en mortero inyectado. Los espacios entre clavos son relativamente pequeños (0.25 a 2 m). Este tipo de anclas son elementos pasivos de refuerzo y se pueden concebir como anclas de fricción de tamaño reducido. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002).

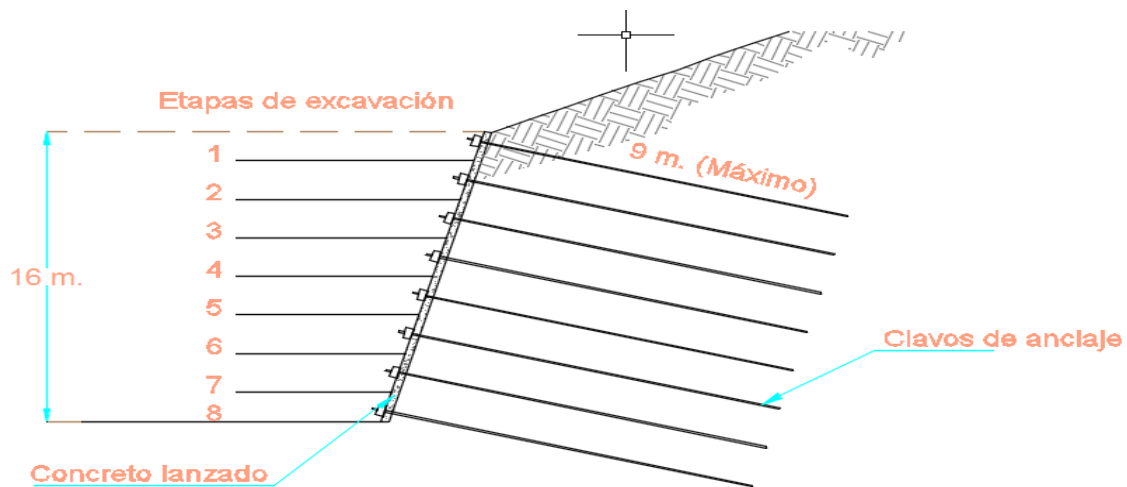


Ilustración 10. Clavos de anclaje.

Los suelos más aptos para estabilizarse mediante este sistema de refuerzo son:

- Suelos residuales y roca intemperizada con echados que no contribuyan a la inestabilidad del corte.
- Arcillas o limos arcillosos poco plásticos, en general suelos rígidos no propensos a deformaciones diferidas.
- Arenas naturalmente cementadas o arenas con gravas densas con alguna cohesión.
- Arenas finas o medias con cohesiones inducidas por capilaridad de unos 0.05 kg/cm^2 ; debe tenerse en cuenta la inestabilidad que puede sufrir la cara del corte expuesto debido al intemperismo.

Tierra Armada. Utilizada para reforzar rellenos compactados. Su uso se limita a rellenos constituidos por materiales granulares con tamaño máximo de 250 mm o con contenidos de finos que no rebasan 15%. Existen versiones de este sistema en las que utilizan soleras de materiales sintéticos y en otros casos se constituye con una retícula con refuerzo en dos sentidos. La finalidad de estos sistemas de anclaje es crear un bloque de suelo reforzado que funciona como un elemento de retención. En México se han utilizado para taludes de acercamiento de puentes o pasos a desnivel y para estabilizar cortes en taludes. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)

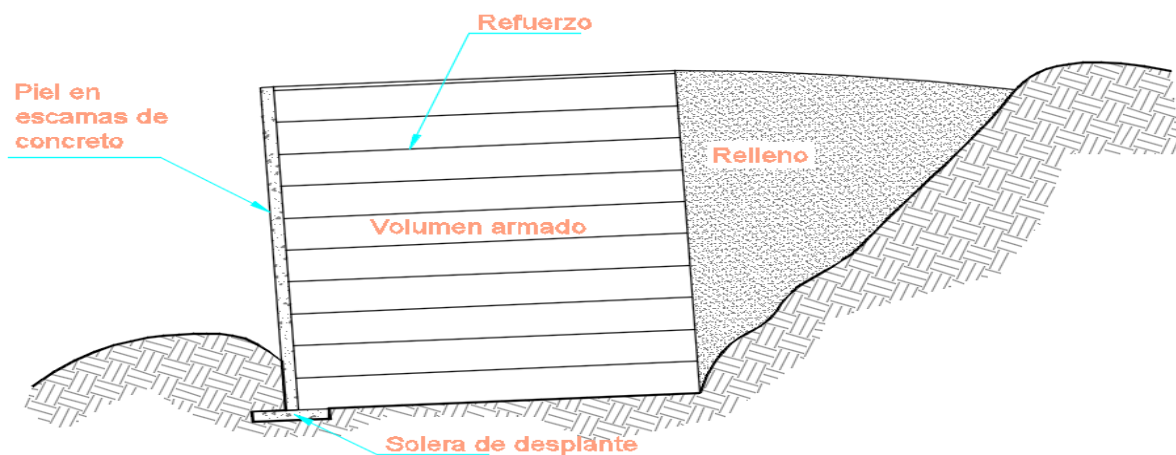


Ilustración 11. Tierra armada.

Instalación/Construcción.

Como en cualquier obra de la ingeniería Civil, el anclaje y su respectiva planeación deberá considerar las complejidades que se pudieran presentar debidas a las actividades que conlleva el proceso de anclaje tales como espacios reducidos para mover equipo/maquinaria pesada que permite la barrenación, problemas de acceso, suministro de refaccionaria y de los propios materiales que conforman un ancla, todo ello se debe de considerar sin dejar de lado la seguridad de los trabajadores.

A. Trabajos preliminares.

- **Medidas iniciales.** Trabajos que deben realizarse antes de comenzar con un proyecto de anclaje: construcción de accesos al sitio del proyecto, desmonte del predio, ubicación y colocación de puntos de control topográficos.
- **Ubicación de puntos de anclaje y de bancos de nivel para el control topográfico.** Es necesario contar con una brigada de topografía para que se tenga la mayor precisión. En el terreno se indican los puntos de anclaje mediante estacas metálicas y los bancos de nivel con mojoneras empotradas dentro del terreno.
- **Cortes previos en taludes o excavaciones.** Es posible que antes de comenzar con el proceso de anclaje se requiera de realizar cortes para perfilar el talud de acuerdo al proyecto, esta información deberá contenerla el estudio geotécnico. Cualquier cambio se deberá comentar con los geotecnistas del proyecto.
- **Instalación de drenes.** Esta actividad es dependiente otras actividades como la realización de cortes previos o la construcción de estructuras de retención. Las especificaciones de la cantidad y distribución de los drenes se tienen en el estudio de mecánica de suelos del proyecto.

B. Habilitación de anclas.

- I. **Puntas ojivales de acero.**
- II. **Habilitado de torones.** Conjuntos de seis y hasta de 12 torones. Se estila que cada cable esté formado por siete hilos con alma de acero.
- III. **Limpieza de los torones.** Los cables deben estar libres de óxido por lo que deberán limpiarse con cepillos metálicos o hasta con esmeril.
- IV. **Fijación de los torones a las puntas de acero.** Una vez efectuada la limpieza se procede a unir las puntas cónicas.
- V. **Colocación de Separadores.** Realizado el paso anterior, se tienden los cables en toda su longitud sobre una superficie preferentemente plana y los separadores se pasan entre los torones hasta llegar a la posición predeterminada para poder fijarlos a los cables con alambre recocado.
- VI. **Colocación de la manguera de inyección primaria.** Se pasa por en medio de los torones, es decir, el centro de los separadores. Es prácticamente una manguera por la que se inyecta la lechada y la longitud deberá ser suficiente para que llegue hasta unos 10 cm antes del fondo del barreno. Si la inyección será única; el diámetro de la manguera deberá ser de $\frac{3}{4}$ de pulgada y si se prevén inyecciones posteriores se sugiere que un diámetro de una pulgada.
- VII. **Colocación del obturador.** El obturador es colocado en el extremo libre y se coloca hasta que se alcanza la longitud libre del ancla. En el extremo inferior se fija la manguera de retorno de la inyección primaria.
- VIII. **Colocación de la manguera de inyección secundaria.** Pasa a través del centro de los separadores, desde el extremo libre de los torones hasta el extremo inferior del obturador.
- IX. **Engrasado de torones.** Deberá ser engrasada la longitud libre de los torones que está dentro de la funda. Debe garantizarse que la película de grasa sea de al menos 0.25 mm.
- X. **Colocación de la funda de protección.** Su longitud es determinada por la longitud libre del ancla y es prácticamente un tubo liso de PVC,

con un diámetro suficiente para poder alojar los torones, manguera de inyección y manguera de retorno. En el extremo inferior debe quedar ligada al obturador y en el otro extremo, atraviesa la placa de apoyo (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002). Es posible que si se llega a fracturar el tubo se infiltre agua o sustancias que corroan el acero, por lo que también es posible proteger de manera aislada cada cable, ello es posible si se les coloca manguera de manera individual, por lo que resulta ser más eficiente.

C. Perforación e instalación.

- **Perforación.** Debido a que son diversos los materiales que se pueden encontrar en el sitio a anclar es de gran importancia determinar el tipo de maquinaria y equipo idóneo para realizar las perforaciones.

Si se tiene un estrato de materiales tobáceos se sugieren diámetros de entre cuatro y cinco pulgadas, mediante broca drag ó tricónica; el fluido a utilizar para la limpieza del barreno normalmente es aire a presión, aunque también se llega a usar agua, lo cual no es recomendable si se pretende tener un anclaje de buena calidad en materiales que alteren sus propiedades de resistencia al humedecerse. (Castro Hernández, 2019)

Si se presenta material con boleos, se utiliza martillo neumático a rotopercusión, desplazando con aire los detritus hacia la boca del barreno. (Castro Hernández, 2019)

De tener rellenos inestables, se deberá cementar con una lechada gruesa de baja resistencia logrando así una especie de ademe para lograr que se pueda reperforar. (Castro Hernández, 2019)

- **Instalación de anclas.** De manera manual se coloca el ancla en la boca del barreno y se introduce en él. Esta actividad es importante que se lleve a cabo con precaución para no dañar alguno de los componentes del ancla, sobre todo, en las mangueras que es donde se corre el riesgo de que se tapen.

- **Inyección del bulbo.** Se requiere que previamente se haya inflado el obturador y garantizar que se realiza el sello entre la longitud libre y el bulbo. La presión de inyección de la lechada primaria deberá ser monitoreada usando un manómetro en la boca del barreno. La presión de inyección está indicada en el estudio geotécnico.
- **Habilitación del cabezal del ancla.** Comprende desde el lanzado de la zapata de apoyo y/o instalación de la viga madrina, la colocación de la placa de apoyo, “el queso de torones” y las cuñas de sujeción y/o tuercas.
- **Tensado.** Se coloca un gato hidráulico en los cables y se apoya en el cabezal del ancla (como se muestra en la siguiente imagen) mediante este se aplican fuerzas de tensión, las cuales son medibles en un manómetro que indica la fuerza aplicada. El tensado se realiza cuando ya fraguó el bulbo.
- **Inyección Secundaria.** Se refiere al mortero que es inyectado en la longitud libre, ello para proteger los cables y ocupa un espacio desde la funda hacia las paredes del barreno. La calidad de esta lechada es menor que la del bulbo y es inyectada por gravedad posterior al tensado.



Ilustración 12. Tensado de ancla activa.

D. Protección y mantenimiento.

- **Protección externa.** Las partes que componen el cabezal del tensado se pintan con pintura epóxica anticorrosiva y además son engrasadas con productos grafitados. Todo el conjunto queda totalmente protegido por un capuchón de PVC.
- **Mantenimiento.** Por el tipo de habilitado del ancla es posible realizar la revisión de la tensión del elemento.

2. MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE ANCLAS.

En este apartado se presentan metodologías y criterios aplicables para la práctica mexicana de diseño de anclajes en suelo.

Estabilización de Taludes.

Consideraciones para diseño:

El diseño de sistemas de anclaje incluye los siguiente (Xanthakos, 1991):

- Seleccionar la inclinación de las anclas.
- Identificar tipos de tendones, tamaño y configuración adecuados.
- Determinar el espaciamiento horizontal y vertical entre anclas.
- Estimar la longitud del bulbo y la longitud libre.
- Estimar la resistencia del ancla.
- Especificar un programa de pruebas de anclaje adecuado.
- Seleccionar y detallar un sistema de protección contra la corrosión.
- Verificar la estabilidad general de la estructura de anclaje.

En general un adecuado diseño de sistema de anclaje debe incluir reconocimiento inicial del sitio, investigación de campo, de laboratorio geotécnico y químico, así como la investigación de su proceso constructivo. (Xanthakos, 1991)

La capacidad del anclaje está en función del tipo de material en el que se coloquen las anclas; el cálculo de la carga última de un ancla puede obtenerse mediante la siguiente expresión: (Littlejohn, 1990)

$$T_f = A\sigma'_v\pi DL \tan \phi + B\gamma h \frac{\pi}{4} [D^2 - d^2]$$

Donde:

A= Relación de la presión de contacto en la interfaz bulbo/suelo con la presión efectiva del terreno.

B= Factor de la capacidad de carga.

σ'_v =Esfuerzo vertical efectivo adyacente al bulbo del ancla.

γ = peso volumétrico efectivo del suelo.

h = Profundidad del bulbo respecto a la superficie del terreno.

D= Diámetro efectivo del bulbo.

d = Diámetro efectivo del fuste del mortero.

L= Longitud del bulbo.

Es de suma importancia realizar al principio en las anclas pruebas de extracción hasta llevarlas a la falla para obtener su capacidad última y analizar su comportamiento esfuerzo-deformación, ello para cerciorarse de la hipótesis de diseño. El factor de seguridad para anclajes temporales en suelos granulares oscilan entre 2.0 y 2.5, mientras que en suelos arcillosos blandos son de entre 3.0 y 3.5. (Castro Hernández, 2019)

Anclas postensadas.

El análisis de sistemas de anclaje debe realizarse haciendo referencia a los modos de falla, ello es importante para llevar a cabo un diseño que logre que sea segura la estructura.

Modos de falla.

Fallas locales por falta de resistencia del suelo.

Falla rotacional del elemento de retención hacia la excavación antes de la instalación del ancla: Esta falla ocurre cuando no se planea adecuadamente la primera etapa de excavación, efectuándose cortes de mayor profundidad que la mínima necesaria para conservar su estabilidad. También se puede presentar si por periodos largos se deja expuesta la excavación sin las fuerzas estabilizadoras de anclaje.

Falla de la masa de suelo: Sucede cuando se aplican fuerzas excesivas en el ancla como las que ocurren en un deslizamiento. Este tipo de falla no se presentan en anclas de 4 o 5 m de profundidad.

Falla por extracción del bulbo: esta falla sucede cuando se excede la resistencia friccionante en la interfaz entre el bulbo y el suelo circundante. Para anclas acampanadas esta resistencia se moviliza en el perímetro del área aumentada por la campana. En suelos uniformes la resistencia se moviliza progresivamente a medida que se aplican las cargas.

Falla rotacional del elemento de retención por falta de resistencia pasiva: la estabilidad de muchos sistemas de retención requiere de la movilización de la resistencia pasiva del suelo localizado frente al empotramiento, por lo que se debe revisar que ocurran las condiciones para que se movilice dicha resistencia pasiva, ello aplicando un factor de seguridad que garantice que las deformaciones del suelo se mantengan dentro de los límites aceptables.

Falla por falta de capacidad de carga en la base del elemento de retención: En este caso deben considerarse la resultante de los empujes actuando en el extremo inferior del elemento de retención, el cual debe estar apoyado sobre un material suficientemente resistente. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)

Mecanismos de falla general.

Falla generalizada por volteo: Es necesario tomar en cuenta tomar todas las fuerzas actuantes sobre el elemento de retención. Se recomienda analizar la posibilidad de que el volteo ocurra a diferentes posibilidades.

Falla generalizada por deslizamiento: Se previene este modo de falla realizando análisis convencionales en la base de la estructura de retención en los que se tengan las fuerzas actuantes. Por lo anterior, se requiere tener estimaciones razonables de la resistencia de la masa de suelo circundante.

Falla generalizada rotacional: Aquí es aplicable utilizar los métodos convencionales para el análisis de la estabilidad global del sistema (método de dovelas: Fellenius, Bishop, Janbú).

Fallas estructurales.

Falla de adherencia entre el tendón y el mortero de inyección: Se presenta cuando hay desplazamientos relativos entre el acero del ancla y el mortero inyectado en el bulbo, ello involucra los siguientes factores: la adherencia (depende de la coalescencia microscópica entre el acero y el mortero), la fricción y la trabazón mecánica (impide el deslizamiento relativo entre el mortero y el ancla).

Falla por tensión en el ancla o tendón: Ocurre cuando se excede la capacidad estructural del tendón. Usualmente se recomienda que la carga de diseño final, a largo plazo, no sea mayor que el 60% de la resistencia nominal mínima; para condiciones de carga temporal (por ejemplo, durante pruebas de carga) esta carga puede ser del 80% de la resistencia nominal mínima. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)

Capacidad de anclas en suelos granulares:

La capacidad de carga en anclas en suelos friccionantes inyectadas a baja presión (presión menor a 10 kg/cm²) se calcula mediante la siguiente expresión:

$$P_u = p_i \pi D l_a \tan \phi' ; \quad \text{donde } D = \text{diámetro del bulbo}$$

Para anclas en suelos granulares en suelos inyectados a presiones intermedias (presión mayor a 10 kg/cm²) P_u se estima empíricamente y por lo cual, existen curvas de diseño como la que se muestra a continuación.

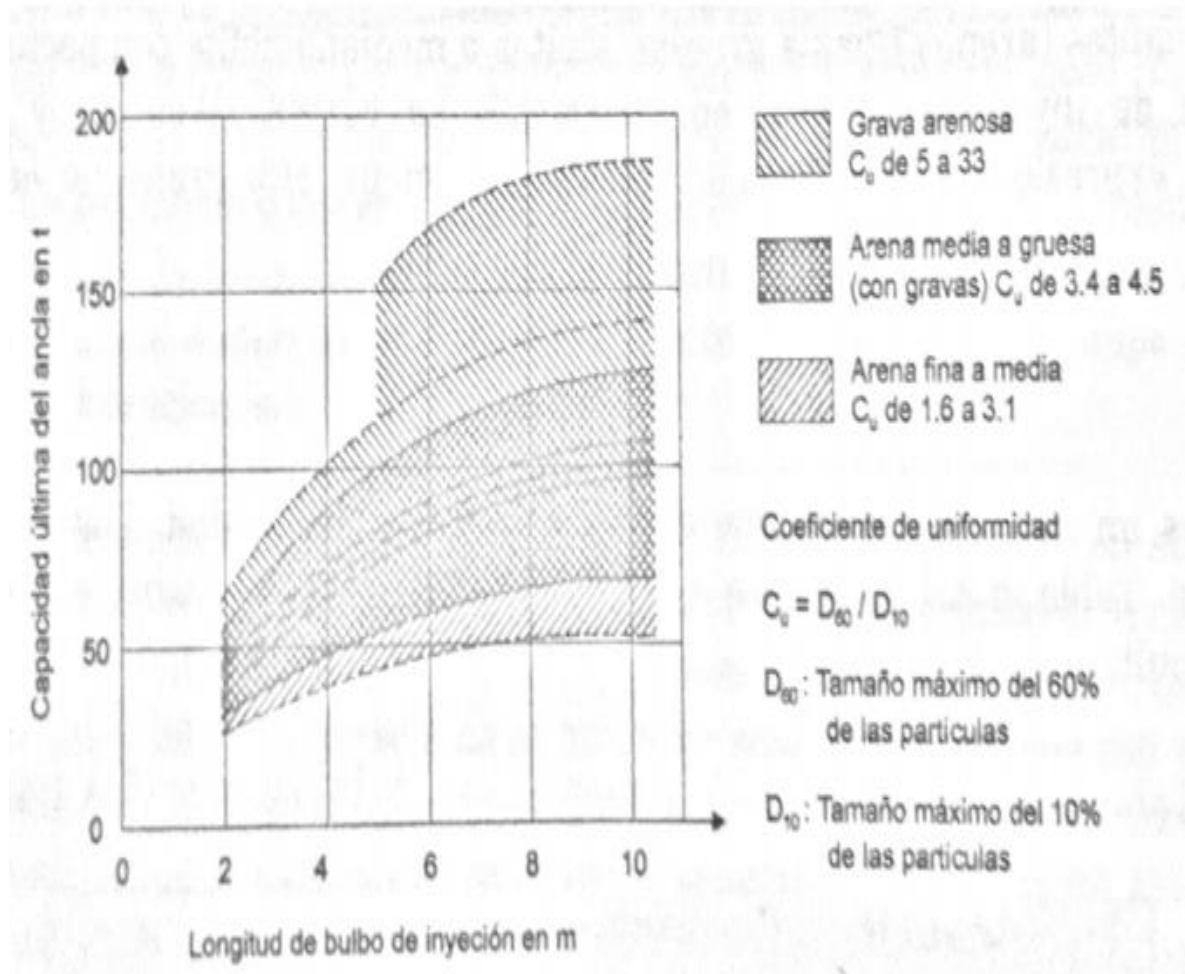


Ilustración 13. Capacidad de anclas en materiales granulares como función la longitud del bulbo inyectado (curvas construidas a partir de resultados de pruebas de campo) (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002).

La capacidad de carga en anclas en suelos no cohesivos inyectadas a altas presiones (presión mayor a 15 kg/cm^2) se estima empíricamente, los datos que se presentan en la siguiente tabla, se pueden tomar como indicadores de los valores que puede alcanzar P_u para diferentes tipos de materiales granulares.

En anclas con inyecciones múltiples de alta presión es indispensable contar con un obturador confiable para sellar el bulbo de inyección.

Criterios del Manual de Construcción Geotécnica de la SMIG.

a) Diseño Geotécnico.

Análisis de Estabilidad. El método de cuñas suele emplearse para determinar la carga externa (fuerza de anclaje) requerida para mantener el equilibrio de la excavación o corte. En estos análisis se supone que a lo largo de la superficie de deslizamiento se moviliza la totalidad de la resistencia al corte, factorizada de acuerdo con el nivel de seguridad deseado. La inclinación de la superficie crítica de deslizamiento se determina por aproximaciones sucesivas y es la que proporciona la fuerza de anclaje máxima. (Monroy Salgado, 2007)

Para la determinación del factor de seguridad se emplea la siguiente expresión, el cual se representa en la Ilustración 14. Talud Anclado. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)

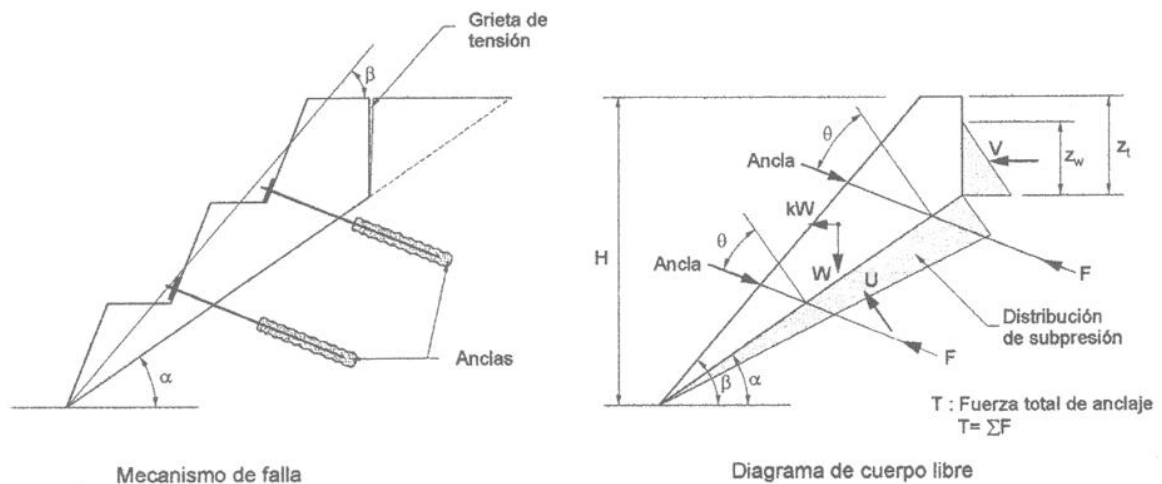


Ilustración 14. Talud Anclado. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)

$$FS = \frac{c' \frac{H - z_t}{\sin \beta} + [W \cos \alpha - U + T \cos \theta - (V + kW) \sin \alpha] \tan \phi'}{W \sin \alpha + (V + kW) \cos \alpha - T \sin \theta}$$

donde

c' parámetro de cohesión del suelo (en términos de esfuerzos efectivos)

ϕ' ángulo de fricción del suelo (en términos de esfuerzos efectivos)

H altura del talud

β ángulo de inclinación del talud

z_t profundidad de la grieta de tensión

α inclinación de la superficie potencial de deslizamiento

W peso total de la cuña de suelo que potencialmente puede deslizarse

U fuerza de subpresión en la superficie de falla

V empuje de agua en la grieta de tensión

T fuerza total de anclaje por unidad de longitud

θ inclinación de las anclas respecto de la normal a la superficie potencial de deslizamiento

k coeficiente sísmico

El objetivo de dicho análisis, es determinar la fuerza de anclaje T necesaria para alcanzar un factor de seguridad adecuado que comúnmente va de 1.5 a 2, en condiciones estáticas de corto y largo plazo, respectivamente; en condiciones sísmicas, el FS mínimo comúnmente es de 1.3. (Monroy Salgado, 2007)

El empuje total que debe proporcionar el ancla se calcula con la siguiente expresión:

$$P = \frac{1}{2} \gamma H^2 \left[\frac{(1 + \xi)^2}{\tan \alpha} - K_p \xi^2 \left(\sin \delta + \frac{\cos \delta}{\tan(\alpha - \phi')} \right) \right] \tan(\alpha - \phi')$$

donde

γ peso volumétrico total del suelo limitado por la superficie de falla.

H altura de la parte expuesta al corte.

d profundidad de empotramiento del elemento de retención.

ξ es igual al cociente $\frac{d}{H}$

K_p coeficiente de empuje pasivo ($K_p = \tan^2(45 + \frac{\phi}{2})$)

ϕ ángulo de fricción interna expresado en término de esfuerzos efectivos.

δ ángulo de fricción entre el suelo retenido y el muro.

α inclinación de la superficie potencial de deslizamiento.

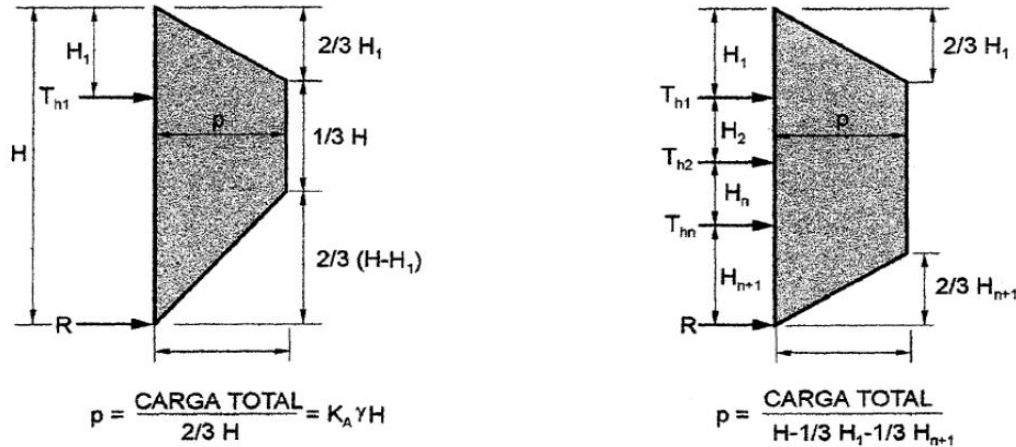
El empuje P es la fuerza horizontal externa que estabiliza al corte y representa la resistencia combinada que proporciona la componente horizontal de la fuerza de anclaje ($T \cos \lambda$) así como la resistencia vertical dada por el elemento de retención SPv, es igual en magnitud y en sentido opuesto a la componente vertical de la fuerza de anclaje ($T \sin \lambda$). En estos análisis, el ángulo de fricción interna se obtiene de pruebas drenadas CD.

Empujes sobre elementos de retención. La magnitud y distribución de los empujes de tierra que actúan sobre elementos de retención en excavaciones verticales depende tanto de las características y propiedades estructurales del muro o tablaestaca, como de las propiedades mecánicas del material retenido. La estimación de la fuerza de anclaje requerida es realizada mediante envolventes aparentes de presiones obtenidas semiempíricamente, que se reparten entre cada uno de los niveles de anclaje; dichas envolventes sólo son aplicables en medios homogéneos. Si se trata de medios estratificados se deberá recurrir a análisis de límite para revisar la estabilidad del sistema o también se puede recurrir a análisis numéricos con el método de los elementos finitos.

Envolvente de empujes para arenas. Expresadas en función del coeficiente K_A :

$$K_A = \tan^2\left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$$

La presión máxima está dada por $P_{max} = 0.65 K_A \gamma H$



a) Muro con un solo nivel de anclaje

b) Muro con múltiples niveles de anclaje

Ilustración 15. Envolventes de empujes para arenas. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)

H_1 distancia desde la superficie del terreno natural hasta el primer anclaje.

H_{n+1} distancia desde el fondo de la excavación hasta el último anclaje.

T_{h1} carga horizontal en el ancla 1.

R fuerza de reacción a ser resistida por le suelo (por debajo de la usperficie de la excavación).

P ordenada máxima del diagrama.

$$\text{CARGA TOTAL} = 0.65 K_A \gamma H^2$$

Para muros anclados con un solo nivel de anclas, la envolvente de presiones es rectangular y en los casos en los que se tiene más de un nivel de anclas resulta ser trapezoidal, como se muestra en la figura anterior. Estos diagramas son válidos para corto y largo plazo. Las presiones de agua o las que resultan de sobrecargas externas se pueden superponer para obtener la carga lateral total actuante.

Envolvente de empujes para arcillas duras fisuradas. En anclajes temporales (duración de hasta 2 años) puede emplearse la envolvente de presiones trapezoidal como se muestra en la siguiente imagen.

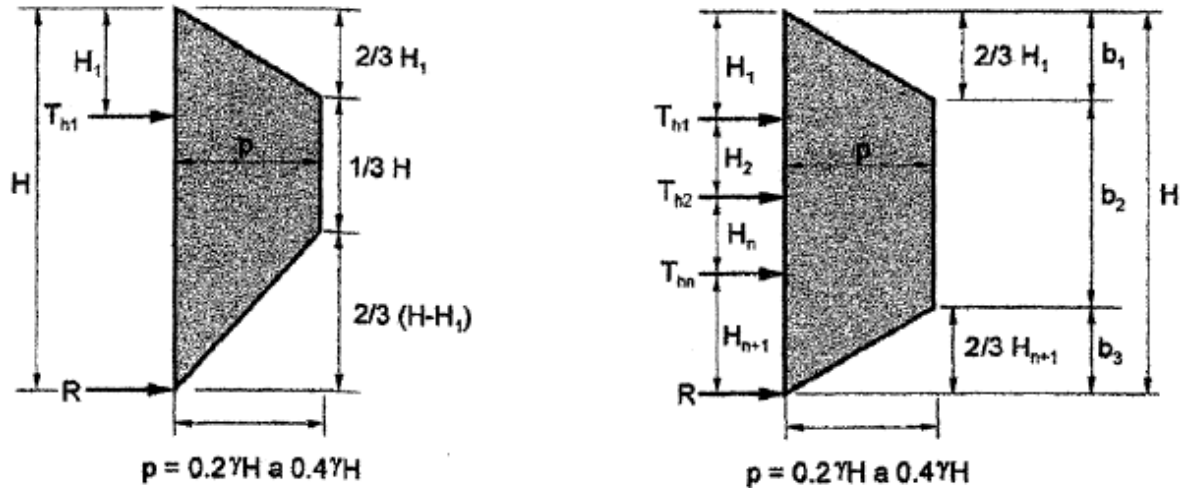


Ilustración 16. Envolventes de empujes para arcillas. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)

- H_1 Distancia desde la superficie del terreno natural hasta el primer nivel de anclaje.
- H_{n+1} Distancia desde el último nivel de anclaje hasta el fondo de la excavación.
- T_{h1} Carga horizontal en el ancla 1.
- R Fuerza de reacción a ser resistida por el suelo (por debajo del fondo de la excavación).
- p Ordenada máxima del diagrama.
- H, b_1, b_2, b_3 Distancias.

En anclajes permanentes, las condiciones de diseño se deberán basar en parámetros de resistencia obtenidos bajo condiciones drenadas o expresados en términos de esfuerzos efectivos. Debido a que los empujes incrementarán con el tiempo, se recomienda emplear una envolvente de presiones con una ordenada máxima cercana a $0.4H$.

Envolvente de empujes para arcillas de consistencia media a suave. En este material se recomienda emplear el coeficiente de empuje de tierras de Henkel, lo

anterior para tomar en cuenta la estabilidad en la base de la excavación. Para condiciones no drenadas, el empuje de tierras activo de Henkel es:

$$K_A = 1 - \frac{4 C_u}{\gamma H} + 2\sqrt{2} \frac{d}{H} \left(1 - \frac{(2 + \pi C_{ub})}{\gamma H} \right)$$

d profundidad de la superficie de falla bajo el corte.

H profundidad del corte.

C_u resistencia no drenada del suelo en donde se efectúa la excavación.

C_{ub} resistencia no drenada del estrato de apoyo.

Estimación de la capacidad del ancla. La capacidad de carga de un ancla se expresa en función de la carga última (P_u) que puede soportar. La magnitud de P_u está dada por la fuerza última que se moviliza en la superficie del bulbo inyectado, por lo que depende de las propiedades mecánicas de la interfaz bulbo-suelo.

Dichas propiedades mecánicas dependen a su vez de otros factores.

- a) Geometría del bulbo inyectado (longitud, diámetro, forma).
- b) Tipo de ancla.
- c) Método de perforación.
- d) Longitud del ancla.

Longitud del bulbo inyectado. Los factores que determinan la longitud del bulbo inyectado son:

- a) Posición y geometría de la superficie potencial de deslizamiento.
- b) La magnitud de la fuerza de anclaje.
- c) La presión de inyección.
- d) La resistencia al esfuerzo cortante en el contacto entre el barreno inyectado y el medio circundante.
- e) Diámetro del barreno.

La longitud del bulbo inyectado se determina empleando la siguiente expresión.

$$l_a = \frac{T}{\pi D(\alpha c + p_i \tan \phi)}$$

T fuerza de diseño del anclaje, necesariamente menor que la capacidad del ancla

π esfuerzo normal actuante en la superficie del bulbo

D diámetro efectivo del bulbo

$\alpha c, \phi$ parámetros de resistencia representativos de la interfaz entre el medio circundante y el barreno inyectado

Posición del bulbo inyectado respecto de la superficie potencial de falla. Para determinar la ubicación de las anclas, es necesario realizar un análisis de la estabilidad global del talud para identificar la superficie potencial deslizamiento más crítica. La secuencia para determinarlas es la siguiente:

- a) Realizar un análisis global de la estabilidad del talud, corto o muro de retención.
- b) Identificar la superficie potencial de deslizamiento más crítica.
- c) Estimar las fuerzas de anclaje necesarias para lograr la estabilidad del talud con un factor de seguridad adecuado. Al determinarse estas fuerzas, se reparten entre las anclas a colocar dependiendo del número y del tipo de anclas. Posteriormente se determina la inclinación de las anclas, la cual está relacionada con el equipo de perforación a utilizar, de las condiciones geológicas y geotécnicas del sitio, además de la geometría del corte.

Las anclas se deben extender más allá de la superficie de deslizamiento, por lo que el bulbo comienza entre 1 y 2 m después de la superficie potencial de falla crítica.

Estabilidad global de un talud anclado. En taludes o cortes realizados en suelos en donde la superficie potencial de falla es circular, los métodos utilizados comúnmente son los Fellenius, Bishop simplificado o Janbú. Si se trata de una superficie potencial de falla plana, se pueden utilizar adaptaciones de estos métodos, aunque el método más utilizado es el de cuñas.

Independientemente del método utilizado, el factor de seguridad se puede expresar de la siguiente manera:

$$FS = \frac{\sum \text{Momentos resistentes}}{\sum \text{Momentos actuantes}}$$

En taludes o cortes anclados, las fuerzas y momentos necesarios para lograr la estabilidad con factores de seguridad apropiados deben proporcionar total o parcialmente las fuerzas de anclaje.

$$FS = \frac{\sum \text{Momentos resistentes } s + Td}{\sum \text{Momentos actuantes}}$$

T resultante de las fuerzas de anclaje

d brazo de palanca.

b) Diseño estructural.

Barras, cables o torones de acero. Su diseño se realiza teniendo en cuenta que son los que soportan las fuerzas de tensión, mismas que se reparten entre el área de la sección transversal total del conjunto de barras, cables o torones. La expresión que se utiliza para su cálculo es la siguiente:

$$A_s = \frac{T}{0.6 f'y} \quad f'y = \text{límite de fluencia del acero}$$

Lechadas y morteros de inyección. El objetivo del diseño de la lechada principal, es que tenga las propiedades necesarias para que se tenga adherencia suficiente entre ésta y las anclas, haciendo que las fuerzas de fricción entre las paredes del bulbo y el medio circundante sean las que se requieren. Adicionalmente funciona como protección de los tendones del ataque de la erosión tanto en el bulbo como en la longitud libre, por lo que se debe evitar que los agregados o el agua con que se fabrica la lechada contengan agentes corrosivos.

Los morteros deben apoyarse con ensayos de laboratorio para su diseño y la calidad del mortero utilizado en obra deberá ser supervisada. Los aspectos que deben sujetarse al control de calidad son: el proporcionamiento, la fluidez, el sangrado y la resistencia a las diferentes edades.

Zapatas de apoyo. Sus dimensiones se determinan en función de la magnitud de las fuerzas de anclaje, la capacidad de carga del terreno y los esfuerzos cortantes inducidos en las secciones críticas, los cuales a su vez determinan el espesor de la zapata y las características de las placas de reacción de las anclas.

3. CASO DE ANÁLISIS.

Descripción del proyecto.

El proyecto está ubicado en la Colonia Alpes, Alcaldía Álvaro Obregón, Ciudad de México, el edificio para departamentos se desplantará sobre un terreno con un área de 2288.03 m², el diseño arquitectónico contempla 16 niveles para alojar 243 departamentos y siete niveles de sótanos para estacionamientos, los cuales tendrán el nivel de piso terminado variable de entre 22.08 m a 23.43 m de profundidad respecto al nivel de banqueta. Bajo este nivel se localizan las cisternas, con un nivel de piso terminado de -26.82 m.

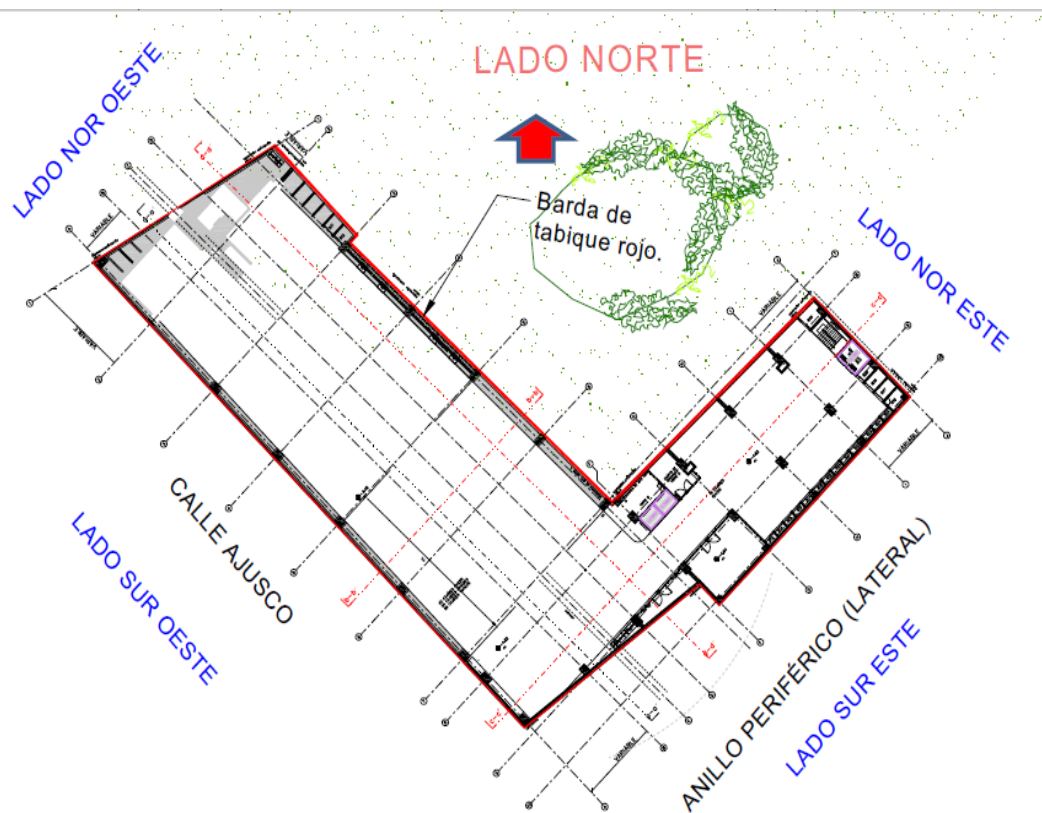


Ilustración 17. Planta esquemática del predio.

En la Ilustración 17. Planta esquemática del predio. se muestra una imagen de la planta esquemática del predio con sus respectivas colindancias.

Resumen del Estudio de Mecánica de Suelos.

Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de un sondeo de tipo mixto (SM) a una profundidad de 40.62 m, y un pozo a cielo abierto (PCA), que permitieron conocer las características superficiales del suelo y del tipo de estructura existente, en la tabla siguiente se muestran las características del sondeo realizado:

Tabla 1 Características físicas de los trabajos de campo.

SONDEOS	PROFUNDIDAD (m)	COORDENADAS UTM		NAF
		X	Y	
SM-1	40.25	479604	2140588	No se detectó
PRESIOMETRO MENARD	21.0	479614	2140584	No se detectó

Sondeo mixto (SM).

La ejecución del sondeo mixto, se llevó a cabo alternando la técnica de penetración estándar de acuerdo con la norma ASTM D 1586, la cual indica en el procedimiento de prueba que debe realizarse el hincando en el suelo de un penetrómetro estándar (tubo de media caña) de 3.5 cm de diámetro interior, 5.08 (2") de diámetro exterior y 68.58 cm de longitud, por medio de la energía que le transmite la caída libre de un martinete de 63.5 Kg. (140 lb) de peso al dejarlo caer desde una altura de 76.2 cm. (30"). Para realizar esta prueba se hinca el penetrómetro estándar, contando el número de golpes necesario para alcanzar una penetración de 30 cm en el suelo, para la obtención de muestras alteradas, que al tiempo que recupera las muestras, permite medir la resistencia a la penetración estándar.

Para la recuperación de muestras en suelos duros se utilizó Barril Denison (BD), el cual fue hincado a rotación en el suelo.

Prueba del Presiometro MENARD.

El ensayo presiométrico se analiza a partir de la teoría elastoplástica de la expansión de una cavidad cilíndrica en un medio indefinido, permitiendo determinar parámetros de resistencia y deformación “in situ” a la profundidad deseada, principal ventaja respecto a otro tipo de ensayos limitados por la profundidad. Se obtiene de cada ensayo el Módulo Presiométrico. (E_p), Presión de Fluencia (P_f) y Presión Límite (P_L).

E_p : Módulo presiométrico: estudio de la fase elástica del ensayo.

P_f : Presión de fluencia: presión correspondiente al final de la fase elástica del ensayo.

P_L : Presión límite: se define como la presión a la que el volumen de la sonda se convierte en dos veces el volumen de la cavidad original del suelo.

Cala-1.

Este tipo de excavación se realizó de manera manual (pala y pico), se tomaron muestras alteradas e inalteradas de los diferentes estratos que se han encontrado. Este tipo de trabajo se realiza principalmente para identificar características de elementos estructurales como son: desplante, material en el que esta empotrado, etc.

Simultáneamente a los trabajos de exploración se levantó un registro de campo, el cual contiene la identificación del sondeo, el número de muestras alteradas e inalteradas recuperadas y la profundidad a la que fueron extraídas, el tipo de herramienta empleado, el número de golpes registrado en las pruebas de penetración estándar y la clasificación geotécnica de campo de los estratos encontrados.

La ubicación relativa de los trabajos de campo se muestra en Ilustración 18. Ubicación relativa de los trabajos de campo.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

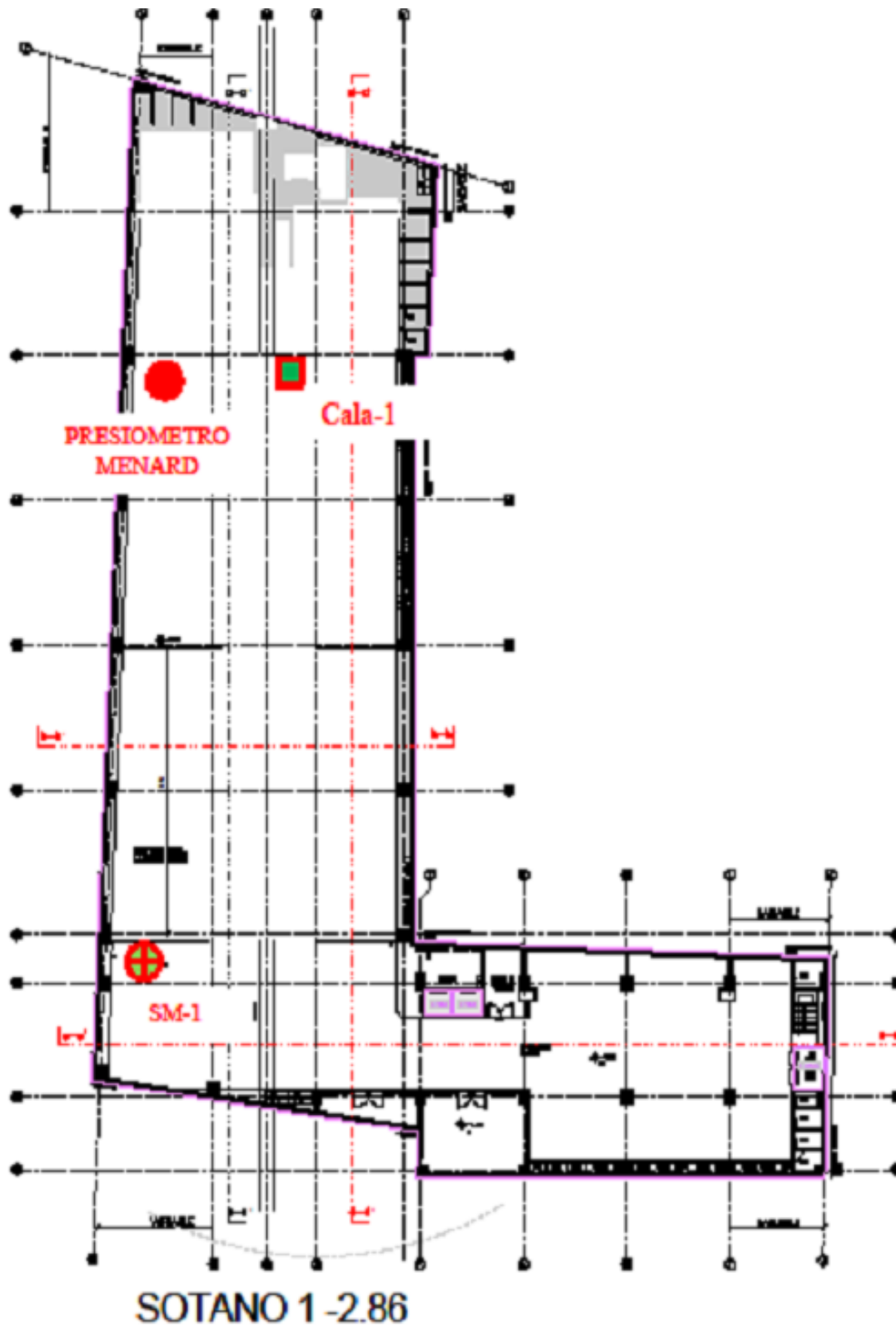


Ilustración 18. Ubicación relativa de los trabajos de campo.

La Estratigrafía Ilustración 19. Estratigrafía del sitio. reportada por la empresa que realizó el estudio de mecánica de suelos es la siguiente:

Estrato I.- De 0.20 a 1.40 m Relleno arenoso café claro con material de construcción y aislada materia orgánica (raíces).

Estrato II.- De 1.40 a 6.80 m Limo arenoso de color café claro, de baja plasticidad y de consistencia dura, poco cementada.

Estrato III.- De 6.80 a 9.80 m Limo de color café claro, de baja plasticidad y de consistencia muy rígida a dura.

Estrato IV.- De 9.80 a 14.60 m Limo arenoso de color café claro de baja plasticidad y de consistencia muy rígida a dura, aisladas gravas de hasta 1/2" ϕ .

Estrato V.- De 14.60 a 17.75 m Arena media a gruesa de color gris claro, compacidad muy densa, aisladas gravas hasta 3/8" ϕ .

Estrato VI.- De 17.75 a 24.20 m Arenas (material pumítico) de compacidad media a muy densa.

Estrato VII.- De 24.20 a 36.40 m Limo arenoso de color café claro de baja plasticidad y de consistencia muy rígida a dura con aislada arena fina pumítica.

Estrato VIII.- De 36.40 hasta la profundidad máxima de exploración de 40.25 Arena media de color gris y compacidad muy densa con gravas hasta de 1" ϕ .

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

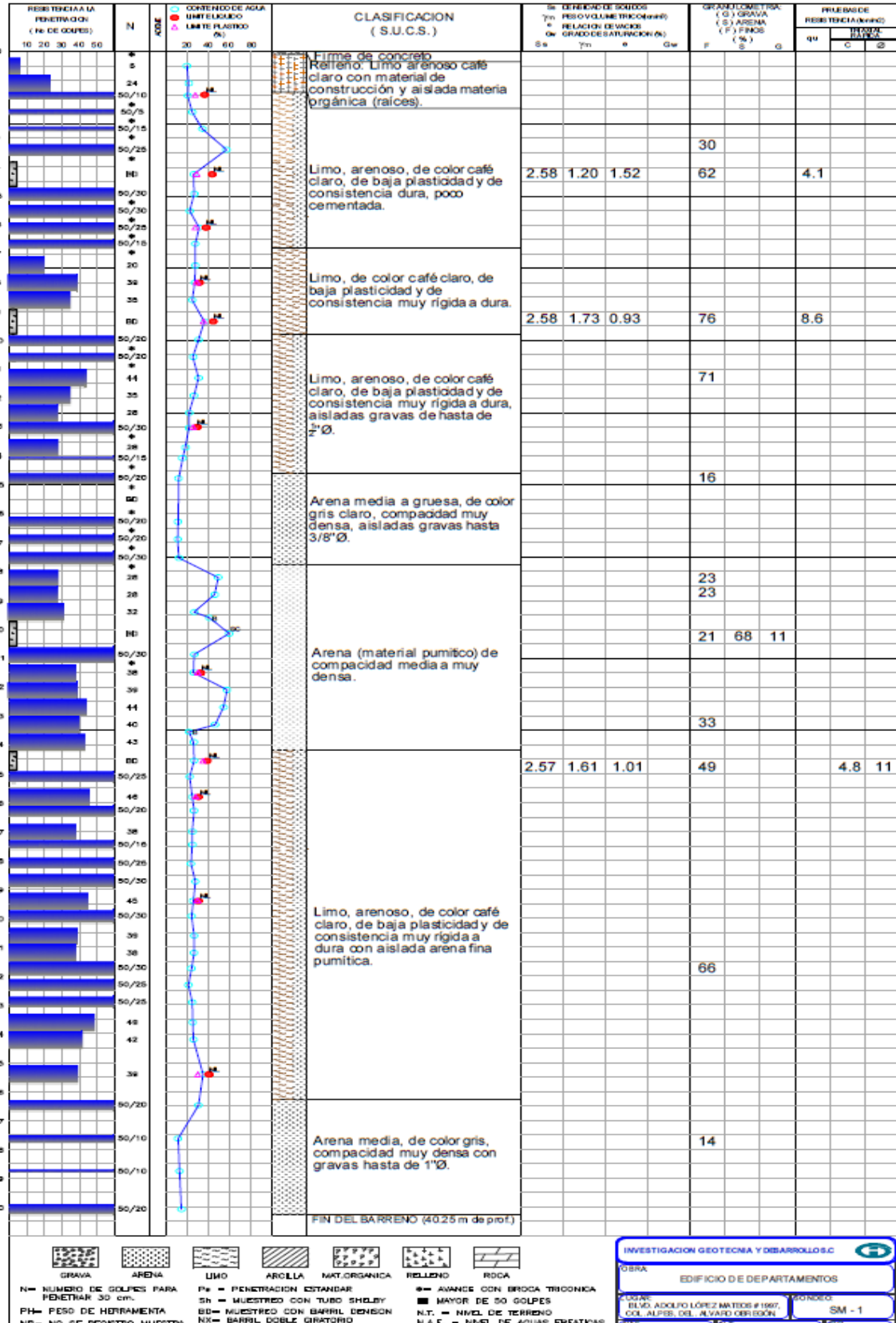


Ilustración 19. Estratigrafía del sitio.

PROPUESTA DE CIMENTACIÓN.

El proyecto cuenta con siete niveles subterráneos de estacionamiento a diferentes pendientes de profundidad debido al desarrollo de rampas, por lo que se recomienda como solución de cimentación un cajón de concreto armado, con lo cual se estará sobrecompensando la carga del edificio con la descarga del terreno, necesaria para alojar el cajón de cimentación lo cual no afecta su comportamiento por tratarse de terreno firme.

Sistema de contención de la excavación.

Teniendo en cuenta que la excavación deberá alcanzar una profundidad de entre 22.08 y 23.42 m, es necesario construir una estructura de retención para restringir los desplazamientos de las paredes de la excavación y limitar los desprendimientos de suelo durante el proceso, por lo que se propone:

- a) Reforzar los taludes de la excavación mediante su tratamiento con concreto lanzado reforzado con malla electro soldada y anclas de tensión, colocadas en un arreglo de ajustado a las colindancias del predio.
- b) Debido a la variación estratigráfica superficial del terreno (limo arenoso y capa vegetal), se recomienda llevar a cabo un reforzamiento de esta zona colocando de anclas pasivas de 5.0 m de longitud, con un arreglo en tresbolillo y separación de 1.50 m medida a partir de la corona del talud.

Proceso constructivo.

A continuación, se describen las actividades a realizar para llevar a cabo el proceso de excavación con muro de concreto lanzado y anclas (pasivas y activas), y sus respectivos tensados, así como las pruebas de carga efectuadas en las anclas activas. Las actividades ya mencionadas en conjunto, conforman la solución para la contención del cajón de cimentación de proyecto/caso de análisis.

Construcción de anclas pasivas con varillas a 1.50 m a partir de la corona del talud.

A consecuencia de la colocación de la primera línea de anclas activas a 2.0 y 3.0 m de profundidad, para evitar deformaciones y desprendimientos (conchas) superficiales en la excavación, se recomendó la colocación de una línea de anclas a fricción, formadas por una varilla corrugada de acero de 1" de diámetro, un tubo de inyección de PVC de $\frac{3}{4}$ " de diámetro y un tubo de retorno de $\frac{1}{2}$ " de diámetro: introducidos en una perforación de 3" de diámetro y una profundidad de 5 m, cubiertos en su longitud de una lechada de inyección de cemento-aditivo-agua con una $f'c$ de 180 kg/cm^2 , la lechada contendrá un aditivo estabilizador y el ancla se tensará a una carga de 6 ton.

- El arreglo de anclaje será en una línea a cada 1.50 m en el sentido de la longitudinal del talud y con una posición horizontal perpendicular a la cara del talud.
- Es necesario configurar el talud a modo que se puedan efectuar las perforaciones para las anclas, así como su instalación, tomando en cuenta su arreglo propuesto.
- Mediante equipo topográfico o cinta ubicar en el corte el sitio en el que se realizarán las perforaciones para instalar las anclas, marcar dichos puntos evitando desviaciones de más de 5.0 cm de la posición del proyecto.
- Para realizar las perforaciones, se recomendó emplear equipo rotatorio o a rotoperCUSión, cualquiera de los dos con brocas de tungsteno. Como fluido de perforación se sugirió el empleo de una combinación de agua y aire.
- La tolerancia de $+5^\circ$ de la inclinación de la perforación deberá garantizarse.
- Es recomendado que al alcanzar la longitud de proyecto del barreno se efectúe la limpieza del mismo, empleando la recirculación de agua y enseguida aire comprimido, lo anterior para extraer material del corte y los caídos dentro del barreno.

- El ancla estará formada con una varilla corrugada de acero de 1" de diámetro, con un esfuerzo en el límite de fluencia de 4200 kg/cm²; deberá tener una longitud de un metro adicional a la longitud total indicada.
- Es importante que se cuente con las varillas de anclaje habilitadas antes de iniciar las actividades de perforación.
- Se sugiere colocar sobre la varilla de anclaje algunos dispositivos que permitan centrar la barra dentro de la perforación; estos dispositivos deberán colocarse a cada 3.0 m
- Junto a la varilla de anclaje, se lleva acoplada una tubería de PVC, de ¾" de diámetro, cuyo extremo inferior deberá sobresalir de la longitud de la varilla de anclaje en aproximadamente 5 cm; por este tubo se realizará la inyección del barreno. Además, deberá llevar acoplado un tubo de PVC o poliducto de ½" cuya función es ser el retorno para purga y testigo del relleno del barreno.
- La inyección del barreno se aplica en toda su longitud, empleando una lechada arena-cemento dosificada para obtener una resistencia a la compresión no menor que 180 kg/cm² a los 28 días de edad con la opción de incluir un aditivo acelerante; la inyección se realiza mediante el tubo de ¾" de pulgada y la salida de aire y lechada por el tubo de ½". En la dosificación de la lechada deberá incluirse un aditivo expansor en proporción de 1% en peso si se trata de Tricosal H-181 o bien de 0.5% si se trata de Grout Fluidifier o Fester NM.
- La inyección deberá realizarse a baja presión para asegurar un buen contacto entre la lechada solidificada y la pared de la perforación. La presión máxima recomendada es de 1.0 kg/cm² y podrá aplicarse en una sola etapa.
- La inyección se dará por finalizada una vez que se tenga un consumo menor a 0.5 litros en un lapso de 5 minutos bajo la presión máxima estipulada (1.0 kg/cm²).
- Al finalizar la inyección de lechada, se inyectará agua para limpiar el ducto de inyección por no más de un minuto, en el inyectado del agua la presión máxima se conserva (1.0 kg/cm²).

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

- Para el tensado del ancla, se deberá contar con un gato de capacidad suficiente (no menor que 20 toneladas), llevándola hasta 1.5 veces la tensión de diseño. Una vez que se tenga dicha tensión, el ancla solo deberá mostrar deformaciones pequeñas (siendo la mejor condición que las deformaciones sean no apreciables), ello tanto en la interfase mortero-roca, como en el tendón y el mortero; asimismo, el acero del tendón únicamente deberá mostrar deformaciones elásticas.
- El arreglo esquemático de la recomendación para la colocación de anclas pasivas se muestra en Ilustración 20. Arreglo esquemático para la colocación de anclas pasivas.

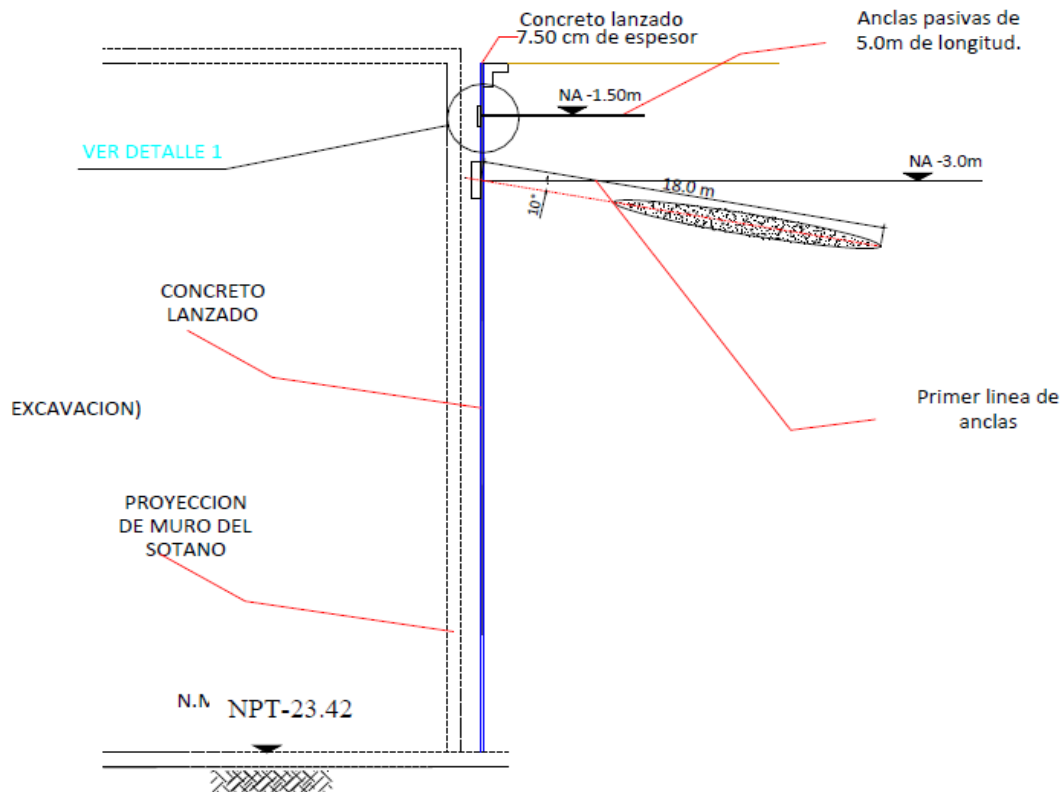


Ilustración 20. Arreglo esquemático para la colocación de anclas pasivas.

Procedimiento de excavación con muro de concreto lanzado y anclas.

- Para alojar el cajón de cimentación se efectuará una excavación a cielo abierto entre taludes con corte vertical, dicha excavación se alternará con la protección de los cortes mediante concreto lanzado y la colocación de las anclas de tensión en las colindancias.
- La excavación se realizará por etapas: en la primera etapa se cubrirá el área de todos los cortes que conforman el cajón de cimentación a una profundidad de 2.5 a 3 m, correspondiente al primer cinturón de anclas con las respectivas colindancias. Posteriormente se continuará con los trabajos de protección de los cortes con concreto lanzado de un espesor de 7.5 cm y armado con una malla electro soldada calibre 6x6/8-8.
- Concluida la instalación de anclas y la protección del corte con concreto lanzado, se procederá a realizar una segunda etapa de excavación, llevando el fondo de la excavación 50 cm por debajo del segundo nivel de anclaje y deteniendo el proceso de excavación para realizar nuevamente la protección de las paredes del corte con concreto lanzado y la perforación y colocación de anclas de tensión de acuerdo con los niveles correspondientes.
- La excavación deberá detenerse cada vez que se alcance una profundidad equivalente a 50 cm por debajo de un nivel de anclaje.
- Al alcanzar dicha profundidad, la excavación se detendrá para proceder a realizar la protección del corte con concreto lanzado de 7.5 cm de espesor, armado con una malla electrosoldada calibre 6x6/8-8. Simultáneamente se iniciarán los trabajos de perforación y colocación de anclas de tensión de acuerdo con los niveles correspondientes a cada talud.
- Se deberá ir alternando la excavación de las etapas que le secunden con la protección de taludes y la instalación de anclas hasta que se llegue al nivel de piso terminado.
- A pesar de que en la mayoría de las colindancias se tienen zonas impermeables se instalarán drenes en los taludes para desalojar el agua que pudiera acumularse por fugas en esas áreas o en el caso de las áreas en las

que es posible la infiltración por tratarse de zonas permeables, evitando así generar el reblandecimiento del suelo o la generación de presiones sobre el concreto lanzado. Estos drenes se instalarán en la línea intermedia entre los niveles de anclas, separados horizontalmente 4.0 m y tendrán una inclinación ascendente de 10 grados con relación a la horizontal, serán de 6.0 m de largo y se conformarán con tubos de PVC de 5.0 cm de diámetro (con tapón en el Fondo), estarán ranurados en toda su longitud y protegidos con una malla plástica, que se alojarán en una perforación de 3" de diámetro.

- Es recomendable que, al llegar al nivel máximo de proyecto, se escarifique y compacte la superficie expuesta, en dos capas de 15 cm de espesor, compactadas al 95% de su peso volumétrico seco máximo respecto a la norma Proctor estándar.
- Concluido lo anterior, se colocará a la brevedad posible una plantilla de concreto pobre $f'c= 100 \text{ kg/cm}^2$; de 5 cm de espesor, que proteja el material del remoldeo y fisuramiento por pérdida de humedad y tránsito de obreros.
- Una vez que la plantilla de concreto alcance su fraguado inicial, se podrá iniciar el armado, cimbrado y colado de la losa de fondo y contratraveses del cajón de cimentación, de acuerdo como se indique en el proyecto estructural correspondiente.

Construcción de anclas a tensión.

Para este proyecto se decidió adoptar anclas de tensión consistente en un conjunto de cables de acero (torones) de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, con esfuerzo en el límite de fluencia de $18,900 \text{ Kg/cm}^2$, para soportar una capacidad de trabajo por ancla descrito a continuación:

- 60 toneladas con 6 torones,
- 45 toneladas con 4 torones y
- 30 toneladas con 3 torones.

Las anclas tendrán un bulbo que se conformará con lechada de cemento, la cual será inyectada a una presión máxima de 2.00 Kg/cm^2 en campo.

Para introducir a los tendones de anclaje dentro del material que forma las paredes de la excavación se realizarán perforaciones circulares de 10.16 cm (4") de diámetro. Para la ejecución de las perforaciones se podrá emplear equipo rotatorio o a rotopercusión; cualquiera que sea el equipo que se utilice deberá contar con brocas de tungsteno, recomendándose el empleo de una combinación de agua y aire como fluido de perforación. La profundidad de la perforación deberá ser al menos 0.50 m mayor que la longitud total del ancla.

La inclinación de la perforación deberá garantizarse con una tolerancia de +5°.

Se recomienda que al alcanzar la profundidad de proyecto de la perforación se efectúe la limpieza de la totalidad del barreno empleando primeramente recirculación de agua y posteriormente aire comprimido para extraer todo el material de recorte y cualquier caído que pudiera tenerse dentro de la perforación.

Se deberá evitar tener abierta la perforación durante más de 24 horas sin instalar el tendón de anclaje.

Los tendones de anclaje deberán encontrarse habilitados antes de iniciar las actividades de perforación. Cada tendón deberá sobresalir al menos 40.0 cm de la cara de la excavación que se esté tratando.

- Es recomendable colocar sobre los tendones de anclaje algunos dispositivos que permitan centrar al tendón dentro de la perforación; estos dispositivos deberán colocarse a cada 3.00 m en las anclas.
- El tendón de anclaje se introducirá dentro de la perforación empleando cualquier medio que permita realizar esta operación (manualmente o mediante una grúa). El tendón de anclaje deberá entrar libremente hasta la profundidad de proyecto. La inyección de cada ancla se realizará, en el caso de las anclas con torones, en la longitud efectiva del ancla según el nivel (6.0, 8.0 y 14.0 m). La inyección se realizará empleando una lechada arena-cemento dosificada para obtener una resistencia a la compresión no menor que **210 kg/cm²** a los 28 días de edad; la inyección de la lechada se realizará a través del tubo de fierro galvanizado o de PVC mencionado en los incisos anteriores, permitiéndose la salida de aire y lechada por el espacio anular

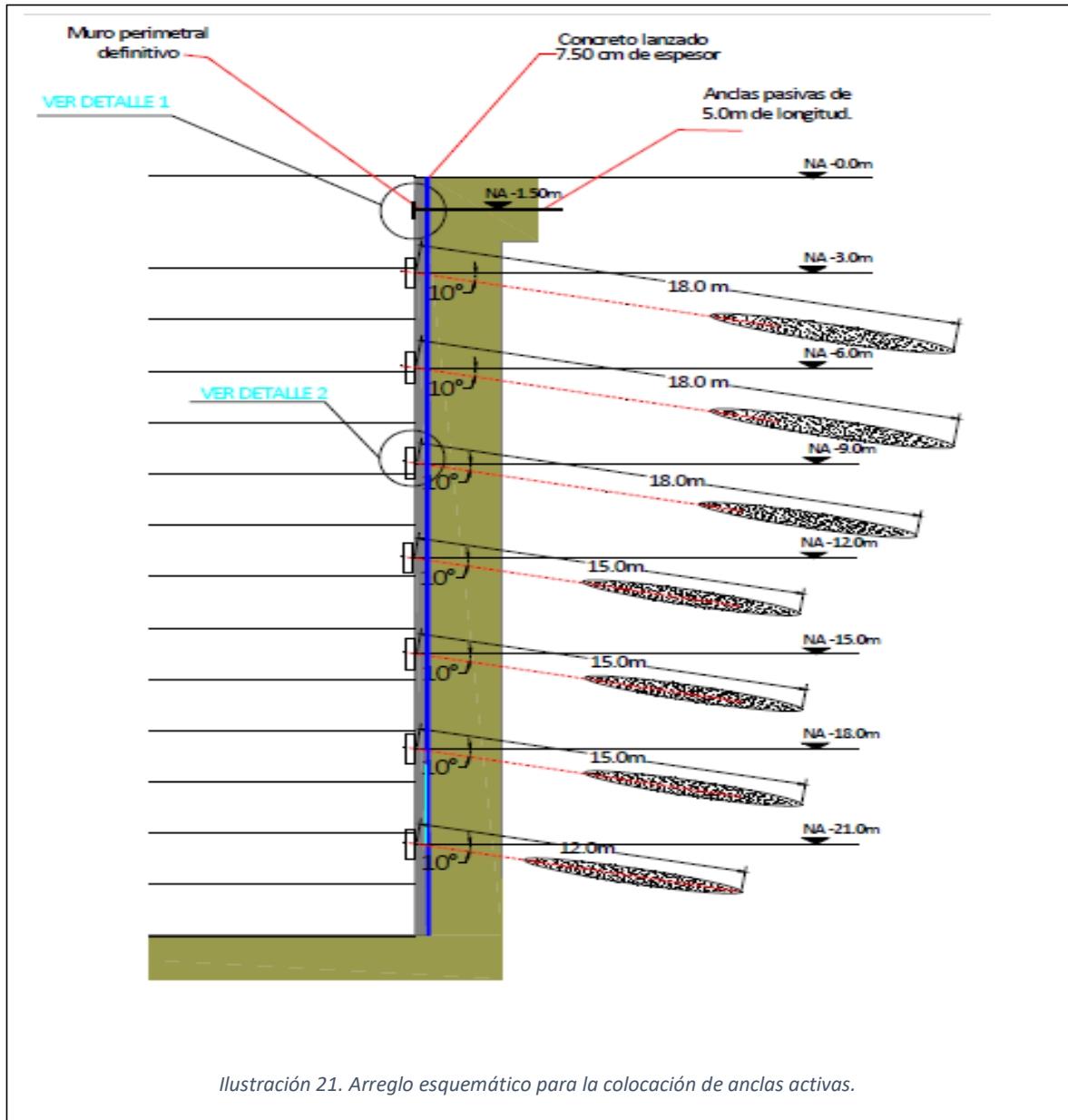
entre el tendón de anclaje y la pared de la perforación, ó el tubo testigo. En la dosificación de la lechada de inyección deberá incluirse un aditivo expansor el cual pudiera ser Tricosal H-181 en una proporción de 1% en peso o bien Grout Fluidifier o Fester NM, ambos en una cantidad de 0.5% en peso; será aceptable el empleo de aditivos de otras marcas cuyas características sean similares o que permitan obtener los mismos resultados.

- Se recomienda que la inyección se realice a una presión de 2.0 kg/cm^2 , con el objeto de asegurar un buen contacto entre la lechada solidificada y la pared de la perforación, de tal forma que se desarrolle en dicho contacto la fricción necesaria para que las anclas trabajen de la forma que fue considerada en los análisis.
- Se recomienda utilizar una presión máxima de inyección de 2.0 kg/cm^2 , la cual se aplicará en una sola etapa.
- Durante la etapa de inyección de las anclas el personal de construcción deberá observar cuidadosamente las áreas cercanas para detectar cualquier resurgencia de la lechada, en cuyo caso la inyección deberá ser suspendida de inmediato.
- A fin de efectuar la inyección de cada ancla se deberá colocar un obturador mecánico a la profundidad que define la longitud efectiva de la longitud pasiva.
- La fase de inyección de cada ancla deberá darse por terminada cuando se observe un consumo menor a 1.0 litro., en un lapso de 5 minutos bajo la presión máxima estipula de 2.0 kg/cm^2 .
- Al concluir la etapa de inyectado de las anclas se procederá a habilitar acero de refuerzo para formar una “zapata” cuadrada, en cuyo centro deberá quedar el ancla; la parrilla de acero de refuerzo deberá formarse a base de varillas corrugadas de 1.27 cm (1/2”) de diámetro, las varillas quedarán espaciadas a cada 10.0 cm en ambas direcciones. La parrilla de acero se deberá fijar a la malla de acero de refuerzo del concreto lanzado o bien directamente a la pared de la excavación; se recomienda que la parrilla de acero de refuerzo se coloque a 3.0 cm sobre la pared de la excavación. Una

vez colocada la malla electro-soldada y las parrillas de acero, se procede con su respectivo lanzamiento de concreto para conformar el dado de la zapata.

Formación de la “zapata” y tensado del ancla.

- Al concluirse lo anterior, se procederá a aplicar en cada ancla la fuerza de tensión especificada en cada caso. El ancla será tensada mediante un gato de capacidad suficiente (no menor que 130 toneladas), llevándola hasta la tensión de diseño. Cuando se encuentre en dicha tensión el ancla solo deberá mostrar deformaciones pequeñas (pudieran presentarse deformaciones no apreciables), tanto en la interface mortero-suelo como entre el tendón y el mortero; asimismo, los tendones únicamente deberán presentar deformaciones elásticas.
- Al alcanzarse la fuerza de tensión programada se deberá asegurar el cabezal.
- De llevarse a cabo correctamente la construcción de las anclas, no deberán presentarse problemas para alcanzar la tensión de diseño y en caso de que se observaran deficiencias en el comportamiento de alguna ancla ensayada, se deberá proceder con lo siguiente;
 - Si la carga en el ancla es igual o mayor que el 90% de la carga de diseño no será necesario tomar medidas especiales
 - Para cargas de tensión menores a la de diseño, se contará como ancla perdida, por lo que será sustituida por dos anclas colocadas a la mitad del tramo entre las anclas vecinas y con iguales características al ancla deficiente.
- El arreglo esquemático de la recomendación para la colocación de anclas activas es el siguiente. Ilustración 21. Arreglo esquemático para la colocación de anclas activas.



Prueba de carga en anclas.

Se recomendó como medida de seguridad que se realizaran pruebas de carga en las anclas, esto debido a la incertidumbre que se tienen en este tipo de elementos respecto al cálculo de su capacidad; su ejecución debe preverse desde la etapa de proyecto, se propone realizar una en cada cara de las paredes de la excavación, así como en cada nivel de anclaje.

Cuando se realicen las pruebas no deberá excederse el esfuerzo de fluencia del acero de los tendones, es decir, la carga máxima aplicada en una prueba será de 75 a 80% del esfuerzo último del acero garantizado por el fabricante.

Las pruebas deben realizarse después de que haya ocurrido el fraguado inicial del mortero de inyección, el cual dependerá del tipo de cemento:

- Cemento tipo I y II: después de 7 días de la inyección,
- Cemento tipo III: después de 3 días de la inyección,

El tipo de prueba a realizar es conocido como prueba de funcionamiento. Su objetivo es determinar:

- a) si la capacidad del ancla es la requerida.
- b) si se estableció la longitud libre de diseño, donde las anclas sufrirán un proceso de carga-descarga.

Por otra parte, se puede evidenciar otros defectos no solo en los torones sino en los bulbos inyectados.

Los pasos a seguir durante la prueba son los siguientes:

- En el primer ciclo de la carga de asiento se aplicará un incremento de carga igual al 25% de la carga de trabajo de diseño (60 y 30 ton). Cuando se estabilicen las lecturas del micrómetro, se toma una lectura y se remueve el incremento aplicado, regresando a la carga de asiento donde nuevamente se toma otra lectura con el micrómetro.
- En el segundo ciclo de carga se aplicarán los incrementos de 25 y 50%. Después de cada incremento se siguen tomando las lecturas en el micrómetro. Al alcanzar los incrementos, nuevamente se retira toda la carga aplicada para regresar a la carga de asiento.
- En el tercer ciclo de carga se aplican igual 25, 50 y 75% y se vuelve a tomar lecturas de cada uno de ellos y nuevamente se regresa a la carga de asiento al finalizar el ciclo.
- En el cuarto ciclo de carga se alcanza el 100% de la carga de diseño en cuatro incrementos, tomando lecturas y descargando como en los ciclos anteriores.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

- Los cuatro primeros incrementos durante el quinto ciclo de carga son de 25, 50, 75 y 100% de la carga de trabajo de diseño. Al aplicar el quinto y último incremento, la carga se lleva a 20% por arriba de la carga alcanzada previamente.
- En el último ciclo de carga son de 0.25, 0.50, 0.75, 1.0, y 1.20%. La carga máxima se sostiene al menos por 10 minutos, registrando las elongaciones del ancla a intervalos convenientes (se propone que sean cinco en total). Si después de estos 10 min la deformación del ancla excede 1 mm, se recomienda sostener la carga otros 50 min, registrando las deformaciones inducidas.
- Al final del último ciclo de carga, la fuerza se regresa a la carga de trabajo de diseño y se fija el ancla.

Los datos obtenidos se deberán graficar y obtenerse curvas fuerza-deformación. Con esto se podrán observar las deformaciones elásticas y residuales del ancla, así como deformaciones totales.

4. SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA.

Actividades de supervisión Geotécnica.

A continuación, se enlistan y describen las actividades que se supervisan durante el proceso constructivo del anclaje, mismas que se detallan en el estudio de mecánica de suelos. El propósito de supervisar dichas actividades, es verificar que las tareas realizadas en la obra se apeguen a las recomendaciones del estudio.

Es de suma importancia contar con una supervisión en esta área debido a que los cálculos en el diseño tienen cierta incertidumbre y aunque se haya aplicado un factor de seguridad en el diseño, es posible que este se aminore si la estratificación que se tenga en obra no coincidiera con la reportada en el estudio, o que el constructor no realiza los procesos adecuadamente, ya sea por una mala interpretación de la información, por premuras o malos hábitos constructivos, por mencionar algunos.

Corte y afine en un talud.

Del corte realizado con maquinaria es supervisada la profundidad que se tiene del nivel de piso a la corona y cuando ya se tiene un avance en el anclaje, se mide del nivel de piso al nivel de anclas inmediato anterior, ello es importante supervisar por cuestiones de seguridad para que no se tengan profundidades mayores a las indicadas en el estudio. La brigada de topografía es la que se encarga de dar las referencias para los cortes y afines en los taludes, es decir una vez realizados los cortes con la maquinaria, una cuadrilla realiza el afine correspondiente.

Es posible que, ya avanzada la obra por cuestiones de los tiempos se requiera que el avance sea más rápido y que en consecuencia se tengan intenciones por parte del constructor o de la residencia de cortar más de un nivel de anclas, para lo cual se incrementa la profundidad de la excavación sin haber concluido el nivel inmediato superior de anclaje, por lo que se deberá defender la postura de no permitir el corte hasta no haber tensado todas las anclas de los niveles anteriores.

Perforación.

Posterior al corte y afine del talud, se procede a realizar la perforación del barreno que tendrá la longitud de diseño, por lo que se tiene que indicar en qué punto se colocará el track (la perforadora) que realizará la barrenación. Respecto a la ubicación del punto, es posible solicitar apoyo a la brigada de topografía o de lo contrario, mediante manguera de nivel y/o un hilo pasar los niveles y con un flexómetro medir las distancias tanto horizontales como verticales.

Una vez ubicados los puntos, se procede a realizar la barrenación, y aquí es importante verificar que el bulbo tenga la longitud de diseño indicada en el estudio. Además, es importante observar el comportamiento del corte, debido a que es posible que por las vibraciones que se presenten se susciten desprendimientos de masa de suelo considerables (desconches).

Durante la barrenación, se pueden presentarse casos de perforaciones que mientras se está realizando la limpieza de la rezaga, se tenga fugas de aire o del fluido utilizado para la perforación hacia otro barreno (es posible en arenas y roca fracturada), lo que hace que se verifique que el volumen de inyección para el bulbo sea el mismo que el promedio de las anclas del mismo nivel.

Como casos extraordinarios puede suceder que mientras se está realizando una perforación, la herramienta de perforación llegue a tener contacto con un ancla, ya sea de las anclas del mismo proyecto o de las colindancias. En estos casos la experiencia del perforista es importante para que se detenga oportunamente y realizar la barrenación en un punto desfasado del anterior, ello se deberá especificar en el estudio.

Lechada de inyección.

La preparación de la lechada de inyección deberá ser supervisada para observar si se está cumpliendo con la dosificación para las resistencias de diseño tanto para las anclas activas como para las pasivas, observando la calidad de los materiales, aditivos y agua.

Inyección de la lechada.

Durante esta actividad se verifica que se esté cumpliendo con la presión de inyección de diseño, la cual se identifica en el manómetro que está colocado justo a la salida de la bomba.

Los volúmenes de inyección dependen de la longitud del bulbo, del tipo de material que se tenga en el estrato donde se perfora y la presión de inyección, pero en ningún caso deberá ser menor al teórico pues de ser así, deberá realizarse una nueva perforación a medio metro de distancia en dirección horizontal del barreno con menor volumen de inyección.

Colocación de malla electro-soldada, lanzado de concreto, colocación de parrillas y cimbra.

Luego de que la brigada de topografía da las referencias para conocer hasta donde se va a cortar para afinar el área, se continúa fijando la malla electro-soldada al corte mediante varillas que son incrustadas en el área afinada y amarres con alambre recocado. Una vez fijada la malla, se procede a aplicar el concreto lanzado sobre la malla y aquí se supervisa mediante calas (aleatoriamente se incrusta superficialmente una varilla sobre el concreto lanzado y se mide la longitud que penetra el mismo) que se cumpla con el espesor indicado en el estudio.

En lo que respecta a la colocación de las parrillas, se coloca un hilo (reventón) para alinear y centrar las parrillas y se fijan al corte mediante varillas a la vez que se sujeta a la malla electro-soldada mediante amarres con alambre recocado y así mismo se coloca la cimbra. En lo que respecta a la supervisión, aquí es importante verificar que estén plomeadas y niveladas previas a que se realice el lanzado de concreto en lo que será la zapata de reacción (en el caso de las anclas activas).

Pretensado.

Una vez que la lechada del bulbo y el concreto de la zapata hayan alcanzado la resistencia de diseño, se coloca la placa de reparto, queso de torones y se procede al tensado de las anclas, realizándolo en diferentes etapas dividiendo la carga de diseño en tres o cuatro, para cada etapa de aplicación se deberá registrar la elongación del torón seleccionado y obtener la elongación total del torón verificando así que el ancla esté trabajando correctamente. Si el ancla llegara a fallar al recibir la carga de tensión, se deberá realizar una nueva ancla (esta se ubicará a medio metro de separación en cualquier dirección horizontal).

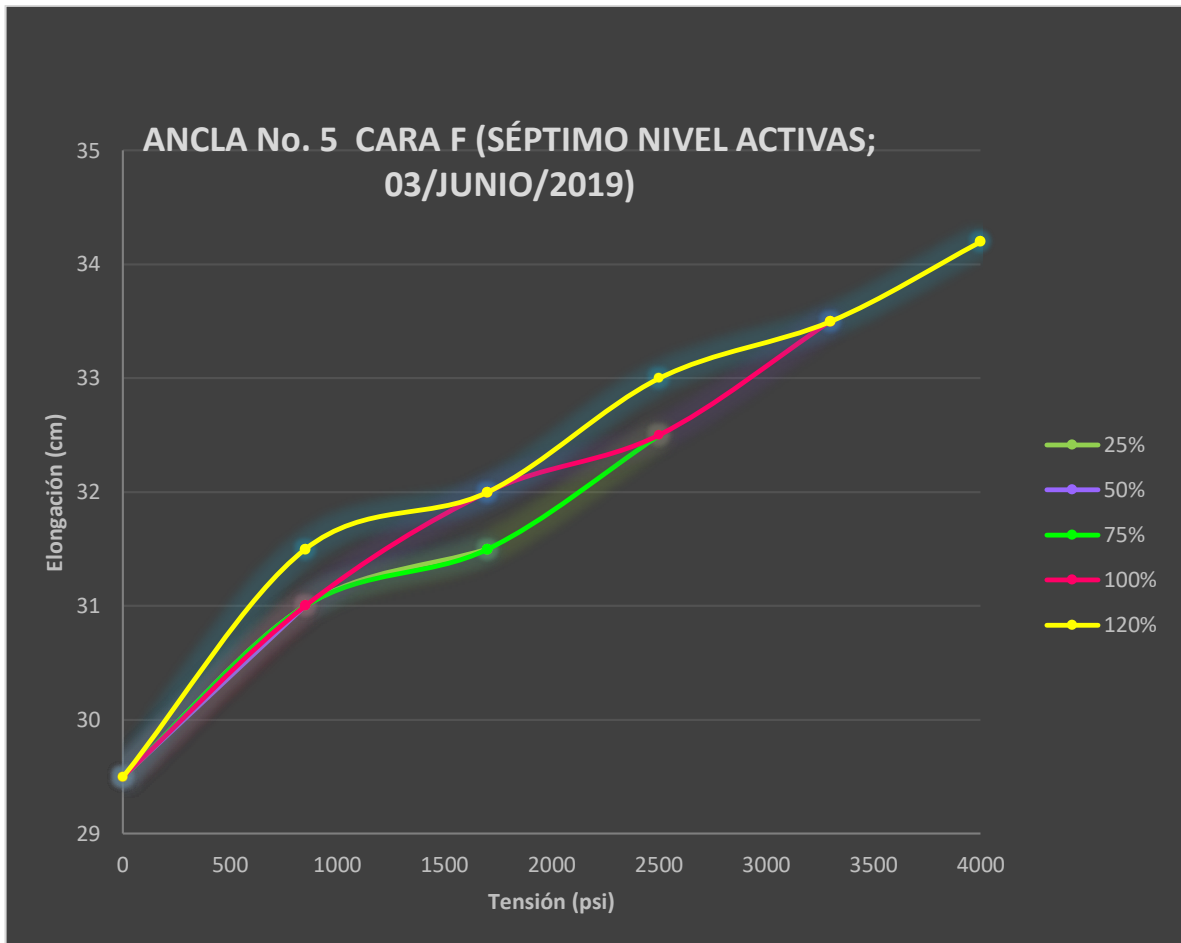
Pruebas de Carga.

Como se solicita en el estudio de mecánica de suelos, se realizaron pruebas de carga de un ancla de cada cinturón en todas las caras y para ello se sigue el proceso de aplicar las cargas en etapas llegando hasta un 120% de la carga de diseño como se muestra en el siguiente ejemplo:

ANCLA #05 7N CARA F		ENSAYADA EL DIA 3 DE JUNIO 2019				
	0%	25%	50%	75%	100%	120%
psi	cm	cm	cm	cm	cm	cm
0	29.5					
850	29.5	31				
1700	29.5	31	31.5			
2500	29.5	31	31.5	32.5		
3300	29.5	31	32	32.5	33.5	
4000	29.5	31.5	32	33	33.5	34.2


PASADOS 10 MINUTOS AL 120% SE TUVO UN INCREMENTO DE 1 mm POR LO QUE SE DEJÓ 50 MIN MÁS SUJETA A ESTA CARGA DE TENSIÓN

PASADOS 50 MINUTOS MÁS, NO SE TUVO INCREMENTOS POR LO QUE SE DEJÓ EL TENSADO A 3300 psi



Para llevar un mejor control de las fechas en las que se realizan las actividades de cada una de las anclas, se recomienda emplear un formato como el que se muestra a continuación.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.


Diseño Geotécnico y Geofísica.
 Ing. Agustín González García.

CONTROL DE ANCLAJE Y CONCRETO LANZADO
 Inspección de Trazo, Anclaje y Colado
 Blvd. Adolfo Lopez Mateos No. 1997, Col. Alpes

Proyecto: **ALPES II** Dirección: _____ Nivel de anclaje: **SEGUNDO NIVEL PASIVAS**
 Área: **CARA A** Fecha: _____
 Entre ejes: _____

Ancla	Fecha Perforación	Long. de Ancla (m)	# Hilo Tonrones	Long. Zapata (m)	Fecha Inyección	Fecha Lanzado	Fecha Zapata	Tensión		Observaciones
								Tensado (t)	Fecha	
1	✓		NA	NA	27 DIC	✓	NA	700 PSI	04 ENE	
2	✓		NA	NA	27 DIC	✓	NA	700	04 ENE	
3	✓		NA	NA	27 DIC	✓	NA	700	04 ENE	
4	✓		NA	NA	26 DIC	✓	NA	700	04 ENE	INYECCIÓN A GRAVEDAD
5	✓		NA	NA	26 DIC	✓	NA	700	04 ENE	INYECCIÓN A GRAVEDAD
6	✓		NA	NA	27 DIC	✓	NA	700	04 ENE	
7	✓		NA	NA	27 DIC	✓	NA	700	04 ENE	
8	✓		NA	NA	27 DIC	✓	NA	700	04 ENE	
9	✓		NA	NA	27 DIC	✓	NA	1000	04 ENE	LOBADEROS
10	✓		NA	NA	✓	✓	NA	✓	✓	
11	✓		NA	NA	✓	✓	NA	✓	✓	
12	✓		NA	NA	✓	✓	NA	✓	✓	
13	✓		NA	NA	✓	✓	NA	✓	✓	
14	✓		NA	NA	✓	✓	NA	✓	✓	
15	✓		NA	NA	✓	✓	NA	✓	✓	
16	✓		NA	NA	✓	✓	NA	✓	✓	

Ing. Escarleth Irene Jimenez Escobar
 Arq. Elthori López

Ilustración 22. Formato control de anclaje (inventario de actividades que se hicieron previas a la supervisión).

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

Diseño Geotécnico y Geofísica,
Iber, Apuleán González García.

CONTROL DE ANCLAJE Y CONCRETO LANZADO
Inspección de Trazo, Anclaje y Colado
Bvtd. Adolfo Lopez Mateos No. 1997, Col. Alpes

Proyecto: ALPES II Dirección: Bvtd. Adolfo Lopez Mateos No. 1997, Col. Alpes
 Área: CADA A Nivel de anclaje: SEXTO NIVEL ACILIAS
 Entre ejes: CADA A Fecha: _____

Ancla	Fecha Perforación	Long. de Ancla (m)	# Hilos Torones	Long. Zapata (m)	Fecha Inyección	Fecha Lanzado	Fecha Zapata	Tensión		Observaciones
								Tensado (t)	Fecha	
1	21 ABRIL	18	4	1.0	27 MAY	25 MAY	25 MAY	4800	30 MAY	3
2	27 MAY	18	4	1.0	27 MAY	25 MAY	25 MAY	4800	30 MAY	3
3	27 MAY	18	4	1.0	27 MAY	25 MAY	25 MAY	4800	30 MAY	3
4	25 MAGO	18	4	1.0	25 MAY	25 MAY	25 MAY	4800	30 MAY	2+1
5	25 MAGO	18	4	1.0	25 MAY	25 MAY	25 MAY	4800	30 MAY	3 B
6	25 MAGO	18	4	1.0	25 MAY	25 MAY	25 MAY	4800	30 MAY	3 D
7	25 ABRIL	18	4	1.0	27 ABRIL	25 MAY	25 MAY	4800	17 MAY	1+2
8	25 ABRIL	18	4	1.0	27 ABRIL	25 MAY	25 MAY	4800	17 MAY	2+1
9	25 ABRIL	18	4	1.0	27 ABRIL	25 MAY	25 MAY	4800	17 MAY	1+2+1/2
10	26 ABRIL	18	4	1.0	27 ABRIL	25 MAY	25 MAY	4800	17 MAY	4B
11	26 ABRIL	18	4	1.0	27 ABRIL	25 MAY	25 MAY	4800	17 MAY	4
12	26 ABRIL	18	4	1.0	27 ABRIL	25 MAY	25 MAY	4800	17 MAY	6
13	26 ABRIL	18	4	1.0	27 ABRIL	25 MAY	25 MAY	4800	17 MAY	4
14	26 ABRIL	18	4	1.0	27 ABRIL	25 MAY	25 MAY	4800	17 MAY	4
15	27 ABRIL	18	4	1.0	27 ABRIL	25 MAY	25 MAY	4800	17 MAY	3.5
16	27 ABRIL	18	4	1.0	27 ABRIL	25 MAY	25 MAY	4800	17 MAY	4

Arq. Elthon López

Ing. Escarleth Irene Jimenez Escobar

SEM 19
SEM 20
SEM 21
SEM 22
SEM 23

Ilustración 23. Formato control de anclaje (actividades que se hicieron bajo supervisión).

Bitácora de supervisión.

Durante el proceso constructivo de cualquier obra civil es trascendental tener un registro escrito de las actividades y sucesos importantes ocurridos, para llevar a cabo un buen registro que le sea útil tanto al área de geotecnia como a la residencia de obra.

Dentro de las recomendaciones que se hacen para elaborar una bitácora están:

- ✓ En la primera hoja escribir el nombre y la ubicación del proyecto del que se tratarán las anotaciones.
- ✓ Se deberá anotar el nombre de la persona que está a cargo de la supervisión.
- ✓ Escribir el nombre del residente a quien se le reporta.
- ✓ Las anotaciones de las actividades de supervisión y notas importantes, deberán ser iniciadas con la fecha en que se redactan. Las anotaciones posteriores deberán hacerse de manera consecutiva y dejando el espacio suficiente para las firmas para cuando las partes interesadas hayan leído dichas anotaciones.

Las anotaciones de las actividades de supervisión geotécnica en la bitácora, deberán hacer referencia a:

- ✓ Resultados emitidos por el laboratorio tanto de las resistencias de la lechada de inyección como del concreto lanzado.
- ✓ Fallas en los equipos, dispositivos y maquinaria, que no permitan o que afecten el proceso constructivo, haciendo que no se cumpla con lo estipulado en el estudio de mecánica de suelos.
- ✓ Comentarios respecto a las profundidades de los cortes que se pretendan hacer.
- ✓ De haber anclas en las que el volumen de inyección sea menor que el del volumen promedio en las anclas del mismo cinturón, mencionarlo en bitácora y solicitar a la brigada de topografía que se monitoree el comportamiento de ésta.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

- ✓ Observaciones respecto a la preparación de la lechada de inyección y del concreto lanzado.
- ✓ Asuntos referentes a los drenes de alivio (si se tienen).
- ✓ Notas resumen emitidas por la brigada de topografía referentes al control altimétrico y monitoreo de anclas.
- ✓ Minutas y acuerdos a los que se lleguen en las juntas que involucren la excavación y anclaje.
- ✓ En caso de recibir la supervisión geotécnica iniciada de la obra, anotar el estatus del anclaje a la llegada de la nueva supervisión.
- ✓ Comportamiento de la masa de suelo ante los cortes y el afine (desconches importantes).
- ✓ Asuntos referentes a la protección de los cortes contra el intemperismo.

COMENTARIOS AL DÍA 17-DIC-2018

En función de lo observado durante esta primera semana de trabajo nos permitimos comentar lo siguiente

Una vez realizado el proceso de excavación hasta la profundidad determinada para cada etapa de excavación, inmediatamente se llevará a cabo el proceso de afine de sus paredes y la construcción del ancla, así como la colocación del concreto lanzado de acuerdo a lo indicado en el proyecto.

El lapso de tiempo entre la ejecución de la perforación y el colado del ancla no deberá ser mayor de 24 horas para evitar intemperismo y la generación de caídas

Una vez realizado el afine del talud deberá colocarse la malla y el lanzado del concreto en un lapso no mayor de 24 horas.

El tensado de las anclas se realizará una vez que la lechada cuente con un 80% de su resistencia de proyecto, lo cual se recomienda que sea avalado por un laboratorio de control de calidad.

Se recomienda contar con la presencia de un laboratorio de control de calidad el cual verifique que las resistencias del concreto lanzado y de la lechada de inyección cumplan con el diseño recomendado en el informe de mecánica de suelos.

La numeración es de izquierda a derecha, a menos de que se indique lo contrario

NOTA 1

NOTA 1

Lunes 17-Dic-2018

De lo visto en obra y por lo que reporta el Arq. Javier Cruz de TECSON

EN LA CARA A

Primer Nivel Pasivas

- 100% de avance

Segundo Nivel Pasivas

- Sin concluir de la 1 a la 9, solo se tienen las perforaciones, por lo que se debe realizar la inyección y tensado lo antes posible para evitar intemperismo en el interior de la perforación.

EN LA CARA B

Primer Nivel Pasivas

- 100% de avance

Primer Nivel Activas

- Ancla #1 inconclusa, falta el colado de la zapata y su respectivo tensado

EN LA CARA C

Primer Nivel Pasivas

100% de avance

Primer Nivel Activas

100% de avance



en esta zona (desde ancla #12 - #16)

18 JUNIO 2019

Se realizan perforaciones en sexto nivel de la cara E desde #14 - #18; se inyectan en mismo día y en promedio 3 bultos por perforación, se lanza concreto y se conforman los dados de dichas anclas en este día

19 JUNIO 2019

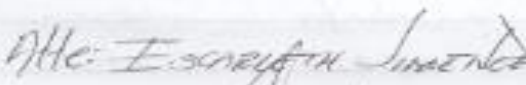

Se realiza la perforación #21 del octavo cinturón a 16 m de profundidad, por lo que se le comunica al Ing. Agustín González en este nivel la long. de perforación es de 18 m, a 16 m se encontró un elemento de concreto armado.

20 JUNIO 2019

En séptimo cinturón se realiza la perforación del ancla #19, la longitud a la que quedó (14 m) no corresponde con la longitud de diseño debido a que se encontró un elemento de concreto armado el cual pudiera ser del edificio de departamentos de la calle Ajusco. Debido a que el ancla #21 también es más corta, se comenta con el Ing. Agustín González para que se de una solución puesto que aunque se han desplazado medio metro en el nivel de anclas se sigue.

Se solicita a la brigada de topografía la ubicación de puntas de testigos, ello dependiendo de la longitud que se tenga (de 2 a 4 puntas por nivel)

Se solicita la colocación de los drenes de alivio conforme al Estudio de Mecánica de Suelos.

Atte:  Escobedo Jimenez


26 DIC 2018

Se identificó que en 3 perforaciones; ^{2º NIVEL PASIVAS} CARA A 4 y 5, ^{1º NIVEL PASIVAS} CARA D #21, que se estaba instalando a gravedad por lo que se le solicitó a la brigada de topografía el monitoreo de las anclas ya mencionadas.

CARA D

En el primer cinturón de anclas activas, ancla #5 (ver planos) y en el segundo cinturón de anclas activas, ancla #2, la longitud que se alcanzó a perforar fue de 14 m, debido a que se llegó a esa longitud y no la del proyecto (18 m) se le solicitó a la brigada de topografía monitorear dichas anclas.

+ El motivo por el cual no se llegó a los 18 m es que se encontró a 14 m un elemento estructural de concreto en la colindancia con Periférica.

Correcciones.

Durante el proceso constructivo del anclaje ya en obra es probable que se tengan que dar recomendaciones en eventualidades que no hayan sido previstas planteadas en el estudio de mecánica de suelos, por lo que se debe informar a la persona que realizó dicho estudio para que haga las recomendaciones necesarias en beneficio del proyecto.

Es posible que los adendum por parte de la empresa contratista no alcancen para las **n** consultas que se requieran por parte de la empresa que contrata y en caso de que esto suceda se puede consultar con la empresa encargada de la supervisión del anclaje para solicitar las recomendaciones para las eventualidades ya mencionadas en el párrafo anterior.

Eventualidades que se presentaron en el proyecto del caso de estudio:

- La empresa desarrolladora solicitó al autor del estudio de mecánica de suelos que se disminuyera la longitud de los drenes de alivio.
- Desprendimiento de material ocurrido durante el proceso de perforación para la instalación de anclas activas
- Anclas con longitud menor a la de diseño.
- Secuencia de excavación para la construcción de losa de cimentación y zanjas para la colocación de contra-trabes y muro perimetral.
- Solicitud de revisión de estabilidad de taludes del proyecto denominado Alpes II.

BOLETÍN “INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA Y DESARROLLO”:

Ajuste de longitud de drenes de alivio colocados en las caras de los taludes del proyecto Alpes II.

De acuerdo a los requerimientos de la obra en curso, se solicitó un ajuste en la longitud de los drenes de alivio que se colocarán en cada una de las caras del talud que se construirán durante la excavación para alojar los sótanos del proyecto.

Se recomienda que la primera hilera de drenes superficiales, mantengan la longitud original de 6.0m, con el fin de drenar posibles filtraciones debido a las instalaciones de agua, drenaje, o escurrimientos superficiales debido a la temporada de lluvia.

A partir de la segunda hilera, se podrá disminuir la longitud de los drenes hasta 2.0m, cuyas características y distribución horizontal se mantendrá con lo descrito en el informe geotécnico del proyecto.

A continuación, se muestra de manera esquemática el ajuste de la longitud de los drenes a partir de la segunda hilera.

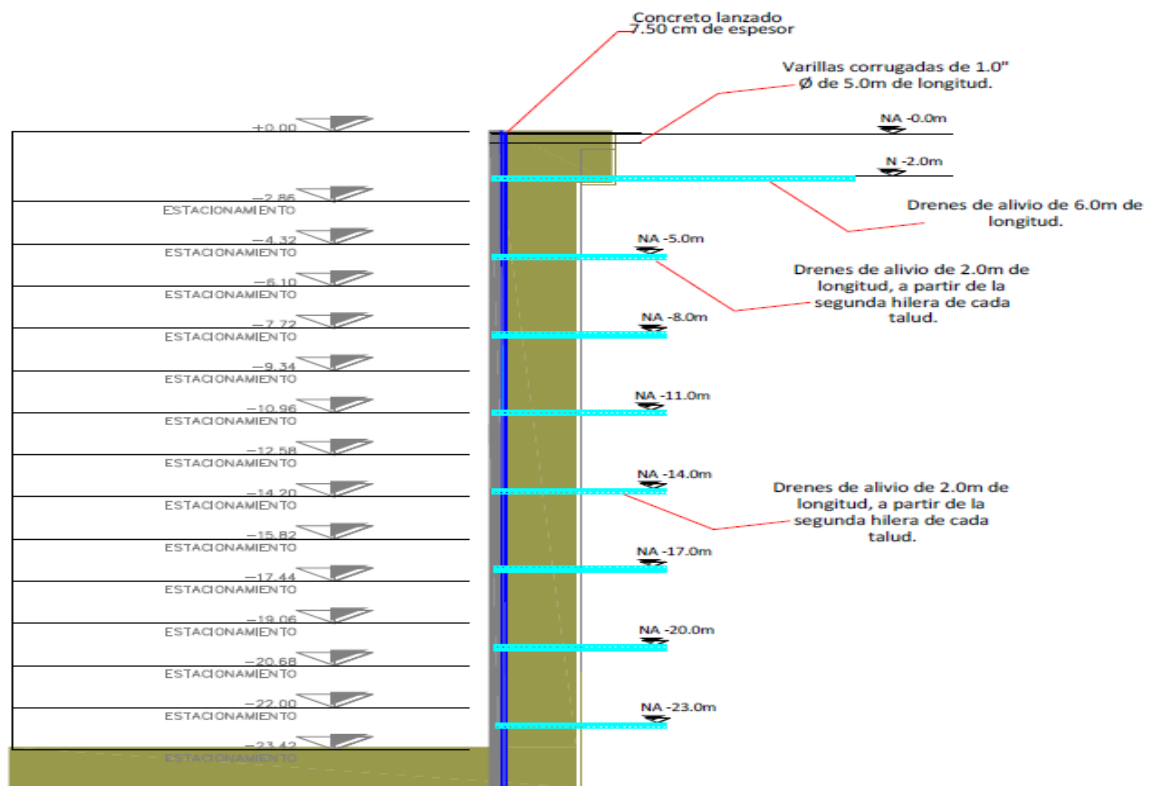
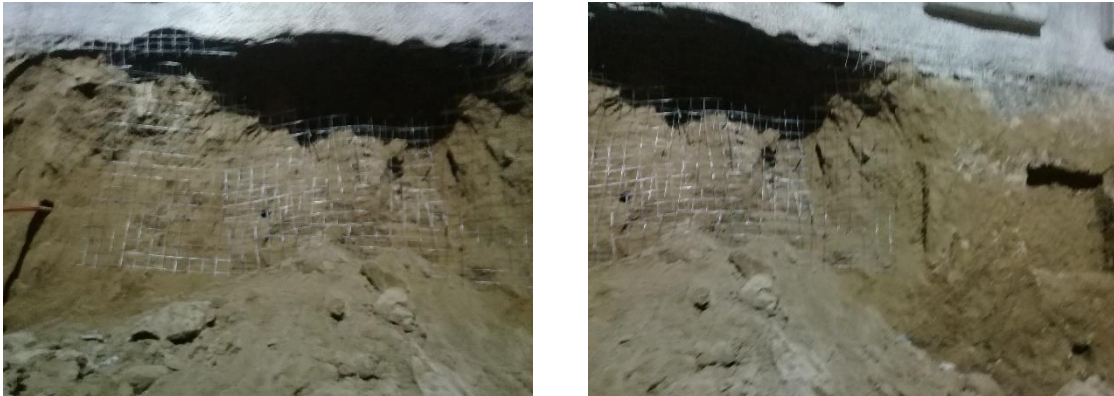


Ilustración 24. Arreglo esquemático de la distribución de anclas en las colindancias.

NOTA TÉCNICA No.1. “DISEÑO GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICA”

Referente a la supervisión que se realiza para la instalación de las anclas y la colocación de concreto lanzado para la protección de las paredes de la excavación que se realiza para la construcción de la cimentación del conjunto residencial Alpes II y en particular al desprendimiento de material ocurrido durante el proceso de perforación para la instalación del tercer cinturón de anclas activas en la cara D (colindancia con Periférico).

Mientras se realizaban las perforaciones para la instalación del tercer nivel de anclas activas de la cara D (talud Periférico Ilustración 25. Área de proyecto.), cuando en un área de aproximadamente 6.0 m de largo por 3.0 m de ancho se desprendió material, en un espesor de entre 0.0 m y 0.80 m ([fotografías A-F](#)).



Fotografías A y B: Se observa en donde se presentó el caído

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.



Fotografías C y D: Se observa como inicia el desprendimiento del material del talud.



Fotografías E y F. Se observa la ubicación del equipo de perforación próximo a la zona de deslizamiento y el equipo de perforación que se encontraba en la zona perforando en dicha zona, ambos se encontraban trabajando simultáneamente.

Una vez analizada la información anterior, se considera que el material deslizó por la pérdida de confinamiento y las alteraciones en la matriz de suelo provocadas por la sobreexcavación realizada para la construcción del dado de la zapata y el vibrado generado durante la perforación del barreno para la instalación de la misma.

Tomando en cuenta lo anterior se recomendó retirar de la pared de deslizamiento el material inestable, e inmediatamente colocar la malla electro soldada, realizar el lanzamiento de concreto hidráulico y la construcción de la zapata.

A continuación, se llevará a cabo la perforación del barreno para la instalación del ancla, y en el momento en que la lechada que constituye al bulbo del ancla y el concreto lanzado alcancen su resistencia de proyecto, se realizará el tensado correspondiente.

Así mismo, se solicita de la manera más atenta que los días en que la brigada de topografía asista a la obra, se verifique la estabilidad de la segunda línea de anclas activas que se encuentra arriba de la zona colapsada.

De éste modo, se sugiere que en adelante la protección del corte sea el siguiente.

- Corte
- Afine de la pared del corte
- Protección de la pared del corte mediante la colocación de la losa de concreto lanzado
- Perforación del barreno para la instalación del ancla
- Instalación del ancla
- Construcción de la zapata de concreto hidráulico
- Tensado del ancla.

La zapata del ancla se desplantará sobre el corte, sin realizar excavación alguna.

Así mismo se solicita de la manera más atenta, nos sean proporcionados los resultados de los levantamientos de la brigada de topografía el mismo día en que se realizan, aun cuando estos sean de manera “económica” en espera del informe semanal.

NOTA TÉCNICA No.2. “DISEÑO GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICA”

Referente a la disminución de la longitud de 4 anclas en la cara E.

I ANTECEDENTES.

El talud E se ubica al poniente de la excavación, y de acuerdo con el proyecto de anclaje estará reforzado mediante la instalación de 11 líneas de anclas cuyas longitudes de diseño fueron: de la línea 1 a la línea 6: 10 m, de la línea 7 a la 11: 18 m, de la línea 1 a la 8 la separación horizontal entre anclas es de 2.50 m y la separación vertical será de 2.00 m, de la línea 9 a la línea 11 la separación horizontal será de 2.50 m y la separación vertical de 3.0 m.

Una vez realizada la instalación de las anclas en la línea 7 columna 28, el ancla quedo de 12.0 m, el de la columna 31 quedo de 14.0m y el de la columna 35 quedo de 12.0 m, y en la línea 18 columna 33 quedo a 16.0 m, lo anterior afecta la estabilidad del talud reduciendo su seguridad.

II ANALISIS GEOTECNICOS.

Los análisis se realizaron empleando un programa de computadora denominado “Slide versión 6.003”, el cual utiliza el método sueco, por medio de dovelas, el método considera válida la ley de resistencia de Mohr - Coulomb a lo largo de la superficie circular de falla.

El programa analiza todas las posibles fallas: la local, en el cuerpo del talud y la general, ya sea por la base o por el pie; además considera el incremento del momento motor debido a las cargas que gravitan sobre la corona del talud, debidas al peso del equipo de excavación o al de las construcciones contiguas.

En los cálculos de estabilidad se consideró una sobrecarga de 1.50 t/m², para tomar en cuenta el peso de las construcciones contiguas y el peso de los vehículos que transitan en las vialidades adyacentes y de 7.0 t/m² el peso del edificio que se localiza después de la calle Ajusco.

A continuación, se presentan los resultados de los análisis de las secciones consideradas como más desfavorables para el talud.

“Sección a”: 6 anclas de 10 m de longitud, 1 ancla de 14 m y 2 anclas de 18 m de longitud. El factor de seguridad obtenido es de 1.32.

“Sección b”: 6 anclas de 10 m de longitud, 1 ancla de 12 m y 2 anclas de 18 m de longitud. El factor de seguridad obtenido es de 1.309.

Los factores de seguridad obtenidos oscilan entre 1.29 y 1.32, lo indica que los taludes son seguros considerando que se trata de taludes temporales.

La tensión que se recomienda para las anclas que han modificado su longitud es la siguiente:

Ancla de 10 m de longitud	30 t
Ancla de 12 m de longitud	30 t
Ancla de 14 m de longitud	40 t
Ancla de 16 m de longitud	50 ton

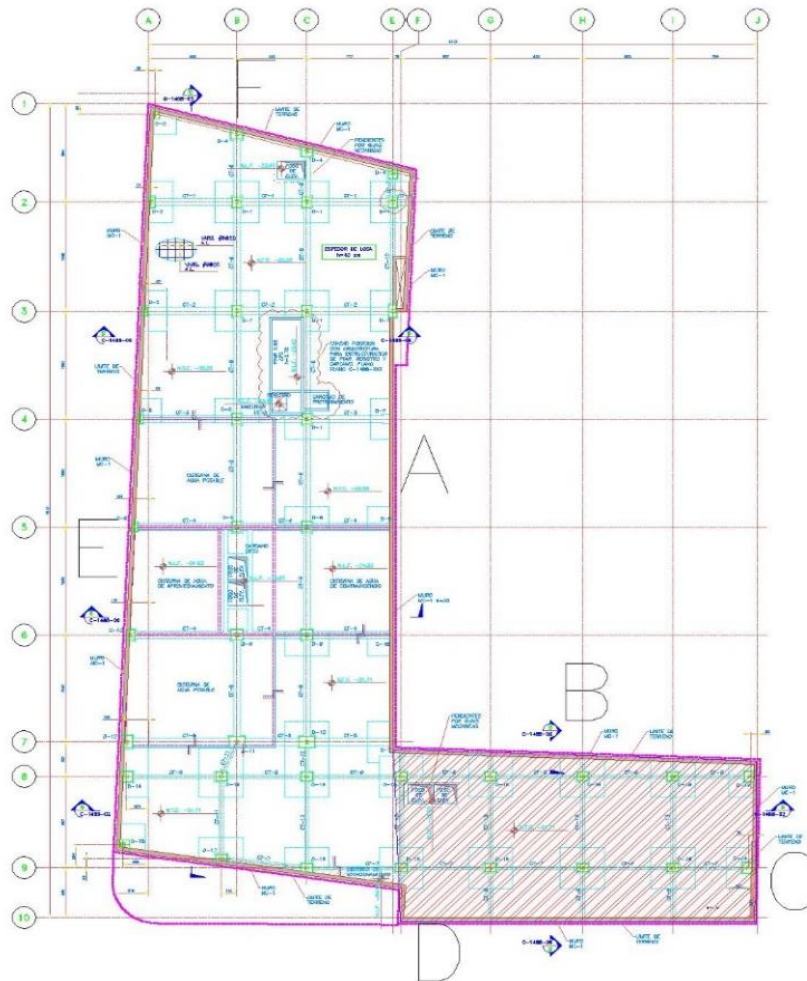


Ilustración 25. Área de proyecto.

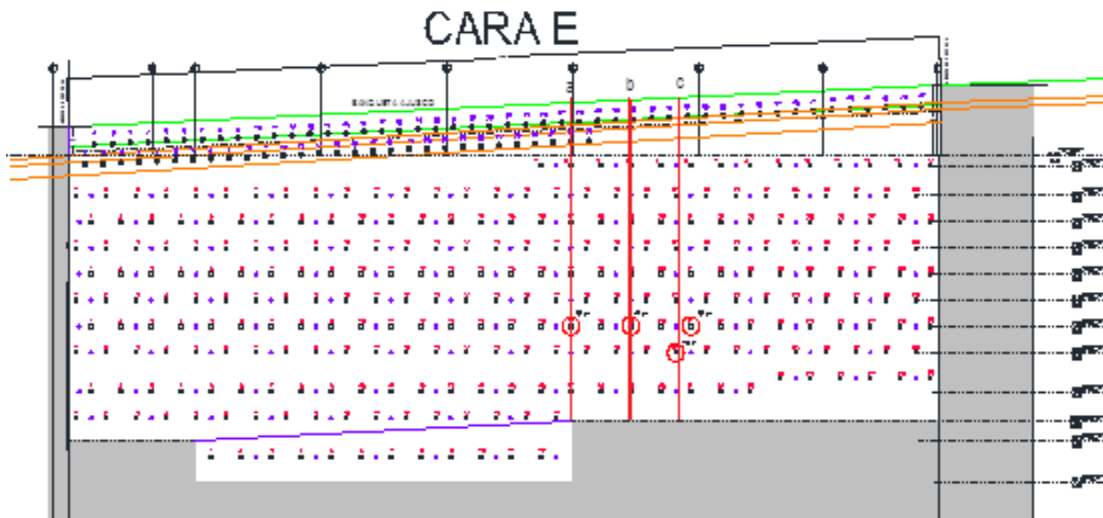


Ilustración 26. Ubicación de secciones analizadas.

NOTA TÉCNICA No.3. “DISEÑO GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICA”

Referente a la supervisión que se realiza para la instalación de las anclas y la colocación de concreto lanzado para la protección de las paredes de la excavación que se realiza para la construcción de la cimentación del conjunto residencial Alpes II y en particular a la secuencia constructiva de la losa de cimentación en la zona delimitada entre los ejes E y J y los ejes 7-10.

Antecedentes

Se contempla llevar a cabo la construcción de la losa de cimentación de la zona norte del área de proyecto entre los ejes E y J y los ejes 7 y 10 Ilustración 27. Contratraves internas y contratrabe perimetral en la zona C el nivel actual de terreno en esta zona se ubica 0.40 m por encima del nivel de desplante de proyecto para la losa de cimentación y 1.80 m por encima del nivel de desplante de las trabes de rigidez.

Tomando en cuenta lo anterior nos permitimos comentar los siguiente:

- La altura de las paredes de la excavación actualmente es de 21.50 m y se encuentran reforzadas mediante 6 cinturones de anclas de entre 18 m y 15.0 m de longitud.
- Para alcanzar el nivel de desplate de la losa de cimentación, se requiere profundizar la excavación 0.40 m.
- Para llevar a cabo la construcción de las trabes de rigidez se deberán abrir zanjas con una altura de 1.40 m por debajo del nivel de desplante de la losa de cimentación, con lo que se tendrá en las paredes de la excavación una altura de hasta de hasta 23.0 m, lo cual podría reducir significativamente el factor de seguridad de dicha pared, lo que presenta la necesidad de colocar un cinturón más de anclas, posiblemente en el nivel -21.0 m.

Tomando en cuenta lo anterior, para llevar a cabo la construcción de la losa de cimentación y las trabes de rigidez y evitar colocar otro cinturón de anclas, nos permitimos hacer las siguientes recomendaciones.

- La excavación pendiente de 0.40 m de altura para alcanzar el nivel de desplante de la losa de cimentación, se podrá realizar en cualquier momento.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

- A continuación, se podrá realizar la excavación de las zanjas para la construcción de las contratraves de rigidez internas de la losa de cimentación. Las paredes y fondo de las zanjas se protegerán mediante la colocación de un mortero arena cemento de 0.03 m de espesor.
A continuación, se llevará a cabo la colocación del acero de refuerzo y el colado correspondiente.
- La construcción de la contratrabe perimetral de la zona C, se llevará a cabo en dos etapas de 7.80 m como se muestra en Ilustración 27. Contratraves internas y contratrabe perimetral en la zona C

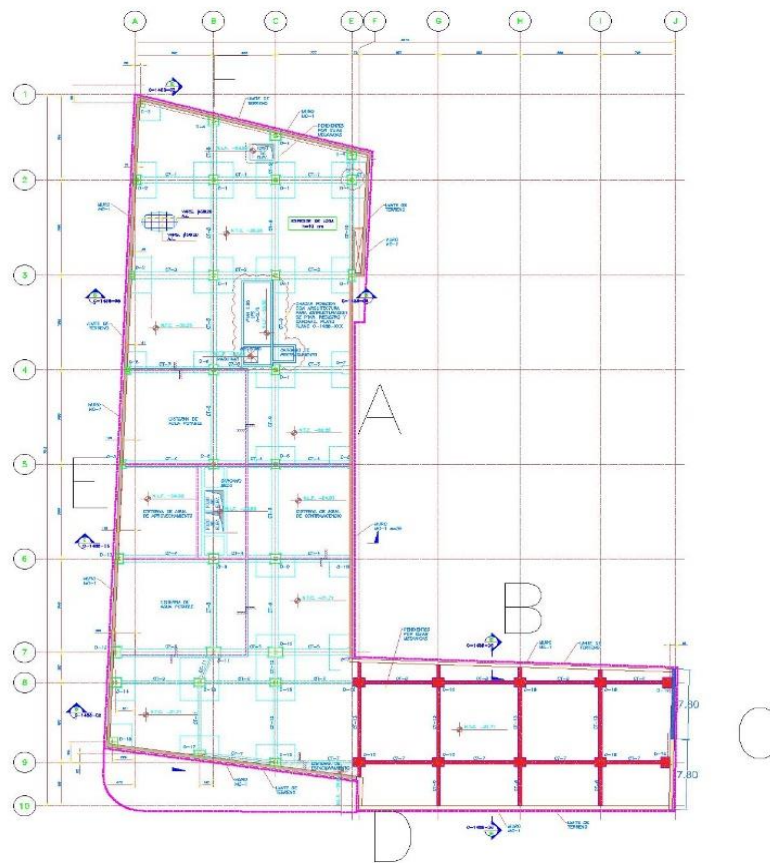


Ilustración 27. Contratraves internas y contratrabe perimetral en la zona C

- Concluido lo anterior, la construcción de las traves perimetrales y de la losa de cimentación de los taludes B y D, se construirán por etapas alternadas de 8.50 m de ancho, en donde se construirá la trabe de rigidez y la losa de cimentación de manera monolítica.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

La construcción de las etapas I y III podrán realizarse simultáneamente, lo mismo que las etapas II y IV. Pero no se iniciarán trabajos de excavación para las traveses perimetrales sin antes haber concluido la en su totalidad construcción de la etapa colindante.

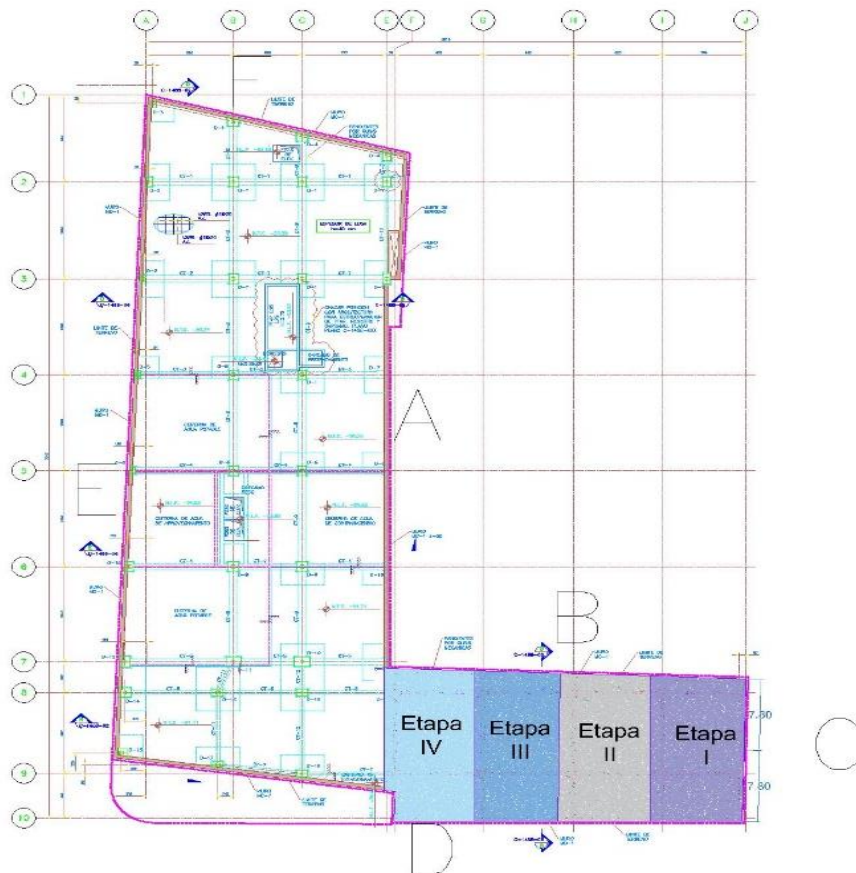


Ilustración 28. Etapas de construcción.

REVISIÓN DE ESTABILIDAD DE TALUDES. “DISEÑO GEOTÉCNICO Y GEOFÍSICA”

I ANTECEDENTES.

Actualmente se han colocado casi en su totalidad las anclas proyectadas en las caras A, B C y D (del eje C al J) y de acuerdo a observado físicamente, el arreglo que se tiene en campo observa diferencia de niveles a lo indicado en el informe de mecánica de suelos original y a la revisión realizada por la empresa Investigación Geotecnia y Desarrollo S.C., el día 06 de junio pasado, por lo cual se nos ha solicitado llevar a cabo la revisión de la estabilidad de los taludes como actualmente se encuentra.

Para llevar a cabo la revisión se consideró la distribución real de las anclas y su longitud, información proporcionada por el residente de obra y la supervisión en campo del proceso constructivo de las anclas.

En el análisis se consideraron los parámetros de resistencia mencionados por la empresa Investigación Geotecnia y Desarrollo en la modificación al estudio de mecánica de suelos del agosto del 2018, mismos que se presentan en la siguiente tabla:

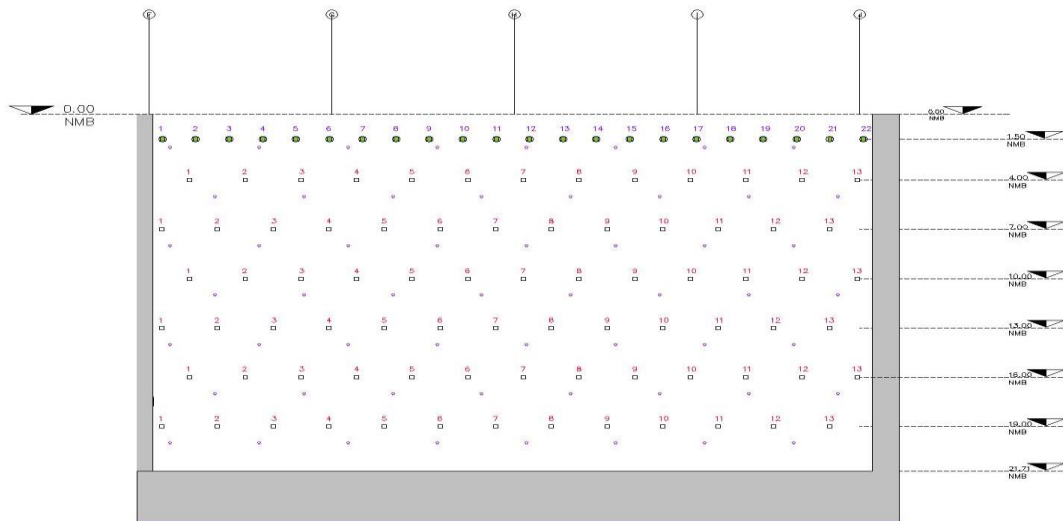
Tabla 2. Parámetros de Resistencia.

Estrato #	N SPT #	Profundidad inicial (m)	Profundidad final (m)	Espesor (m)	Peso vol. (T/m ³)	Parámetros geotécnicos				Presiometro de Menard			
						c (T/m ²)	Φ (°)	E (T/m ²)	Poisson (ν)	Presion de influencia (kg/cm ²)	Presion limite (kg/cm ²)	Emenard (kg/cm ²)	Modulo de corte (kg/cm ²)
1	6 > N < 24	0	1.8	1.8	1.60	4.00	27	800	0.35			---	
2	N > 50	1.8	6.8	5	1.52	6.00	30	4000	0.35	23.00	46.00	316.00	99.00
3	20 > N < 39	6.8	9.8	3	1.72	5.00	27	2900	0.38				
4	28 > N > 50	9.8	14.4	4.6	1.70	6.00	30	3800	0.35	9.00	16.00	112.00	35.00
5	N > 50	14.4	17.7	3.3	1.50	6.00	36	11630	0.25	22.00	85.00	1163.00	377.00
6	28 > N > 50	17.7	24.2	6.5	1.60	6.00	34	4000	0.30	11.00	*	137.00	41.00
7	39 > N > 50	24.2	36.3	12.1	1.60	5.00	32	12790	0.25				
8	N > 50	36.3	40.25	3.95	1.75	6.00	36	15000	0.25			---	

II ANALISIS GEOTECNICOS.

Los análisis se realizaron empleando un programa de computadora denominado “Slide versión 6.003”, el cual utiliza el método sueco, por medio de dovelas, el método considera válida la ley de resistencia de Mohr - Coulomb a lo largo de la superficie circular de falla.

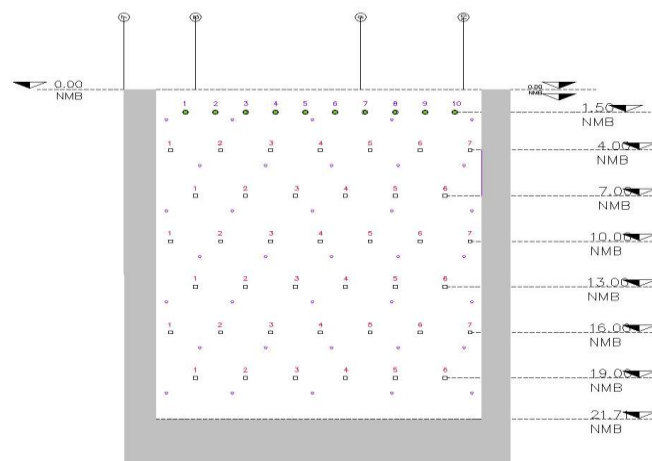
CARA B



cinturon 1,2 y 3 longitud 18mts tension a 45 toneladas
 cinturonos 4,5 y 6 longitud 15mts tension a 30 toneladas
 separacion horizontal 2.5mts y vertical de 3mts

Ilustración 30. Distribución de anclas en el talud B.

CARA C



cinturon 1,2 y 3 longitud 18mts tension a 45 toneladas
 cinturonos 4,5 y 6 longitud 15mts tension a 30 toneladas
 separacion horizontal 2.5mts y vertical de 3mts

Ilustración 31. Distribución de anclas en el talud C.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

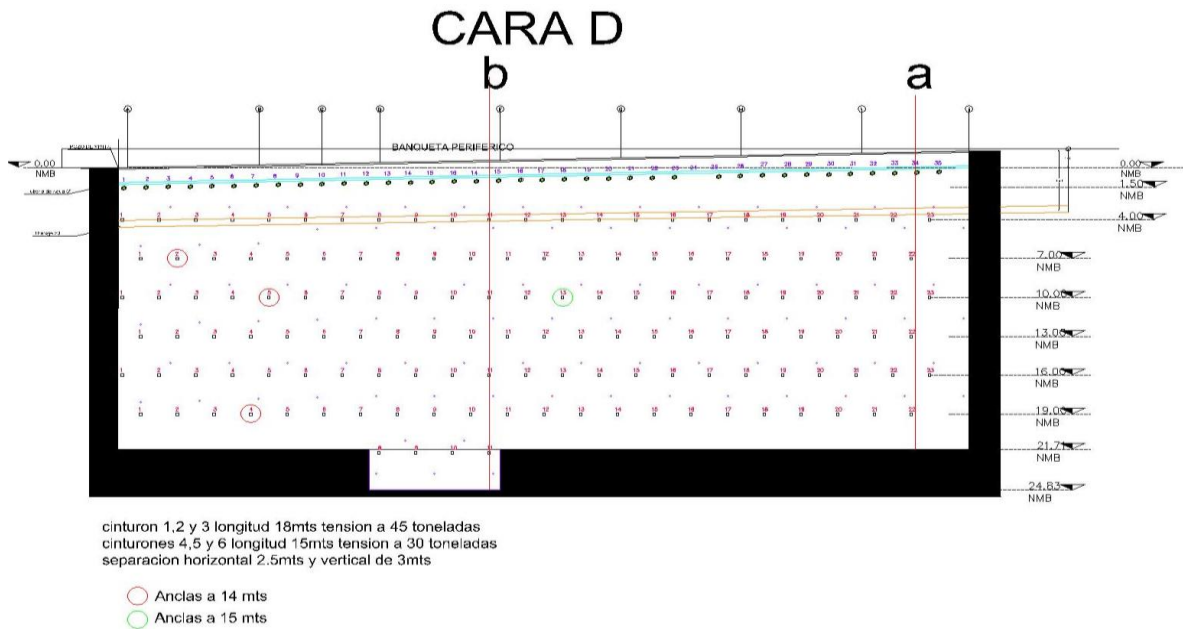


Ilustración 32. Distribución de anclas en el talud D.

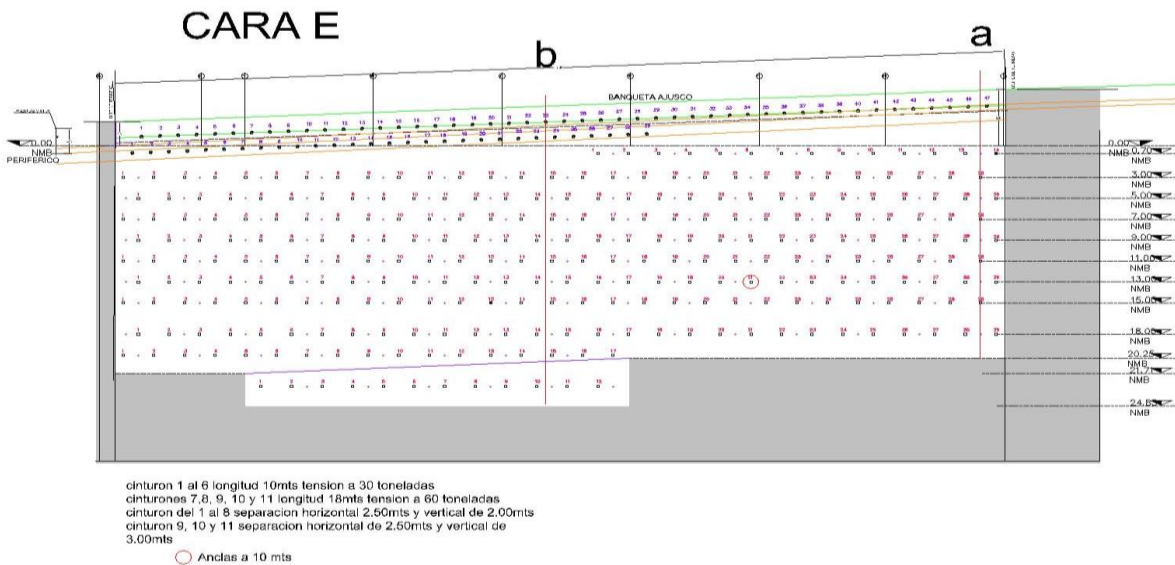
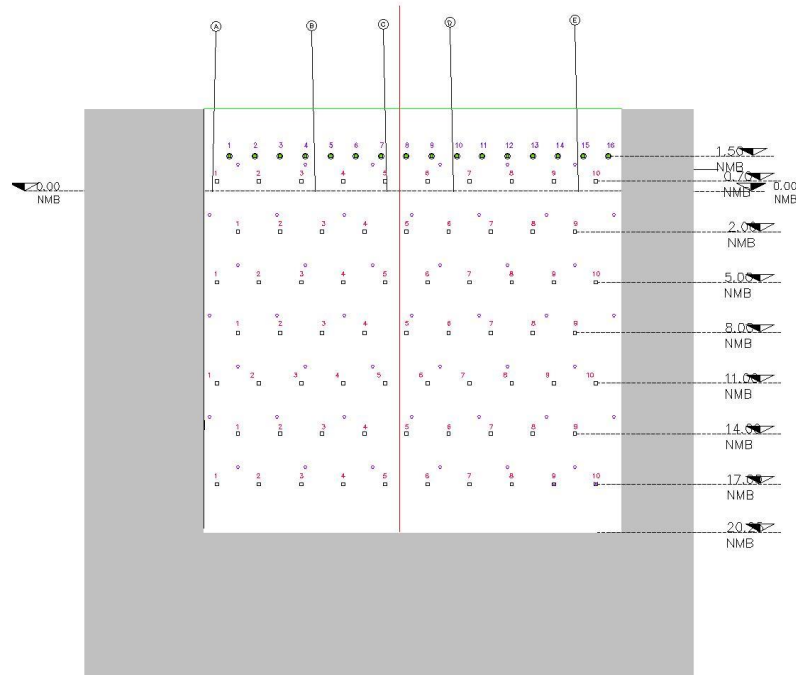


Ilustración 33. Distribución de las anclas en el talud E.

CARA F



cinturon 1,2 y 3 longitud 18mts tension a 45 toneladas
 cinturones 4,5 y 6 longitud 15mts tension a 30 toneladas
 cinturón 7 longitud de 12mts tension a 30 toneladas
 separacion horizontal 2.5mts y vertical de 3mts

Ilustración 34. Distribución de anclas en el talud F.

Cara A	Factor de seguridad en el corte “a-b” 1.446
Caras B y C	Factor de seguridad en ambos taludes 1.468
Cara D	Factor de seguridad en el corte “a” 1.423
	Factor de seguridad en el corte “b” 1.340
Cara E	Factor de seguridad en el corte “a” 1.423
	Factor de seguridad en el corte “b” 1.346
	Factor de seguridad en el corte “c” 1.346
Cara F	Factor de seguridad 1.428

III CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES COMO RESULTADOS DE LA SUPERVISIÓN.

Los resultados anteriores indican que los taludes observan factores de seguridad adecuados por tratarse de taludes provisionales.

De este modo se considera que el cinturón que aún falta por colocar de acuerdo con las indicaciones de la empresa Investigación Geotecnia y Desarrollo S. C. se puede omitir.

Por otro lado, y considerando que no se colocará el último cinturón de anclas en las caras A, B C y D, se les solicita de la manera más atenta se inicie lo antes posible la construcción de la losa de fondo del sótano o cajón de cimentación.

Cabe mencionar que, hasta el momento los reportes de las nivelaciones topográficas no reportan movimiento en las paredes de la excavación en ninguna de sus caras.

Por otro lado, es importante considerar que una vez que se inicie la construcción de la estructura, la bahía localizada a un costado de periférico se verá afectada por el tránsito de los insumos para la obra, y en consecuencia la implantación de ciclos de carga y descarga en su superficie, por lo que se deberá contemplar que el monitoreo del talud sea con mayor frecuencia. Cualquier movimiento que pudiera presentarse deberá ser reportado de inmediato a la residencia de obra y a la supervisión.

5. CONCLUSIONES.

El presente trabajo tuvo como objetivo presentar las actividades más importantes a realizar durante la supervisión geotécnica en el proceso constructivo de un talud estabilizado con anclas.

Derivado de la supervisión se resaltan los siguientes aspectos:

Los niveles de anclas determinan las etapas de excavación, por lo que no es viable tener trabajos de anclaje si no se tiene concluido el nivel de anclas inmediato anterior en el área.

Para evitar intemperismo y desprendimientos en la masa de suelo, se sugiere colocar concreto lanzado (puede estar armado con una malla electro-soldada), por lo que se deben realizar calas para determinar el espesor de esta capa que protege al corte.

Es necesario que se cuente con las varillas de anclaje habilitadas antes de iniciar las actividades de perforación, pues conforme se deja pasar el tiempo sin haber instalado el ancla, se pueden presentar caídos e intemperismo al interior de la perforación.

Para evitar generar el reblandecimiento del suelo o la generación de presiones sobre el concreto lanzado es necesaria la instalación de drenes de alivio en los taludes a pesar de que las colindancias sean zonas impermeables. El prevenir con la colocación de los drenes, permite que se desaloje el agua que pudiera acumularse por fugas en esas áreas o en el caso de las áreas en las que es posible la infiltración por tratarse de zonas permeables.

Es fundamental contar con manómetros en condiciones óptimas para supervisar que la presión de inyección sea la que se indica en el estudio de mecánica de suelos. Su importancia radica en que es un factor determinante para un buen contacto entre la lechada solidificada y la pared de la perforación.

Durante la etapa de inyección de las anclas, se debe observar cuidadosamente las áreas cercanas para detectar cualquier resurgencia de la lechada, en cuyo caso la inyección deberá ser suspendida de inmediato.

Los volúmenes de inyección de las anclas deberán ser registrados para supervisar que en ningún caso ser menor al teórico o que sean muy diferentes entre sí, pues de ser así, deberá realizarse una nueva perforación a medio metro de distancia en dirección horizontal del barreno con menor volumen de inyección.

Es de carácter obligatorio contar con un laboratorio para verificar que se cumpla con la resistencia de diseño de la inyección del barreno, ya que, aunque se tenga la dosificación correcta los materiales pueden no ser de buena calidad.

Para realizar el tensado de las anclas, los tendones de anclaje deberán sobresalir al menos 40.0 cm del área de la excavación que se esté tratando.

Se requiere contar con un gato de capacidad suficiente para el tensado del ancla, pues cuando se realizan las pruebas de tensión se llevan hasta 1.5 veces la tensión de diseño.

El contar con una supervisión geotécnica es de suma importancia debido a que los cálculos en el diseño tienen cierta incertidumbre y aunque se haya aplicado un factor de seguridad en el diseño, es posible que este se aminorare si la estratificación que se tenga en obra no coincidiera con la reportada en el estudio, o que el constructor no realiza los procesos adecuadamente, ya sea por una mala interpretación de la información, por premuras, malos hábitos constructivos, etc.

Los beneficios de tener presencia en obra de una supervisión geotécnica van desde llevar un control de calidad de todas las actividades que implica el anclaje, hasta la obtención de asesoría de gabinete para recomendaciones y notas técnicas necesarias ante eventos extraordinarios,

Es trascendental tener una bitácora para la supervisión geotécnica que contenga las actividades y sucesos importantes ocurridos. Dicho registro es de utilidad tanto para el área de geotecnia como a la residencia de obra.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

Las revisiones de las carpetas de altimetría y monitoreo de anclas deberán realizarse cada que se registren nuevas lecturas para verificar que no se hayan tenido desplazamientos significativos ya sea en los taludes o en las banquetas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Castro Hernández, H. A. (2019). *Comentarios y recomendaciones a la práctica mexicana de construcción de anclas en suelos*. Ciudad de México, México: Facultad de Ingeniería.
- Hanna, T. H. (1982). *Foundations in Tension: Ground Anchors*. New York: Trans Tech ublication.
- Littlejohn, G. S. (1990). *Ground anchorage practice*. Nueva York, Ithaca: ASCE.
- Monroy Salgado, R. (2007). *Anclaje en suelos*. Ciudad de México, México: Facultad de Ingeniería.
- Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C. (2002). *Manual de Construcción Geotécnica* (Vol. I). México D.F.
- Xanthakos, P. P. (1991). *Ground anchors and anchored structures*. . Canadá: Wiley-Intescience.

7. BIBLIOGRAFÍA.

- Hanna, T. H. (1982). *Foundations in Tension: Ground Anchors*. New York: Trans Tech ublication.

8. LISTA DE FIGURAS.

Ilustración 1. Partes principales de un ancla. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)6

Ilustración 2. Ancla habilitada7

Ilustración 3 Opresores.8

Ilustración 4 Tubo de inyección y mangueras de protección de los cables8

Ilustración 5 Centradores.9

Ilustración 6 Separadores.....9

Ilustración 7 Tablaestacado anclado con muerto de concreto.....14

Ilustración 8 Ancla con membrana expandible confinada.....14

Ilustración 9 Anclas de tornillo helicoidal. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)15

Ilustración 10 Clavos de anclaje15

Ilustración 11 Tierra armada16

Ilustración 12 Tensado de ancla activa.....20

Ilustración 13. Capacidad de anclas en materiales granulares como función la longitud del bulbo inyectado (curvas construidas a partir de resultados de pruebas de campo) (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002)26

Ilustración 14. Talud Anclado (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002).....27

Ilustración 15. Envoltentes de empujes para arenas. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002).....30

Ilustración 16. Envoltentes de empujes para arcillas. (Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C., 2002).....31

Ilustración 17.Planta esquemática del predio.36

Ilustración 18. Ubicación relativa de los trabajos de campo.39

Ilustración 19. Estratigrafía del sitio.....41

Ilustración 20. Arreglo esquemático para la colocación de anclas pasivas.....45

Ilustración 21. Arreglo esquemático para la colocación de anclas activas.51

Ilustración 22. Formato control de anclaje (inventario de actividades que se hicieron previas a la supervisión.....59

Ilustración 23. Formato control de anclaje (actividades que se hicieron bajo supervisión).....60

Ilustración 24. Arreglo esquemático de la distribución de anclas en las colindancias.....68

Ilustración 25. Área de proyecto.73

Ilustración 26. Ubicación de secciones analizadas.74

Ilustración 27. Contratraves internas y contratrabe perimetral en la zona C76

Ilustración 28. Etapas de construcción.....77

Ilustración 29. Distribución de anclas en el talud A.....79

Ilustración 30. Distribución de anclas en el talud B.....80

Ilustración 31. Distribución de anclas en el talud C.....80

Ilustración 32. Distribución de anclas en el talud D.....81

Ilustración 33. Distribución de las anclas en el talud E.....81

Ilustración 34. Distribución de anclas en el talud F.82

9. LISTA DE FOTOGRAFÍAS.

Fotografía 1. Colocación de un hilo para pasar el nivel de las perforaciones y proceder a barrenar.	90
Fotografía 2. Supervisando que la presión para inyección sea lo que indica el estudio.	90
Fotografía 3. yección de lechada a 2 kg/cm ² y al fondo se aprecia el barreno en el que se aplica la lechada, se aprecia que los barrenos no tienen un obturador y por lo cual se inyectan hasta que la lechada sale por el barreno.	91
Fotografía 4. Aplicación de lechada de inyección a gravedad, contrario a lo que indica en el estudio.	91
Fotografía 5. Tabla de conversiones para el proceso de tensado.	92
Fotografía 6. Zapata fisurada y agrietada durante el proceso de tensado.	93
Fotografía 7. Demolición de Zapata de Reacción. (1 de 2).	93
Fotografía 8. Demolición de Zapata de Reacción. (2 de 2).	94
Fotografía 9. Colocación de malla y concreto lanzado para proteger el corte debido a desconches.	94
Fotografía 10. Zapata embutida a consecuencia de un desconche.	95
Fotografía 11. Lente de arena.	95
Fotografía 12. Colocación de malla electrosoldada.	96
Fotografía 13. Colocación de concreto lanzado comenzando de abajo hacia arriba (1 de 4).	96
Fotografía 14. Colocación de concreto lanzado comenzando de abajo hacia arriba (2 de 4).	96
Fotografía 15. Colocación de concreto lanzado comenzando de abajo hacia arriba (3 de 4).	97
Fotografía 16. Colocación de concreto lanzado comenzando de abajo hacia arriba (4 de 4).	97
Fotografía 17. Perforación (Drenes de alivio 1 de 4).	98
Fotografía 18. Colocación del dren (Drenes de alivio 2 de 5).	98
Fotografía 19. Colocación del dren (Drenes de alivio 3 de 4).	99
Fotografía 20. Sellar el barreno. (Drenes de alivio 4 de 4).	99

10. ANEXO A. ÁLBUM FOTOGRÁFICO.



Fotografía 1. Colocación de un hilo para pasar el nivel de las perforaciones y proceder a barrenar.



Fotografía 2. Supervisando que la presión para inyección sea lo que indica el estudio.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.



Fotografía 3. Inyección de lechada a 2 kg/cm² y al fondo se aprecia el barreno en el que se aplica la lechada, se aprecia que los barrenos no tienen un obturador y por lo cual se inyectan hasta que la lechada sale por el barreno.



Fotografía 4. Aplicación de lechada de inyección a gravedad, contrario a lo que indica en el estudio.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.

AURORA HERNANDEZ CERON
Laboratorio de Mérida

Número de informe: E1-117-18
Nombre del cliente: TECSOIL, GEOTECNIA Y CIMENTACIONES, S.A. DE C.V.

Lecturas del manómetro en psi	Divisiones en el manómetro	Lectura real en kgf	constante de sensibilidad por punto calibrado
1 200	6	10 720	1 787
1 300	6.5	11 835	1 787
1 400	7	12 950	1 787
1 500	7.5	14 065	1 787
1 600	8	15 180	1 787
1 700	8.5	16 295	1 787
1 800	9	17 410	1 787
1 900	9.5	18 525	1 787
2 000	10	19 640	1 826
2 100	10.5	20 755	1 826
2 200	11	21 870	1 826
2 300	11.5	22 985	1 826
2 400	12	24 100	1 826
2 500	12.5	25 215	1 826
2 600	13	26 330	1 826
2 700	13.5	27 445	1 826
2 800	14	28 560	1 826
2 900	14.5	29 675	1 826
3 000	15	30 790	1 865
3 100	15.5	31 905	1 865
3 200	16	33 020	1 865
3 300	16.5	34 135	1 865
3 400	17	35 250	1 865
3 500	17.5	36 365	1 865
3 600	18	37 480	1 865
3 700	18.5	38 595	1 865
3 800	19	39 710	1 865
3 900	19.5	40 825	1 865
4 000	20	41 940	1 874
4 100	20.5	43 055	1 874
4 200	21	44 170	1 874
4 300	21.5	45 285	1 874
4 400	22	46 400	1 874
4 500	22.5	47 515	1 874
4 600	23	48 630	1 874
4 700	23.5	49 745	1 874
4 800	24	50 860	1 874
4 900	24.5	51 975	1 874
5 000	25	53 090	1 874
5 100	25.5	54 205	1 874
5 200	26	55 320	1 874
5 300	26.5	56 435	1 874
5 400	27	57 550	1 874
5 500	27.5	58 665	1 874
5 600	28	59 780	1 874
5 700	28.5	60 895	1 874
5 800	29	62 010	1 874
5 900	29.5	63 125	1 874
6 000	30	64 240	1 874
6 100	30.5	65 355	1 874
6 200	31	66 470	1 874
6 300	31.5	67 585	1 874
6 400	32	68 700	1 874
6 500	32.5	69 815	1 874
6 600	33	70 930	1 874
6 700	33.5	72 045	1 874
6 800	34	73 160	1 874
6 900	34.5	74 275	1 874
7 000	35	75 390	1 874
7 100	35.5	76 505	1 874
7 200	36	77 620	1 874
7 300	36.5	78 735	1 874
7 400	37	79 850	1 874
7 500	37.5	80 965	1 874
7 600	38	82 080	1 874
7 700	38.5	83 195	1 874
7 800	39	84 310	1 874
7 900	39.5	85 425	1 874
8 000	40	86 540	1 874
8 100	40.5	87 655	1 874
8 200	41	88 770	1 874
8 300	41.5	89 885	1 874
8 400	42	91 000	1 874
8 500	42.5	92 115	1 874
8 600	43	93 230	1 874
8 700	43.5	94 345	1 874
8 800	44	95 460	1 874
8 900	44.5	96 575	1 874
9 000	45	97 690	1 874

Fotografía 5. Tabla de conversiones para el proceso de tensado.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.



Fotografía 6. Zapata fisurada y agrietada durante el proceso de tensado.



Fotografía 7. Demolición de Zapata de Reacción. (1 de 2).

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.



Fotografía 8. Demolición de Zapata de Reacción. (2 de 2).



Fotografía 9. Colocación de malla y concreto lanzado para proteger el corte debido a desconches.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.



Fotografía 10. Zapata embutida a consecuencia de un desconche.



Fotografía 11. Lente de arena.

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.



Fotografía 12. Colocación de malla electrosoldada.



Fotografía 13. Colocación de concreto lanzado comenzando de abajo hacia arriba (1 de 4).



Fotografía 14. Colocación de concreto lanzado comenzando de abajo hacia arriba (2 de 4).

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.



Fotografía 15. Colocación de concreto lanzado comenzando de abajo hacia arriba (3 de 4).



Fotografía 16. Colocación de concreto lanzado comenzando de abajo hacia arriba (4 de 4).

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.



Fotografía 17. Perforación (Drenes de alivio 1 de 4).

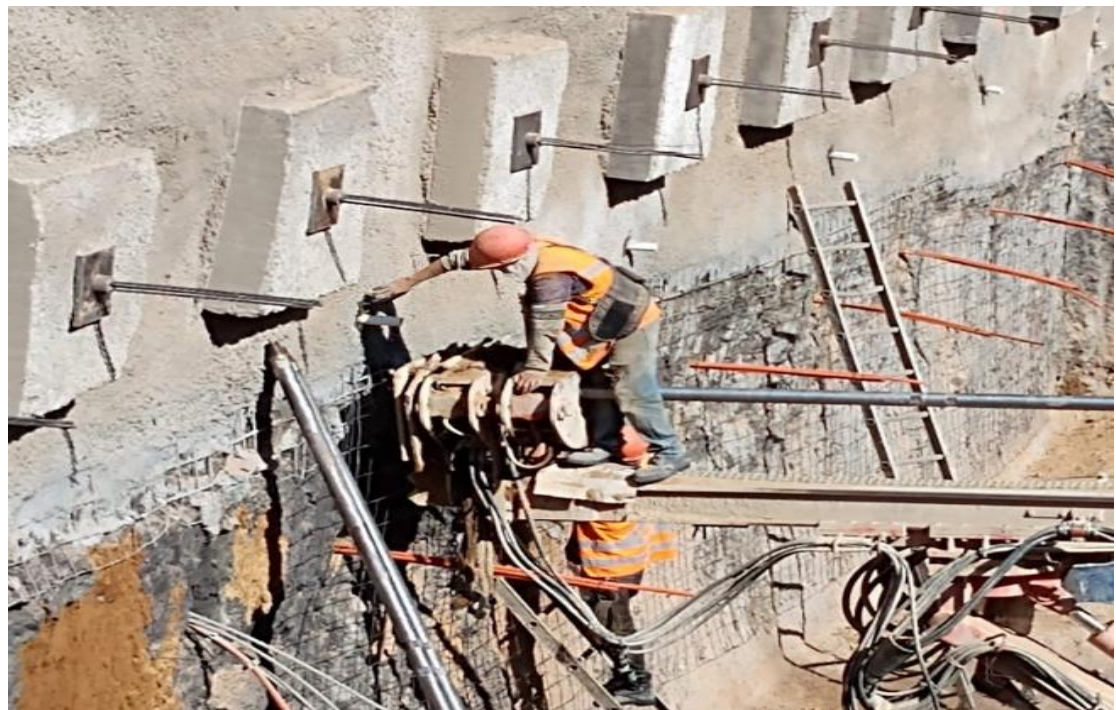


Fotografía 18. Colocación del dren (Drenes de alivio 2 de 5).

ACTIVIDADES DE SUPERVISIÓN GEOTÉCNICA EN UN TALUD ESTABILIZADO CON ANCLAS.



Fotografía 19. Colocación del dren (Drenes de alivio 3 de 4).



Fotografía 20. Sellar el barreno. (Drenes de alivio 4 de 4).