

CAPÍTULO 7

ESPECIFICACIÓN TELCEL PARA LA REALIZACIÓN DE ESTUDOS DE MECÁNICA DE SUELOS (ETREMS)

VAP

## 1. RESUMEN

- 1.1. En estas especificaciones se exponen y describen los alcances necesarios para la realización de los trabajos de campo, laboratorio e ingeniería geotécnica, para el diseño de la cimentación de la torre y el contenedor, del que consta una radio base; así como los tiempos de realización estimados (Cd. De México y Zona Metropolitana) que pueden ser aplicados de la misma forma para el interior de la República Mexicana.
- 1.2. Para el desarrollo de cualquier estudio geotécnico, comúnmente se llevan a cabo trabajos de exploración y ensayos de laboratorio. El tipo de número de exploraciones y de pruebas que inciden significativamente en el costo del trabajo, dependen de las características tanto de la estructura como del subsuelo, aunque en el caso de los proyectos de las radiobases de Telcel, las estructuras son típicas con algunas modificaciones en atención a la superficie, tamaño del predio y altura de la torre.

## 2. DESCRIPCIÓN DE TÉRMINOS

- 2.1. Se aplicará el nombre genérico de suelo fino a todos los materiales con más del 50% de partículas que pasan la malla No. 200. En particular, se mencionan los siguientes: arcilla, arcilla limosa, arcilla arenosa, arcilla con grava, limo arcilloso y limo arenoso.
- 2.2. Se aplicará el nombre de suelos gruesos o granulares a aquellos con menos del 50% de partículas que pasan la malla No. 200. En particular, se mencionan los siguientes materiales: arena limpia de cualquier graduación, arena con grava, arena poco-limosa, arena limosa, grava limpia de cualquier graduación, grava arenosa, grava poco limosa y grava limosa.
- 2.3. Se aplicará el nombre de suelo cementado a cualquier tipo de suelo cementado fuertemente con: sulfatos, Óxidos, carbonatos, etc. Para ubicarse en esta clasificación la consistencia del depósito debe calificarse como muy firme a dura para suelos predominantemente cohesivos y de compactación densa a muy densa para suelos friccionantes o granulares.
- 2.4. Se considerará como roca a todos los materiales de este tipo que estén: sanos y poco fracturados, sanos y muy fracturados, poco alterados y poco fracturados o poco alterados y muy fracturados.

VAP

- 2.5. se llamará relleno suelto a todos aquellos depósitos de cascajo, basura, suelos sueltos, o mezcla de ellos y rellenos sin control (a volteo).
- 2.6. se considerarán como casos especiales todos los suelos y rocas no contemplados en incisos anteriores. En particular, quedan dentro de esta categoría los materiales en donde pueden existir cavernas u oquedades.
- 2.7. La consistencia de los suelos finos se calificará de acuerdo con su resistencia a la compresión simple de muestras Inalteradas ( $Q_u$ ) y/o número de golpes en la prueba de penetración estándar (N).
- 2.8. La compactidad de los suelos gruesos se calificará con el número de golpes en prueba de penetración estándar.

### 3. EXPLORACIÓN DE CAMPO

- 3.1. Para los proyectos en cuestión, el tipo, número y profundidad de los sondeos, dependen esencialmente de dos aspectos: el tipo de suelo por explorar y la profundidad del nivel de agua freática (NAF).
  - 3.1.1. Para suelo tipo I o firme. - Se debe de considerar la realización de un sondeo del tipo mixto alternando penetración estándar y avance por rotación con brocas de tungsteno y/o diamante, con extracción de muestras inalteradas hasta una profundidad variable entre 6.00 a 10.00m (dependiendo de la resistencia del terreno y/o a consideración der Ingeniero especialista en geotecnia).
  - 3.1.2. Para suelo tipo II o intermedio. Se debe de considerar la realización de un sondeo de exploración del tipo mixto alternando penetración estándar y tubo shelby y/o penetración estándar y avance con rotación y/o solamente penetración estándar, según el tipo de suelo a encontrar, pudiendo extraer muestras alteradas y en caso de ser posible (depende de la consistencia del suelo) extracción de muestras inalteradas. Hasta una profundidad mínima de 10.00 a 15.00m.
  - 3.1.3. Para selo tipo III o blando. Se debe de considerar la realización de un sondeo de exploración del tipo mixto alternando penetración

VAP

estándar y tubo shelby, con extracción de muestras alteradas e inalteradas (tubo shelby), hasta la capa dura.

Adicional a lo anterior, se deberá realizar la excavación de un pozo a cielo abierto de 1.00 a 3.00m, de profundidad (hasta donde lo permita el nivel de aguas freáticas NAF), con extracción de muestras inalteradas (muestras cúbicas). Esto también es con la finalidad de certificar el nivel de aguas freáticas, determinante en la etapa de excavación de la cimentación, su profundidad de desplante y estabilidad de la misma.

- 3.1.4. Antes de visitar el sitio, el geotecnista buscará definir el tipo de depósito por explorar. Ello lo puede hacer mediante su experiencia personal, consulta con ingenieros de la localidad o consulta de la literatura técnica, incluyendo proyectos previos de la zona.
- 3.1.5. En caso de desconocimiento total de la zona o ante cualquier duda, se efectuará una visita de reconocimiento al sitio por parte del ingeniero especialista, el cual ajustará su programa de exploración, muestreo y pruebas, conforme a los lineamientos del presente documento.
- 3.2. En la visita se examinará visualmente el terreno en cuestión y sus alrededores, procurando buscar: cimentaciones descubiertas o en construcción, cortes, rellenos, pavimentos, comportamiento de estructuras cercanas, pendientes superficiales y toda aquella información que incida en el proyecto y la construcción.
- 3.3. Debido a la posibilidad de que se tengan que colocar rellenos nuevos (saneos) en el sitio en estudio y que eventualmente la cimentación y los pavimentos se desplanten sobre aquellos, será necesario que el geotecnista visite los bancos de material de mayor uso en la región para muestrear los materiales (en caso de ser requerido por el contratante Telcel). Esta investigación de bancos no será exhaustiva, ya que sólo se pretende determinar las propiedades usuales de los materiales de préstamo de la zona.
- 3.4. Antes de que el geotecnista seleccione el tipo, número y profundidad de sondeos, deberá ubicar el depósito por explorar.

VAP

El tipo de depósito se refiere al más desfavorable de los que haya abajo del nivel del terreno actual (NTA), en el caso de que el nivel de piso terminado y/o desplante de la cimentación de la torre vaya a quedar a la misma elevación o más arriba del nivel actual del terreno. En caso contrario, el tipo de depósito será el más desfavorable de los que existan 3.00m, abajo del nivel de piso terminado de proyecto (cimentación torre).

La profundidad del nivel de aguas freáticas, está referido al nivel de piso de proyecto si éste queda abajo del nivel actual del terreno natural, en caso contrario estará referido al nivel del terreno actual.

- 3.5. El tipo y número de sondeos por realizar, se determinará conforme al grupo al que corresponda el tipo de depósito y la profundidad del NAF, de acuerdo con la siguiente.

Donde:

SM: sondeo de muestreo mixto combinando la prueba de penetración estándar con muestreo inalterado con tubo de pared delgada (shelby), en suelo blando/sueltos. Y/o alternando la penetración estándar con el avance con máquina rotaria (brocas de diamante) y/o similar en suelos duros/resistentes.

PCA: Pozo a cielo abierto, realizado con pico y pala, con extracción de muestras alteradas e inalteradas (cúbicas).

- 3.5.1. La profundidad indicada es la máxima por alcanzar en cada sondeo. La profundidad de los sondeos mixtos (SM), deberá ser menor si se detecta un manto de cuando menos 4.00m de espesor de suelos finos de consistencia muy firme a dura o gruesos de compacidad densa a muy densa.
- 3.5.2. En el caso de los sondeos PCA, bastará con explorar una profundidad máxima de 3.00m, siempre y cuando se llegue abajo del futuro nivel de desplante de la cimentación, si se detectan los mismos suelos a que se hace referencia en el párrafo anterior. Si aparece un manto resistente antes de esta profundidad y se tienen antecedentes de que es continuo, se podrá suspender el pozo. No olvidar que el PCA, además, nos sirve para checar el nivel de aguas freáticas y espesor de relleno (en caso de existir).

VAP

- 3.5.3. Los sondeos programados se ubicaran estratégicamente dentro del área en estudio, considerándose en todos los casos que los sondeos se ubiquen en donde se va a desplantar la cimentación de la torre.
- 3.5.4. En caso de que algún predio se encuentre sobre roca, bastará con la exploración propuesta y los antecedentes geotécnicos de la zona para garantizar la continuidad del depósito. Si persiste la duda sobre dicha continuidad, se propondrán para aprobación los trabajos necesarios para aclarar dicha duda.
- 3.5.5. Todas las técnicas distintas a las anteriores deberán ser evaluadas y aprobadas por el Departamento de Normas y Proyectos Estructurales, y podrán ser utilizadas como complemento a los procedimientos antes mencionados.
- 3.5.6. En todos los pozos a cielo abierto se obtendrán muestras alteradas representativas a cada metro de profundidad o en cada estrato detectado. En depósitos de arcilla expansiva o material colapsable el citado muestreo se hará a cada 75cm de profundidad máximo.
- 3.5.7. En los pozos excavados en el área de la torre y/o contenedor se obtendrá, cuando menos, una muestra inalterada de cada estrato (muestra cúbica), que pueda ser afectado por la presión de los futuros cimientos. Es justificable tomar la muestra inalterada del o de los estratos de menor resistencia y mayor compresibilidad que se supone pueden regir el diseño, aunque en el caso de suelos expansivos o colapsables también se recuperarán muestras inalteradas de las capas superficiales que pueden afectar la cimentación de la torre, pisos, pavimentos y firmes.
- 3.5.8. Las muestras de los sondeos donde se realice la exploración por medio de la penetración estándar, serán alteradas respectivamente. Se obtendrá una de cada 60cm, en forma continua y siempre se limpiara el tubo antes de iniciar otra prueba. Si la herramienta no puede avanzar dicha distancia, se avanzara con broca tricónica o barretón el tramo faltante a cada prueba.

VAP

Las muestras inalteradas de los sondeos denominados sondeo mixto (SM), serán obtenidas con tubo shelby de 4" de diámetro de los lugares en que se hayan encontrado los suelos de menor resistencia en el sondeo de penetración estándar.

- 3.5.9. si se anticipa que las cimentaciones se apoyarán sobre rellenos nuevos compactados construidos con productos de banco, será necesario obtener muestras integrales de 20kg cada una de los bancos de mayor uso en la localidad.

#### 4. PRUEBAS DE LABORATORIO

- 4.1. Todas las muestras, tanto de los sondeos superficiales como de los profundos y de los bancos de material (en caso de ser necesario y/o requerido), se someterán a los ensayos de humedad natural y de clasificación visual y al tacto, en húmedo y en seco, de acuerdo con el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Cada tubo shelby se partirá previamente en dos tramos y las pruebas se realizarán en cada una de las caras expuestas.
- 4.2. Se seleccionaran muestras tanto alteradas como inalteradas para ejecutar pruebas adicionales de clasificación. En el caso de exploración exclusivamente con posos a cielo abierto se seleccionará una muestra de cada estrato. En los sondeos profundos se seleccionará una muestra de cada estrato a cada 3.00m de profundidad máximo. También se considerará como muestra del área seleccionada a aquella proveniente de algún banco de material y a las integrales del área de estacionamiento del terreno en estudio.
- 4.3. Los ensayos adicionales de clasificación consistirán en análisis granulométricos por mallas, límites de plasticidad (líquido y plástico), contracción lineal y densidad de sólidos.
- 4.4. A todas las muestras inalteradas se les determinará además su peso volumétrico natural y su resistencia al corte con el torcómetro manual o penetrómetro de bolsillo. Se hará lo mismo en las caras expuestas de cada tubo Shelby.
- 4.5. se seleccionarán muestras inalteradas para realizar las pruebas mecánicas de resistencia y compresibilidad, para lo cual es aconsejable emplear las muestras de menor resistencia al torcómetro o penetrómetro

de bolsillo y de mayor humedad. Para pruebas de saturación bajo carga o de doble prueba de consolidación, se deben utilizar las muestras con menor humedad inicial.

- 4.6. Para determinar la resistencia al corte se sugieren ensayos triaxiales en cualquiera de sus modalidades: rápida, rápida consolidada o lenta. El tipo de prueba lo elegirá el geotecnista.
- 4.7. En el caso de que el material sea fundamentalmente arenoso y, por lo tanto, no sea posible recuperar muestra inalterada, se determinará el peso volumétrico en el sitio y se reproducirán probetas en el laboratorio, para los ensayos triaxiales correspondientes.
- 4.8. Las pruebas de consolidación se programarán en suelos finos de consistencia muy blanda a media. Se efectuará un mínimo de una por estrato identificado y de dos para el posible estrato de apoyo, en suelos limosos o limo arenosos de compacidad media se efectuarán ensayos de esfuerzo-deformación unitaria en la cámara triaxial.
- 4.9. Para medir el potencial de expansión o de colapsibilidad se llevarán a cabo pruebas dobles de consolidación unidimensional, uno de los especímenes se ensaya con la humedad natural y otro previamente saturado por capilaridad. Alternativa o complementariamente, se efectuarán pruebas de saturación bajo carga.
- 4.10. En caso de cimentación y/o los pavimentos se vayan a apoyar sobre rellenos nuevos compactados, se determinará el peso volumétrico seco máximo y la humedad óptima de los productos de banco. Después se compactará un amuestra del mismo suelo al grado de compactación que se pretende lograr en el sitio. Las muestras así compactadas se someterán al ensaye triaxial correspondiente y/o al de VRS (Valor Relativo de Soporte). Ejecutándose mínimo una serie de estas pruebas por cada banco

## 5. TRABAJOS DE GABINETE

- 5.1. La empresa de geotecnia debe resolver la cimentación de la torre (tipo de cimentación y profundidad de desplante), muros de contención en caso de requerirse, empuje sobre elementos de contención y análisis de estabilidad de taludes, determinación de capacidad de carga, cálculo de asentamientos, corte estratigráfico, conclusiones, recomendaciones y reporte fotográfico.

UAP



- 5.2. Cuando el geotecnista tenga en sus manos toda la información de campo y de laboratorio, procederá a la construcción de la columna estratigráfica de cada sondeo (pozo), dibujando las propiedades geotécnicas relevantes de cada estrato de suelo. Para que el corte estratigráfico sea real, el nivel de boca de sondeo deberá estar referido al plano topográfico del terreno.
- 5.3. El análisis por efectuar incluirá análisis de capacidad de carga, cálculo de deformaciones de las cimentaciones (asentamientos o expansiones), clasificación para pago de excavaciones. Adicionalmente podrá requerirse análisis geotécnico de empuje sobre muros de retención, análisis de estabilidad de taludes, cálculo de etapas de excavación, determinación de sistemas de bombeo, etc. El geotecnista será responsable de establecer los problemas de su área y soluciones.
- 5.4. Habiendo definido lo anterior se procederá a la preparación del reporte geotécnico.

## 6. CONTENIDO DEL REPORTE GEOTÉCNICO

- 6.1. El reporte tendrá la finalidad de proporcionar recomendaciones para el diseño de las cimentaciones y mejoramientos, describiendo el procedimiento constructivo; evitando ambigüedades, uso de términos apreciativos y dar información innecesaria o redundante, debiendo contener los siguientes capítulos e información:
  - Resumen ejecutivo
  - Antecedentes
  - Exploración del subsuelo y ensayos de laboratorio
  - Geología y sismicidad
  - Condiciones estratigráficas
  - Análisis de cimentaciones
  - Conclusiones y recomendaciones
  - Anexo I. Figuras
  - Anexo II. Reporte fotográfico
- 6.2. El despacho o firma encargada del estudio de mecánica de suelos conservará durante un periodo mínimo de dos años, un expediente con toda la información que no haya sido incluida en el reporte y que permita eventualmente efectuar una revisión o discusión de sus conclusiones. Este expediente deberá contener anotaciones de la visita de inspección de campo, registros detallados de las pruebas de laboratorio y memorias de cálculo geotécnico.

## 7. INFORMACIÓN PRELIMINAR REQUERIDA

7.1. Para la correcta planificación de cada una de las etapas de trabajo necesarias para la ejecución del estudio de mecánica de suelos descritas anteriormente, el contratante deberá proporcionar como mínimo la siguiente información:

- Nombre del proyecto
- Dirección del predio en estudio
- Coordenadas geográficas del predio
- Nombre, dirección y teléfono de la persona o personas encargadas del predio.
- Carta en la que se autorice la ejecución de los trabajos.
- Carta en la que se informe a quien corresponda de la ejecución de los trabajos y se soliciten permisos y facilidades necesarias para la correcta ejecución de los mismos.
- Levantamiento topográfico del predio, incluyendo planta y elevación.

## 8. TIEMPO DE EJECUCIÓN

8.1. El tiempo de ejecución de los trabajos depende básicamente del tipo y profundidad de los sondeos, así como del tipo de ensayos para realizar en el laboratorio.

VAP