



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ANÁLISIS
DE LA CIMENTACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE LA SUBDELEGACIÓN DEL IMSS EN TULA DE
ALLENDE, HIDALGO.**

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A

HUERTA TORRES YAZMIN JOCELIN

ASESOR

ING. GABRIEL RUIZ GONZÁLEZ



Ciudad Nezahualcóyotl, Estado de México, 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mi madre...

Eres el motor y principal autora de lo que soy, gracias por tener la fortaleza de sacar adelante dos hijos tu sola, por haber enfrentado las duras pruebas que nos puso la vida con entera dignidad y con la frente muy en alto, y que gracias a tu esfuerzo hoy puedo terminar una carrera.

Además, te agradezco por entender que no soy perfecta, que no soy una muñeca que usa vestidos y tacones, y que has tenido la confianza y la paciencia para entender que la capacidad de un hijo no se mide por los adornos que lleve en la piel, sino por la entereza de ese hijo para alcanzar una meta.

Por ti y por mi hermano termino esto, y acepto sin ningún temor lo que viene para mí, porque me has enseñado que un título no es todo en la vida, sino que todo se gana con el sudor de la frente, a base de mucho trabajo para nunca tener que depender de nadie, más que de uno mismo, y eso mamá, es el ejemplo más grande que nos puedes dejar.

A mi padre...

Una enfermedad te aparto de mi lado, y ya no pudiste ver lo que he logrado, mucho menos lo que voy a lograr, a pesar de todo, te amé y te seguiré amando, aunque pasen los años te voy a recordar y a extrañar siempre.

A pesar del poco tiempo que estuviste para mí, forjaste mi carácter y me hiciste una mujer fuerte, y gracias a ti, me aprendí a sostenerme de lo más valioso que tengo, que son mi hermano y mi mamá.

Tengo la plena seguridad que ahora, donde estas, estas orgulloso de mí, porque sabes que gracias a ti, no le tengo miedo a nada, y que además estoy segura de que cuidas cada uno de mis pasos, porque a pesar de todo, sé que me amaste con todo tu corazón, a tu manera, pero me amaste, tanto como yo te voy a amar siempre.

A mi hermano...

Cesar, mi niño, debes saber que antes de ti me sentía muy sola, en el momento que vi tu carita por primera vez, supe que nunca más sería así, que tu compañía y el simple hecho de saber que existes cambiaría todo para mí. Es por eso que eres mi motivo y mi más grande inspiración, que me hiciste valorar el gran significado de la vida, y entender lo valioso de proteger a alguien tan indefenso, y lo mejor de todo, ver como ese alguien está convirtiéndose en un gran hombre, y lo maravilloso que es saber que yo contribuí en educar a alguien como tú.

Sin tu presencia, este camino no hubiera tenido el sentido que hoy tiene, hoy y siempre, uno de los agradecimientos más grandes es para ti, y que gracias a este duro camino, te puedo garantizar que tú nunca estarás solo, y que gracias a esta carrera, tratare de que nunca te falte nada.

Quiero que mires tu futuro, porque yo ya lo hice, y veo en ti un hombre exitoso y muy capaz, sin embargo hay que tener paciencia, el tiempo pasa rápido, y quiero que cuando llegues a ese punto, mires al pasado con la frente en alto, que veas que tus raíces son fuertes y que nunca estuviste solo. Lo más importante es siempre estar orgulloso de la persona que fuiste y que valores cada paso que des, pues aunque la vida te pondrá pruebas, sé que superarás cada una de ellas. Te amo.

A mi familia...

La palabra familia es un concepto socialmente grande, pero cada persona lo entiende de diferente manera, y un apellido o lazo sanguíneo no necesariamente te lleva a querer a cada una de las personas que comparten esas características.

Sin embargo, son las pruebas y los hechos los que te hacen valorar ese significado, familia, es aquella que recorre contigo el camino difícil, que juntos van de la mano superando los retos que te pone la vida, y debo darle las gracias a esas contadas personas que no nos dejaron solos cuando mi papá murió, que nos recibieron en el momento más duro de nuestras vidas, y que gracias al apoyo que le dieron a mi mamá y por consecuencia a Cesar y a mí, tuve la fortuna de estudiar en la máxima

casa de estudios, y que son esas personas que han sido un soporte para poder seguir con esto sin detenerme.

Quisiera agradecer a cada uno, pero saben que es sumamente complicado, sin embargo, debo destacar el apoyo de mis abuelos maternos, mis tíos Hilda y su esposo Lucio, Daniel, Vero y Roció "Pita". Gracias a cada uno de ustedes, porque me han apoyado de maneras diferentes, económicamente y moralmente.

Hay otras personas especiales en mi vida, mi tío Humberto y Alfredo y sus respectivas familias, padres de todos los primos pequeños, cuyo único deseo que tengo para ellos, es que salgan adelante.

Y al cielo, a una viejita maravillosa a la que pude amar profundamente, mi bisabulelita Conchita, gracias mi viejita hermosa por haberme cuidado, protegido y amado como si fuera su hija.

A mi primo Alan...

Quiero decirte que eres sumamente especial, a pesar de que tengo muchos primos, te vi crecer junto con mi hermano, y haberlos cuidado, es algo que no tiene precio, y confié en que Cesar y tú tienen la capacidad de lograr mucho más que una carrera, sé que pueden llegar mucho más lejos de lo que creen.

Sabes, muchas veces tuve ganas de desertar, algunas veces el miedo me dominaba, otras veces, el enojo y la impotencia se apoderaban de mí, pero llegaba a casa y los veía a ustedes dos, y entonces entendía que por lo menos había dos personitas podían seguir mis pasos, e incluso superarlos, ahora te garantizo que trabajare muy duro, y hare lo posible por demostrarles con un buen ejemplo que ustedes pueden llegar muy lejos,

Estudia, trabaja, y logra cosas, aprovecha la inteligencia y las posibilidades que tú tienes, te quiero mucho.

A Javier...

Con todo el amor del mundo, quiero agradecerte haber estado conmigo en los momentos de debilidad más grande, gracias por haberme hecho sentir querida cuando lo necesitaba y gracias por haberme hecho sentir protegida cuando me sentía llena de angustia.

A veces le pedimos mucho a la vida, pero hoy por hoy solo quiero que tú estés bien siempre, porque yo te aseguro que te voy a recordar como uno de los hombres más especiales de mi vida.

No puedo decir nada que no sepas ya, solo tenías que estar aquí, porque la fuerza que me dabas para continuar me acompañó prácticamente toda mi carrera, y siempre dijiste que el destino estaba escrito, y es hora de ver que nos tiene preparados.

A David...

David amigo, no hay palabras para expresar el amor que te tengo, eres como mi hermano, y fue un placer recorrer este camino contigo. Te quiero.

Al Sr. Alfonso...

Señor, aunque usted solo es el jefe de mi madre, nos apoyó más allá de solo emplear a mi madre, lo veo hoy como alguien admirable y digno de mi agradecimiento y respeto.

A mi asesor...

Ingeniero Gabriel Ruiz, le agradezco profundamente su apoyo y sobretodo su enorme paciencia para ayudarme a sacar adelante este trabajo, le agradezco brindarme los conocimientos necesarios para querer desarrollarme en esta hermosa área de la ingeniería. La geotecnia cobra vida cuando alguien como usted se para frente al pizarrón a dar una clase.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	IV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	V
OBJETIVO.....	VI
1.- DATOS.....	1
1.1.- DATOS BÁSICOS DE LA REGIÓN	1
1.1.1.- LOCALIZACIÓN.....	1
1.1.2.- TOPOGRAFÍA	2
1.1.3.- GEOLOGÍA	2
1.1.3.1.- SUELO.....	4
1.1.3.2.- CONTAMINANTES DEL SUELO.....	4
1.1.4.- SISMICIDAD	5
1.1.4.1.- COEFICIENTE SÍSMICO PARA EL PROYECTO	5
1.1.5.- CLIMA.....	6
1.1.5.1.- VIENTOS	6
1.1.6.- ACTIVIDAD ECONÓMICA	7
1.1.6.1.- AGRICULTURA.....	7
1.1.6.2.- GANADERÍA	7
1.1.6.3.- PESCA	8
1.1.6.4.- INDUSTRIA Y COMERCIO	8
1.1.6.5.- TURISMO	9
1.1.7.- DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS.....	10
1.1.7.1.- EDUCACIÓN	10
1.1.7.2.- SALUD.....	11
1.1.7.3.- DEPORTE.....	11
1.1.7.4.- SERVICIOS BÁSICOS	11

1.1.7.5.- VÍAS DE COMUNICACIÓN	12
1.1.7.6.- MEDIOS DE COMUNICACIÓN	12
1.2.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO	13
1.2.1.- <i>FUNCIONES DEL COMPLEJO</i>	18
2.- MUESTRO Y EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	21
3.- PRUEBAS DEL LABORATORIO	34
4.- CARACTERÍSTICAS Y ESTRATIGRAFÍA DEL SUELO	41
5.- ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.....	50
5.1.- CAPACIDAD DE CARGA.....	51
5.1.1.- <i>CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA</i>	52
5.1.2.- <i>CAPACIDAD DE POR FRICCIÓN LATERAL</i>	53
5.2.- ESTADO LÍMITE DE FALLA EN CONDICIONES ESTÁTICAS	54
5.3.- ESTADO LIMITE DE FALLA EN CONDICIONES DINÁMICAS.....	54
5.4.- ESTADO LÍMITE DE SERVICIO.....	55
5.5.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA EXCAVACIÓN PARA ALOJAR LOS PISOS.....	57
5.6.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS PILAS	60
6.- MEMORIA DE CÁLCULO	63
6.1.- LIMITES DE CONSISTENCIA.....	63
6.1.1.- LIMITE LÍQUIDO	64
6.1.2.- LIMITE PLÁSTICO.....	65
6.1.3.- ÍNDICE DE PLASTICIDAD	65
6.2.- ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.....	72
6.2.1.- <i>CAPACIDAD DE CARGA</i>	73
6.2.1.1.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA	74
6.2.1.2.- CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCIÓN LATERAL	75
6.2.2.- ESTADO LÍMITE DE FALLA EN CONDICIONES ESTÁTICAS	81

6.2.3.- ESTADO LIMITE DE FALLA EN CONDICIONES DINÁMICAS.....	81
6.2.4.- ESTADO LÍMITE DE SERVICIO	83
7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
REFERENCIAS	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	II
ANEXOS	IV

INTRODUCCIÓN

Con objeto de determinar la alternativa de cimentación más adecuada para la estructura de interés, se efectuaron diversos análisis de mecánica de suelos, basados en los resultados del muestreo y exploración del subsuelo que fueron realizados en el sitio de interés.

En este informe se partirá desde lo general, abarcando un poco los datos generales de Tula de Allende, para posteriormente hablar de los datos generales del proyecto, y las funciones que tendrá el complejo cuando entre en funcionamiento.

A partir de ahí, el trabajo se concentrara en describir los trabajos realizados, se reportan los resultados obtenidos y se redactan las recomendaciones, para el diseño y construcción de la alternativa de cimentación más adecuada para la estructura proyectada, para finalmente dar las conclusiones que se arrojaron a lo largo del estudio.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El presente trabajo pretende resolver y aportar la información necesaria para dar la mejor opción de cimentación para el complejo de la nueva Subdelegación del IMSS en Tula de Allende, Hidalgo, cuya estructura se proyectó solo para un nivel, pero que fue construida sobre un terreno que se encuentra sobre una barranca y que además, este terreno fue rellenado con materiales colocados a volteo, sin ningún control en cuanto a su constitución y compactación.

Por lo cual se buscara la solución a dicho problema utilizando los datos obtenidos entre las siguientes dos variables: 1) El muestreo y la exploración del subsuelo y, 2) las pruebas de laboratorio, para posteriormente poder determinar la mejor opción de cimentación.

OBJETIVO

Mostrar en base a los conocimientos en el área de geotecnia, bajo la normativa y forma de trabajo de los estudios de mecánica de suelos y procesos de cimentación actuales en México la aplicación de estos a un caso real, una estructura de un nivel para la Subdelegación del IMSS ubicada en Tula de Allende, Hidalgo, comenzando con la identificación del tipo de suelo, de acuerdo a su zona geográfica y con los estudios necesarios (en campo y en laboratorio), para posteriormente presentar el análisis del tipo de cimentación que se requerirá para la construcción del complejo y dando solución a la problemática anteriormente mencionada.

1.- DATOS

1.1.- DATOS BÁSICOS DE LA REGIÓN



Figura 1 Tula, vista de google maps

1.1.1.- LOCALIZACIÓN

Geográficamente el Municipio de Tula de Allende se ubica en la región del Valle del Mezquital.

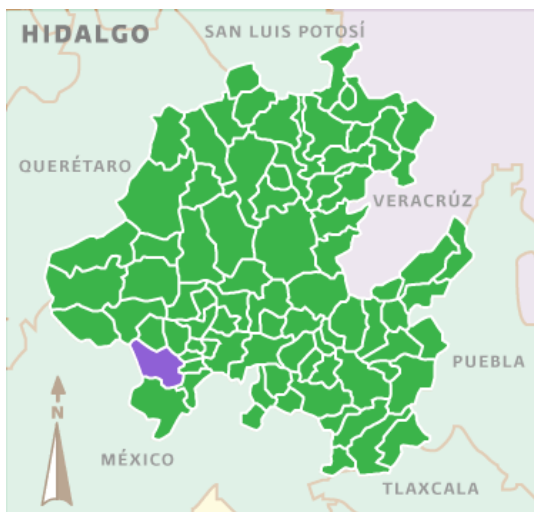


Figura 2 Mapa de Tula de Allende

Se localiza entre los paralelos $20^{\circ} 03'$ latitud norte y $99^{\circ} 21'$ longitud oeste del meridiano de Greenwich, tomando como base la Catedral, centro de Tula a una altitud de 2,020 metros sobre el nivel del mar.

Colinda al norte con Tepetitlán y Tlahuelilpan, al sur con Tepejé de Ocampo,

al este con Atotonilco, Atitalaquia y Tlaxcoapan, y al oeste con el Estado de México.

En cuanto a su extensión, Tula cuenta con una superficie territorial de aproximadamente 336.22 Km².

1.1.2.- TOPOGRAFÍA

El Municipio en su mayor parte es semiplano, ya que sólo cuenta con el cerro grande (Magoni). La parte llana del Municipio se encuentra entre Tula, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan y Atitalaquia.

Las barrancas se localizan en la cuenca del Río Rosas; Las montañas se ubican al occidente de la ciudad.

Los cerros están localizados al este y al oeste de Tula:

- Al este el cerro del cielito, que termina con una barranca tras los campos deportivos del centro "7 de agosto".
- Al oeste los cerros magueni y la malinche, del que toma el nombre una colonia.
- Al norte se localiza el cerro del "Xicucu" de origen volcánico.

1.1.3.- GEOLOGÍA

A partir de la información obtenida de pozos de exploración profundos, realizada por Petróleos Mexicanos, se ha identificado una evolución geológica semejante entre los valles de Toluca, México y Puebla, donde se localiza el municipio de Tula de Allende. En la parte este de Tula de Allende, existe Toba – Arenisca, la que es apta

para urbanizar, también existe una zona de Caliza, la que por sus características particulares la convierte en una zona única para procesos cementeros, por ello la presencia de la Cementera Cruz Azul.

Al poniente existen suelos medios como Andesitas y una pequeña parte de Riolita, las que también son aptas para urbanizar.

Esta semejanza radica en una estructura profunda que fue rellenada por varios kilómetros de rocas volcánicas del terciario y del Eoceno. Debajo de estos materiales se encuentran otros como anhídricas y conglomerados que pueden ser contemporáneos o más antiguos.

La porción del Eje Neovolcánico que se desarrolla en el estado de Hidalgo, está constituida predominantemente por rocas volcánicas terciarias y cuaternarias del tipo brechas, tobas y derrames riolíticos, intermedios y basálticos. Su composición y textura son variadas, las cuales forman en conjunto un extenso y grueso paquete que en algunos lugares llega a alcanzar varios miles de metros de espesor. Este conjunto ha sido superpuesto a las rocas sedimentarias mesozoicas por los fenómenos de vulcanismo. De estas últimas se encuentran algunos afloramientos que sobresalen en forma de cerros aislados en medio del dominio de las rocas ígneas, como ocurre en Tula de Allende, donde afloran cerros de caliza que tienen un uso industrial.

Las rocas ígneas ocupan la mayor superficie del territorio Municipal que representa aproximadamente el 78.6%. Le siguen las zonas cubiertas por materiales sin

consolidar que ocupan el 11.7% y finalmente las rocas de origen sedimentario que ocupan el 8% del total del territorio.

Los materiales sin consolidar de tipo aluvial y residual, se distribuyen a lo largo de los principales arroyos que drenan el territorio municipal y que confluyen principalmente al Río Tula; asimismo existe en la parte central del Municipio una gran área de material aluvial.

Las rocas sedimentarias en donde predominan las Lutitas y las Calizas, se distribuyen principalmente al sur del Municipio. Este último material es importante para la industria cementera de la Región.

1.1.3.1.- SUELO

La ciudad cuenta con suelos que son de medios a muy delgados y en las visitas de campo se apreció que tienden a tener mucha arena, por lo que resultan muy adecuados para el proceso de construcción.

1.1.3.2.- CONTAMINANTES DEL SUELO

Tradicionalmente el Valle del Mezquital se ha regado con aguas provenientes del Valle de México. Debido al deterioro en la calidad de las aguas, desde 1976 la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos realiza anualmente un muestreo de suelos a 3 profundidades en 204 sitios elegidos al azar, con el fin de monitorear el comportamiento de una serie de parámetros entre los que se encuentran: pH, Conductividad Eléctrica (CE), Cloruros, materia orgánica (MO), carbonatos totales (CT) y Boro.

1.1.4.- SISMICIDAD

El municipio de Tula de Allende, se ubica en la zona sísmica B, situación que le confiere una condición de baja sismicidad, con posibles movimientos de bajas o mínimas repercusiones.

Cabe señalar que se ha registrado sismicidad en la región de Actopan. Esta actividad está relacionada con sistemas de fallas que existen en la región, por ser esta la frontera norte del Eje Neovolcánico.

La sismicidad en Hidalgo es recurrente, pero no con las grandes magnitudes de los sismos en la Costa del Pacífico. El escenario más crítico sería la ocurrencia de un sismo mayor a 5.3 grados y que se pudieran generar daños en estructuras; no obstante el área de afectación sería menor a 70 Km.

En las inmediaciones del municipio de Tula se tienen dos sismos registrados en el periodo 1950-2011, ambos ocurrieron 1998, uno de 2.9 grados en Tepeji y otro de 3.2 en Tlaxcoapan, ambos indetectables para los humanos, hasta para aquellos que son muy sensibles.

1.1.4.1.- COEFICIENTE SÍSMICO PARA EL PROYECTO

En el capítulo 4 se describirá el coeficiente sísmico que se considera para el proyecto, pero cabe mencionar que por las características del mismo se tomara un coeficiente de 0.16.

1.1.5.- CLIMA

La Temperatura Media Anual se encuentra en el rango de los 16.5°C y los 18°C. Con tendencia a disminuir hacia las principales elevaciones que se ubican al poniente de Tula, hacia donde se marcan las isotermas de 16 y 14°C.

El rango de máximos, varía de 26.1°C a 25.5°C.

En cuanto a las mínimas, en el conjunto de estaciones analizadas se reportan mínimos que van de 7.6°C a 9.9°C.

1.1.5.1.- VIENTOS

Se reporta que en las estaciones Tepeji del Río, Presa Requena, El Salto, Tlautla, Tepetitlán, El Progreso de Obregón, El Banco y Ajacuba, la velocidad de los vientos es menor a 15 Km/hr. También se presentan calmas y ventarrones en condición de tormenta.

Es importante notar, que la pluma de las emisiones contaminantes del aire, que genera la Refinería y Termoeléctrica, tienen una dirección noreste-suroeste, excepto en los períodos de calma en donde la velocidad del viento es menor de 5 Km/hr, intervalos en los que la pluma cambia hacia el noroeste, en dirección a la ciudad de Tula.¹

¹ A) Lic. Cuatepotzo, M. & Et al. *TULA DE ALLENDE*. Tomado: Diciembre 18, 2016, de Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México Sitio web:

<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM13hidalgo/municipios/13076a.html>

B) Sin autor. (Sin año). *PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE TULA DE ALLENDE, ESTADO DE HIDALGO*. Tomado: Diciembre 18, 2016, [PDF]. pp.19-20, 25. Sitio web:

1.1.6.- ACTIVIDAD ECONÓMICA

1.1.6.1.- AGRICULTURA

Los principales cultivos que se producen en las comunidades del municipio son: maíz con una superficie sembrada de 6,020 hectáreas, frijol con 822 hectáreas, avena con 158 hectáreas, trigo con 46 hectáreas y algunas hortalizas, como calabaza con 95 hectáreas, tomate verde con 10 hectáreas, chile verde con 37 hectáreas y algunos cultivos de alfalfa.

En el aspecto de la fruticultura, se producen el nopal, la tuna, el durazno y el aguacate.

1.1.6.2.- GANADERÍA

En esta materia el municipio se caracteriza por la producción de los siguientes aspectos:

La población ganadera en el municipio se compone aproximadamente de 16,000 cabezas de ganado bovino, 6,500 cabezas de ganado porcino, 13,000 cabezas de ganado ovino, y 7,000 cabezas de ganado caprino.

En la avicultura, se crían aves de postura y engorda, con una población cerca de 156,000 aves, y 1,500 pavos.

En la apicultura existe una población de 300 colmenas, de las cuales se exporta la miel y cera de las abejas.

Por último en la cunicultura, se cría el conejo.

1.1.6.3.- PESCA

Las principales especies explotadas en el municipio son: la carpa, la barrigona, el bagre y el espejo.

1.1.6.4.- INDUSTRIA Y COMERCIO

En el municipio existen industrias de la transformación, extractivas, construcción, y maquiladoras. Las industrias más importantes son: la Termoeléctrica Francisco Pérez Ríos y la refinería de Petróleos Mexicanos Miguel Hidalgo, la Fabrica Cementera Cruz Azul y Tolteca.

El tipo de comercio que predomina es el abarrotes, la ropa, el calzado, tanto en el mercado municipal que es diario como en el "Tianguis", pero que se siente más la afluencia los sábados y los domingos. En el Tianguis se expenden artículos de exportación como radios, televisores, grabadoras, etc. Además cuenta con tiendas rurales, campesinas y urbanas, mercado, central de abastos, rastro, existen tiendas departamentales y de autoservicio en donde se lleva a cabo la venta de muebles, línea blanca, aparatos eléctricos y calzado.

El municipio cuenta con tiendas DICONSA, las cuales se encuentran distribuidas en el perímetro de éste.

1.1.6.5.- TURISMO

El Municipio cuenta con atractivos culturales y naturales.

En lo que respecta a los culturales, se encuentran por ejemplo; la Parroquia y ex convento de San José, ambos construidos en el siglo XVI.

En lo que se refiere a atractivos naturales, en el municipio podemos encontrar el balneario La Carreta, el cual cuenta con varias albercas y chapoteaderos infantiles alimentados por las aguas termales que surgen a más de 42°C. Este balneario ofrece servicio de hospedaje.

Otro balneario es el Parque Acuático la Cantera en donde cuenta con alberca y chapoteaderos.

Otro atractivo natural es la Presa Requena, la cual se compone de sencillos paisajes y un amplio cuerpo de agua en el que se pueden realizar paseos en lancha y practicar la pesca.

También podemos encontrar ruinas arqueológicas, como es el caso del Centro Ceremonial Arqueológico de la Tula Prehispanica, donde quedan restos del templo de Tlahuizcalpantecuhtli, también conocido como edificio de los Atlantes.

Así mismo se encuentra el Palacio Quemado, la Pirámide, el Corral, el Coatepantli, el Museo Jorge R. Acosta y el Seminario Mayor.

El municipio cuenta con servicio de hoteles; tales como el hotel Sharon de 4 estrellas, con 120 habitaciones; el hotel Las Plazas de 3 estrellas, con 60

habitaciones; el hotel Lizbeth de 4 estrellas, con 70 habitaciones; el hotel Catedral de 3 estrellas, con 27 habitaciones y por último el hotel Cuellar de 2 estrellas, con 37 habitaciones.

También cuenta con restaurantes, como: Los Fresnitos el cual se encuentra en segunda sección El Llano s/n; Los Truenitos se localiza en Tula-Jorobas núm. 4; La Choza de Don Tino ubicado en Km. 1. Tula-Refinería; El Malinalli, ubicado en Calzada Nacional Numero 3.

Para disfrutar la noche el municipio cuenta con los lugares siguientes; la Discoteque Millenium; Tapas Bar and Grill; Atlantis Vídeo Bar, la Discoteque Xcándalo y el Cosmos Tropical.

Cuenta además con casa de huéspedes, talleres mecánicos y eléctricos, gasolinera, refaccionarías, vulcanizadoras, llanteras, autotransporte y servicios profesionales.

1.1.7.- DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS

1.1.7.1.- EDUCACIÓN

En este rubro y basándose en datos estadísticos del INEGI el Municipio cuenta con buena infraestructura educativa en los niveles básicos e intermedios, pero en los niveles medio superior y superior debería de existir mayor cobertura ya que sólo cuenta con una Universidad Tecnológica, considerando que el municipio requiere de mayor infraestructura debido a las necesidades y a la actividad económica que en éste se realiza.

1.1.7.2.- SALUD

En este aspecto el Municipio cuenta con la infraestructura de unidades médicas como son las siguientes: Hospital Regional, 18 unidades de Centro de Salud, consultorios rurales y 2 unidades médicas del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS); 1 unidad médico familiar y Hospital del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), cuenta con 5 clínicas de PEMEX y Clínicas Particulares. Dando como resultado que existe una amplia cobertura de este servicio.

Además cuenta con casas de salud, las cuales prestan auxilio en este rubro.

1.1.7.3.- DEPORTE

En el Municipio, los jóvenes y adolescentes en sus ratos libres practican el fútbol, el béisbol y el voleibol; existe una reglamentación que interviene en la organización de eventos deportivos. Los adultos dentro de su condición física, practican deporte, de los cuales se destacan: las caminatas o andar en bicicleta.

1.1.7.4.- SERVICIOS BÁSICOS

En este rubro el Municipio cuenta con los servicios básicos de: agua potable, drenaje, alcantarillado, pavimentación, electrificación, alumbrado público, parque público, unidad deportiva, juegos infantiles, auditorio, panteón, mercado y rastro.

Estos servicios cubren la mayoría de las necesidades de la población dando como resultado un municipio con muy baja marginación

1.1.7.5.- VÍAS DE COMUNICACIÓN

El Municipio cuenta con la siguiente infraestructura de superficie carretera federal cinco kilómetros, de carretera estatal 40.10 kilómetros, de camino rural de terracería 18.60 kilómetros, de red ferroviaria 40 kilómetros, cuenta con central camionera, paradero de autobuses, líneas interurbanas y líneas intraurbanas.

En lo que se refiere a las vías férreas, dentro de los límites del municipio pasan cuatro: el ferrocarril México-Ciudad Juárez; México-Piedras Negras; Tula-Pachuca.

1.1.7.6.- MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Respecto al servicio de teléfonos, el municipio cuenta con una extensa red por medio de la cual se puede establecer comunicación a cualquier parte del país y del mundo. Según datos recibidos de la propia oficina central de Teléfonos de México está ubicada en la carretera de Tula-Tlahuelilpan-Pachuca.

El servicio de telégrafos es el más antiguo con que cuenta esta población; data de más de un siglo: A partir de la última década, Tula cuenta con radiodifusoras: En cuanto al servicio de correos, este también cuenta con una gran antigüedad, ya que existen sellos del 1 de julio de 1856.

Cuenta con una repetidora de televisión y el transporte urbano y rural lo realizan taxis particulares y autobuses urbanos y foráneos.²

² Lic. Cuatepotzo, M. & Et al. (2002) *TULA DE ALLENDE*. Tomado: Diciembre 20, 2016, Enciclopedia de los Municipios de México Sitio web: <http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/enciclomuni/municipios/13076a.htm>

1.2.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO

Fue solicitado el estudio de Mecánica de Suelos y análisis de la cimentación para la construcción de la Subdelegación del IMSS en Tula De Allende, Hidalgo.

El predio está ubicado En Carretera Tula Tepeji, Av. Universidad, Tula De Allende, Hidalgo, a 10 minutos del centro de Tula. La localización del predio se muestra en las figuras 3 y 4.

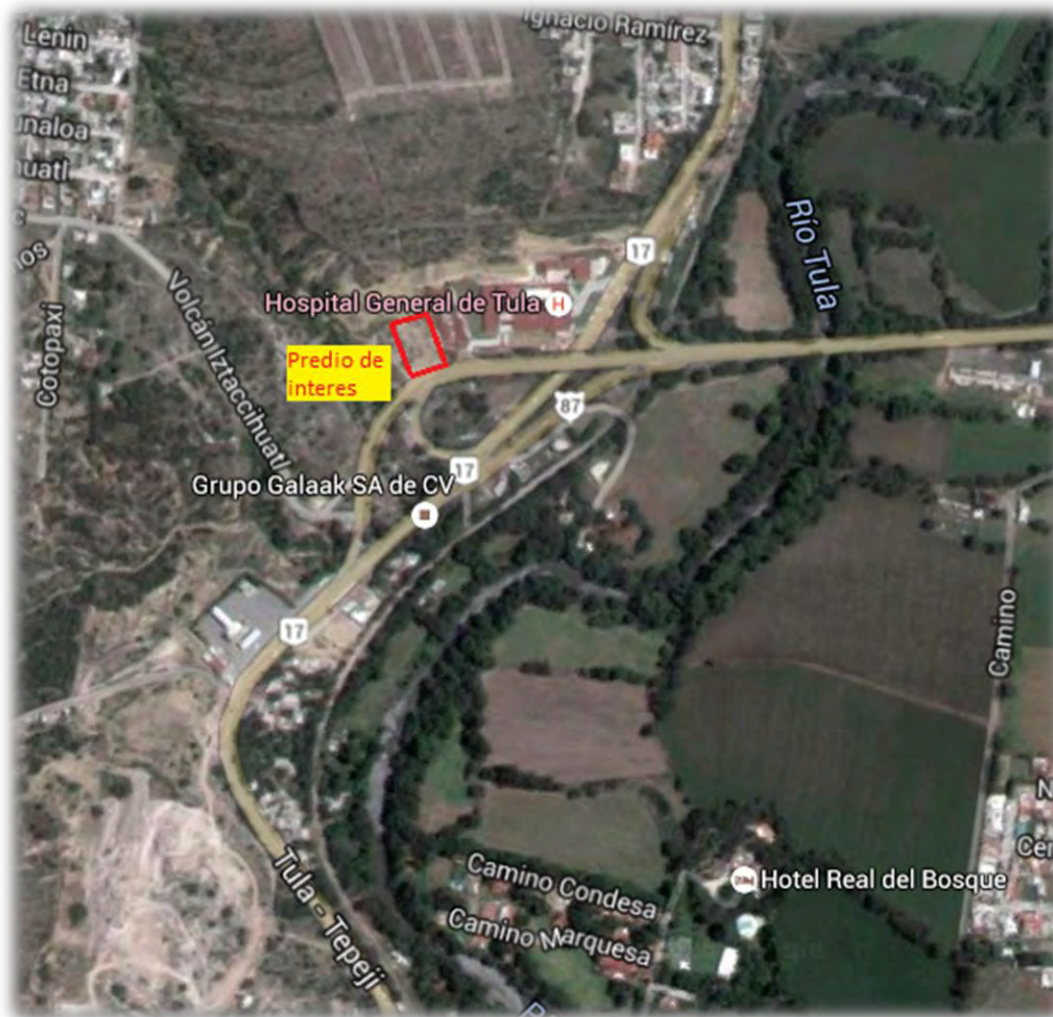


Figura 3 Croquis de localización



Figura 4 Área de interes

El predio de interés tiene forma trapecial, con un desnivel en el sentido Norte Sur, de aproximadamente 3.00m; y en el sentido Oriente Poniente, presenta una superficie sensiblemente horizontal. En la figura 5 se presenta el plano topográfico del predio.

El proyecto arquitectónico contempla el desarrollo del proyecto ejecutivo de la Subdelegación de Tula de Allende Hidalgo, se cuenta con una superficie de 3,541.42m², constituida por una estructura de un nivel, con piso terminado a la cota 0.00 m; a 0.80m por encima del arrollo vehicular, distribuidos de la siguiente forma, y que además se muestra en la figura 6 y 7:

- En Planta Baja se tendrá una estructura de un nivel de 1,000.00 m², estructurado a base de columnas, trabes y losa de concreto armado, con claros máximos entre columnas de 7.20 m, donde se alojaran las oficinas de la subdelegación, con nivel de piso terminado a la cota +0.80m.
- En la parte frontal, colindancia Sur se tendrá un estacionamiento por superficie, para visitantes, con nivel de piso a la cota -0.40 m.
- En la parte lateral, colindancia Oriente, se tendrá un estacionamiento por superficie para personal de la subdelegación, con nivel de piso a la cota +0.60 m.

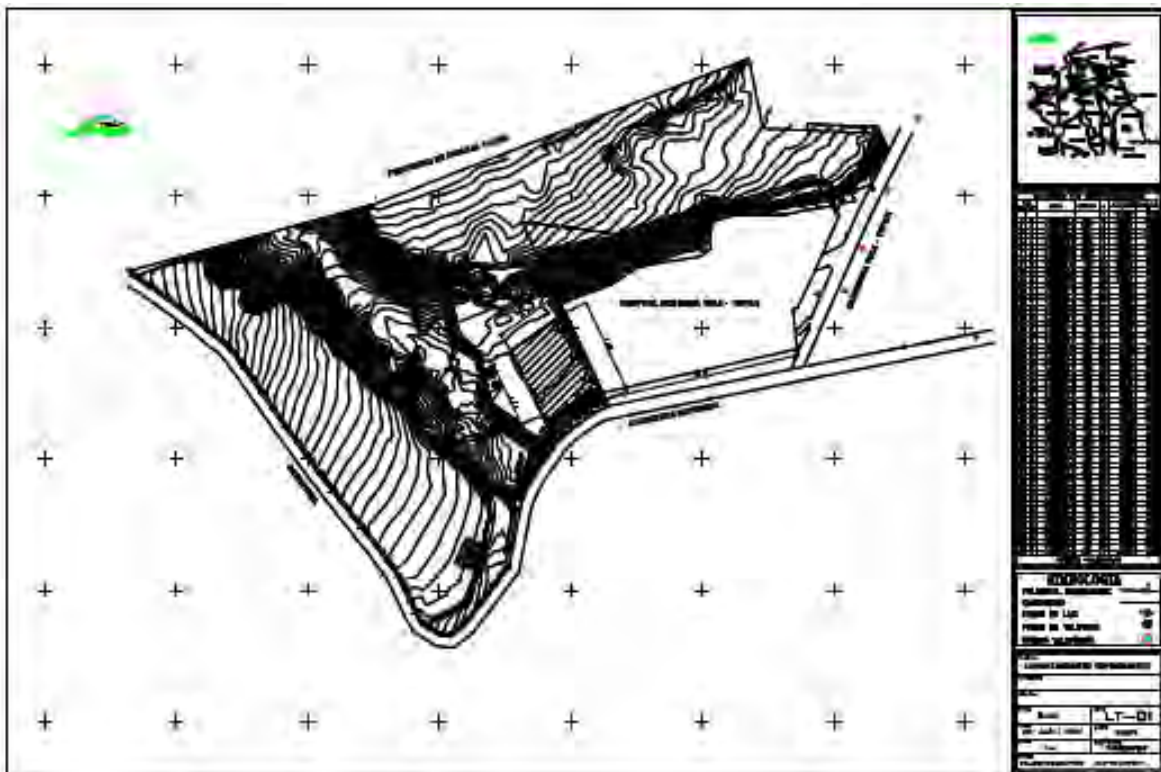


Figura 5 Plano topográfico

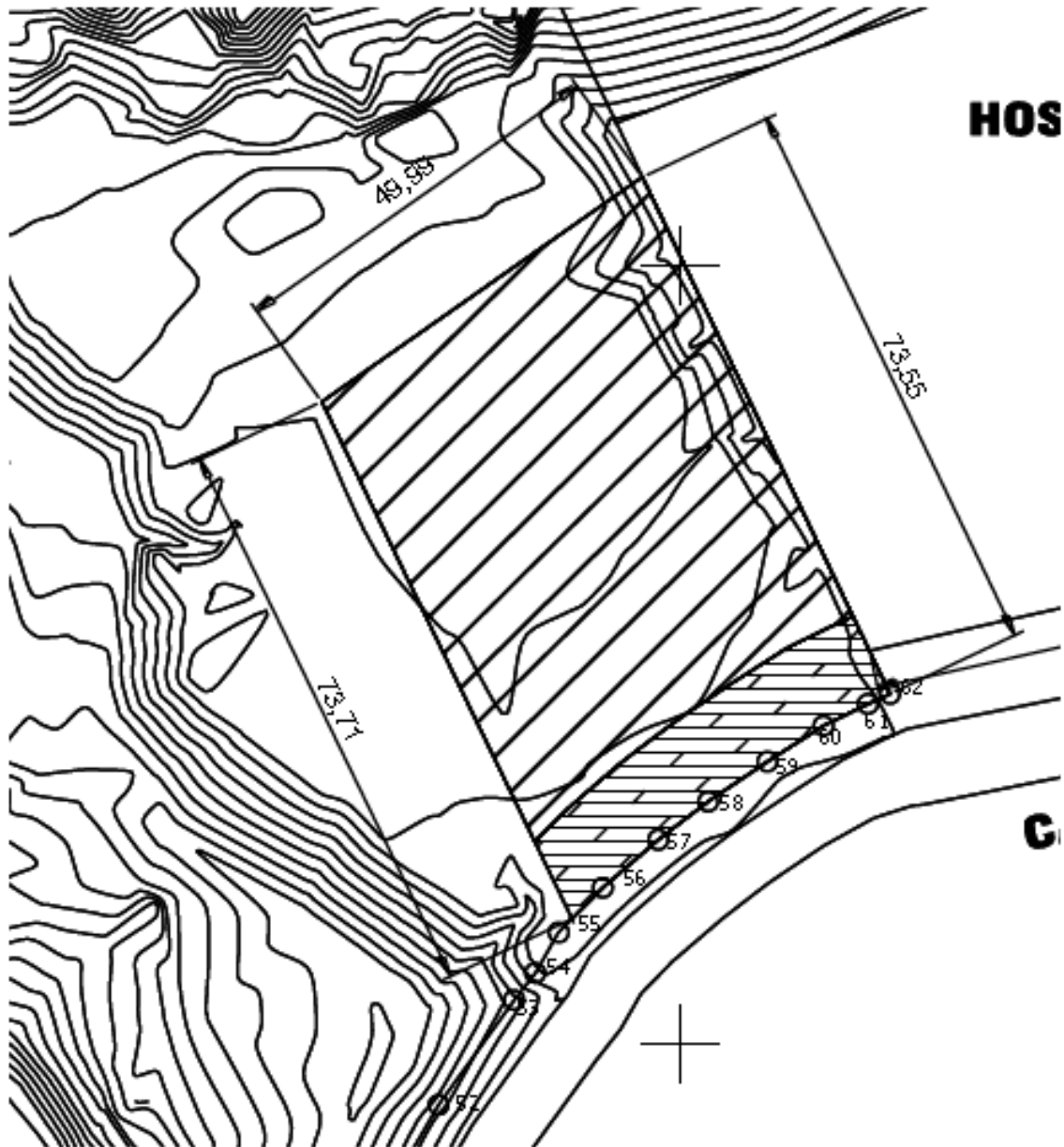


Figura 6 Acercamiento al área de interés en el plano.

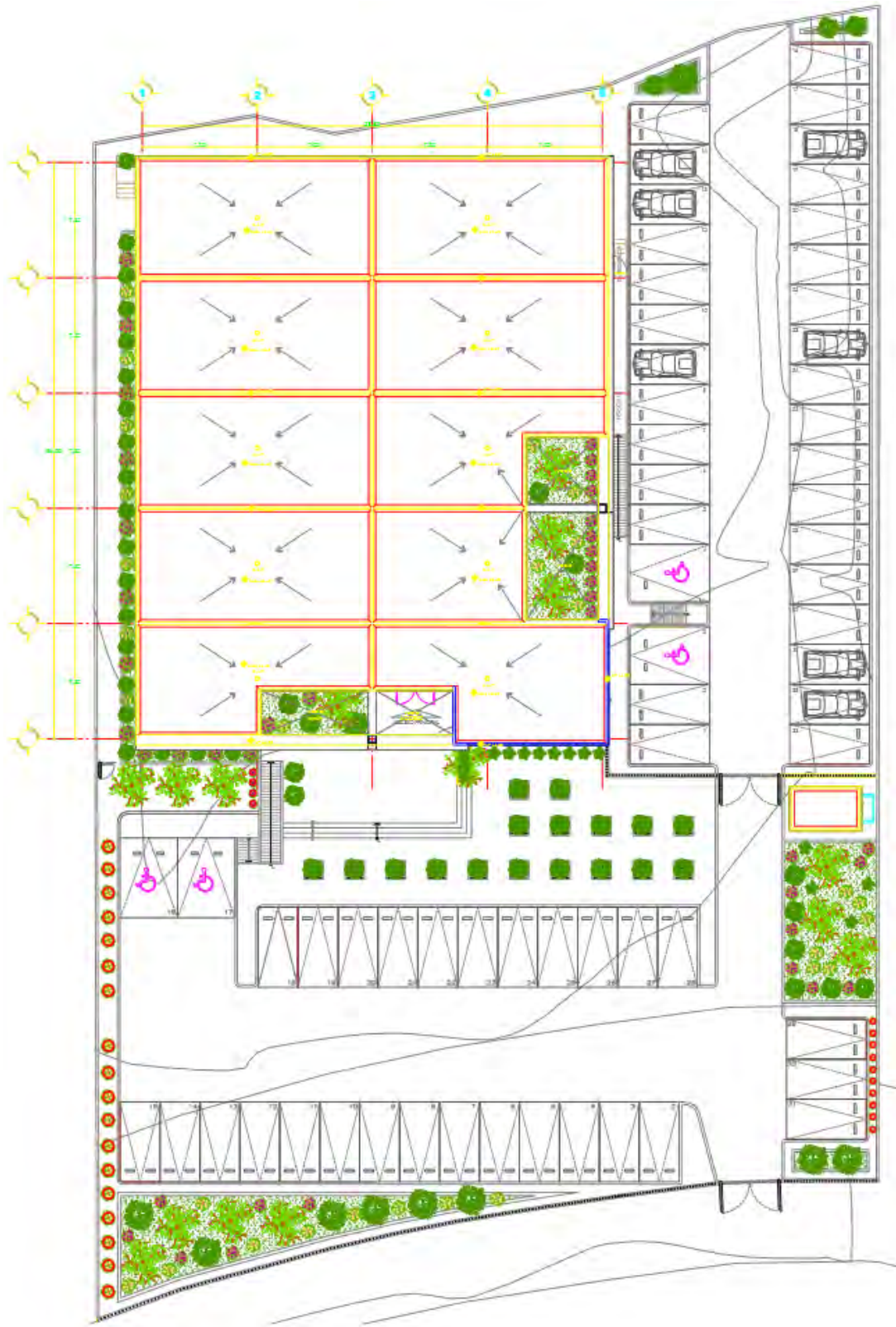


Figura 7 Planta de Conjunto

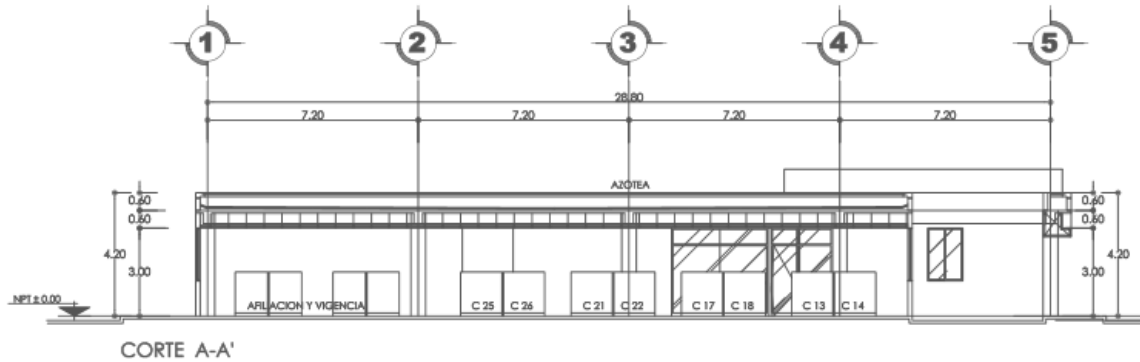


Figura 8 Corte longitudinal

1.2.1.- FUNCIONES DEL COMPLEJO

Para entender cuál es la finalidad del complejo, a continuación se describirán los asuntos que se resuelven en estas oficinas del Instituto Mexicano del Seguro Social.

“Las subdelegaciones del IMSS se pueden entender como órganos operativos y administrativos dependientes de las Delegaciones del Instituto Mexicano del Seguro Social.

Las funciones de las subdelegaciones del IMSS con los asegurados son:

1.- Ejecución de acuerdos y resoluciones emitidas por:

- Consejo Técnico del IMSS
- Dirección General del IMSS
- Dirección de Incorporación y Recaudación del IMSS
- Consejo Consultivo Delegacional y la Delegación

2.- Recepción de los documentos o escritos de inconformidad

3.- Turnar y enviar los documentos de inconformidad a la Delegación correspondiente con los antecedentes y documentos del caso, para su resolución por el Consejo Consultivo Delegacional;

4.- Registro de patrones y sujetos obligados

6.- Determinación de la prima del seguro de riesgos de trabajo.

7.- Certificación de la vigencia de derechos para para el asegurado;

9.- Rectificación de la clase, fracción y la prima de riesgo de las empresas.

10.- Asistencia en trámites a:

- Patrones y demás sujetos obligados,
- Trabajadores y demás sujetos de aseguramiento

11.- Recaudación de cuotas de los seguros de:

- Riesgos de trabajo,
- Enfermedades y maternidad,
- Invalidez y vida,
- Guarderías y prestaciones sociales,
- Salud para la familia y adicionales,
- Capitales constitutivos.

12.- Imponer y recaudar las multas

13.- Determinar, emitir, notificar y cobrar cédulas de liquidación por concepto:

- Cuotas obrero patronales.
- Capitales constitutivos.
- Actualización.
- Recargos y multas.

14.- Determinación, emisión y notificación de dictámenes, resoluciones de rectificación de clase, fracción y prima del seguro de riesgos de trabajo;

15.- Recepción de solicitudes presentadas por los patrones y demás sujetos obligados, relativas a la autorización de prórroga para el pago diferido o en parcialidades de los créditos fiscales a favor del Instituto.

16.- Dar de baja del régimen obligatorio a los patrones, sujetos obligados y asegurados.

17.- Autorización de la renovación extemporánea del aseguramiento en la incorporación voluntaria al régimen obligatorio MOD 40 y el seguro de salud para la familia Modalidad 33.”³

De esta manera, y de acuerdo al Reglamento de Construcciones, se considera la estructura como del grupo B. El cual indica que las estructuras de este grupo son edificaciones comunes destinadas a viviendas, oficinas y locales comerciales, hoteles y construcciones comerciales e industriales no incluidas en el Grupo A.

³ Sin autor. (2015). *SUBDELEGACIONES IMSS*. Tomado: Septiembre 25, 2016, IMSS, Sitio web: <http://www.segurosocial.social/subdelegaciones-imss/>

2.- MUESTRO Y EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Para este capítulo, se hablara de los trabajos de campo realizados para determinar el tipo de suelo.

Se debe destacar la importancia de determinar a qué profundidad se encuentran los materiales de depósito natural en el predio de interés, por lo cual, se efectuaron tres sondeos de tipo exploratorio, denominados **SPT-1, SPT-2 y SPT-3** a profundidades variables de 12.00m, 20.00m y 15.00m de profundidad, respectivamente, empleando la herramienta de penetración estándar.



Figura 9 Herramienta de penetración estándar



Figura 10 Muestra extraída de SPT



Figura 11 Extracción de muestra de SPT

Por medio de estos sondeos se obtuvieron muestras representativas alteradas, mediante la prueba de penetración estándar, la cual de acuerdo a las investigaciones de Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez se describe de la siguiente manera.

“Este procedimiento es quizá el que rinde mejores resultados en la práctica y proporciona información más útil en torno al subsuelo.

En suelos puramente friccionantes la prueba permite conocer la compacidad de los mantos que son la característica fundamental respecto al comportamiento mecánico del mismo. En suelos plásticos la prueba permite adquirir una idea de la resistencia a la compresión simple. Además, el método permite la obtención de muestras alteradas representativas del suelo en estudio.

El equipo necesario para aplicar el procedimiento consta de un muestreador especial o llamado también penetrómetro estándar, de dimensiones establecidas, mostrado en el esquema de la figura 12.

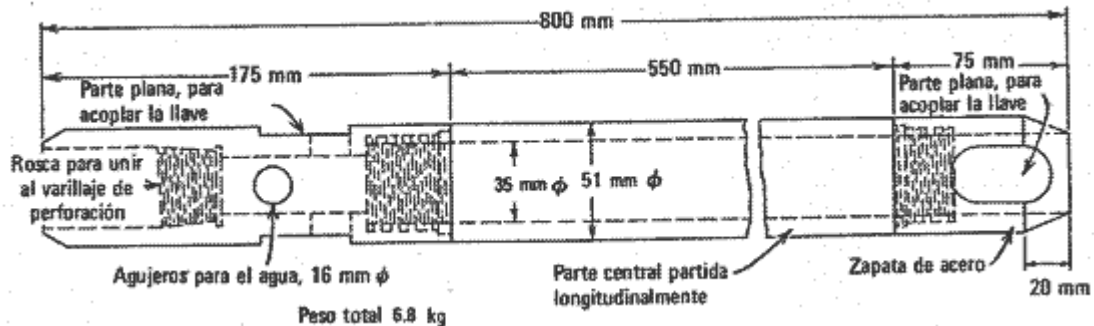


Figura 12 Esquema de penetrómetro estándar

Es normal que el penetrómetro sea de media caña, para facilitar la extracción de la muestra que haya penetrado en su interior. El penetrómetro se enrosca al extremo de la tubería de perforación y la prueba consiste en hacerlo penetrar a golpes dados por un martinete de 63.5 kg (140 libras) que cae desde 76 cm (30 pulgadas), contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración de 30 cm (1 pie). El martinete, hueco y guiado por la por la misma tubería de perforación, es elevado por un cable que pasa por la polea del trípode y dejado caer desde la altura requerida contra un ensanchamiento de la misma tubería de perforación hecho al efecto. En cada avance de 60 cm debe retirarse el penetrómetro, removiendo al suelo de su interior, el cual constituye la muestra.

El fondo del pozo debe ser previamente limpiado de manera cuidadosa con una posteadora o cuchara. Una vez limpio el pozo, el muestreador se hace descender hasta tocar el fondo y, seguidamente, a golpes, se hace que el penetrómetro entre 15 cm dentro del suelo. Desde ese momento deben contarse los golpes necesarios para lograr la penetración de los siguientes 30 cm. A continuación, hágase penetrar el muestreador en toda su longitud. Al retirarse el penetrómetro, removiendo el suelo de su interior, el cual constituye la muestra.”⁴

⁴ Juárez, E. & Rico, A. (3° Edición, 1974, séptima reimpresión). *Mecánica de Suelos, Tomo I: Fundamentos de la mecánica de suelos*. México, D.F.: LIMUSA. Pp. 620-623.

La ubicación de los sondeos se muestran en la figura 13 y el registro de perforación se muestran en las tablas de las figuras 14 a 16.



Figura 13 Ubicación del sondeo profundo spt-1 a SPT-3 y de los pozos a cielo abierto PCA-1 a PCA-4

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN											
OBRA: SUBDELEGACION IMSS TULA DE ALLENDE											
LOCALIZACIÓN TULA DE ALLENDE, HIDALGO.				FECHA DE INICIO: 15/07/2015							
POZO N° 1				TERMINACIÓN: 15/07/2015							
TIPO DE SONDEO: SPT											
PERFORADORA: LONG YEAR 34				BOMBA: MOYNO 3L6							

MUESTRA No.	PROFUNDIDAD (m)			RECUPERACIÓN			PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64kg ALTURA DE CAIDA 75cm			TIPO DE HERAMIENTA	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE	m	%	CR% (DEERE)	N° DE GOLPES EN			MUESTREO	
							15 cm	30 cm	15 cm		
1	0.00	0.60	0.60	0.15			3	11	6	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO. RELLENO
2	0.60	1.20	0.60	0.35			3	10	6	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO. CON GRAVAS AISLADAS
3	1.20	1.80	0.60	0.34			5	18	16	T.P.	LIMO COLOR CAFÉ CLARO CON GRAVILLAS. RELLENO
4	1.80	2.40	0.60	0.26			9	23	8	T.P.	LIMO COLOR GRIS CLARO CON GRAVILLAS. RELLENO
5	2.40	3.00	0.60	0.30			4	6	3	T.P.	LIMO COLOR GRIS CLARO CON GRAVILLAS. RELLENO
6	3.00	3.60	0.60	0.26			2	3	2	T.P.	LIMO COLOR GRIS CLARO CON GRAVILLAS. RELLENO
7	3.60	4.20	0.60	0.14			2	4	2	T.P.	LIMO COLOR GRIS CLARO CON GRAVILLAS. RELLENO
8	4.20	4.80	0.60	0.26			2	3	3	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS. RELLENO
9	4.80	5.40	0.60	0.16			2	5	3	T.P.	LIMO COLRO GRIS CON GRAVILLAS AISLADAS. RELLENO
10	5.40	6.00	0.60	0.24			2	5	3	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVAS AISLADAS. RELLENO
11	6.00	6.60	0.60	0.15			2	5	3	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS AISLADAS. TABIQUE EN ZAPATA
12	6.60	7.20	0.60	0.32			2	4	2	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS AISLADAS. RELLENO
13	7.20	7.80	0.60	0.17			2	7	4	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS AISLADAS. RELLENO
14	7.80	8.40	0.60	0.28			2	5	3	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS AISLADAS. RELLENO
15	8.40	9.00	0.60	0.16			3	7	7	T.P.	PARTE SUPERIOR. LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS
											PARTE INFERIOR. LIMO COLOR CAFÉ CLARO (CARBONATO DE CALCIO)
16	9.00	9.60	0.60	0.44			5	18	9	T.P.	LIMO ARCILLOSO Y GRUMOSO COLOR CAFÉ VERDOSO CLARO. PLASTICA (GRAVA AISLADA)
17	9.60	10.20	0.60	0.18			7	28	15	T.P.	ARCILLA GRUMOSA COLOR CAFÉ VERDOSO CLARO. PLASTICA
18	10.20	10.80	0.60	0.60			5	20	14	T.P.	ARCILLA COLOR CAFÉ VERDOSO. PLASTICA
19	10.80	11.21	0.41	0.25			13	50/26		T.P.	FRAGMENTO DE BOLEO
	11.21	11.40	0.19					AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA DE 2 15/16"
20	11.40	12.00	0.60	0.60			10	29	21	T.P.	ARCILLA COLOR CAFÉ VERDOSO. PLASTICA

Observaciones generales: _____ _____ _____ Ademe (m): _____	Turno de: _____ Hrs. Profund. del proyecto: 10.00 m Profundidad real: 12.00 m Operador: Sr. Duszano José Joaquín Supervisor: Ing. Gabriel Ruiz Gonzalez Fecha: 15 de Julio de 2015
--	---

Figura 14 Registro de campo SPT – 1

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: SUBDELEGACION IMSS TULA DE ALLENDE		
LOCALIZACIÓN: TULA DE ALLENDE, HIDALGO.	FECHA DE INICIO: 03/08/2015	
POZO N°: 2	TERMINACIÓN: 04/08/2015	
TIPO DE SONDEO: SPT		
PERFORADORA: LONG YEAR 34	BOMBA: MOYNO 3L6	

MUESTRA N°	PROFUNDIDAD m.			RECUPERACIÓN			PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64kg ALTURA DE CAIDA 75cm			TIPO DE HERRAMIENTA	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE	m	%	CR% (DEERE)	N° DE GOLPES EN			MUESTREO	
							15 cm	30 cm	15 cm		
1	0.00	0.60	0.60	0.07			3	8	5	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CALRO
2	0.60	1.20	0.60	0.35			4	11	7	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CALRO
3	1.20	1.80	0.60	0.39			4	25	16	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CALRO
4	1.80	2.40	0.60	0.15			7	38	26	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA COLOR GRIS VERDOSO
5	2.40	3.00	0.60	0.35			9	26	15	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS AMARILLENTO
6	3.00	3.60	0.60	0.25			8	25	16	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS AMARILLENTO
7	3.60	4.20	0.60	0.45			4	19	10	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS AMARILLENTO
8	4.20	4.80	0.60	0.25			6	19	16	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
9	4.80	5.40	0.60	0.35			3	18	13	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ VERDOSO. PLASTICO
10	5.40	6.00	0.60	0.27			7	28	19	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ VEDOSO PLASTICO
11	6.00	6.60	0.60	0.39			8	15	13	T.S.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ VERDOSO. PLASTICO
12	6.60	7.20	0.60	0.30			6	42	31	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
13	7.20	7.80	0.60	0.38			14	40	30	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
14	7.80	8.40	0.60	0.27			9	27	16	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
15	8.40	9.00	0.60	0.24			7	25	17	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
16	9.00	9.60	0.60	0.24			6	21	12	T.S.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
17	9.60	10.20	0.60	0.26			9	24	15	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
18	10.20	10.80	0.60	0.22			6	31	19	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
19	10.80	11.40	0.60	0.30			1	26	40	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
20	11.40	11.83	0.43	0.22			12	50/28		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
	11.83	12.00	0.17					AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
21	12.00	12.43	0.43	0.32			23	50/28		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
	12.43	12.60	0.17					AVANCE		B,T	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
22	12.60	13.05	0.45	0.21			15	50		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
	13.05	13.20	0.15					AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
23	13.20	13.80	0.60	0.38			10	35	37	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLRO CAFÉ CLARO

	13.05	13.20	0.15				AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
23	13.20	13.80	0.60	0.38		10	35	37	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLRO CAFÉ CLARO
24	13.80	14.20	0.40	0.24		16	50/15		T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
	14.20	14.40	0.20				AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
25	14.40	14.55	0.15	0.15		50			T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
	14.55	15.00	0.45				AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
26	15.00	15.40	0.40	0.38		15	50/25		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
	15.40	15.60	0.20				AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
27	15.60	15.97	0.37	0.25		18	50/22		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
	15.97	16.20	0.23				AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
28	16.20	16.80	0.60	0.45		11	48	38	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
29	16.80	17.15	0.35	0.33		16	50/20		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
	17.15	17.40	0.25				AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
30	17.40	17.80	0.40	0.39		15	50/25		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
	17.80	18.00	0.20				AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
31	18.00	18.39	0.39	0.32		16	50/24		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
	18.39	18.60	0.21				AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
32	18.60	19.20	0.60	0.60		11	40	35	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
33	19.20	19.65	0.45	0.30		15	50		T.P.	LIMOS ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
Nivel Freático (m): _____ Turno de: _____ Hrs.										Profund. del proyecto: 20.00 m
Observaciones generales: _____										Profundidad real: 19.65 m
Ademe (m): _____										Operador: Sr. Javier Solís
										Supervisor: Ing. Gabriel Ruiz Gonzalez
										Fecha: 7 de Agosto de 2015

Figura 15 Registro de campo SPT – 2

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: SUBDELEGACION IMSS TULA DE ALLENDE	
LOCALIZACIÓN: TULA DE ALLENDE, HIDALGO.	FECHA DE INICIO: 04/08/2015
POZO N°: 3	TERMINACIÓN: 04/08/2015
TIPO DE SONDEO: SPT	
PERFORADORA: LONG YEAR 34	BOMBA: MOYNO 3L6

MUESTRA N°	PROFUNDIDAD m.			RECUPERACIÓN			PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64kg ALTURA DE CAIDA 75cm			TIPO DE HERRAMIENTA	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE	m	%	CR% (DEERE)	N° DE GOLPES EN			MUESTREO	
							15 cm	30 cm	15 cm		
1	0.00	0.60	0.60	0.10			3	13	6	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CALRO
2	0.60	1.20	0.60	0.22			5	17	14	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
3	1.20	1.80	0.60	0.38			10	32	13	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
4	1.80	2.40	0.60	0.20			10	25	8	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
5	2.40	3.00	0.60	0.28			2	3	4	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
6	3.00	3.60	0.60	0.25			2	7	4	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
7	3.60	4.20	0.60	0.16			2	10	6	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
8	4.20	4.80	0.60	0.15			2	4	5	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
9	4.80	5.40	0.60	0.25			2	5	3	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
10	5.40	6.00	0.60	0.28			3	10	2	T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ OSCURO
11	6.00	6.60	0.60	0.37			1	2	1	T.S.	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ OSCURO
12	6.60	7.20	0.60	0.24			2	6	3	T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ CLARO
13	7.20	7.80	0.60	0.27			3	9	5	T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ CLARO
14	7.80	8.40	0.60	0.31			3	6	3	T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ CLARO
15	8.40	9.00	0.60	0.24			4	8	5	T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ CLARO
16	9.00	9.60	0.60	0.25			2	8	5	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO
17	9.60	10.20	0.60	0.20			3	11	7	T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO.
18	10.20	10.80	0.60	0.31			5	16	7	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
19	10.80	11.40	0.60	0.11			5	18	17	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
20	11.40	12.00	0.60	0.35			11	41	25	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
21	12.00	12.45	0.45	0.24			11	50		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
	12.45	12.60	0.15					AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.
22	12.60	13.00	0.40	0.32			13	50/25		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO
	13.00	13.20	0.20					AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA.

23	13.20	13.55	0.35	0.24			22	50/20		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO AMARILLENTO
	13.55	13.80	0.25					AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA
24	13.80	14.11	0.31	0.24			27	50/16		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO AMARILLENTO
	14.11	14.40	0.29					AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA
25	14.40	14.75	0.35	0.20			20	50/20		T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR GRIS VERDOSO AMARILLENTO
Nivel Freático (m): _____										Turno de: _____ Hrs.	
Observaciones generales: _____										Profund. del proyecto: 15.00 m	
_____										Profundidad real: 14.75 m	
_____										Operador: Sr. Javier Solis	
_____										Supervisor: Ing. Gabriel Ruiz Gonzalez	
Ademe (m): _____										Fecha: 4 de Julio de 2015	

Figura 16 Registro de campo SPT – 3

Durante la ejecución del sondeo se puso especial cuidado en observar la pérdida de lodos de perforación o la caída súbita de la herramienta de perforación que pudieran ser indicios de cavidades en el subsuelo o de materiales muy sueltos, así como la observación de la frontera entre los materiales de relleno de mala calidad y los materiales resistentes de depósito natural.

Para determinar las características estratigráficas y físicas superficiales del subsuelo, se excavaron 4 pozos a cielo abierto a profundidades variables 1.20 a 3.0 m de profundidad, con la ubicación que se muestra en la figura 12. Se inspeccionaron sus paredes determinando la estratigrafía mediante la clasificación de los materiales con técnicas de campo.



Figura 17 Perforación de PCA

Debido a la aseveración anterior, citare las investigaciones de los autores anteriormente mencionados (Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez) para describir en qué consisten los pozos a cielo abierto.

“Pozo a cielo abierto: Este método debe considerársele como el más satisfactorio para conocer las condiciones del subsuelo, ya que consiste en excavar un pozo de dimensiones suficientes para que un técnico pueda bajar directamente y examinar los diferentes estratos del suelo en su estado natural, así como darse cuenta de las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo. Desgraciadamente este tipo de excavación no puede llevarse a grandes profundidades a causa, sobre todo, de la dificultad de controlar el flujo de agua bajo el nivel freático; naturalmente que el tipo de suelo de los diferentes estratos atravesados también influye grandemente en los alcances del método en sí.

En estos pozos se pueden tomar muestras alteradas e inalteradas de los diferentes estratos que se hayan encontrado. Las muestras alteradas son simplemente porciones de suelo que se protegerán contra perdidas de humedad introduciéndolas en frascos o bolsas emparafinadas. Las muestras inalteradas deberán tomarse con precauciones, generalmente labrando la muestra en una oquedad que se practique al efecto en la pared del pozo. La muestra debe protegerse contra perdidas de humedad envolviéndola en una o más capas de manta debidamente impermeabilizada con brea y parafina.”⁵

⁵ Ídem, pp. 615 y 616.

El control y coordinación de la exploración de campo y de los ensayos en el lugar se efectuó por parte de un ingeniero especialista en geotecnia.

El perfil de los sondeos profundos y de los Pozos a Cielo Abierto excavados se presentara en el capítulo 4, donde se detallaran las características y estratigrafía del suelo en estudio.

3.- PRUEBAS DEL LABORATORIO

Después de obtener las muestras necesarias de los sondeos realizados para la determinación del tipo de suelo, estas se clasificaron en forma visual y al tacto, en estado húmedo y seco, mediante pruebas del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS); se determinó también su contenido natural de agua.

“Sistema Unificado de Clasificación de Suelos: La forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942 para usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En cooperación con la Oficina de Restauración de Estados Unidos, el sistema fue revisado en 1952. El Sistema Unificado de Clasificación clasifica los suelos en dos amplias categorías:

1. Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla NO. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S. G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso.
2. Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla NO. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos son también usados para la clasificación:

- W: bien graduado
- P: mal graduado
- L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50)”⁶

En las muestras extraídas se hicieron límites de consistencia y análisis granulométrico mediante mallas, se obtuvieron la densidad de sólidos, contracción lineal y expansión.

“Según su contenido de agua en orden decreciente, un suelo susceptible de ser plástico puede estar en cualquiera de los siguientes estados de consistencia, definidos por Atterberg.

1. Estado líquido, con las propiedades y apariencia de una suspensión.
2. Estado semilíquido, con las propiedades de un fluido viscoso.
3. Estado plástico, en que el suelo se comporta plásticamente.
4. Estado semisólido, en el que el suelo tiene la apariencia de un sólido, pero aun disminuye de volumen al estar sujeto a secado.
5. Estado sólido, en el que el volumen del suelo no varía con el secado.

Los anteriores estados son fases generales por las que pasa el suelo al irse secando y el establecimiento de estas se hace de manera puramente convencional, llamándole *límites de consistencia*.”⁷

⁶ Das, Braja M. (4° edición, 2013). *Fundamentos de ingeniería Geotécnica*. México, D.F.: Cengage Learning Editores. P. 82.

⁷ Juárez, E. & Rico, A. Op. Cit. Pp. 127 y 128.

Para conocer los parámetros de resistencia del suelo, se efectuaron correlaciones del número de golpes para determinar la consistencia y compresión simple del material en suelos finos y la compacidad y el ángulo de fricción interna en suelos friccionantes, en las tablas de las figuras 18 y 19 se presenta los valores para correlacionar el número de golpes obtenido de la prueba de penetración estándar según Terzaghi.

ARCILLAS (Relativamente insegura)	
<i>Numero de golpes por 30 cm</i>	<i>Consistencia</i>
Menos de 2	Muy blanda
2 – 4	Blanda
5 – 8	Media
9 – 15	Firme
15 – 30	Muy firme
Más de 30	Dura

Figura 18 Relación entre la consistencia de arcillas saturadas y numero de golpes "N" de la cuchara partida.

ARENAS (Bastante seguras)	
<i>Numero de golpes por 30 cm</i>	<i>Compacidad relativa</i>
0 -4	Muy suelta
5 – 10	suelta
11 – 30	Media
31 – 50	Compacta
Más de 50	Muy Compacta

Figura 19 Densidad de las arenas de acuerdo con los resultados de los ensayos normales de penetración.

⁸ Terzaghi, K. & Peck, R. (2° edición, 1973. 4° reimpresión). *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*. España: El ateneo. Pp. 337 y 343

A continuación en las figuras 20 a 22, se presentan los registros de laboratorio con los resultados de las pruebas para determinar los límites de consistencia y de porcentaje de finos.

CLASIFICACIÓN Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **IMSS TULA**
 SONDEO: **SPT-1** FECHA: **20-jul-15**

Muestra Nº	Profundidad m.	Tara Nº	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm ²	CLASIFICACIÓN
1	0.00 0.60	241	26.00	63.20	53.70	34.30		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
2	0.60 1.20	239	24.60	89.00	74.80	28.29		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
3	1.20 1.80	263	25.40	80.50	69.90	23.82		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
4	1.80 2.40	16	25.00	76.10	69.10	15.87		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
5	2.40 3.00	301	24.30	96.30	84.50	19.60		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
6	3.00 3.60	721	24.50	93.80	82.80	18.87		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
7	3.60 4.20	251	24.40	83.30	75.40	15.49		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
8	4.20 4.80	210	25.20	103.20	85.80	28.71		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
9	4.80 5.40	737	25.40	77.40	68.40	20.93		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
10	5.40 6.00	702	24.50	93.30	79.30	25.55		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
11	6.00 6.60	100-8	24.10	93.70	80.70	22.97		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
12	6.60 7.20	15	24.60	97.30	84.60	21.17		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ GRISACEO OSCURO CON POCA ARENA FINA
13	7.20 7.80	770	25.10	89.90	80.30	17.39		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
14	7.80 8.40	B-1	24.40	92.20	79.50	23.05		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
15	8.40 9.00	603	24.70	90.50	76.10	28.02		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
16	9.00 9.60	112-1	24.30	117.70	104.50	16.46		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
17	9.60 10.20	743	24.40	90.00	70.30	42.92		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
18	10.20 10.80	103	24.40	92.70	72.60	41.70		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
19	10.80 11.20	154	23.50	75.70	60.60	40.70		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
20	11.40 12.06	5	23.70	96.20	73.90	44.42		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA

Figura 20 Registro de laboratorio SPT- 1

CLASIFICACIÓN Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **IMSS TULA**
 SONDEO: **SPT-2** FECHA: **06-ago-15**

Muestra Nº	Profundidad m.	Tara Nº	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm ²	CLASIFICACIÓN
1	0.00 0.60	813	24.70	85.70	67.40	42.86		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON POCA ARENA FINA
2	0.60 1.20	15	24.70	89.40	70.00	42.83		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
3	1.20 1.80	100-9	24.60	67.60	56.00	36.94		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
4	1.80 2.40	811	24.70	69.30	56.50	40.25		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
5	2.40 3.00	251	24.50	92.70	73.00	40.62		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
6	3.00 3.60	732	25.50	96.70	76.70	39.06		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
7	3.60 4.20	F-1	24.10	89.00	70.60	39.57		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
8	4.20 4.80	729	23.80	76.10	61.40	39.10		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
9	4.80 5.40	101-0	24.10	83.90	67.60	37.47		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
10	5.40 6.00	742	24.50	79.40	62.50	44.47		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
11	6.00 6.60	H	24.70	89.80	70.10	43.39		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
12	6.60 7.20	B	24.40	73.70	58.40	45.00		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
13	7.20 7.80	F1	24.00	83.90	64.70	47.17		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
14	7.80 8.40	F-1	24.30	87.60	69.30	40.67		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
15	8.40 9.00	S-1	25.80	79.20	63.20	42.78		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
16	9.00 9.60	G	24.10	65.30	51.40	50.92		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
17	9.60 10.20	W	24.00	79.10	61.50	46.93		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
18	10.20 10.80	D	24.40	77.60	62.60	39.27		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
19	10.80 11.40	E	24.70	82.10	63.90	46.43		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
20	11.40 12.00	V	24.60	77.10	61.60	41.89		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
21	12.00 12.43	M	24.60	77.20	64.20	32.83		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
22	12.60 13.05	I	24.30	88.10	68.80	43.37		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
23	13.20 13.80	A	24.40	101.20	76.70	46.85		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
24	13.80 14.10	X	24.00	87.30	68.60	41.93		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
25	14.40 14.55	O	24.70	81.30	64.00	44.02		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
26	15.00 15.40	371	25.20	71.60	57.10	45.45		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA

27	15.60 15.97	L	24.30	79.10	62.60	43.08		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
28	16.20 16.80	P	23.70	82.10	64.80	42.09		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
29	16.80 17.15	K	24.40	80.90	62.80	47.14		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA}
30	17.40 17.80	J	24.70	91.30	71.30	42.92		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
31	18.00 18.39	R	24.20	77.40	60.60	46.15		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
32	18.60 19.20	602	23.50	96.30	76.10	38.40		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
33	19.20 19.65	181	24.50	85.60	66.70	44.79		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA

Figura 21 Registro de laboratorio SPT- 2

CLASIFICACIÓN Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **IMSS TULA**
 SONDEO: **SPT-3** FECHA: **06-ago-15**

Muestra Nº	Profundidad m.	Tara Nº	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm ²	CLASIFICACIÓN
1	0.00 0.60	118	24.40	67.50	55.60	38.14		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON POCA ARENA FINA
2	0.60 1.20	112	25.20	96.50	80.30	29.40		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
3	1.20 1.80	285	24.80	84.00	71.30	27.31		ARCILLA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
4	1.80 2.40	232	24.50	76.90	71.20	12.21		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
5	2.40 3.00	798	24.40	76.80	69.40	16.44		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
6	3.00 3.60	495	23.70	88.70	79.50	16.49		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
7	3.60 4.20	U	24.70	107.60	95.60	16.93		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
8	4.20 4.80	817	24.50	79.00	71.00	17.20		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
9	4.80 5.40	206	24.10	78.50	69.40	20.09		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
10	5.40 6.00	Q	24.50	86.60	69.20	38.93		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
11	6.00 6.60	4	25.40	72.10	62.00	27.60		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
12	6.60 7.20	807	23.50	74.00	65.90	19.10		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
13	7.20 7.80	601	24.30	78.60	71.60	14.80		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
14	7.80 8.40	405	26.50	82.10	70.40	26.65		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
15	8.40 9.00	217	23.20	83.50	73.90	18.93		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON POCA ARENA FINA
16	9.00 9.60	816	24.30	76.60	67.80	20.23		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON POCA ARENA FINA
17	9.60 10.20	103-1	24.20	88.10	77.80	19.22		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON POCA ARENA FINA
18	10.20 10.80	806	22.90	94.40	79.50	26.33		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
19	10.80 11.40	739	25.60	84.10	72.70	24.20		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
20	11.40 12.00	703	24.20	87.10	67.80	44.27		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
21	12.00 12.45	209	24.50	97.60	77.40	38.19		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
22	12.60 13.00	154	23.50	82.30	65.20	41.01		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
23	13.20 13.50	610	24.50	79.50	63.30	41.75		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
24	13.80 14.11	159	24.70	73.70	62.10	31.02		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
25	14.40 14.75	102-0	24.70	84.10	69.20	33.48		ARCILLA POCO LIMOSA GRIS VERDOSO CLARO CON ESCASA ARENA FINA

Figura 22 Registro de laboratorio SPT- 3

4.- CARACTERÍSTICAS Y ESTRATIGRAFÍA DEL SUELO

El sitio de interés se localiza al norte del Municipio de Tula de Allende presenta características estratigráficas similares a los suelos descritos como Zona 1 en el Reglamento de Construcciones, en el que en particular los materiales que constituyen el subsuelo corresponden a depósitos tobaceos de alta resistencia y baja compresibilidad.

El reglamento de construcciones define como Zona I, o zona de lomas Lomas, a suelos formados por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta Zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas y de cavernas y túneles excavados en suelos para explotar minas de arena.

El predio se encuentra sobre una barranca, que fue rellenada con materiales colocados a volteo, sin ningún control en cuanto a su constitución y compactación.

La estratigrafía en forma general del sitio de interés, puede resumirse de la siguiente forma:

- Entre la superficie y 9.20 m de profundidad en el SPT-1 y SPT-2 y de la superficie a los 10.00 m de profundidad en el SPT-3, se tiene una capa de materiales de relleno, constituido por un limo color gris, con gravillas aisladas, de consistencia variable muy firme superficialmente con índice de resistencia a la penetración estándar de 11 a 23 golpes, y de consistencia blanda entre los 2.40 m a la profundidad máxima del relleno, con índice de resistencia de 3 a 6 golpes.

- A partir de 9.20 m y hasta la máxima profundidad explorada que es de 20.0 m, se tiene un arcilla plástica, café verdoso, con índice de resistencia a la penetración estándar variable de 18 a >50 golpes, de consistencia variable de muy firme a dura.

El coeficiente sísmico que se consideró que actúa en la base de la construcción fue igual a 0.16 para construcciones del grupo B, en caso de que la construcción de interés se ubique dentro del grupo A, el coeficiente sísmico deberá incrementarse en un 50%., por considerarse que el subsuelo en el sitio de interés tiene características similares a la zona que el Reglamento de Construcciones denomina Zona de Lomas.

El nivel de aguas freáticas no se detectó hasta la máxima profundidad explorada en la fecha que se realizó la exploración.

Considerando las características de rigidez de la cimentación, la deformabilidad de los materiales del subsuelo y la presión de contacto aplicada a los materiales de apoyo por la cimentación, el módulo de reacción del suelo deberá considerarse de 3 kg/cm^3 .

A continuación en las figuras 23 a 29 se presentan los perfiles estratigráficos correspondientes a las pruebas de penetración estándar y a los pozos a cielo abierto estudiados.

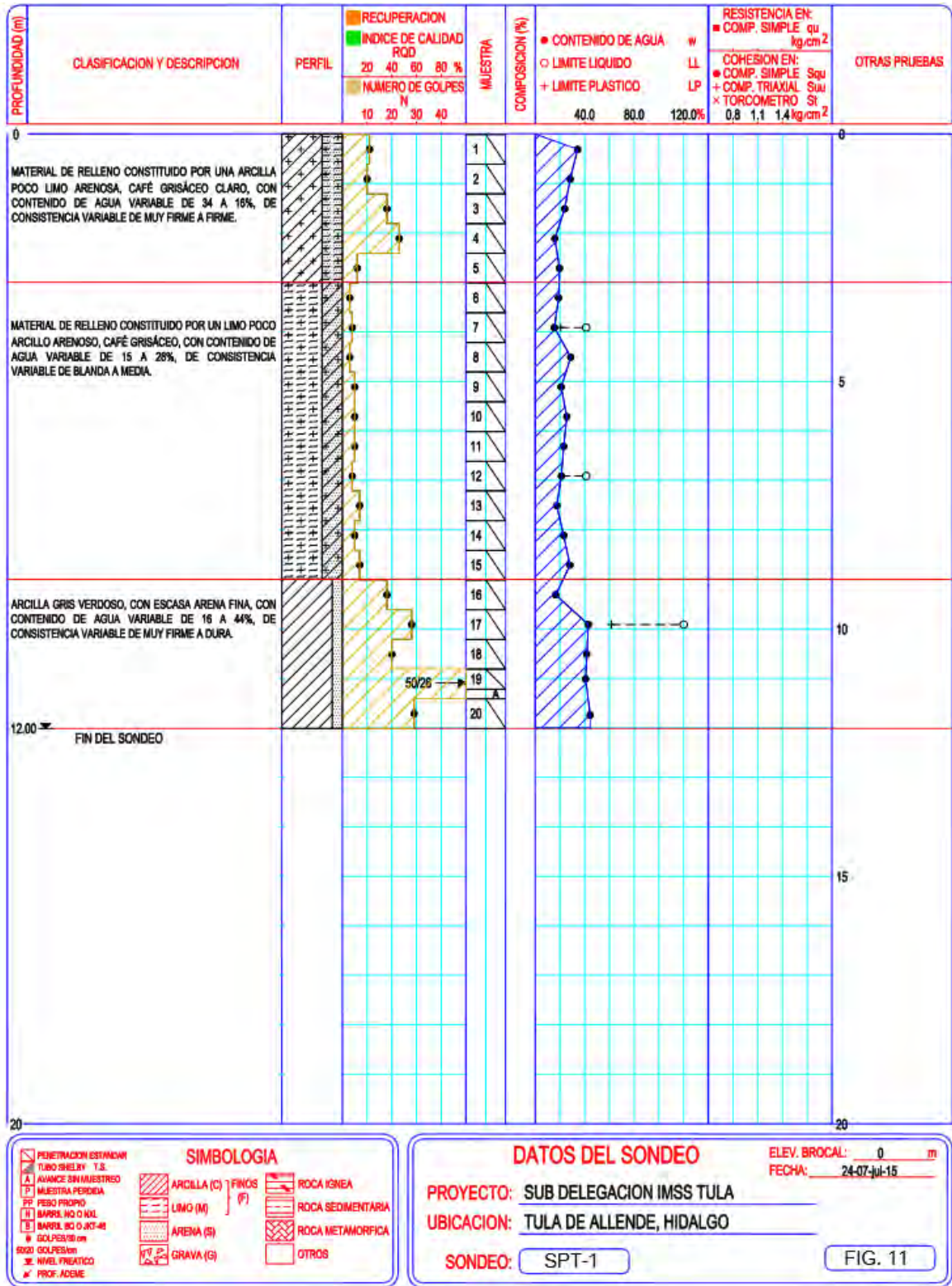


Figura 23 Perfil estratigráfico SPT - 1

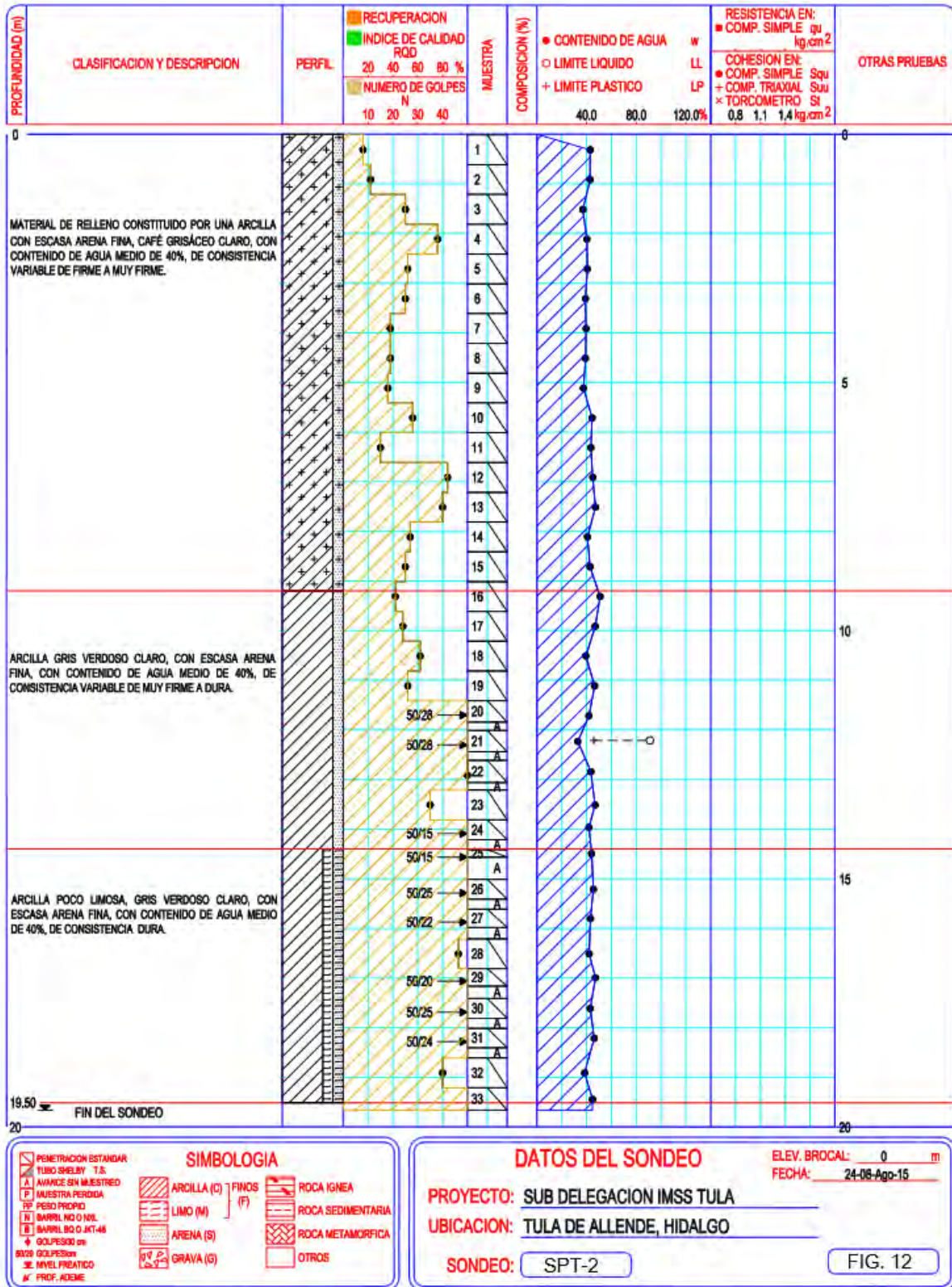


Figura 24 Perfil estratigráfico SPT - 2

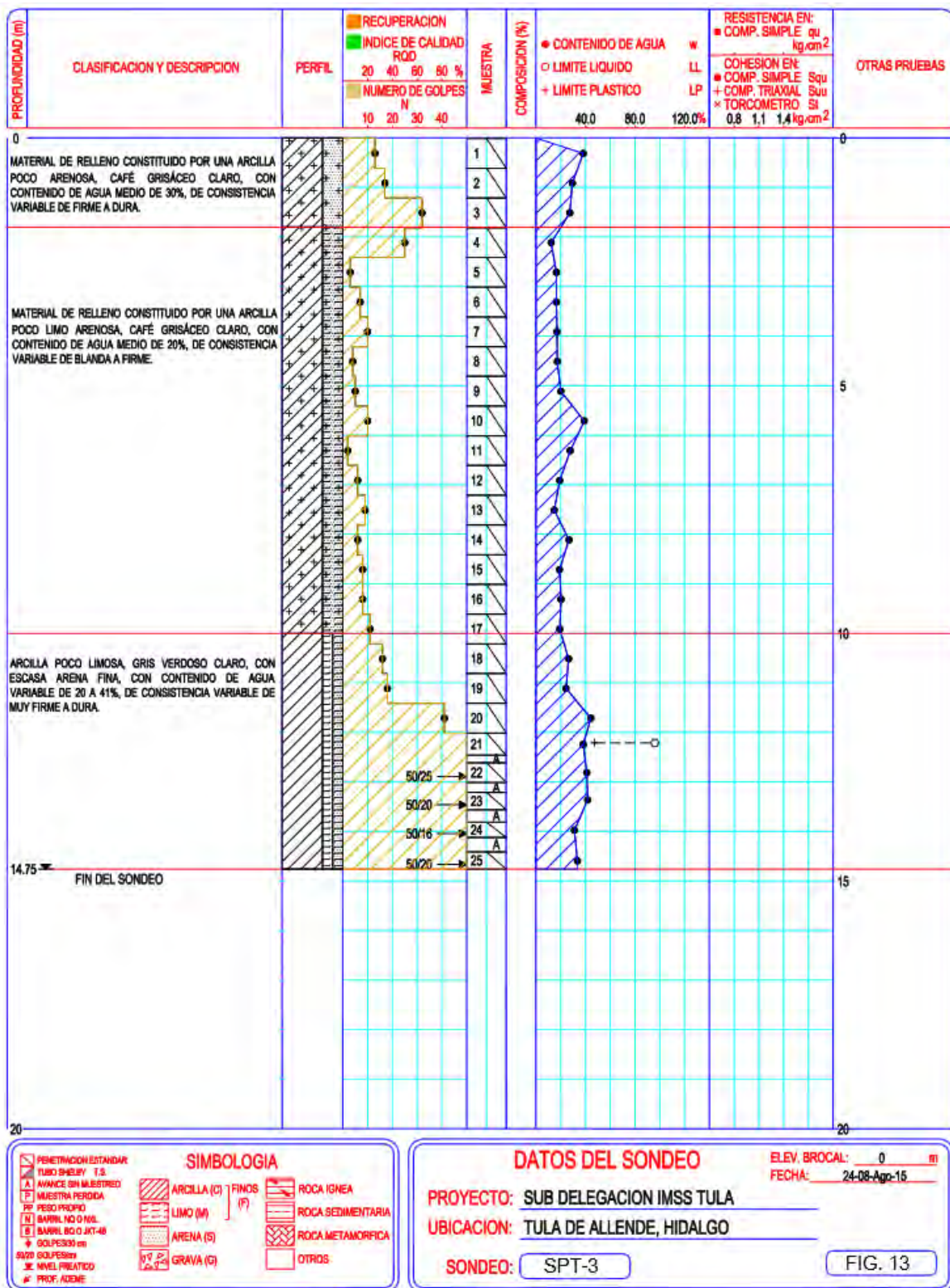
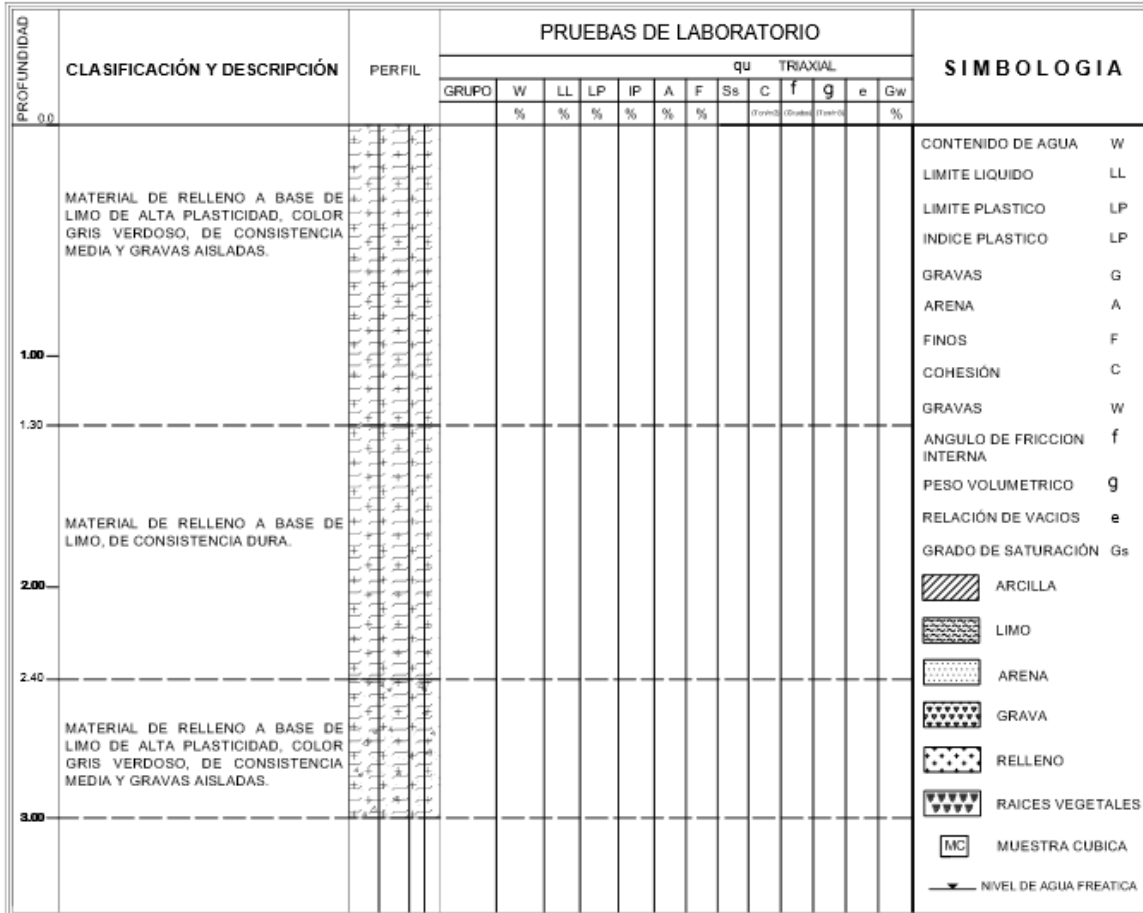


Figura 25 Perfil estratigráfico SPT - 3

Obra:	IMSS TULA DE ALLENDE, HIDALGO.	Prof. del Naf.:	NO SE ENCONTRÓ
Fecha:	16 de Julio de 2015	PCA'S:	No. 1
Supervisor:	Ing. Gabriel Ruíz González	Profundidad:	0.00 - 3.00 mts



Croquis de Localización

Observaciones

Figura 26 Perfil estratigráfico PCA - 1

Obra: IMSS TULA DE ALLENDE, HIDALGO.	Prof. del Naf.: NO SE ENCONTRÓ
Fecha: 16 de Julio de 2015	PCA'S: No. 2
Supervisor: Ing. Gabriel Ruíz González	Profundidad: 0.00 - 2.00 mts

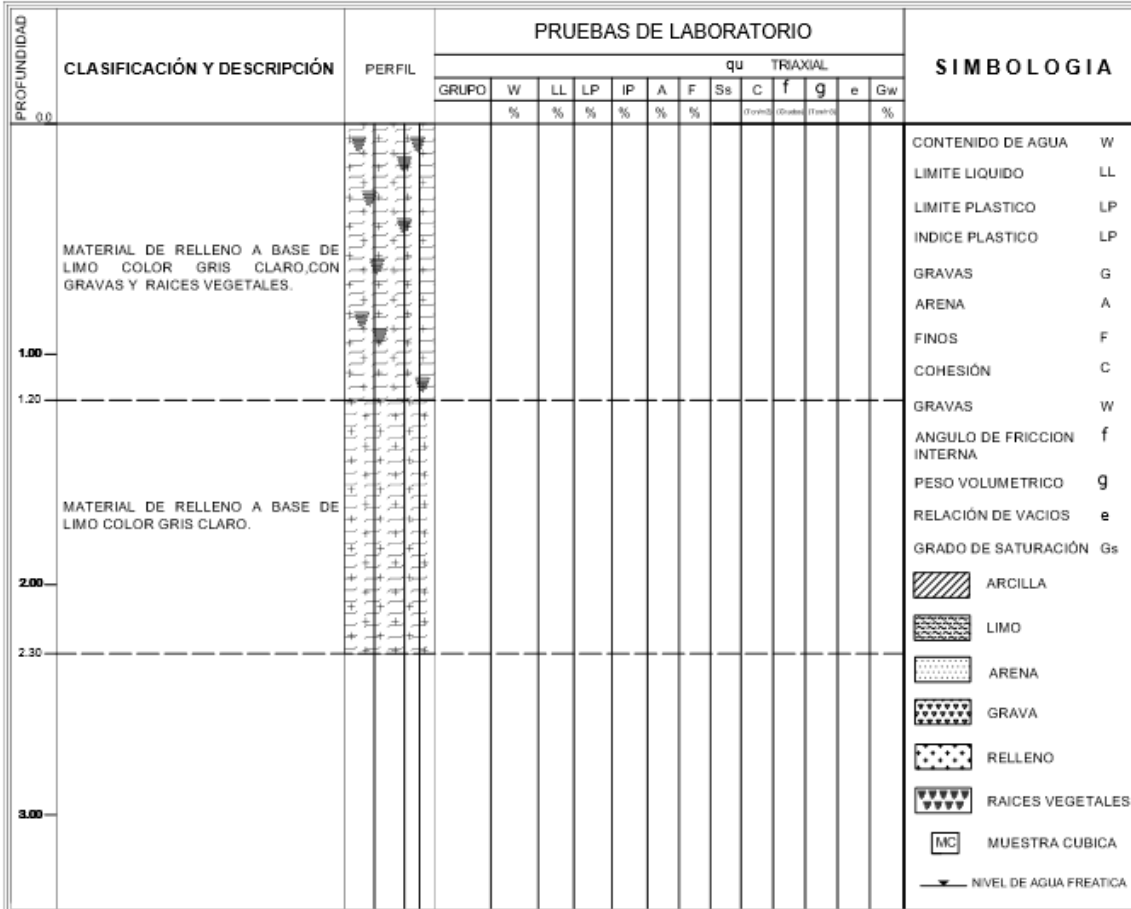
PROFUNDIDAD	CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN	PERFIL	PRUEBAS DE LABORATORIO												SIMBOLOGIA			
			GRUPO	qu TRIAXIAL														
				W	LL	LP	IP	A	F	Ss	C	f	g	e		Gw		
%	%	%	%	%	%	%	(ton/cm ²)	(ton/cm ²)	(ton/cm ²)	(ton/cm ²)	(ton/cm ²)	(ton/cm ²)	%					
0.00	MATERIAL DE RELLENO A BASE DE ARCILLA COLOR CAFE, CON RAICES VEGETALES.																CONTENIDO DE AGUA W	W
0.90																		LIMITE LIQUIDO LL
1.00	MATERIAL DE RELLENO A BASE DE LIMO COLOR GRIS CLARO CON GRAVAS AISLADAS.																LIMITE PLASTICO LP	LP
1.90																		INDICE PLASTICO LP
2.00																	GRAVAS G	G
																	ARENA A	A
																	FINOS F	F
																	COHESIÓN C	C
																	GRAVAS W	W
																	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA f	f
																	PESO VOLUMETRICO g	g
																	RELACIÓN DE VACIOS e	e
																	GRADO DE SATURACIÓN Gs	Gs
																	ARCILLA	
																	LIMO	
																	ARENA	
																	GRAVA	
																	RELLENO	
																	RAICES VEGETALES	
																	MUESTRA CUBICA	
																	NIVEL DE AGUA FREATICA	

Croquis de Localización

Observaciones

Figura 27 Perfil estratigráfico PCA - 2

Obra: IMSS TULA DE ALLENDE, HIDALGO.	Prof. del Naf.: NO SE ENCONTRÓ
Fecha: 16 de Julio de 2015	PCA'S: No. 3
Supervisor: Ing. Gabriel Ruíz González	Profundidad: 0.00 - 2.30 mts

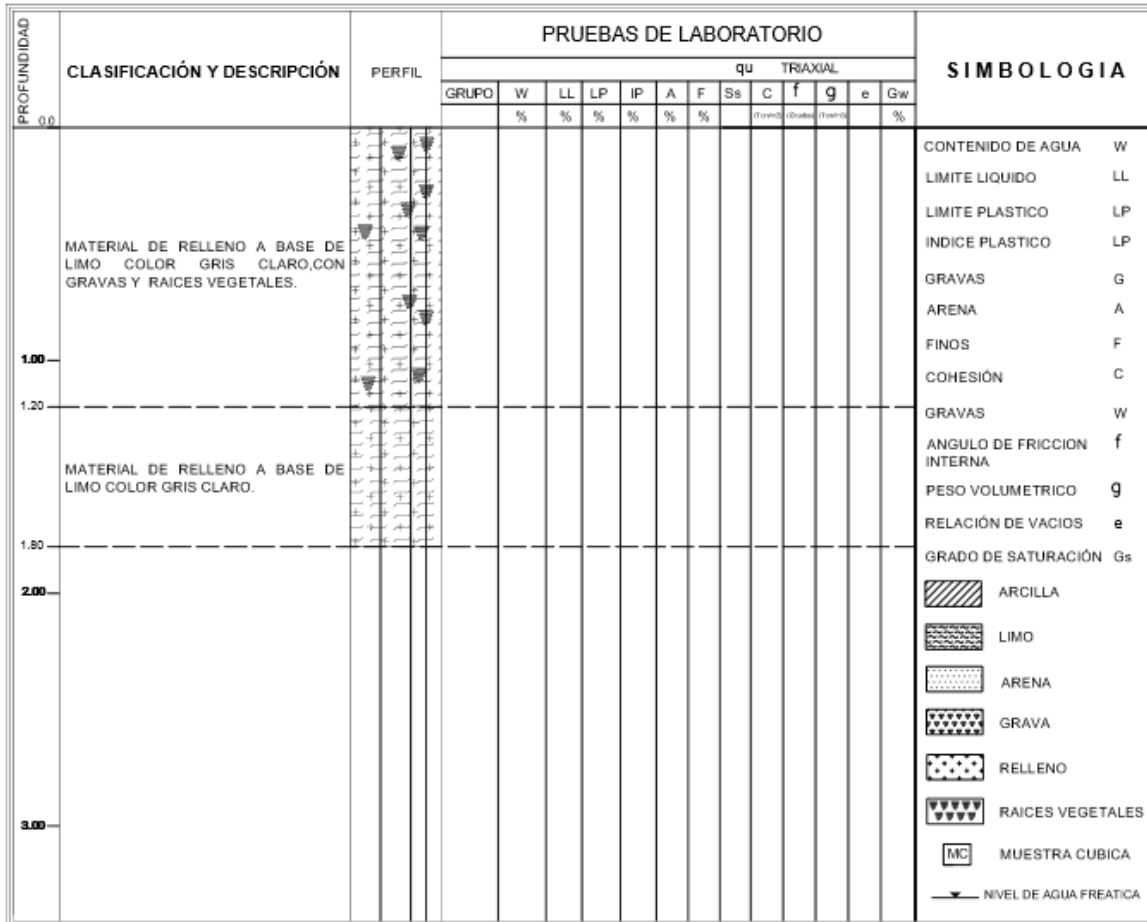


Croquis de Localización

Observaciones

Figura 28 Perfil estratigráfico PCA - 3

Obra:	IMSS TULA DE ALLENDE, HIDALGO.	Prof. del Naf.:	NO SE ENCONTRÓ
Fecha:	16 de Julio de 2015	PCA'S:	No. 4
Supervisor:	Ing. Gabriel Ruíz González	Profundidad:	0.00 - 1.80 mts



Croquis de Localización

Observaciones

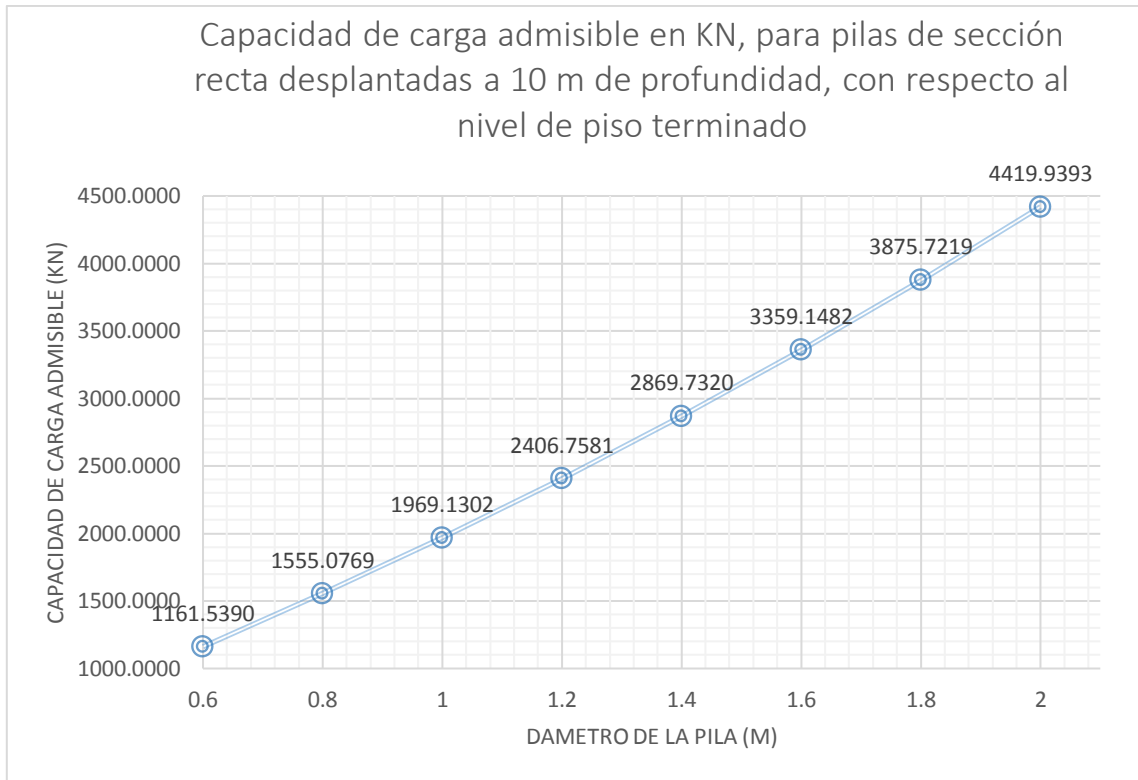
Figura 29 Perfil estratigráfico PCA - 4

5.- ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

Este capítulo presentara el análisis de la cimentación de la construcción, la determinación del tipo de cimentación más adecuado para el tipo de suelo que se estudió en los capítulos anteriores, en el cual se determinó que la problemática del predio se presenta hasta antes de los 10 m de profundidad.

Considerando las características arquitectónicas y estructurales del proyecto, y las características estratigráficas y físicas del subsuelo, en particular la existencia de materiales de relleno entre la superficie actual y 9.20 m de profundidad, constituidos por un limo gris, con gravillas asiladas, subyacidos por un depósito de arcilla café verdoso, plástica, se consistencia muy firme, se juzga que la cimentación más adecuada será mediante las siguientes alternativas:

- **Tipo de cimentación.** El tipo de cimentación que se considera más adecuado para la estructura proyectada, será con columnas apoyadas sobre pilas rigidizadas con contratraves, desplantadas en el estrato resistente, de fuste recto, coladas en seco.
- **Profundidad de desplante.** La profundidad de desplante para las pilas será a la profundidad de 10.00 m, con respecto al nivel +0.00, empotrada dentro de los materiales de origen natural, rebasando los materiales de menor capacidad.
- **Capacidad de carga de las pilas.** Las pilas se dimensionarán empleando la gráfica de la figura 30 donde se muestra la capacidad de carga contra el diámetro de la pila.



9

Figura 30 Capacidad de carga admisible

5.1.- CAPACIDAD DE CARGA

La capacidad de carga útil de las pilas (Q_a) se obtuvo de la siguiente expresión:

$$Q_a = C_p + C_f$$

Dónde:

- C_p = Capacidad de carga por punta.
- C_f = Capacidad de carga por fricción lateral

⁹ En la figura 30 se ha graficado las capacidades de carga útil para las pilas, en función del diámetro de la pila de su longitud y del empotramiento de su punta dentro de los materiales resistentes de depósito natural.

5.1.1.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA

$$C_p = [C N c^* F_R + P_v] A_b$$

Donde:

- F_R = Factor de resistencia igual a 0.35.
- P_v = Presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante.
- A_b = Área de la base de la pila.
- Nc^* : Factor de capacidad de carga, que es función, del ángulo de fricción interna, ϕ , definido por la siguiente tabla:

ϕ_u	0°	5°	10°
Nc^*	7	9	13

- ϕ : Angulo de fricción interna

Dónde:

- C_f = Capacidad por fricción lateral sobre el fuste de pilotes de punta o pilas.

5.1.2.- CAPACIDAD DE POR FRICCIÓN LATERAL

$$C_f = A_L f F_r$$

Donde:

- A_L = Es el área lateral del pila
- f = es la adherencia lateral media pila-suelo
- F_r = Se tomará igual a 0.7

De acuerdo al Reglamento de Construcciones vigente, la capacidad de carga de las pilas obtenidas con el criterio anterior, ($Q_a = C_p + C_f$), se deberá afectar por el resultado de la siguiente ecuación:

$$F_{re} = \left[\frac{B + 1}{2B + 1} \right]$$

Donde:

- F_{re} = Factor de reducción de capacidad de carga, para tomar en cuenta el efecto de escala.
- B = Diámetro de la base de las pilas, en m.

En los cálculos realizados, y que se presentaran en el siguiente capítulo, se consideró un ángulo de fricción interna de 10° (obtenido de correlacionar éste con las propiedades índice de los materiales de apoyo y de los resultados de las pruebas de penetración estándar).

5.2.- ESTADO LÍMITE DE FALLA EN CONDICIONES ESTÁTICAS

Una vez dimensionadas las pilas deberá revisarse la cimentación ante el estado límite de falla en condiciones estáticas, mediante la verificación de la siguiente desigualdad:

$$\sum QF_c < C_p$$

Donde:

- ΣQ = Suma de las acciones verticales debidas a la combinación de cargas permanentes, cargas vivas con intensidad máxima, más el peso de la cimentación, en ton.
- F_c = Factor de carga, adimensional e igual a 1.5.
- C_p = Capacidad de carga de las pilas, en ton.

5.3.- ESTADO LIMITE DE FALLA EN CONDICIONES DINÁMICAS

Una vez dimensionadas las pilas deberá revisarse la cimentación ante el estado límite de falla en condiciones dinámicas mediante el cumplimiento de la siguiente expresión:

$$\sum QF_c < C_p$$

Donde:

- ΣQ = Suma de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad instantánea y acción accidental más crítica (incremento de carga provocado por el momento de volteo debido al sismo), en ton.
- F_c = Factor de carga, que para este caso es igual a 1.1.
- C_p = Capacidad de carga admisible de las pilas, en ton.

5.4.- ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

De acuerdo a las NTC de cimentaciones, los asentamientos de este tipo de cimentación se calcularán tomando en cuenta la deformación propia de los pilotes o pilas bajo las diferentes acciones a las que se encuentran sometidas, incluyendo, en su caso, la fricción negativa, y la de los estratos localizados bajo el nivel de apoyo de las puntas.

Al calcular la emersión debida al hundimiento regional se tomará en cuenta la consolidación previsible del estrato localizado entre la punta y la cabeza de los pilotes durante la vida de la estructura.

Para este caso, la revisión del estado límite de servicio, se realizó mediante la estimación de asentamientos elásticos instantáneos que sufrirán las pilas debido a la deformación elástica de los materiales de apoyo y de los materiales que las

constituyen, debido a las cargas a que estarán sometidas, mediante la siguiente expresión¹⁰:

$$\delta = Q \left[\frac{L}{E_c A_f} + \frac{m C_s F_p}{E_s \sqrt{A_b}} (1 - u^2) \right]$$

Donde:

- δ = Asentamiento en la cabeza de la pila
- Q= Carga aplicada por la estructura, sobre la pila
- L= Longitud de la pila
- E_c = Módulo de elasticidad del material que constituye la pila.
- A_f = Área transversal del fuste de la pila.
- m= Factor de forma, igual a 0.95, para área de cimentación circular o cuadrada.
- C_s = Factor de rigidez, igual a 1.0 para cimentación flexible.
- F_p : Factor de profundidad, igual a 0.5 por ser $D_f/B > 5$
- E_s = Módulo de elasticidad del suelo de apoyo de las pilas
- u= Relación de Poisson
- A_b = Área transversal de la base de la pila

Considerando un módulo de elasticidad, del manto de apoyo de las pilas, de 12,000 ton/m² (obtenido de correlacionarlo con las propiedades índice de estos materiales)

¹⁰ V. Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Tomo I. Pp VI-44 1970 Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.

y una relación de Poisson de 0.35, se obtuvieron los asentamientos elásticos, para pilas de base circular, los cuales se presentan gráficamente en la figura 31, que son admisibles. Los asentamientos evaluados son de tipo elasto-plásticos y se presentarán durante la construcción de la estructura.

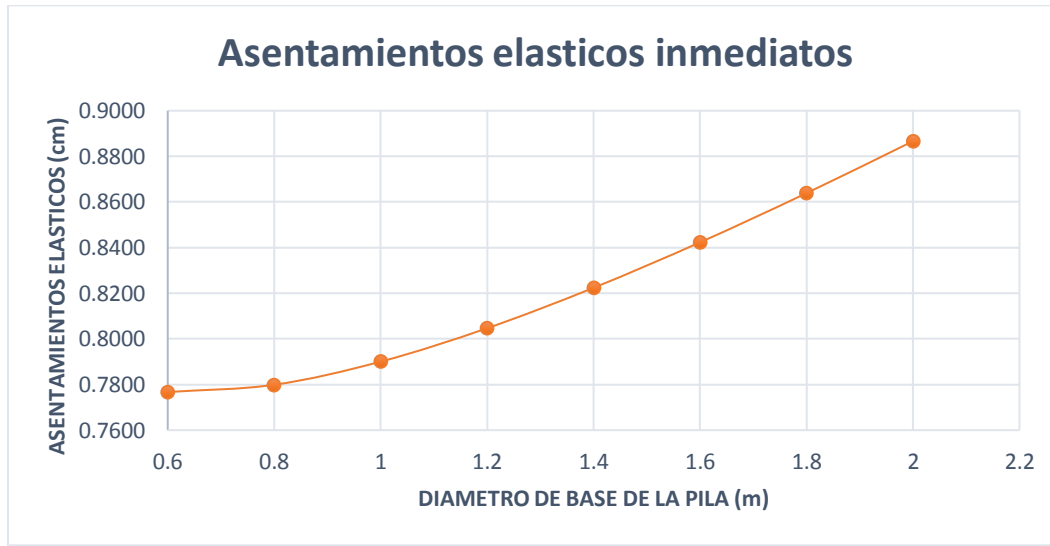


Figura 31 Asentamientos elásticos

5.5.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LA EXCAVACIÓN PARA ALOJAR LOS PISOS

A continuación se indica en general el procedimiento constructivo para la excavación necesaria para apoyar los pisos que tienen un nivel de piso terminado a la cota +0.80m con respecto al nivel 0.00.

a) Se realizara un despilme a la cota 0.00 m, para retirar la capa de suelo vegetal y parte de los materiales de relleno; estos se retiraran fuera del área de interés, donde lo indique la dirección de obra.

- b) En las zonas donde se apoyará la plataforma de materiales mejorados, deberá excavarse hasta el nivel 0.00.
- c) Las excavaciones necesarias para alojar a la plataforma de materiales mejorados, se podrán hacer con taludes a 45° en las colindancias, empleando maquinaria hasta el nivel 0.00 m.
- d) El nivel de desplante de la plataforma deberá ser revisado por un ingeniero especialista en mecánica de suelos, que verifique el desplante se realice en los materiales considerados en el análisis.
- e) Una vez terminada la excavación en las zonas donde se apoyará la plataforma se iniciara con la colocación de una capa de Tezontle en greña, con espesor de 0.30 m, sobre la que se colocara la plataforma de materiales mejorados, colocados en capas de 0.20 m de espesor y compactadas al 95% de su peso volumétrico seco máximo.
- f) Los materiales podrán ser una mezcla de gravas, arena y material fino (tepetate) que satisfagan las siguientes especificaciones:

Limite liquido	40 % máximo
Índice plástico	15% máximo
Contracción lineal	5% máximo
Valor relativo de soporte (CBR)	10% mínimo
Contenido de agua óptimo	25% máximo
Peso volumétrico seco máximo	1.3 Ton/m ³

g) Los materiales se disgregarán hasta el grado de no presentar grumos o terrones y se mezclarán mediante un equipo que permita obtener una revoltura homogénea en su constitución y granulometría.

h) Los materiales ya mezclados y con el contenido de agua óptimo, previamente determinado en el laboratorio, se colocarán en capas de 20 cm. de espesor, como máximo, compactadas al 95% de su peso volumétrico seco máximo, según la prueba proctor estándar, hasta alcanzar el nivel de proyecto, empleando rodillo liso o bailarinas.

i) Se deberán efectuar pruebas de compactación en las capas compactadas para verificar el porcentaje de compactación alcanzado en la construcción. Se recomienda hacer una prueba consistente en una cala volumétrica por cada 50 m³ de material compactado.

j) Para el control de compactación, se recomienda que desde las primeras capas tendidas se desarrolle un terraplén de prueba, para definir el número de pasadas óptimo con el equipo elegido.

El proceso de compactación será controlado por el laboratorio de mecánica de suelos, usando la expresión:

$$\% \text{ Compactación} = \frac{\gamma_d \text{ sitio}}{\gamma_d \text{ óptimo}} \times 100$$

Requiriéndose como mínimo el 95%

k) Terminada la plataforma, se colocara a la brevedad posible una plantilla de concreto pobre que proteja al material de alteraciones por perdida de humedad y por el tránsito de trabajadores.

l) Se procederá a colocar el armado y a colar los pisos.

5.6.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE LAS PILAS

a) Localización y trazo de la pilas de cimentación.

b) El equipo de perforación deberá emplear brocas helicoidales con alavés y elementos de ataque adecuados para demoler boleas.

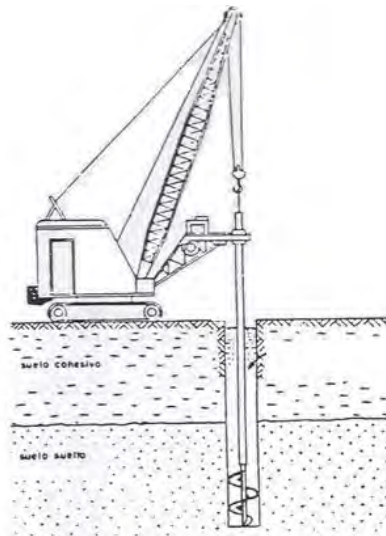


Figura 32 Esquema 1 de construcción de las pilas

c) Al llegar la perforación a la profundidad de desplante de la pilas, deberá verificarse, que los materiales de apoyo sean adecuados, se realizará la limpieza del fondo de la excavación, de todo material suelto, empleando un bote desazolvador, el que se meterá tantas veces como sea necesario.

- d) En caso de que la perforación se cierre, deberá contemplarse el uso de un ademe metálico recuperable que permita estabilizar las paredes de la perforación.
- e) Inmediatamente después de hacer la limpieza del fondo de la perforación, se introducirá el armado, con sus respectivos separadores, y se colará la pila, empleando una trompa de colado.
- f) El colado, deberá seguir a la colocación del acero, se realizará usando tubo tremie, con objeto de evitar la contaminación y segregación del concreto. Al inicio del colado, el tubo tremie se llevará a 0.2 m sobre el fondo de la perforación
- g) La punta inferior del tubo irá ascendiendo conforme avance el colado, de tal manera que esta permanezca dentro del concreto, durante el colado, una longitud mínima de 1.0 m.

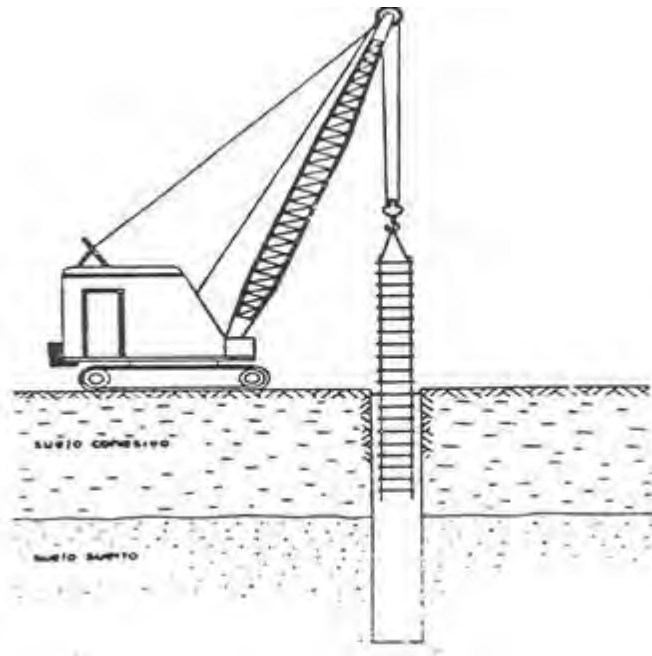


Figura 33 Esquema 2 de construcción de las pilas

- h) Inmediatamente después del colado deberá retirarse el ademe metálico.
- i) Se deberá llevar un registro del volumen del concreto vaciado a la perforación, el que se cotejará con la cubicación de la misma.
- j) El colado se suspenderá una vez que el concreto no contaminado tenga la altura correspondiente al nivel inferior de las contratrabes, lo que se estima ocurre 0.5 m abajo del nivel superior del concreto.
- k) Se recomienda usar concreto con fluidizante de revenimiento de 18 cm.
- l) Se llevara un registro de la localización de las pilas, las dimensiones de las perforaciones, las fechas de perforación y colado, la profundidad y los espesores de los materiales encontrados y las características del material de apoyo.

6.- MEMORIA DE CÁLCULO

6.1.- LIMITES DE CONSISTENCIA

Para presentar los cálculos concernientes a los límites de consistencia, primero se presentara un ejemplo de los cálculos necesarios para el proyecto, sin la utilización del programa.

Posteriormente, los resultados de las pruebas de laboratorio para los límites de consistencia de las pruebas de penetración estándar serán presentados en una tabla de Excel.

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

- Limite líquido → $W\%$ a 25 golpes
- Limite plástico → Promedio de las dos pruebas
- Índice de plasticidad → $IP = LL - LP$

SPT – 1

Para el SPT – 1 ubicado a la profundidad 3.60 – 4.20 m se obtuvieron los siguientes datos:

LIMITE LIQUIDO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
34	55	15.20	11.45	2.20	40.62
26	50	15.30	11.51	2.30	41.15
18	76	15.00	11.25	2.30	41.90
10	69	14.90	11.10	2.20	42.70

Figura 34 Datos de límite líquido de SPT - 1 para ejemplo de cálculo a mano

De los datos entregados por laboratorio, la columna que corresponde al porcentaje de humedad (W%) se obtiene por medio de la siguiente formula:

$$\frac{(Wh + T) - (Ws + T)}{(Ws + T) - WT} \times 100$$

Donde:

Wh+T → Peso de la muestra húmeda + Peso de la tara

Ws+T → Peso de la muestra seca + Peso de la tara

WT → Peso de la tara

Para ejemplificar lo anterior, presentare el cálculo sin la ayuda del programa:

$$\frac{15.20 - 11.45}{11.45 - 2.2} * 100 = \frac{3.75}{9.25} * 100 = 0.4054 * 100 = 40.54 \%$$

6.1.1.- LIMITE LÍQUIDO

Valor superior → 41.15 % a 26 golpes

Valor a 25 golpes → X

Valor inferior → 41.90 % a 18 golpes

Haciendo una interpolación de datos, se obtendrá algebraicamente el valor del límite líquido:

26 golpes — — — — 41.15 %

25 golpes — — — — x

$$18 \text{ golpes} - - - -41.90 \%$$

$$18 \text{ golpes} - 26 \text{ golpes} = -8; 41.90 - 41.15 = 0.75$$

$$18 \text{ golpes} - 25 \text{ golpes} = -7$$

$$-\frac{7}{-8} = 0.875; 0.875 \times 0.75 = 0.65625$$

$$41.90 - 0.65625 = 41.24375 \% \rightarrow \text{Valor del LL a 25 golpes}$$

Para fines de cálculo, consideraremos el límite líquido como 41.20 %

6.1.2.- LIMITE PLÁSTICO

Para el límite plástico, la columna W% de la tabla se calcula con la misma fórmula que en la del LL, y los resultados de las pruebas de laboratorio para el SPT – 1 son los siguientes.

LIMITE PLASTICO					
	12	6.50	5.80	2.20	19.44
	33	6.70	5.90	2.20	21.62

Figura 35 Datos de límite plástico de SPT - 1 para ejemplo de cálculo a mano

El límite plástico se verá representado por el promedio de los resultados de las dos pruebas.

$$\frac{19.44 \% + 21.62 \%}{2} = 20.53\% \rightarrow LP$$

6.1.3.- ÍNDICE DE PLASTICIDAD

La diferencia entre LL y LP, se define como índice de plasticidad, para SPT – 1 tenemos que:

$$41.20 \% - 20.53 \% = 20.67 \% \rightarrow IP$$

De acuerdo con la carta de plasticidad, que clasifica los suelos bajo los criterios de LL contra IP tenemos que:

- LL= 41.20 %
 - IP= 20.67 %
- } El suelo para SPT – 1, en su muestra 1, es una arcilla de baja plasticidad (CL)

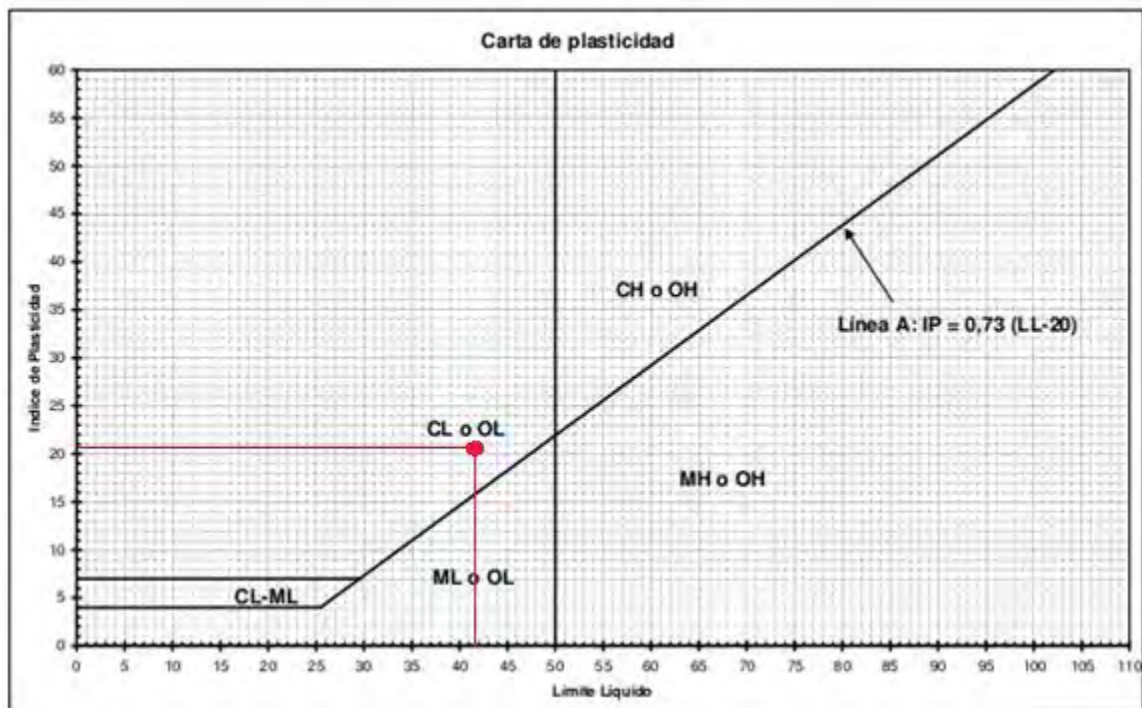


Figura 36 Carta de plasticidad para el SUCS

Lo anterior, se realizó con la finalidad de darle un mejor entendimiento a las tablas de las figuras 38 a 42.

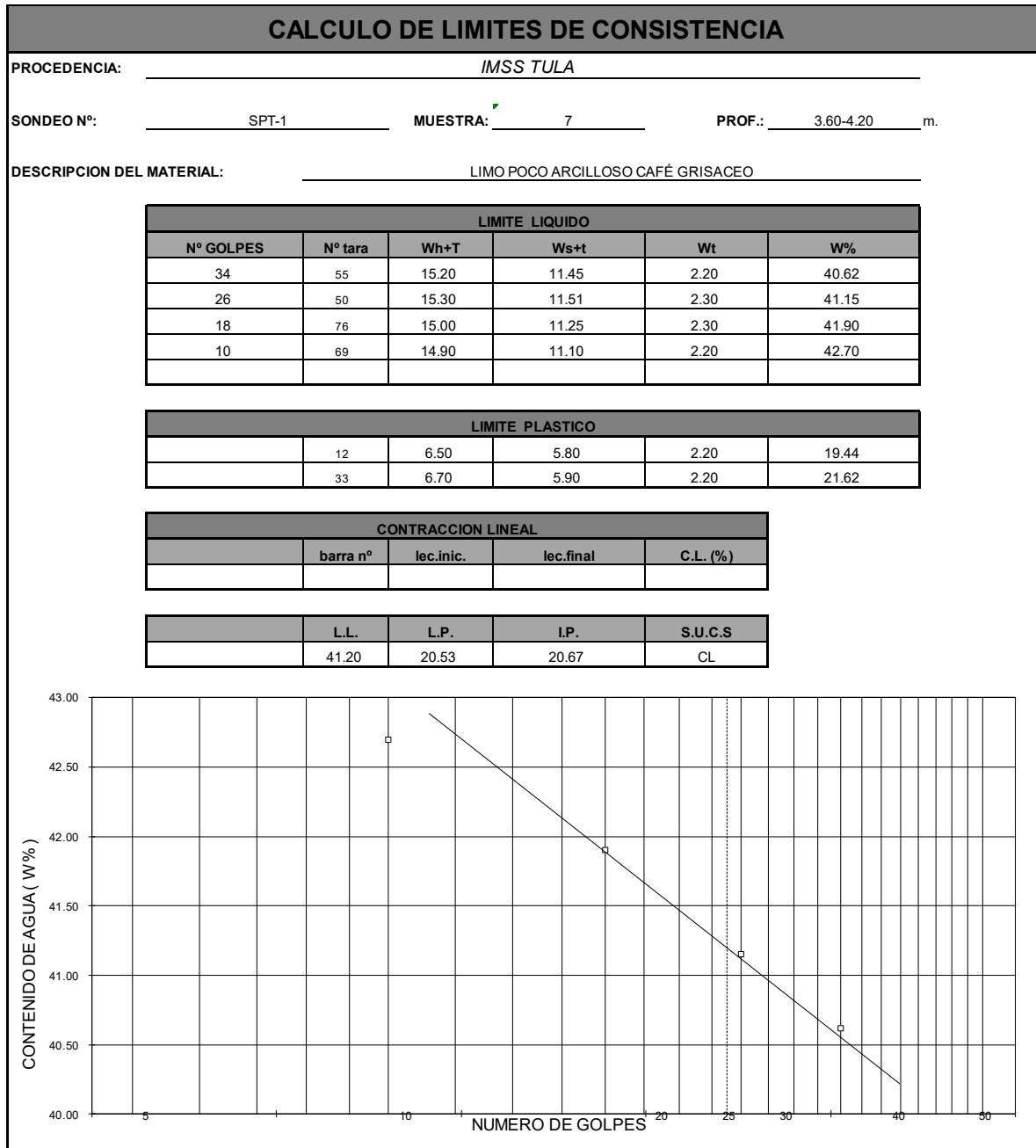


Figura 37 Límites de consistencia para SPT – 1, PROFUNDIDAD 3.60 – 4.20 m

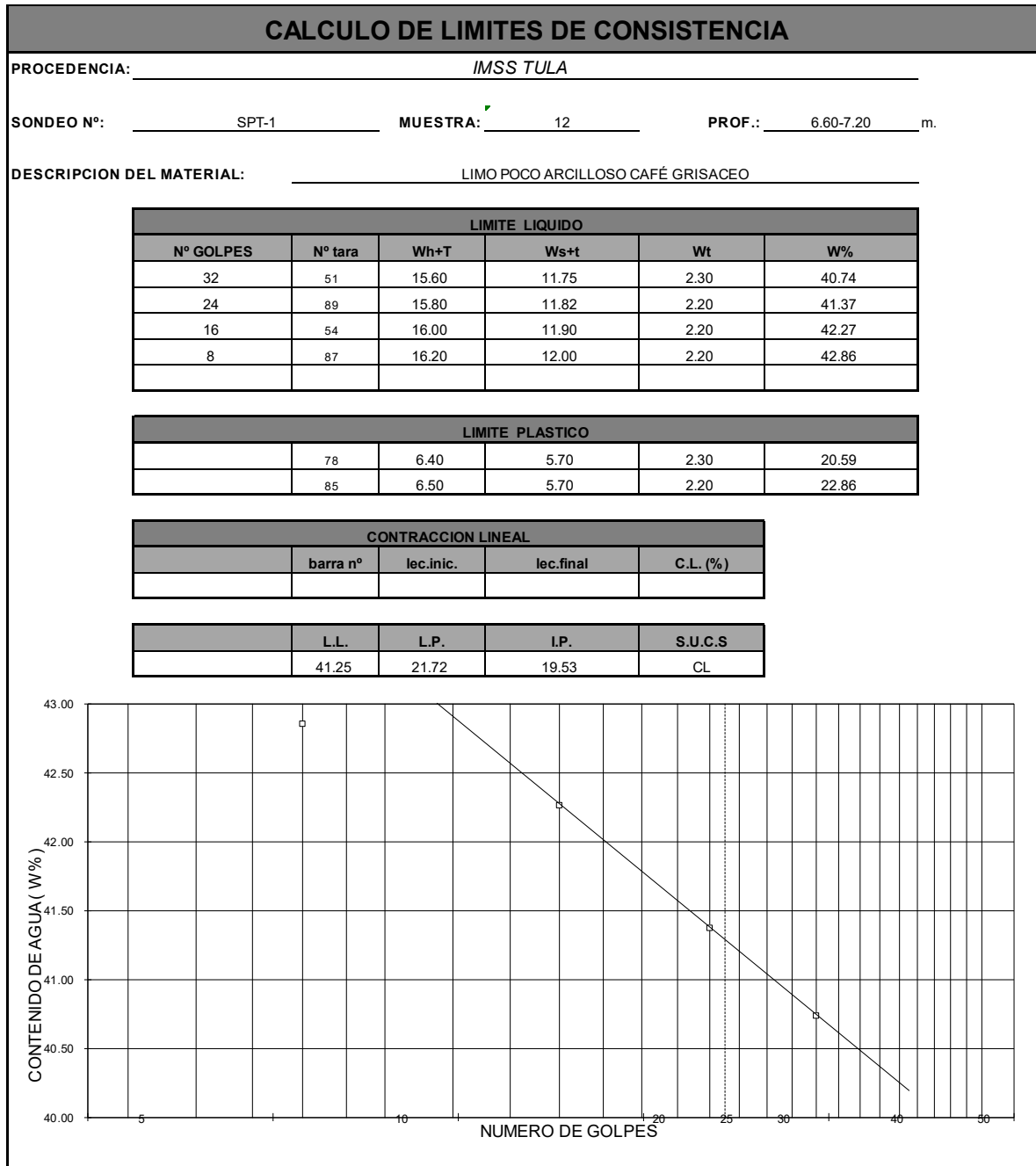


Figura 38 Limites de consistencia SPT – 1, PROFUNDIDAD 6.60 – 7.20 m

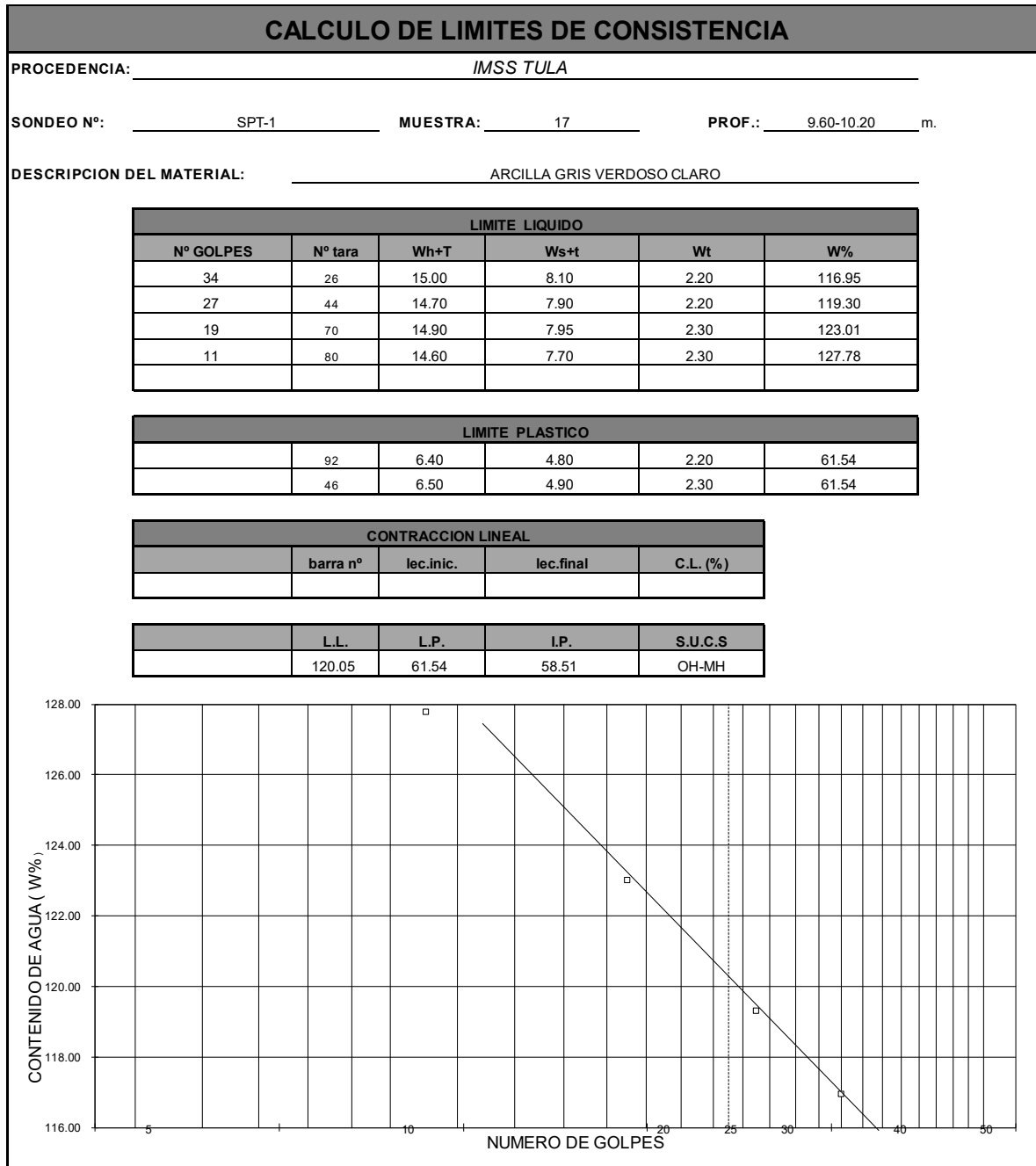


Figura 39 Limites de consistencia para SPT – 1, PROFUNDIDAD 9.60 – 10.20 m

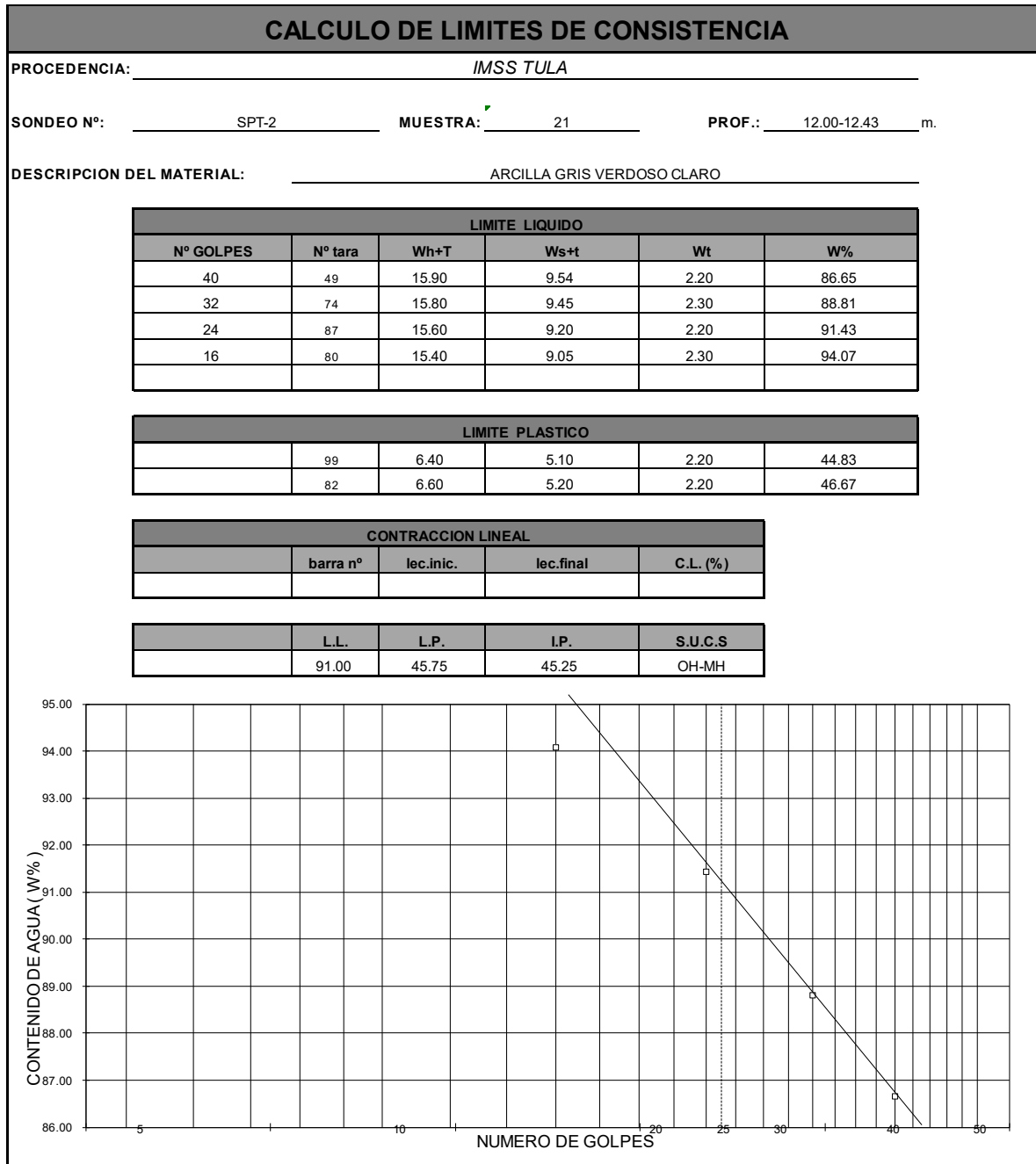


Figura 40 Limites de consistencia para SPT – 2, PROFUNDIDAD 12 – 12.43 m

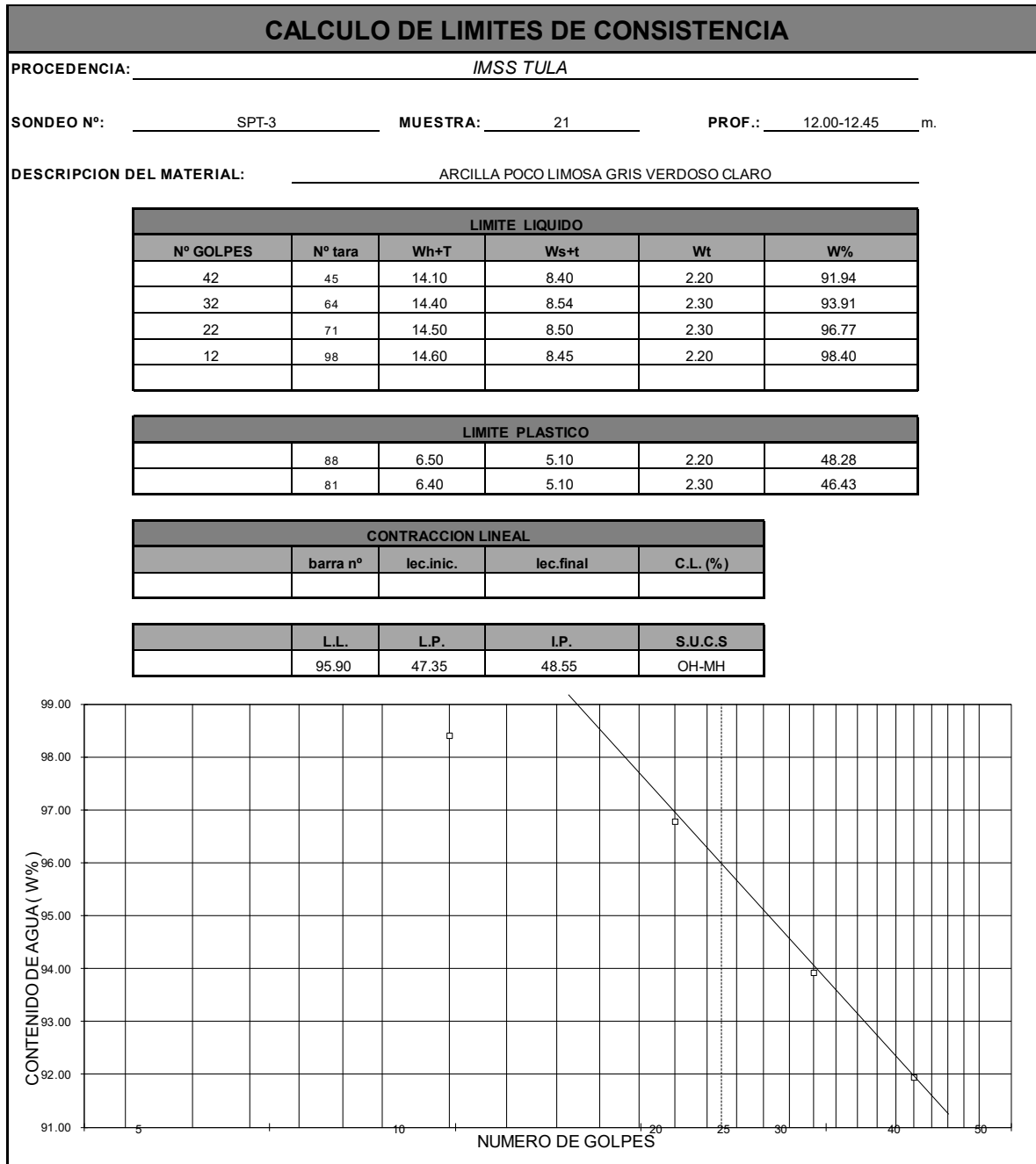


Figura 41 Limites de consistencia para SPT – 3, PROFUNDIDAD 12 – 12.45 m

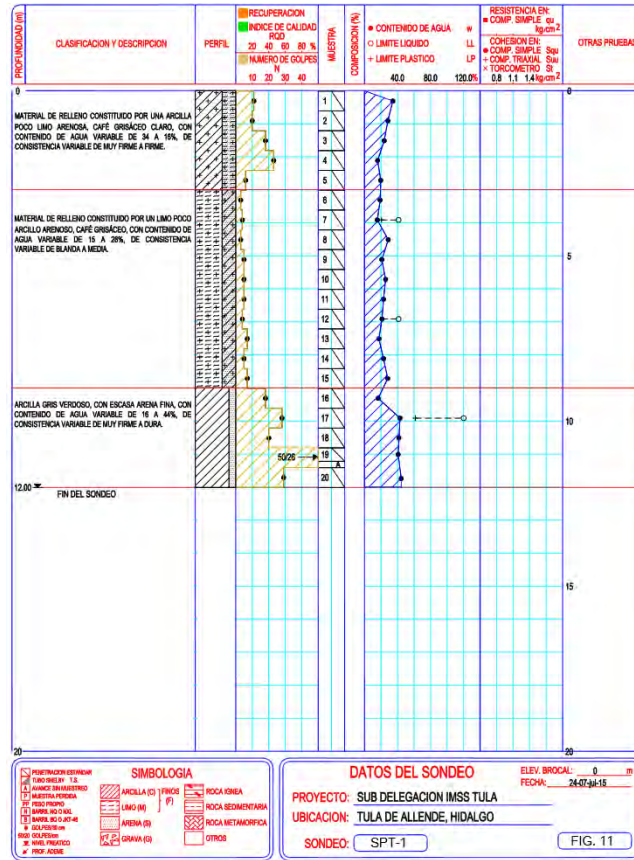
6.2.- ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN

De acuerdo al capítulo anterior, se irá desarrollando el análisis de la cimentación.

Para la realización de los cálculos, se utilizara el SPT que se consideró más desfavorable de los tres realizados.

Por lo cual se trabajara con el SPT-1.

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN											
OBRA: SUBDELEGACION IMSS TULA DE ALLENDE											
LOCALIZACIÓN TULA DE ALLENDE, HIDALGO.						FECHA DE INICIO: 15/07/2015					
POZO N° 1						TERMINACIÓN: 15/07/2015					
TIPO DE SONDEO: SPT											
PERFORADORA: LONG YEAR 34						BOMBA: MOYNO 3L6					
MUESTRA No.	PROFUNDIDAD (m)			RECUPERACIÓN			PENETRACIÓN ESTÁNDAR PESO DEL MARTILLO 64kg ALTURA DE CAIDA 75cm			TIPO DE HERAMIENTA	CLASIFICACIÓN Y OBSERVACIONES
	INICIAL	FINAL	AVANCE	m	%	CR% (DEERE)	N° DE GOLPES EN				
							15 cm	30 cm	15 cm		
1	0.00	0.60	0.60	0.15			3	11	6	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO, RELLENO
2	0.60	1.20	0.60	0.35			3	10	6	T.P.	LIMO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO, CON GRAVAS AISLADAS
3	1.20	1.80	0.60	0.34			5	18	16	T.P.	LIMO COLOR CAFÉ CLARO CON GRAVILLAS, RELLENO
4	1.80	2.40	0.60	0.26			9	23	8	T.P.	LIMO COLOR GRIS CLARO CON GRAVILLAS, RELLENO
5	2.40	3.00	0.60	0.30			4	6	3	T.P.	LIMO COLOR GRIS CLARO CON GRAVILLAS, RELLENO
6	3.00	3.60	0.60	0.26			2	3	2	T.P.	LIMO COLOR GRIS CLARO CON GRAVILLAS, RELLENO
7	3.60	4.20	0.60	0.14			2	4	2	T.P.	LIMO COLOR GRIS CLARO CON GRAVILLAS, RELLENO
8	4.20	4.80	0.60	0.26			2	3	3	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS, RELLENO
9	4.80	5.40	0.60	0.16			2	5	3	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS AISLADAS, RELLENO
10	5.40	6.00	0.60	0.24			2	5	3	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVAS AISLADAS, RELLENO
11	6.00	6.60	0.60	0.15			2	5	3	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS AISLADAS, TABIQUE EN ZAPATA
12	6.60	7.20	0.60	0.32			2	4	2	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS AISLADAS, RELLENO
13	7.20	7.80	0.60	0.17			2	7	4	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS AISLADAS, RELLENO
14	7.80	8.40	0.60	0.28			2	5	3	T.P.	LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS AISLADAS, RELLENO
15	8.40	9.00	0.60	0.16			3	7	7	T.P.	PARTE SUPERIOR, LIMO COLOR GRIS CON GRAVILLAS
											PARTE INFERIOR, LIMO COLOR CAFÉ CLARO (CARBONATO DE CALCIO)
16	9.00	9.60	0.60	0.44			5	18	9	T.P.	LIMO ARCILLOSO Y GRUMOSO COLOR CAFÉ VERDOSO CLARO, PLASTICA (GRAVA AISLADA)
17	9.60	10.20	0.60	0.18			7	28	15	T.P.	ARCILLA GRUMOSA COLOR CAFÉ VERDOSO CLARO, PLASTICA
18	10.20	10.80	0.60	0.60			5	20	14	T.P.	ARCILLA COLOR CAFÉ VERDOSO, PLASTICA
19	10.80	11.21	0.41	0.25			13	50/26		T.P.	FRAGMENTO DE BOLEO
	11.21	11.40	0.19					AVANCE		B.T.	AVANCE CON BROCA TRICONICA DE 2 15/16"
20	11.40	12.00	0.60	0.60			10	29	21	T.P.	ARCILLA COLOR CAFÉ VERDOSO, PLASTICA
Turno de: _____ Hrs.										Profund. del proyecto: 10.00 m	
Observaciones generales: _____										Profundidad real: 12.00 m	
_____										Operador: Sr. Duszano José Joaquín	
_____										Supervisor: Ing. Gabriel Ruiz Gonzalez	
Ademe (m): _____										Fecha: 15 de Julio de 2015	



11

6.2.1.- CAPACIDAD DE CARGA

Primero se determinara la carga útil de las pilas (Q_a) por medio de la siguiente expresión.

$$Q_a = C_p + C_f$$

Dónde se calculara la capacidad de carga por punta (C_p) y por fricción lateral (C_f)

¹¹ En la Figura 14 y 23 se tiene una mejor apreciación del registro y perfil estratigráfico del SPT – 1

6.2.1.1.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA

$$C_p = [CNc^* F_R + P_v] A_b$$

- C= Cohesión obtenida de acuerdo al número de golpes más alto hasta la profundidad de desplante.

SPT	N	qu= N/8	C=qu/2 (Kg/cm ²)	C (Tn/m ²)
1	28	3.5	1.75	17.5

- F_R= Factor de resistencia igual a 0.35.
- P_v= Presión vertical total debida al peso del suelo a la profundidad de desplante. Donde la presión en los primeros dos estratos es de 1.5 Tn/m² y en el tercero hasta la profundidad de desplante es de 1.6 Tn/m², por lo cual la presión vertical total es de:

ESTRATO	PROF. (m)	DF (m)	γ (Tn/m ³)	PV (Tn/m ²)
1	0 a 3	3	1.5	4.5
2	3 a 9	6	1.5	9
3	9 a 10	1	1.6	1.6
				15.1

✓ Obtenida de SPT - 1

- A_b= Área de la base de la pila, será variable.
- Nc*: De la tabla mostrada en el capítulo anterior, y considerando un Angulo de fricción interna de 10°, Nc* será igual a 13.
- ø: Angulo de fricción interna será de 10°.

De acuerdo a la formula anterior se tiene que:

C (Tn/m^2)	Nc*	F_R	Pv (Tn/m^2)	Diametro de base la pila (m)	Área de la base de la (m²)	Cp (Tn)
17.5	13	0.35	15.1	0.6	0.2827	26.7829
				0.8	0.5027	47.6140
				1	0.7854	74.3968
				1.2	1.1310	107.1315
				1.4	1.5394	145.8178
				1.6	2.0106	190.4559
				1.8	2.5447	241.0458
				2	3.1416	297.5874

6.2.1.2.- CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCIÓN LATERAL

$$C_f = A_L f F_r$$

Donde:

- A_L = Es el área lateral de la pila, que será variable.
- f = es la adherencia lateral media pilote–suelo, y que se calculara utilizando la tabla siguiente. Considerando los datos de las SPT en cada estrato y hasta la profundidad de desplante de las pilas, que será a 10 m.

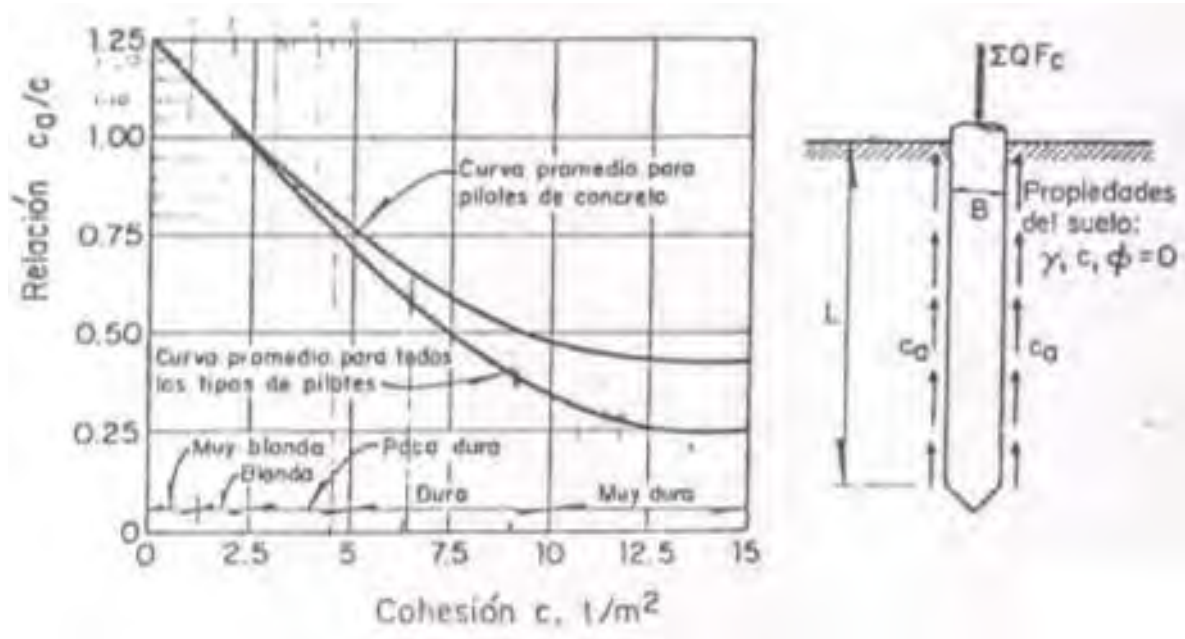
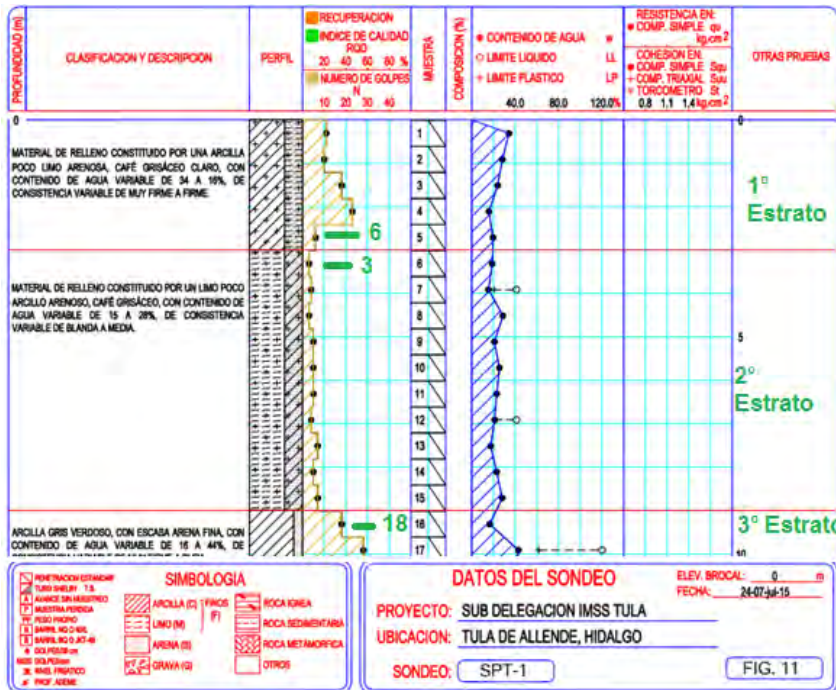


Figura 42 Capacidad de carga por adherencia lateral de pilotes en suelos cohesivos

SPT – 1:



Se tomara el menor número de golpes de cada estrato.

1° Estrato:

N= 6 golpes

- $q_u = \frac{6}{8} = 0.75$
- $C = \frac{0.75}{2} = 0.375 \text{ kg/cm}^2$
- $C = 3.75 \text{ Tn/m}^2$

De acuerdo a la tabla de la figura 43:

- $\frac{Ca}{c} = 0.88$
- $Ca = 0.88 c$
- $Ca = (0.88)(3.75)$
- $Ca = 3.3 \text{ Tn/m}^2 \rightarrow Ca = f$

2° Estrato:

N= 3 golpes

- $q_u = \frac{3}{8} = 0.375$
- $C = \frac{0.375}{2} = 0.1875 \text{ kg/cm}^2$
- $C = 1.875 \text{ Tn/m}^2$

De acuerdo a la tabla de la figura 43

- $\frac{Ca}{c} = 1.1$

- $Ca = 1.1 c$
- $Ca = (1.1)(1.875)$
- $Ca = 2.063 \text{ Tn}/\text{m}^2 \rightarrow Ca = f$

3° Estrato:

N= 18 golpes

- $q_u = \frac{18}{8} = 2.25$
- $C = \frac{2.25}{2} = 1.125 \text{ kg}/\text{cm}^2$
- $C = 11.25 \text{ Tn}/\text{m}^2$

De acuerdo a la tabla de la figura 43

- $\frac{Ca}{c} = 0.44$
- $Ca = 0.44 c$
- $Ca = (0.44)(11.25)$
- $Ca = 4.95 \text{ Tn}/\text{m}^2 \rightarrow Ca = f$

Por lo tanto:

$$f_{SPT-1} = 3.3 + 2.063 + 4.95 = 10.313 \text{ Tn}/\text{m}^2$$

- $F_R =$ Se tomará igual a 0.7

Con el parámetro de adherencia lateral definido, y de acuerdo a la formula, se definirá la siguiente tabla.

DIAMETRO (m)	PERIMETRO DE LA PILA (m)	ALTURA DE LA PILA (m)	ÁREA LATERAL DE LA PILA (m ²)	f (Tn/m ²)	Fr	Cf (Tn)
0.6	1.8850	10	18.8496	10.313	0.7	136.077
0.8	2.5133		25.1327			181.436
1	3.1416		31.4159			226.795
1.2	3.7699		37.6991			272.154
1.4	4.3982		43.9823			317.513
1.6	5.0265		50.2655			362.872
1.8	5.6549		56.5487			408.230
2	6.2832		62.8319			453.589

De acuerdo a lo anterior, se tiene que:

$$Q_a = C_p + C_f$$

Además, el resultado de la suma anterior se debe afectar por la ecuación:

$$Fre = \left[\frac{B + 1}{2B + 1} \right]$$

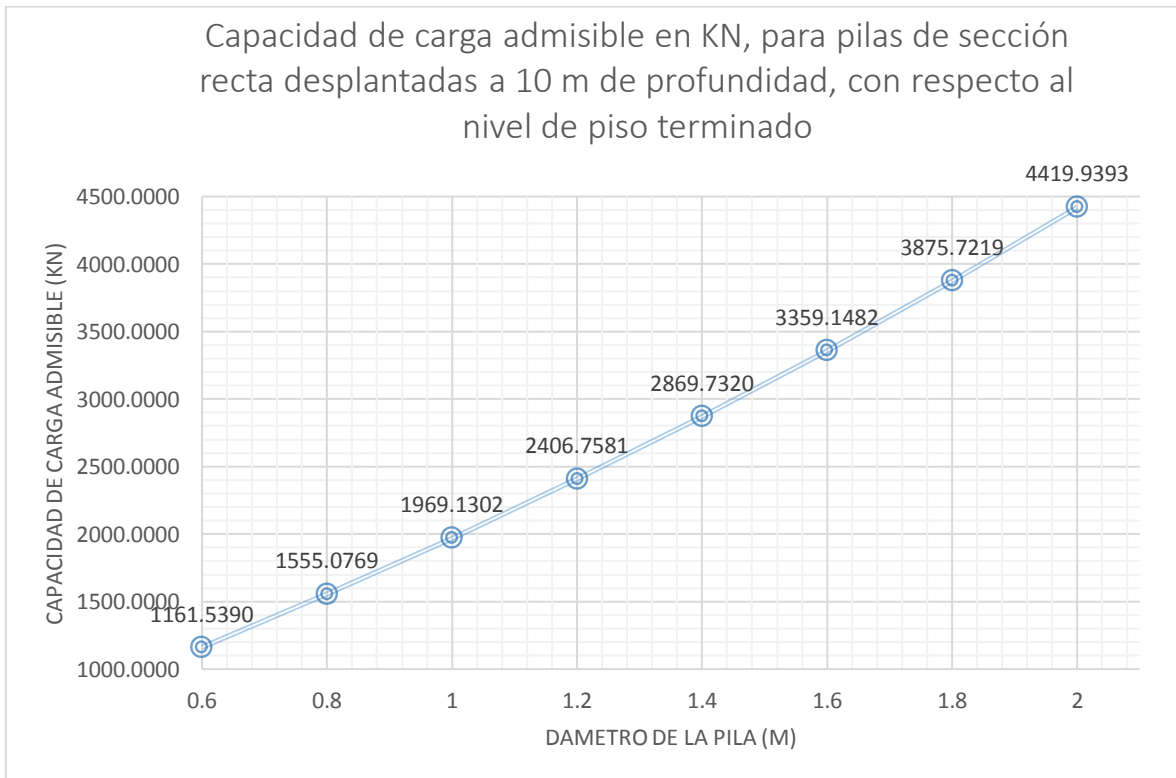
Donde:

- Fre= Factor de reducción de capacidad de carga, para tomar en cuenta el efecto de escala.
- B= Diámetro de la base de las pilas, en m.

Y se debe convertir dicho resultado a KN, afectando el resultado dado en Tn a Kn, afectándolo por 9.8067.

Diametro de la pila (m)	Cp (Tn)	Cf (Tn)	Qa (Tn)	Fre	Qa corregido	Qa (KN)
0.6	26.7829	136.0768	162.8597	0.7273	118.4434	1161.5390
0.8	47.6140	181.4358	229.0498	0.6923	158.5729	1555.0769
1	74.3968	226.7947	301.1916	0.6667	200.7944	1969.1302
1.2	107.1315	272.1537	379.2851	0.6471	245.4198	2406.7581
1.4	145.8178	317.5126	463.3304	0.6316	292.6297	2869.7320
1.6	190.4559	362.8715	553.3275	0.6190	342.5360	3359.1482
1.8	241.0458	408.2305	649.2763	0.6087	395.2116	3875.7219
2	297.5874	453.5894	751.1768	0.6000	450.7061	4419.9393

Con estos datos se obtuvo la siguiente gráfica.



6.2.2.- ESTADO LÍMITE DE FALLA EN CONDICIONES ESTÁTICAS

Al revisar estado límite de falla en condiciones estáticas, se debe verificar la siguiente desigualdad, que se describió ampliamente en el capítulo anterior:

$$\sum QF_c < C_p$$

Sin embargo, una forma útil de determinar este parámetro consiste en dividir el Q_a entre un un factor de seguridad de 3. Verificando que la desigualdad anterior se cumple.¹²

Diametro de la pila	Qa	>	Qa Estatico
0.6	1161.5390	>	387.1797
0.8	1555.0769	>	518.3590
1	1969.1302	>	656.3767
1.2	2406.7581	>	802.2527
1.4	2869.7320	>	956.5773
1.6	3359.1482	>	1119.7161
1.8	3875.7219	>	1291.9073
2	4419.9393	>	1473.3131

6.2.3.- ESTADO LIMITE DE FALLA EN CONDICIONES DINÁMICAS

Al igual que el punto anterior, se debe verificar el estado límite de falla, pero esta vez en condiciones dinámicas mediante el cumplimiento de la siguiente expresión:

¹² Considérese que $Q_a = C_p$

$$\sum QF_c < C_p$$

De igual manera, se debe dividir el Qa entre un un factor de seguridad, que esta vez será de 2.5. Verificando que la desigualdad anterior se cumple.¹³

Diametro de la pila	Qa	>	Qa Dinamico
0.6	1161.5390	>	464.6156
0.8	1555.0769	>	622.0308
1	1969.1302	>	787.6521
1.2	2406.7581	>	962.7032
1.4	2869.7320	>	1147.8928
1.6	3359.1482	>	1343.6593
1.8	3875.7219	>	1550.2888
2	4419.9393	>	1767.9757

Con los estados límites de falla dinámicos y estáticos determinados para los diferentes diámetros, se tiene la siguiente gráfica.

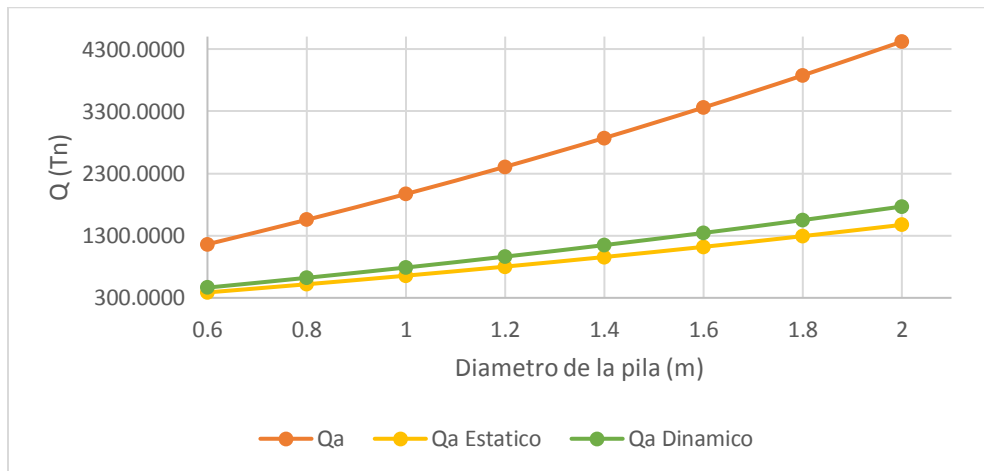


Figura 43 Grafica de ELFE y ELFD

¹³ Considérese que Qa=Cp

6.2.4.- ESTADO LÍMITE DE SERVICIO

De acuerdo a la siguiente expresión, se estimara los asentamientos elásticos inmediatos, la cual esta descrita en el capítulo anterior:

$$\delta = Q \left[\frac{L}{E_c A_f} + \frac{m C_s F_p}{E_s \sqrt{A_b}} (1 - u^2) \right]$$

DIAMETRO	Q (Tn)	LONGITUD DE LA PILA (m)	$\frac{E_c}{Tn}$ $\frac{m^2}{m^2}$	Af (m ²)	FACTOR DE FORMA m	Cs
0.6	118.4434	10	2100000	18.8496	0.95	1
0.8	158.5729			25.1327		
1	200.7944			31.4159		
1.2	245.4198			37.6991		
1.4	292.6297		Ec usualmente usado para concreto	43.9823		
1.6	342.5360			50.2655		
1.8	395.2116			56.5487		
2	450.7061			62.8319		

Fp	$\frac{E_s}{Tn}$ $\frac{m^2}{m^2}$	u	Ab (m ²)	δ (m)	δ (cm)
0.5	12000	0.35	0.2827	0.0078	0.7767
			0.5027	0.0078	0.7799
			0.7854	0.0079	0.7900
			1.1310	0.0080	0.8047
			1.5394	0.0082	0.8224
			2.0106	0.0084	0.8423
			2.5447	0.0086	0.8639
			3.1416	0.0089	0.8867

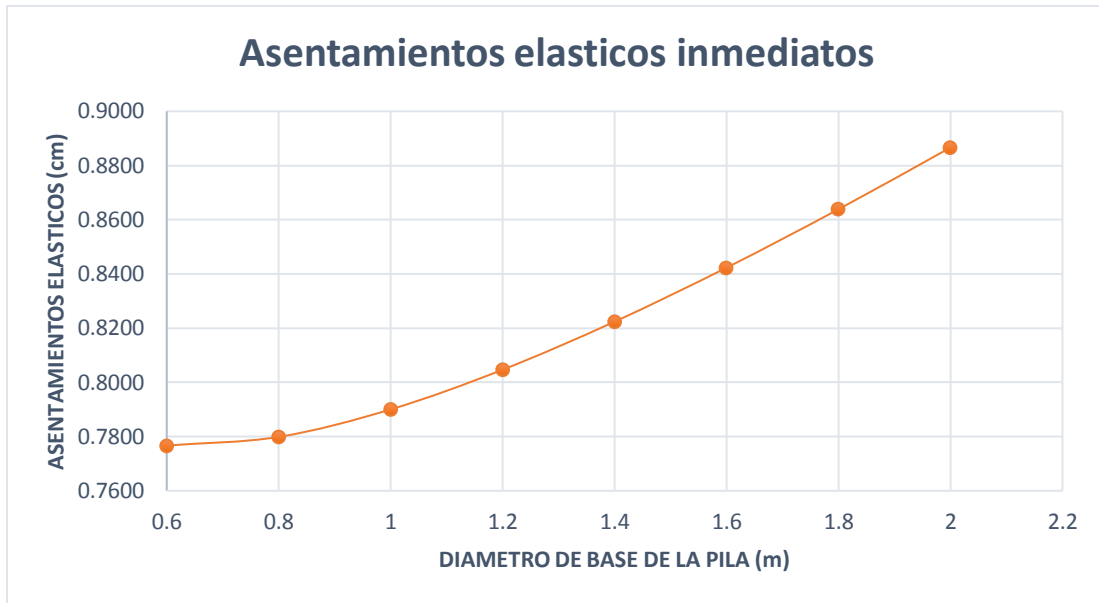


Figura 44 Asentamientos elásticos inmediatos

En relación al módulo de reacción lateral del suelo a diferentes profundidades, se determinaron considerando las características estratigráficas y físicas del subsuelo encontradas en los sondeos realizados en el sitio de interés, en particular la existencia de materiales de relleno, entre la superficie y 9.20 m, constituidos por depósitos arcillosos de consistencia variable de muy firme a firme entre la superficie y 4.20 m de profundidad, y de consistencia firme a media entre 4.20 m y 9.20 m de profundidad: subyacidos por un depósito de arcilla limosa plástica, gris verdosa de consistencia dura; así como las pruebas de laboratorio efectuadas y a las correlaciones de la prueba de penetración estándar.

7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El proyecto arquitectónico contempla el desarrollo del proyecto ejecutivo de la Subdelegación del IMSS en Tula de Allende Hidalgo, el cual cuenta con una superficie de 3,541.42 m², y que está constituida por una estructura de un nivel.

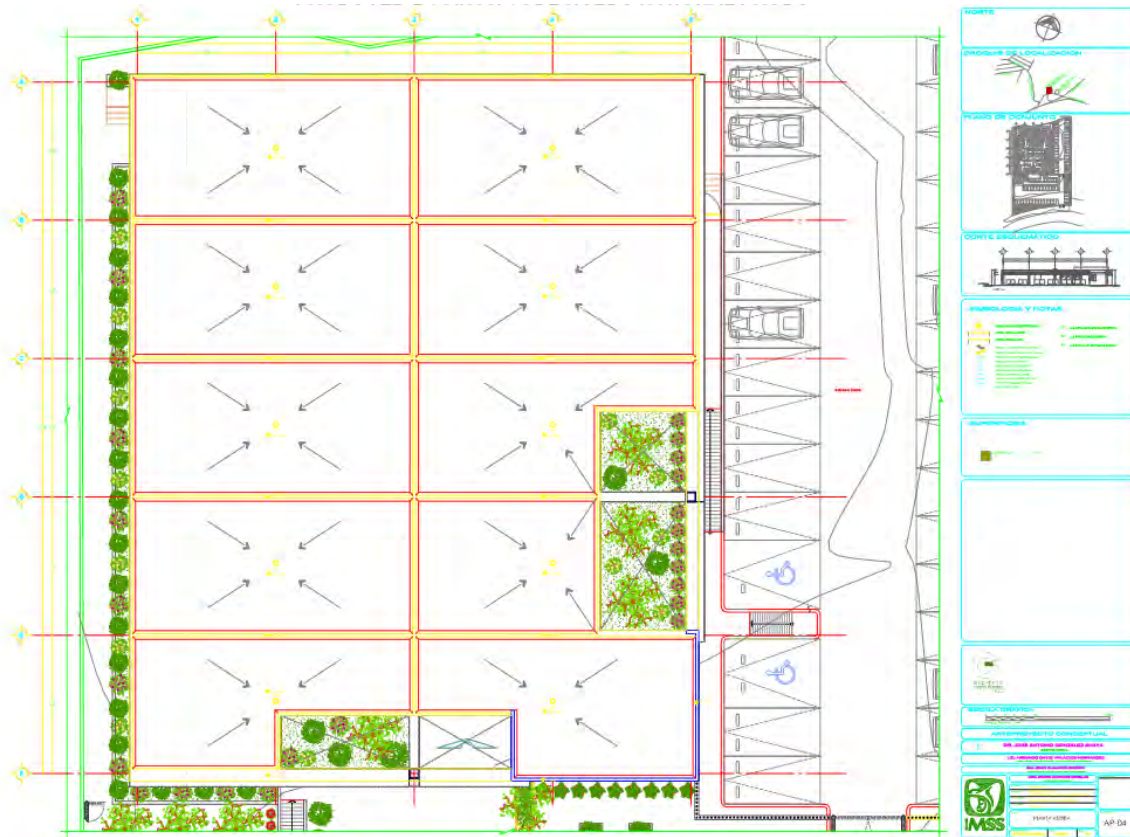


Figura 45 Plano del conjunto

Con base al desarrollo de los capítulos anteriores, se establecen las siguientes conclusiones y recomendaciones, separándolas de acuerdo a los campos tratados.

A) En cuanto a las generalidades del proyecto

En términos generales, el proyecto no debía representar una cimentación profunda, ya que al ser de un nivel, si el tipo de suelo hubiera sido diferente, me hubiera atrevido a sugerir un cajón de cimentación.

A primera impresión, la topografía del terreno se describe como sensiblemente horizontal, sin embargo, no se debe dar nada por sentado, hasta llegar al apartado que realmente definiría la sugerencia de cimentación real, que es todo lo relacionado al estudio de mecánica de suelos.

B) En cuanto al estudio del suelo

Para precisar a la profundidad a la que se encuentran los materiales de depósito natural y determinar el estrato al que se tendrá que desplantar la cimentación se realizaron los tres sondeos de penetración estándar; y para determinar las características superficiales se recurrió a 4 pozos a cielo abierto, en ninguno de los sondeos se encontró el nivel de aguas freáticas.

El sitio de interés se localiza al norte del Municipio de Tula de Allende presenta características estratigráficas similares a la zona de Lomas, por lo tanto, después de las pruebas de laboratorio, se determinó que el suelo es un suelo cohesivo, y bajo esta consigna, se trabajó de acuerdo a la normativa requerida en el Reglamento de construcción y NTC correspondientes.

El predio se encuentra sobre una barranca, que fue rellenada con materiales colocados a volteo, y la estratigrafía que se observa en las SPT realizadas se

concluye que hasta los 9.20 se tiene una capa de materiales de relleno, constituido por un limo color gris, con gravillas aisladas, con índice de resistencia a la penetración estándar en la parte superior de 11 a 23 golpes hasta los 2.40 m, y a partir de esa profundidad y hasta 9.20 m solo de 6 a 3 golpes.

El terreno a partir de 9.20 m y hasta la máxima profundidad explorada, se tiene un arcilla plástica, café verdoso, con índice de resistencia a la penetración estándar variable de 18 a más de 50 golpes, de consistencia variable de muy firme a dura.

Esta variabilidad en la resistencia de los estratos llevaron a seleccionar la SPT – 1 para trabajar el análisis de la cimentación, pues se consideró que era este el más desfavorable, y en el que se apreciaban más las condiciones reales del terreno.

C) En cuanto a la propuesta del diseño de la cimentación

Posterior a la presentación de la alternativa de cimentación, de la cual se sugirió sea con columnas apoyadas sobre pilas rigidizadas con contratraves, desplantadas en el estrato resistente (a 10 m de profundidad), de fuste recto, coladas en seco.

Para eso, el diseño de las pilas se deberá considerar que el Reglamento de Construcciones indica tomar la carga que resulte mayor de las siguientes condiciones:

- Condiciones estáticas, que considera la combinación de cargas permanentes más carga viva con intensidad máxima, más el peso de la cimentación, afectadas por un factor de carga de 1.4 para estructuras del grupo B y de 1.5 para estructuras del grupo A.

- Condiciones dinámicas que considera la combinación de cargas permanentes más carga viva con intensidad instantánea y acción accidental más crítica (incremento de carga provocado por el momento de volteo debido a sismo) más el peso de la cimentación, afectados por un factor de carga de 1.1.

Una vez determinada la combinación de cargas que resulte mayor se determinara el diámetro de la pila, empleando la gráfica de capacidad de carga de las pilas, mostrada en la figura 30. El ingeniero estructurista dará las cargas de las columnas, y utilizando estas se hará la elección del diámetro de la pila ideal.

En la figura 46, se observan algunas de las columnas del proyecto, y se visualizan las distancias que hay entre ellas. De acuerdo a la sugerencia, las columnas deben ir apoyadas sobre las pilas.

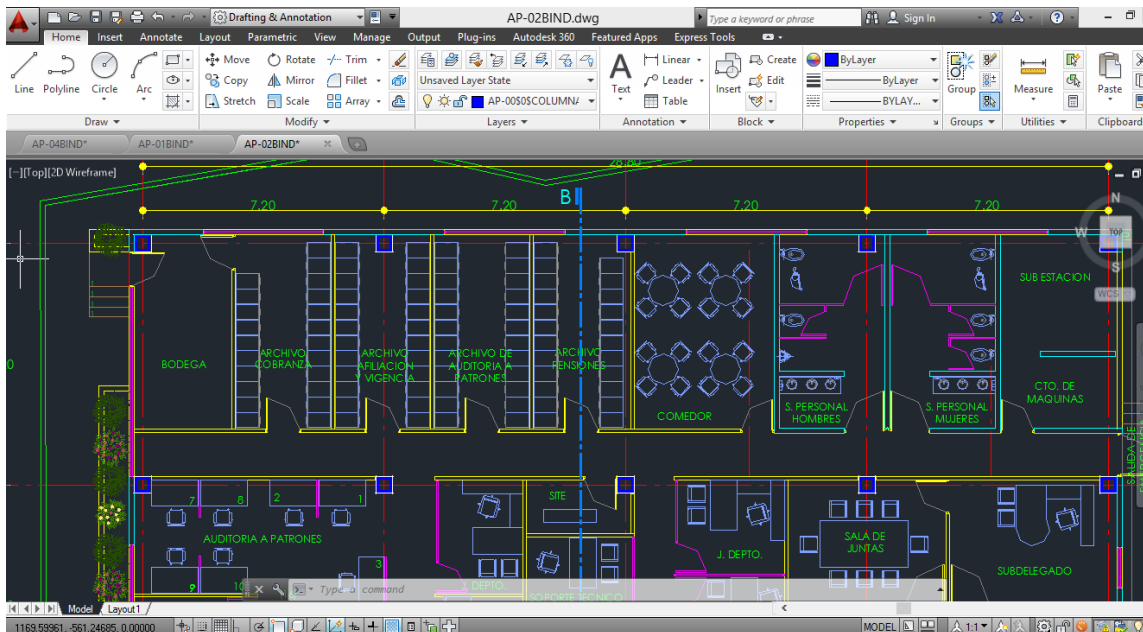


Figura 46 Proyecto Conceptual

D) Comentario final

Me atrevo a concluir que de no ser por la localización geográfica del proyecto, en la cimentación no se hubiera recurrido a una cimentación profunda, sin embargo, el terreno era una barranca, y presentaba muchas problemáticas, al grado de tener que llevar la cimentación al estrato resistente, los primeros 10 metros representaban el deterioro de materiales depositados en el lugar por un periodo largo de tiempo.

Sin embargo, el resultado final cambio incluso los alrededores del lugar, ya que incluso considero que a pesar de que a un lado se ubica el hospital general, esta zona por la condición anterior del terreno era hasta un poco peligrosa.

REFERENCIAS

SITIOS WEB

1. Lic. Cuatepotzo, M. & Et al. (2002) *TULA DE ALLENDE*. Enciclopedia de los Municipios de México Sitio web:
<http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/enciclomuni/municipios/13076a.htm>
2. Lic. Cuatepotzo, M. & Et al. *TULA DE ALLENDE*. Enciclopedia de Los Municipios y Delegaciones de México Sitio web:
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM13hidalgo/municipios/13076a.html>
3. Sin autor. (2015). *SUBDELEGACIONES IMSS*, IMSS, Sitio web:
<http://www.segurosocial.social/subdelegaciones-imss/>
4. Sin autor. (Sin año). *PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE TULA DE ALLENDE, ESTADO DE HIDALGO*, [PDF]. 98 págs. Sitio web:
<http://intranet.e-hidalgo.gob.mx/NormatecaE/Archivos/archivo6403.pdf>

BIBLIOGRÁFICAS

1. Das, Braja M. (4° edición, 2013). *Fundamentos de ingeniería Geotécnica*. México, D.F.: Cengage Learning Editores. 636 págs.
2. Juárez, E. & Rico, A. (3° Edición, 1974, séptima reimpresión). *Mecánica de Suelos, Tomo I: Fundamentos de la mecánica de suelos*. México, D.F.: LIMUSA. 642 págs.
3. Terzaghi, K. & Peck, R. (2° edición, 1973. 4° reimpresión). *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica*. España: El ateneo. 722 págs.
4. *V. Reunión Nacional de Mecánica de Suelos, Tomo I*. 1970 Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 TULA, VISTA DE GOOGLE MAPS	1
FIGURA 2 MAPA DE TULA DE ALLENDE	1
FIGURA 3 CROQUIS DE LOCALIZACIÓN.....	13
FIGURA 4 ÁREA DE INTERES	14
FIGURA 5 PLANO TOPOGRÁFICO.....	15
FIGURA 6 ACERCAMIENTO AL ÁREA DE INTERÉS EN EL PLANO.	16
FIGURA 7 PLANTA DE CONJUNTO	17
FIGURA 8 CORTE LONGITUDINAL	18
FIGURA 9 HERRAMIENTA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	21
FIGURA 10 MUESTRA EXTRAÍDA DE SPT.....	22
FIGURA 11 EXTRACCIÓN DE MUESTRA DE SPT	22
FIGURA 12 ESQUEMA DE PENETRÓMETRO ESTÁNDAR.....	23
FIGURA 13 UBICACIÓN DEL SONDEO PROFUNDO SPT-1 A SPT-3 Y DE LOS POZOS A CIELO ABIERTO PCA-1 A PCA-4.....	25
FIGURA 14 REGISTRO DE CAMPO SPT – 1	26
FIGURA 15 REGISTRO DE CAMPO SPT – 2	28
FIGURA 16 REGISTRO DE CAMPO SPT – 3	30
FIGURA 17 PERFORACIÓN DE PCA	31
FIGURA 18 RELACIÓN ENTRE LA CONSISTENCIA DE ARCILLAS SATURADAS Y NUMERO DE GOLPES "N" DE LA CUCHARA PARTIDA. ...	36
FIGURA 19 DENSIDAD DE LAS ARENAS DE ACUERDO CON LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NORMALES DE PENETRACIÓN.	36
FIGURA 20 REGISTRO DE LABORATORIO SPT- 1	37
FIGURA 21 REGISTRO DE LABORATORIO SPT- 2	39
FIGURA 22 REGISTRO DE LABORATORIO SPT- 3	40
FIGURA 23 PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT - 1	43
FIGURA 24 PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT - 2	44
FIGURA 25 PERFIL ESTRATIGRÁFICO SPT - 3	45

FIGURA 26 PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA - 1	46
FIGURA 27 PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA - 2	47
FIGURA 28 PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA - 3	48
FIGURA 29 PERFIL ESTRATIGRÁFICO PCA - 4	49
FIGURA 30 CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE	51
FIGURA 31 ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS.....	57
FIGURA 32 ESQUEMA 1 DE CONSTRUCCIÓN DE LAS PILAS	60
FIGURA 33 ESQUEMA 2 DE CONSTRUCCIÓN DE LAS PILAS	61
FIGURA 34 DATOS DE LÍMITE LIQUIDO DE SPT - 1 PARA EJEMPLO DE CÁLCULO A MANO.....	63
FIGURA 35 DATOS DE LÍMITE PLÁSTICO DE SPT - 1 PARA EJEMPLO DE CÁLCULO A MANO	65
FIGURA 36 CARTA DE PLASTICIDAD PARA EL SUCS	66
FIGURA 37 LIMITES DE CONSISTENCIA PARA SPT – 1, PROFUNDIDAD 3.60 – 4.20 M	67
FIGURA 38 LIMITES DE CONSISTENCIA SPT – 1, PROFUNDIDAD 6.60 – 7.20 M.....	68
FIGURA 39 LIMITES DE CONSISTENCIA PARA SPT – 1, PROFUNDIDAD 9.60 – 10.20 M	69
FIGURA 40 LIMITES DE CONSISTENCIA PARA SPT – 2, PROFUNDIDAD 12 – 12.43 M	70
FIGURA 41 LIMITES DE CONSISTENCIA PARA SPT – 3, PROFUNDIDAD 12 – 12.45 M	71
FIGURA 42 CAPACIDAD DE CARGA POR ADHERENCIA LATERAL DE PILOTES EN SUELOS COHESIVOS	76
FIGURA 43 GRAFICA DE ELFE Y ELFD	82
FIGURA 44 ASENTAMIENTOS ELÁSTICOS INMEDIATOS.....	84
FIGURA 45 PLANO DEL CONJUNTO.....	85
FIGURA 46 PROYECTO CONCEPTUAL	88

ANEXOS

ANEXO FOTOGRÁFICO

1.- Fotografías del terreno previas al inicio del trabajo



2.- Inicio de los trabajos de exploración de suelos (PCA y SPT)





















3.- Movimiento de tierras







4.- Complejo terminado

