



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
PLANTEL ARAGÓN

DISEÑO DE CIMENTACIÓN DEL
PROYECTO DENOMINADO “VÍA DORADA”
PACHUCA HIDALGO.

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

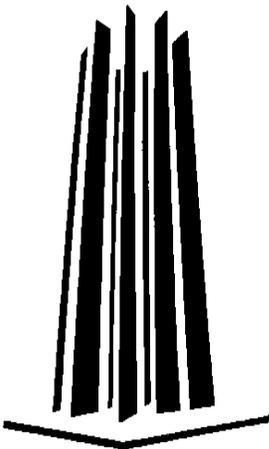
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

SAÚL GARCÍA MARTÍNEZ

ASESOR:

ING. GABRIEL RUIZ GONZÁLEZ



MÉXICO

2018



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 mis padres, por todo su cariño y apoyo incondicional.

Al Sr. Arturo Mireles y Sra. Teresa Velázquez por su gran apoyo, comprensión, por sus valiosos consejos y por haberme alentado durante estos años.

A mis profesores de la carrera por sus consejos y enseñanzas.

A mi asesor, Ing. Gabriel Ruiz González por su paciencia y apoyo, por la aportación de sus valiosos conocimientos y extensa experiencia profesional para el desarrollo y culminación de este trabajo.

Al Ing. Erick José Tapia Espinosa por su asesoría para la realización de este trabajo y facilidades aportadas para su culminación.

A mis amigos y compañeros por la amistad y confianza brindada.

A mi novia por acompañarme en este trayecto de vida.

Al sistema de becas PUIC Programa Universitario de Estudios de la Diversidad Cultural y la Interculturalidad por su apoyo durante esta etapa de mi formación profesional.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por permitirme convivir en sus instalaciones, y desarrollar dentro de ella parte de mi vida académica.

Índice

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. ANTECEDENTES.....	5
3. EXPLORACION Y MUESTREO.....	33
3.1 Métodos de exploración.....	33
3.2 Exploración y muestreo del sitio del interés.....	37
4. PRUEBAS DE LABORATORIO.....	59
4.1 Propiedades mecánicas de los suelos.....	59
4.2 Propiedades índices de los suelos.....	64
4.3 Propiedades físicas de los suelos.....	66
4.5 Sistema Unificado de Clasificación del Suelo.....	67
5. CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRÁFICAS Y FÍSICAS DEL SUBSUELO.....	72
6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.....	77
6.1 Análisis de carga.....	77
6.2 Capacidad de carga útil de las pilas.....	79
6.3 Capacidad de carga por punta.....	80
6.4 Capacidad de carga por punta Método Meyerhof.....	80
6.5 Capacidad de carga por fricción.....	83
6.6 Estado límite de falla en condiciones estáticas.....	88
6.7 Estado límite de falla en condiciones dinámicas.....	89
6.8 Estado límite de servicio.....	90
6.9 Procedimiento constructivo de las pilas.....	92
6.9.1 Empujes sobre muros rígidos perimetrales del sótano.....	94
7. DETERMINACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LA EXCAVACIÓN.....	95
7.1 Estabilidad de taludes.....	96
7.2 Procedimiento constructivo.....	99
7.3 Anclaje.....	99
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
9. BIBLIOGRAFÍA.....	113
ANEXO I REPORTE FOTOGRAFICO.....	114
ANEXO II PRUEBAS DE LABORATORIO.....	125

INTRODUCCIÓN.

La mecánica de suelos es una rama fundamental dentro de la ingeniería civil, se ha ido implementando en los proyectos de construcción de una manera notable en los últimos años tanto en el sector público como en el sector privado, la infraestructura de las zonas urbanas ha hecho que esta se enfrente a nuevos retos, buscando así construcciones adecuadas, seguras, factibles en cuestiones económicas y que sean amigables con el medio ambiente.

Un estudio de suelo es lo primero que se debe realizar para hacer un análisis correcto de la zona de proyección, se debe elaborar un programa de exploración y muestreo para conocer y evaluar las condiciones del subsuelo; existen diferentes métodos para llevar a cabo, como; exploraciones superficiales, excavaciones y sondeos, obteniendo datos más precisos del comportamiento del suelo para poder usarlo como base de la obra ingenieril.

Es importante llevar a cabo un estudio de Mecánica de Suelos, ya que nos ayuda a predecir la manera en que se comportará el suelo ante dichas cargas aplicadas, a no superar los límites de capacidad de resistencia del suelo, a predecir asentamientos para evitar grietas, fisuras o incluso colapsos de las estructuras.

Los resultados obtenidos en campo en conjunto con los resultados de las pruebas de laboratorio se podrá determinar el diseño adecuado y el tipo de cimentación para un proyecto en específico.

Debido a la sobrepoblación que sufren las ciudades y al uso de suelo que establecen organismos gubernamentales se ha visto en la necesidad de proyectar edificios no solamente horizontales, sino verticales, esto implica hacer excavaciones considerables para arrojar la cimentación, se requiere hacer también un análisis de estabilidad de taludes para garantizar la seguridad de la obra y evitar pérdidas económicas y humanas. Todo esto implica realizar un buen estudio de Mecánica de Suelos y tener la experiencia necesaria para interpretar los resultados y así mismo proponer el tipo de cimentación adecuada para cada proyecto que se requiera.

El presente trabajo se basa en el Estudio de Mecánica de Suelos del proyecto de construcción denominado Vía Dorada ubicado en el predio lote B, súper manzana 2, fraccionamiento Zona Plateada, Boulevard. Ramón G. Bonfil, Pachuca, Hidalgo. Las pruebas de campo (sondeos) y pruebas de laboratorio fueron realizados por la empresa Mecánica de Suelos y Asesoría Geotécnica Ingenieros Consultores cuyos resultados de las pruebas fueron una gran ayuda para la elaboración de este trabajo, la información facilitada por la misma empresa fue elemental para presentar este caso y analizarlo.

2. ANTECEDENTES.

Se solicitó la realización del estudio de Mecánica de Suelos para la construcción del proyecto denominado “VÍA DORADA”, en el predio ubicado en el lote B, súper manzana 2, fraccionamiento Zona Plateada, Boulevard. Ramón G. Bonfil, Pachuca, Hidalgo. La localización y zona de interés se muestran en la figura 1 y 2.

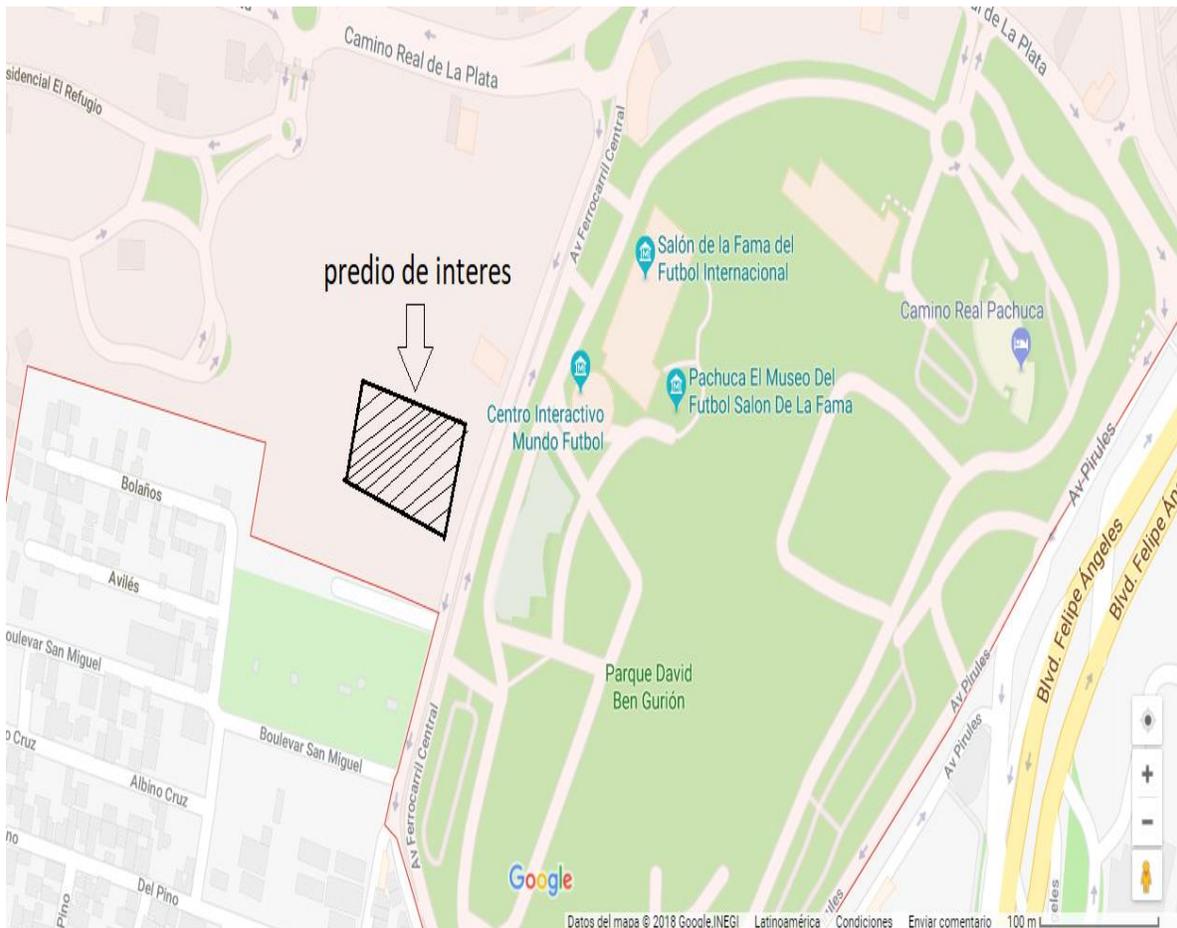


Figura 1. Croquis de localización.



Figura 2. Área de interés.

El predio de interés presenta una forma trapecial, con un área de 6964.85 m², con una superficie sensiblemente, colinda al Norte y Poniente con una barda perimetral, que limitan el predio hacia lotes actualmente baldíos; al Sur colinda con un lote baldío y al Oriente colinda con la banqueta y arroyo vehicular de la calle Ferrocarril Central.

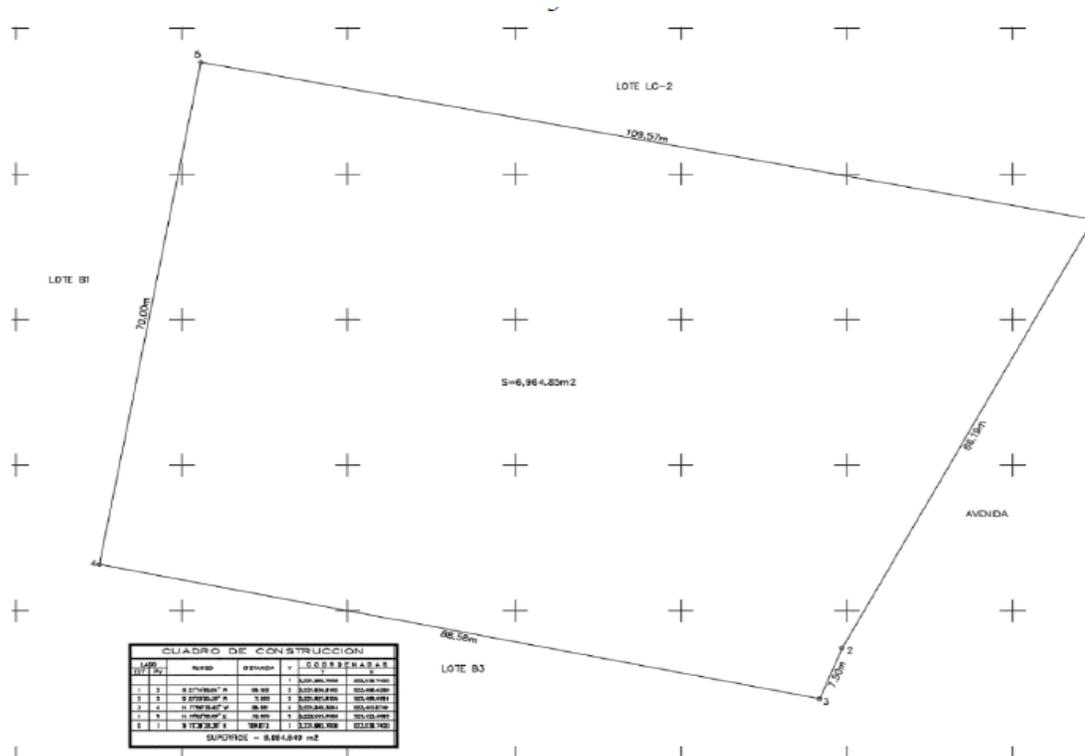


Figura 3. Poligonal del predio.



Figura 4. Planta topográfica.

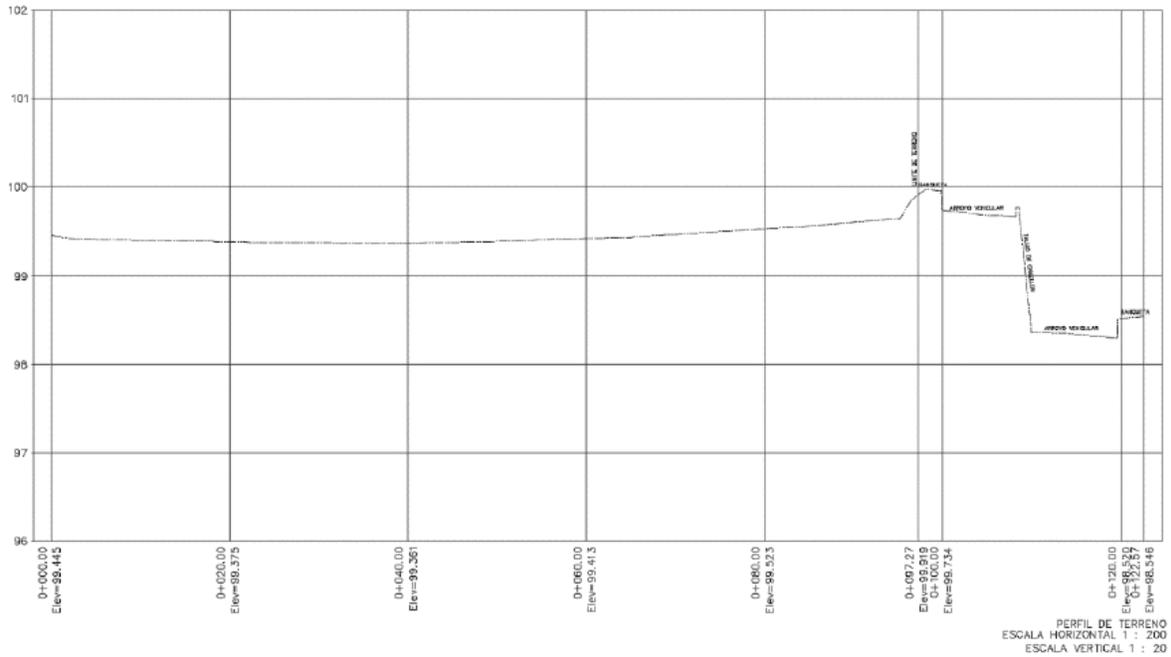


Figura 5. Perfil transversal del terreno.

El proyecto arquitectónico contempla el desarrollo del proyecto ejecutivo “VÍA DORADA”, en una superficie de 6964.85 m², constituida en los diferentes niveles por:

- Tienda de autoservicio = 3,009.147 m²
- Tiendas departamentales = 3,441.506 m²
- Centro Gastronómico = 1,930.856 m²
- Condominios = 1,138.136 m²
- Roof Garden = 2,024.799 m²
- Amenidades Condominios = 2,381.875 m²
- Áreas comunes de Condominios= 2,019.161 m²
- Estacionamientos Condominios = 6,975.974 m²
- Área Rentable= 8,381.509 m²

- Estacionamiento Centro Comercial= 13,951.942 m²
- Circulaciones Centro Comercial= 9,675.475 m²
- Área de Construcción Torres= 16,404.29 m²
- Cisterna de Agua Potable para Plaza Comercial= 262 m³
- Cisterna de Agua Potable para Departamentos = 576 m³
- Cisterna de Agua tratada = 262 m³

Distribuidos de la siguiente forma:

- Área de cisternas para agua potable en Plaza comercial y Departamentos; y Cisterna de agua tratada, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT – 18.50 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NTP 0+000.
- El sótano 5 para estacionamiento, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT -15.50 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NTP – 0+000.
- El sótano 4 para estacionamiento, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT -12.50 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NTP – 0+000.
- El sótano 3 para estacionamiento, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT -9.50 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NTP – 0+000.
- El sótano 2 para estacionamiento, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT -6.50 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NTP – 0+000.
- El sótano 1 tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT – 3.50 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NTP – 0+000. Contará con rotonda de acceso vehicular, oficinas administrativas, área local de servicios, C4 de control de seguridad; tienda de autoservicio con patio de maniobras.

- Planta Baja, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT + 1.50 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NPT 0+000. Contará con área de Vestíbulos y áreas de locales comerciales.
- Planta Nivel 1, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT + 7.00 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NPT 0+000. Contará con área de vestíbulo a doble altura, áreas de locales comerciales y área de restaurantes.
- Planta Nivel 2, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT + 11.50 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NPT 0+000. Contará con área de jardín, GYM, baños, Kids Club, terraza, vestíbulo de amenidades, galería de arte de la torre 1 y 2; salón de eventos, centro de negocios y administración de condominio, patio de servicios y cancha de tenis.
- Planta nivel 3, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT + 16.00 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NPT 0+000. Contará con área de departamentos.
- Planta nivel 4, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT + 21.20 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NPT 0+000. Contará con área de departamentos.
- Planta nivel 5 al 16, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT + 24.50 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NPT 0+000. Contará con área de departamentos tipo.
- Planta nivel 17, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT + 64.10 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NPT 0+000. Contará con área de departamentos. Las torres se unen para alojar un SPA & Sauna.
- Planta nivel 18, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT + 67.40 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NPT 0+000. Contará con área de departamentos. Las torres se unen para alojar una Alberca.

- Planta nivel 19, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT + 70.70 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NPT 0+000. Contará con área de Planta Baja de Pent-House.
- Planta nivel 20, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT + 74.00 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NPT 0+000. Contará con área de Planta Baja de Pent-House.
- Planta Azoteas, tendrá un nivel de piso terminado a la cota NPT + 77.18 m, respecto al nivel de Banqueta de la calle Ferrocarril Central, NPT 0+000. Contará con área de captación de agua pluvial.

La estructuración será híbrida, estará resuelta por medio de:

- En los sótanos por marcos de concreto armado, a base de columnas, traveses y losas de concreto armado, con claros máximos entre columnas de 8.082 m.
- En los niveles superiores por marcos de acero, a base de columnas y traveses de acero, con losacero, con claros máximos entre columnas de 8.082 m.

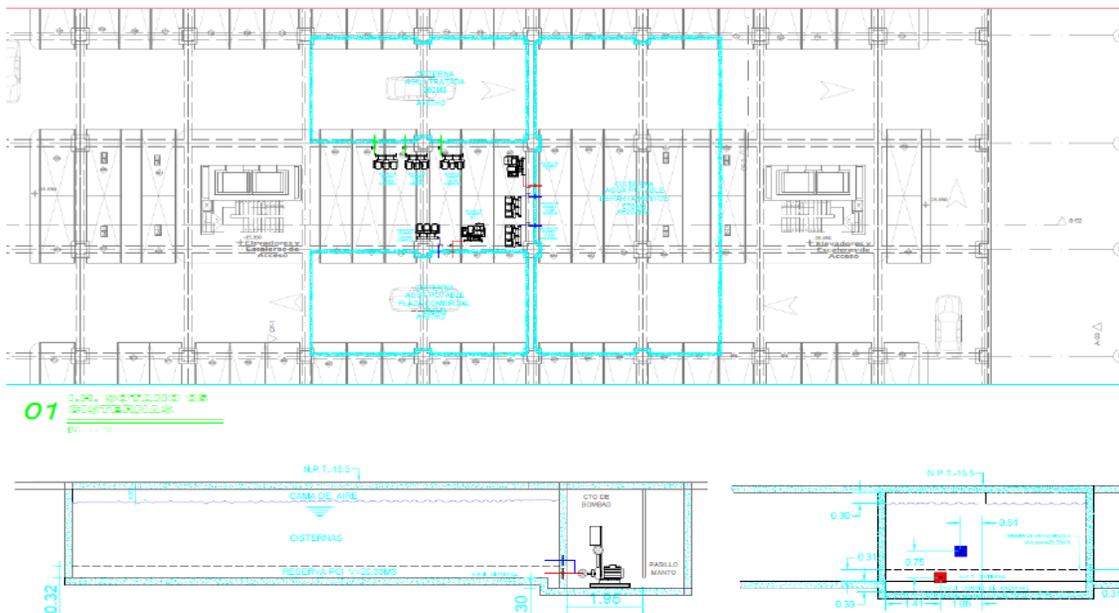


Figura 6. Cisternas NPT - 18.50 m.

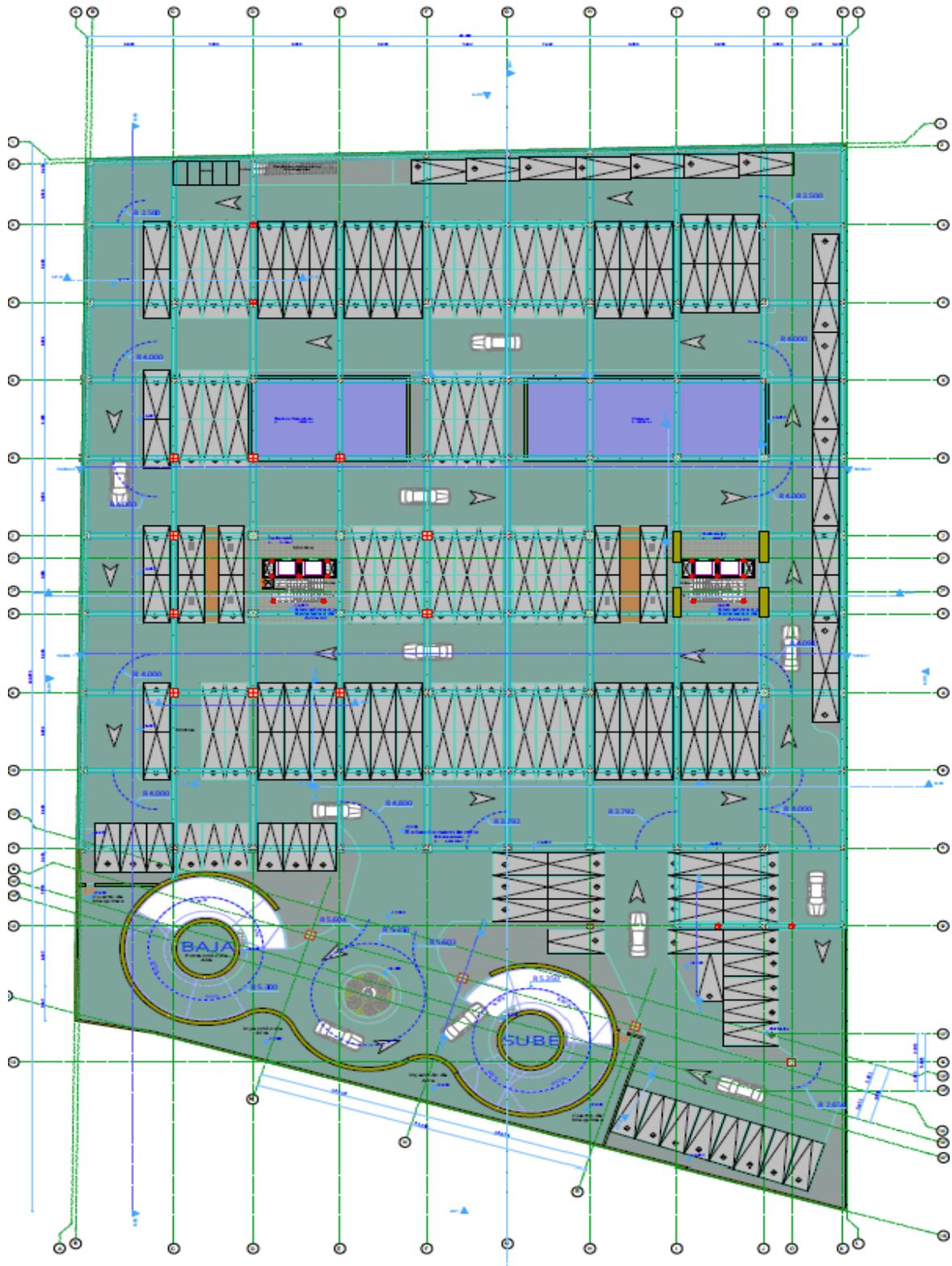


Figura 7. Sótano 5 NPT - 15.50 m.

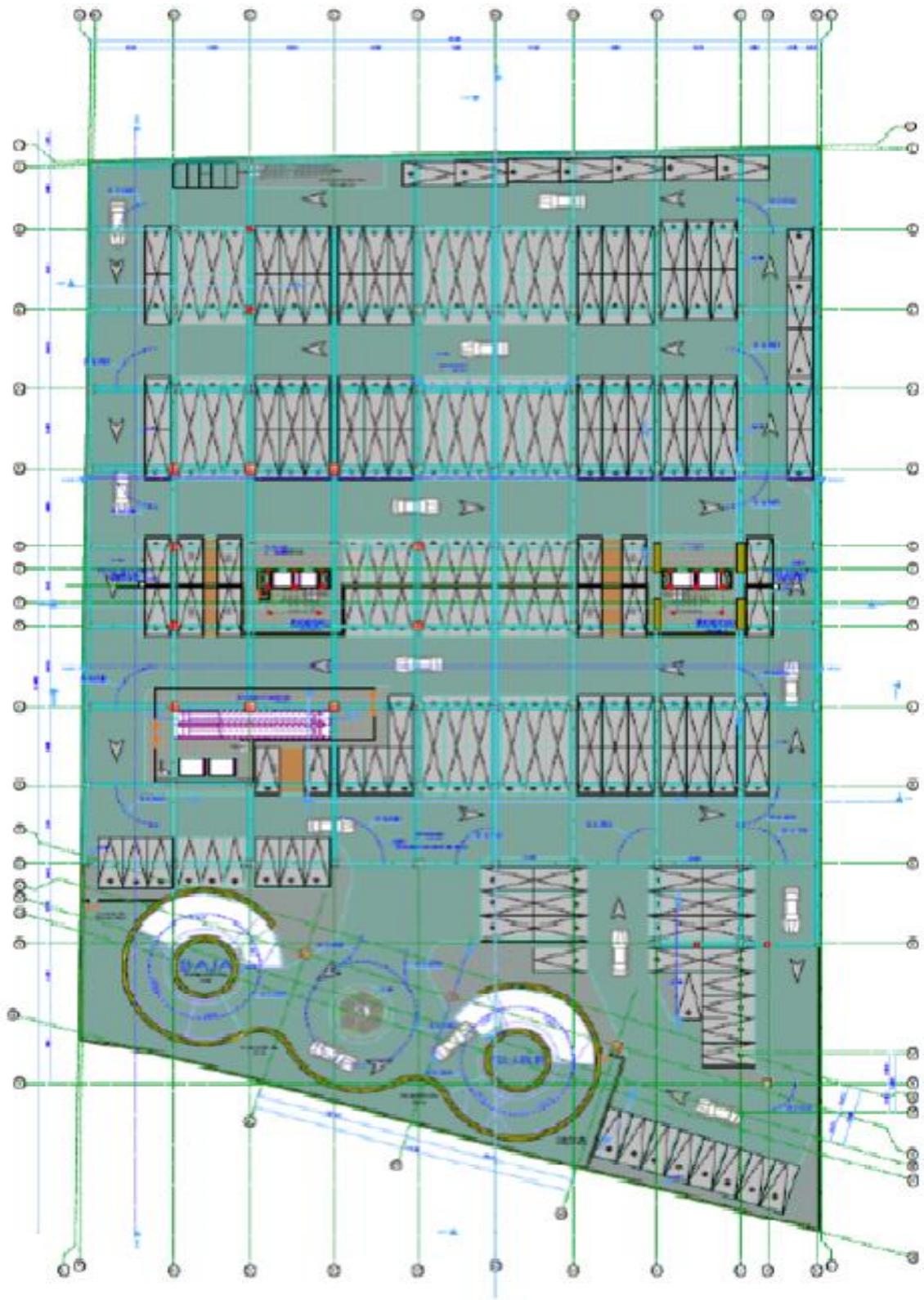


Figura 8. Sótano 4 NPT - 12.50 m.

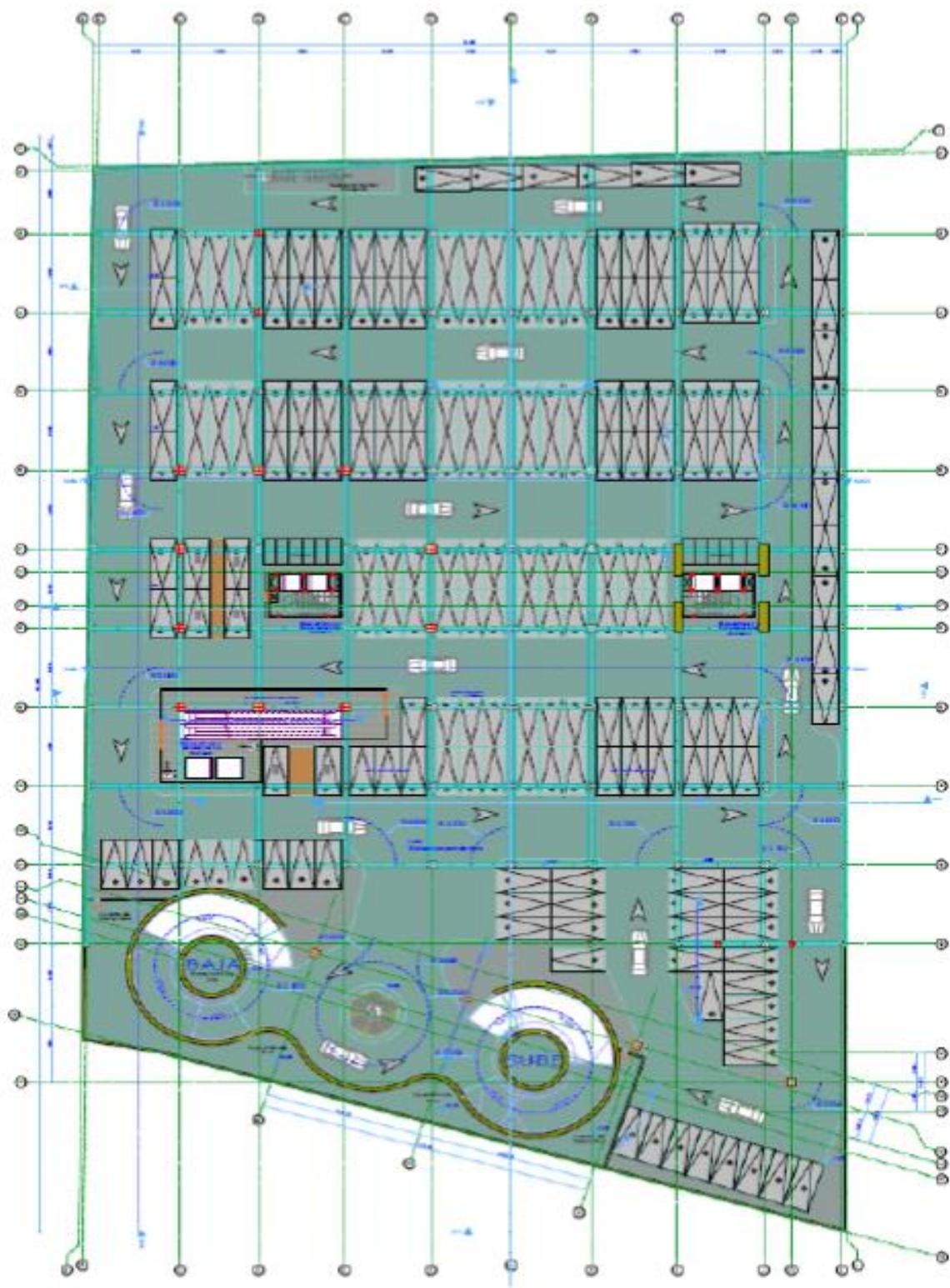


Figura 9. Sótano 3 NPT - 9.50 m.

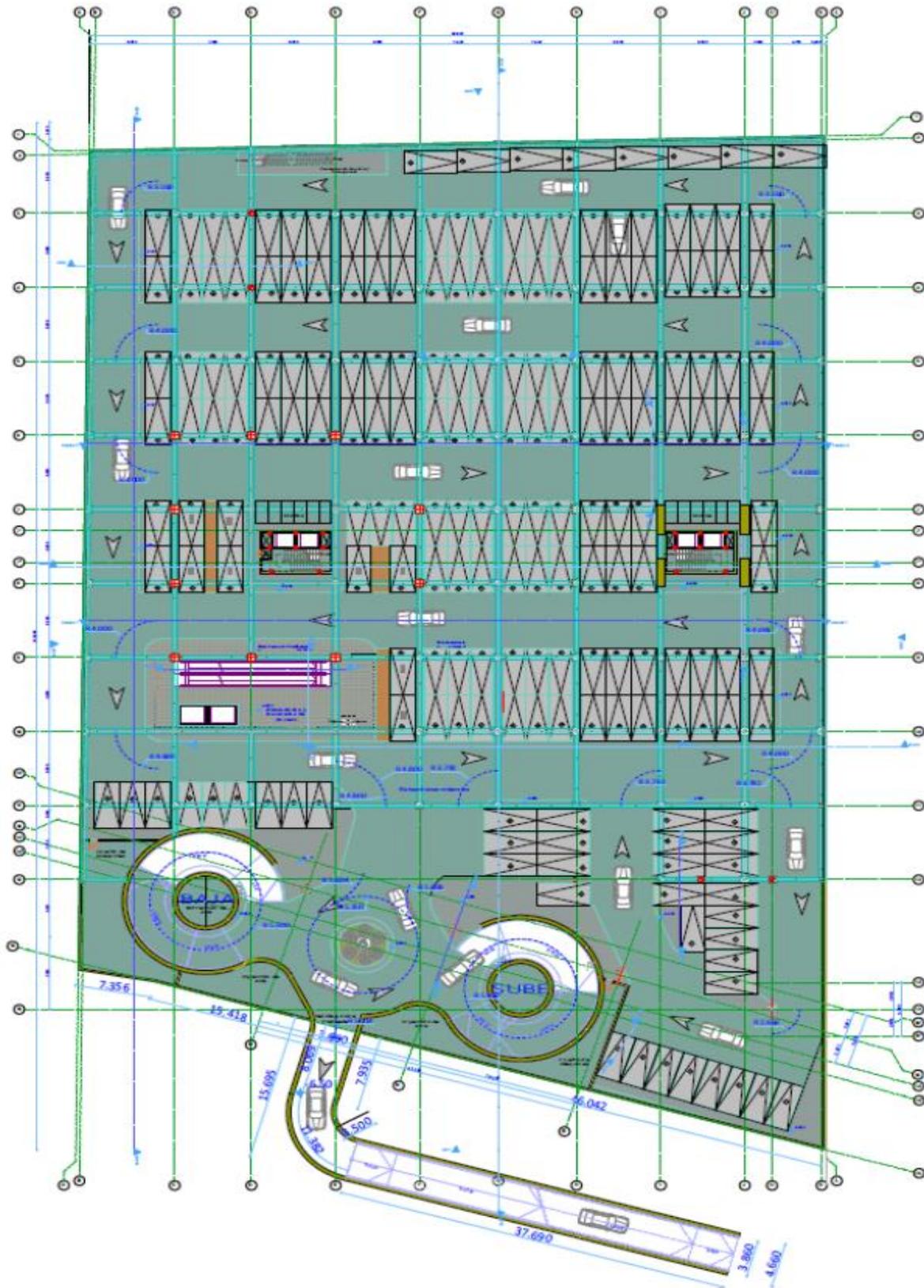


Figura 10. Sótano 2 NPT - 6.50 m.

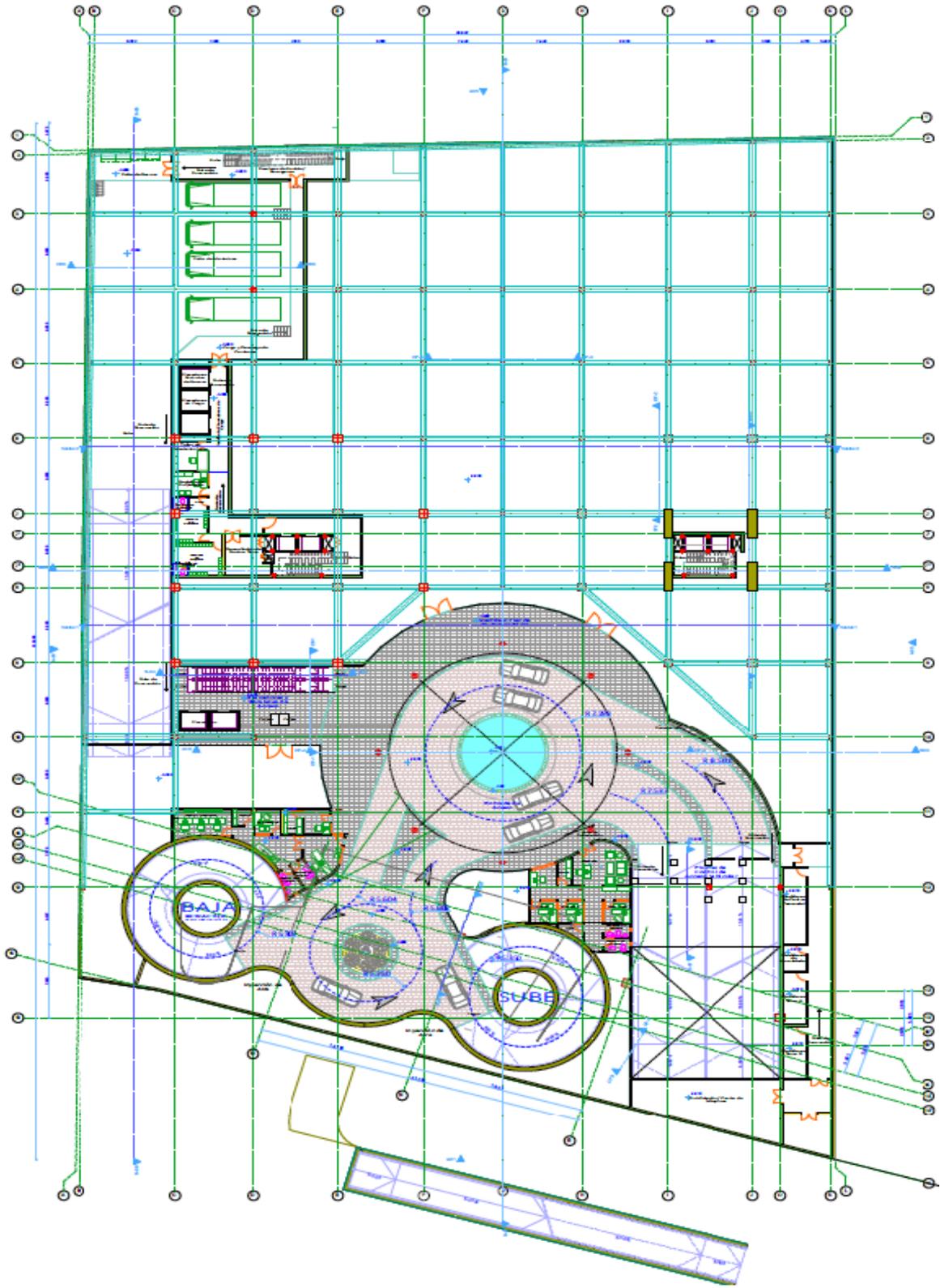


Figura 11. Sótano 1 NPT - 3.50 m.

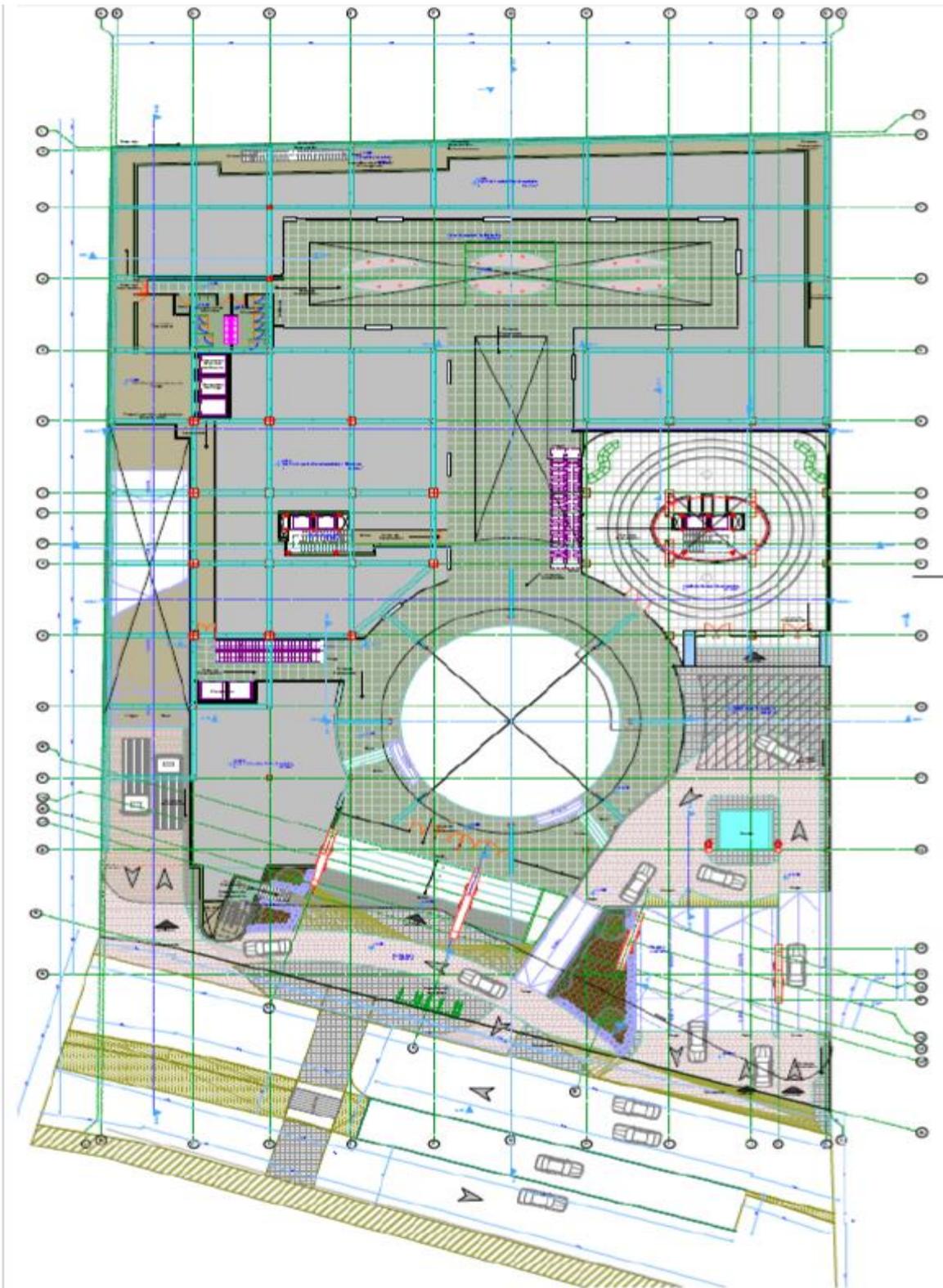


Figura 12. Planta Baja NPT + 1.50 m.

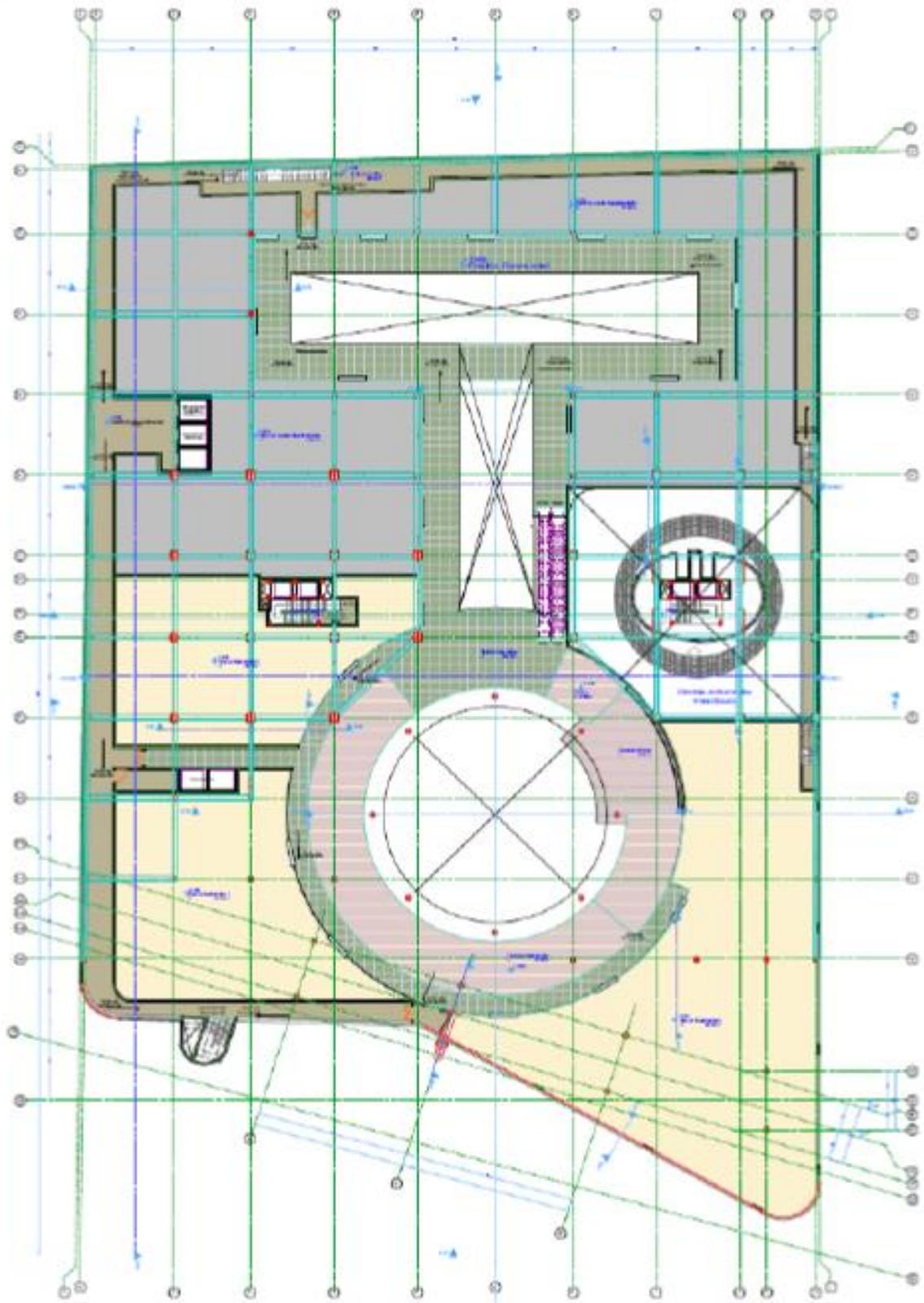


Figura 13. Nivel 1 NPT + 7.50 m.

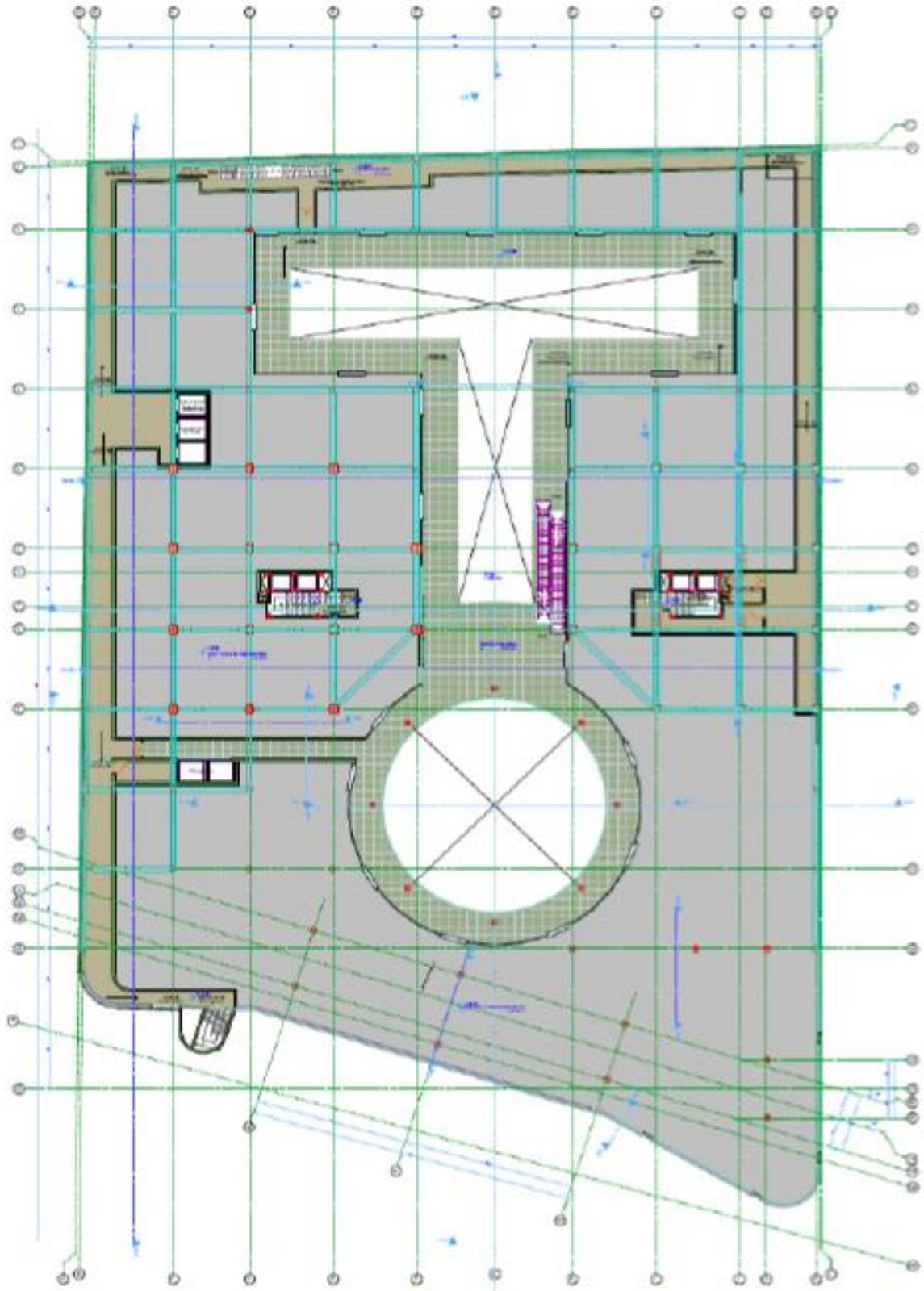


Figura 14. Nivel 2 NPT + 11.50 m.

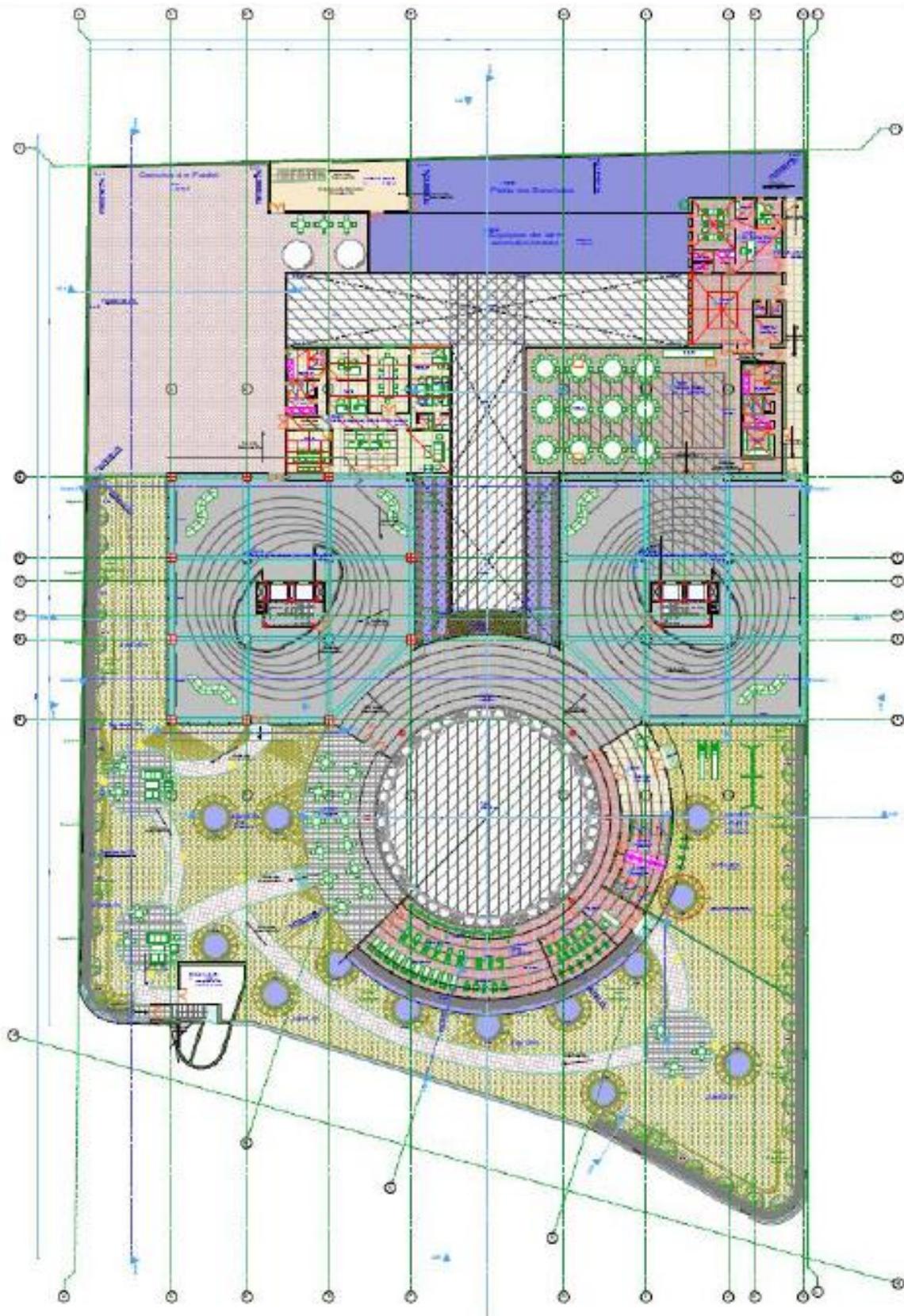


Figura 15. Nivel 3 NPT + 16.00 m.

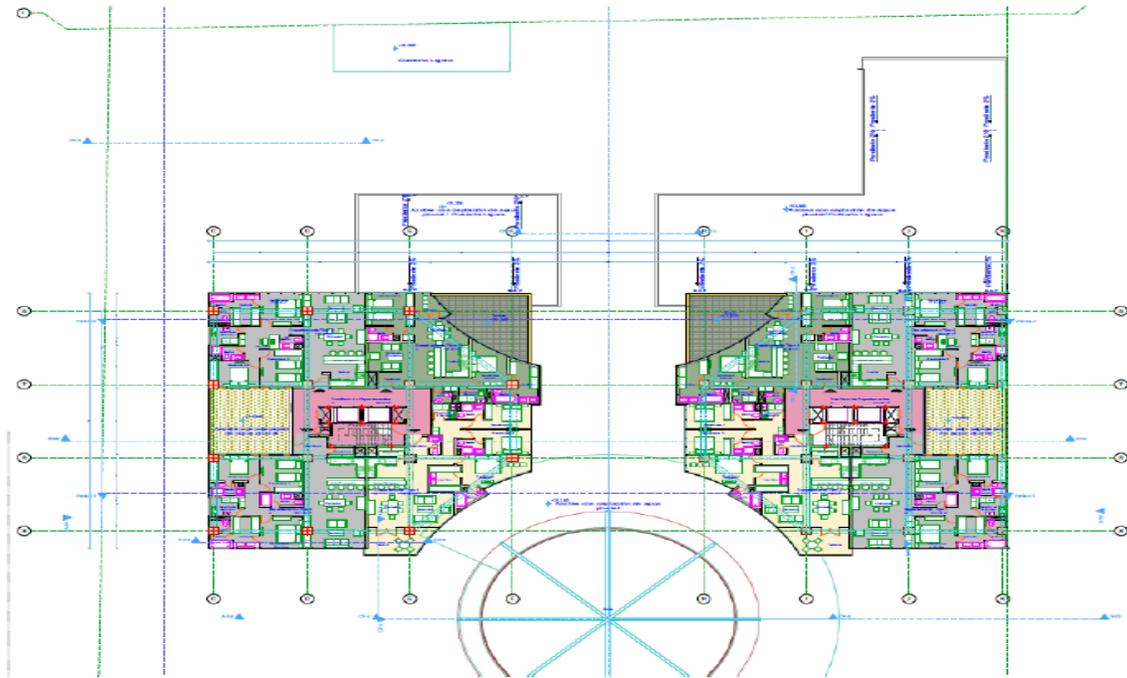


Figura 16. Nivel 4 NTP + 21.20 m.

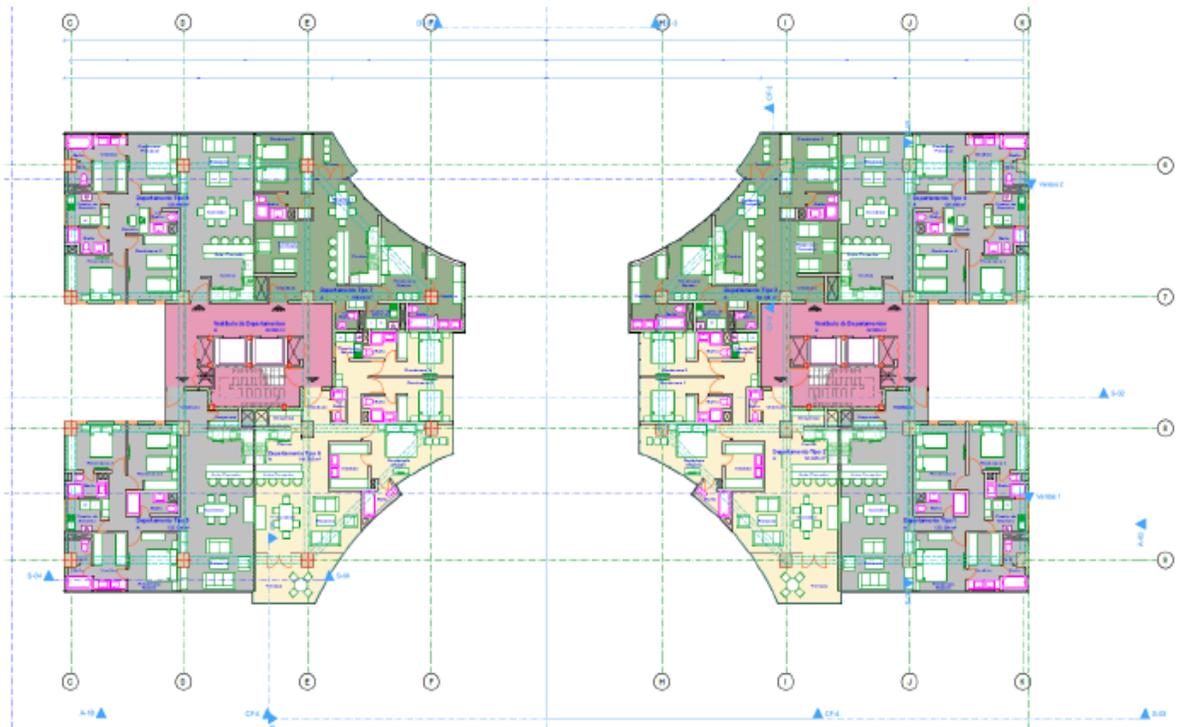


Figura 17. Nivel 5 al Nivel 16 NTP + 24.50 m.

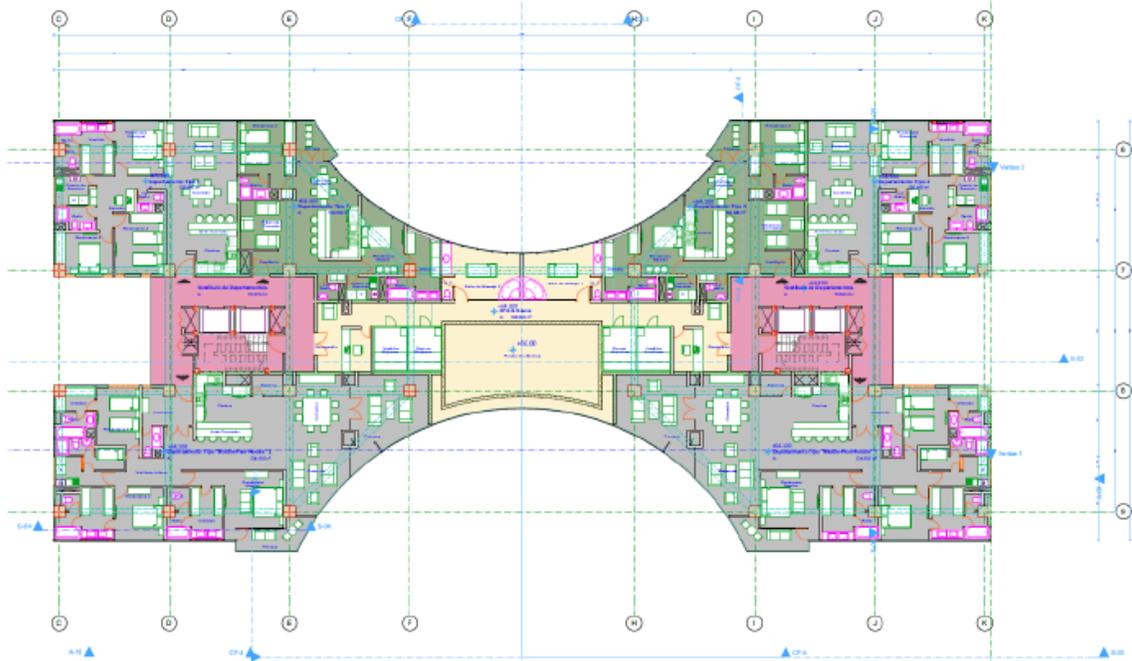


Figura 18. Nivel 17 (Spa) NTP + 64.10 m.

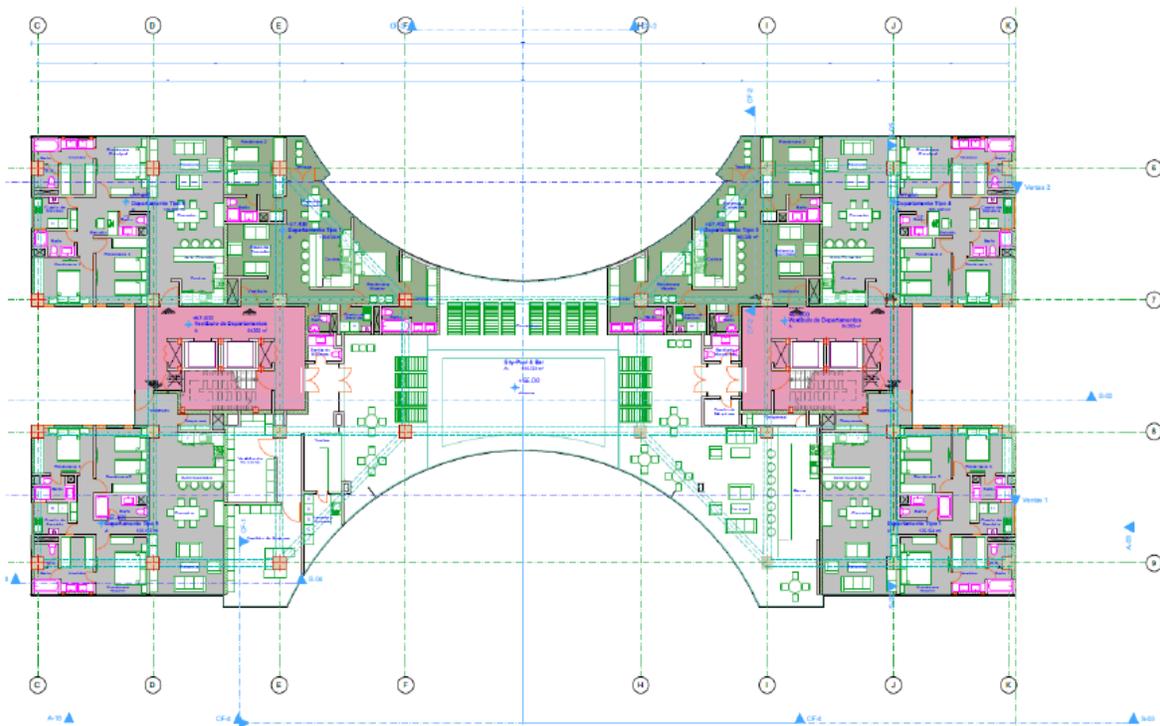


Figura 19. Nivel 18 (Alberca) NTP + 67.40 m.

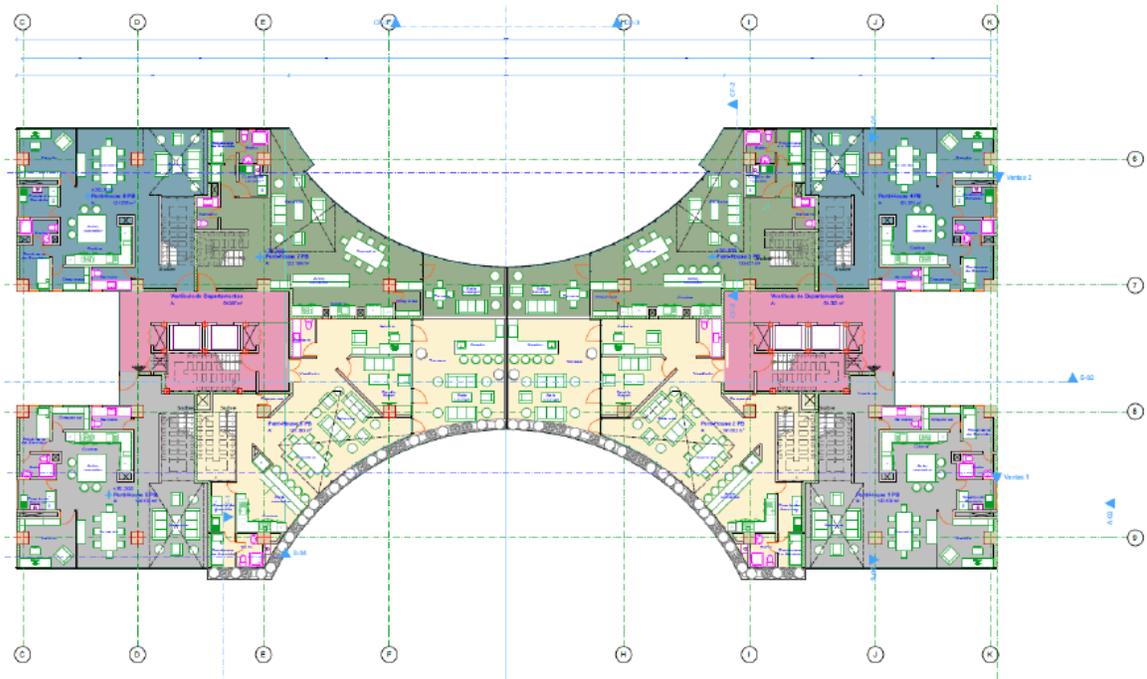


Figura 20. Nivel 19 (Pent-House PB) NTP + 70.70 m.

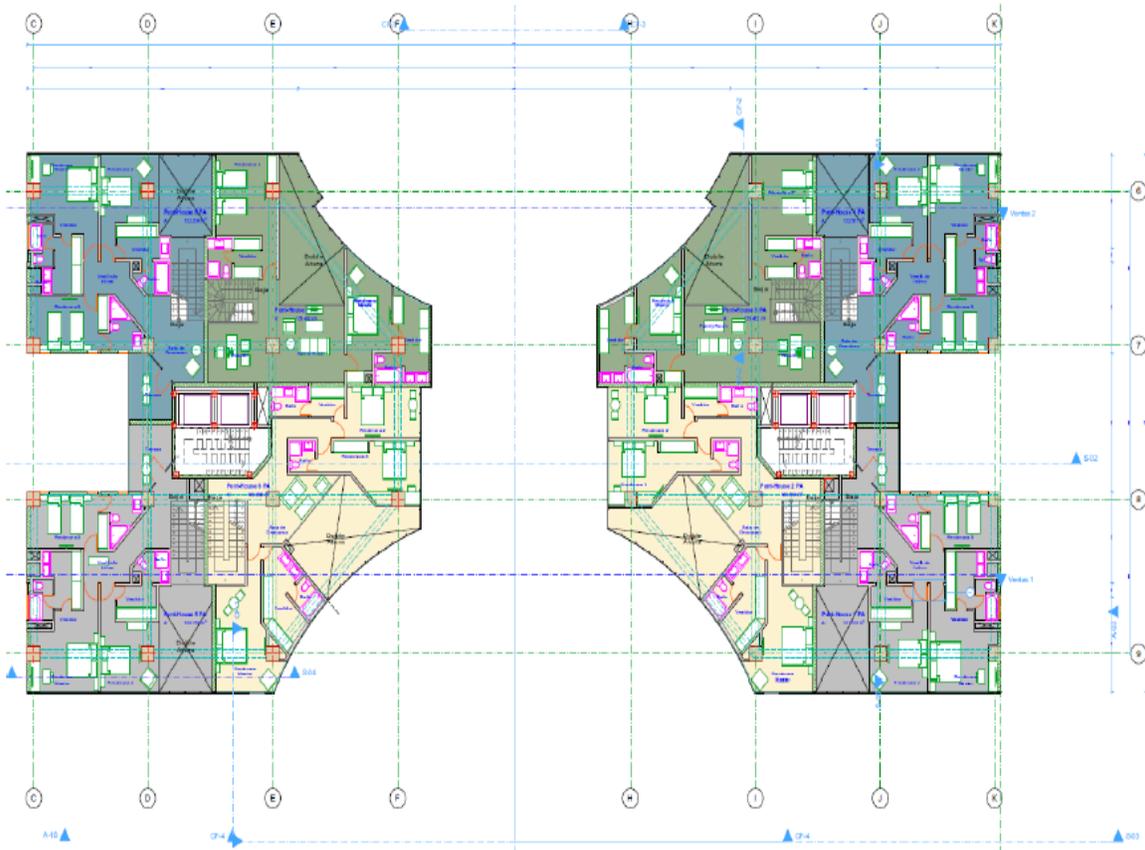


Figura 21. Nivel 20 (Pent-House PA) NTP + 74.00 m.

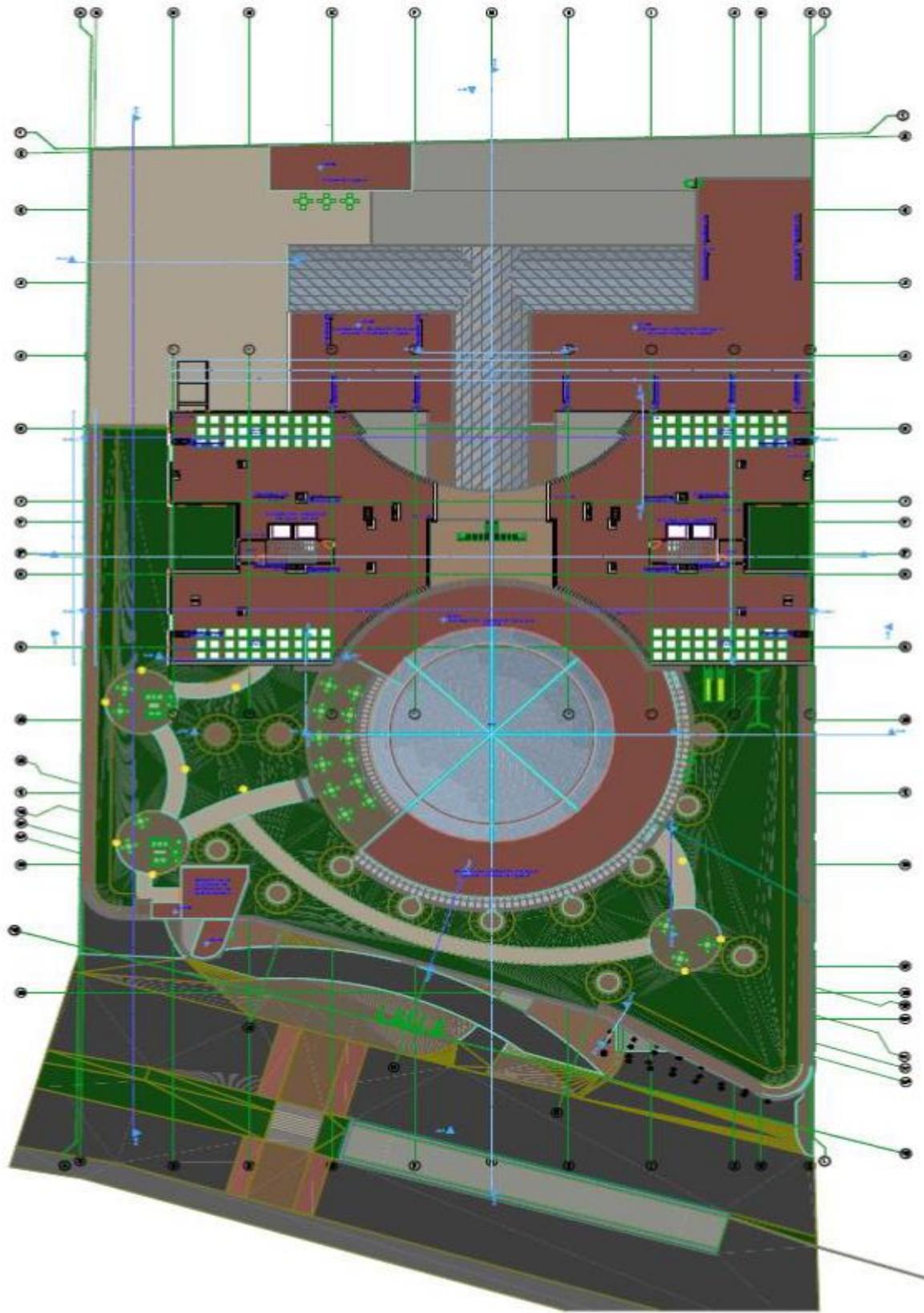


Figura 22. Planta Azoteas

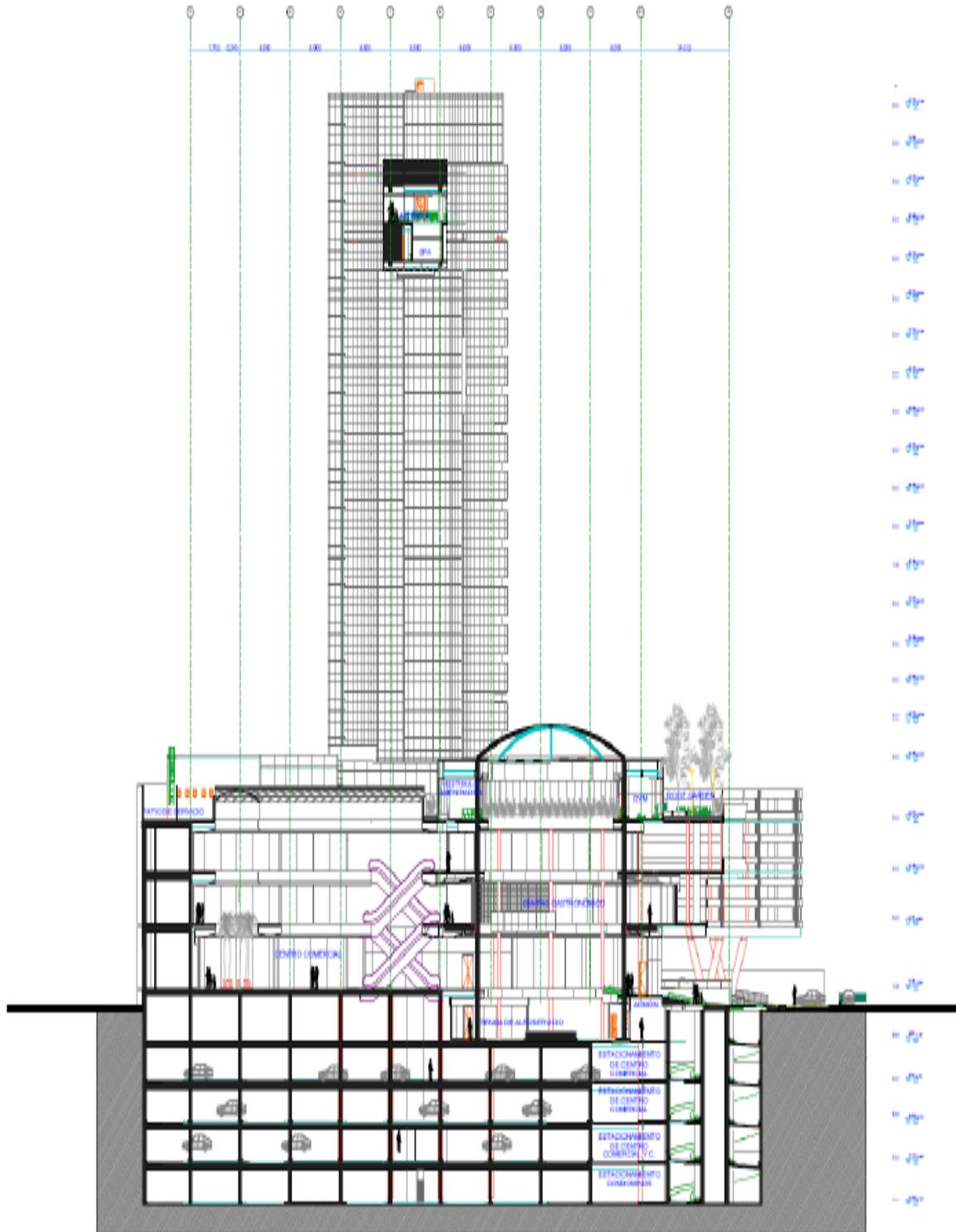


Figura 23. Corte S-01

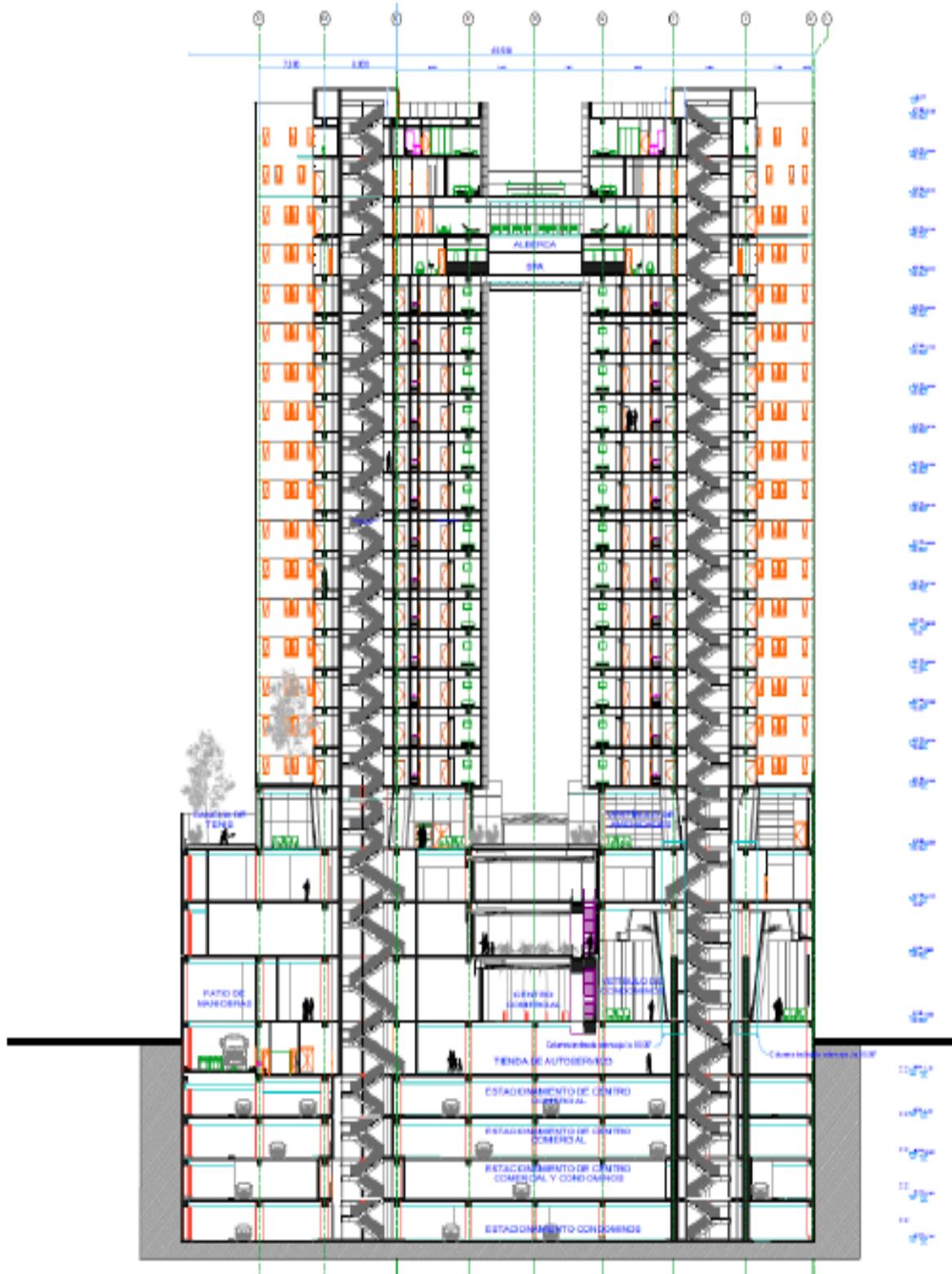


Figura 24. Corte S-02.

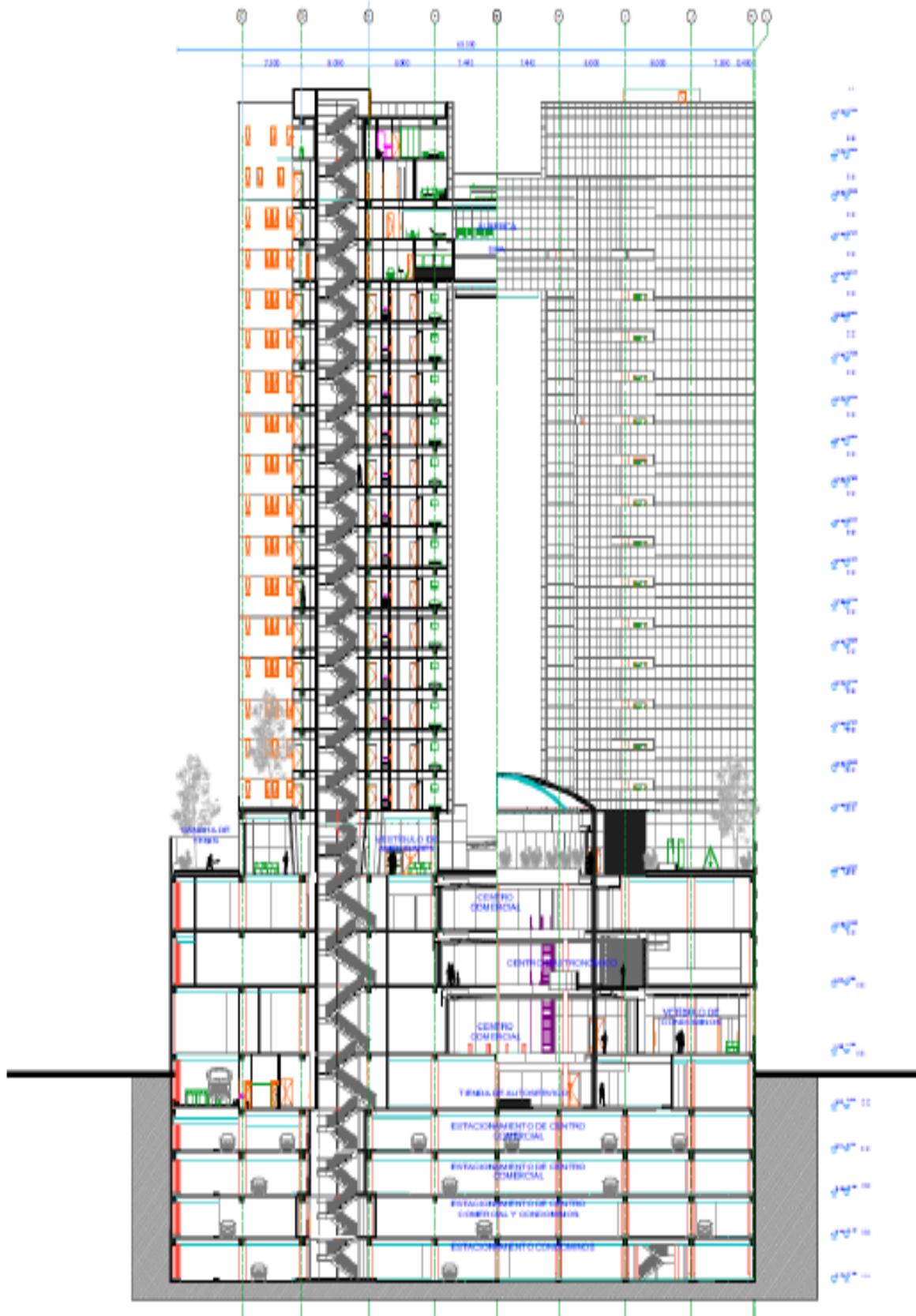


Figura 25. Corte S-03.

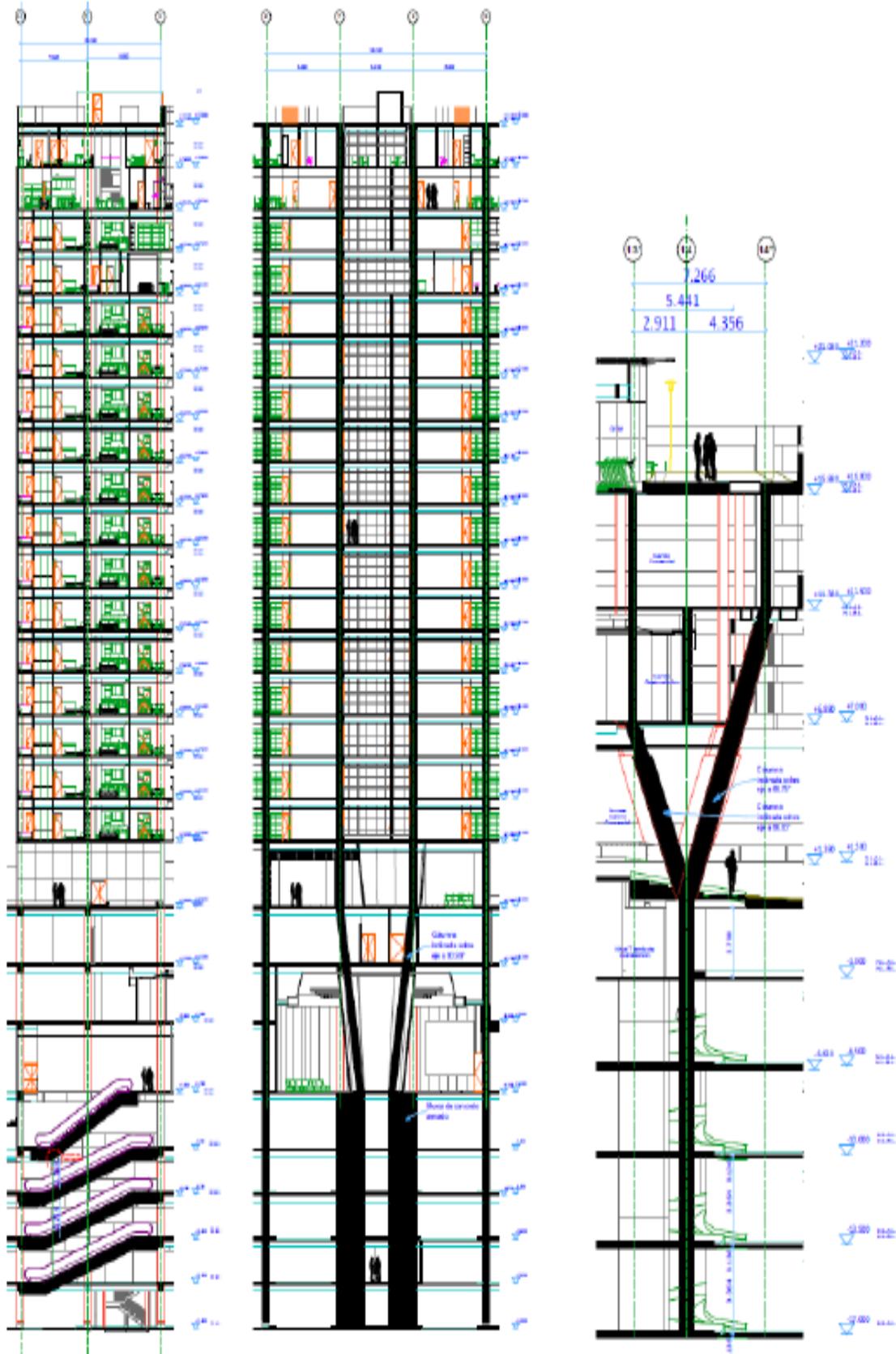


Figura 26. Cortes S-04, S-05 y S-06.

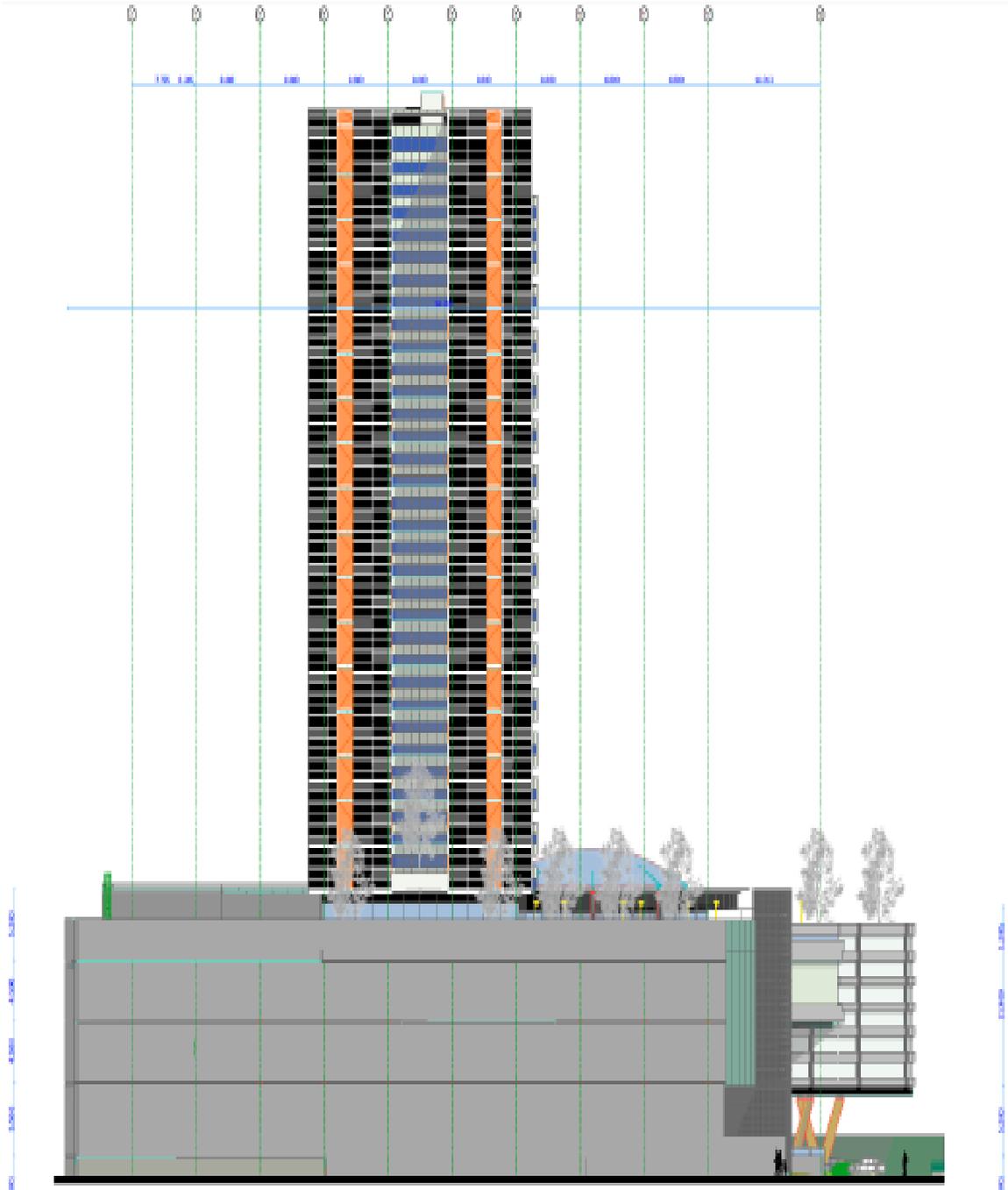


Figura 27. Fachada Sur.

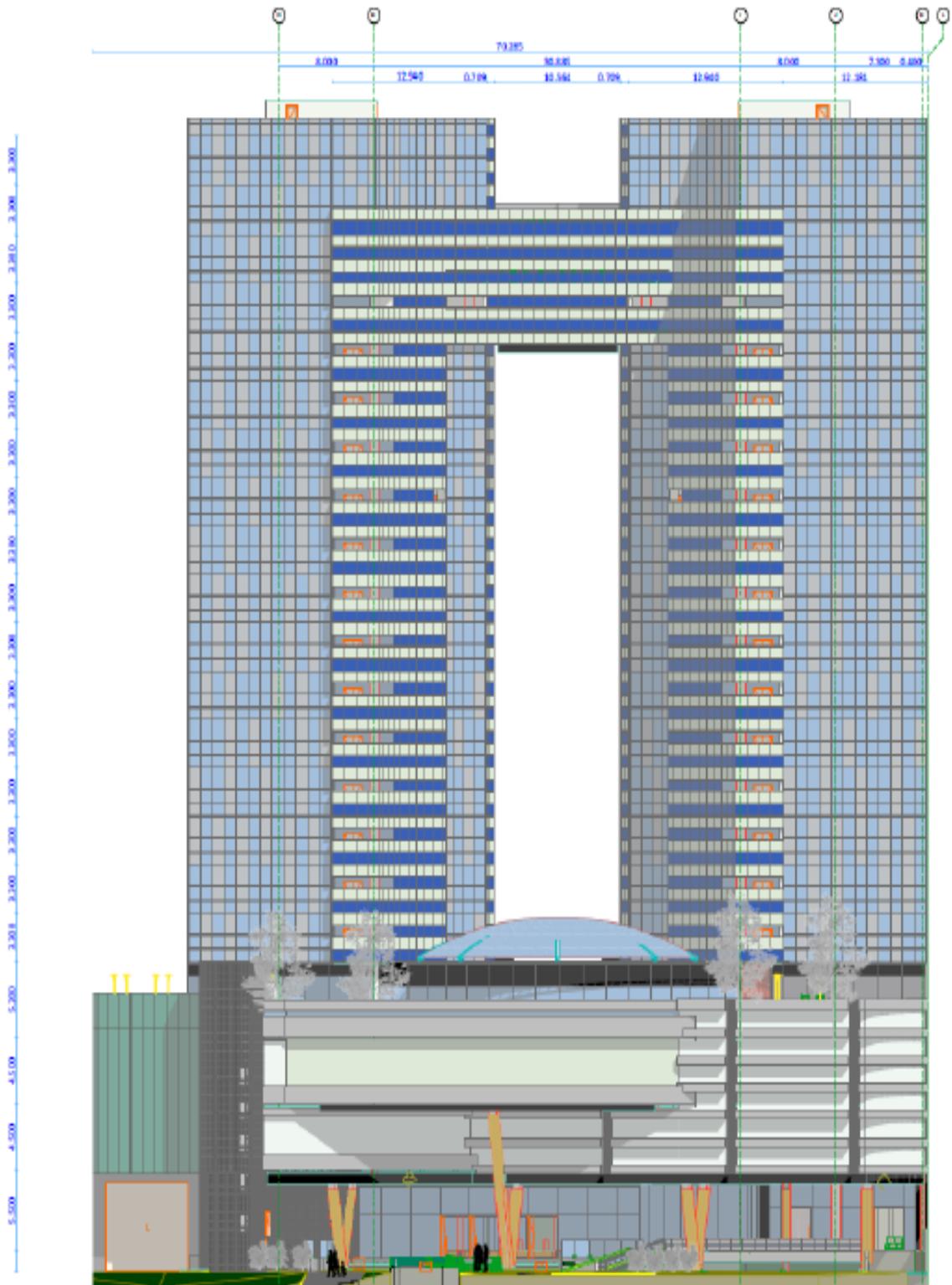


Figura 28. Fachada Este

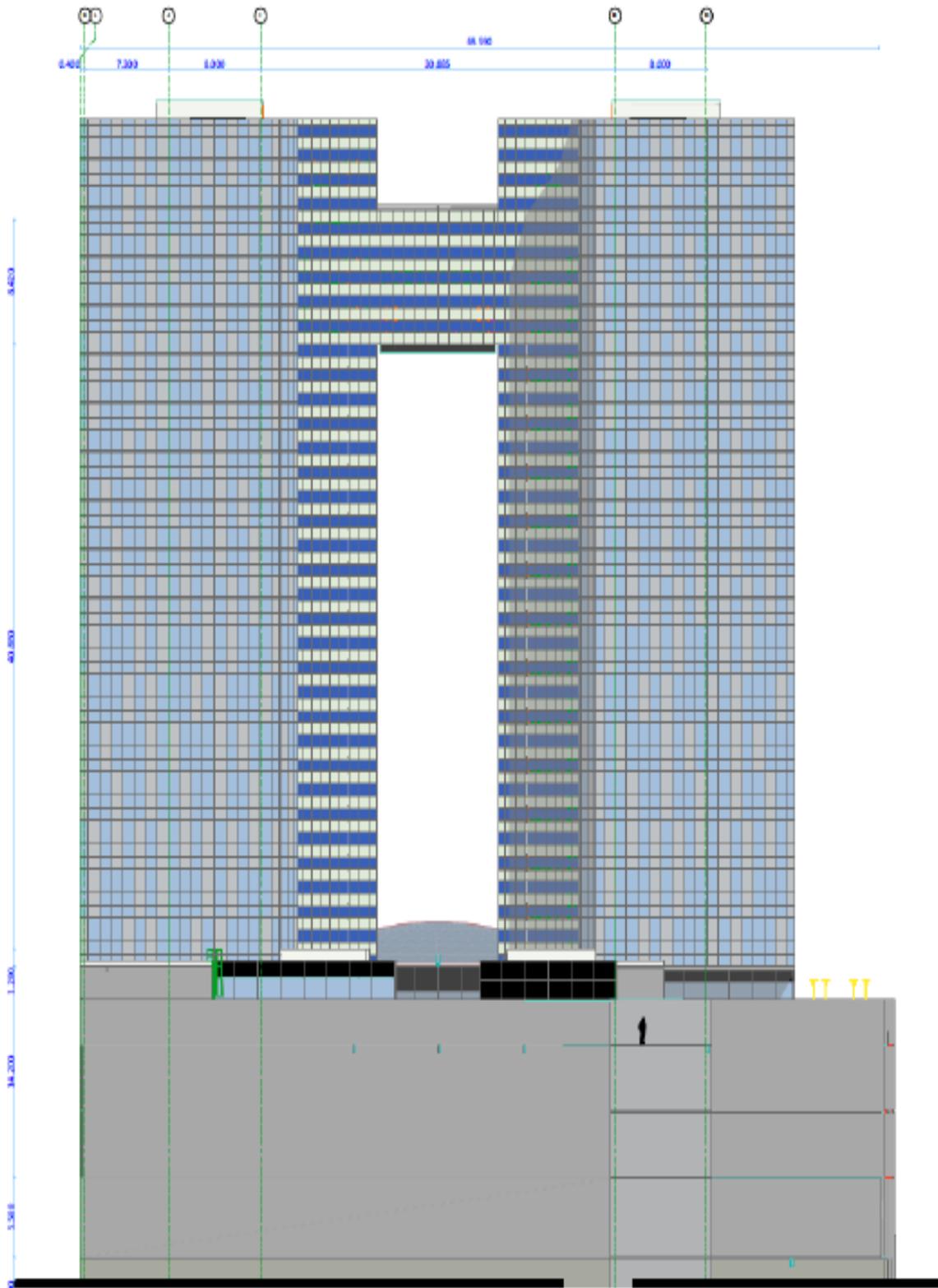


Figura 29. Fachada Oeste.

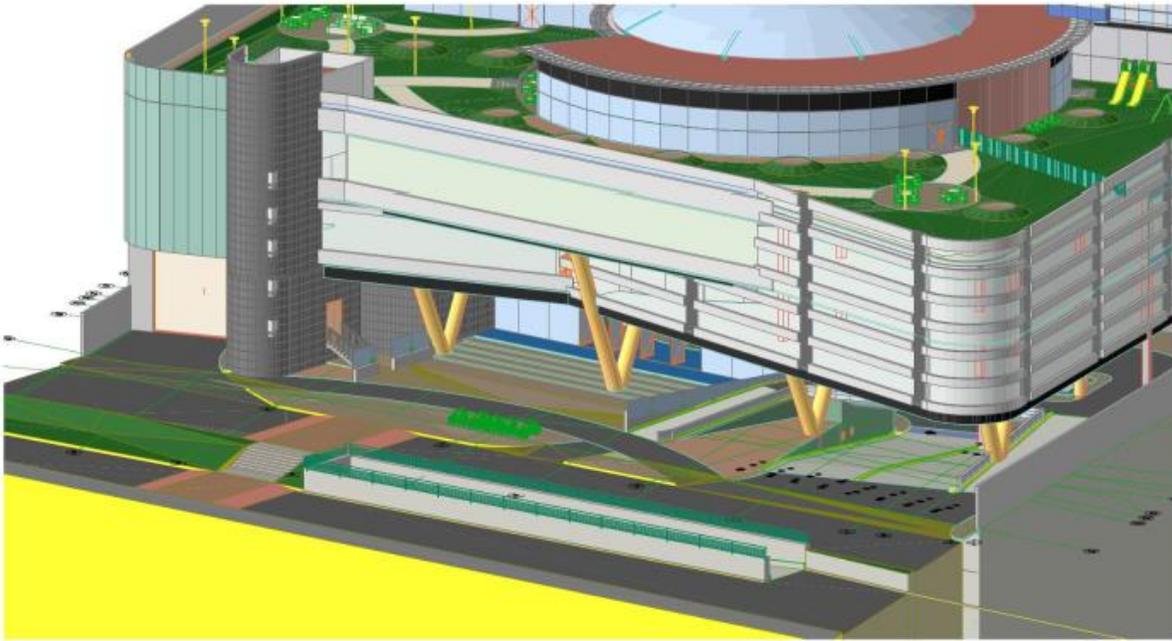


Figura 30. Isométrico 1



Figura 31. Isométrico 2.

3. EXPLORACION Y MUESTREO.

Para conocer las características físicas, estratigráficas y propiedades mecánicas del suelo se requiere elaborar un programa de estudio geotécnico, por lo general se realiza primeramente un reconocimiento físico del área, mediante fotografías aéreas, estudios geofísicos y los necesarios que el ingeniero especialista en suelos indique ya que dependerá del tipo de estructura que se proyecte.

La exploración del subsuelo generalmente se realiza mediante pozos de inspección y sondeos. Se selecciona el tipo de exploración que se llevará a cabo de acuerdo al tipo de obra civil que se proyecta. Se escoge puntos de importancia ingenieril para la ubicación de los sondeos, ya que se necesita información geotécnica para el diseño de una cimentación adecuada. La profundidad de los sondeos es de acuerdo al tamaño de la obra y el tipo de estructura que se construya, por reglamento; se considera que la profundidad sea donde los incrementos de los esfuerzos dejen de ser significativos y la presencia de un suelo blando no contribuya a los asentamientos de la estructura.

Los objetivos de la investigación y de la exploración del subsuelo son:

- Conocer el perfil estratigráfico del sitio, las diferentes capas y espesores de materiales que conforman el subsuelo.
- Determinar el nivel freático (NAF) en el subsuelo en caso de que exista.
- Obtener las propiedades para la clasificación de los estratos y determinar parámetros necesarios de diseño mediante la obtención de pruebas y análisis de laboratorio.

3.1 Métodos de exploración.

Métodos directos.

Pozo a cielo abierto.

Este método consiste en hacer una excavación, manualmente o con una retroexcavadora, siendo lo suficientemente amplio para que un técnico pueda descender, examinar y explorar directamente las condiciones del terreno in situ,

horizontal y vertical. La limitación de este método es la profundidad a la que se puede llevar a cabo la exploración ya que se eleva el costo al construir soportes en las paredes e instalar un sistema de evacuación del agua cuando la excavación sea por debajo del nivel freático, se recomienda de una profundidad de 3 a 5 m.

En estos pozos se pueden tomar muestras alteradas, que son porciones de suelo de los diferentes estratos encontrados y se conservan en bolsas para evitar pérdida de humedad. La muestra inalterada se labra cuidadosamente en una oquedad en la pared del pozo, se protege envolviéndola con manta, impermeabilizándola con breá y parafina. Posteriormente se traslada al laboratorio donde se le harán las pruebas necesarias.

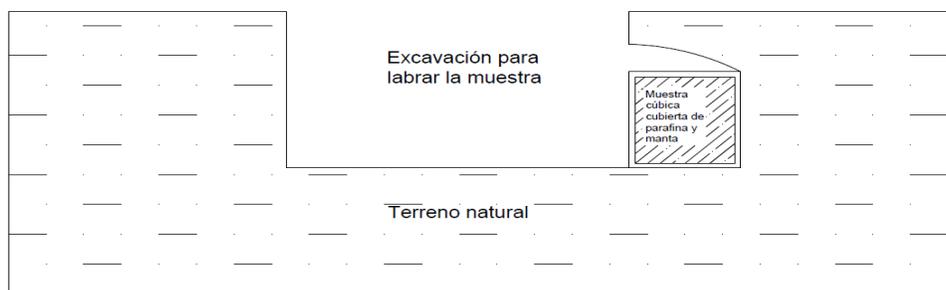


Figura 32. Representación de pozo a cielo abierto.

Perforación por lavado.

Este método resulta rápido y económico, con ella podemos conocer la estratigrafía del subsuelo, las muestras obtenidas son totalmente alteradas y no se consideran suficiente para el análisis del laboratorio, en esta técnica se utiliza un trípode ligero equipado con polea y martinete suspendido de 80 a 150 kg de peso, cuya función es hincar en el suelo a golpes el ademe necesario para la operación, debe ser de mayor diámetro que la tubería que vaya a usarse para la inyección del agua. En el extremo inferior de la tubería de inyección debe ir un trépano de acero, perforado para permitir el paso del agua a presión. El agua se impulsa dentro de la tubería por medio de una bomba. Se inyecta agua en la perforación, una vez hincado el ademe, esta forma una suspensión con el suelo del fondo del pozo y sale al exterior a través del espacio entre el ademe y la tubería, una vez afuera se recoge con un recipiente y se analiza el sedimento. El procedimiento debe ir complementado con un muestreo con una cuchara sacamuestras apropiada, se coloca al extremo de la tubería en lugar del trépano. Mientras no cambien las características del suelo es suficiente sacar muestras a cada 1.50 m, pero al notar un cambio en el agua inyectada debe procederse a un nuevo muestreo.

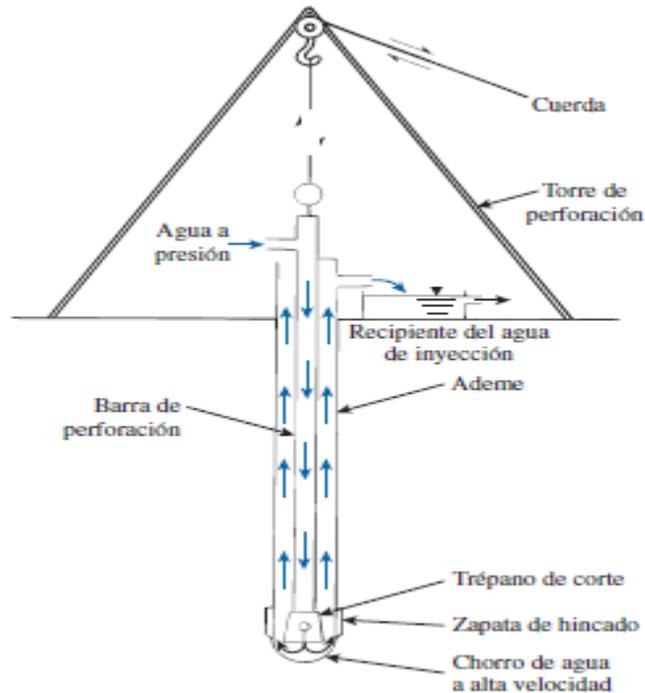


Figura 33. Perforación por lavado.

Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones Braja M. Das 7ma edición.

Perforación con pasteadora, barrenos helicoidales.

Los barrenos helicoidales pueden ser de distintos tipos, dependiendo del suelo por explorar, la hélice debe ser muy cerrada para suelos arenosos y mucho más abierto para el muestreo en suelos plásticos.

En México las pasteadoras son las más usadas, su maniobra es haciéndola penetrar en el subsuelo ejerciendo un giro sobre el maneral adaptado al extremo superior de la tubería de perforación. Las herramientas se conectan al extremo de una tubería de perforación, formadas por una sección de igual longitud que se van añadiendo según aumenta la profundidad del sondeo.

En este tipo de sondeo exploratorios, la muestra obtenida es completamente alterada, puede ser representativo para el contenido de agua y representación de las diferentes capas del subsuelo y clasificación de la misma.

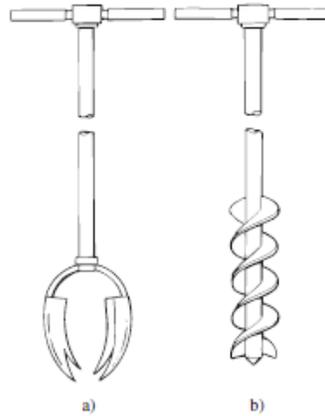


Figura 34. Herramientas manuales: a) barrena para postes; b) barrena helicoidal.

Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones Braja M. Das 7ma edición.

Prueba de Penetración Estándar, (SPT).

A continuación, se describe la prueba de Penetración Estándar como método de muestreo. Esta prueba consiste en un penetrómetro que se enrosca al extremo de una tubería de perforación, penetrando mediante golpes, dados por un martinete de 63.5 kg. que cae libremente desde una altura de 76 cm, contando el número de golpes necesarios para lograr una penetración intermedio de 30 cm., el martinete es hueco y guiado por la misma tubería de perforación, es elevado por un cable que pasa por la polea del trípode y se deja caer a la altura requerida contra un ensanchamiento de la misma tubería de perforación hecho al efecto. En cada avance de 60 cm se debe retirar el penetrómetro, removiendo el suelo en su interior, el cual constituye la muestra.

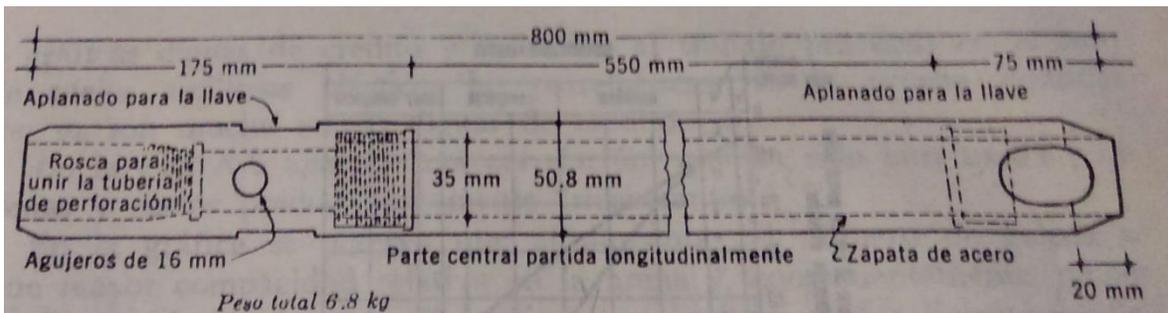


Figura 35. Muestreador de tubo partido utilizado para el SPT.

(Mecánica de suelos, tomo 1, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1975).

Se debe limpiar cuidadosamente el fondo del pozo antes de volver a introducir el muestreador. Una vez limpio se introduce nuevamente el muestreador hasta el fondo y se penetra a golpes 15 cm. dentro del suelo, enseguida se cuentan los

números de golpes necesarios para penetrar los 30 cm intermedios, posteriormente se penetra el muestreador en toda su longitud. Al retirar el pentrómetro, el suelo que se haya en su interior es la muestra que se recolecta. En caso que los materiales en donde se realizan la prueba tengan una resistencia mayor a 50 golpes para penetrar 30cm, se suspende la prueba y se reporta el avance que se haya obtenido. Si durante la prueba hay presencia de boleos o materiales de mucha resistencia se puede hacer utilizando un barril rotatorio con broca de barril con incrustaciones de diamante industrial en su extremo.

3.2 Exploración y muestreo del sitio del interés.

Con el 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 realizados en el sitio de interés.

En este informe se describen los trabajos realizados, se reportan los resultados obtenidos y se consignan las recomendaciones, para el diseño y construcción de la alternativa de cimentación más adecuada para la estructura proyectada.

Para conocer las características de los materiales de depósito natural, en el predio de interés, se efectuaron cinco sondeos de tipo Penetración Estándar, denominados SPT – 1 a SPT – 6, a 30 y 40 metros de profundidad; profundidad en la que los esfuerzos provocados por este tipo de estructuras son significativos, combinando el empleo de la herramienta de penetración estándar en suelos y el avance con broca tricónica, obteniendo muestras representativas alteradas y midiendo el índice de resistencia de los materiales atravesados, correspondientes al número de golpes necesario para hincar 30 cm. La ubicación de los sondeos y los registros de perforación se muestran en la Figura 36.

Para determinar las características estratigráficas y físicas superficiales del suelo, se excavaron 3 pozos a cielo abierto a 2.00 m. de profundidad, con la ubicación que se muestra en la Figura 36. Se inspeccionaron sus paredes determinando la estratigrafía mediante la clasificación de los materiales con técnicas de campo.

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

Los perfiles estratigráficos de los sondeos profundos y de los pozos a cielo abierto excavados se presentan en las figuras 45 al 56.



Figura 36. Ubicación de los sondeos profundo SPT-1 a SPT-6 y de los pozos a cielo abierto PCA-1 a PCA-3.

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: VIA DORADA	FECHA DE INICIO: 16/05/2017
LOCALIZACIÓN: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO	TERMINACIÓN: 17/05/2017
POZO N°: 1	
TIPO DE SONDEO: SPT	
PERFORADORA: ACKER	BOMBA: HONDA

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				
							15 cm	30 cm	15 cm		
1	0.00	0.60	0.60	0.40			7	18	15	T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRAVAS Y RAICES
2	0.60	0.80	0.20	0.14			37	50/5		T.P.	LIMO ARENOSO ARCILLOSO COLOR CAFÉ CLARO Y LIMO CEMENTADO BEIGE
	0.80	1.20	0.40					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
3	1.20	1.52	0.32	0.28			20	50/17		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO
	1.52	1.80	0.28					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
4	1.80	2.10	0.30	0.21			29	50/15		T.P.	LIMO ARCILLOSO CAFÉ CLARO
	2.10	2.40	0.30					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
5	2.40	2.65	0.25	0.22			12	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVILLAS
	2.65	3.00	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
6	3.00	3.13	0.13	0.11			50/13			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO
	3.13	3.60	0.47					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
	3.60	3.66	0.06	S/R			50/6			T.P.	SIN RECUPERACIÓN
	3.66	4.20	0.54					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
7	4.20	4.50	0.30	0.20			27	50/15		T.P.	ARENA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO
	4.50	4.80	0.30					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
8	4.80	4.91	0.11	0.11			50/11			T.P.	AREANA LIMOSA CAFÉ CLARO CON GRAVILLAS Y GRAVA EN ZAPATA
	4.91	5.40	0.49					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
9	5.40	5.54	0.14	0.13			50/14			T.P.	AREANA LIMOSA CAFÉ CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL
	5.54	6.00	0.46					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
10	6.00	6.40	0.40	0.20			31	50/25		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRAVILLAS
	6.40	6.60	0.20					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
11	6.60	6.85	0.25	0.17			25	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVAS Y GRAVILLAS
	6.85	7.20	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
12	7.20	7.45	0.25	0.07			30	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ
	7.45	7.80	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
13	7.80	7.95	0.15	0.08			50/15			T.P.	AREANA LIMOSA CON GRUMOS Y GRAVA DEL MISMO MATERIAL
	7.95	8.40	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
14	8.40	8.50	0.10	0.10			50/10			T.P.	AREANA LIMOSA CON GRUMOS CAFÉ OSCURO
	8.50	9.00	0.50					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
15	9.00	9.40	0.40	0.31			17	50/25		T.P.	ARENA MEDIA LIMOSA CAFÉ OSCURO CON GRUMOS
	9.40	9.60	0.20					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
16	9.60	9.74	0.14	0.12			50/14			T.P.	AREANA LIMOSA CON GRUMOS CAFÉ OSCURO
	9.74	10.20	0.46					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
17	10.20	10.35	0.15	0.15			50/15			T.P.	ARENA LIMOSA CON GRUMOS CAFÉ OSCURO
	10.35	10.80	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
18	10.80	11.05	0.25	0.17			33	50/10		T.P.	LIMO POCO ARENOSO CAFÉ CLARO
	11.05	11.40	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
19	11.40	11.67	0.27	0.15			31	50/12		T.P.	LIMO CAFÉ OSCURO CON GRUMOS
	11.67	12.00	0.33					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
20	12.00	12.25	0.25	0.17			33	50/10		T.P.	LIMO POCO ARENOSO CAFÉ CLARO
	12.25	12.60	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
21	12.60	12.80	0.20	0.13			28	50/5		T.P.	LIMO POCO ARENOSO CAFÉ CLARO
	12.80	13.20	0.40					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
22	13.20	13.35	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO POCO ARENOSO CAFÉ CLARO
	13.35	13.80	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
23	13.80	13.92	0.12	0.12			50/12			T.P.	LIMO POCO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ CLARO
	13.92	14.40	0.48					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
24	14.40	14.53	0.13	0.08			50/13			T.P.	LIMO POCO ARENOSO CAFÉ CLARO
	14.53	15.00	0.47					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
25	15.00	15.15	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS
	15.15	16.00	0.85					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
26	16.00	16.23	0.23	0.21			34	50/8		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS
	16.23	17.00	0.77					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
27	17.00	17.31	0.31	0.20			36	50/16		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO
	17.31	18.00	0.69					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
28	18.00	18.15	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ GRISACEO
	18.15	19.00	0.85					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
29	19.00	19.36	0.36	0.22			18	50/21		T.P.	AREANA FINA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO
	19.36	20.00	0.64					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
30	20.00	20.29	0.29	0.25			24	50/14		T.P.	P/SUP. LIMO ARENOSO CAFÉ Y P/INF. AREANA FINA CAFÉ
	20.29	21.00	0.71					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
31	21.00	21.42	0.42	0.40			15	50/27		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVILLAS DE OBSIDIANA
	21.42	22.00	0.58					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
32	22.00	22.25	0.25	0.23			29	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO Y CAPA DE CENIZA VOLCANICA
	22.25	23.00	0.75					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
33	23.00	23.37	0.37	0.28			15	50/22		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRAVILLAS
	23.37	24.00	0.63					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
34	24.00	24.37	0.37	0.18			13	50/22		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ AMARILLENTO
	24.37	25.00	0.63					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
35	25.00	25.30	0.30	0.15			15	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ AMARILLENTO CON GRAVILLAS
	25.30	26.00	0.70					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
36	26.00	26.40	0.40	0.32			39	50/25		T.P.	LIMO CEMENTADO BEIGE CON GRAVILLAS Y LIMO CAFÉ AMARILLENTO
	26.40	27.00	0.60					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
37	27.00	27.35	0.35	0.25			23	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO AMARILLENTO
	27.35	28.00	0.65					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
38	28.00	28.35	0.35	0.16			24	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRAVAS Y GRAVILLAS
	28.35	29.00	0.65					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
39	29.00	29.30	0.30	0.15			25	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRAVAS Y GRAVILLAS
	29.30	30.00	0.70					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
40	30.00	30.37	0.37	0.25			14	50/22		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVAS Y GRAVILLAS Y LIMO CAFÉ CLARO
	30.37										

Nivel Freático (m): _____ Turno de: 16/05/17 8:00 a.m. Hrs.

Observaciones generales: _____

Ademe (m): _____

Profund. del proyecto: 30.00 mts.

Profundidad real: 30.37 mts.

Operador: Emmanuel Figueroa Ramirez

Supervis or: Erik José Tapia Espinoza

Fecha: 16 de Mayo del 2017

Figura 37. Registro de campo del sondeo SPT-1.

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: VIA DORADA												
LOCALIZACIÓN: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO										FECHA DE INICIO: 18/05/2017		
POZO N° 2										TERMINACIÓN: 19/05/2017		
TIPO DE SONDEO: SPT										BOMBA: HONDA		
PERFORADORA: ACKER												
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					
							15 cm	30 cm	15 cm	MUESTREO		
1	0.00	0.60	0.60	0.42			4	19	30	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ Y LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
2	0.60	0.75	0.15	0.14			50/15			T.P.	ARENA LIMOSA CAFÉ CLARO	
	0.75	1.20	0.45							B.T.	ABT 2 15/16	
3	1.20	1.60	0.40	0.28			17	50/25		T.P.	ARENA LIMOSA CAFÉ CLARO	
	1.60	1.80	0.20							B.T.	ABT 2 15/16	
4	1.80	2.05	0.25	0.22			29	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	2.05	2.40	0.35							B.T.	ABT 2 15/16	
5	2.40	2.65	0.25	0.21			35	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	2.65	3.00	0.35							B.T.	ABT 2 15/16	
6	3.00	3.30	0.30	0.30			27	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	3.30	3.60	0.30							B.T.	ABT 2 15/16	
7	3.60	3.85	0.25	0.23			39	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON LENTE DE ARENA FINA COLOR BLANCO	
	3.85	4.20	0.35							B.T.	ABT 2 15/16	
8	4.20	4.54	0.34	0.27			15	50/19		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	4.54	4.80	0.26							B.T.	ABT 2 15/16	
9	4.80	5.08	0.28	0.24			27	50/13		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	5.08	5.40	0.32							B.T.	ABT 2 15/16	
10	5.40	5.73	0.33	0.25			39	50/18		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	5.73	6.00	0.27							B.T.	ABT 2 15/16	
11	6.00	6.10	0.10	0.08			50/10			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON TOBA NEGRUSCA	
	6.10	6.60	0.50							B.T.	ABT 2 15/16	
12	6.60	6.85	0.25	0.23			25	50/08		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	6.85	7.20	0.35							B.T.	ABT 2 15/16	
13	7.20	7.55	0.35	0.32			22	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS Y GRAVAS DEL MISMO MATERIAL	
	7.55	7.80	0.25							B.T.	ABT 2 15/16	
14	7.80	8.22	0.42	0.32			22	50/27		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL	
	8.22	8.40	0.18							B.T.	ABT 2 15/16	
15	8.40	8.65	0.25	0.22			25	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS	
	8.65	9.00	0.35							B.T.	ABT 2 15/16	
16	9.00	9.40	0.40	0.30			13	50/25		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS Y ARENA CAFÉ CLARO	
	9.40	9.60	0.20							B.T.	ABT 2 15/16	
17	9.60	9.80	0.20	0.22			25	50/08		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS	
	9.80	10.20	0.40							B.T.	ABT 2 15/16	
18	10.20	10.32	0.12	0.12			50/12			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS	
	10.32	10.80	0.48							B.T.	ABT 2 15/16	
19	10.80	10.95	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS	
	10.95	11.40	0.45							B.T.	ABT 2 15/16	
20	11.40	11.71	0.31	0.08			37	50/16		T.P.	ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CON GRAVILLAS	
	11.71	12.00	0.29							B.T.	ABT 2 15/16	
21	12.00	12.26	0.26	0.24			34	50/11		T.P.	ARENA FINA A MEDIA CAFÉ CON GRAVILLAS	
	12.26	12.60	0.34							B.T.	ABT 2 15/16	
22	12.60	12.75	0.15	0.15			50/15	50/5		T.P.	ARENA LIMOSA CON GRUMOS (TOBA)	
	12.75	13.20	0.45							B.T.	ABT 2 15/16	
23	13.20	13.30	0.10	0.05			50/10			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ CLARO (TOBA)	
	13.30	13.80	0.50							B.T.	ABT 2 15/16	
24	13.80	14.07	0.27	0.25			35	50/12		T.P.	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO	
	14.07	14.40	0.33							B.T.	ABT 2 15/16	
25	14.40	14.63	0.23	0.23			46	50/08		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ OSCURO CON GRUMOS POCO ARCILLOSO	
	14.63	15.00	0.37							B.T.	ABT 2 15/16	
26	15.00	15.15	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL	
	15.15	16.00	0.85							B.T.	ABT 2 15/16	
27	16.00	16.25	0.25	0.10			39	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ OSCURO	
	16.25	17.00	0.75							B.T.	ABT 2 15/16	
28	17.00	17.15	0.15	0.06			50/15			T.P.	ARENA FINA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO	
	17.15	18.00	0.85							B.T.	ABT 2 15/16	
29	18.00	18.20	0.20	0.10			30	50/05		T.P.	ARENA FINA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO	
	18.20	19.00	0.80							B.T.	ABT 2 15/16	
30	19.00	19.31	0.31	0.15			17	50/19		T.P.	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO	
	19.31	20.00	0.69							B.T.	ABT 2 15/16	
31	20.00	20.25	0.25	0.12			25	50/10		T.P.	LIMO CAFÉ CLARO	
	20.25	21.00	0.75							B.T.	ABT 2 15/16	
32	21.00	21.30	0.30	0.18			22	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVILLAS DE OBSIDIANA	
	21.30	22.00	0.70							B.T.	ABT 2 15/16	
33	22.00	22.35	0.35	0.20			20	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVILLAS DE OBSIDIANA	
	22.35	23.00	0.65							B.T.	ABT 2 15/16	
34	23.00	23.35	0.35	0.17			17	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVILLAS DE OBSIDIANA	
	23.35	24.00	0.65							B.T.	ABT 2 15/16	
35	24.00	24.25	0.25	0.10			20	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVILLAS	
	24.25	25.00	0.75							B.T.	ABT 2 15/16	
36	25.00	25.30	0.30	0.12			22	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRAVAS DE OBSIDIANA	
	25.30	26.00	0.70							B.T.	ABT 2 15/16	
37	26.00	26.33	0.33	0.18			35	50/18		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ Y LIMO CEMENTADO COLOR BEIGE	
	26.33	27.00	0.67							B.T.	ABT 2 15/16	
38	27.00	27.30	0.30	0.20			30	50/15		T.P.	LIMO CEMENTADO BEIGE	
	27.30	28.00	0.70							B.T.	ABT 2 15/16	
39	28.00	28.30	0.30	0.15			25	50/15		T.P.	LIMO CAFÉ CLARO POCO ARENOSO	
	28.30	29.00	0.70							B.T.	ABT 2 15/16	
40	29.00	29.33	0.33	0.12			28	50/18		T.P.	LIMO CAFÉ CLARO POCO ARENOSO	
	29.33	30.00	0.67							B.T.	ABT 2 15/16	
41	30.00	30.45	0.45	0.25			15	50/30		T.P.	ARENA FINA A MEDIA CAFÉ Y LIMO CON GRUMOS COLOR BEIGE	
	30.45											

Nivel Freático (m): _____ Turno de: 18/05/17 8:00 a.m. _____ Hrs.

Observaciones generales: _____

Ademe (m): _____

Profund. del proyecto: 30.00 mts.

Profundidad real: 30.45 mts.

Operador: Emmanuel Figueroa Ramirez

Supervisor: Erik Jose Tapia Espinoza

Fecha: 18 de Mayo del 2017

Figura 38. Registro de campo del sondeo SPT-2

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: VIA DORADA	FECHA DE INICIO: 19/05/2017
LOCALIZACIÓN: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO	TERMINACIÓN: 20/05/2017
POZO N°: 3	
TIPO DE SONDEO: SPT	
PERFORADORA: ACKER	BOMBA: HONDA

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				
							15 cm	30 cm	15 cm		
1	0.00	0.60	0.60	0.50			3	14	10	T.P.	ARENA LIMOSA CON RAICES COLOR CAFÉ (RELLENO)
2	0.60	0.81	0.21	0.19			22	50/06		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO Y ARENA LIMOSA CON RAICES PARTE SUPERIOR
	0.81	1.20	0.39					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
3	1.20	1.35	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRUMOS
	1.35	1.80	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
4	1.80	2.05	0.25	0.22			21	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO (TOBA)
	2.05	2.40	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
5	2.40	2.75	0.35	0.27			22	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL
	2.75	3.00	0.25					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
6	3.00	3.25	0.25	0.24			32	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL
	3.25	3.60	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
7	3.60	3.70	0.10	0.10			50/10			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ OSCURO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL
	3.70	4.20	0.50					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
8	4.20	4.55	0.35	0.32			13	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRAVILLAS
	4.55	4.80	0.25					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
9	4.80	4.90	0.10	0.10			50/10			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ OSCURO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL
	4.90	5.40	0.50					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
10	5.40	5.51	0.11	0.05			50/11			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS
	5.51	6.00	0.49					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
11	6.00	6.10	0.10	0.07			50/10			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS
	6.10	6.60	0.50					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
12	6.60	6.70	0.10	0.05			50/10			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ OSCURO CON GRUMOS
	6.70	7.20	0.50					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
13	7.20	7.32	0.12	0.08			50/12			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ OSCURO CON GRUMOS
	7.32	7.80	0.48					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
14	7.80	7.90	0.10	0.07			50/10			T.P.	LIMO ARENOSO Y GRUMOS COLOR CAFÉ
	7.90	8.40	0.50					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
15	8.40	8.53	0.13	0.09			50/13			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ
	8.53	9.00	0.47					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
16	9.00	9.20	0.20	0.12			36	50/05		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS COLOR CAFÉ OSCURO
	9.20	9.60	0.40					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
17	9.60	9.85	0.25	0.20			32	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS
	9.85	10.20	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
18	10.20	10.43	0.23	0.09			38	50/08		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS
	10.43	10.80	0.37					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
19	10.80	11.00	0.20	0.10			33	50/05		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS
	11.00	11.40	0.40					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
20	11.40	11.65	0.25	0.12			28	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS
	11.65	12.00	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
21	12.00	12.35	0.35	0.22			25	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL
	12.35	12.60	0.25					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
22	12.60	12.87	0.27	0.16			31	50/12		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS
	12.87	13.20	0.33					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
23	13.20	13.38	0.18	0.18			35	50/08		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ POCO ARCILLOSO
	13.38	13.80	0.42					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
24	13.80	14.05	0.25	0.15			30	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ POCO ARCILLOSO
	14.05	14.40	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
25	14.40	14.55	0.15	0.10			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS
	14.55	15.00	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
26	15.00	15.20	0.20	0.13			25	50/05		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO
	15.20	16.00	0.80					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
27	16.00	16.15	0.15	0.10			50/15			T.P.	LIMO CON ARENA FINA A MEDIA CON GRAVILLAS
	16.15	17.00	0.85					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
28	17.00	17.20	0.20	0.15			40	50/05		T.P.	ARENA LIMOSA CON GRAVILLAS Y LENTE DE ARENA FINA A MEDIA
	17.20	18.00	0.80					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
29	18.00	18.33	0.33	0.21			22	50/18		T.P.	ARENA FINA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO COLOR BEIGE
	18.33	19.00	0.67					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
30	19.00	19.42	0.42	0.22			25	50/07		T.P.	LIMO CON ARENA FINA Y LIMO ARENOSO CAFÉ CON OBSIDIANA
	19.42	20.00	0.58					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16
31	20.00	20.24	0.24	0.20			19	0/25		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRAVILLAS DE OBSIDIANA
	20.24										

Nivel Freático (m): _____ Turno de: 19/05/17 7:00 p.m. Hrs.

Observaciones generales: _____

Ademe (m): _____

Profund. del proyecto: 20.00 mts.

Profundidad real: 20.40 mts.

Operador: Emmanuel Figueroa Ramirez

Supervisor: Erik José Tapia Espinoza

Fecha: 19 de Mayo del 2017

Figura 39. Registro de campo del sondeo SPT-3

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: VIA DORADA	FECHA DE INICIO: 22/05/2017
LOCALIZACIÓN: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO	TERMINACIÓN: 23/05/2017
POZO N°: 4	
TIPO DE SONDEO: SPT	
PERFORADORA: ACKER	BOMBA: HONDA

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	0.34			5	11	4	T.P.	LIMO ARENOSO CON GRAVAS Y RAICES (RELLENO)	
2	0.60	1.20	0.60	0.22			3	11	6	T.P.	LIMO ARENOSO CON GRAVAS	
3	1.20	1.80	0.60	0.15			7	20	42	T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRAVAS	
4	1.80	2.18	0.38	0.36			5	50/23		T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO Y LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
5	2.18	2.40	0.22					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
	2.40	2.55	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	2.55	3.00	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
6	3.00	3.30	0.30	0.27			20	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	3.30	3.60	0.30					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
7	3.60	3.84	0.24	0.17			40	50/09		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ CLARO	
	3.84	4.20	0.36					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
8	4.20	4.35	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ CLARO	
	4.35	4.80	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
9	4.80	4.95	0.15	0.10			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ CLARO	
	4.95	5.40	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
10	5.40	5.60	0.20	0.13			29	50/05		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ CLARO	
	5.60	6.00	0.40					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
11	6.00	6.40	0.40	0.15			32	50/25		T.P.	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO CAFÉ BEIGE	
	6.40	6.60	0.20					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
12	6.60	6.80	0.20	0.10			35	50/05		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	6.80	7.20	0.40					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
13	7.20	7.50	0.30	0.16			34	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ CLARO	
	7.50	7.80	0.30					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
14	7.80	8.05	0.25	0.15			31	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ CLARO	
	8.05	8.40	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
15	8.40	8.67	0.27	0.20			19	50/12		T.P.	ARENA MEDIA LIMOSA CON GRUMOS CAFÉ CLARO	
	8.67	9.00	0.33					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
16	9.00	9.30	0.30	0.15			25	50/15		T.P.	ARENA LIMOSA FINA CAFÉ CLARO	
	9.30	9.60	0.30					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
17	9.60	9.75	0.15	0.15			26	50/12		T.P.	ARENA LIMOSA CON GRUMOS CAFÉ CLARO	
	9.75	10.20	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
18	10.20	10.45	0.25	0.12			30	50/10		T.P.	ARENA LIMOSA CAFÉ CLARO CON GRUMOS	
	10.45	10.80	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
19	10.80	11.08	0.28	0.17			11	50/13		T.P.	ARENA FINA LIMOSA CAFÉ CLARO	
	11.08	11.40	0.32					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
20	11.40	11.66	0.26	0.20			29	50/11		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ	
	11.66	12.00	0.34					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
21	12.00	12.15	0.15	0.15			50/15			T.P.	ARENA FINA A MEDIA CON GRAVILLAS CAFÉ	
	12.15	12.60	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
22	12.60	12.75	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS	
	12.75	13.20	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
23	13.20	13.45	0.25	0.25			34	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS	
	13.45	13.80	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
24	13.80	13.91	0.11	0.11			50/11			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ CLARO	
	13.91	14.40	0.49					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
25	14.40	14.53	0.13	0.13			50/13			T.P.	ARENA LIMOSA CON GRUMOS CAFÉ CLARO	
	14.53	15.00	0.47					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
26	15.00	15.13	0.13	0.10			50/13			T.P.	ARENA FINA A MEDIA COLOR CAFÉ CON GRAVILLAS	
	15.13	16.00	0.87					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
27	16.00	16.25	0.25	0.24			46	50/10		T.P.	ARENA FINA A MEDIA COLOR CAFÉ CON GRAVILLAS	
	16.25	17.00	0.75					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
28	17.00	17.41	0.41	0.38			19	50/26		T.P.	ARENA FINA POCO LIMOSA GRIS Y LIMO ARENOSO CAFÉ	
	17.41	18.00	0.59					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
	18.00	18.37	0.37	S/R			20	50/22		T.P.	SIN RECUPERACIÓN	
	18.37	19.00	0.63					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
29	19.00	19.35	0.35	0.25			42	50/22		T.P.	CENIZA VOLCANICA Y LIMO ARENOSO CAFÉ PARTE INFERIOR	
	19.35	20.00	0.65					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
30	20.00	20.40	0.40	0.25			12	50/25		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON ARENA FINA EN ZAPATA	
	20.40	21.00	0.60					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
31	21.00	21.37	0.37	0.15			21	50/22		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	21.37	22.00	0.63					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
32	22.00	22.39	0.39	0.22			23	50/24		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	22.39	23.00	0.61					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
33	23.00	23.35	0.35	0.20			30	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	23.35	24.00	0.65					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
34	24.00	24.31	0.31	0.17			24	50/16		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS DE PUMITICA PARTE SUPERIOR	
	24.31	25.00	0.69					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
35	25.00	25.30	0.30	0.30			31	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO POCO ARCILLOSO CAFÉ	
	25.30	26.00	0.70					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
36	26.00	26.35	0.35	0.14			17	50/20		T.P.	ARENA FINA POCO LIMOSA COLOR CAFÉ	
	26.35	27.00	0.65					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
37	27.00	27.38	0.38	0.30			19	50/23		T.P.	PARTE SUPERIOR LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ PARTE INFERIOR LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	27.38	28.00	0.62					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
38	28.00	28.30	0.30	0.23			14	50/15		T.P.	LIMO POCO ARCILLOSO CON GRUMOS DE PUMITICA	
	28.30	29.00	0.70					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
39	29.00	29.32	0.32	0.24			25	50/17		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS DE PUMITICA	
	29.32	30.00	0.68					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
40	30.00	30.40	0.40	0.34			14	50/25		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS DE PUMITICA	
	30.40											

Nivel Freático (m): _____ Turno de: 22/05/17 8:00 a.m. _____ Hrs.

Observaciones generales: **Pérdida de agua del 50%**

Ademe (m): _____

Profund. del proyecto: 30.00 mts.

Profundidad real: 30.40 mts.

Operador: Emmanuel Figueroa Ramirez

Supervisor: Enk José Tapia Espinoza

Fecha: 22 de Mayo del 2017

Figura 40. Registro de campo del sondeo SPT-4

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: VIA DORADA												
LOCALIZACIÓN: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO										FECHA DE INICIO: 24/05/2017		
POZO N° 5										TERMINACIÓN: 25/05/2017		
TIPO DE SONDEO: SPT										BOMBA: HONDA		
PERFORADORA: ACKER												
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)	15 cm	30 cm	15 cm			
										N° DE GOLPES EN		MUESTREO
1	0.00	0.60	0.60	0.45			4	6	5	T.P.	LIMO ARENOSO CON GRAVAS Y RAICES (RELLENO)	
2	0.60	1.20	0.60	0.22			13	20	9	T.P.	LIMO ARENOSO CON GRAVAS	
3	1.20	1.80	0.60	0.38			6	38	26	T.P.	ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO Y LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
4	1.80	2.10	0.30	0.20			16	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	2.10	2.40	0.30					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
5	2.40	2.65	0.25	0.23			25	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	2.65	3.00	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
6	3.00	3.30	0.30	0.23			39	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRUMOS	
	3.30	3.60	0.30					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
7	3.60	3.90	0.30	0.22			36	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRUMOS	
	3.90	4.20	0.30					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
8	4.20	4.30	0.10	0.10			50/10			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRUMOS	
	4.30	4.80	0.50					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
9	4.80	4.90	0.10	0.08			50/10			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ (TOBA)	
	4.90	5.40	0.50					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
10	5.40	5.45	0.05	0.05			50/5			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ CLARO	
	5.45	6.00	0.55					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
11	6.00	6.13	0.13	0.13			50/13			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ (TOBA)	
	6.13	6.60	0.47					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
12	6.60	6.88	0.28	0.22			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRUMOS	
	6.88	7.20	0.32					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
13	7.20	7.35	0.15	0.15			24	50/16		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRAVILLAS CAFÉ CLARO	
	7.35	7.80	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
14	7.80	8.11	0.31	0.25			31	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO CON GRUMOS Y GRAVAS DEL MISMO MATERIAL	
	8.11	8.40	0.29					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
15	8.40	8.49	0.09	0.09			50/9			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ POCO OSCURO	
	8.49	9.00	0.51					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
16	9.00	9.29	0.29	0.20			13	50/14		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ POCO OSCURO	
	9.29	9.60	0.31					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
17	9.60	9.95	0.35	0.25			15	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ POCO OSCURO	
	9.95	10.20	0.25					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
18	10.20	10.45	0.25	0.21			36	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ POCO OSCURO	
	10.45	10.80	0.35					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
19	10.80	10.95	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ POCO OSCURO	
	10.95	11.40	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
20	11.40	11.55	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ POCO OSCURO	
	11.55	12.00	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
21	12.00	12.22	0.22	0.18			33	50/7		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ POCO OSCURO	
	12.22	12.60	0.38					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
22	12.60	12.80	0.20	0.15			35	50/5		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ POCO OSCURO	
	12.80	13.20	0.40					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
23	13.20	13.33	0.13	0.13			50/13			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ POCO OSCURO	
	13.33	13.80	0.47					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
24	13.80	14.07	0.27	0.27			32	50/12		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ POCO OSCURO	
	14.07	14.40	0.33					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
25	14.40	14.55	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ POCO OSCURO	
	14.55	15.00	0.45					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
26	15.00	15.15	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ POCO OSCURO	
	15.15	16.00	0.85					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
27	16.00	16.15	0.15	0.15			50/15			T.P.	LIMO ARENOSO CON GRUMOS CAFÉ POCO OSCURO	
	16.15	17.00	0.85					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
28	17.00	17.21	0.21	0.21			39	50/6		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ POCO OSCURO CON GRUMOS DE PUMITICA	
	17.21	18.00	0.79					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
29	18.00	18.39	0.39	0.21			20	50/24		T.P.	ARENA FINA POCO LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO	
	18.39	19.00	0.61					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
30	19.00	19.25	0.25	0.23			40	50/10		T.P.	ARENA FINA POCO LIMOSA COLOR CAFÉ CLARO	
	19.25	20.00	0.75					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
31	20.00	20.31	0.31	0.23			15	50/16		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRAVAS Y GRAVILLAS CAFÉ CLARO	
	20.31	21.00	0.69					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
32	21.00	21.35	0.35	0.23			22	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ POCO OSCURO CON GRUMOS DE PUMITICA	
	21.35	22.00	0.65					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
33	22.00	22.33	0.33	0.33			17	50/18		T.P.	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO	
	22.33	23.00	0.67					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
34	23.00	23.32	0.32	0.32			29	50/17		T.P.	LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO Y CON GRUMOS DE PUMITICA	
	23.32	24.00	0.68					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
35	24.00	24.28	0.28	0.25			22	50/13		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS DE PUMITICA PARTE SUPERIOR	
	24.28	25.00	0.72					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
36	25.00	25.27	0.27	0.27			25	50/12		T.P.	CENIZA VOLCANICA Y LIMO CON ARENA FINA CAFÉ CLARO	
	25.27	26.00	0.73					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
37	26.00	26.37	0.37	0.30			26	50/22		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ CLARO	
	26.37	27.00	0.63					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
38	27.00	27.33	0.33	0.15			15	50/18		T.P.	ARENA MEDIA POCO LIMOSA CON GRUMOS	
	27.33	28.00	0.67					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
39	28.00	28.37	0.37	0.18			13	50/22		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ AMARILLENTO CON GRUMOS DE PUMITICA	
	28.37	29.00	0.63					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
40	29.00	29.30	0.30	0.20			38	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO CAFÉ AMARILLENTO CON GRUMOS DE PUMITICA	
	29.30	30.00	0.70					AVANCE		B.T.	ABT 2 15/16	
41	30.00	30.25	0.25	0.15			35	50/10		T.P.	LIMO ARENOSO CON GRAVAS DE PUMITICA	
	30.25											

Nivel Freático (m): _____ Turno de: 24/05/17 8:00 a.m. _____ Hrs.

Observaciones generales: **Pérdida de agua del 50%**

Ademe (m): _____

Profund. del proyecto: 30.00 mts.

Profundidad real: 30.25 mts.

Operador: Emmanuel Figueroa Ramirez

Supervisor: Erik José Tapia Espinoza

Fecha: 23 de Mayo del 2017

Figura 41. Registro de campo del sondeo SPT-5

REPORTE DIARIO DE PERFORACIÓN

OBRA: VIA DORADA	FECHA DE INICIO: 28/09/2017
LOCALIZACIÓN: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO	TERMINACIÓN: 30/09/2017
POZO N°: 6	
TIPO DE SONDEO: SPT	
PERFORADORA: ACKER	BOMBA: HONDA

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				
							15 cm	30 cm	15 cm		
-	0.00	20.00	20.00	-						B.T.	AB.T. 2 15/16
1	20.00	20.38	0.38	0.15			10	50/23		T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ CON GRUMOS Y GRAVILLAS DE OBSIDIANA
-	20.38	20.60	0.22	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
2	20.60	21.20	0.60	0.43			12	42	45	T.P.	ARENA POCO LIMOSA CON GRAVILLAS P.SUP. (8CM), LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ P.INF.
3	21.20	21.52	0.32	0.17			22	50/17		T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ P.SUP. (5CM), LIMO CEMENTADO GRIS CLARO P.INF.
-	21.52	21.80	0.28	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
4	21.80	22.25	0.45	0.28			12	50/30		T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ CON PEQUEÑOS GRUMOS
-	22.25	22.40	0.15	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
5	22.40	22.82	0.42	0.27			12	50/27		T.P.	ARENA POCO LIMOSA COLOR CAFÉ
-	22.82	23.00	0.18	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
6	23.00	23.42	0.42	0.31			9	50/27		T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ
-	23.42	23.60	0.18	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
7	23.60	23.99	0.39	0.33			11	50/24		T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ
-	23.99	24.20	0.21	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
8	24.20	24.54	0.34	0.26			16	50/19		T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ
-	24.54	24.80	0.26	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
9	24.80	25.23	0.43	0.37			28	50/28		T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ CON GRUMOS PUMITICOS
-	25.23	25.40	0.17	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
10	25.40	25.80	0.40	0.22			30	50/25		T.P.	LIMO COLOR BEIGE P.SUP. (13CM) LIMO POCO ARENOSO CAFÉ CON GRUMOS PUMITICOS P.INF.
-	25.80	26.00	0.20	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
11	26.00	26.45	0.45	0.30			25	50/30		T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ
-	26.45	26.60	0.15	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
12	26.60	27.20	0.60	0.28			12	41	37	T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ CON GRUMOS PUMITICOS
13	27.20	27.55	0.35	0.14			17	50/20		T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ
-	27.55	27.80	0.25	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
14	27.80	28.40	0.60	0.15			7	37	42	T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ CON GRUMOS PUMITICOS
15	28.40	29.00	0.60	0.14			10	36	40	T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ CON GRUMOS PUMITICOS
16	29.00	29.35	0.35	0.22			18	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ CON GRUMOS PUMITICOS
-	29.35	29.60	0.25	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
17	29.60	29.90	0.30	0.16			20	50/15		T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ CON GRUMOS PUMITICOS
-	29.90	30.20	0.30	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
18	30.20	30.55	0.35	0.15			27	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ CON GRUMOS PUMITICOS
-	30.55	30.80	0.25	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
19	30.80	31.13	0.33	0.14			25	50/18		T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ CON GRUMOS PUMITICOS
-	31.13	31.40	0.27	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
20	31.40	32.00	0.60	0.15			18	41	27	T.P.	ARENA FINA POCO LIMOSA COLOR CAFÉ CON PUMITICA
21	32.00	32.60	0.60	0.18			15	38	22	T.P.	ARENA FINA A MEDIA CON PUMITICA
22	32.60	33.05	0.45	0.33			13	50/30		T.P.	ARENA FINA A MEDIA CON PUMITICA COLOR AMARILLO P.SUP.(17CM), ARENA FINA CAFÉ P.INF.
-	33.05	33.20	0.15	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
23	33.20	33.80	0.60	0.41			9	43	43	T.P.	LIMO ESCASA ARENA FINA VARIEDAD DE TONOS
24	33.80	34.21	0.41	0.27			17	50/26		T.P.	LIMO ESCASA ARENA FINA P.INF. (15CM) ARENA FINA POCO LIMOSA COLOR CAFÉ P.SUP.
-	34.21	34.40	0.19	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
25	34.40	34.76	0.36	0.45			10	50/21		T.P.	LIMO ESCASA ARENA FINA COLOR CAFÉ CLARO
-	34.76	35.00	0.24	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
26	35.00	35.38	0.38	0.28			18	50/23		T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ
-	35.38	35.60	0.22	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
27	35.60	35.99	0.39	0.22			10	50/24		T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ
-	35.99	36.20	0.21	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
28	36.20	36.60	0.40	0.33			13	50/25		T.P.	ARENA LIMOSA COLOR CAFÉ
-	36.60	36.80	0.20	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
29	36.80	37.20	0.40	0.16			18	50/25		T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ
-	37.20	37.40	0.20	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
30	37.40	37.75	0.35	0.13			19	50/20		T.P.	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ
-	37.75	38.00	0.25	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
31	38.00	38.37	0.37	0.20			14	50/22		T.P.	LIMO POCO ARENOSO COLOR CAFÉ P.INF., ARENA FINA A MEDIA COLOR CAFÉ P.SUP.
-	38.37	39.00	0.63	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
32	39.00	39.45	0.45	0.29			13	50/30		T.P.	ARENA FINA A MEDIA COLOR CAFÉ CLARO P.INF., ARENA CON GRUMOS PUMITICOS P.SUP.
-	39.45	40.00	0.55	-				AVANCE		B.T.	AB.T. 2 15/16
33	40.00	40.60	0.60	0.43			10	32	50	T.P.	ARENA FINA P.SUP. CON LENTE DE ARENA PUMITICA AL CENTRO, LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ P.INF.
-	40.60										

Nivel Freático (m): _____ Turno de: _____ Hrs.

Observaciones generales: _____

Ademe (m): _____

Profund. del proyecto: 40.00 mts.

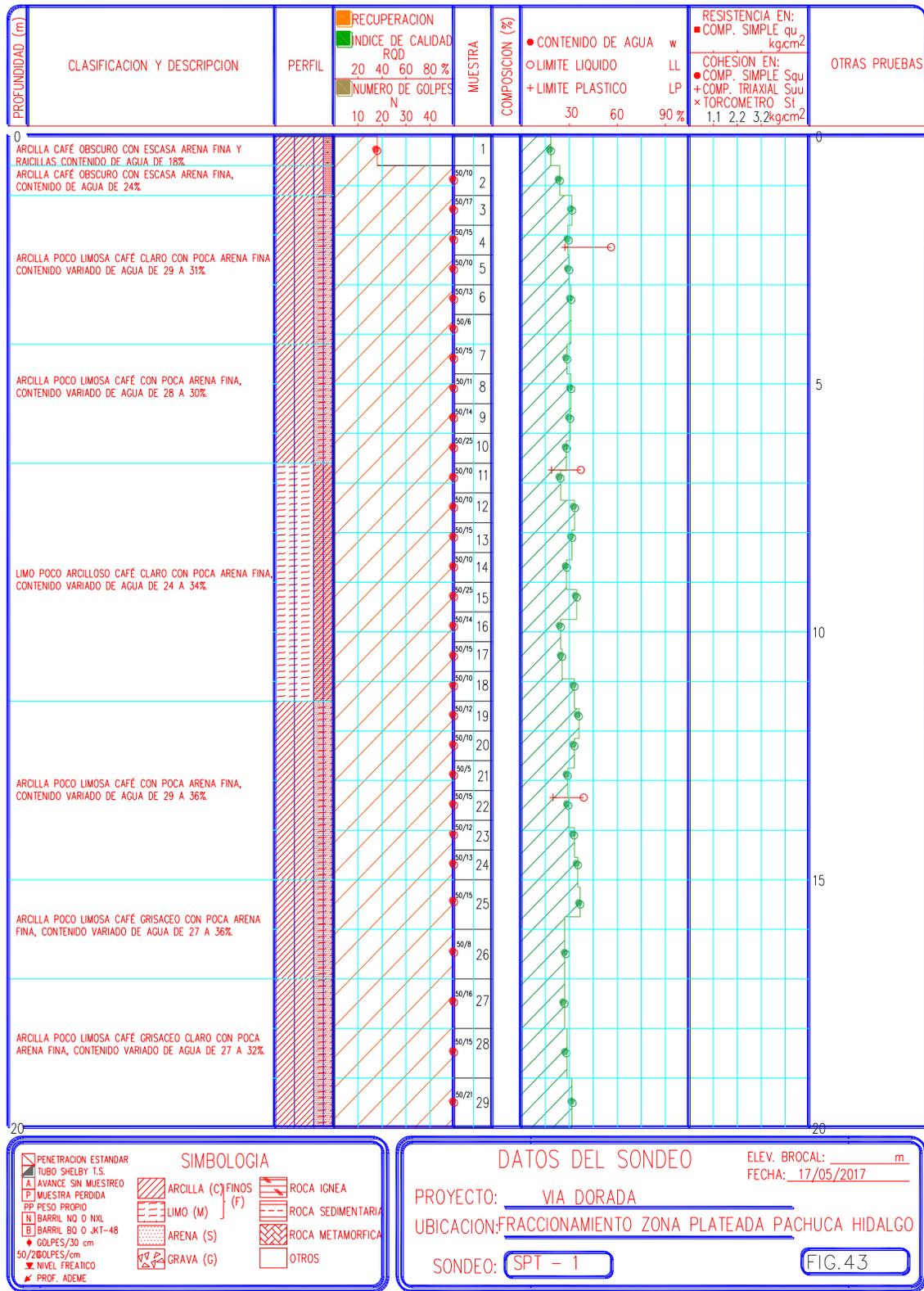
Profundidad real: 40.60 mts.

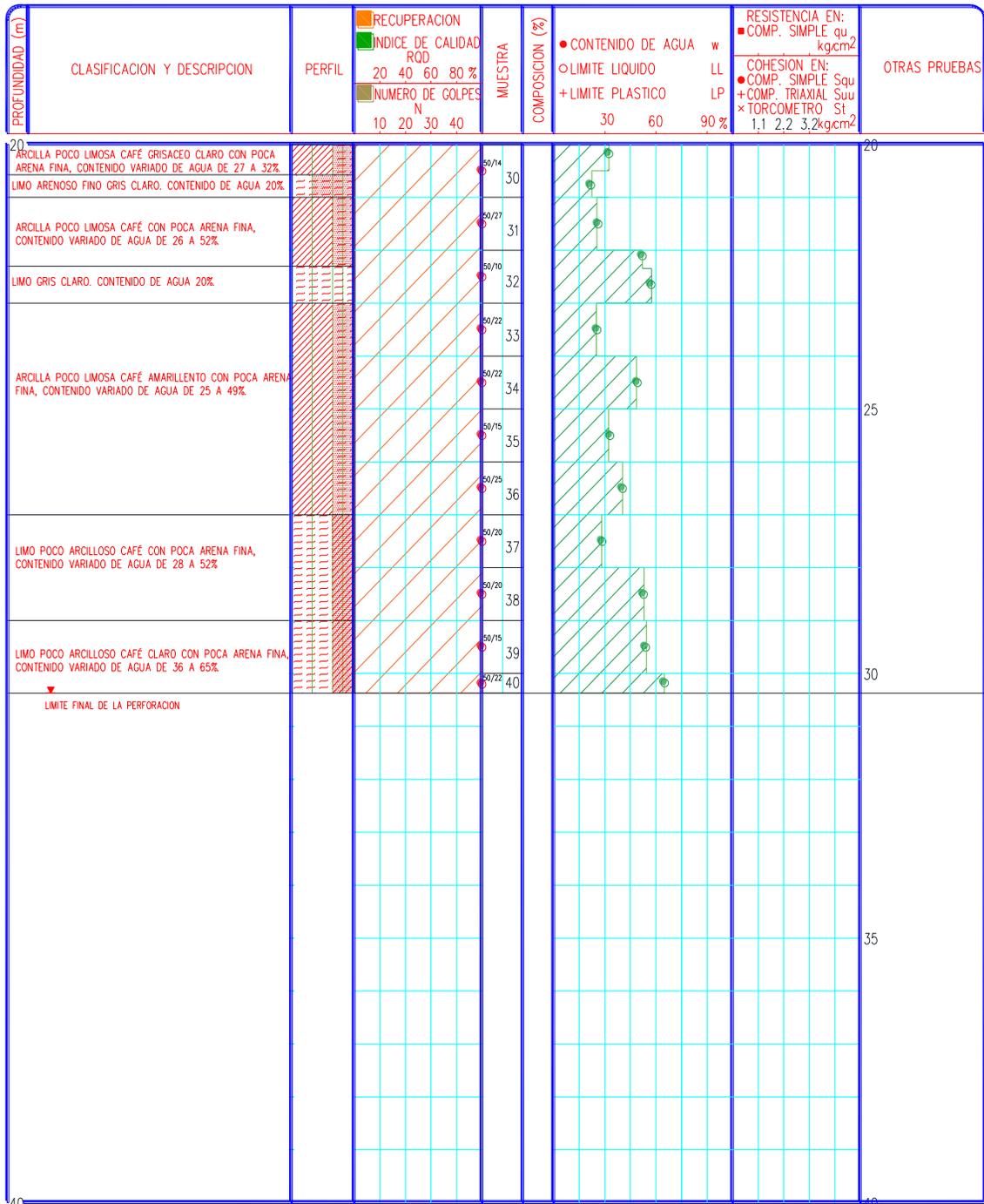
Operador: Emmanuel Figueroa Ramirez

Supervisor: Erik José Tapia Espinoza

Fecha: 28 DE SEPTIEMBRE DE 2017

Figura 42. Registro de campo del sondeo SPT-6





SIMBOLOGIA

PENETRACION ESTANDAR	ARCILLA (C) FINOS	ROCA IGNEA
TUBO SHELBY T.S.	LIMO (M) } (F)	ROCA SEDIMENTARIA
AVANCE SIN MUESTREO	ARENA (S)	ROCA METAMORFICA
MUESTRA PERDIDA	GRAVA (G)	OTROS
PP PESO PROPIO		
B BARRIL NO O NXL		
B BARRIL NO O JKT-48		
50/20 GOLPES/30 cm		
50/20 NIVEL FREATICO		
PROF. ADEME		

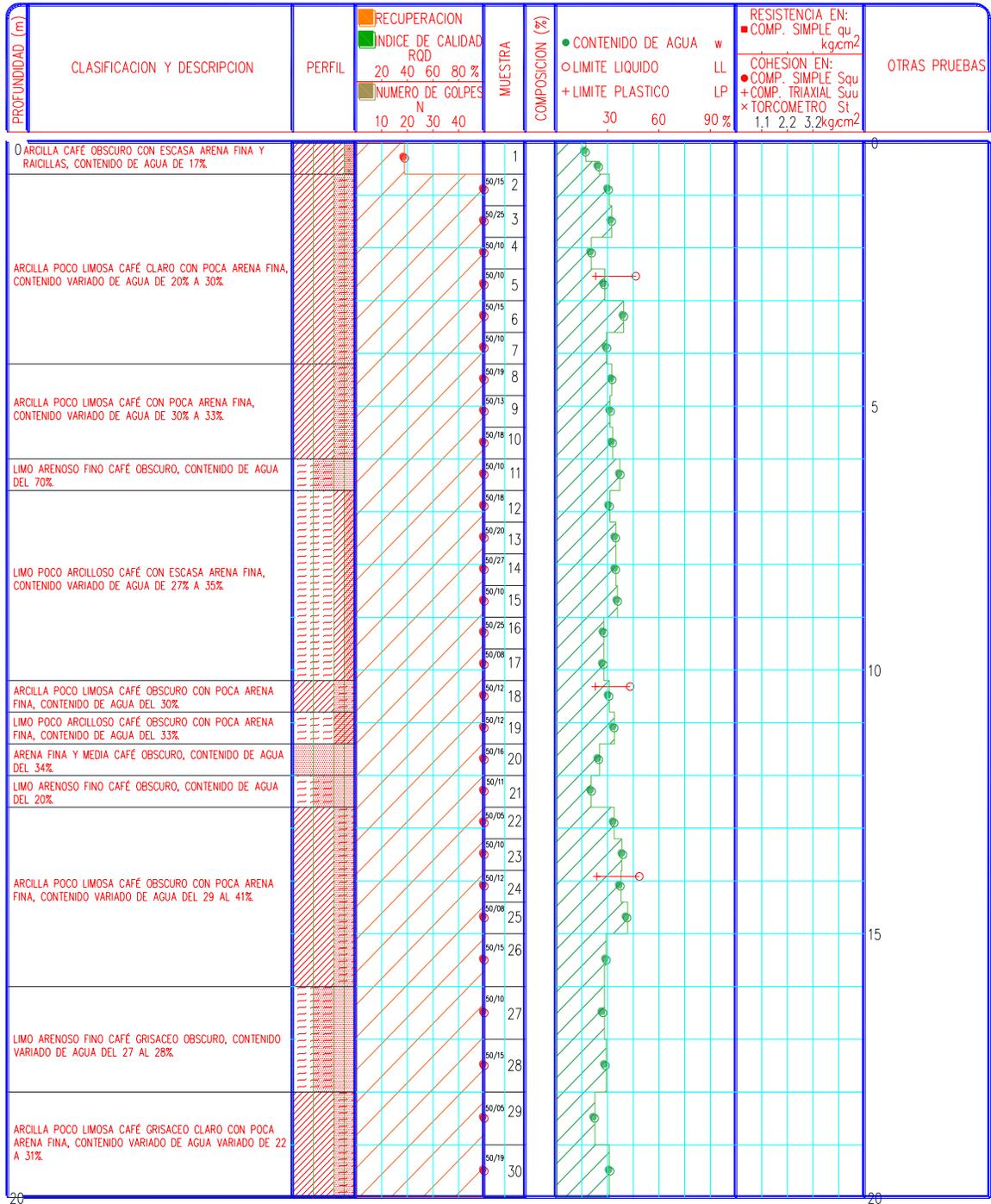
DATOS DEL SONDEO

ELEV. BROCAL: _____ m
FECHA: 17/05/2017

PROYECTO: VIA DORADA

UBICACION: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO

SONDEO: SPT - 1 FIG. 44



SIMBOLOGIA

<ul style="list-style-type: none"> □ PENETRACION ESTANDAR □ TUBO SHELBY T.S. A AVANCE SIN MUESTREO P MUESTRA PERDIDA PP PESO PROPIO N BARRIL NO 0 NXL B BARRIL 00 0 JKT-48 ◆ GOLPES/30 cm 50/26 GOLPES/cm ▼ NIVEL FREATICO ▲ PROF. ADEME 	<ul style="list-style-type: none"> ARCILLA (C) FINOS LIMO (M) } (F) ARENA (S) GRAVA (G) ROCA IGNEA ROCA SEDIMENTARIA ROCA METAMORFICA OTROS
---	---

DATOS DEL SONDEO

ELEV. BROCAL: _____ m

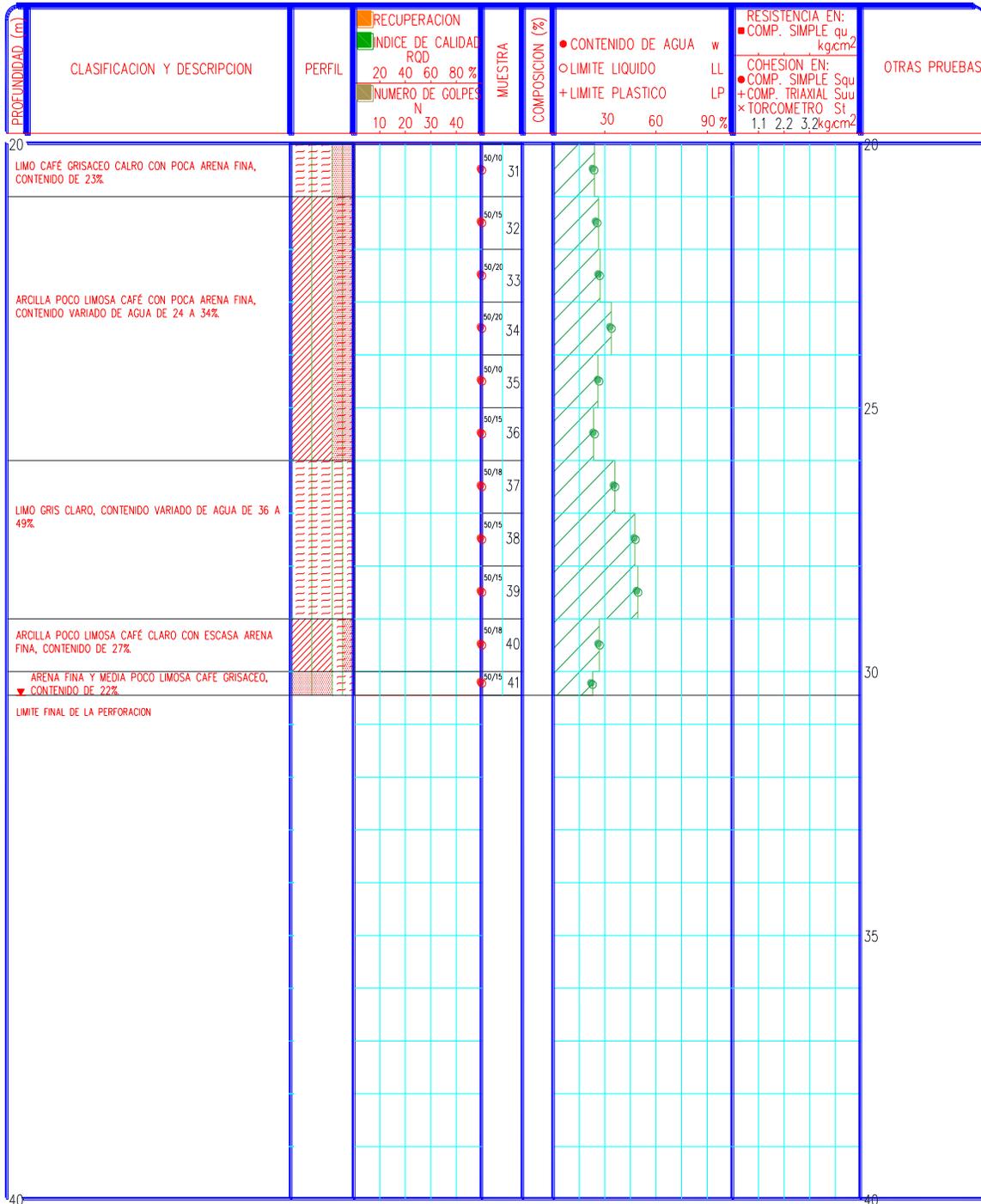
FECHA: 19/05/2017

PROYECTO: VIA DORADA

UBICACION: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO

SONDEO: SPT - 2

FIG.45



SIMBOLOGIA

<ul style="list-style-type: none"> ☐ PENETRACION ESTANDAR ▣ TUBO SHELBY T.S A AVANCE SIN MUESTREO P MUESTRA PERDIDA PP PESO PROPIO N BARRIL NQ O NXL B BARRIL BQ O JKT-48 ● GOLPES/30 cm 50/20GOLPES/cm ▼ NIVEL FREATICO ▲ PROF. ADEME 	<ul style="list-style-type: none"> ▨ ARCILLA (C) FINOS ▨ LIMO (M) } (F) ▨ ARENA (S) ▨ GRAVA (G) ▨ ROCA IGNEA ▨ ROCA SEDIMENTARIA ▨ ROCA METAMORFICA ▨ OTROS
---	---

DATOS DEL SONDEO

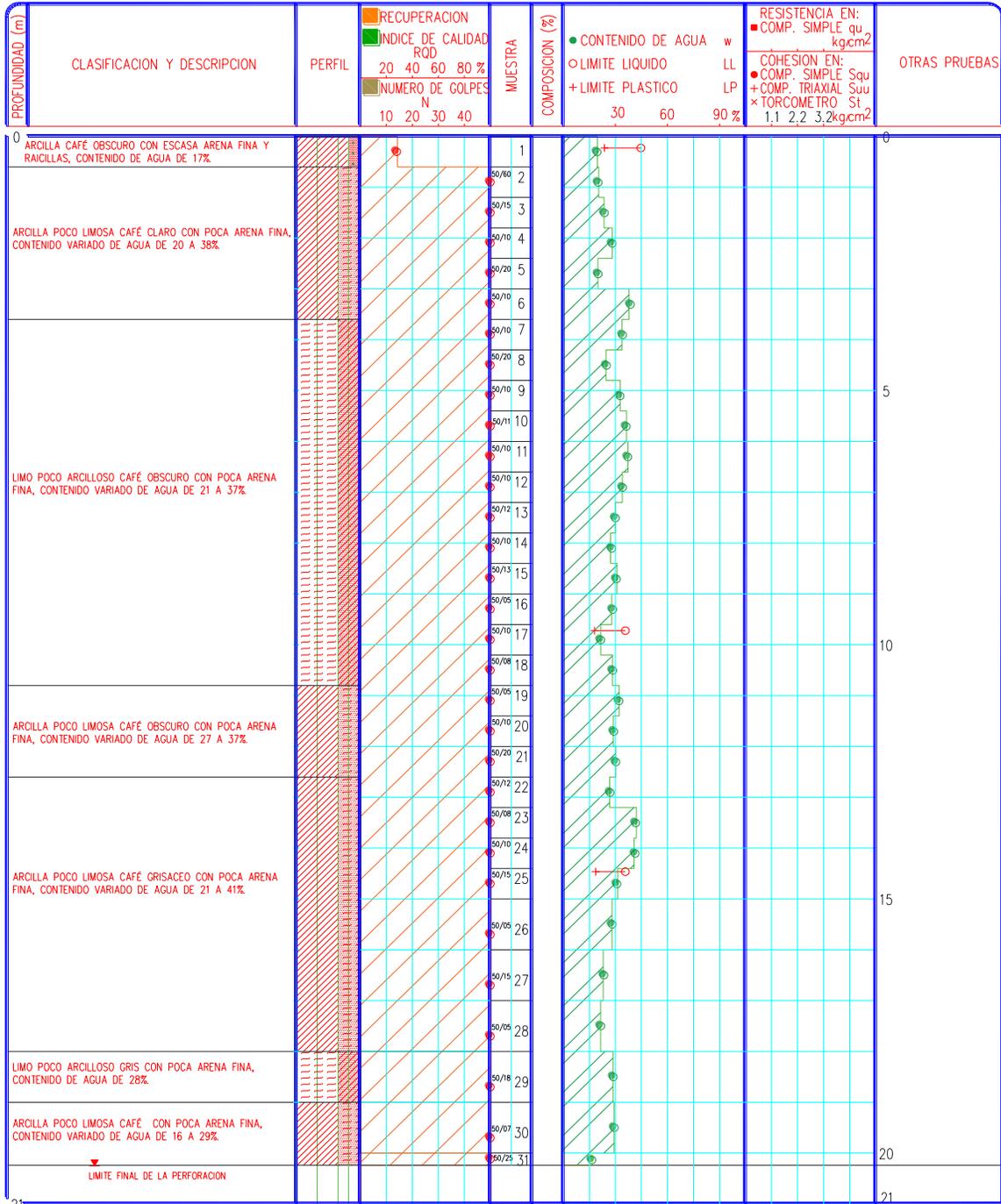
ELEV. BROCAL: _____ m
 FECHA: 19/05/2017

PROYECTO: VIA DORADA

UBICACION: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO

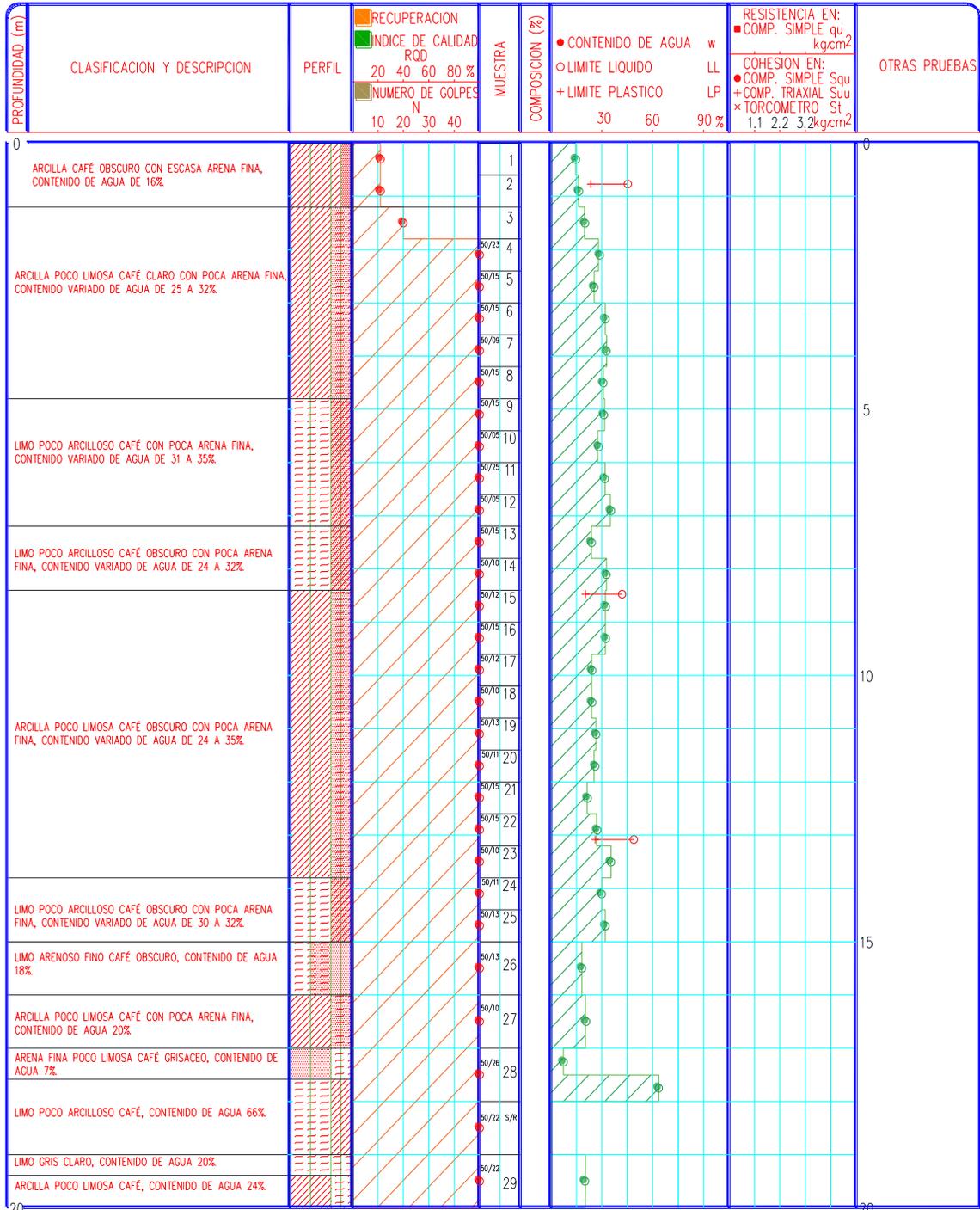
SONDEO: SPT - 2

FIG.46.



SIMBOLOGIA	
<ul style="list-style-type: none"> □ PENETRACION ESTANDAR ▣ TUBO SHELBY T.S. A AVANCE SIN MUESTREO P MUESTRA PERDIDA PP PESO PROPIO N BARRIL NO 0 NXL B BARRIL 90 0 JKT-48 ● GOLPES/30 cm 50/2BOLPES/cm ▼ NIVEL FREATICO ▲ PROF. ADEM 	<ul style="list-style-type: none"> ▨ ARCILLA (C) FINOS (F) ▨ LIMO (M) ▨ ARENA (S) ▨ GRAVA (G) ▨ ROCA IGNEA ▨ ROCA SEDIMENTARIA ▨ ROCA METAMORFICA ▨ OTROS

DATOS DEL SONDEO	
ELEV. BROCAL: _____ m	FECHA: 20/05/2017
PROYECTO: VIA DORADA	UBICACION: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO
SONDEO: SPT - 3	FIG. 47



SIMBOLOGIA

<ul style="list-style-type: none"> ☐ PENETRACION ESTANDAR ▣ TUBO SHELBY T.S. ▲ AVANCE SIN MUESTREO ⊠ MUESTRA PERDIDA ⊞ PESO PROPIO ⊞ BARRIL NO O NXL ⊞ BARRIL BO O JKT-48 50/26 GOLPES/cm ▼ NIVEL FREATICO ▲ PROF. ADEME 	<ul style="list-style-type: none"> ▨ ARCILLA (C) FINOS ▨ LIMO (M) } (F) ▨ ARENA (S) ▨ GRAVA (G) 	<ul style="list-style-type: none"> ▨ ROCA IGNEA ▨ ROCA SEDIMENTARIA ▨ ROCA METAMORFICA ▨ OTROS
--	---	--

DATOS DEL SONDEO

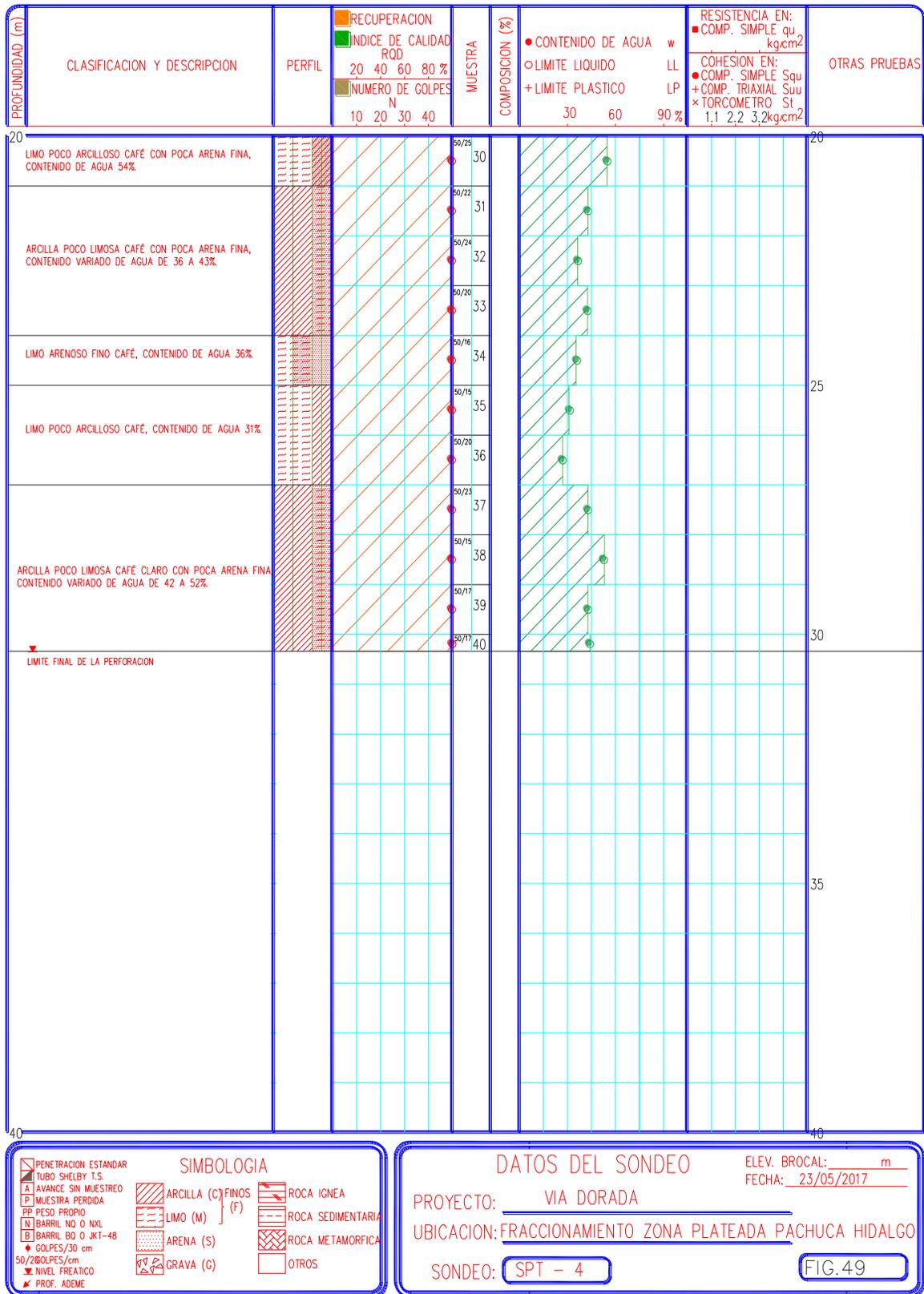
ELEV. BROCAL: _____ m
FECHA: 23/05/2017

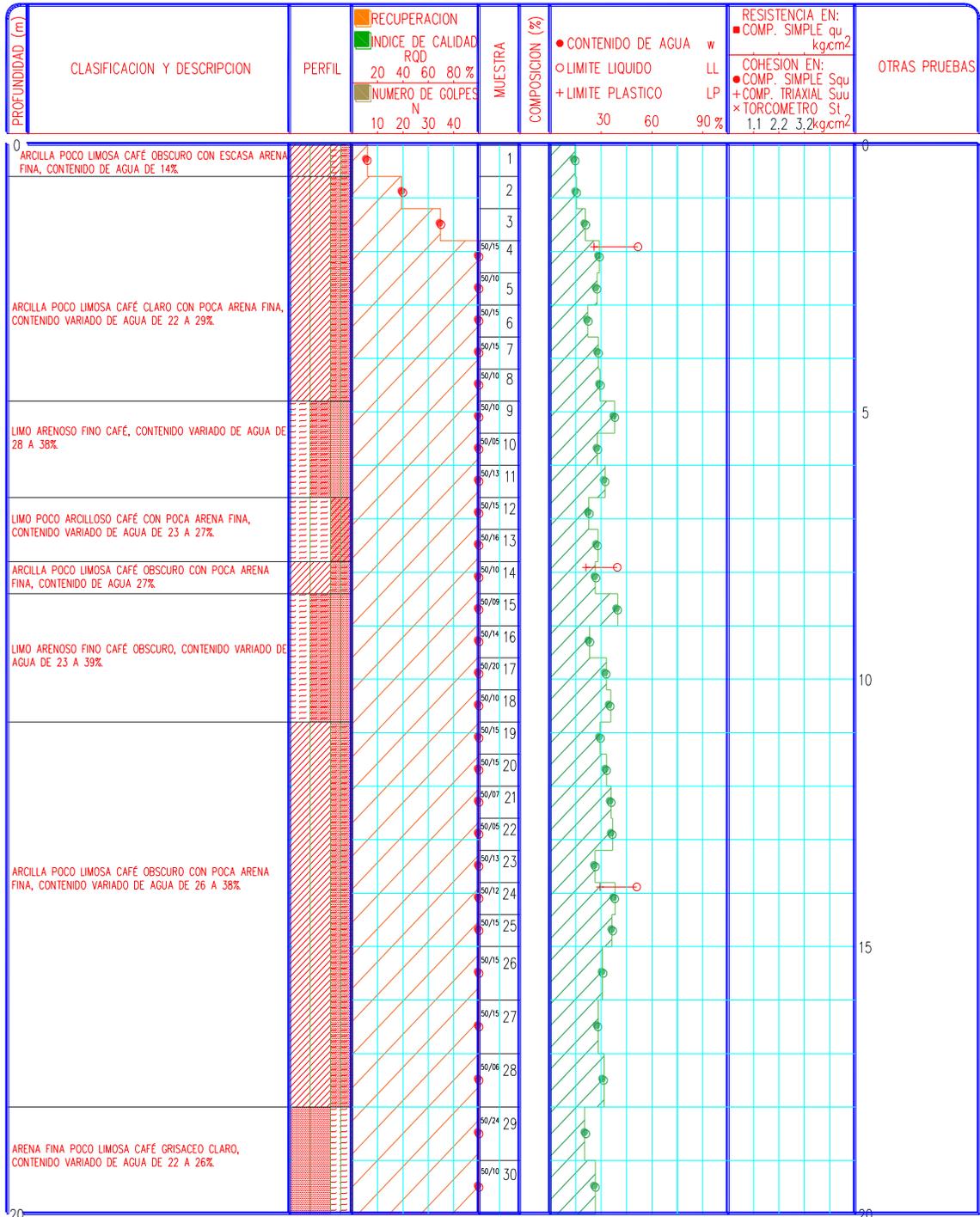
PROYECTO: VIA DORADA

UBICACION: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO

SONDEO: SPT - 4

FIG. 48





SIMBOLOGIA

<ul style="list-style-type: none"> ☐ PENETRACION ESTANDAR ☐ TUBO SHELBY T.S. ☐ AVANCE SIN MUESTREO ☐ MUESTRA PERDIDA ☐ PP PESO PROPIO ☐ BARRIL NQ O NXL ☐ BARRIL BQ O JKT-48 ☐ GOLPES/30 cm ☐ 50/200PES/cm ☐ NIVEL FREATICO ☐ PROF. ADEME 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ ARCILLA (C) FINOS ☐ LIMO (M) } (F) ☐ ARENA (S) ☐ GRAVA (G) 	<ul style="list-style-type: none"> ☐ ROCA IGNEA ☐ ROCA SEDIMENTARIA ☐ ROCA METAMORFICA ☐ OTROS
--	---	--

DATOS DEL SONDEO

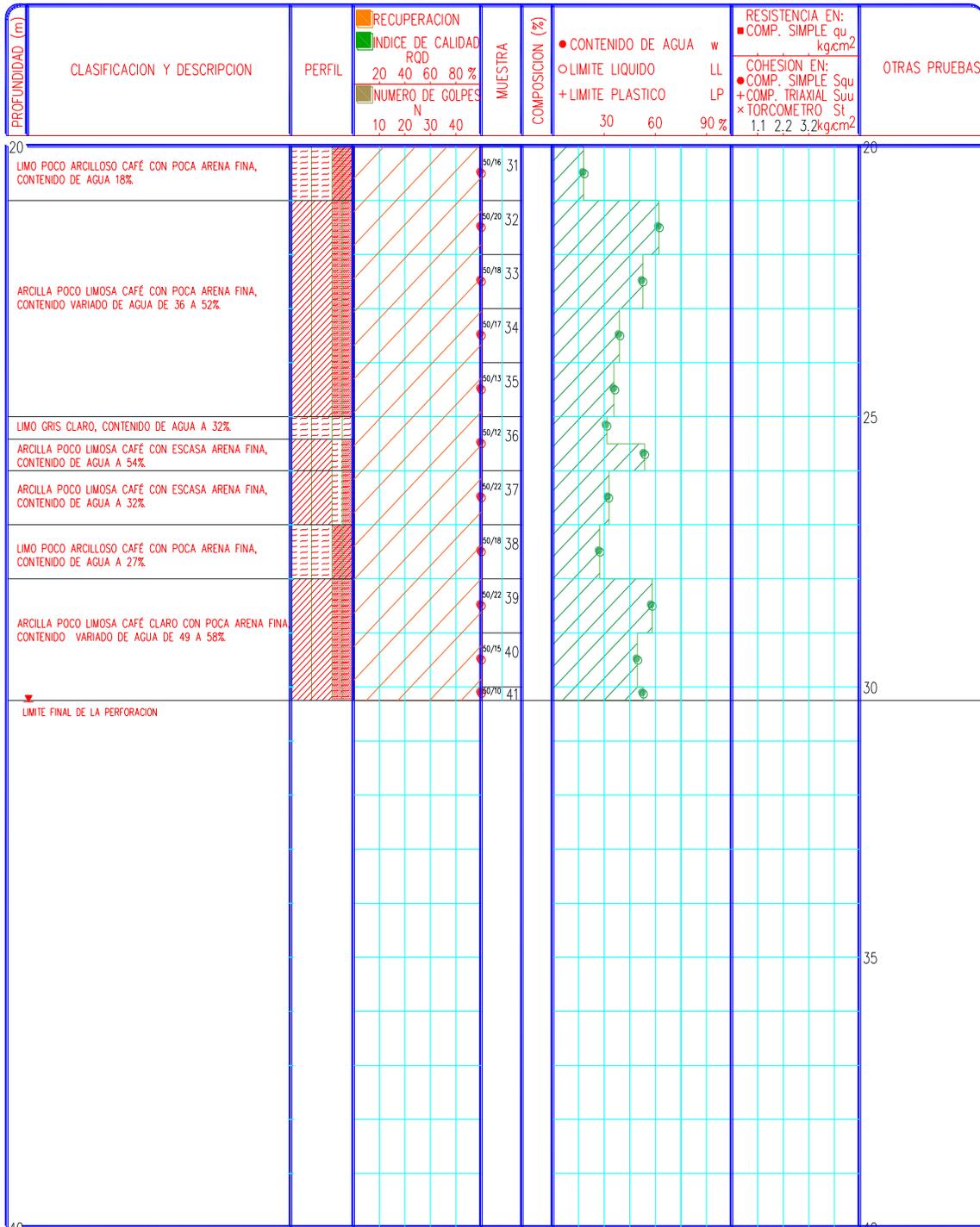
ELEV. BROCAL: _____ m
 FECHA: 25/05/2017

PROYECTO: VIA DORADA

UBICACION: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO

SONDEO: SPT - 5

FIG.50



SIMBOLOGIA

<ul style="list-style-type: none"> ☐ PENETRACION ESTANDAR ▣ TUBO SHELBY T.S. A AVANCE SIN MUESTREO P MUESTRA PERDIDA PP PESO PROPIO N BARRIL NO O NXL B BARRIL BO O JKT-48 ♦ GOLPES/30 cm 50/20 GOLPES/cm ▼ NIVEL FREATICO ▲ PROF. ADEME 	<ul style="list-style-type: none"> ▨ ARCILLA (C) FINOS ▨ LIMO (M) } (F) ▨ ARENA (S) ▨ GRAVA (G) ▨ ROCA IGNEA ▨ ROCA SEDIMENTARIA ▨ ROCA METAMORFICA ▨ OTROS
---	---

DATOS DEL SONDEO

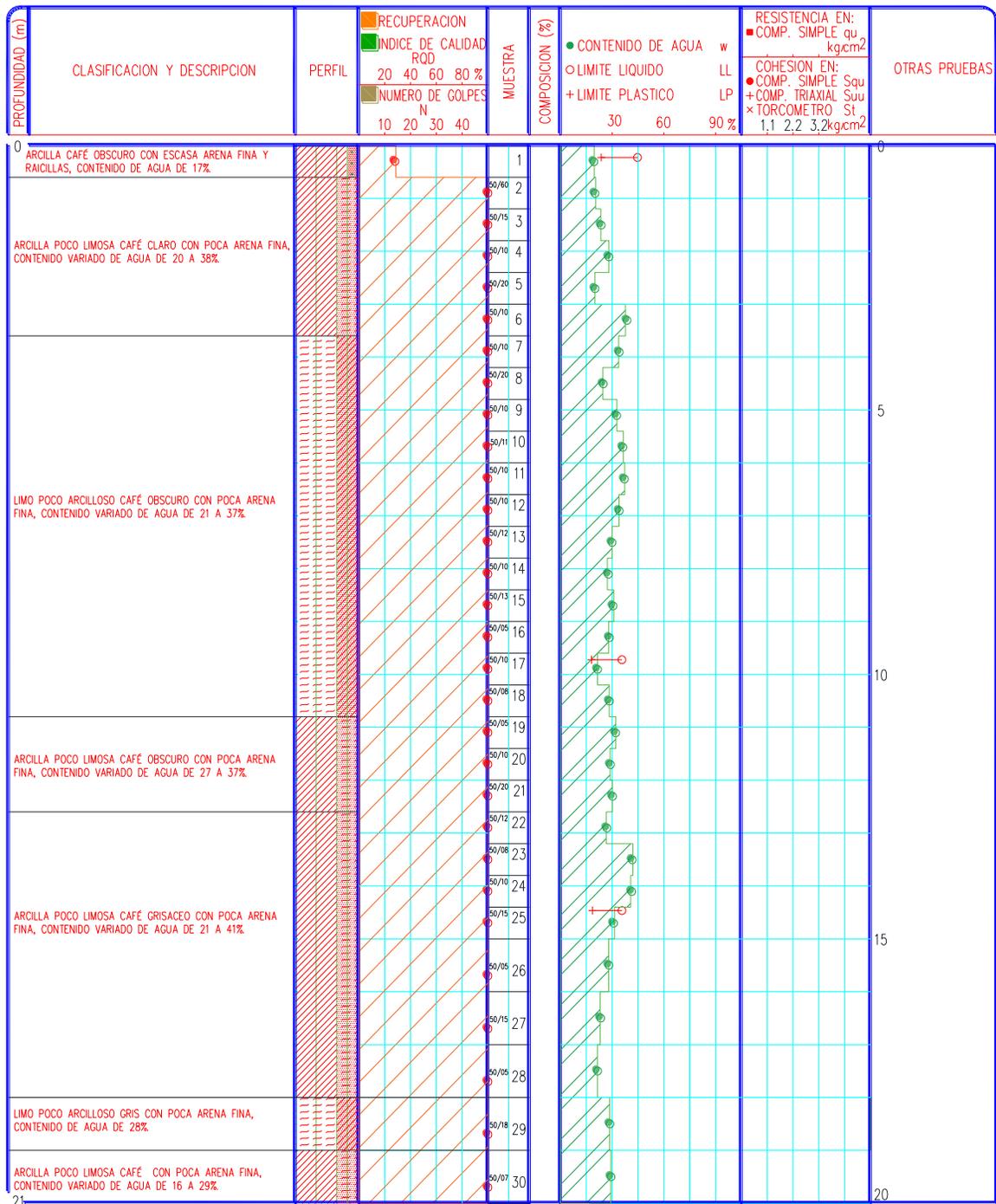
ELEV. BROCAL: _____ m
 FECHA: 25/05/2017

PROYECTO: VIA DORADA

UBICACION: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO

SONDEO: SPT - 5

FIG. 51



SIMBOLOGIA

<ul style="list-style-type: none"> ☐ PENETRACION ESTANDAR ▣ TUBO SHELBY T.S. ⊠ AVANCE SIN MUESTREO ⊡ MUESTRA PERDIDA ⊞ PESO PROPIO ⊞ BARRIL NO O JKT-48 ⊞ BARRIL BO O JKT-48 ◆ GOLPES/30 cm 50/2 GOLPES/cm ▼ NIVEL FREATICO ▲ PROF. ADEME 	<ul style="list-style-type: none"> ▨ ARCILLA (C) FINOS (F) ▨ LIMO (M) ▨ ARENA (S) ▨ GRAVA (G) ▨ ROCA IGNEA ▨ ROCA SEDIMENTARIA ▨ ROCA METAMORFICA □ OTROS
--	---

DATOS DEL SONDEO

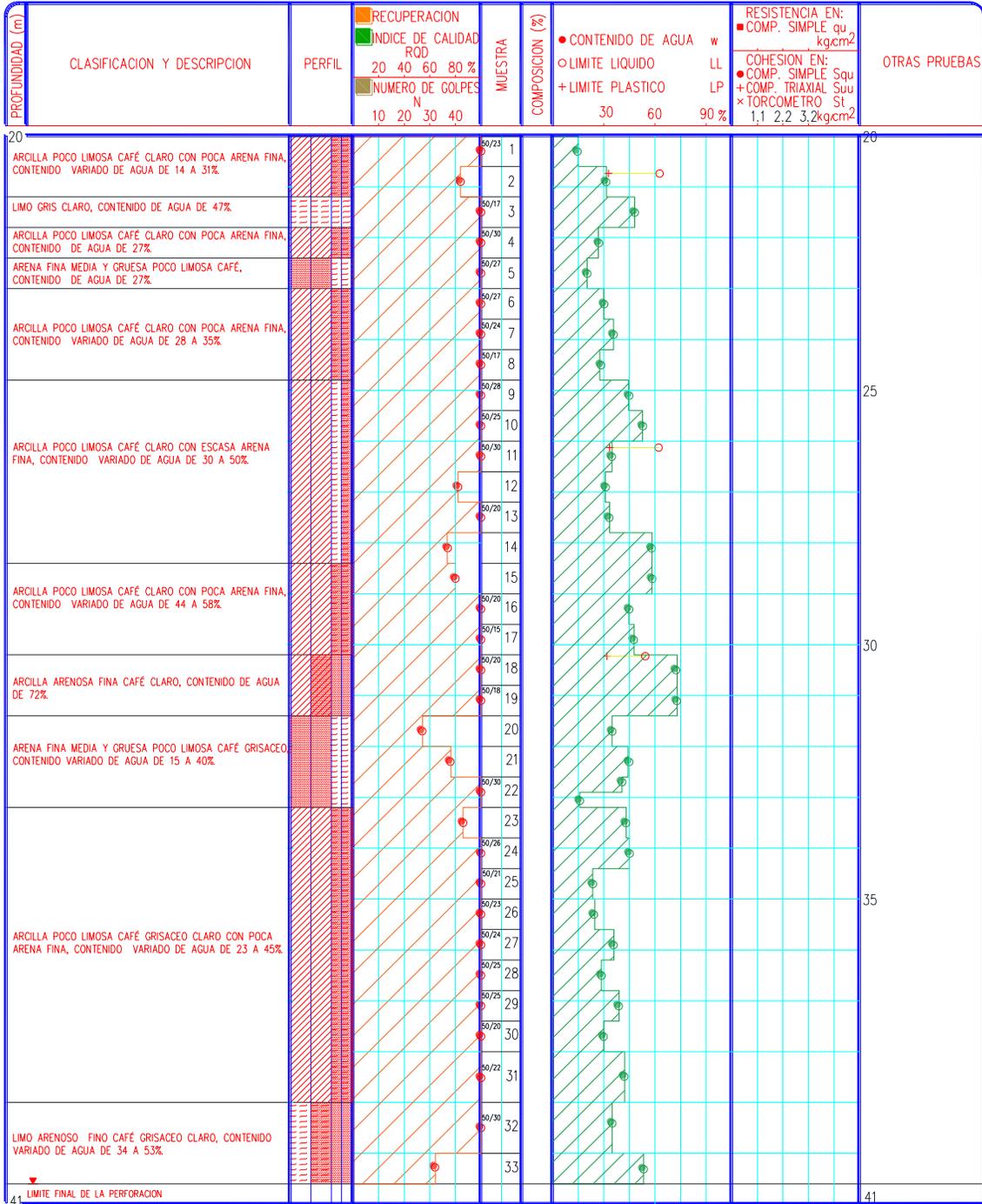
ELEV. BROCAL: _____ m
 FECHA: 28/09/2017

PROYECTO: VIA DORADA

UBICACION: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO

SONDEO: SPT - 6

FIG.52



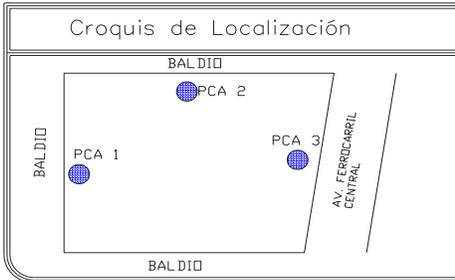
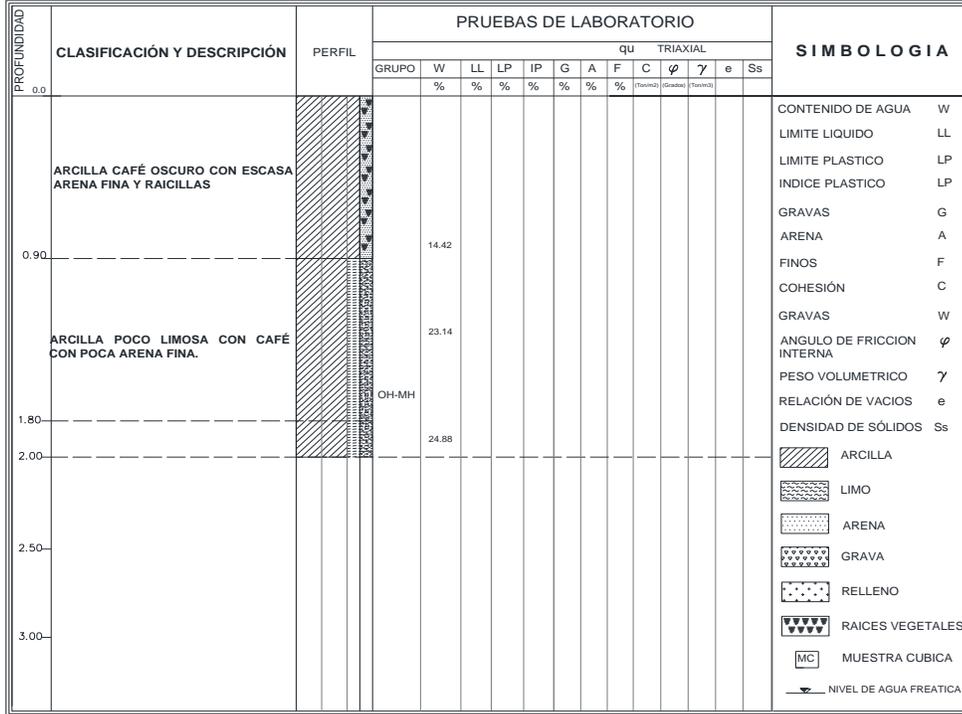
SIMBOLOGIA	
<ul style="list-style-type: none"> □ PENETRACION ESTANDAR ▣ TUBO SHELBY T.S. [A] AVANCE SIN MUESTREO [P] MUESTRA PERDIDA PP PESO PROPIO [N] BARRIL NO O NXL [B] BARRIL 80 O JKT-48 ◆ GOLPES/30 cm 50/20 GOLPES/cm ▼ NIVEL FREATICO ▲ PROF. ADEME 	<ul style="list-style-type: none"> ▨ ARCILLA (C) FINOS (F) ▨ LIMO (M) ▨ ARENA (S) ▨ GRAVA (G) ▨ ROCA IGNEA ▨ ROCA SEDIMENTARIA ▨ ROCA METAMORFICA □ OTROS

DATOS DEL SONDEO	
ELEV. BROCAL: _____ m	FECHA: 28/09/2017
PROYECTO: VIA DORADA	UBICACION: FRACCIONAMIENTO ZONA PLATEADA PACHUCA HIDALGO
SONDEO: SPT - 6	FIG. 53

PERFIL ESTRATIGRAFICO DE POZO A CIELO ABIERTO

Obra:	VIA DORADA
Fecha:	MAYO DE 2017
Supervisor:	ING. Erik José Tapia Espinoza

Prof. del Naf.:	
PCA'S:	No. 1
Profundidad:	0.00 - 2.00 m



Observaciones

FIGURA 54

4. PRUEBAS DE LABORATORIO

4.1 Propiedades mecánicas de los suelos.

Consolidación.

Al momento de proponer una cimentación es muy importante conocer la deformación que sufrirá suelo a través del tiempo por el efecto de la aplicación de una carga, con el objetivo de prever su comportamiento y definir una cimentación más adecuada.

Al aplicar una carga a un suelo saturado o parcialmente saturado, la presión inicialmente se transmite al agua contenida en los poros del suelo. El agua es incompresible por lo tanto fluye hacia las fronteras del suelo, transmitiendo entonces la presión al suelo, al cabo de cierto tiempo se presenta variación en el volumen del suelo. Este cambio (deformación) es el que interesa conocer.

Los parámetros que intervienen en este ensaye son: deformación, carga, esfuerzo y tiempo. La prueba consiste en aplicar a un espécimen de suelo, previamente labrado, una serie de cargas pre-establecidas con las cuales se obtienen para cada una de ellas valores de tiempo y deformación. El espécimen generalmente tiene una dimensión de 6.34 cm de diámetro y 2.54 cm de altura y se mantiene saturada durante la prueba ya que es la condición más crítica, las cargas que se emplean en el ensaye son: 0.125 kg, 0.25 kg, 0.5 kg, 1.0 kg, 2.0 kg, 4.0 kg y 8 kg.

El proceso de consolidación es aplicable a todos los suelos, pero en la práctica sólo se tiene interés en los casos donde las estructuras son cimentadas en depósitos arcillosos, se necesita predecir el asentamiento total de la estructura y la velocidad a la cual se produce.

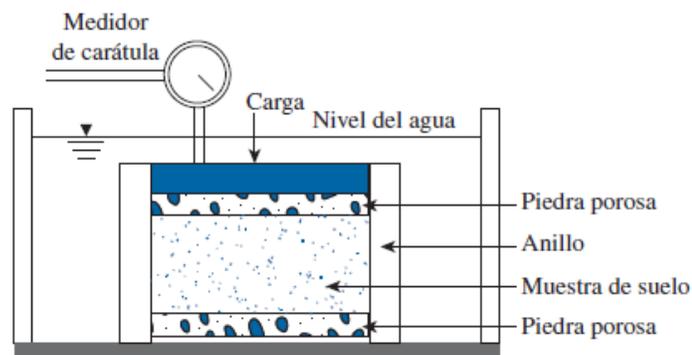


Figura 57. Diagrama esquemático de la configuración de la prueba de consolidación.

Prueba triaxial.

La prueba de ensayo triaxial se realiza con el propósito de determinar las características de esfuerzo-deformación y resistencia de los suelos sujetos a esfuerzos cortantes. En un ensayo triaxial, un espécimen cilíndrico de suelo se reviste con una membrana de látex dentro de una cámara a presión. La parte superior e inferior de la muestra tiene discos porosos, los cuales se conectan al sistema de drenaje para saturar o drenar la muestra, usualmente el espécimen queda sujeto a presiones laterales de un líquido, generalmente agua.

El agua de la cámara puede adquirir cualquier presión deseada por la acción de un compresor conectada a ella y la carga axial se transmite al espécimen mediante un vástago que atraviesa la parte superior de la cámara.

La presión axial es el esfuerzo mayor (σ_1), los esfuerzos intermedios y menor (σ_2 y σ_3), son las presiones laterales.

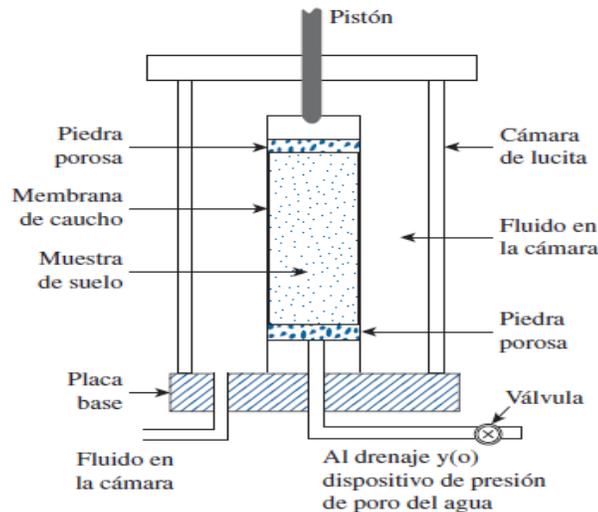


Figura 58. Diagrama esquemático del equipo de la prueba triaxial.

Fundamentos de ingeniería de cimentaciones 7ma edición Braja M. Das.

Existen tres maneras de llevar a cabo la prueba triaxial.

Prueba lenta- prueba con consolidación y con drenaje (CD).

La carga axial se aplica en incrementos, permitiendo completo drenaje de la muestra en todo momento y completa consolidación del suelo bajo los distintos estados de esfuerzos a que se le somete, la velocidad y los incrementos aplicados varían a lo largo de la prueba. Inicialmente los incrementos de cargas pueden ser grandes después disminuyen en menor magnitud, los ensayos consolidados

drenados se utilizan en suelos granulares (arenas), sin embargo, para suelos finos los ensayos requieren tiempos prolongados del orden de semanas.

Primeramente, se aplica presión a la cámara σ . Se permite el drenaje completo, tal presión del agua ($u=u_0$) desarrollada es cero. Posteriormente se aplica un esfuerzo desviador $\Delta\sigma$ lentamente. Se permite el drenaje, tal que la presión de agua ($u=u_d$) desarrollada mediante la aplicación de $\Delta\sigma$ es cero. En la falla $\Delta\sigma = \Delta\sigma_f$: la presión total de poro del agua $u_f = u_0 + u_d = 0$.

$$\text{Esfuerzo efectivo principal mayor} = \sigma_3 + \Delta\sigma_f = \sigma_1 = \sigma'_1$$

$$\text{Esfuerzo efectivo principal menor} = \sigma_3 = \sigma'_3$$

Ahora se puede determinar los parámetros de la resistencia cortante (c' y Φ') trazando el círculo de Mohr a la falla. Ver figura 59 y trazando una línea tangente a los círculos de Mohr (envolvente de falla).

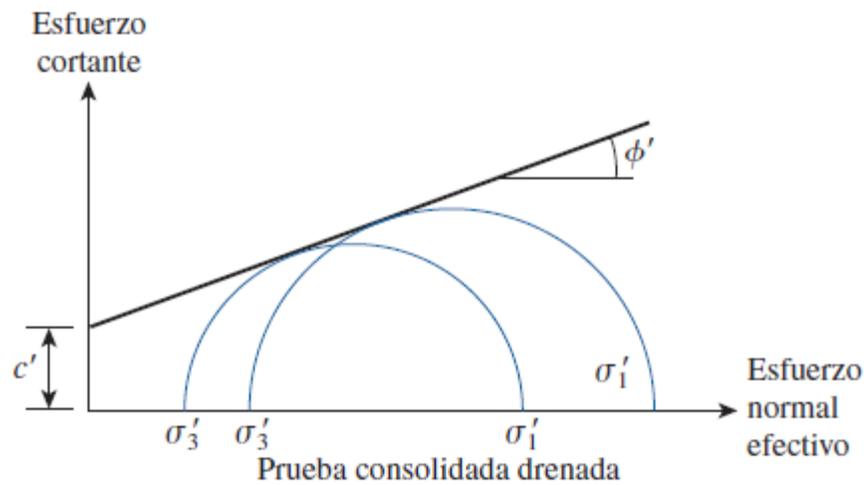


Figura 59. Gráfica de prueba consolidación drenada.

Fundamentos de ingeniería de cimentaciones 7ma edición Braja M. Das.

Prueba rápida con consolidación y sin drenaje (CU).

El espécimen se consolida primeramente bajo la presión hidrostática, así el esfuerzo llega a ser efectivo, en seguida el suelo se lleva a la falla por un rápido incremento de la carga axial, de manera que no se permite cambio de volumen. El propósito de esta prueba es el de no permitir ninguna consolidación adicional durante el periodo de falla, esto se logra cerrando la válvula de salida de las piedras porosas a la bureta de la cámara de compresión triaxial. Este ensayo se realiza generalmente con medición de la presión de poros con el fin de determinar los parámetros de esfuerzos totales y esfuerzos efectivos.

Primeramente, se aplica presión a la cámara σ_3 . Se permite el drenaje completo, tal que la presión de poro del agua ($u = u_0$) es cero. Posteriormente se aplica un esfuerzo desviador $\Delta\sigma$, no se permite el drenaje, tal que la presión de poro del agua $u = u_d \neq 0$. A la falla, $\Delta\sigma = \Delta\sigma_f$, la presión de poro del agua $u_f = u_0 + u_d = 0 + u_d(f)$.

$$\text{Esfuerzo total principal mayor} = \Delta\sigma_3 + \Delta\sigma_f = \sigma_1$$

$$\text{Esfuerzo total principal menor} = \sigma_3$$

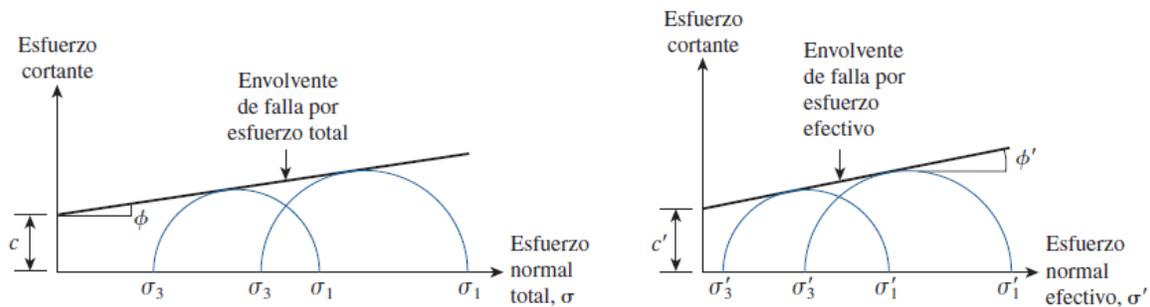
$$\text{Esfuerzo total principal mayor} = (\sigma_3 + \Delta\sigma_f) - u_f = \sigma'_1$$

$$\text{Esfuerzo total principal menor} = (\sigma_3 - u_f) = \sigma'_3$$

Ahora se puede determinar los parámetros de la resistencia cortante (c y ϕ) trazando el círculo de Mohr a la falla. Ver figura 60 y trazando una línea tangente a los círculos de Mohr, (envolvente de falla). Esta envolvente de falla por esfuerzo total se define por la ecuación:

$$s = c + \sigma \tan \phi$$

donde c y ϕ son la cohesión consolidada no drenada y el ángulo de fricción interna, respectivamente. De manera similar se pueden trazar los círculos de Mohr del esfuerzo total de la falla y luego trazar una línea tangente (envolvente de falla).



Prueba consolidada no drenada

Figura 60. Gráfica de prueba consolidación no drenada.

Fundamentos de ingeniería de cimentaciones 7ma edición Braja M. Das.

Prueba rápida – Prueba sin consolidación y sin drenaje. (UU).

En este tipo de ensayos no se permite en ninguna etapa la consolidación de la muestra, ni el drenaje. Se mantiene cerrada la válvula de comunicación entre la bureta y la muestra. Primeramente, se aplica una presión hidrostática al espécimen e inmediatamente se hace fallar el suelo con la aplicación rápida de la carga axial.

En este tipo de prueba no se conocen bien los esfuerzos efectivos ni su distribución en ningún momento ya sea antes o después de la carga axial.

Primeramente, se aplica presión a la cámara σ_3 . No se permite el drenaje, tal que la presión de poro del agua ($u = u_0$) desarrollada mediante la aplicación de σ_3 no es cero. Posteriormente se aplica un esfuerzo desviador $\Delta\sigma$. No se permite drenaje ($u = u_d \neq 0$). A la falla, $\Delta\sigma = \Delta\sigma_f$, la presión de poro del agua $u_f = u_0 + u_{d(f)}$.

Esfuerzo total principal mayor = $\sigma_3 + \Delta\sigma_f = \sigma_1$

Esfuerzo total principal menor = σ_3

Ahora se puede trazar el círculo de Mohr por esfuerzo total a la falla. Ver figura 61 para arcillas saturadas, el valor de $\sigma_1 - \sigma_3 = \Delta\sigma_f$ es una constante, sin importar la presión la presión de confinación de la cámara σ_3 . La tangente para estos círculos de Mohr será una línea horizontal, denominada condición $\phi=0$.

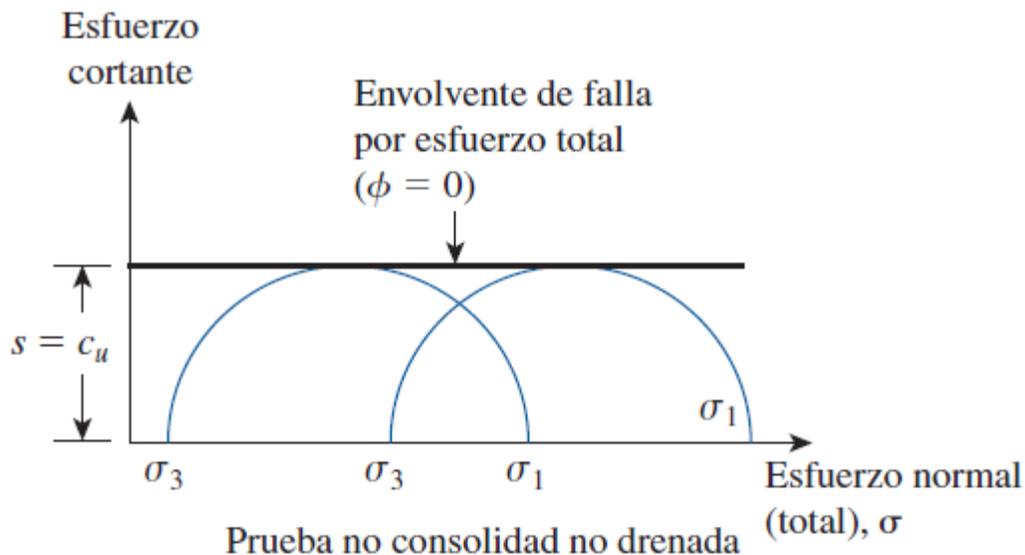


Figura 61. Gráfica de prueba consolidación no consolidada no drenada.

Fundamentos de ingeniería de cimentaciones 7ma edición Braja M. Das.

Compresión simple.

Esta prueba es la más usada en los laboratorios de Mecánica de Suelos para los trabajos de rutina. La ventaja de esta prueba es la sencillez con la que se realiza y el equipo que se necesita para llevarla a cabo. Permite obtener la carga última del suelo mediante la aplicación de una carga axial con control de deformación y utilizando una muestra de suelo inalterada tallada en forma de cilindro. Este arroja un dato conservador y puede servir para proyectos en donde no se requieran

valores precisos. Una correcta interpretación de los resultados es más fácil que el caso de las pruebas triaxiales. Los resultados de la prueba son de fácil aplicación para el trabajo de rutina, pero es recomendable la opinión de un especialista para considerarlas. Esta prueba es factible para suelos cohesivos, ya que para los suelos friccionantes no es posible labrar la muestra.

4.2 Propiedades índices de los suelos

Limite líquido

Esta propiedad se calcula mediante un procedimiento en el laboratorio en el que se hace una mezcla de suelo y agua, capaz de ser moldeada, se deposita en la cuchara de Casagrande y se golpea consecutivamente contra la base de la maquina haciendo girar la manivela hasta que la zanja que previamente fue recortado en medio de la cuchara se cierra en una longitud de 12 mm. Si el número de golpes para que la zanja cierre es en 25, la humedad del suelo (peso del agua/ peso del suelo seco) corresponde al límite líquido. No siempre es posible que la zanja cierre a los 25 golpes en 12 mm., existen dos métodos para determinar el límite líquido. Trazar una gráfica con el número de golpes en coordenadas logarítmicas, contra el contenido de humedad correspondiente en coordenadas normales e interpolar para la humedad correspondiente a 25 golpes.

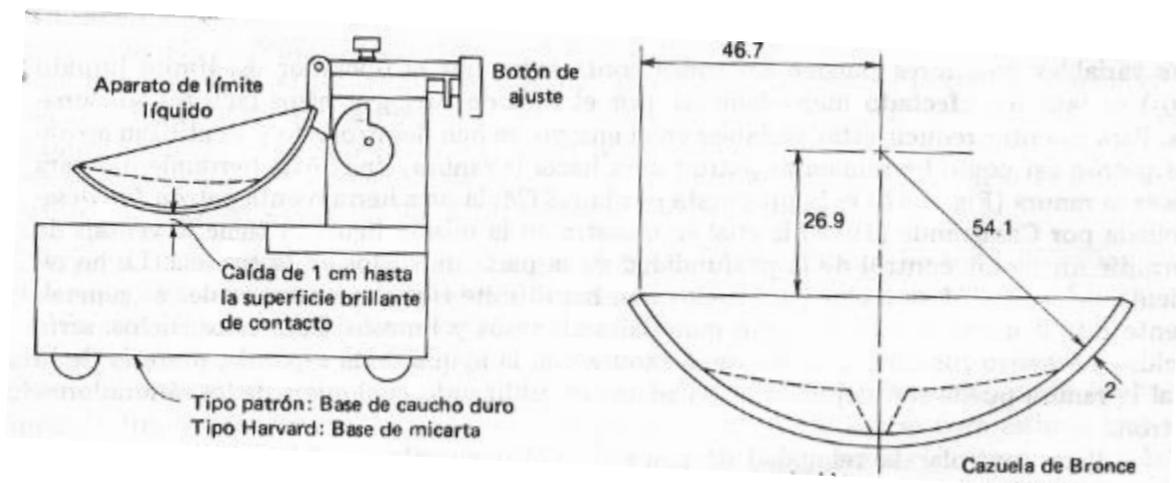


Figura 62. Copa de Casa Grande.

(Manual de Laboratorio de suelos en ingeniería civil, Joseph E. Bowles).

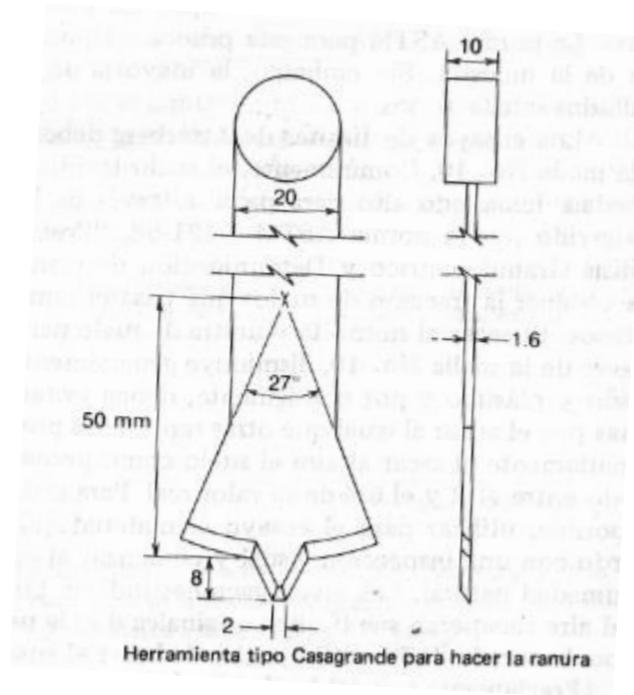


Figura 63. Herramienta de corte estándar.

(Manual de Laboratorio de suelos en ingeniería civil, Joseph E. Bowles).

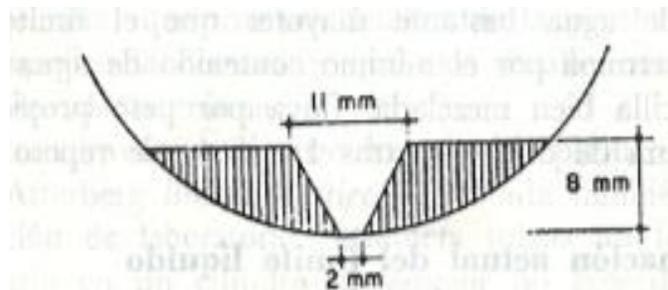


Figura 64. Pasta de suelo antes y después de la prueba.

(Mecánica de Suelos, tomo 1, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1975)

Limite Plástico.

Esta propiedad se calcula en el laboratorio mediante un procedimiento que consiste en medir el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo con un diámetro de 3 mm. Se realiza una mezcla de agua y suelo, la cual se amasa entre el dedo índice y una superficie inerte (vidrio) hasta conseguir un cilindro de 3 mm. de diámetro, al llegar a este diámetro se desarma el cilindro y se repite el procedimiento hasta armar el cilindro nuevamente. Esto se realiza consecutivamente hasta que no es posible obtener el cilindro de 3 mm. Con este

contenido de humedad, el suelo se vuelve quebradizo o se vuelve pulverulento. Se mide el contenido de humedad, el cual corresponde al Límite Plástico.

4.3 Propiedades físicas de los suelos

Peso volumétrico.

Es la relación del peso de la masa del suelo entre su volumen de masa.

$$\gamma = \frac{W_m}{V_m}$$

W_m = peso de la masa.

V_m = Volumen de la masa.

Porosidad.

Es el porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos. Se define como la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa. Se expresa en porcentaje:

$$n (\%) = \frac{V_v}{V_m} * 100$$

los rangos de valores suelen oscilar entre 20% y 95%.

Contenido de agua.

El contenido de agua (w): Representa el peso del agua libre contenida en la muestra, expresada como;

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

Se pesa la muestra para tener un W_m , a continuación, se introduce al horno y se seca por completo, posteriormente se vuelve a pesar y se obtiene un W_s . Ahora $W_w = W_m - W_s$, con la cual queda determinada la humedad.

Relación de vacíos.

Es la relación del volumen de vacíos al volumen al volumen de sólidos en una masa de suelo.

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Grado de saturación.

Es el porcentaje de la relación del volumen de agua en los espacios vacíos de la muestra entre el volumen de vacíos:

$$S (\%) = \frac{V_w}{V_v} * 100$$

4.5 Sistema Unificado de Clasificación del Suelo.

El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200, las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las menores son partículas finas. Se considera suelo grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino si más de la mitad de sus partículas en peso son finas.

Suelos gruesos.

El símbolo de cada grupo está formado por dos letras mayúsculas, que son sus iniciales de los nombres en inglés.

- Gravas y suelos que predominen estas, G (Gravel).
- Arenas y suelos arenosos, S (Sand).

Las gravas y las arenas se separan con la malla #4, si más del 50% de las partículas de un suelo quedan retenidas en la malla 200 y no pasan la malla #4 pertenecerá al grupo G y en caso contrario pertenecerá al grupo S.

Las gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos.

Grupos GW y SW

Grava bien graduada (GW) y Arena bien graduada (SW), estos suelos son bien graduados con pocos finos o limpios por completo. El contenido de partículas finas en este grupo no podrá ser mayor al 5% y no deben producir cambios apreciables en las características de resistencia de la fracción gruesa, ni interferir con su capacidad de drenaje.

Grupos GP y SP.

Grava mal graduada (GP) y Arena mal graduada (SP), estos suelos son de apariencia uniforme, presentan predominio de un tamaño, faltando algunos tamaños intermedios.

Grupos GM y SM.

Grava con finos no plásticos (GM) y Arena con finos no plásticos (SM), en la práctica se ha visto que los suelos con contenido de finos mayores del 12% en peso, afecta las características de resistencia y esfuerzo-deformación y la capacidad de drenaje de la fracción gruesa. Su índice de plasticidad debe ser menor que 4.

Grupos GC y SC.

Grava con finos plásticos (GC) y Arena con finos plásticos (SC), en estos suelos igual que los del grupo GM y SM con contenido de finos mayores del 12% pero con el requisito de que su índice de plasticidad sea mayor que 7.

Suelos finos.

Se usa un criterio similar que en los suelos gruesos denotándose el símbolo de cada grupo con dos letras mayúsculas.

- Limos inorgánicos, (M)
- Arcillas inorgánicas, (C)
- Limos y Arcillas orgánicas, (O).

Cada uno de los tres tipos de suelos se subdividen, según su límite líquido en dos grupos. Si es menor a 50%, son suelos de baja o media compresibilidad y se denota con la letra (L), obteniéndose los grupos ML, CL y OL. Si es mayor al 50% son suelos de alta compresibilidad se denota con la letra (H), obteniéndose los grupos MH, CH y OH.

Mediante la Carta de Plasticidad del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos podremos identificar qué tipo de suelo estamos analizando.

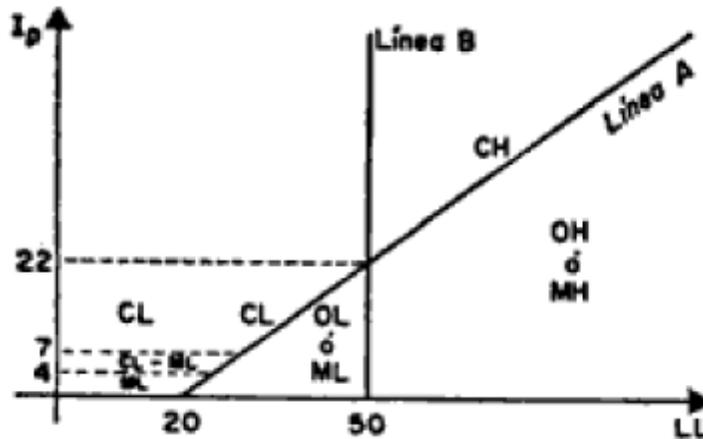


Figura 65. Carta de plasticidad

Mecánica de suelos, tomo 1, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1975

Grupos CL y CH.

En estos grupos están las Arcillas inorgánicas.

El grupo CL comprende la zona sobre la línea A, teniendo $LL < 50\%$ e $I_p > 7\%$.

El grupo CH comprende la zona arriba de la línea A, teniendo $LL > 50\%$.

Grupos ML y MH.

En estos grupos quedan comprendidos limos típicos inorgánicos y limos arcillosos.

El grupo ML comprende la zona bajo la línea A, teniendo $LL < 50\%$ e $I_p > 4$.

El grupo MH comprende la zona bajo la línea A, teniendo $LL > 50\%$.

Grupos OL y OH.

Las zonas pertenecientes a estos grupos son las mismas a las de los grupos ML y MH, los orgánicos están siempre en lugares próximos a la línea A. Una pequeña adición de materia orgánica coloidal hace que el límite líquido de una arcilla inorgánica crezca, sin apreciable cambio en el índice plástico; esto hace que el suelo

se desplace hacia la derecha de la Carta de Plasticidad, ocupando una posición más alejada de la línea A.

Grupos Pt.

El límite líquido de estos suelos suele estar entre 300% y 500%, quedando su posición en la Carta de Plasticidad netamente debajo de la línea A; el índice plástico normalmente varía entre 100% y 200%. En estos casos cuando un material no cae claramente en uno de los grupos, se usarán el símbolo doble de frontera, por ejemplo, MH-CH representará un suelo fino con $LL > 50\%$ e índice plástico tal que el material quede situado prácticamente sobre la línea A.

Las muestras obtenidas en los sondeos, se clasificaron en forma visual y tacto, en estado húmedo y seco mediante pruebas del Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS), se determinó su contenido natural de agua. En el anexo II se presenta el registro de laboratorio con los resultados de estos trabajos.

En los estratos representativos según el tipo de suelo, finos o gruesos, se hicieron pruebas de consistencia o de porcentajes de finos y en ambos casos se obtuvieron densidad de sólidos.

Para conocer los parámetros de resistencia del suelo, en muestras inalteradas se efectuaron ensayos de compresión triaxial no confinada. En el anexo I se presentan los registros de laboratorio y las gráficas de esfuerzo-deformación unitaria de las pruebas de compresión no confinada realizadas.

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 para suelos friccionantes, en las figuras 66 y 67 se presentan tablas y gráficas para correlacionar el número de golpes obtenidos de la prueba de penetración estándar según Terzaghi y Peck que han sido acogidos en varios tratados tradicionales de ingeniería de cimentaciones y en algunas normas.

Arcillas	
No. De golpes por 30 cm N	Consistencia
<i>menos de 2</i>	<i>muy blanda</i>
<i>2 - 4</i>	<i>blanda</i>
<i>5 - 8</i>	<i>media</i>
<i>9 - 15</i>	<i>firme</i>
<i>15 - 30</i>	<i>muy firme</i>
<i>más de 30</i>	<i>dura</i>

Arenas	
No. De golpes por 30 cm N	compacidad relativa
<i>0 - 4</i>	<i>muy suelta</i>
<i>5 - 10</i>	<i>suelta</i>
<i>11 - 30</i>	<i>media</i>
<i>31 - 50</i>	<i>compacta</i>
<i>mas de 50</i>	<i>muy compacta</i>

Figura 66. correlación para acillas y arenas.

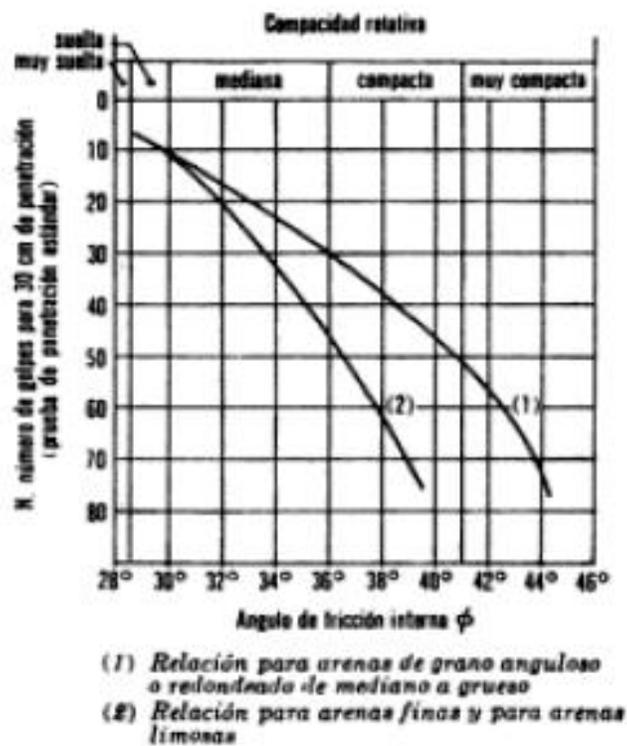


Figura 67. correlación para ángulos de fricción interna en arena.

Mecánica de suelos, tomo 1, Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 1975.

5. CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRÁFICAS Y FÍSICAS DEL SUBSUELO.

La ciudad de Pachuca Hidalgo se encuentra al norte de la Ciudad de México, ubicada en la región oriente de México y dentro de la región geográfica del estado de Hidalgo, les corresponde a las coordenadas geográficas 20°07'18" de Latitud norte y 98°44'09" de longitud oeste, con una altitud entre 2382 y 2400 metros sobre el nivel del mar. Se encuentra dentro de las provincias fisiográfica del eje neovolcánico, dentro de las subprovincias de llanuras y sierras de Querétaro e Hidalgo, se tiene rocas principalmente del periodo neógeno y cuaternario y del tipo ígneas extrusivas.

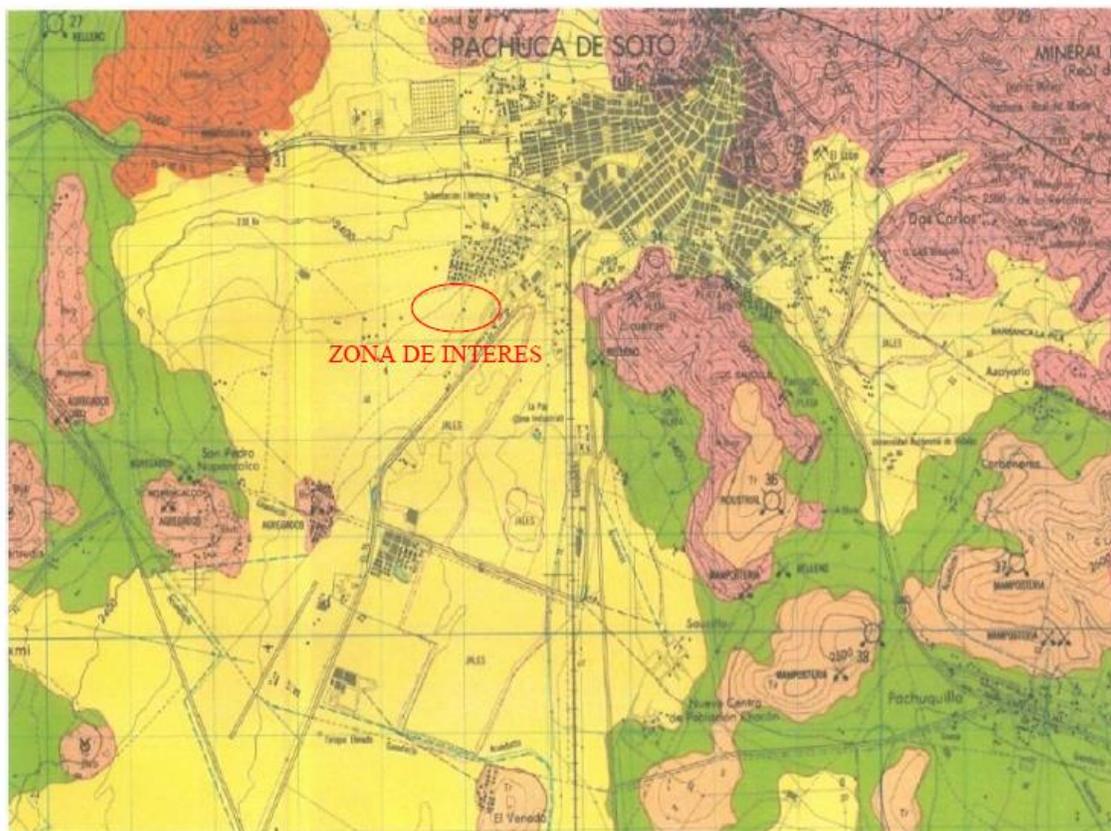


Figura 68. Geología del lugar.

De manera general los materiales que constituyen los depósitos de este lugar están compuestos por limos y arcillas de baja a mediana plasticidad, por gravas y arenas limpias y mezclas con limo o arcilla. Hay fracciones de cementadas y en ocasiones con betas intercaladas de carbonato de calcio conocido por su nombre común como tepetate y cuya clasificación petrográfica corresponde a toba vítreo-cristalina andesítica formadas por actividad explosiva volcánica, y en otro caso a

arenas limosas provenientes del transporte de las tobas andesíticas en que el cuarzo y el feldespatos son minerales primarios.

La estratigrafía detallada definida en el corte estratigráfico probable en los depósitos del subsuelo es la siguiente.

Superficialmente con un espesor de 0.6 m de profundidad se tienen materiales constituidos por arcilla café oscuro con escasa arena fina y raicillas, de contenido de agua de 17%, Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de 14 golpes, de consistencia media; límite líquido de 44%, límite plástico de 23%, del grupo CL según SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Bajo la capa de los materiales superficiales entre 0.60 y 3.60 m de profundidad se encuentran tobas volcánicas constituido por arcillas poco limosa café claro con poca arena fina de contenido de agua variable de 20 a 38%, Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de más de 50 golpes, de consistencia dura, con una cohesión de 30 ton/m², ángulo de fricción interna del material de 30° y un peso volumétrico de 1.5 ton/m³. Composición granulométrica promedio de 12% de arena y 88% finos.

Entre 3.6 y 10.80 m de profundidad se tiene limo poco arcilloso café oscuro con poca arena fina de contenido de agua variable de 21 a 37%, Índice a la Penetración Estándar de más de 50 golpes, de consistencia dura, con una cohesión de 30 ton/m² ángulo de fricción interna del material de 32° y un peso volumétrico de 1.9 ton/m³. Composición granulométrica promedio de 36% de arena y 64% de finos; límite líquido de 36%, límite plástico de 18%, del grupo CL según SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Seguidamente de los estratos mencionados de 10.8 a 12.60 m de profundidad se tiene arcilla poco limosa café oscuro con poca arena fina de contenido de agua variable de 27 a 37%, Índice a la Penetración Estándar de más de 50 golpes, de consistencia dura. Composición granulométrica promedio de 7% de arena y 93% de finos.

De 12.60 a 18.00 m de profundidad se tiene arcilla poco limosa café grisáceo con poca arena fina, de contenido de agua variado de 21 a 42%, Índice a la Penetración Estándar de más de 50 golpes, de consistencia dura, con una cohesión de 30 ton/m², ángulo de fricción interna del material de 30° y peso volumétrico de 1.7 ton/m³. Límite líquido de 26%, límite plástico de 19% del grupo CL según SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Entre 18.00 y 19.00 m de profundidad se encuentra limo poco arcilloso gris con poca arena fina, contenido de agua de 28%, Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de más de 50 golpes, de consistencia dura, con una cohesión de 30

ton/m², ángulo de fricción interna del material de 30° y peso volumétrico de 1.4 ton/m³.

De 19.00 a 21.20 m de profundidad se tiene arcilla poco limosa café claro con poca arena fina, de contenido de agua variado de 14 a 31%, %, Índice a la Penetración Estándar de 42 a más de 50 golpes y consistencia dura a muy dura. Con una cohesión de 26 ton/m², ángulo de fricción interna del material de 28° y peso volumétrico de 1.5 ton/m³. Límite líquido de 63%, límite plástico de 33%, del grupo OH-MH según SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Entre 21.20 y 21.80 m de profundidad se tiene limo gris claro, de contenido de agua de 47%, Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de más de 50 golpes, de consistencia dura. Con una cohesión de 30 ton/m², ángulo de fricción interna del material de 30° y peso volumétrico de 1.3 ton/m³.

De 21.80 a 22.40 m de profundidad se tiene arcilla poco limosa café claro con poca arena fina, de contenido de agua de 27%, Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de más de 50 golpes, de consistencia dura.

Entre 22.40 y 23.00 de profundidad se tiene un depósito de arena fina media y gruesa poco limoso café, de contenido de agua de 27%, Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de más de 50 golpes, de alta compacidad. Composición granulométrica promedio de 2.2% de gravas, 67.9% de arena y 30% de finos.

De 23.00 a 24.80 m de profundidad se tiene arcilla poco limosa café claro con poca arena fina, de contenido de agua variado de 28 a 35%. Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de más de 50 golpes, de consistencia muy dura.

Entre 24.80 y 28.40 m de profundidad se tiene arcilla poco limosa café claro con escasa arena fina y grumos pumíticos, de contenido de agua variado de 30 a 50%. Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de 37 a más de 50 golpes, de consistencia dura a muy dura. Límite líquido de 62%, límite plástico de 33%, del grupo OH-MH según SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

Seguidamente de los estratos mencionados de 28.40 a 30.20 m de profundidad se tiene un depósito de grumos pumíticos constituidas por arcilla poco limoso café claro con poca arena fina, de contenido de agua variado de 44 a 58%. Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de 36 a más de 50 golpes, de consistencia dura a muy dura.

Bajo los estratos anteriores y hasta 31.40 m de profundidad se tiene arcilla arenosa fina café claro y grumos pumíticos, de contenido de agua de 72%. Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de más de 50 golpes, de consistencia muy dura. Con una cohesión de 25 ton/m², ángulo de fricción interna del material de 30° y peso volumétrico de 1.6 ton/m³. Composición granulométrica promedio de 6.3%

gravas, 34.9% arena y 58.8% de finos; límite líquido de 54%, límite plástico de 32%, del grupo OH-MH según SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos).

De 31.40 a 33.20 m de profundidad se tiene un depósito de arena pumítica constituida por arena fina media y gruesa poco limoso café grisáceo, de contenido de agua variado de 15 a 40%. Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de 38 a más de 50 golpes, de consistencia dura a muy dura. Con una cohesión de 25 ton/m², ángulo de fricción interna del material de 28° y peso volumétrico de 1.5 ton/m³. Composición granulométrica promedio de 1.5% gravas, 70.9% arena y 27.6% de finos.

Seguidamente de los estratos mencionados de 33.20 a 39.00 m de profundidad se tiene arcilla poco limosa café grisáceo claro con poca arena fina, contenido de agua variado de 23 a 45%. Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de 42 a más de 50 golpes, de consistencia dura a muy dura. Con una cohesión de 30 ton/m², ángulo de fricción interna del material de 30° y peso volumétrico de 1.6 ton/m³.

De 39.00 a 40.60 m de profundidad se tiene limo arenoso fino café grisáceo claro con grumos pumíticos, contenido de agua variado de 34 a 53%. Índice de Resistencia a la Penetración Estándar de 32 a más de 50 golpes, de consistencia dura a muy dura.

El nivel de aguas freáticas no se encontró hasta la máxima profundidad explorada.

En relación al Módulo de reacción del suelo, considerando la resistencia del suelo en función del número de golpes en la prueba de penetración estándar reportada en los sondeos realizados y al tipo de material encontrado, se podrá considerar un Módulo de reacción vertical al corte en condiciones estáticas de cargas permanentes con un valor de 4.0 a 5.0 Kg/ cm³ y de 6.0 a 7.0 Kg/ cm³, para condiciones dinámicas de cargas instantáneas (sismo o viento).

De acuerdo con la regionalización sísmica de la República Mexicana y al manual de Diseño por Sismo de la Comisión Federal de Electricidad CFE, el predio de interés se encuentra en la Zona B; y con los sondeos profundos realizados, el predio de interés presenta características estratigráficas y físicas similares a una zona de materiales aluviales, le corresponde un coeficiente sísmico de 0.14, para estructuras de tipo B, y para las estructuras tipo A, el coeficiente sísmico deberá incrementarse en un 50%.



Figura 69. Regionalización sísmica de la República Mexicana.

Zona sísmica	Tipo de suelo	a_0	c	T_a	T_b	r
A	I	0.02	0.08	0.2	0.6	1/2
	II	0.04	0.16	0.3	1.5	2/3
	III	0.05	0.20	0.6	2.9	1
B	I	0.04	0.14	0.2	0.6	1/2
	II	0.08	0.30	0.3	1.5	2/3
	III	0.10	0.36	0.6	2.9	1
C	I	0.36	0.36	0	0.6	1/2
	II	0.64	0.64	0	1.4	2/3
	III	0.64	0.64	0	1.9	1
D	I	0.50	0.50	0	0.6	1/2
	II	0.86	0.86	0	1.2	2/3
	III	0.86	0.86	0	1.7	1

Parámetros de los espectros de diseño para la República Mexicana

Figura 70. Parámetros de los espectros de diseño de la República mexicana. (CFE, 1993).

6. ANÁLISIS DE LA CIMENTACIÓN.

Considerando las características arquitectónicas, estructurales del proyecto en particular la magnitud y distribución de las cargas estimadas que la estructura transmitirá a la cimentación, las propiedades estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo antes descritas; así como sus condiciones de fronteras definidas, particularmente la existencia de materiales resistentes a partir de 1.00 m de profundidad, se juzga que la alternativa de cimentación más adecuada de la estructura podrá ser resuelta para las columnas apoyadas sobre pilas rigidizadas con contratraves, desplantadas en el estrato resistente a una profundidad de cota -35.00 m, con respecto al nivel +0.00 m, empotrada dentro de los materiales resistentes de origen natural, rebasando los materiales pumíticos de menor capacidad localizados entre la cota -28.00 y -34.00 m, de fuste recto, coladas en seco.

6.1 Análisis de carga.

En los análisis que a continuación se presentan se consideran las siguientes acciones de cargas de la estructura.

Tomando en cuenta que cada nivel de la estructura pesa 1.1 ton/m²/Nivel.

CARGAS CONSIDERADAS PARA LAS PILAS CENTRALES

DESCRIPCIÓN	AREA TRIBUTARIA (M2)	AREA TOTAL (M2)	PESO POR NIVEL (TON/M2/NIVEL)	W (TON)
SOTANO 5- 1	64	320	1.1	352
P.B.	64	64	1.1	70.4
NIVEL 1	64	64	1.1	70.4
NIVEL 2	64	64	1.1	70.4
NIVEL 3	64	64	1.1	70.4
NIVEL 4	37.79	37.79	1.1	41.569
NIVEL 5- 16	37.79	453.48	1.1	498.828
NIVEL 17	73.65	73.65	1.1	81.015
NIVEL 18	73.65	73.65	1.1	81.015
NEVEL 19	73.65	73.65	1.1	81.015
NIVEL 20	37.45	37.45	1.1	41.195
Peso total de la estructura=				1, 458.23

Figura 71. Resumen de cargas para pilas centrales.

Para la cimentación se considera un 10% del peso total de la estructura por lo que tenemos:

$$\text{Cimentación} = 1,458.23 \text{ ton} * 0.1 = 145.82 \text{ ton.}$$

$$\text{WT} = 1,458.23 \text{ ton.} + 145.82 \text{ ton.} = \mathbf{1,604.06 \text{ ton.}}$$

Acciones:

Condiciones Máximas 100% **1,604.06 ton.**

Condiciones Instantáneas 95% **1,523.86 ton.**

Condiciones Medias 90% **1,443.65 ton.**

CARGAS CONSIDERADAS PARA LAS PILAS PERIMETRALES

DESCRIPCION	AREA TRIBUTARIA (M2)	AREA TOTAL(M2)	PESO POR NIVEL (TON/M2/NIVEL)	w (TON)
SOTANO 5- 1	64	320	1.1	352.00
P.B.	64	64	1.1	70.40
NIVEL 1	64	64	1.1	70.40
NIVEL 2	64	64	1.1	70.40
NIVEL 3	64	64	1.1	70.40
PESO TOTAL DE LA ESTRUCTURA=				633.60

Figura 72. Resumen de cargas para pilas perimetrales.

Para la cimentación se considera un 10% del peso total de la estructura por lo que tenemos:

$$\text{Cimentación} = 633.60 \text{ ton} * 0.1 = 63.36 \text{ ton.}$$

$$\text{WT} = 1,458.23 \text{ ton.} + 63.36 \text{ ton.} = \mathbf{696.96 \text{ ton.}}$$

Acciones:

Condiciones Máximas	100%	696.96 ton.
Condiciones Instantáneas	95%	662.11 ton.
Condiciones Medias	90%	627.26 ton.

Para 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 cargas vivas con intensidad máxima, más el peso de la cimentación, afectadas por 1.4
- Condiciones dinámicas, que considera la combinación de cargas permanentes más cargas vivas 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, afectada por 1.1.

6.2 Capacidad de carga útil de las pilas.

La capacidad de carga útil de las pilas (Q_a) se obtuvo de la siguiente expresión establecidas en las normas de construcción.

$$Q_a = C_p + 0.7 C_f$$

Donde:

C_p = Capacidad de carga por punta.

C_f = Capacidad de carga por fricción.

6.3 Capacidad de carga por punta.

Con base en los datos obtenidos en el proceso de exploración y análisis del subsuelo, se determinó que los materiales de apoyo de las pilas desplantadas a -35.00 m respecto al nivel de cota 0.00 del proyecto arquitectónico, presentan un ángulo de fricción interna ϕ de 30° y una cohesión de 30 ton/m^2 (obtenido de correlacionar estos con las propiedades índice de los materiales de apoyo y de los resultados de las pruebas de penetración estándar).

Calculando la presión vertical total del peso del suelo (P_v) a la profundidad desplantadas de las pilas con respecto al nivel de excavación máxima.

PV (presión vertical)		
hi(M)	γ (TON/M3)	Pv (TON/M2)
2.5	1.7	4.25
1.0	1.4	1.4
2.8	1.5	4.2
1.2	1.3	1.56
8.4	1.6	13.44
2.6	1.5	3.9
1.0	1.6	1.6
19.5		30.35

Figura 73. Presión vertical hasta la profundidad de desplante de las pilas.

6.4 Capacidad de carga por punta Método Meyerhof.

Aplicando la siguiente expresión para calcular la capacidad por punta mediante el método de Meyerhof como un método alternativo:

$$C_p = (P_v * N_q) A_s$$

Donde:

C_p : Capacidad de carga por punta.

A_s : Área de la sección transversal del pilote.

N_q : Factor de capacidad de carga del suelo propuesto por Meyerhof y se obtiene de su gráfica.

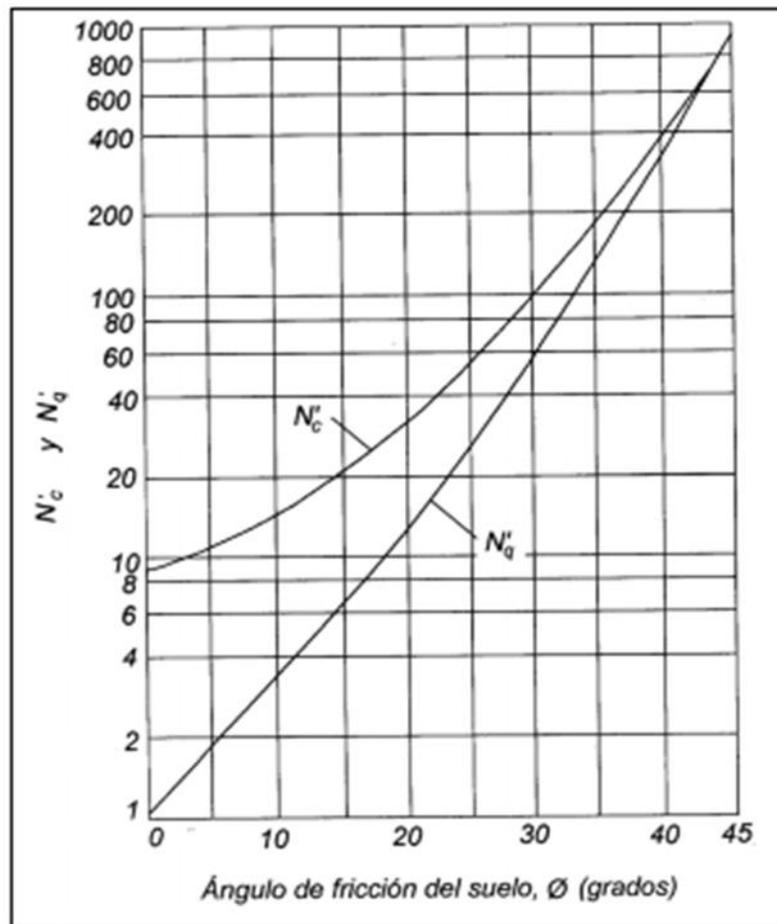


Figura 74. Gráfica de factores de capacidad de carga para método Meyerhof.

Das, Braja, Principios de ingeniería de cimentaciones.

Considerando una presión vertical ya calculado anteriormente de 30.35 ton/m^2 con un ángulo de fricción interna ϕ de 30° y un factor de capacidad de carga del suelo N_q de 55 obtenido en la gráfica de Meyerhof, tenemos:

DIAMETRO	AREA TRANSVERSAL (Ap)	Cp	Cp*0.35
0.80	0.50	839.06	293.67
0.90	0.64	1061.93	371.68
1.00	0.79	1311.03	458.86
1.10	0.95	1586.34	555.22
1.20	1.13	1887.88	660.76
1.30	1.33	2215.63	775.47
1.40	1.54	2569.61	899.36
1.50	1.77	2949.81	1032.43
1.60	2.01	3356.23	1174.68
1.70	2.27	3788.86	1326.10
1.80	2.54	4247.72	1486.70
1.90	2.84	4732.80	1656.48
2.00	3.14	5244.10	1835.44
2.10	3.46	5781.62	2023.57
2.20	3.80	6345.37	2220.88
2.30	4.15	6935.33	2427.36
2.40	4.52	7551.51	2643.03
2.50	4.91	8193.91	2867.87
2.60	5.31	8862.53	3101.89
2.70	5.73	9557.38	3345.08
2.80	6.16	10278.44	3597.46
2.90	6.61	11025.73	3859.00
3.00	7.07	11799.23	4129.73

Figura 75. Capacidad de carga de las pilas por punta para método Meyerhof.

6.5 Capacidad de carga por fricción.

$$C_f = f_s A_s F_R$$

Donde:

C_f: capacidad de carga por fricción.

F_R: Factor de resistencia igual a 0.70.

A_s: Área de lateral a lo largo de la pila en m².

F_s: Fricción lateral unitaria, en ton/m². Determinada mediante la siguiente fórmula:

$$f_s = C_a + K_s \gamma \frac{D_f}{2} \tan \delta$$

Donde:

C_a: coeficiente de adherencia entre el suelo y cemento, en ton/m², en la tabla de la figura 76 se presenta los valores propuestos por Tomlinson para adherencia última pilote suelo.

MATERIAL DEL PILOTE	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE, q _u , ton/m ²	ADHERENCIA ULTIMA PILOTE - ARCILLA ton/m ²
CONCRETO Y MADERA	0.00 - 7.50	0.00 - 3.50
	7.50 - 15.00	3.50 - 5.00
	15.00 - 30.00	5.00 - 6.50
	Más de 30.00	6.50
ACERO	0.00 - 7.50	0.00 - 3.50
	7.50 - 15.00	3.50 - 5.00
	15.00 - 30.00	5.00 - 6.00
	Más de 30.00	6.0

Figura 76. Correlaciones entre la resistencia a la compresión simple y la adherencia última pilote- arcilla por Tomlinson.

δ: Ángulo de fricción entre el contacto suelo – cemento.

K_s: Coeficiente medio de presión del suelo en los lados del cemento.

K_s tan δ varía de 0.25 en materiales sueltos a 1.0 en materiales densos; valores intermedios para distintas compacidades se eligen a criterio.

Parámetros utilizados en el cálculo de capacidad de carga por fricción de las pilas desplantadas hasta el nivel -35.00.

ESTRATO	Df (m2)	FR	Ca (Ton/m2)	Ks	γ (Ton/m3)	δ (2/3 ϕ)	fs
1	2.5	0.7	6.5	0.6	1.7	20.00	6.96
2	1.00	0.7	6.5	0.60	1.4	20.00	1.99
3	2.80	0.7	6.5	0.50	1.5	18.67	3.62
4	1.20	0.7	6.5	0.60	1.3	20.00	2.12
5	8.40	0.7	5.8	0.50	1.6	20.00	9.24
6	2.60	0.7	5.8	0.50	1.5	18.67	3.33
7	1.00	0.7	6.5	0.60	1.6	20.00	2.14

Figura 77. Parámetros de cálculo por fricción de pilas

Diámetros propuestos en (m) y capacidad de carga por fricción en (ton).

DIAMETRO (m)	Cf (ton)
0.8	233.7
0.9	263.0
1.0	292.2
1.1	321.4
1.2	350.6
1.3	379.8
1.4	409.1
1.5	438.3
1.6	467.5
1.7	496.7
1.8	525.9
1.9	555.2
2.0	584.4
2.1	613.6
2.2	642.8
2.3	672.0
2.4	701.2
2.5	730.5
2.6	759.7
2.7	788.9
2.8	818.1
2.9	847.3
3.0	876.6

Figura 78. Capacidad de pilas por fricción.

Capacidad de carga útil de las pilas considerando la contribución por punta y por fricción de las pilas.

DIAMETRO	Cp (Meyerhof)	Cf	Qadm
0.80	293.67	233.75	527.42
0.90	371.68	262.97	634.64
1.00	458.86	292.19	751.04
1.10	555.22	321.40	876.62
1.20	660.76	350.62	1011.38
1.30	775.47	379.84	1155.31
1.40	899.36	409.06	1308.42
1.50	1032.43	438.28	1470.71
1.60	1174.68	467.50	1642.18
1.70	1326.10	496.71	1822.82
1.80	1486.70	525.93	2012.64
1.90	1656.48	555.15	2211.63
2.00	1835.44	584.37	2419.81
2.10	2023.57	613.59	2637.16
2.20	2220.88	642.81	2863.68
2.30	2427.36	672.03	3099.39
2.40	2643.03	701.24	3344.27
2.50	2867.87	730.46	3598.33
2.60	3101.89	759.68	3861.57
2.70	3345.08	788.90	4133.98
2.80	3597.46	818.12	4415.57
2.90	3859.00	847.34	4706.34
3.00	4129.73	876.56	5006.29

Figura 79. Capacidad de carga de las pilas por punta y fricción utilizando el método Meyerhof.

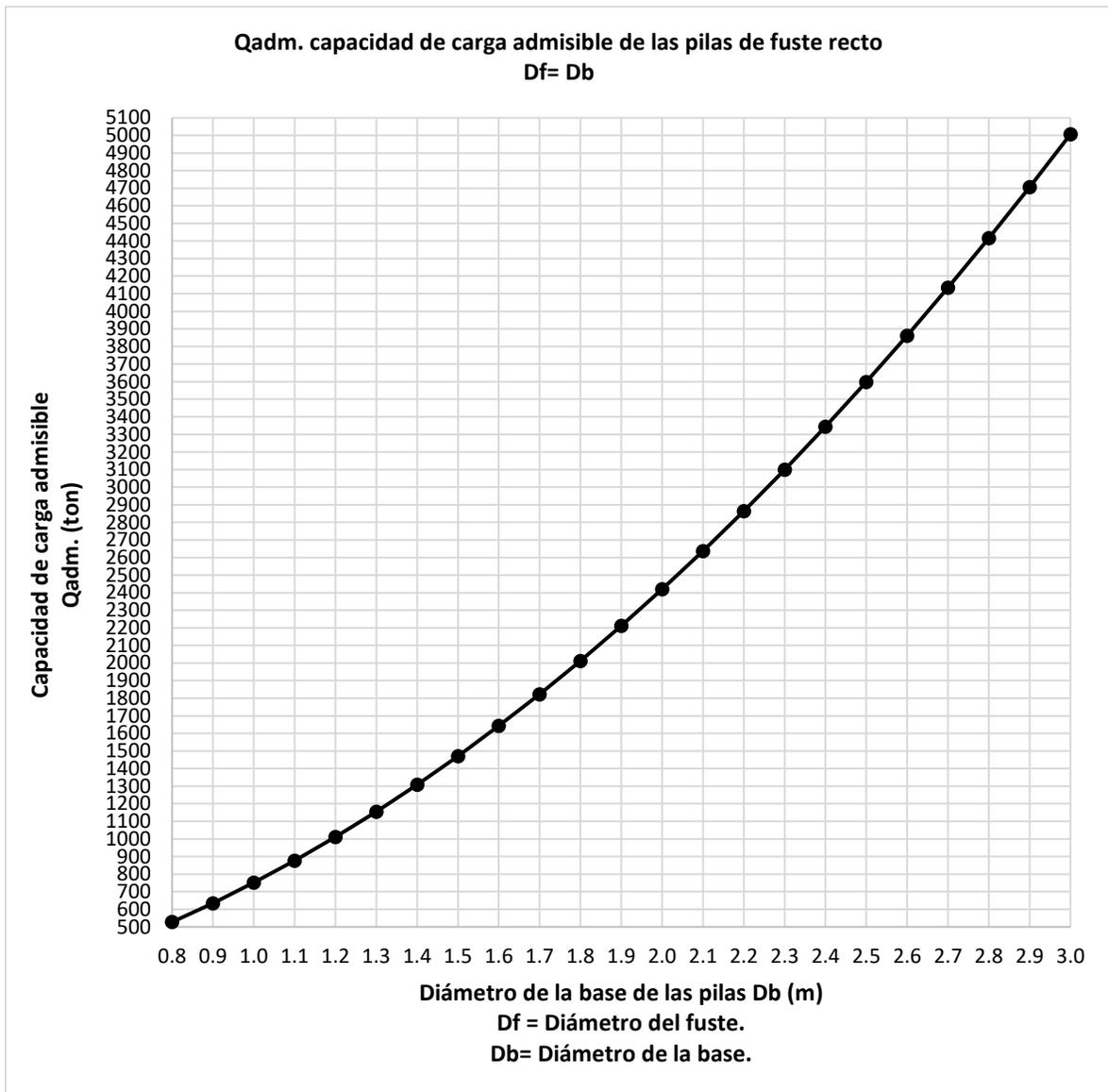


Figura 80. Gráfica de capacidad de carga de las pilas por punta y fricción utilizando el método Meyerhof.

Resumen de diámetros a considerar:

PILAS CENTRALES		
Diámetro (m)	Q adm (ton)	W condiciones estáticas
2.00	2419.81	2245.68

PILAS PERIMETRALES		
Diámetro (m)	Q adm (ton)	W condiciones estáticas
1.20	1011.38	975.74

Se considera diámetro de 2.00 m para las pilas centrales y de 1.20 m de diámetro para las pilas perimetrales; ver distribución de las pilas en la figura 81.

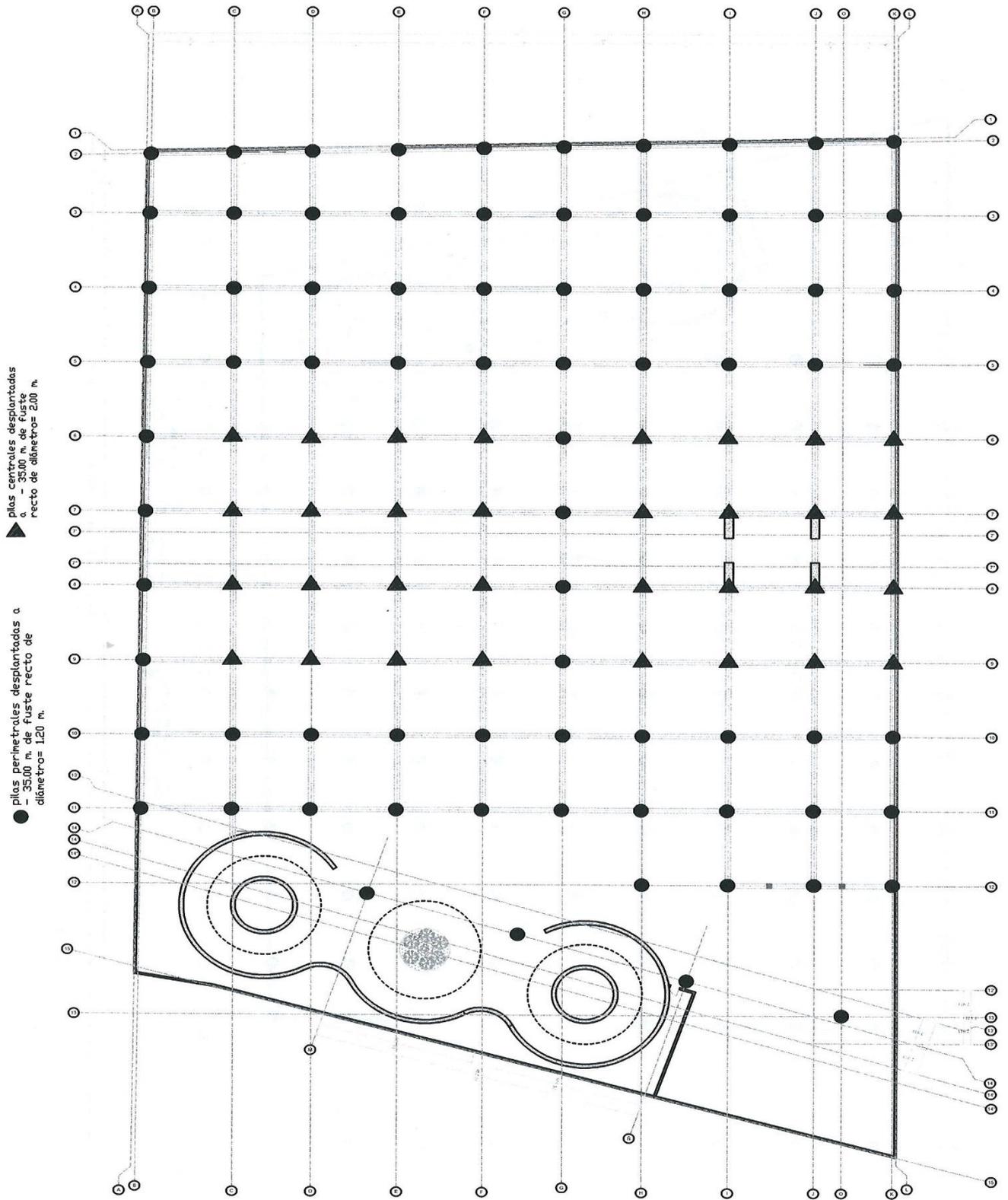


Figura 81. Distribución de pilas.

6.6 Estado límite de falla en condiciones estáticas.

La revisión de la estabilidad de la cimentación ante el estado límite de falla en condiciones estáticas, se hizo considerando la combinación de cargas permanentes más cargas vivas con intensidad máxima, más el peso de la cimentación afectada por un factor de carga de 1.4, cumpliendo la desigualdad:

$$\sum Q FC < Qa$$

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.

Fc: Factor de carga, adimensional e igual a 1.4.

Qa: Capacidad de carga admisible de las pilas, en ton.

PILAS CENTRALES				PILAS PERIMETRALES			
DIAMETRO	Ap	Qa	QFc= Wmax*1.4	DIAMETRO	Ap	Qa	QFc= Wmax*1.4
0.80	0.50	496.79	2245.68	0.80	0.50	496.79	975.74
0.90	0.64	600.18	2245.68	0.90	0.64	600.18	975.74
1.00	0.79	712.76	2245.68	1.00	0.79	712.76	975.74
1.10	0.95	834.51	2245.68	1.10	0.95	834.51	975.74
1.20	1.13	965.43	2245.68	1.20	1.13	965.43	975.74
1.30	1.33	1105.54	2245.68	1.30	1.33	1105.54	975.74
1.40	1.54	1254.82	2245.68	1.40	1.54	1254.82	975.74
1.50	1.77	1413.28	2245.68	1.50	1.77	1413.28	975.74
1.60	2.01	1580.92	2245.68	1.60	2.01	1580.92	975.74
1.70	2.27	1757.73	2245.68	1.70	2.27	1757.73	975.74
1.80	2.54	1943.72	2245.68	1.80	2.54	1943.72	975.74
1.90	2.84	2138.89	2245.68	1.90	2.84	2138.89	975.74
2.00	3.14	2343.23	2245.68	2.00	3.14	2343.23	975.74
2.10	3.46	2556.75	2245.68	2.10	3.46	2556.75	975.74
2.20	3.80	2779.45	2245.68	2.20	3.80	2779.45	975.74
2.30	4.15	3011.33	2245.68	2.30	4.15	3011.33	975.74
2.40	4.52	3252.38	2245.68	2.40	4.52	3252.38	975.74
2.50	4.91	3502.61	2245.68	2.50	4.91	3502.61	975.74
2.60	5.31	3762.02	2245.68	2.60	5.31	3762.02	975.74
2.70	5.73	4030.61	2245.68	2.70	5.73	4030.61	975.74
2.80	6.16	4308.37	2245.68	2.80	6.16	4308.37	975.74
2.90	6.61	4595.31	2245.68	2.90	6.61	4595.31	975.74
3.00	7.07	4891.43	2245.68	3.00	7.07	4891.43	975.74

Figura 82. Estado límite de falla de las pilas en condiciones estáticas.

El diámetro de las pilas propuestas de 2.00 m para pilas centrales y de 1.50 m para pilas perimetrales son admisibles ante el estado límite de falla en condiciones estáticas.

6.7 Estado límite de falla en condiciones dinámicas.

La revisión de la estabilidad de la cimentación ante el estado límite de falla en condiciones dinámicas se hizo considerando la combinación de cargas permanentes más cargas vivas 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 afectada por un factor de carga de 1.1 cumpliendo la desigualdad:

$$\sum QFC < Qa$$

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), más el peso de la cimentación, en ton.

Fc: Factor de carga, adimensional e igual a 1.1.

Qa: Capacidad de carga admisible de las pilas, en ton.

PILAS CENTRALES				PILAS PERIMETRALES			
DIAMETRO	AP	Qa	QFc= Winst*1.1	DIAMETRO	AP	Qa	QFc= Winst*1.1
0.80	0.50	496.79	1676.24	0.80	0.50	496.79	728.32
0.90	0.64	600.18	1676.24	0.90	0.64	600.18	728.32
1.00	0.79	712.76	1676.24	1.00	0.79	712.76	728.32
1.10	0.95	834.51	1676.24	1.10	0.95	834.51	728.32
1.20	1.13	965.43	1676.24	1.20	1.13	965.43	728.32
1.30	1.33	1105.54	1676.24	1.30	1.33	1105.54	728.32
1.40	1.54	1254.82	1676.24	1.40	1.54	1254.82	728.32
1.50	1.77	1413.28	1676.24	1.50	1.77	1413.28	728.32
1.60	2.01	1580.92	1676.24	1.60	2.01	1580.92	728.32
1.70	2.27	1757.73	1676.24	1.70	2.27	1757.73	728.32
1.80	2.54	1943.72	1676.24	1.80	2.54	1943.72	728.32
1.90	2.84	2138.89	1676.24	1.90	2.84	2138.89	728.32
2.00	3.14	2343.23	1676.24	2.00	3.14	2343.23	728.32
2.10	3.46	2556.75	1676.24	2.10	3.46	2556.75	728.32
2.20	3.80	2779.45	1676.24	2.20	3.80	2779.45	728.32
2.30	4.15	3011.33	1676.24	2.30	4.15	3011.33	728.32
2.40	4.52	3252.38	1676.24	2.40	4.52	3252.38	728.32
2.50	4.91	3502.61	1676.24	2.50	4.91	3502.61	728.32
2.60	5.31	3762.02	1676.24	2.60	5.31	3762.02	728.32
2.70	5.73	4030.61	1676.24	2.70	5.73	4030.61	728.32
2.80	6.16	4308.37	1676.24	2.80	6.16	4308.37	728.32
2.90	6.61	4595.31	1676.24	2.90	6.61	4595.31	728.32
3.00	7.07	4891.43	1676.24	3.00	7.07	4891.43	728.32

Figura 83. Estado límite de falla de las pilas en condiciones estáticas.

El diámetro de las pilas propuestas igual a 1.50 m son admisibles ante el estado límite de falla en condiciones dinámicas.

6.8 Estado límite de servicio.

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

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

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 la 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 0.95, para el área de cimentación circular o cuadrada.

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.

Ab: Área transversales de la base de la pila.

Considerando en módulo de elasticidad de los materiales de apoyo de $160,000 \text{ KN/m}^2$ ($16,000 \text{ ton/m}^2$), (obtenido de correlacionarlo con las propiedades índice de estos materiales) y una relación de Poisson de 0.35, se obtuvieron los asentamientos elásticos para las pilas de base circular apoyadas a -35.00 m , en función del diámetro de las pilas 1.20 m y 2.00 m se consideran admisibles los cuales se presentan gráficamente en la Figura 84. Los asentamientos evaluados son de tipo elasto - plástico y se presentarán durante la construcción de la estructura.

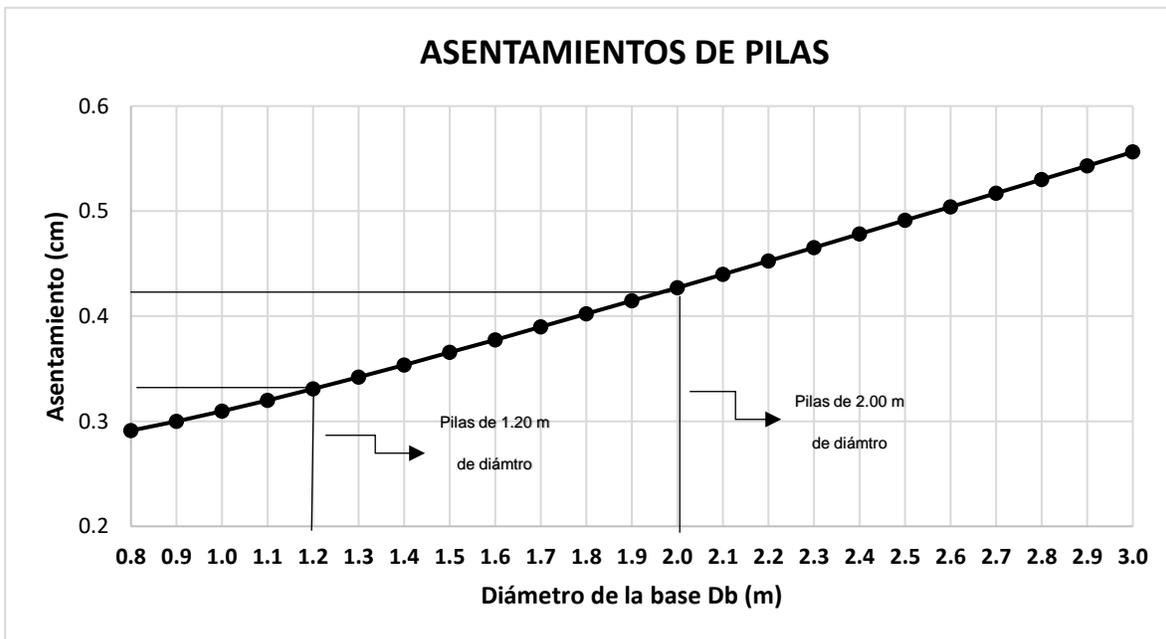


Figura 84. Gráfica de asentamientos de pilas centrales y perimetrales.

6.9 Procedimiento constructivo de las pilas.

A continuación, se describe el proceso constructivo de las pilas:

1. Corresponde al replanteo topográfico, localización y trazo de las pilas de cimentación.
2. El equipo de perforación deberá emplear brocas helicoidales con alavés y elementos de ataque adecuados.

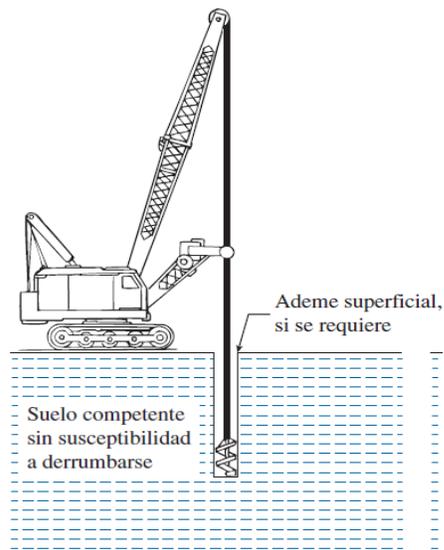


Figura 85. Perforación para colocación de las pilas

Fundamentos de ingeniería de cimentaciones 7ma edición Braja M. Das

3. Al llegar la perforación a la profundidad de desplante se cerciorará que los materiales de apoyo sean adecuados, se realizará limpieza de fondo de la excavación de todo el material suelto, empleando un bote desazolvador, se meterá tantas veces sea necesario hasta quedar limpio.
4. Seguidamente de la limpieza de fondo se procederá a introducir el armado con sus respectivos separadores, y se colocará la pila empleando una trompa de colado.

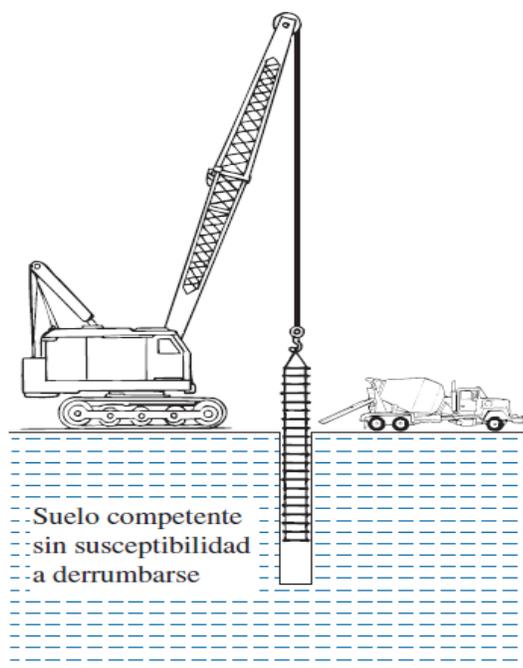


Figura 86. Colocación del armado y colado de las pilas

Fundamentos de ingeniería de cimentaciones 7ma edición Braja M. Das

5. El colado deberá seguir a la colocación del acero, se realizará usando tubo tremie, con el objeto de evitar la contaminación y segregación del concreto. Al inicio del colado el tubo se llevará a 0.20 m sobre el fondo de la perforación.
6. La punta inferior del tubo ira ascendiendo con forme el colado, de tal manera que permanezca dentro del concreto del colado a una longitud mínima de 1.00 m.
7. Se llevará un registro del vaciado del concreto, mismo que se cotejará con la cubicación de la misma.
8. El colado se suspenderá una vez alcanzado el concreto no contaminado la altura correspondiente al nivel inferior de las contratrabes, se estima que es 0.50 m abajo del nivel superior del concreto.
9. Se recomienda usar un concreto con fluidizante de revenimiento de 18cm para facilitar la maniobra.

10. Se llevará un registro de localización de las pilas, dimensiones de perforación, profundidad y espesores de los materiales encontrados características del material de apoyo, fechas de perforación y colado, cantidad de concreto y especificaciones.

6.9.1 Empujes sobre muros rígidos perimetrales del sótano.

La estructura tendrá seis sótanos y estos se encuentran en contacto con el suelo, los muros perimetrales deberán diseñarse para soportar los empujes provocados por el suelo.

Considerando las características estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo, así como la del proyecto, la determinación de los empujes a largo plazo sobre los muros perimetrales del cajón de cimentación se realizó siguiendo las recomendaciones establecida en el Manual de Diseño de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, bajo la condición de empuje de suelo en reposo y considerando los siguientes efectos.

- La presión total que ejerce la masa del suelo en condiciones de reposo, obtenida como el producto acumulado del peso volumétrico para las profundidades sobre el nivel freático, y bajo este, el peso volumétrico sumergido, por los espesores en los que se considera el mismo valor, afectados por el coeficiente de presión de tierras en reposo K_0 . (para este caso se usó 0.3 por tratarse de tobas volcánicas de consistencia dura y compactos.)
- La acción de una sobrecarga uniformemente repartida, actuando en un área contiguo al muro, obteniéndose los esfuerzos inducidos bajo un punto en la parte media lateral del área, afectada por el coeficiente de presión de tierras en reposo. Para la colindancia con vía pública se determinó utilizar 1.5 ton/m^2 , no existe estructuras vecinas que pudieran hacer considerar un valor mayor de sobrecarga marcado por el reglamento.
- Para tomar en cuenta las acciones sísmicas, se determinó una componente horizontal expresada como el producto de la masa de suelo potencialmente deslizante por un coeficiente sísmico de 0.14.

El empuje total sobre los muros se compone del empuje del suelo, empuje de la sobrecarga y del sismo, una vez calculados los valores de los tres efectos se obtiene la envolvente de los empujes que deberán ser considerados en el diseño y revisión

de los muros. En la figura 87 se muestran los valores obtenidos en forma gráfica para el diseño y revisión de los muros perimetrales del proyecto.

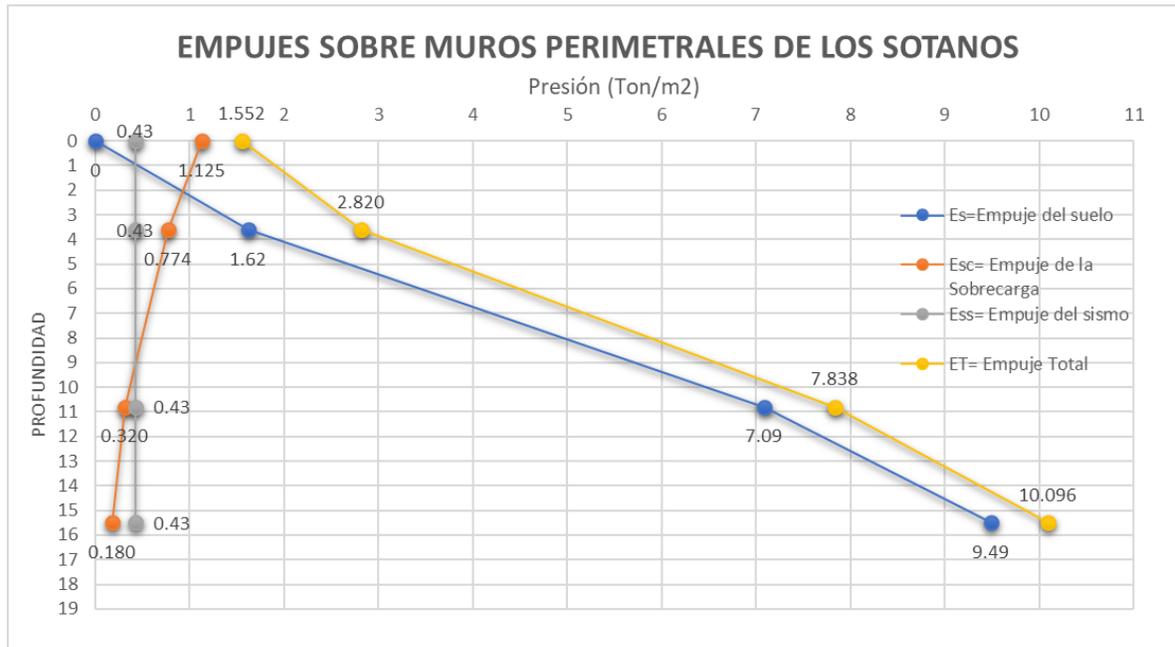


Figura 87. Gráfica de presión de tierras en reposo sobre los muros perimetrales de los sótanos de estacionamiento.

7. DETERMINACIÓN DEL PROCESO CONSTRUCTIVO PARA LA EXCAVACIÓN.

Con la finalidad de establecer el procedimiento constructivo de la excavación necesaria para alojar los sótanos de estacionamiento y de la cimentación que se contempla en el proyecto, se consideraron tanto las características geométricas de los cortes de la excavación, como las propiedades estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo y la existencia de la vialidad y colindancias en la corona de los taludes, tomando en cuenta el tipo de estructura, cimentación y profundidad de desplante.

Con el objetivo de agilizar y de brindar seguridad tanto en los taludes como en la excavación contemplada, esta se realizará dejando taludes verticales.

A continuación, se presenta el método empleado para la determinación del procedimiento constructivo para la excavación y la estabilidad en forma temporal de los taludes proyectados.

7.1 Estabilidad de taludes.

Como ya se ha demostrado en las pruebas, los materiales existentes hasta la máxima profundidad de excavación son del tipo cohesivo y no presentan diferencias significativas en su resistencia por lo que se tiene condiciones de suelo homogénea.

Regularmente los tipos de fallas que se presentan en una excavación son:

- Falla por rotación: Superficie de falla curva a lo largo de la cual ocurre el movimiento del talud, tal superficie forma un trazo como el plano de la hoja muy similar a una circunferencia.
- Falla por deslizamiento o traslación: Se presentan a lo largo de superficies débiles en el cuerpo del talud, o en su cimentación, las cuales suelen ser horizontales o muy poco inclinadas respecto a la horizontal.

Dadas las condiciones del suelo, en el mecanismo de falla general que tiene más posibilidad de ocurrir es el deslizamiento rotacional a lo largo de una superficie de falla circular.

En este caso se trata de un talud en un suelo que tiene por ley de resistencia al esfuerzo cortante del tipo.

$$S = C + \sigma \tan \Phi$$

Donde:

S= Resistencia al esfuerzo cortante

C= Cohesión.

σ = Esfuerzo normal

Φ = Ángulo de fricción interna.

Para analizar la inclinación de los taludes temporales que deberá tener la excavación para alojar los sótanos, se realizó un análisis de estabilidad de taludes, tomando en cuenta los materiales que existen hasta la máxima profundidad de excavación y en el desarrollo del cuerpo de los taludes, son de tipo cohesivo friccionantes, no presentan diferencias significativas en su resistencia, por lo que la falla general más probable de ocurrir es el de rotación a lo largo de una superficie cilíndrica. El análisis se hizo empleando un programa de computadora Slide 6.0 que aplica el método de Bishop simplificado.

Para la determinación del factor de seguridad mínimo de un talud, se parte del círculo crítico según las gráficas de Jambu, modificando su centro y su radio de tal manera que la superficie se desarrolle preferentemente por los estratos menos resistentes, hasta el menor factor de seguridad correspondiente a una superficie potencial de falla.

Para el talud mostrado en la figura 88. se analizaron diferentes superficies de falla rotacional; en las figuras 89 y 90 se muestran los factores de seguridad obtenidos en el análisis considerando excavación con taludes verticales, teniendo en cuenta que en la práctica de la ingeniería los factores mínimos que se establecen para condiciones dinámicas 1.50 y para condiciones dinámicas de 1.30.

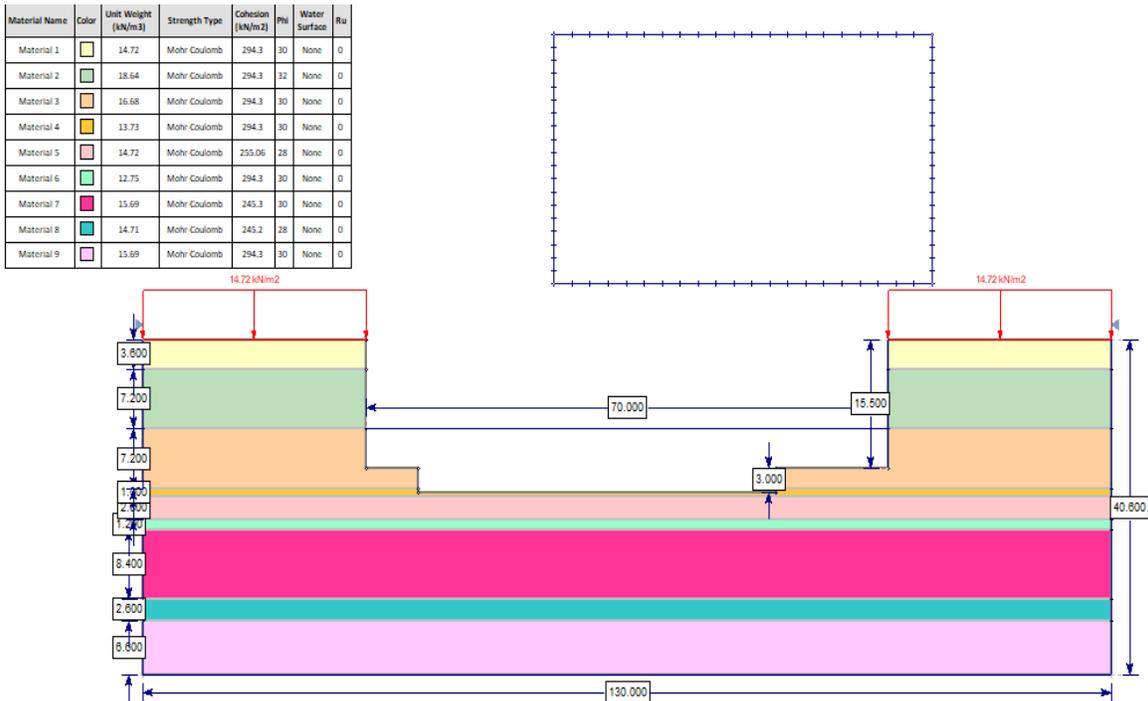


Figura 88. Condición analizada para estabilidad de taludes.

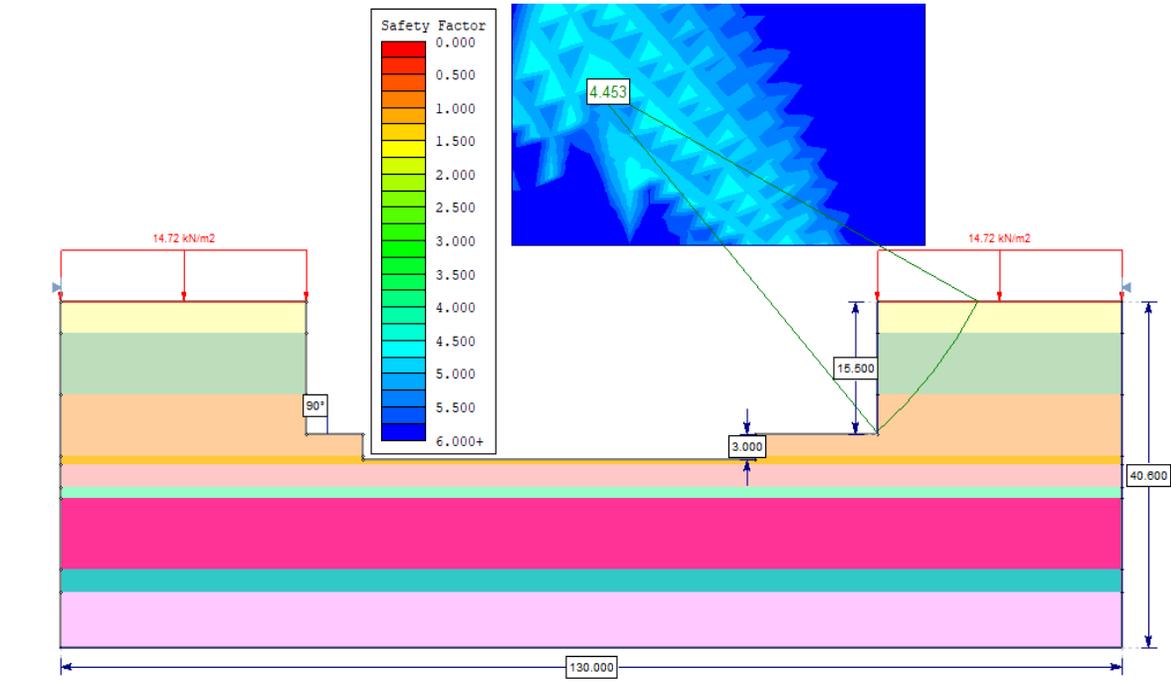


Figura 89. Talud vertical FS Estático= 4.43 **(condición estable)**.

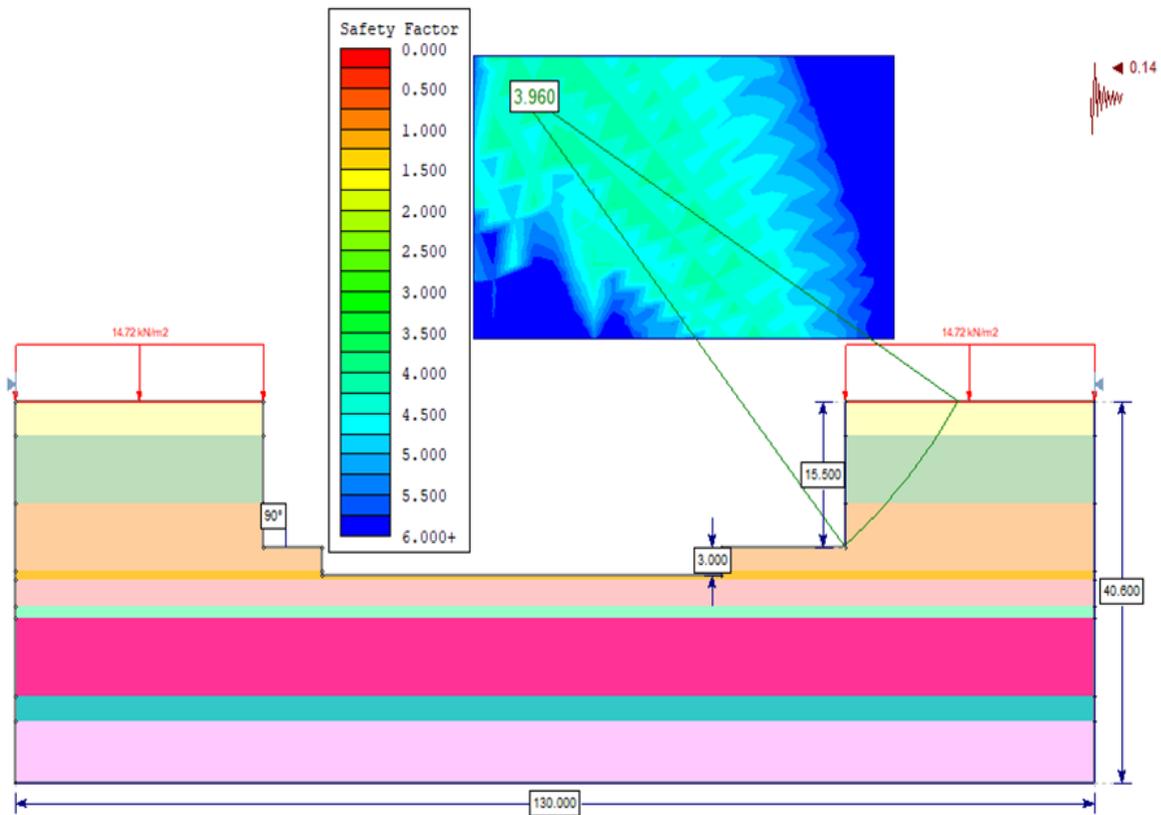


Figura 90. Talud vertical FS Dinámico= 3.96 **(condición estable)**.

7.2 Procedimiento constructivo.

Seguidamente, se indica el procedimiento para la excavación del corte.

- 1.- Se realizará primeramente una excavación de 1.00 m de profundidad en todo el predio, para retirar capa de suelos vegetales, el material producto de esta excavación se retirará fuera de la obra donde lo indique la dirección de obra.
- 2.- se perfilarán los taludes en todas las colindancias dejándolas verticales hasta la máxima profundidad de excavación.
- 3.- Una vez excavado hasta la máxima profundidad se procederá a preparar el talud y construir las anclas que soportará el talud del lado norte para protección de la obra y del personal.
- 4.- Llegando a la máxima profundidad de la excavación e instalando las anclas del talud se harán los trazos necesarios para la ubicación de las pilas y se procederá a su construcción
- 5.- Para tener en observación y por seguridad de la obra y de la vialidad colindancia se recomienda llevar un control topográfico de los taludes mediante nivelaciones y desplazamientos sobre testigos superficiales y líneas de colimación.

7.3 Anclaje.

Debido a la aparición de grietas de tensiones en la superficie del terreno de la colindancia Norte del predio por la excavación del talud del proyecto, se evaluó las condiciones y se consideró necesario la instalación de anclas temporales para el soporte del talud para la seguridad del proyecto.

Se construirán tres líneas de anclaje en el talud que colinda al Norte del predio, como se muestra en la figura 94, se lanzará concreto simple, de una resistencia de 250 kg/cm^2 con malla de acero en toda la superficie del talud para proteger del intemperismo, que se pudiera generar durante el proceso. La ubicación, longitud y capacidad de anclas que se sujetaran a la losa de concreto lanzado, se presentan en la figura 94 y 95.

Tensión y longitud de anclas.

Los anclajes en suelos son inyectados, empotrados en el suelo, en los que por medio de un elemento de tracción de acero denominado tensor (armaduras metálicas de cables) y un cuerpo de inyección delimitado por la perforación que lo aloja, el cual está formado por un cilindro de lechada cemento que está inyectada a la perforación. En la zona no inyectada, el tensor es lubricado, por lo que permite al anclaje mantener la libertad de movimiento. En la parte exterior el anclaje tiene lugar por medio de cuñas de apriete y un disco de anclaje que sujeta a los torones, este último se apoya sobre un aplaca de acero. La puesta de tensión se realiza con una unidad de postensado que corresponda al tipo de ancla colocada.

	torón de 0.5" de diámetro torón de 12.7 mm de diámetro	torón de 0.6" de diámetro torón de 15.2 mm de diámetro
Resistencia mínima garantizada que correspondiente a la tensión de ruptura	18.7 ton	25.3 ton
(TMG) Tensión mínima garantizada que corresponde a un alargamiento de 1%	16.9 ton	22.4 ton
Tensión de ensaye de prueba admisible	15.2 ton	21.9 ton
Tensión residual en el ancla después del bloqueo de las cuñas de postensado correspondiente a la tensión de trabajo admisible Partiendo de la tensión mínima de alargamiento (TMG/1.33)	12.0 ton	16.8 ton

Figura 91. Resistencia de los torones según ASTM 416.

El ancla transfiere su carga al suelo a través de la resistencia friccionante entre la interface ancla – suelo conforme a los criterios establecidos por Broms (1968) y por Lettlejohn (1970), y formularon la siguiente ecuación para estimar la carga por fricción.

$$P = [(P_i \tan \Phi' + c') D L \pi] F_R$$

Donde:

Pu: Capacidad del ancla, en ton.

Pi: Presión de inyección de la lechada, ton/m².

π : 3.1416

D: Diámetro del ancla, en m.

Φ : Angulo de fricción interna del suelo en el que se instala el ancla, en grados.

Φ' : Angulo de fricción entre el suelo y el cuerpo del ancla, igual a 2/3 de ángulo de fricción del suelo en que se instalará el ancla, en grados.

c: cohesión del suelo en que se instala el ancla.

c' : Resistencia al esfuerzo cortante por cohesión o adherencia entre el suelo y el cuerpo del ancla, igual a 2/3 de la cohesión del suelo en que se instalará el ancla.

F_R : Factor de reducción igual a 0.7.

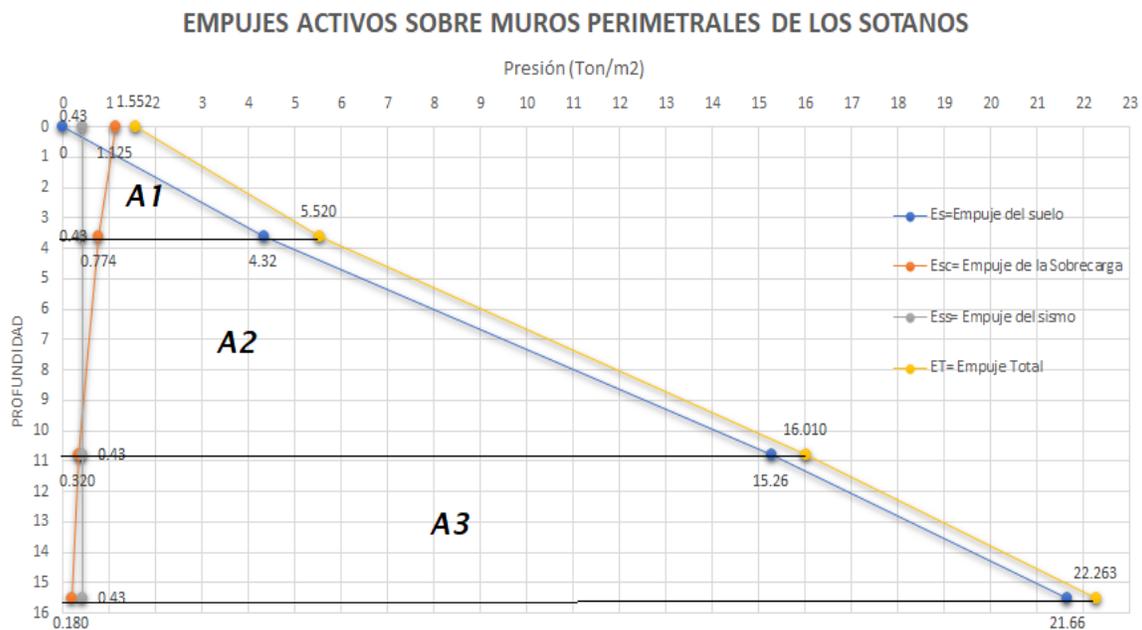


Figura 92. Gráfica de presión de tierra activo sobre muro perimetral lado Norte.

$$A1= 12.69 \text{ m}^2$$

$$A2= 77.44 \text{ m}^2$$

$$A3= 89.93 \text{ m}^2$$

$$AT= 180.06 \text{ m}^2$$

$$B = 15.50 \text{ m}$$

$$b= 0.75B = 0.75 \times 15.50 \text{ m} = 11.63 \text{ m.}$$

$$A= 180.06 \text{ m}^2$$

$$h = \frac{2A}{B+b} = \frac{2 \times 180.06}{15.50 + 11.63} = 13.27 \text{ ton/m}^2$$

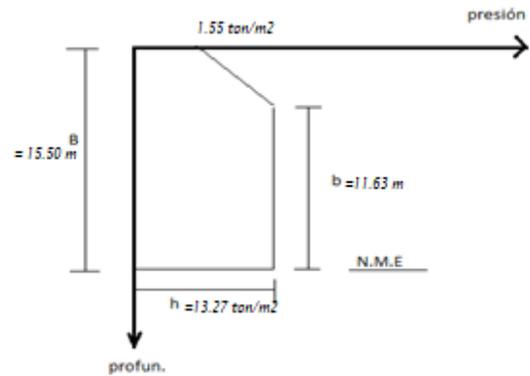


Figura 93. trasformada de Peck.

Para el primer cinturón de las anclas se necesita una capacidad de:

$$P_u = \left[\frac{\left(13.27 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} + 1.55 \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right) \times 3\text{m}}{2} \right] \times 3\text{m} = 67.00 \text{ ton.}$$

Para el segundo y tercer lecho de las anclas necesita una capacidad de:

$$P_u = (13.27 \text{ ton/m}^2 \times 3.0 \text{ m} \times 3.0 \text{ m}) = 120.00 \text{ ton.}$$

Longitud activa de las anclas.

Para el primer cinturón de las anclas tenemos una arcilla poco limosa, con una cohesión de 30 ton/m² y ángulo de fricción interna de 30°, se colocaran a 10° con respecto a la horizontal.

$$L_{A1} = \frac{p_u}{[c' + p_i X \tan \emptyset'] \pi D} Fr$$

$$C' = 20^\circ$$

$$\emptyset' = 20^\circ$$

$$P_i = 20 \text{ ton/m}^2$$

$$D = 0.6'' = 0.1524\text{m}$$

$$Fr = 0.7$$

$$L_{A1} = \frac{67.00 \text{ ton.}}{[20 + 20 \times \tan 20) \times \pi \times 0.1524] \times 0.7}$$

$$L_{A1} = 7.33 \text{ m.}$$

$$LT = L_p + L_A + L.\text{Exterior}$$

$$LT_1 = 7.88 \text{ m} + 7.33 \text{ m} + 0.4 \text{ m} = 15.70 \text{ m.}$$

Para el segundo y tercer cinturón de las anclas tenemos un limo arcilloso, con una cohesión de 30 ton/m² y ángulo de fricción interna de 30°, se colocarán a 10° con respecto a la horizontal.

$$L_{A2} = \frac{pu}{[c' + p_i \times \tan \phi') \pi D] Fr}$$

$$C' = 20$$

$$\phi' = 20^\circ$$

$$P_i = 20 \text{ ton/m}^2$$

$$D = 0.6'' = 0.1524 \text{ m.}$$

$$Fr = 0.7$$

$$L_{A2} = \frac{120.00 \text{ ton.}}{[20 + 20 \times \tan 20) \times \pi \times 0.1524] \times 0.7}$$

$$L_{A2} = 13.13 \text{ m.}$$

$$LT = L_p + L_A + L.\text{Exterior}$$

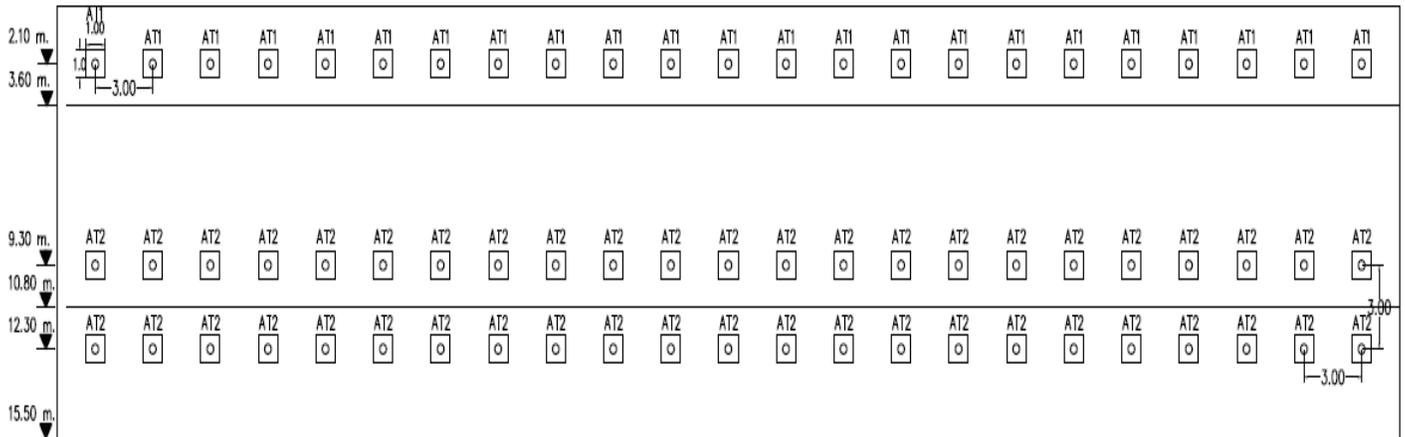
$$LT_{2,3} = 5.0 \text{ m} + 13.13 \text{ m} + 0.4 \text{ m} = 18.60 \text{ m}$$

Las recomendaciones para la distribución y las características de las anclas que estabilizarán el talud del lado norte del proyecto, se tiene así tres niveles de anclas de fricción postensadas, con la contribución, los niveles y las características que se indican a continuación:

Las anclas del primer nivel a -2.10 m, tienen un diámetro de 0.1524 m, una longitud de 15.70 m, un tensor constituido por 5 torones de 0.6'', una capacidad de tensión admisible de 67 ton, con una presión de inyección de 2 kg/cm² y una inclinación respecto a la horizontal de 10°.

Las anclas del segundo y tercer nivel a -9.30 m y -12.30 m, respectivamente tienen un diámetro de 0.1524 m, una longitud de 18.60 m, un tensor constituido por 8 torones de 0.6", una capacidad de tensión admisible de 120 ton, con una presión de inyección de 2 kg/cm² y una inclinación respecto a la horizontal de 10°.

vista frontal de las anclas colindancia Norte

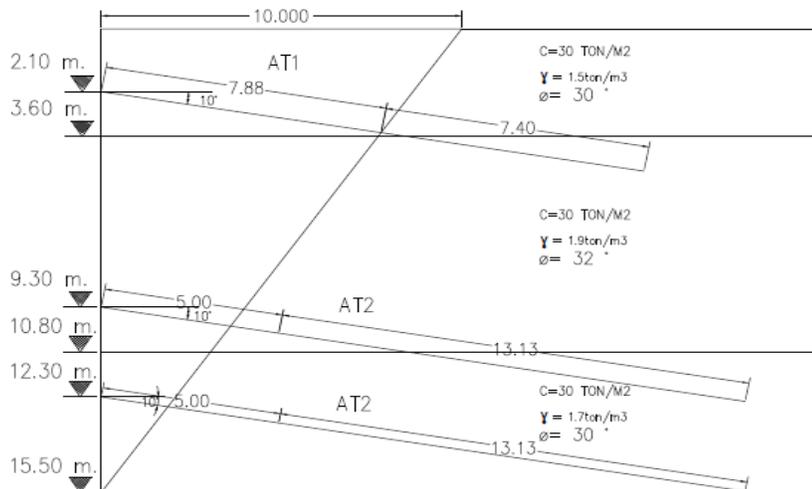


AT1= L= 15.70 m.; D= 0.1524 m; pi=2.0 kg/cm² tensor 5 torones de 0.6"; cap=67.00 ton; Llibre= 7.88 m.

AT2= L= 18.60 m.; D= 0.1524 m; pi=2.0 kg/cm² tensor 8 torones de 0.6"; cap=120.00 ton; Llibre= 5.00 m.

Figura 94. Vista frontal de anclas, colindancia Norte.

vista transversal de las anclas colindancia Norte



AT1= L= 15.70 m.; D= 0.1524 m; pi=2.0 kg/cm² tensor 5 torones de 0.6"; cap=67.00 ton; Llibre= 7.88 m.

AT2= L= 18.60 m.; D= 0.1524 m; pi=2.0 kg/cm² tensor 8 torones de 0.6"; cap=120.00 ton; Llibre= 5.00 m.

Figura 95. Vista transversal de anclas, colindancia Norte.

El método constructivo de un ancla de fricción postensada se divide en cinco partes: elaboración del ancla, perforación del barreno, colocación del ancla, inyección de lechada y tensado del ancla. Cada etapa de este proceso es fundamental para la seguridad de la obra pues se evitará pérdidas humanas y económicas.

Instalación de anclas

Perforación de barrenos.

Se realizará la perforación de los barrenos con la longitud e inclinación especificada, con perforadoras de rotomartillo con neumático, el diámetro real de la perforación será de 0.1 m, para el desalojo del material de corte dentro de la perforación se utilizará aire a presión. Cuando se alcance la longitud de proyecto se verificará que el barreno no se haya bloqueado. Si hubiera caídos se introducirá nuevamente la tubería de perforación y se aplicará la lechada de agua – cemento que permita estabilizar las paredes del barreno y se efectúa su perforación. Una vez que la perforación se encuentre limpia se coloca en su interior el tensor, para lo cual, en la parte inicial del ancla, se fijará una cabeza punta de bala con el fin que al introducir el ancla en el barreno las puntas de los torones no se atoren en la perforación ni generen caídos durante la instalación. El tensor se fijará al suelo mediante la inyección a presión de la lechada de cemento.

Características de Las anclas

Para la elaboración de las anclas se deben de respetar las longitudes, diámetros, características del tensor y la capacidad de trabajo que se describieron anteriormente. Algunos aspectos destacados que se deben cuidar son los siguientes:

- La longitud libre o de tensado se protege de la corrosión con grasa grafitada y tubos envolventes para cada cable o torón, en la zona de anclaje basta el efecto de recubrimiento de la lechada de cemento de inyección. El extremo exterior del anclaje se protege contra la corrosión con pintura epóxica y se mantienen los tramos de torón que sobresalen del muro hasta que los elementos estructurales tomen los empujes del suelo, pudiéndose en dado caso destensar las anclas y retirar el mecanismo de atraque.

- Las anclas deberán tener espaciadores a cada 2.00 m con el propósito de ayudar a asegurar que la lechada de cemento cubra cada uno de los torones en forma independiente para protegerlo contra la corrosión y para desarrollar una adecuada resistencia en la unión entre ellos.
- Se colocarán centradores a cada 2.00 m, sobre el haz de los torones ensamblados, para mantener el espacio requerido entre el tensor y la pared de la perforación asegurando así un espesor adecuado de lechada de cemento rodeando al cuerpo del tensor mínimo 1.2 cm.
- La separación entre la longitud libre y la longitud del bulbo, debe estar lo mejor sellada posible, se utilizan dos abrazaderas a presión y se les coloca en el interior del tubo espuma para impermeabilizar esa zona.
- El conducto de inyección de PVC, a lo largo de la longitud de bulbo, se perforan a cada metro con el fin de que ahí salga la lechada a presión, esos orificios se recubren con una sección de manguera de hule denominados manguitos, esta funciona como una válvula; permita la salida de la lechada pero que no entre, así el tubo de inyección no se tapa y si se llegase a requerir una reinyección de lechada ésta se pueda hacer sin problemas.

Prueba de control de calidad de La Lechada de inyección.

Un aspecto importante es la prueba de control de calidad de la lechada de inyección, por lo cual es necesario verificar la resistencia de la lechada empleada, para ello se deberá tomar y probar cuando menos una muestra por cada cinco anclas inyectadas. Cada muestra consistirá en tres probetas, las cuales se probarán los días 1, 3 y 7.

Cada muestra deberá identificarse con datos de fecha y localización en que se empleó la lechada. Para considerar adecuada la lechada empleada, la resistencia de la compresión a los 7 días de edad, no deberá ser menor de 100 kg/cm², la relación agua – cemento podrá variarse para satisfacer este requisito.

Inyección de barrenos.

La mezcla a inyectar consistirá en una lechada compuesta por agua – cemento, en una porción 1 – 2, en peso, respectivamente.

El agua utilizada será limpia y deberá mezclarse perfectamente con el cemento para disolver todos los grumos y obtener una mezcla homogénea, una vez logrado esto, se colocará la lechada en el depósito de la bomba de inyección.

Para la inyección se empleará una bomba de propulsión o neumática que tenga un rendimiento tal que permita inyectar con economía y eficiencia el volumen de la lechada que requieran las anclas.

La inyección se deberá realizar a una presión de 2.0 kg/cm² en la siguiente forma:

- Adaptar la manguera de la bomba al tubo de inyección, en el que tendrá manguitos a cada metro, iniciando la inyección desde el fondo de la perforación.
- Accionar la válvula de salida de la bomba para iniciar la inyección, verificando mediante un manómetro limpio y calibrado, que la presión tenga el valor especificado.
- Debido a las características granulométricas de los materiales que alojan a los tensores, el volumen de inyección no es posible precisarlo, por lo que, de detectarse una fuga, en función del volumen calculado, se suspenderá la inyección y se iniciará 24 horas después, hasta que la lechada retorne.
- Antes del tensado, únicamente se inyectará la parte activa del ancla.

En la longitud no activa se protegerán los elementos metálicos contra la oxidación, enfundándolos mediante grasa en una manguera de tipo hidráulica.

Tensado de anclas.

Tras el fraguado de la lechada de cemento y el montaje de los accesorios de anclaje exteriores se realiza el tensado mediante un gato hidráulico de diseño especial para este fin, esta etapa se inicia después de las 72 horas de la inyección de las anclas y después de haber construido el muro de concreto lanzado reforzado. Las anclas se sujetarán al muro mediante un “queso” de acero de 16 cm de diámetro apoyado sobre una placa de acero de 25 x 25 cm y de 1” de espesor, en el que los torones atraviesan el queso en cada uno de los orificios correspondientes, colocando a cada torón su cuña respectiva, efectuando el tensado por incrementos

y finalmente fijando los torones al queso mediante las cuñas, lo que se realiza automáticamente con el equipo con el que se lleva a cabo el tensado, con forme aumenta la tensión de los torones, la que debe ser uniforme en todos los torones que constituye el tensor. En esta operación el elemento de tracción de acero (tensor), debe poder deformarse sin restricciones, entre la parte correspondiente a la longitud de anclaje y la cabeza de anclaje, dentro de la longitud libre del tensor.

Una vez terminado el tensado se cortan las puntas sobrantes del cable torón a una distancia de 2.0 cm de las cuñas de sujeción al queso, cubriéndose con un capuchón relleno con mortero, pintando finalmente el capuchón y la placa metálica con pintura epóxica.

Durante el proceso de aplicación de carga de tensión que se aplica a cada una de las anclas se realiza bajo el siguiente esquema:

- Se aplicará la tensión en incrementos de 25% de la tensión de proyecto hasta alcanzar el 110% de la tensión de diseño.
- Se descargará en su totalidad el ancla, después de 5 minutos.
- Se volverá a tensar las anclas en incrementos del 25% de la tensión de proyecto hasta alcanzar el 100%, y se sujetarán al muro de concreto.
- Finalmente se inyectará la parte no activa a través de la preparación previa dejada para tal efecto.

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Se realizó un estudio de mecánica de suelos, basado en muestreo y exploración del subsuelo, pruebas de laboratorio y análisis de los resultados, con el objetivo de determinar el tipo de cimentación adecuada para el proyecto denominada "Vía Dorada" proyectada en el predio ubicada en el lote B, súper manzana 2, fraccionamiento Zona Plateada, Boulevard. Ramón G. Bonfil, Pachuca, Hidalgo.

El predio de interés presenta una forma trapecial, con un área de 6,964.85 m², colinda al Norte y Poniente con una barda perimetral que limita el predio hacia lotes baldíos; al sur colinda con un lote baldío y al Oriente colinda con una banqueta y arroyo vehicular de la calle Ferrocarril Central. En la figura 3 se muestra la poligonal del predio, en la figura 4 la planta topográfica y en la figura 5 el perfil transversal del terreno. Planos topográficos del predio.

El proyecto arquitectónico contempla el desarrollo del proyecto ejecutivo "Vía Dorada", en una superficie de 6,964.85 m², constituida por:

- Tienda de autoservicio = 3,009.147 m²
- Tiendas departamentales = 3,441.506 m²
- Centro Gastronómico = 1,930.856 m²
- Condominios = 1,138.136 m²
- Roof Garden = 2,024.799 m²
- Amenidades Condominios = 2,381.875 m²
- Áreas comunes de Condominios= 2,019.161 m²
- Estacionamientos Condominios = 6,975.974 m²
- Área Rentable= 8,381.509 m²
- Estacionamiento Centro Comercial= 13,951.942 m²
- Circulaciones Centro Comercial= 9,675.475 m²
- Área de Construcción Torres= 16,404.29 m²
- Cisterna de Agua Potable para Plaza Comercial= 262 m³
- Cisterna de Agua Potable para Departamentos = 576 m³
- Cisterna de Agua tratada = 262 m³

La estructura será híbrida, estará resuelta por medio de:

- En los sótanos por marcos de concreto armado, a base de columnas, traveses y losas de concreto armado, con claros máximos entre columnas de 8.082 m.

- En los niveles superiores por marcos de acero, a base de columnas y travesaños de acero, con claros máximos entre columnas de 8.082 m.

Para conocer las características de los materiales de depósito natural del subsuelo, en el predio de interés, se efectuaron seis sondeos de tipo Penetración Estándar, denominados SPT-1 a SPT-6, a 30 y 40 metros de profundidad. La ubicación de los sondeos se muestra en la figura 36.

Para determinar las características estratigráficas y físicas superficiales del subsuelo, se excavaron 3 pozos a cielo abierto a 2.00 m de profundidad. La ubicación de los pozos se muestra en la figura 36.

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.

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

El perfil de los sondeos profundos y de los Pozos a Cielo Abierto excavados se presenta en las figuras 43 a la 56 en el anexo I se presenta un reporte fotográfico del sitio de interés y de los trabajos de campo realizados.

El predio de interés tiene una superficie sensiblemente plana y se tienen superficialmente con un espesor medio de 0.9 m una capa de suelo vegetal, todos los rellenos y capa de suelo vegetal deberán ser despalmados y retirados donde indique la dirección de obra. Subyaciendo a estos materiales y hasta la máxima profundidad explorada de 40.00 m, se tienen materiales tobaceos constituidos por arcilla poco limo arenoso, arena limosa y arcilla poco arenosa, de consistencia dura los materiales cohesivos y muy compactos los materiales friccionantes, con índice de resistencia a la penetración estándar de más de 50 golpes.

Los depósitos de este lugar están compuestos por limos y arcillas de baja a mediana plasticidad, por gravas y arenas limpias o mezclas con limo y arcilla. Característica general es la presencia de fracciones cementadas y en ocasiones con vetas intercaladas de carbonato de calcio, que en la localidad se denomina tepetate, y cuya clasificación petrográfica corresponde a un caso, a toba vítreo-cristalina, andesíticas formadas por actividad volcánica explosiva, la cual probablemente ha sido trabajada, y en otro caso arenas limosas provenientes del transporte de las tobas

El nivel de aguas freáticas no se encontró hasta la máxima profundidad explorada.

En relación al módulo de reacción del suelo, considerando la resistencia del suelo en función del número de golpes en la prueba de penetración estándar reportada

en los sondeos realizados y al tipo de material encontrado, podrá considerarse un Módulo de reacción vertical al corte en condiciones estáticas de cargas permanentes con un valor de 4.0 a 5.0 kg/cm³ y de 6.0 a 7.0 kg/cm³, para condiciones dinámicas de cargas instantáneas (sismo o viento).

De acuerdo a la regionalización sísmica de la República Mexicana y al Manual de Diseño por sismo de la Comisión Federal de Electricidad CFE, el predio de interés se encuentra en la zona B; y con base en los sondeos profundos realizados el predio de interés, presenta características estratigráficas y físicas similares a una zona de materiales aluviales, le corresponde un coeficiente sísmico de 0.14, para estructuras de tipo B, y para estructuras de tipo A, el coeficiente sísmico deberá incrementarse en un 50%.

Considerando las características arquitectónicas y estructurales del proyecto en particular la magnitud y distribución de las cargas estimadas que la estructura transmitirá a la cimentación, y las propiedades estratigráficas y físicas de los materiales del subsuelo antes descritas; así como sus condiciones de fronteras definidas, particularmente la existencia de materiales resistentes a partir de 1.00 m de profundidad, con base en lo anterior se juzga que la alternativa de cimentación más adecuada de la estructura podrá ser resuelta mediante:

Tipo de cimentación. El tipo de cimentación que se juzga más adecuado para la estructura proyectada será para las columnas apoyadas sobre pilas rigidizadas con contratrabes, desplantadas en el estrato resistente, de fuste recto, coladas en seco.

Profundidad del desplante. Las profundidades de los desplantes de las pilas serán apoyadas a la cota -35.00 m, con respecto al nivel +0.00 m, empotrada dentro de los materiales resistentes de origen natural, rebasando los materiales pumíticos de menor capacidad localizados en la cota – 31.00 y -34.00 m.

Capacidad de carga admisible de las pilas. Las dimensiones de las pilas propuestas para este proyecto serán de 2.00 m. de diámetro para las pilas centrales y 1.20 m para las pilas perimetrales, de fuste recto, cumpliendo con los requisitos que establece el reglamento de construcciones. En la figura 80 se muestran la gráfica correspondiente y en la figura 81 se muestra la distribución de las pilas.

El nivel de desplante de las pilas deberá ser revisado por un ingeniero especialista en mecánica de suelos durante la construcción de la cimentación.

La excavación para alojar los sótanos de estacionamiento podrá realizarse a talud vertical. La excavación no deberá permanecer abierta por un periodo prolongado, de ser así deberá protegerse los materiales contra el intemperismo.

Una vez hecha la excavación hasta la profundidad máxima, en el talud de colindancia Norte deberá instalarse un sistema de anclaje temporal para la seguridad

de la obra. La distribución y características de las anclas se presenta en las figuras 95 y 96.

Para conocer el comportamiento de la excavación y de la estructura el Reglamento de Construcción especifica que deberán instalarse referencias de nivelación para conocer los movimientos verticales que se produzcan desde el inicio de la obra. Se correrán nivelaciones semanales durante la construcción de la cimentación y terminada ésta, las referencias se fijarán en columnas o muros y las nivelaciones se realizarán mensualmente hasta terminar la construcción de la superestructura.

Las nivelaciones deberán referirse a un banco de nivel superficial instalado fuera de la influencia de las áreas cargadas.

9. BIBLIOGRAFÍA.

- Eulalio Juárez Badillo, Rico Rodríguez. Mecánica de Suelos, Tomo I. México: Limusa, México 1975.
- Eulalio Juárez Badillo, Rico Rodríguez. Mecánica de Suelos, Tomo II. México: Limusa México 1975.
- Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, 7ma edición, Braja M. Das.
- Fundamentos de Ingeniería Geotécnica. México (2001), Braja M Das.
- Manual de Obras Civiles, Comisión Federal de Electricidad, 2008.
- Normas Técnicas Complementarias. CDMX.
- Manual de Laboratorio de suelos en Ingeniería Civil, Joseph E. Bowles.
- Luis I. González de Vallejo, Ingeniería Geológica, editorial Pearson, Madrid 2002.
- Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Manual de construcción Geotécnica, tomo I, México 2002.

ANEXO I

REPORTE FOTOGRAFICO





















ANEXO I

PRUEBAS DE LABORATORIO

CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **VIA DORADA**
 SONDEO: **SPT-1**

FECHA: 26-may-17

Muestra Nº	Profundidad m	Tara Nº	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm²		CLASIFICACION	
1	0.00 0.60	10-100	25.20	104.60	92.10	18.68			ARCILLA CAFÉ OBSCURO CON ESCASA ARENA FINA Y RAICILLAS	
2	0.60 0.80	C-1	24.10	89.90	77.10	24.15			ARCILLA CAFÉ OBSCURO CON ESCASA ARENA FINA	
3	1.20 1.52	232	25.10	67.40	59.20	24.05			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON ESCASA ARENA FINA	
	1.20 1.52	601	23.80	92.20	75.70	31.79			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
4	1.80 2.10	209-2	26.00	93.70	78.20	29.69			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
5	2.40 2.65	B	24.70	107.50	88.30	30.19			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
6	3.00 3.13	96	23.80	87.50	72.30	31.34			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
7	4.20 4.50	W-1	24.60	85.00	71.50	28.78			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
8	4.80 4.91	X-1	25.20	71.30	60.30	31.34			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
9	5.40 5.54	Z	24.70	84.60	70.50	30.79			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
10	6.00 6.40	206	23.10	86.20	72.20	28.51			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
11	6.60 6.85	Z-31	24.70	92.50	79.00	24.86			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
12	7.20 7.45	73	24.00	67.70	56.70	33.64			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
13	7.80 7.95	U	24.70	70.10	59.10	31.98			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
14	8.40 8.50	W	24.30	78.70	66.70	28.30			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA	
15	9.00 9.40	70	23.50	97.20	78.10	34.98			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA	
16	9.60 9.74	739	25.30	77.60	67.20	24.82			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA	
17	10.20 10.35	1001	24.50	84.90	72.60	25.57			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA	
18	10.80 11.05	132	24.10	70.10	58.60	33.33			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
19	11.40 11.67	401	25.30	104.00	83.10	36.16			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
20	12.00 12.25	A	24.60	80.10	66.20	33.41			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
21	12.60 12.80	239	24.60	81.20	68.40	29.22			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
22	13.20 13.35	301	24.20	81.80	68.70	29.44			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
23	13.80 13.92	5	23.00	94.00	76.30	33.21			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
24	14.40 14.53	256	24.60	72.00	59.70	35.04			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
25	15.00 15.15	B-1	24.60	96.10	76.80	36.97			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA	
26	16.00 16.23	C-2	24.40	102.40	85.40	27.87			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA	
27	17.00 17.31	605	24.70	107.00	89.40	27.20			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA	
28	18.00 18.15	816	24.10	91.30	76.50	28.24			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA	
29	19.00 19.36	J-2	24.70	93.50	76.80	32.05			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA	
30	20.00 20.29	15	24.30	44.60	39.60	32.68			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA	
31	21.00 21.42	H-1	24.80	89.10	78.30	20.19			LIMO ARENOSO FINO GRIS CLARO	
	21.00 21.42	1008	24.40	101.10	84.80	26.99			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
32	22.00 22.25	I-111	25.20	78.50	60.10	52.72			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
33	23.00 23.37	P	23.70	69.00	52.30	58.39			LIMO GRIS CLARO	
	23.00 23.37	1012	24.40	104.70	88.40	25.47			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ AMARILLENTO CON POCA ARENA FINA	
34	24.00 24.37	241-2	25.20	79.40	61.50	49.31			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ AMARILLENTO CON POCA ARENA FINA	
35	25.00 25.30	603	24.30	88.20	72.30	33.13			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ AMARILLENTO CON POCA ARENA FINA	
36	26.00 26.40	111	24.10	86.20	68.30	40.50			LIMO GRIS CLARO	
37	27.00 27.35	R	24.30	90.40	70.70	42.46			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
	27.00 27.35	815	22.90	89.90	75.00	28.60			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
38	28.00 28.35	H-2	24.90	78.80	60.20	52.69			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
39	29.00 29.30	743	23.80	67.20	52.00	53.90			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
40	30.00 30.37	1003	24.80	69.70	52.00	65.07			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
		802	23.10	90.90	72.90	36.14			LIMO POCO ARCILLOSO GRIS CLARO	

CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **VIA DORADA**

SONDEO: **SPT-2**

FECHA:

26-may-17

Muestra N°	Profundidad m.	Tara N°	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm²	CLASIFICACION
1	0.00 0.60	810	23.80	102.80	91.20	17.21		ARCILLA CAFÉ OBSCURO CON ESCASA ARENA FINA Y RAICILLAS
		41	25.40	89.10	76.40	24.90		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
2	0.60 0.75	O-2	24.50	77.40	65.00	30.62		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
3	1.20 1.60	724	24.50	95.50	78.10	32.46		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
4	1.80 2.05	1010	24.60	91.30	79.80	20.83		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
5	2.40 2.65	817-2	24.10	105.30	87.40	28.28		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
6	3.00 3.30	A-4	24.40	97.40	76.70	39.58		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
7	3.60 3.85	609	24.40	104.60	86.30	29.56		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
8	4.20 4.54	807	23.50	98.50	79.90	32.98		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
9	4.80 5.08	210	24.90	102.30	83.60	31.86		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
10	5.40 5.73	1021	24.60	106.70	86.20	33.28		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
11	6.00 6.10	67	24.70	78.60	63.90	37.50		LIMO ARENOSO FINO CAFÉ OBSCURO
12	6.60 6.85	817	25.50	91.60	75.90	31.15		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
13	7.20 7.55	T	24.50	102.70	82.50	34.83		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON ESCASA ARENA FINA
14	7.80 8.22	990	23.80	108.90	86.90	34.87		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
15	8.40 8.65	258	24.80	88.40	71.60	35.90		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
16	9.00 9.40	641	25.10	107.50	89.60	27.75		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
17	9.60 9.80	D	24.30	101.40	84.70	27.65		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
18	10.20 10.32	79	24.80	94.50	78.10	30.77		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
19	10.80 10.95	171	23.20	81.00	66.40	33.80		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
20	11.40 11.71	86	23.90	78.80	67.90	24.77		ARENA FINA Y MEDIA CAFÉ OBSCURO
21	12.00 12.26	102	25.50	109.50	95.10	20.69		LIMO ARENOSO FINO CAFÉ OBSCURO
22	12.60 12.75	299	24.20	80.20	66.00	33.97		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
23	13.20 13.30	X	24.30	60.00	50.00	38.91		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
24	13.80 14.07	725	25.50	104.90	83.30	37.37		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
25	14.40 14.63	138	24.30	96.70	75.50	41.41		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON ESCASA ARENA FINA
26	15.00 15.15	236	26.00	86.60	72.80	29.49		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON ESCASA ARENA FINA
27	16.00 16.25	602	23.10	76.40	64.90	27.51		LIMO ARENOSO FINO CAFÉ GRISACEO OBSCURO
28	17.00 17.15	250	25.00	77.30	65.60	28.82		LIMO ARENOSO FINO CAFÉ GRISACEO CLARO
29	18.00 18.20	809	24.60	81.40	71.00	22.41		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
30	19.00 19.31	606	24.20	75.20	63.00	31.44		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
31	20.00 20.25	F	24.60	76.70	66.70	23.75		LIMO CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
32	21.00 21.30	Q-1	24.60	89.20	76.10	25.44		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
33	22.00 22.35	Z-3	24.30	81.10	69.00	27.07		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
34	23.00 23.35	H	24.60	71.90	59.90	33.99		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
35	24.00 24.25	CH	24.50	84.70	72.00	26.74		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
36	25.00 25.30	E	24.40	85.30	73.40	24.29		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
37	26.00 26.33	O-1	24.60	83.30	67.70	36.19		LIMO GRIS CLARO
38	27.00 27.30	L	24.60	91.20	69.50	48.33		LIMO GRIS CLARO
39	28.00 28.30	S-1	24.60	72.70	56.80	49.38		LIMO GRIS CLARO
40	29.00 29.33	611	24.60	85.70	72.60	27.29		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA FINA
41	30.00 30.45	U-1	24.70	105.90	90.80	22.84		ARENA FINA Y MEDIA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO

CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **VIA DORADA**

SONDEO: **SPT-3**

FECHA: _____

26-may-17

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	C L A S I F I C A C I O N
Nº	m	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm²	
1	0.00 0.60	194	24.80	97.40	85.60	19.41		ARCILLA CAFÉ OSCURO CON ESCASA ARENA FINA Y RAICILLAS
2	0.60 0.81	263	25.10	83.20	73.50	20.04		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
3	1.20 1.35	300	24.50	79.80	69.20	23.71		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
4	1.80 2.05	209	24.50	99.00	82.60	28.23		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
5	2.40 2.75	112	24.30	108.60	94.50	20.09		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
6	3.00 3.25	744	25.30	95.60	75.90	38.93		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
7	3.60 3.70	A-5	24.00	90.70	73.70	34.21		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA
8	4.20 4.55	706	24.60	91.00	77.80	24.81		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA
9	4.80 4.90	404	24.10	65.20	55.10	32.58		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
10	5.40 5.51	G-2	24.60	65.50	54.60	36.33		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
11	6.00 6.10	N-1	24.60	64.10	53.40	37.15		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
12	6.60 7.20	115	25.10	75.20	62.40	34.32		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
13	7.20 7.32	I	24.10	87.60	72.90	30.12		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
14	7.80 7.90	N	24.10	79.10	67.10	27.91		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
15	8.40 8.53	O	24.70	77.70	65.30	30.54		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
16	9.00 9.20	1005	24.50	81.20	68.60	28.57		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
17	9.60 9.85	B-2	24.70	102.20	88.40	21.66		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
18	10.20 10.43	999-1	25.00	89.70	75.40	28.37		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
19	10.80 11.00	G-1	24.30	66.40	56.20	31.97		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
20	11.40 11.65	607	25.00	76.40	64.80	29.15		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA
21	12.00 12.35	I-1	24.40	54.20	47.30	30.13		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
22	12.60 12.87	1002	24.40	91.60	77.20	27.27		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
23	13.20 13.38	743	23.20	86.10	67.50	41.99		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
24	13.80 14.05	Y	23.80	78.10	62.20	41.41		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
25	14.40 14.55	31	24.40	75.50	63.40	31.03		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
26	15.00 15.20	A-1	24.70	67.80	58.30	28.27		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
27	16.00 16.15	S	24.70	81.70	70.90	23.38		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
28	17.00 17.20	48	25.30	92.20	80.30	21.64		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA
29	18.00 18.33	190	24.30	83.30	70.10	28.82		LIMO POCO ARCILLOSO GRIS CON POCA ARENA FINA
30	19.00 19.42	Z-32	24.30	89.10	74.30	29.60		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
31	20.00 20.24	N-2	24.50	86.10	77.40	16.45		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA

CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: VIA DORADA

SONDEO: SPT-5

FECHA:

2/05/2017

Muestra Nº	Profundidad m.	Tara Nº	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm²		C L A S I F I C A C I O N	
1	0.00 0.60	171	23.10	102.90	92.60	14.82			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON ESCASA ARENA FINA	
2	0.60 1.20	T	24.70	88.40	79.70	15.82			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA	
3	1.20 1.80	A-4	24.30	97.30	84.60	21.06			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
4	1.80 2.10	O	24.70	96.20	80.10	29.06			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
5	2.40 2.65	B-2	24.80	92.40	77.70	27.79			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
6	3.00 3.30	1005	24.60	103.90	89.50	22.19			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
7	3.60 3.90	G-1	24.50	110.30	91.30	28.44			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
8	4.20 4.30	999-1	24.90	74.00	62.80	29.55			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
9	4.80 4.90	743	23.00	60.60	50.20	38.24			LIMO ARENOSO FINO CAFÉ	
10	5.40 5.45	1002	24.30	75.30	64.10	28.14			LIMO ARENOSO FINO CAFÉ	
11	6.00 6.13	31	24.50	95.50	78.10	32.46			LIMO ARENOSO FINO CAFÉ	
12	6.60 6.88	Y	24.00	99.90	85.70	23.01			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
13	7.20 7.35	817	25.40	101.90	85.20	27.93			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
14	7.80 8.11	817-2	24.00	74.20	63.50	27.09			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA	
15	8.40 8.49	O-2	24.40	84.80	67.60	39.81			LIMO ARENOSO FINO CAFÉ OSCURO	
16	9.00 9.45	I-1	24.20	97.10	83.20	23.56			LIMO ARENOSO FINO CAFÉ OSCURO	
17	9.60 9.95	1003	24.80	104.30	84.50	33.17			LIMO ARENOSO FINO CAFÉ OSCURO	
18	10.20 10.45	194	24.70	90.70	73.40	35.52			LIMO ARENOSO FINO CAFÉ OSCURO	
19	10.80 10.95	A-1	24.70	80.30	67.60	29.60			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA	
20	11.40 11.55	Z-32	24.40	91.10	74.40	33.40			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA	
21	12.00 12.22	190	24.20	80.90	65.90	35.97			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA	
22	12.60 12.80	300	24.50	77.80	63.50	36.67			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA	
23	13.20 13.33	R	24.30	77.30	66.10	26.79			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA	
24	13.80 14.07	111	24.10	103.90	81.90	38.06			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA	
25	14.40 14.45	1010	24.50	89.70	72.10	36.97			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA	
26	15.00 15.15	258	24.80	103.90	85.10	31.18			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA	
27	16.00 16.15	810	23.80	90.40	75.70	28.32			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CON POCA ARENA FINA	
28	17.00 17.21	724	24.40	88.50	73.20	31.35			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
29	18.00 18.39	802	23.00	99.40	85.60	22.04			ARENA FINA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO	
30	19.00 19.25	263	25.10	101.70	85.60	26.61			ARENA FINA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO	
31	20.00 20.31	S	24.60	96.80	85.50	18.56			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
32	21.00 21.35	48	25.30	86.00	62.70	62.30			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
33	22.00 22.33	H-2	24.90	88.80	66.70	52.87			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
34	23.00 23.32	815	22.90	111.80	86.70	39.34			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
35	24.00 24.28	112	24.30	88.10	71.10	36.32			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
36	25.00 25.27	N-2	24.50	70.80	59.50	32.29			LIMO GRIS CLARO	
37	26.00 26.37	744 743	25.30 23.90	81.30 79.10	61.70 65.50	53.85 32.69			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON ESCASA ARENA FINA ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON ESCASA ARENA FINA	
38	27.00 27.33	706	24.60	93.90	78.90	27.62			LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA	
39	28.00 28.37	A-5	24.00	73.50	55.30	58.15			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
40	29.00 29.30	G-2	24.60	80.60	62.00	49.73			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	
41	30.00 30.25	P	23.80	72.00	55.30	53.02			ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA	

CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **VIA DORADA**
 SONDEO: **SPT-4**

FECHA: 2/05/2017

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	C L A S I F I C A C I O N
Nº	m	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm²	
1	0.00 0.60	804	22.60	117.10	104.90	14.82		ARCILLA CAFÉ OBSCURO CON ESCASA ARENA FINA
2	0.60 1.20	796	24.80	100.70	89.90	16.59		ARCILLA CAFÉ OBSCURO CON ESCASA ARENA FINA
3	1.20 1.80	CH	24.50	95.40	83.60	19.97		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
4	1.80 2.18	Z-1	24.90	127.70	104.70	28.82		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
5	2.40 2.55	L	24.50	92.80	78.90	25.55		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
6	3.00 3.30	1013	24.60	91.40	75.20	32.02		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
7	3.60 3.84	1015	25.30	102.40	83.30	32.93		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
8	4.20 4.35	138	24.30	95.00	78.30	30.93		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
9	4.80 4.95	725	25.50	88.70	73.70	31.12		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA
10	5.40 5.60	807	23.50	75.50	64.10	28.08		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA
11	6.00 6.40	41	25.60	90.10	74.50	31.90		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA
12	6.60 6.80	809	24.60	77.30	63.50	35.48		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA
13	7.20 7.50	250	25.00	99.20	84.70	24.29		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
14	7.80 8.05	116-3	24.20	75.30	62.70	32.73		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
15	8.40 8.67	731	25.80	104.30	85.00	32.60		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
16	9.00 9.30	Q-1	24.60	100.60	85.30	25.21		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
17	9.60 9.75	184	25.30	91.00	78.10	24.43		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
18	10.20 10.45	H	24.60	89.40	76.70	24.38		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
19	10.80 11.08	236	25.80	96.00	81.20	26.71		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
20	11.40 11.66	602	23.10	86.20	73.10	26.20		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
21	12.00 12.15	1021	24.60	97.90	84.80	21.76		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
22	12.60 12.75	210	25.00	108.90	90.90	27.31		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
23	13.20 13.45	F	24.60	95.10	76.60	35.58		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
24	13.80 13.91	606	24.30	95.00	78.60	30.20		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
25	14.40 14.53	O-1	24.80	88.50	73.00	32.16		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OBSCURO CON POCA ARENA FINA
26	15.00 15.13	V	24.00	81.90	72.90	18.40		LIMO ARENOSO FINO CAFÉ OBSCURO
27	16.00 16.25	Z-3	24.30	103.80	90.10	20.82		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
28	17.00 17.41	112-1	23.40	80.40	76.30	7.75		ARENA FINA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO
29	19.00 19.35	Y-1 102	24.90	92.00	65.20	66.50		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ
			25.50	75.00	66.70	20.15		LIMO GRIS CLARO
30	20.00 20.40	67 B	24.70	71.70	62.60	24.01		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ
			24.80	99.50	73.00	54.98		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA
31	21.00 21.37	990 209	24.10	67.20	56.80	31.80		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA
			24.50	94.00	73.10	43.00		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
32	22.00 22.39	404	24.00	81.80	66.30	36.64		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
33	23.00 23.35	S-1	24.60	95.50	74.30	42.66		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
34	24.00 24.31	299	24.10	79.70	64.90	36.27		LIMO ARENOSO FINO CAFÉ
35	25.00 25.30	X	24.00	108.60	88.30	31.57		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ
36	26.00 26.35	611	24.60	96.50	81.20	27.03		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ
37	27.00 27.38	U-1	24.70	107.20	82.40	42.98		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
38	28.00 28.30	641 79	24.90	82.50	64.90	44.00		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
			24.80	93.00	69.40	52.91		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
39	29.00 29.32	D	24.40	82.20	64.80	43.07		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
40	30.00 30.40	E	24.60	90.60	70.40	44.10		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA

CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: **VIA DORADA**
 SONDEO: **SPT-6**

FECHA:

03-oct-17

Muestra	Profundidad	Tara	tara	Wh+t	Ws+t	w	TORC.	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	kg/cm²	
1	20.00 20.38	190	25.40	102.60	92.80	14.54		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
2	20.60 21.20	A-2	24.20	82.10	68.30	31.29		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
3	21.20 21.52	O-1	25.60	77.20	60.50	47.85		LIMO GRIS CLARO
4	21.80 22.25	258	26.20	80.30	68.80	27.00		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
5	22.40 22.82	51	25.50	81.30	71.90	20.26		ARENA FINA MEDIA Y GRUESA POCO LIMOSA CAFÉ
6	23.00 23.42	111	24.40	109.00	89.40	30.15		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
7	23.60 23.99	Y	25.00	84.10	68.60	35.55		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
8	24.20 24.54	274	25.30	82.50	69.90	28.25		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
9	24.80 25.23	J-2	26.80	92.00	71.90	44.57		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA FINA
10	25.40 25.80	61	23.30	76.30	58.00	52.74		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA FINA
11	26.00 26.45	Z	24.00	93.80	75.90	34.49		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA FINA
12	26.60 27.20	817-2	24.90	78.30	65.70	30.88		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA FINA
13	27.20 27.55	F-2	26.40	83.80	69.50	33.18		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA FINA
14	27.80 28.40	K	24.90	59.30	46.70	57.80		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA FINA
15	28.40 29.00	805	25.10	66.20	51.10	58.08		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
16	29.00 29.35	748	25.30	70.60	56.60	44.73		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
17	29.60 29.90	X-1	25.40	67.30	53.80	47.54		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA
18	30.20 30.55	L-2	26.80	73.00	53.60	72.39		ARCILLA ARENOSA FINA CAFÉ CLARO
19	30.80 31.13	G-2	26.30	70.80	52.10	72.48		ARCILLA ARENOSA FINA CAFÉ CLARO
20	31.40 32.00	743	23.90	67.40	56.20	34.67		ARENA FINA MEDIA Y GRUESA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO
21	32.00 32.60	240	25.20	68.90	55.40	44.70		ARENA FINA MEDIA Y GRUESA CAFÉ OSCURO CON POCOS FINOS DE LIMO NO COHESIVO
22	32.60 32.80	I-1	24.60	86.10	68.40	40.41		ARENA FINA MEDIA Y GRUESA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO
	32.80 33.05	U	25.40	83.10	75.20	15.86		ARENA FINA POCO LIMOSA GRIS CLARO
23	33.20 33.80	818	25.60	93.00	72.80	42.80		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
24	33.80 34.21	999-1	26.00	85.90	67.30	45.04		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
25	34.40 34.76	Z-1	26.70	98.30	84.70	23.45		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
26	35.00 35.38	D-1	24.90	84.20	72.70	24.06		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
27	35.60 35.99	810	26.10	91.00	74.00	35.49		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
28	36.20 36.60	707	27.50	81.10	69.20	28.54		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
29	36.80 37.20	W	26.90	68.20	56.70	38.59		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON ESCASA ARENA FINA
30	37.40 37.75	1016	24.80	67.40	57.60	29.88		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
31	38.00 38.37	P	24.30	74.80	59.90	41.85		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO CLARO CON POCA ARENA FINA
32	39.00 39.45	1001	25.80	79.10	65.30	34.94		LIMO ARENOSO FINO CAFÉ GRISACEO CLARO
33	40.00 40.60	1020	25.00	80.30	61.10	53.19		LIMO ARENOSO FINO CAFÉ GRISACEO CLARO

CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

OBRA: VIA DORADA
 SONDEO: PCAS FECHA: 26-may-17

Muestra N°	Profundidad m.	Tara N°	tara gr.	Wh+t gr.	Ws+t gr.	w %	TORC. kg/cm²	CLASIFICACION
PCA-1 BOLSA	0.00-0.90	1015	25.40	74.60	68.40	14.42		ARCILLA CAFÉ OSCURO CON ESCASA ARENA FINA Y RAICILLAS
BOLSA	0.90-2.00	184	25.30	99.80	85.80	23.14		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
FRAG.	1.80-2.00	112-1	23.30	77.50	66.70	24.88		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA
PCA-2 BOLSA	0.00-0.60	Y-1	25.00	99.80	91.80	11.98		ARCILLA CAFÉ OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
BOLSA	0.60-2.00	V	24.10	105.50	91.20	21.31		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA (MATERIAL CEMENTADO) TOBA
FRAG.	1.80-2.00	1013	24.60	45.90	43.60	12.11		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA (MATERIAL CEMENTADO) TOBA
PCA-3 BOLSA	0.00-0.90	796	24.70	106.40	95.80	14.91		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CON POCA ARENA FINA Y ALGUNAS GRAVILLAS
BOLSA	0.90-1.20	Z-1	24.80	104.30	92.60	17.26		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO CON ESCASA ARENA FINA
BOLSA	1.20-2.00	804	22.40	88.40	78.10	18.49		ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA (MATERIAL CEMENTADO) TOBA
FRAG.	1.80-2.00	116-3	24.00	103.70	94.10	13.69		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA (MATERIAL CEMENTADO) TOBA
FRAG. S/PCA	S/P	731	26.00	55.40	51.70	14.40		LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ CON POCA ARENA FINA (MATERIAL CEMENTADO) TOBA

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO N°: SPT-1 MUESTRA: 11 PROF.: 6.60-6.85 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ

N° GOLPES	N° tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
33	56	14.70	11.30	2.10	36.96
25	88	14.90	11.45	2.20	37.30
17	73	15.00	11.49	2.20	37.78
9	85	15.20	11.60	2.20	38.30

	30	6.30	5.70	2.20	17.14
	18	6.40	5.70	2.30	20.59

barra n°	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
37.30	18.87	18.43	CL

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO Nº: SPT-1 MUESTRA: 4 PROF.: 1.80-2.10 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO

LIMITE LIQUIDO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
36	80	15.70	10.97	2.30	54.56
28	54	15.50	10.75	2.20	55.56
20	92	15.30	10.55	2.20	56.89
12	71	15.10	10.40	2.30	58.02

LIMITE PLASTICO					
	47	6.50	5.60	2.20	26.47
	29	6.40	5.50	2.30	28.13

CONTRACCION LINEAL			
barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)
	L.L.	L.P.	I.P.
	56.00	27.30	28.70
	S.U.C.S		
	CH		

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO Nº: SPT-1 MUESTRA: 22 PROF.: 13.20-13.35 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ

LIMITE LIQUIDO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
32	58	16.10	12.25	2.20	38.31
24	67	16.20	12.29	2.20	38.75
16	83	16.00	12.10	2.20	39.39
8	33	16.50	12.40	2.20	40.20

LIMITE PLASTICO					
	55	6.40	5.70	2.20	20.00
	89	6.40	5.70	2.20	20.00

CONTRACCION LINEAL			
barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)
	L.L.	L.P.	I.P.
	38.70	20.00	18.70
	S.U.C.S		
	CL		

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO Nº: SPT-2 MUESTRA: 5 PROF.: 2.40-2.65 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO

LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
38	16	16.00	11.70	2.30	45.74
30	78	15.50	11.30	2.20	46.15
23	99	15.60	11.34	2.20	46.61
14	84	15.80	11.40	2.20	47.83

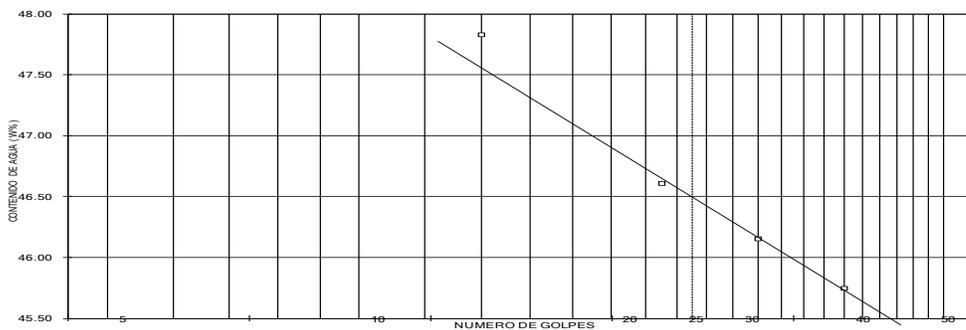
LIMITE PLASTICO

	66	6.70	5.80	2.20	25.00
	31	6.80	6.00	2.20	21.05

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
46.48	23.03	23.45	CL



CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO Nº: SPT-2 MUESTRA: 18 PROF.: 10.20-10.32 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO

LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
33	57	15.20	11.35	2.30	42.54
26	91	15.10	11.21	2.20	43.17
17	37	15.00	11.10	2.30	44.32
9	9	14.90	11.00	2.30	44.83

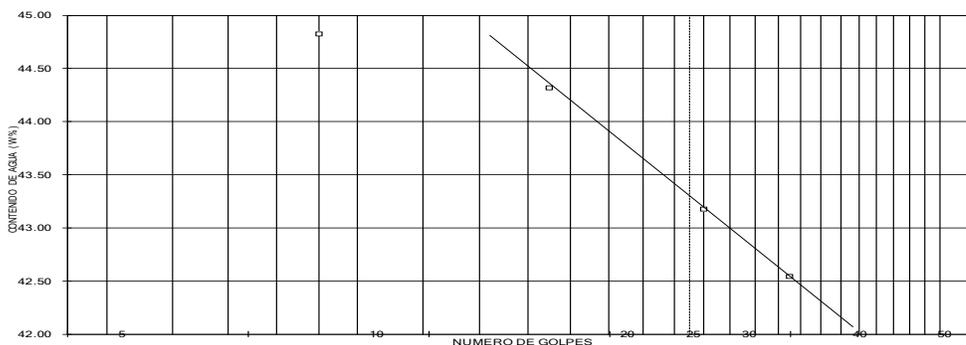
LIMITE PLASTICO

	50	6.30	5.60	2.30	21.21
	40	6.40	5.60	2.30	24.24

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
43.17	22.73	20.44	CL



CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO Nº: SPT-2 MUESTRA: 24 PROF.: 13.80-14.07 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO

LIMITE LIQUIDO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
36	100	16.00	11.55	2.20	47.59
28	59	15.80	11.41	2.30	48.19
20	82	15.60	11.20	2.20	48.89
12	28	15.40	11.05	2.30	49.71

LIMITE PLASTICO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
35		6.70	5.80	2.20	25.00
11		6.60	5.80	2.20	22.22

CONTRACCION LINEAL			
barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
48.45	23.61	24.84	CL

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO Nº: SPT-3 MUESTRA: 1 PROF.: 0.00-0.60 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA CAFÉ OSCURO

LIMITE LIQUIDO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
37	97	16.30	12.00	2.20	43.88
29	60	16.50	12.10	2.20	44.44
21	81	16.10	11.81	2.30	45.11
13	44	15.90	11.60	2.20	45.74

LIMITE PLASTICO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
27		6.40	5.60	2.30	24.24
72		6.50	5.70	2.20	22.86

CONTRACCION LINEAL			
barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
44.75	23.55	21.20	CL

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO Nº: SPT-3 MUESTRA: 17 PROF.: 9.60-9.85 m.

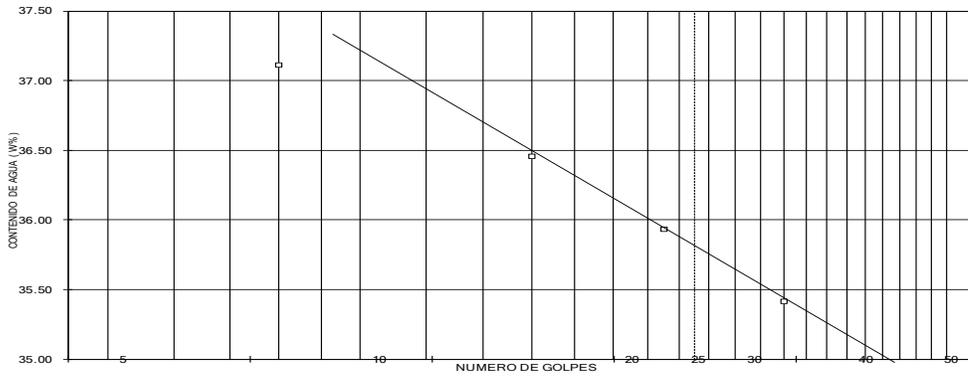
DESCRIPCION DEL MATERIAL: LIMO POCO ARCILLOSO CAFÉ OSCURO

LIMITE LIQUIDO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
32	93	15.00	11.60	2.00	35.42
23	42	15.20	11.79	2.30	35.93
16	70	15.40	11.90	2.30	36.46
8	4	15.60	12.00	2.30	37.11

LIMITE PLASTICO					
	38	6.40	5.80	2.20	16.67
	98	6.50	5.80	2.20	19.44

CONTRACCION LINEAL				
barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)	

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
35.80	18.06	17.74	CL



CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO Nº: SPT-3 MUESTRA: 25 PROF.: 14.40-14.55 m.

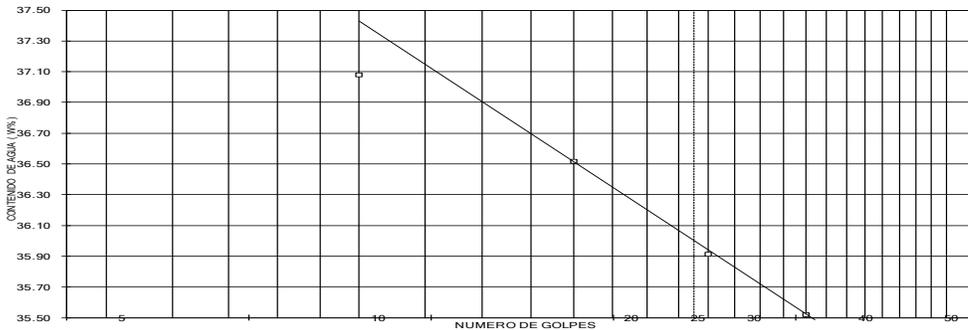
DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ GRISACEO

LIMITE LIQUIDO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
34	79	14.70	11.45	2.30	35.52
26	53	14.60	11.35	2.30	35.91
18	90	14.50	11.21	2.20	36.51
10	21	14.40	11.10	2.20	37.08

LIMITE PLASTICO					
	34	6.40	5.80	2.20	16.67
	10	6.30	5.60	2.20	20.59

CONTRACCION LINEAL				
barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)	

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
35.98	18.63	17.35	CL



CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO Nº: SPT-4 MUESTRA: 2 PROF.: 0.60-1.20 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA CAFÉ OSCURO CON ESCASA ARENA FINA

LIMITE LIQUIDO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
39	69	14.60	10.82	2.20	43.85
31	74	14.30	10.60	2.30	44.58
23	92	14.50	10.65	2.20	45.56
15	63	14.80	10.85	2.30	46.20

LIMITE PLASTICO					
	56	6.30	5.50	2.10	23.53
	6	6.40	5.60	2.20	23.53

CONTRACCION LINEAL				
barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)	

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
45.30	23.53	21.77	CL

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO Nº: SPT-4 MUESTRA: 15 PROF.: 8.40-8.67 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO

LIMITE LIQUIDO					
Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
32	55	15.20	11.40	2.20	41.30
24	98	15.10	11.30	2.20	41.76
17	44	15.00	11.19	2.20	42.38
8	88	14.80	11.00	2.20	43.18

LIMITE PLASTICO					
	52	6.40	5.70	2.30	20.59
	27	6.50	5.80	2.30	20.00

CONTRACCION LINEAL				
barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)	

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
41.70	20.29	21.41	CL

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA
 SONDEO N°: SPT-4 MUESTRA: 23 PROF.: 13.20-13.45 m.
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO

LIMITE LIQUIDO					
N° GOLPES	N° tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
36	97	14.90	10.80	2.20	47.67
27	66	15.00	10.80	2.20	48.84
20	81	15.20	10.90	2.30	50.00
12	48	15.40	10.90	2.20	51.72

LIMITE PLASTICO					
	30	6.50	5.60	2.20	26.47
	12	6.60	5.70	2.20	25.71

CONTRACCION LINEAL			
barra n°	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

	L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
	49.03	26.09	22.94	CL

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA
 SONDEO N°: SPT-5 MUESTRA: 4 PROF.: 1.80-2.10 m.
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO

LIMITE LIQUIDO					
N° GOLPES	N° tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
39	94	14.70	10.55	2.20	49.70
30	65	14.60	10.45	2.30	50.92
23	53	14.40	10.25	2.30	52.20
15	70	14.30	10.10	2.30	53.85

LIMITE PLASTICO					
	26	6.30	5.50	2.20	24.24
	19	6.40	5.50	2.20	27.27

CONTRACCION LINEAL			
barra n°	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

	L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
	51.80	25.76	26.04	CH

CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA
 SONDEO Nº: SPT-5 MUESTRA: 14 PROF.: 7.80-8.11 m.
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO

LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
39	35	14.10	10.79	2.20	38.53
31	99	14.30	10.90	2.20	39.08
23	58	14.50	11.00	2.20	39.77
15	85	14.60	11.05	2.20	40.11

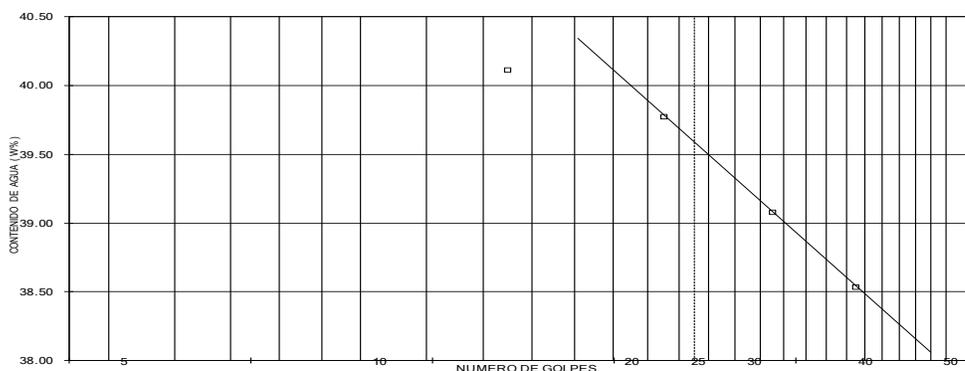
LIMITE PLASTICO

14	6.20	5.50	2.30	21.88
48	6.30	5.60	2.20	20.59

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
39.52	21.23	18.29	CL



CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA
 SONDEO Nº: SPT-5 MUESTRA: 24 PROF.: 13.80-14.07 m.
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ OSCURO

LIMITE LIQUIDO

Nº GOLPES	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
32	54	14.40	10.35	2.20	49.69
24	67	14.30	10.20	2.20	51.25
16	78	14.20	10.05	2.30	53.55
8	42	14.10	9.90	2.30	55.26

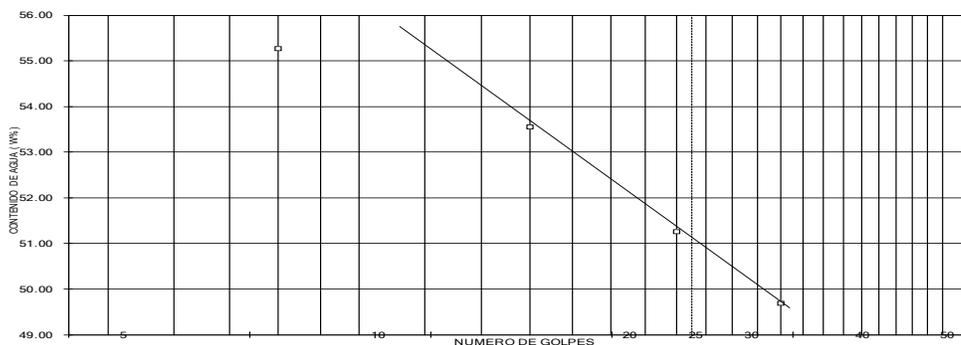
LIMITE PLASTICO

33	6.20	5.30	2.20	29.03
18	6.20	5.30	2.30	30.00

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
51.00	29.52	21.48	OH-MH



CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA
 SONDEO Nº: SPT-6 MUESTRA: 2 PROF.: 20.60-21.20 m.
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO

LIMITE LIQUIDO

tara	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
36	48	15.70	10.60	2.20	60.71
27	88	15.90	10.64	2.20	62.32
19	100	16.00	10.60	2.20	64.29
11	17	16.10	10.60	2.20	65.48

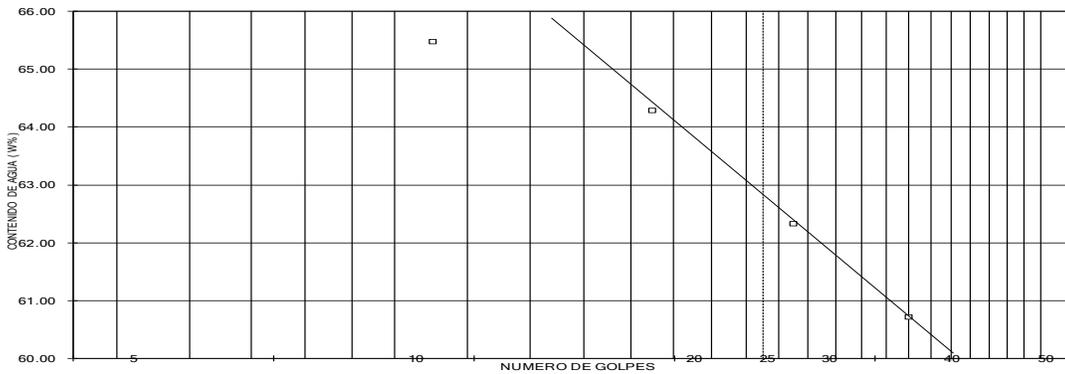
LIMITE PLASTICO

	2	6.50	5.50	2.30	31.25
	20	6.60	5.50	2.30	34.38

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
62.80	32.81	29.99	OH-MH



CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA
 SONDEO Nº: SPT-6 MUESTRA: 11 PROF.: 26.00-26.45 m.
 DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA POCO LIMOSA CAFÉ CLARO

LIMITE LIQUIDO

tara	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
35	93	17.10	11.50	2.20	60.22
27	84	17.40	11.60	2.20	61.70
19	23	17.60	11.60	2.20	63.83
11	6	17.80	11.60	2.20	65.96

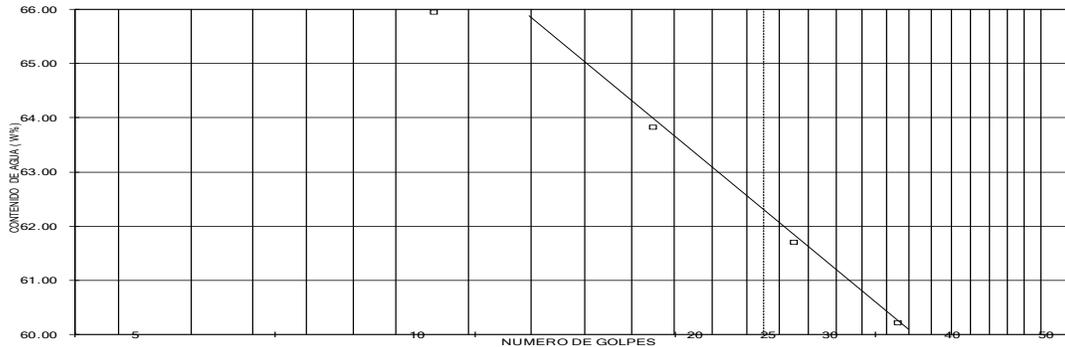
LIMITE PLASTICO

	10	6.60	5.50	2.20	33.33
	52	6.70	5.60	2.30	33.33

CONTRACCION LINEAL

barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
62.10	33.33	28.77	OH-MH



CALCULO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

PROCEDENCIA: VIA DORADA

SONDEO Nº: SPT-6 MUESTRA: 18 PROF.: 30.20-30.55 m.

DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA ARENOSA CAFÉ CLARO

LIMITE LIQUIDO					
tara	Nº tara	Wh+T	Ws+t	Wt	W%
31	49	16.00	11.20	2.20	53.33
23	91	15.40	10.73	2.20	54.75
16	71	15.60	10.80	2.30	56.47
8	21	15.80	10.80	2.20	58.14

LIMITE PLASTICO					
	56	6.50	5.50	2.10	29.41
	14	6.60	5.50	2.30	34.38

CONTRACCION LINEAL			
barra nº	lec.inic.	lec.final	C.L. (%)

L.L.	L.P.	I.P.	S.U.C.S
54.30	31.89	22.41	OH-MH

ANALISIS GRANULOMETRICO

PROCEDENCIA: VIA DORADA PACHUCA

SONDEO: SPT-6

MUESTRA: M-5

PROF.: m) 22.40 - 22.80

FECHA: OCTUBRE 05 DE 2017

DESPERDICIO gr: _____

PESO TOTAL gr: _____

ENCARGADO DEL LAB. JAVIER ESPEJO GONZALEZ
LABORATORISTA JAVIER ESPEJO GONZALEZ

MAILLA	APERTURA mm	P. RETENIDO gr	PARCIAL RET. %	ACUM.Q PASA	MAILLA	APERTURA mm	P. RETENIDO gr	PARCIAL RET. %	ACUM.Q PASA
3	76.200				10	1.651	2.20	4.7	93.1
2	50.800				20	0.833	17.30	37.3	55.8
1 1/2	38.100				40	0.417	2.80	6.0	49.8
1	25.400				60	0.246	3.30	7.1	42.7
3/4	19.100				100	0.147	3.90	8.4	34.3
1/2	12.700				200	0.074	2.00	4.3	30.0
3/8	9.500	0.00	0.0	100.0	Wm + T gr <u>71.90</u> Wd + T gr <u>71.90</u> WT gr <u>25.50</u>				
1/4	6.700	0.60	1.3	98.7	PESO POR LAVAR gr <u>46.40</u>				
4	4.699	0.40	0.9	97.8					
PASA No 4					GRAVA % <u>2.2</u> ARENA % <u>67.9</u> FINOS % <u>30.0</u>				

OBSERVACIONES:

