



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO.

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

***“ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA LA CONSTRUCCIÓN
DE UNA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA EN EL ESTADO
DE TABASCO”***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

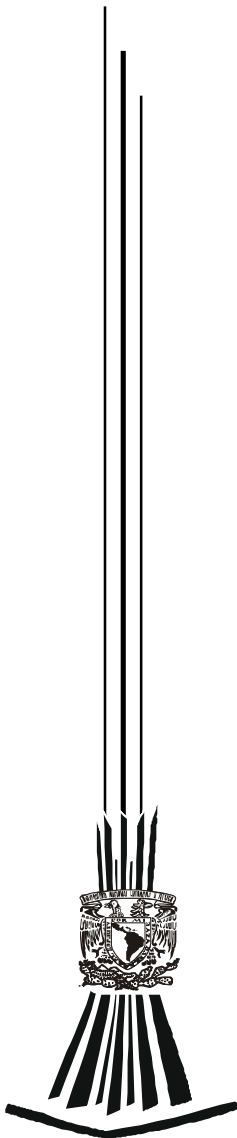
INGENIERO CIVIL

PRESENTA

JULIO FRANCISCO ALCÁNTARA GAVILÁN

DIRECTOR DE TESIS

ING. GABRIEL ÁLVAREZ BAUTISTA



FES Aragón

MÉXICO

2013.



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:

Francisco Alcántara Vique y **Magdalena Gavilán Ramírez**, porque su esfuerzo y constante lucha para salir adelante me hicieron el hombre que soy, gracias por brindarme su apoyo incondicional a cada instante.

A mis hermanos:

Brandon, Mariam y **Sofía**, gracias por estar a cada instante al lado mío en esta carrera llamada vida.

A mi Esposa e Hija:

Elian Cristal Enríquez Ortíz gracias por amarme tanto como se puede amar a alguien, eres el amor de mi vida y mi ángel junto a mi hermoso querubín **Aylin Isabella Alcántara Enriquez**, son mi vida e inspiración para seguir superándome, las amo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México:

A la UNAM y a la Facultad de Estudios Superiores Aragón por darme la oportunidad de ser universitario y hacerme mejor persona.

Al Ing. Gabriel Álvarez Bautista:

Por haberme brindado su confianza y amistad al haberme guiado en este trabajo tan importante.

A muchos amigos, profesores y compañeros que conocí a lo largo de mi estancia en esta carrera, gracias.

Y sobre todo gracias a **Dios** por darme la vida y permitirme comprender parte de su maravillosa creación.

“Para triunfar en la vida, no es importante llegar primero. Para triunfar simplemente hay que llegar, levantándose cada vez que se cae en el camino”

JULIO FRANCISCO ALCÁNTARA GAVILÁN



INDICE

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1.- ANTECEDENTES	4
OBJETIVO	4
LOCALIZACION DEL PROYECTO Y GENERALIDADES DEL AREA	5
LOCALIZACIÓN	5
GENERALIDADES	8
2.- MARCO GEOLOGICO	9
CONFIGURACIÓN GEOLÓGICA	10
REGIONALIZACIÓN SÍSMICA	13
3.- TRABAJOS DE CAMPO	14
ACTIVIDADES VARIAS ANTES DE LA EXPLORACIÓN	15
EXPLORACIÓN PROFUNDA	16
EXPLORACIÓN SUPERFICIAL	17
4.- ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES	18
ESTRATIGRAFIA DE VILLAHERMOSA TABASCO DE ACUERDO A LA SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERIA GEOTECNICA.	19
5.-DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN	44
CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA	44
IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS COLAPSABLES	51
ANALISIS DE ASENTAMIENTOS DEL SUELO DE CIMENTACION	51
BANCO DE MATERIALES	52
ANCLAJE DE ESTRUCTURAS	53
PARAMETROS DE DISEÑO PARA EL CASO DE DESPLANTE DE CIMENTACION CON PILAS COLADAS IN SITU.	53
MÓDULO DE REACCIÓN HORIZONTAL (KS)	53
MÓDULO DE REACCIÓN VERTICAL (KV)	55
CAPACIDAD DE CARGA DE PILAS	57
CAPACIDAD DE CARGA LATERAL DE PILAS	60
6.- DISEÑO DE PAVIMENTOS	63
DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO.	63
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	12
7.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66
RECOMENDACIONES SOBRE PROCESOS CONSTRUCTIVOS	67
LIMITACIONES.	72
BIBLIOGRAFIA	
PERFIL ESTRATIGRÁFICO CON RELACIÓN A LOS SONDEOS REALIZADOS CORTE A-A'	77
LOCALIZACIÓN DE SONDEOS REALIZADOS DENTRO DEL SITIO EN ESTUDIO	78
INFORME FOTOGRAFICO	79



INTRODUCCION

1.-ANTECEDENTES

El presente trabajo permitirá conocer las principales características físicas y mecánicas, del suelo existente en un área dentro de las actuales instalaciones del complejo procesador de Gas Nuevo PEMEX, ubicado en el Municipio de Centro, en el Estado de Tabasco, incluida la identificación del estrato más apto para fines de cimentación, la profundidad del mismo y su capacidad de carga; lo anterior con el fin de utilizar dicha información en el cálculo de la cimentación a emplear, para las estructuras del proyecto S.E. CACTUS SWITCHEO.

El estudio consistió en la exploración del sitio designado a la construcción del proyecto en cuestión, mediante la elaboración de trece (13) sondeos tipo pozo a cielo abierto (PCA), a 4.00 m máximo de profundidad y trece (13) sondeos mixtos (Barrenas Helicoidales y Penetración Estándar), a 10.00 m de profundidad, para efectos de conocer la estratigrafía concerniente a dicho lugar, determinar las características físicas y mecánicas para cada uno de los estratos encontrados y finalmente, con la información recabada, conocer la capacidad de carga del estrato más apto, que permitiera en un momento dado, asegurar la estabilidad de las estructuras por colocar.

Se incluye el cálculo de asentamientos, verificación de presencia de suelos colapsables y recomendaciones sobre el tipo de cimentación a emplear en estructuras por colocar.

El cálculo de la capacidad de carga sería realizado con la utilización de los parámetros de resistencia, obtenidos a partir de los ensayos triaxiales realizados y de las pruebas penetración estándar ejecutadas.

El número de sondeos a realizar en la exploración, así como la localización de los mismos, fué predeterminado en función del área por estudiar.

OBJETIVO

Determinar las principales características físicas que permitan la identificación y clasificación de los materiales que componen la estratigrafía de un área dentro de las actuales instalaciones del complejo procesador de Gas Nuevo PEMEX, ubicado en el Municipio de Centro, en el Estado de Tabasco, hasta una profundidad aproximada de 10.00 m, identificar el estrato más apto para cimentación y calcular la capacidad de carga del mismo; así también definir el tipo de cimentación y la profundidad de desplante más convenientes para las estructuras a construir y establecer los procedimientos constructivos desde el punto de vista geotécnico, para el proyecto S.E CACTUS SWITCHEO.

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO Y GENERALIDADES DEL AREA.

LOCALIZACIÓN

Ubicación geográfica de la zona.

México se encuentra en la región sur de Norteamérica. Comparte fronteras con los Estados Unidos al norte, Guatemala y Belice al sur, Océano Atlántico al Este y el Océano Pacífico al Oeste.

La República Mexicana esta constituida por treinta y dos (32) entidades federativas, una de las cuales es el estado de TABASCO (donde se localiza el sitio en estudio).

El estado de Tabasco se encuentra en la región sureste de México; desde la planicie costera del Golfo de México, hasta las montañas del norte de Chiapas, puede delimitarse geográficamente entre los 17° 15' y 18°39' de altitud norte y los 91°00' y 94° 07' de longitud oeste.



Los límites del Estado de Tabasco son naturales y artificiales, al norte limita con el Golfo de México y Campeche; al sur con Chiapas y la república de Guatemala; al oeste con el estado de Veracruz, y al este, con el estado de Campeche y la república de Guatemala.



Sus límites naturales están conformados, al norte por 191 Km. de litoral o zona costera; en algunas partes del sur por los ríos Mezcalapa, Pichucalco, Chacamax y Usumacinta; al este, por los ríos San Pedro y San Pablo y, al noroeste, por el río Tonalá.

Tabasco tiene una superficie de 24,661 km² que representa el 1.3% de la superficie del país y en ella se asientan los 17 municipios que integran la división política del estado, uno de los cuales es el municipio CENTRO (donde se localiza el sitio en estudio).

Tabasco está dividido geográficamente en 2 regiones: Grijalva y Usumacinta. Grijalva se divide en 3 subregiones: Centro (Villahermosa, Nacajuca y Jalpa de Méndez) Chontalpa (Huimanguillo, Cárdenas, Comalcalco, Paraíso y Cunduacán) y Sierra (Teapa, Jalapa y Tacotalpa).

Usumacinta se divide en 2 subregiones: Pantanos (Centla, Jonuta y Macuspana) y Ríos (Emiliano Zapata, Balancán y Tenosique).

Municipio de Centro

El municipio de Centro se localiza en la región de Centro, y tiene como cabecera municipal a la ciudad de Villahermosa, ubicada entre los paralelos 18°20' de latitud norte y 93° 15' de longitud oeste.

Colinda al norte con los municipios de Nacajuca y Centla, al sur con el municipio de Jalpa de Méndez y el estado de Chiapas, al este con los municipios de Centla y Macuspana y al oeste con el estado de Chiapas, el municipio de Cárdenas y el municipio de Nacajuca.



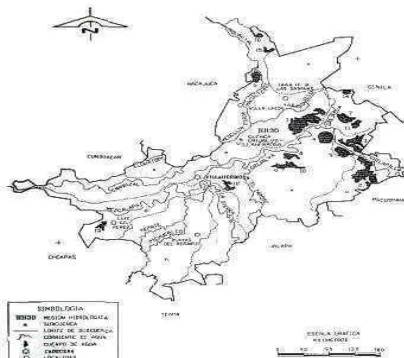
a) Extensión

La extensión territorial del municipio es de 1,612 km², los cuales corresponden al 6.9% respecto del total del estado, ocupando el 7º. lugar en la escala de extensión municipal.

Su división territorial está conformada por una ciudad, 7 villas, 6 poblados, 167 rancherías, 36 ejidos, 61 colonias y 52 fraccionamientos. En el municipio se ubican 13 centros de desarrollo regional (CDR) en los que se desarrollan la mayoría de las actividades económicas y sociales, estos son: Villa Macultepec, villa Ocuilzapotlán, villa Parrilla 1ª. Sección, villa Subteniente García, (Playas del Rosario), Pueblo Nuevo de las Raíces, poblado Dos Montes, villa Luis Gil Pérez, villa José G. Asmitia (Tamulté de las Sabanas), poblado Acachapan y Colmena 3ª. Sección, poblado Buena Vista 1ª. Sección, ranchería Boca de Aztlán, ranchería Plátano y Cacao 1ª. Sección, ranchería la Vuelta (Ejido la Jagua).

b) Orografía

Presenta el aspecto de una vasta planicie cortada a trechos por lomeríos bajos de naturaleza arcillosa, plásticos, de color más o menos rojizo y bajos pantanosos, diseminados en superficie cubiertos por maleza y plantas acuáticas. La altura de la cabecera municipal es de 10 msnm.



c) Hidrografía

Los principales recursos hidrológicos del



municipio son las aguas del río Grijalva con sus afluentes: los ríos Samaria, Carrizal, y río Viejo.

Las principales lagunas en el municipio son: la de las Ilusiones, El Camarón y El Negro, la de Chilapa, el Campo, el Horizonte, Pucté y Maluco, que en su conjunto ocupan alrededor de 13,000 hectáreas, mismas que representan el 6.4% del área municipal; también hay otras importantes como son: Ismate Chilapa, Jaguacté, El Corcho, Sabana Nueva, El Manguito, Jitalito, Playa del Pozo, El Vigía, Trujillo El Cuhy, El Pueblo, El Campo, El Guao y El Espino.

d) Clima

El clima cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano, régimen normal de calor con cambios térmicos en los meses de diciembre y enero; se aprecia una temperatura media anual de 33.6°C, siendo la máxima media mensual en mayo con 29.8°C, y la mínima media mensual en diciembre y enero con 22.8°C.

El régimen de precipitaciones se caracteriza por un total de caída de agua de 2,237 mm anuales con un promedio máxima mensual de 300 mm en el mes de septiembre y una mínima mensual de 50 mm en el mes de abril.

Las mayores velocidades del viento se concentran en los meses de octubre y noviembre con velocidades que alcanzan los 30 km/h. presentándose en el mes de noviembre y diciembre, los menores con velocidades de 18 km/h. en los meses de junio.

e) Características y Uso del suelo

En el municipio Centro la mayor parte de la superficie de su territorio está clasificada como gleysoles, que son suelos generalmente de texturas arcillosas o francas, y presentan problemas de drenaje deficiente.

En la región central del municipio están los suelos de la clase fluvisol que son de texturas francas con la presencia de diversos ríos en esta zona.

En la región sureste y limitando con los municipios de Macuspana y Jalapa se tienen suelos cambisoles y vertisoles, estos últimos son muy arcillosos y presentan agrietamientos en las épocas de secas y problemas de drenaje.

Villahermosa ciudad capital del estado de Tabasco, México y cabecera del municipio de Centro. Aquí residen los poderes políticos del estado. Es la principal ciudad del estado de Tabasco y concentra la mayor población urbana del mismo. La ciudad se destaca como un centro de negocios y administración de la industria petrolera. Nombrada como La Esmeralda del Sureste, Villahermosa es actualmente una ciudad moderna con una gran abundancia de recursos naturales.



La S.E CACTUS SWITCHEO se ubica dentro del complejo procesador de Gas Nuevo PEMEX ubicado en el Municipio del Centro, en el Estado de Tabasco, en la orilla sur del poblado “Estancia Vieja” segunda sección, a

35 km de la Ciudad de Villahermosa, en un punto con coordenadas absolutas $N = 17^{\circ} 51' 35.8''$ $W = 93^{\circ} 06' 55.3''$ y una elevación de 21 m sobre el nivel del mar.

GENERALIDADES

El sitio en estudio obedece a un área dentro de la planta del complejo procesador de gas en operación, cuenta con terreno plano, piso terminado de concreto y pequeñas áreas con vegetación de tipo pasto (de ornato), con borde perimetral de block.

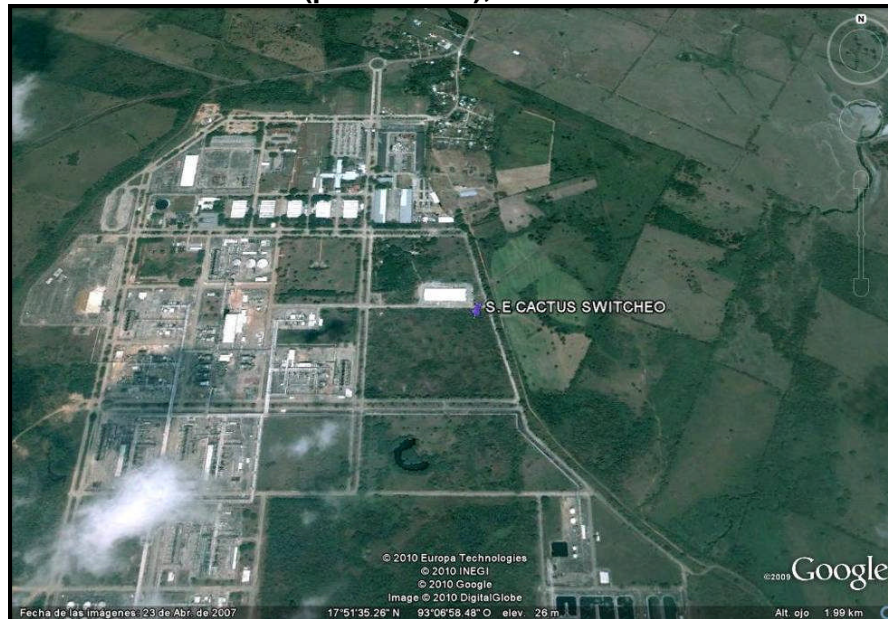
El área destinada para el proyecto cuenta con vegetación de tipo pastizal y maleza de 0.20 m aproximadamente, sin piso terminado.

Figura No. 1 y No. 2
Vista General del Trazo Topográfico en Estudio.



Como un complemento, se presenta en esta sección, la vista aérea (por satélite), del sitio en estudio.

Figura No. 3
Vista aérea (por satélite), del sitio en estudio



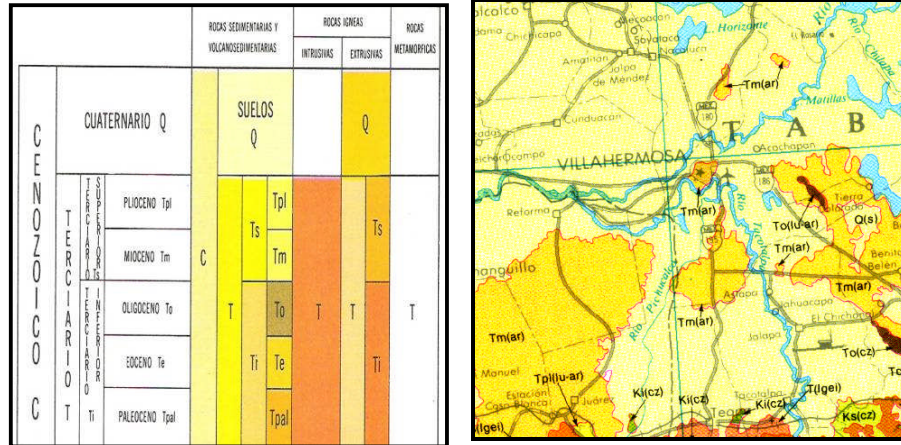
Vegetación y protección de especies.

Para la realización del presente estudio, no fue necesaria la reubicación de especies vegetales y animales, por no ser especificado por el cliente.

2.-MARCO GEOLOGICO

De acuerdo con la literatura consultada y emitida por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática -INEGI- a través de la CARGA GEOLOGICA del Estado de Tabasco. Puede resumirse que el sitio en estudio se encuentra sobre una zona constituida por Q (s)-suelo aluvial del Cuaternario de la era del Cenozoico y Tm (ar) rocas sedimentaria ó volcano sedimentaria (arenisca) del tercerio superior Mioceno de la era del Cenozoico; Asimismo, en la zona donde se localiza la S.E. CACTUS SWITCHEO; no se aprecian estructuras geológicas (fallas, fracturas, dolinas, etc.), que puedan afectar al predio en estudio por lo que no constituyen un riesgo potencial de inestabilidad para el desplante de cimentaciones de las estructuras a colocar.

Figuras No. 4 y No. 5
Geología del sitio según carta geológica INEGI



CONFIGURACIÓN GEOLÓGICA

El desarrollo geológico del territorio tabasqueño está marcado por eventos estratigráficos y estructurales de las eras Mesozoica y Cenozoica, los factores determinantes en el modelado del relieve de la entidad son el tectonismo por plegamiento y dislocación de las rocas, manifestado en las Sierras de Chiapas y Guatemala; y el relleno de cuencas marinas y lacustres, por sedimentación de material terrestre, transportado por las corrientes superficiales, que se manifiesta en la Llanura Costera.

El 76.21% de la superficie estatal está compuesta por depósitos palustres, aluviales, litorales y lacustres del período Cuaternario; correspondiendo con el desarrollo de los ambientes actuales, desde el Plioceno hasta hoy. Un 20.38% está compuesto por roca sedimentaria del período Terciario, en su mayor parte, en la subregión de los ríos y en el centro del estado. Una ínfima parte, en la subregión de la Sierra, la componen rocas ígneas extrusivas del Terciario. Finalmente, la parte meridional del estado presenta rocas sedimentarias del período Cretácico; que se encuentran íntegramente en la zona de las Sierras de Chiapas y Guatemala.

Estudios realizados por Petróleos Mexicanos, han descubierto campos gigantes de hidrocarburos en territorio tabasqueño y chiapaneco, ambos en la zona fronteriza. Las perforaciones fluctúan desde 2 700 hasta 5 500 m y se han realizado en campos productores de aceite crudo, gas y condensados. La mayor producción proviene de rocas dolomitizadas del Jurásico y Cretácico en depósitos calcáreos.



a) Provincias del Estado de Tabasco

Llanura Costera del Golfo Sur esta provincia se caracteriza por su relieve escaso, casi plano, con altitudes menores de 100 metros, las cuales están cortadas por amplios valles, resultado de la acumulación de grandes depósitos fluviales en diferentes medios, como el lacustre, palustre y litoral. Este relieve presenta extensas planicies de inundación y lagunas, entre las que destacan La Machona, Mecoacán, Sitio Grande y El Rosario.

La llanura costera es una planicie sedimentaria cuyo origen está íntimamente relacionado con la regresión del Atlántico, iniciada desde el Terciario Inferior y debida al relleno gradual de la cuenca Oceánica, donde fueron acumulados grandes volúmenes de materiales rocosos provenientes del continente. El rejuvenecimiento continuo de la plataforma costera ha permitido la erosión subsecuente de los depósitos marinos terciarios, que actualmente tienen poca elevación sobre el área.

En esta provincia, dentro de territorio tabasqueño, los depósitos más antiguos son del Terciario Inferior (Paleoceno) y aparecen en los bordes de contacto con la provincia Sierras de Chiapas y Guatemala. Estos depósitos son de alternancia rítmica de capas clásticas (lutitas-areniscas), afloran en la porción sur-central del estado, sobreyacen concordantemente sobre rocas carbonatadas del Cretácico Superior y marcan el cambio de un ambiente marino de plataforma a un ambiente litoral.

Sierras de Chiapas y Guatemala. Las Sierras de Chiapas y Guatemala presentan, desde el punto de vista estructural, algunos aspectos complejos, pues el patrón de estructuras conformadas sobre las secuencias rocosas del Mesozoico y Cenozoico, indican una evolución paleogeológica compleja. Esta provincia ha sido configurada a partir de montañas plegadas formadas por un grueso paquete de calizas del Cretácico Superior y por rocas del Terciario Inferior. La altitud de estos elementos topográficos varía de 200 a 500 metros. Estos elementos han sido afectados por una intensa erosión fluvial, controlada en parte por los sistemas de fallas transcurrentes, y aparecen disectados por profundos cañones y gargantas.

Los estudios geológicos realizados por Pemex, confirmados por perforaciones profundas, han conducido a la postulación de que grandes cuencas salinas ocupaban gran parte de la Llanura Costera y parte de la Sierra de Chiapas durante el Jurásico Superior. Estos depósitos salinos jugaron un papel muy importante en la deformación de las rocas del Mesozoico y Cenozoico, y han influido fuertemente en el desarrollo de trampas estructurales, donde se acumularon los aceites, gases y condensados que Pemex explota.

En esta provincia se localizan las rocas más antiguas que afloran en Tabasco, mismas que pertenecen al Cretácico Superior. Son rocas carbonatadas (calizas) de origen marino, de plataforma, con fósiles índices del Albiano y se encuentran dolomitizadas y fuertemente fracturadas.

Durante el Terciario Inferior (Eoceno), en un ambiente litoral, se depositaron discordantemente sobre los sedimentos del Paleoceno algunas alternancias de capas clásticas de espesor variable (areniscas, lutitas, limolitas y conglomerados), que contienen intercalaciones de calizas. Estos depósitos indican inestabilidad en los terrenos de donde provenía el material terrígeno.

En el Oligoceno (Terciario Inferior) las aguas marinas reinciden sobre el territorio tabasqueño para dejar depósitos de calizas de plataforma, con gran influencia terrígena, que aparecen discordantes sobre los sedimentos del Eoceno.

Figuras No. 6 y No. 7
Provincias del Estado de Tabasco.



b) Orografía

El estado de Tabasco se encuentra formado por llanuras bajas y húmedas de origen aluvial, efecto de la acción de los ríos; en la zona de la Chontalpa y parte de los municipios de Centla y Jonuta, existen depresiones pantanosas e inundables, tanto por las avenidas de los ríos como por las aguas que atraen perturbaciones ciclónicas y abundantes lluvias.

La mayor parte del territorio es una planicie que se extiende a la vista, sin obstáculo alguno, hasta el horizonte. Existen al Sur algunas elevaciones que forman parte de la meseta central de Chiapas. Entre los cerros más importantes se encuentran El Madrigal, que tiene aproximadamente 1,000 de altura sobre el nivel del mar; La Campana, La Corona y Poaná, en Tacotalpa; Coconá en Teapa, Mono Pelado en Huimanguillo y El Tortuguero en Macuspana.

La mayor parte del territorio tabasqueño cuenta con elevaciones no superiores a los treinta metros sobre el nivel del mar.

c) Hidrografía

El sistema fluvial se constituye con los caudales del río Usumacinta, el más grande de la República, y el río Grijalva el segundo por su caudal, con numerosos afluentes que desembocan en el Golfo de México. Solo quedan fuera de éste sistema el río Tonalá y el Tancochapa o Pedregal, que sirve de límite entre Tabasco y Veracruz, al oeste de Huimanguillo; los pequeños ríos de la Chontalpa que se alimentan de excesos de aguas de lluvias acumuladas en los popales (pantanos) y el río González, brazo desprendido del Mezcalapa a fines del siglo XIX, que desemboca al mar por la barra de Chiltepec.

A los numerosos ríos, riachuelos y arroyos que cruzan en todos los sentidos al estado de Tabasco, se añaden algunas albúferas, y un número elevado de lagunas diseminadas en su territorio, destacándose los sistemas lagunares de El Carmen, Pajonal, La Machona y Mecoacán.



La disponibilidad de agua se basa en las cuencas bajas de los ríos Usumacinta y Grijalva, estas cuencas acumulan el agua de innumerables corrientes y se descargan al mar en forma conjunta.

El volumen medio anual es de 125 mil millones de metros cúbicos, que representan el 35% de las corrientes del país, formando un amplio cauce que inunda grandes áreas y origina en las zonas bajas numerosas lagunas de poca profundidad. En los meses de septiembre y noviembre se alcanza los máximos niveles de agua causando inundaciones.

d) Clima

La ubicación de Tabasco en la zona tropical, su escasa elevación con respecto al nivel del mar y su cercanía con el Golfo de México a lo largo de 190 kilómetros de costa, determinan el desarrollo de climas cálidos con influencia marítima. El clima tropical húmedo es una característica muy singular de la región, con temperaturas que van de los 15° C en los meses más fríos (enero y diciembre) hasta 42°C en los más calurosos; la temperatura promedio es de 26°C, la cual en razón de la escasa altura con relación al nivel del mar permanece constante.

e) Características y Uso del suelo

La región de Tabasco pertenece al período cuaternario, su composición es de rocas ígneas (extrusivas) y arenas de aluvión, los tipos de suelos localizados en el Estado son: el vertisol, que son suelos muy arcillosos, presentan problemas de agrietamientos en la época de sequía y tienen problemas de drenaje en épocas de lluvia; regosoles, son suelos arenosos de bordes de playas; solonchak son suelos salinos debido a las cercanías de las aguas del Golfo de México, gleysoles son suelos generalmente de texturas francas que presentan problemas de exceso de humedad por deficiente drenaje; cambisol y fluvisol, son aquellos ubicados en las márgenes o vegas de los ríos; rendzinas, suelos ricos en materia orgánica y materiales calcáreos, generalmente están asociados a pendientes abruptas, se localizan en los límites con el estado de Chiapas; Acrisoles, son suelos arenosos, ácidos y de baja fertilidad.

El estado se encuentra formado por llanuras bajas y húmedas de origen aluvial, efecto de la acción de los ríos; en la zona de la Chontalpa y parte de los municipios de Centla y Jonuta existen depresiones pantanosas y anegadizas, tanto por la avenida de los ríos como por las aguas que traen perturbaciones ciclónicas y las abundantes lluvias.

REGIONALIZACIÓN SÍSMICA

Para fines de diseño sísmico, se utilizaron las características particulares de este proyecto de subestación, en la sección “caracterización del sitio”.

Se recomienda utilizar los siguientes espectros de diseño para sismos en el diseño de estructuras:

Tabla No. 1
Espectros de Diseño Sísmico

ZONA SÍSMICA	TIPO DE SUELO	TIPO DE ESTRUCTURA	ao	c	Ta(s)	Tb(s)	r
Región B	Tipo III	B	0.1	0.36	0.6	2.9	1

En donde:

ao = Ordenada de los espectros de diseño, como fracción de la aceleración de la gravedad, sin factor de corrección (valor de a, para T = 0.00).

c = Coeficiente sísmico.

Ta, Tb = Periodos característicos que delimitan la meseta de los espectros del diseño sísmico.

r = Exponente en las expresiones de los espectros de diseño que definen su parte curva.

Así mismo se presentan los siguientes parámetros de diseño a considerar para la revisión por sismo:

- Periodo fundamental de vibración, $T_s = 4.H_s/\beta_s$, $T_s = 0.102$
- Espesor deposito, $H_s = 10$ m
- Velocidad de las ondas de corte del deposito, $\beta_s = 390$ m/s
- Coeficiente sísmico, $c = 0.36$
- Ordenada del espectro de aceleraciones, $a = a_o + [C-a_o] (T/T_a)$, $a = 0.144$
- Coeficiente de amplificación, $CA = (T_s.\beta_s)/H_s$, $CA = 3.97$
- Factor de amplificación $FA = 1.91$
- Coeficiente de aceleración horizontal del suelo, $a = (c/4).FA = a = 0.171$

Los espectros de diseño especificados, son aplicables a estructuras del grupo B. Para estructuras del grupo A, los valores de las ordenadas espectrales deberán multiplicarse por 1.5.

3.-TRABAJOS DE CAMPO

Los trabajos de campo, estuvieron encaminados a la obtención de datos que fueran de utilidad para la determinación de los siguientes conceptos:

- Localización del estrato más apto para cimentación y ubicación de la profundidad de desplante.
- Capacidad de carga admisible del estrato propuesto para desplante de estructuras.
- Determinación de características físicas y mecánicas de cada uno de los materiales encontrados en la estratigrafía del sitio, con fines de clasificación, e identificación de propiedades no deseables para el proyecto (suelos colapsables, asentamientos no permisibles, etcétera) y a manera de conocer su utilidad práctica para su utilización en pavimentos.

Las actividades que fueron llevadas a cabo durante la visita de exploración, previo recorrido por el lugar para observar condiciones generales, se listan a continuación (ver informe fotográfico).

ACTIVIDADES VARIAS ANTES DE LA EXPLORACIÓN

Las actividades que fueron llevadas a cabo durante la visita de exploración, previo recorrido por el lugar para observar condiciones generales se listan a continuación (ver informe fotográfico):

- a) Personal técnico calificado hizo entrega física del sitio donde se realizarían los trabajos dentro del sitio a explorar.
- b) Localización de los sitios donde serían realizados los sondeos programados, mediante la obtención de coordenadas absolutas, con un dispositivo de posicionamiento global (GPS), las cuales se presentan a continuación:



Tabla No. 2

LOCALIZACIÓN	SONDEO No.	SISTEMA DE COORDENADAS ABSOLUTAS (GPS)		ELEVACION SOBRE EL NIVEL DEL MAR (msnm)
		N	W	
S.E CACTUS SWITCHEO (Municipio de Centro, Estado de Tabasco)	MIXTO 01	17° 51' 35,8"	93° 06' 55,3"	24 msnm
	MIXTO 02	17° 51' 34,2"	93° 06' 55,0"	20 msnm
	MIXTO 03	17° 51' 32,6"	93° 06' 54,6"	24 msnm
	MIXTO 04	17° 51' 32,4"	93° 06' 55,6"	23 msnm
	MIXTO 05	17° 51' 32,6"	93° 06' 56,7"	23 msnm
	MIXTO 06	17° 51' 33,0"	93° 06' 57,1"	23 msnm
	MIXTO 07	17° 51' 32,6"	93° 06' 57,5"	23 msnm
	MIXTO 08	17° 51' 33,6"	93° 06' 57,6"	23 msnm
	MIXTO 09	17° 51' 33,5"	93° 06' 57,6"	23 msnm
	MIXTO 10	17° 51' 34,1"	93° 06' 57,7"	23 msnm
	MIXTO 11	17° 51' 34,5"	93° 06' 52,2"	23 msnm
	MIXTO 12	17° 51' 3"	93° 06' 5"	23 msnm
	MIXTO 13	17° 51' 35,8"	93° 06' 57,0"	23 msnm
	MIXTO 14	17° 51' 34,8"	93° 06' 56,0"	23 msnm
	MIXTO 15	17° 51' 34,4"	93° 06' 56,0"	23 msnm
	MIXTO 16	17° 51' 34,0"	93° 06' 55,9"	23 msnm
	MIXTO 17	17° 51' 33,3"	93° 06' 56,0"	23 msnm

EXPLORACIÓN PROFUNDA

El proceso de exploración profunda (hasta 10.20 m aproximadamente) fue llevado a cabo mediante la utilización de equipo perforador Mobil Drill B-24 y consistió en le ejecución de los siguientes conceptos:



a) Maniobras de acomodo del equipo para dar inicio con la exploración.

b) Exploración del sitio, mediante la elaboración de diecisiete (17) sondeos con equipo motorizado Mobil Drill B-24, hasta una profundidad aproximada de 10.20m -exploración profunda- con barrenas helicoidales de 4" de diámetro.



c) Marcado de la tubería de media caña para la determinación de los parámetros de resistencia (Número de "N" de golpes).



- d) Determinación de parámetros de resistencia, mediante Prueba de Penetración Estándar (SPT-ASTM D 1586); de forma simultánea a la exploración con barrenas helicoidales, los resultados de este ensayo, son de utilidad para efectos de estimar la capacidad de carga admisible del suelo sujeto a estudio.



- e) Obtención de muestras alteradas con la tubería de media caña e Identificación de la estratigrafía existente en el lugar -determinación de espesores- (mediante avance y registro de sondeos mixtos).

Nota: las muestras fueron debidamente empacadas e identificadas para su traslado y análisis en laboratorio central.

EXPLORACIÓN SUPERFICIAL

La exploración superficial programada para el estudio solicitado, consistió en excavar diecisiete (17) sondeos tipo Pozo a Cielo Abierto, en los cuales las actividades principales fueron las siguientes (ver informe fotográfico):

- a) Realización, mediante máquina retroexcavadora de contratación local, de diecisiete (17) sondeos tipo pozo a cielo abierto (PCA), a una profundidad máxima de 4.00 m.



Nota: No fue posible avanzar hasta la profundidad de 4.00 m en todos los sondeos debido a la presencia del nivel de aguas freáticas.

- b) Identificación de la estratigrafía existente en el lugar (-determinación de espesores-).



- c) Muestreo alterado de los materiales que conforman cada uno de los estratos encontrados.



- d) Incado a presión de tubo shelby con el brazo de la retroexcavadora, para obtención de muestra inalterada en sondeo tipo PCA.



- e) Vista de la obtención de muestra inalterada obtenida.



- f) Vista de la presencia del nivel de aguas freáticas en los sondeos.



- g) Relleno de la oquedad resultante de los sondeos por políticas de seguridad del laboratorio y el cliente.



4.-ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES

En esta sección se presenta un resumen para cada sondeo realizado, con los datos obtenidos de campo y laboratorio, el cual describe las propiedades físicas de los materiales encontrados en la estratigrafía del sitio.

Conjuntamente con el resumen también se anexa el perfil estratigráfico con relación a los sondeos realizados, para efectos de conocer los espesores aproximados de cada estrato, así como su clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.; ASTM-D-2487-VIGENTE).

Básicamente la estratigrafía encontrada en el sitio, está conformada desde el nivel de superficie actual hasta los 3.30 m promedio, por una Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S.: CL. El material presenta límites de consistencia mayor al 40,00% y contenido de finos mayor al 71,00%.

De 3.30 m promedio a los 10.20 m correspondientes a la profundidad total de exploración, se ubica una Arcilla inorgánica arenosa, de baja plasticidad,



color gris, de clasificación según S.U.C.S: CL. El material cuenta con un límite líquido mayor al 29.00 % y contenido de arenas mayor al 38.00%. Únicamente en el sondeo Mixto No. 11, se aprecia un estrato de 6.74 m promedio a los 10.05 m correspondientes a la profundidad total de exploración, conformado por una Arena limosa con gravas mal graduadas, color gris, de clasificación según SUCS: SW-SM, este material no presenta límites de consistencia y cuenta con un contenido de gravas mayor al 7.00%. El Nivel de Aguas Freáticas (N.A.F.), hizo presencia a la profundidad de 2.79 m promedio y el espesor vegetal de despalme obedece a 0.40 m mínimo.

ESTRATIGRAFIA DE VILLAHERMOSA , TABASCO DE ACUERDO A LA SOCIEDAD MEXICANA DE INGENIERIA GEOTECNICA

ANTECEDENTES

La ciudad de Villahermosa, capital del estado de Tabasco, se encuentra situada a 17°59' de latitud Norte y 92°55' de longitud Oeste, a 10 m de altura sobre el nivel del mar. La agricultura, la ganadería, la pesca y la industrialización relacionada con la explotación de los recientemente descubiertos mantos de petróleo impulsan favorablemente la economía del estado.

Por encontrarse esta ciudad en una zona sísmica y debido a su crecimiento acelerado, la Secretaría de Obras Públicas encargó, al Instituto de Ingeniería de la UNAM el estudio de las características geológicas e ingenieriles del subsuelo en las áreas ocupadas actualmente y en las de futuro desarrollo. La información reunida será empleada para la elaboración de un reglamento de construcción de la zona.

GEOLOGIA REGIONAL

Fisiografía y estratigrafía

La Llanura Costera del Golfo, provincia fisiográfica en la que se encuentra ubicada la ciudad de Villahermosa, se extiende desde Florida hasta Yucatán, siendo interrumpida por la zona Neovolcánica y por el macizo de los Tuxtlas. En sus zonas litorales existen numerosas lagunas y, alejándose de la costa, el terreno es plano con lomeríos.

La ciudad de Villahermosa se ha desarrollado principalmente en un lomerío de la margen izquierda del río Grijalva, ya que las partes bajas son inundables.

La temperatura media anual es de 26.8°C y la precipitación media de 2,010 mm/año.

En la zona se encuentran dos formaciones: una constituida por depósitos elásticos del Terciario, formando lomeríos y otra por depósitos fluvio-lacustres del Cuaternario.



Los depósitos elásticos del Terciario (Tc) son de color café rojizo y café amarillento. Son arcillosos superficialmente y arenosos con gravas redondeadas de 2 a 3 cm de diámetro y ocasionalmente boleos de 10 a 15 cm, a mayor profundidad. Estos depósitos se utilizan como material para construcción de terraplenes.

Los depósitos fluvio-lacustres (Qui) se sedimentaron en el Cuaternario como consecuencia de las inundaciones del río Grijalva. Forman terrenos planos e inundables. En estos depósitos el nivel freático es superficial con variaciones anuales. Estos materiales son de color oscuro, constituidos por capas alternadas de limos arenosos y arcillas que presentan a menudo un alto contenido de materia orgánica. Sobre estos suelos existe poco desarrollo urbano.

En los sedimentos observados en la zona no se manifiestan señales de movimientos tectónicos. Estas formaciones cubren las rocas cretáceas profundas que seguramente fueron afectadas por los movimientos orogénicos que se sabe se verificaron en el Terciario. Es posible, por tanto, que existan estructuras profundas; sin embargo, estos rasgos no se conocen y quedan fuera del alcance de este estudio.

Historia sísmica

Aunque existen varios epicentros de sismos cercanos a la ciudad, estos son superficiales y de magnitud no mayor de 5 (Richter). Los sismos que llegan con mayor intensidad a Villahermosa son los que se originan en el estado de Chiapas a más de 100 km de profundidad, como puede verse siguiendo las isosistas de algunos macrosismos descritos en J. Figueroa, Sismicidad en Chiapas, Instituto de Ingeniería, UNAM, Informe No 316 (jun 1973).

A continuación se describen cuatro de los epicentros de más importancia localizados al sur de la ciudad.

Coordenadas	Distancia a la ciudad	Frecuencia	Fecha del sismo más importante	Magnitud escala Richter
N 17.50° W 92.80°	65 km	6 veces	May 28, 1937	6.5
N 17.33° W 92.12°	100 km	13 veces	Feb 5, 1954	6.7
N 16.72° W 93.08°	130 km	6 veces	Dic 14, 1935	7.3
N 16.58° W 92.58°	145 km	7 veces	Sep 23, 1902	7.8

EXPLORACION DEL SUBSUELO POR METODOS DIRECTOS

Los estudios geotécnicos que se consultaron fueron proporcionados por SOP, CFE, Solum, Dirac, Geotec, Ingeniería Experimental y Geosol. Estos estudios comprenden las exploraciones de los 10 sitios cuya ubicación se indica en la fig 17.1 con la misma numeración con que se identifican en la tabla 17.1. Casi todos los sitios estudiados se encuentran en la zona de depósitos elásticos continentales. Los sondeos se realizaron mediante pozos a cielo abierto y pruebas de penetración estándar hasta una profundidad que varía entre 4 y 28 m. La máxima profundidad de exploración es de 35 m y corresponde al estudio 10, ubicado al norte de la ciudad.

ZONIFICACION PRELIMINAR DEL AREA URBANA

Perfiles estratigráficos

El número de sitios explorados es reducido y la estratigrafía errática; por tanto, no se pudo correlacionar la información entre dos o más sitios para definir la estratigrafía de la zona. En las figs 17.2 a 17.12 se presentan perfiles estratigráficos "promedio" elaborados con la información de cada sitio.

En todos los estudios predominan las arcillas areno-limosas de consistencia media a dura y las arenas arcillosas de compacidad muy variable. Ocasionalmente se encuentran bolsas o lentes de turba, como en los sitios de los estudios 7, 9 y 10. En algunos sitios, como los de los estudios 5, 8 y 9, los sondeos alcanzaron una capa de arcilla de consistencia durísima a más de 13 m de profundidad. En el estudio 4 se encontró un estrato de arena muy compacta de 4 a 8 m bajo la superficie del terreno y de más de 15 m de espesor.

Propiedades de los suelos

Tanto los depósitos elásticos continentales como los fluvio-lacustres se caracterizan por su gran erraticidad, encontrándose arcillas arenosas y limosas de consistencia que varía de muy blanda a muy dura y arenas finas limo-arcillosas de compacidad muy variada, predominando las que están en estado suelto a medianamente compacto.

a) **Propiedades índice.** Puede observarse en los perfiles estratigráficos la erraticidad de las propiedades índice de los suelos encontrados. El intervalo de variación del contenido natural de agua es de 17 a 70 por ciento. En la turba, los contenidos de agua natural alcanzan valores de hasta 300 por ciento. El peso volumétrico en estado natural varía de 1.6 a 2.2 ton/m³ excepto en la turba donde baja a 1.18 ton/m³, y la relación de vacíos de 0.72 a 1.82. Esta información se presenta resumida en la tabla 17.1. Los valores de los límites de plasticidad de los suelos estudiados se han dibujado en la carta de plasticidad de la fig 17.13. Se observa que, aunque la mayor parte



de Jos suelos superficiales son de alta plasticidad, existe una tendencia a agruparse cerca de la línea B, es decir, en la frontera entre arcillas de alta y de baja compresibilidad (CL y CH).

b) **Propiedades mecánicas.** Los valores de las propiedades mecánicas mostradas en la tabla 17.1 confirman también la heterogeneidad de los suelos de la zona. Por ejemplo, en las arcillas limosas y arenosas de los depósitos elásticos continentales (Tc) se obtuvieron resistencias a la compresión sin confinar de 0.5 a 2.1 kg/cm², correspondiendo a contenidos de agua natural de 18 a 59 por ciento. La resistencia a la penetración estándar de estos materiales es, asimismo, muy variable con valores que van de 2 a 45 golpes.

En los depósitos aluviales (Qal) aparecen con más frecuencia lentes de turba y de arcilla con alto contenido de materia orgánica. Estos materiales son muy compresibles, pero presentan valores de cohesión en pruebas triaxiales consolidadas no drenadas de 2.4 a 15.0 kg/cm' y ángulos de fricción interna de 8° a 21°, relativamente altos. La capacidad de carga propuesta para el diseño de cimentaciones superficiales, en los estudios consultados, es de 10 a 20 ton/m² en la formación Tc y de 5 a 8 ton/m² en la Qal.

Zonificación preliminar

En el subsuelo de la ciudad de Villahermosa se pueden considerar dos zonas: una de lomeríos constituidos por los depósitos elásticos continentales (Te) y otra de terrenos bajos constituidos por los depósitos fluvio-lacustres (Qal); sin embargo, dada la gran erradicidad de los depósitos no se puede descartar la posibilidad de la existencia de lentes de turba y de arcillas muy compresibles dentro de la formación Te. Esta situación es más probable en zonas cercanas a la frontera entre las dos formaciones mencionadas.

En algunos sitios se detecta a una profundidad variable un estrato que resiste más de 60 golpes en penetración estándar. La delimitación de estas capas resistentes sólo será posible con un mayor número de exploraciones.

PROGRAMA DE ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

Sondeos exploratorios

A fin de lograr un mejor conocimiento de la estratigrafía del subsuelo de la ciudad de Villahermosa es necesario efectuar 30 sondeos exploratorios de 20 m de profundidad que cubran tanto las zonas actualmente ocupadas como las que serán, en un futuro próximo, áreas de desarrollo industrial y habitacional. Cuatro de las principales áreas de futuro desarrollo que incluyen gran parte de las zonas cercanas a la frontera entre las dos formaciones geológicas arriba mencionadas son:



La comprendida entre la laguna de las Ilusiones y el río Carrizal al norte de la ciudad.

El área que es ya asiento industrial y comercial, a pesar de que es inundable, que se extiende a ambos lados de la carretera Circuito del Golfo entre la laguna de las Ilusiones y el puente Grijalva, al oriente de la ciudad

La ubicada sobre la prolongación' sur del malecón, entre el paseo Tabasco y la carretera a Tuxtla Gutiérrez

Las áreas emplazadas a los lados del libramiento, actualmente en construcción, que principia al sur del puente de los Monos y termina en la prolongación sur del malecón.

En la fig 17.1 se presenta la localización de los sondeos complementarios propuestos. El tipo de sondeo apropiado para el subsuelo de Villahermosa es el mixto que combina la prueba de penetración estándar con recuperación de muestras representativas en suelos granulares y compactos con el muestreo inalterado con tubo Shelby en suelos finos muy compresibles.

Pruebas de laboratorio

En las muestras representativas se podrán determinar: el contenido de agua natural, la granulometría, los límites de plasticidad y la densidad de sólidos; en las muestras inalteradas se realizarán, además, pruebas de consolidación unidimensional, pruebas de compresión sin confinar y triaxiales consolidadas no drenadas.

En las muestras de estratos de arena en estado suelto se realizarán pruebas triaxiales con cargas repetidas, simulando las que provocaría un sismo y ensayos dinámicos en el aparato de columna resonante a torsión que aportarán parámetros dinámicos correlacionables con los obtenidos de mediciones sísmicas de campo que se describen a continuación.

Pruebas dinámicas de campo

En las perforaciones de los sitios en los que encuentren horizontes de suelos granulares sueltos se harán ensayos geosísmicos siguiendo el método empleado por Shima et al. (ref E. Shima, M. Yanagisawa and A. Allam, Experimental study). Estos ensayos permitirán obtener información sobre el comportamiento de los suelos in situ bajo la acción de los sismos.

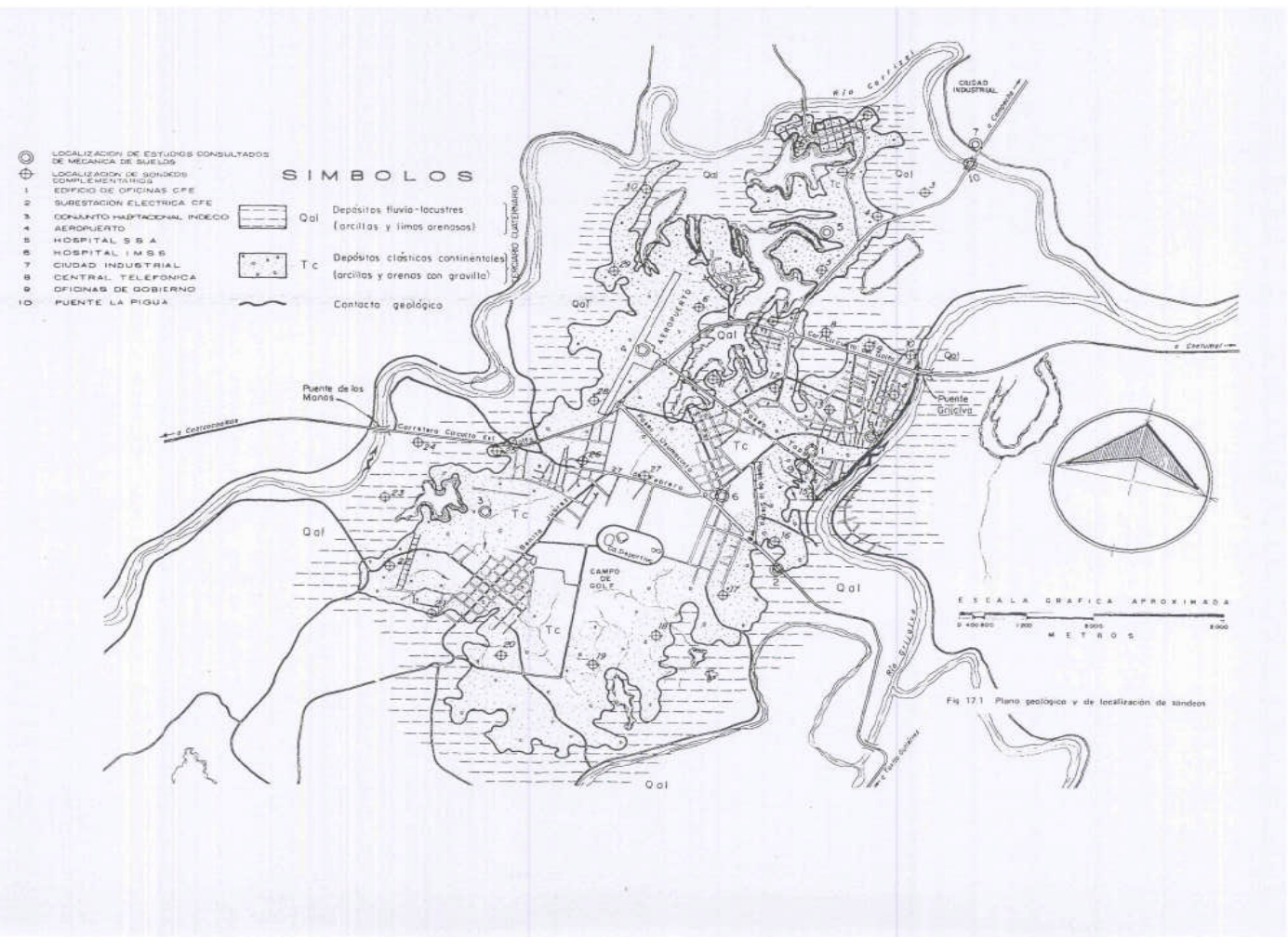
TABLA 17.1 PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS

Estudio	Nº	Sondeo	Prof. m	s_v	w_L %	w_L %	w_p %	e	γ ton/m ³	ϕ	c kg/cm ²	Prueba	Clasificación	Formación	Fig		
Edificio oficinas CFE	1	SPE-1	0.8	2.66	30	77	24	-	-	-	-	-	No se clasificaron	Tc	17.2		
		SPE-1	2.25	2.5	24	50	26	-	-	-	-	-	No se clasificaron				
		SPB-1	3.25	2.72	22	52	27	-	-	-	-	-	No se clasificaron				
		SPE-1	4.25	2.64	24	48	26	-	-	-	-	-	No se clasificaron				
		SPE-2	0.75	2.77	25	68	29	-	-	-	-	-	No se clasificaron				
		SPE-2	2.25	2.73	25	54	29	-	-	-	-	-	No se clasificaron				
		SPE-2	3.25	2.69	24	53	26	-	-	-	-	-	No se clasificaron				
		SPE-2	4.75	2.59	25	44	27	-	-	-	-	-	No se clasificaron				
		SPE-3	0.8	2.64	22	46	25	-	-	-	-	-	No se clasificaron				
		SPE-3	1.75	2.69	17	46	24	-	-	-	-	-	No se clasificaron				
		SPE-3	3.25	2.67	22	47	25	-	-	-	-	-	No se clasificaron				
		SPE-3	4.25	2.65	25	44	26	-	-	-	-	-	No se clasificaron				
SPE-3	5.75	2.66	30	44	24	-	-	-	-	-	No se clasificaron						
Subestación eléctrica CFE	1	PCA-1	1.2	2.57	19	50	26	-	-	-	-	-	Arcilla arenosa	Tc-Qal	17.3		
		PCA-1	2.4	2.7	21	48	26	-	-	-	-	-	Arcilla limo-arenosa				
		PCA-1	4.2	-	27	53	29	-	-	-	-	-	Limo arenoso *				
		PCA-2	1.2	2.68	24	65	29	-	-	-	-	-	Arcilla arenosa *				
		PCA-2	2.4	2.72	18	54	21	-	-	-	-	-	Limo arenoso-arcilloso*				
		PCA-2	4.2	2.65	30	52	30	-	-	-	-	-	Limo arenoso-arcilloso*				
		PCA-3	0.5	2.66	22	49	27	-	-	-	-	-	Arcilla limosa				
		PCA-3	1.4	2.67	22	48	27	-	-	-	-	-	Arcilla limosa *				
		PCA-3	3.3	2.71	24	50	30	-	-	-	-	-	Limo arcilloso-arenoso*				
		PCA-4	1.0	2.69	21	46	20	-	-	-	-	-	Limo arenoso-arcilloso*				
		PCA-4	3.6	2.72	18	37	29	-	-	-	-	-	Limo arenoso-arcilloso*				
		PCA-5	1.2	2.71	30	47	26	-	-	-	-	-	Arcilla limo-arenosa*				
		PCA-5	3.2	2.70	27	52	28	-	-	-	-	-	Arcilla arenosa*				
		PCA-6	1.2	2.68	24	63	27	-	-	-	-	-	Arcilla arenosa				
		PCA-6	2.7	2.67	24	46	27	-	-	-	-	-	Arcilla arenosa				
		PCA-6	3.2	2.66	33	43	24	-	-	-	-	-	Arcilla arenosa*				
		SPE	0.8	2.47	25	57	19	-	-	-	-	-	-			-	
		SPE	2.3	2.66	23	54	28	-	-	-	-	-	-			-	
SPE	3.8	2.68	23	49	29	-	-	-	-	-	-	-					
SPE	5.3	2.57	29	51	30	-	-	-	-	-	-	-					
Conjunto habitacional INDECO	3	S-1	1.5	-	22	-	-	-	-	-	1.07	CS	Arcilla arenosa	Tc	17.4		
		S-2	1.5	-	18	-	-	-	-	-	0.39	CS	Arcilla arenosa				
		S-3	1.45	-	21	-	-	-	-	-	0.55	CS	Arcilla arenosa				
		S-4	1.35	-	24	-	-	-	-	-	0.83	CS	Arcilla arenosa				
		S-4	2.50	-	24	-	-	-	-	-	-	-	Arcilla arenosa				
		S-5	1.35	-	22	-	-	-	-	-	0.53	CS	Arcilla arenosa				
		S-4	0.5	-	33	35	45	-	-	-	-	-	Arcilla poco arenosa				
		SP-2	1.8	-	32	55	25	-	-	-	-	-	Limo arcilloso-arenoso (CH-MH)				
Aeropuerto	4	1	2.9	-	31	44	18	-	-	-	-	-	Arcilla	Tc	17.6		
		3	4.7	-	31	42	22	-	-	-	-	-	Arcilla poco arenosa				
		2	5.7	-	33	46	22	-	-	-	-	-	Arcilla				
Hospital SSA	5	SE-1	4.7	-	44	72	39	-	-	-	-	-	Arcilla limosa	Tc	17.7		
		SM-1	3.3	-	34	62	19	-	-	-	-	-	Arcilla arenosa				
		PCA-1	2.0	2.80	30	74	24	1.26	1.65	11*	0.55	UU	Arcilla poco limosa				
		PCA-1	4.0	2.89	59	85	14	1.82	1.64	-	0.34	CS	Arcilla poco limosa				
		PCA-2	2.0	2.74	32	71	27	0.98	1.80	-	0.55	CS	Arcilla poco limosa				
Hospital IMSS	6	PCA-2	4.0	2.80	40	78	28	1.42	1.69	-	0.24	CS	Arcilla poco limosa	Tc	17.8		
		PCA-3	2.0	2.67	25	71	33	0.72	1.90	-	0.64	CS	Arcilla poco limosa				
		S-1	0.3-40	-	40	105	48	-	-	-	-	-	-			Limo arcilloso	
S-1	40-100	-	30	40	25	-	-	-	-	-	-	-	Arcilla limosa				
S-2	3.0	-	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Limo arcilloso				
S-2	42-90	-	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Limo arcilloso				
PCA-A	1.4	2.79	34	114	63	1.25	1.69	-	-	-	-	-	Arcilla limosa				
PCA-B	1.6	2.77	30	83	44	1.02	1.80	-	-	-	-	-	Arcilla limosa				
Ciudad Industrial	7	SC-1	5.0	-	40	48	-	-	-	21*	3.4	CU	Arcilla limosa	Qal	17.9		
		SC-1	14.1	-	220	440	300	-	-	-	-	-	-			Turba	
		SC-2	6.0	-	40	75	30	-	1.90	10*	4.0	CU	Arcilla poco limosa				
		SC-2	16.0	-	300	-	-	-	1.18	8.5*	14.8	CU	Turba				
		SC-3	3.2	-	70	90	30	-	1.87	-	2.37	CS	Arcilla poco limosa				
		SC-3	12.0	-	220	240	95	-	1.18	-	5.52	CS	Turba				
		PCA-1	0.8	-	35	62	33	-	2.2	-	3.8	CS	Limo arcilloso				
		PCA-2	2.7	-	48	-	-	-	1.7	-	3.6	CS	Arcilla grs				
PCA-3	1.7	-	37	54	24	-	-	-	-	-	-	Arcilla amarilla					
PCA-4	1.5	-	35	56	26	-	1.8	-	12.0	CS	Arcilla muy firme						
Central telefonica	8	E-1	4.0	2.49	35	-	-	0.87	1.8	-	-	-	-	Arcilla limosa gris	Tc	17.10	
		E-1	6.0	2.53	34	-	-	-	0.89	1.8	-	-	-	-			Arcilla limosa gris
		E-2	5.0	-	34	51	25	-	-	-	-	-	-	-			Arcilla limosa café y gris
		E-2	7.0	-	36	40	23	-	-	-	-	-	-	-			-
		PCA	2.0	2.56	38	55	26	1.0	1.76	-	0.30	CS	Arcilla limosa café				
Oficinas de Gobierno	9	SP-1	3.1	-	47	70	33	-	-	-	-	-	-	Arcilla limosa gris oscuro	Tc-Qal	17.11	
		SP-1	4.4	-	57	73	35	-	-	-	-	-	-	-			Turba
		SP-1	5.4	-	113	145	63	-	-	-	-	-	-	-			-
		SP-1	7.4	-	155	399	166	-	-	-	-	-	-	-			-
Puente La Pigua	10	1	35.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Area fina limosa	Qal	17.12	

* Residual

Notaciones:

- s_v densidad de sólidos
- w contenido de agua natural
- w_L límite líquido
- w_p límite plástico
- e relación de vacíos
- γ peso volumétrico natural
- ϕ ángulo de fricción interna
- c cohesión
- CS prueba de compresión sin confinamiento
- UU prueba triaxial no consolidada no drenada
- CU prueba triaxial consolidada no drenada



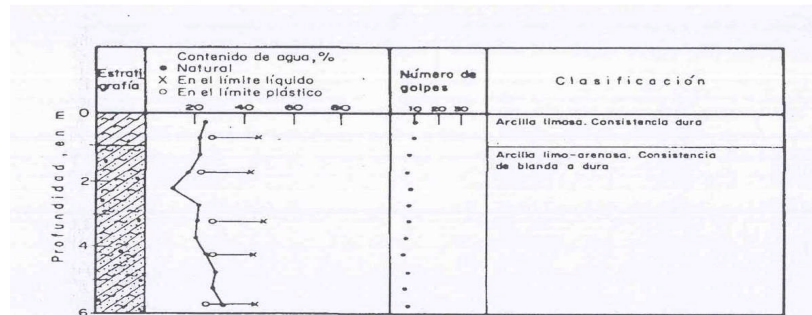


Fig 17.2 Estudio 1. Edificio de oficinas CFE

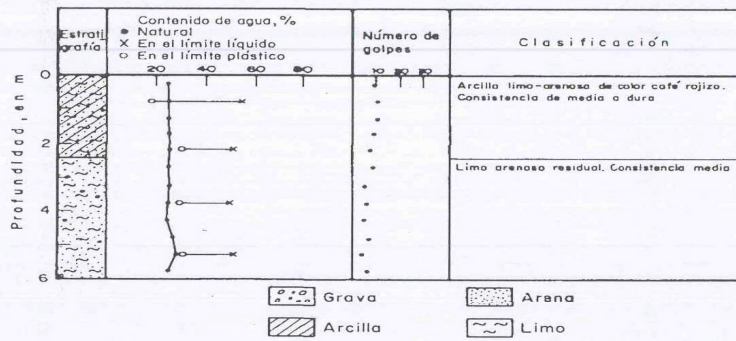


Fig 17.3 Estudio 2. Subestación eléctrica CFE

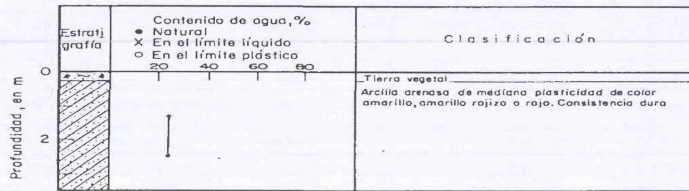


Fig 17.4 Estudio 3. Conjunto habitacional INDECO. Zona de lomerío

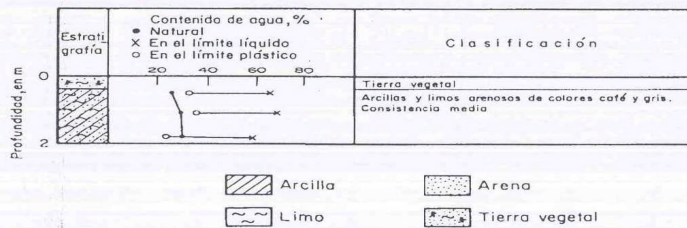
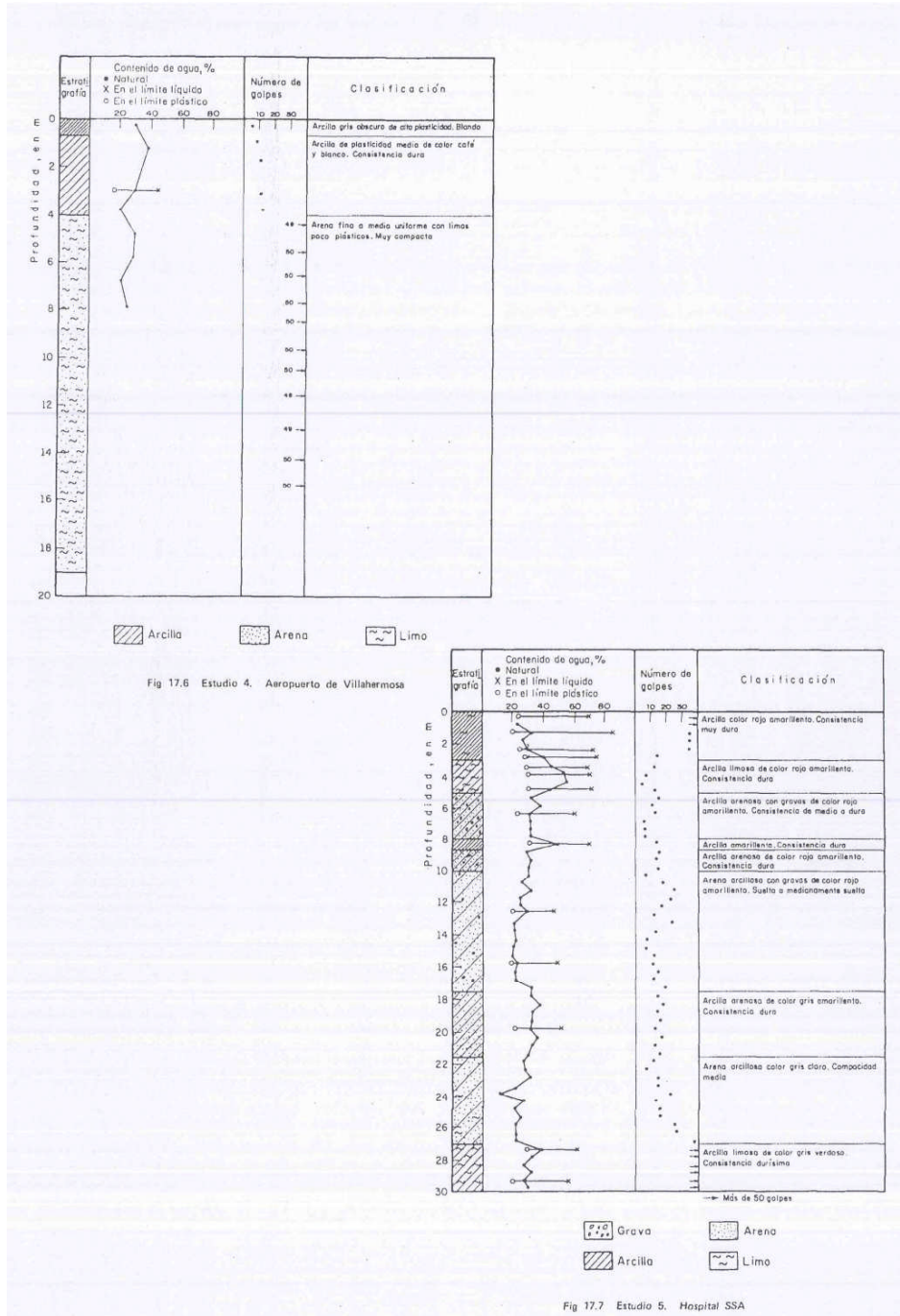
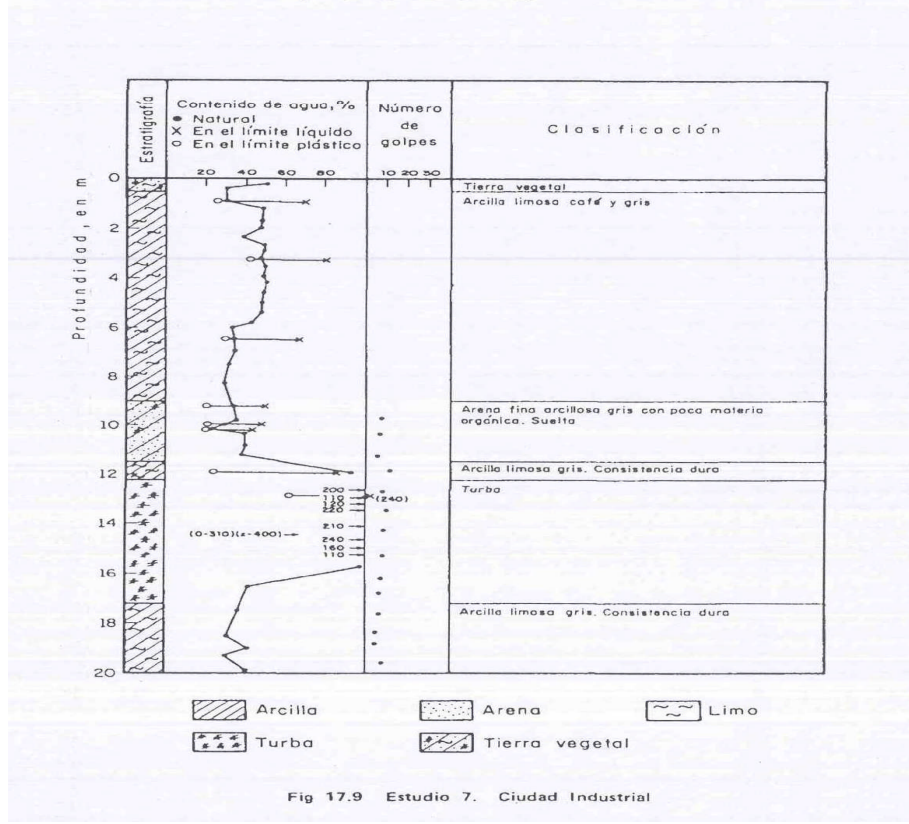
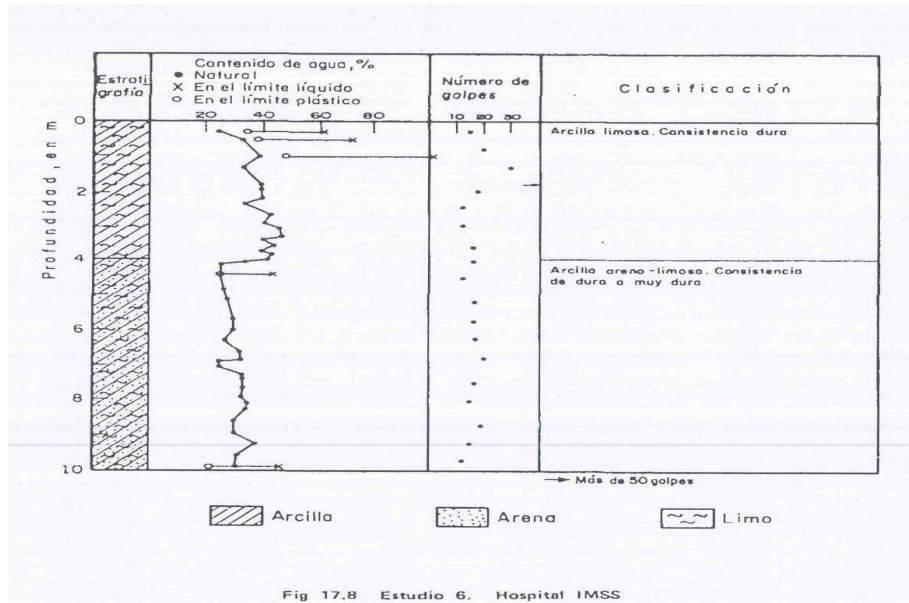


Fig 17.5 Estudio 3. Conjunto habitacional INDECO. Zona baja





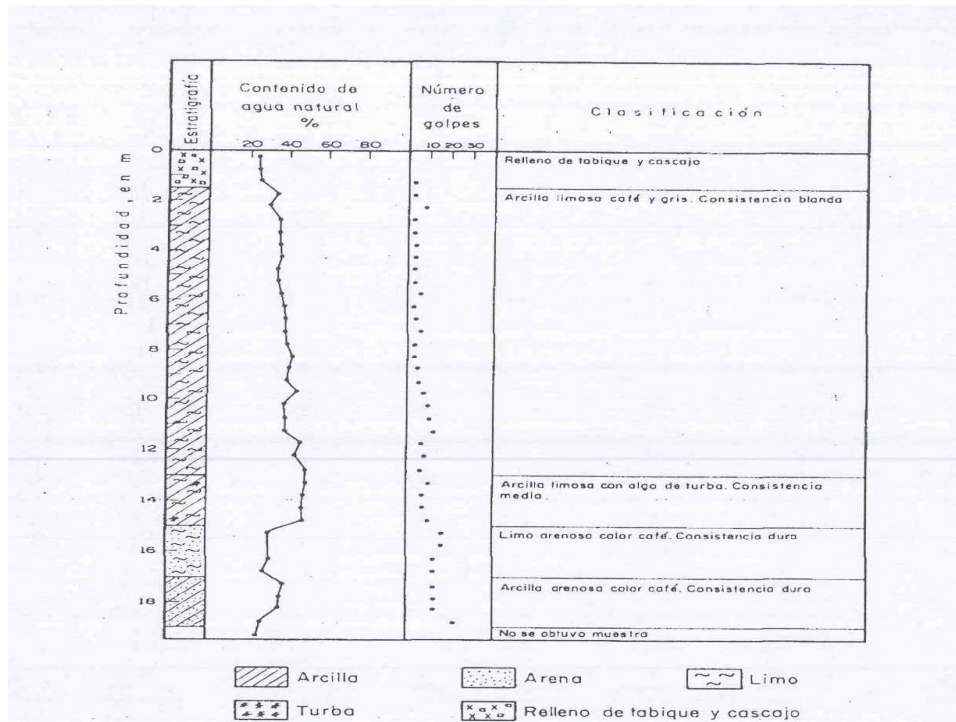


Fig 17.10 Estudio 8. Central telefónica

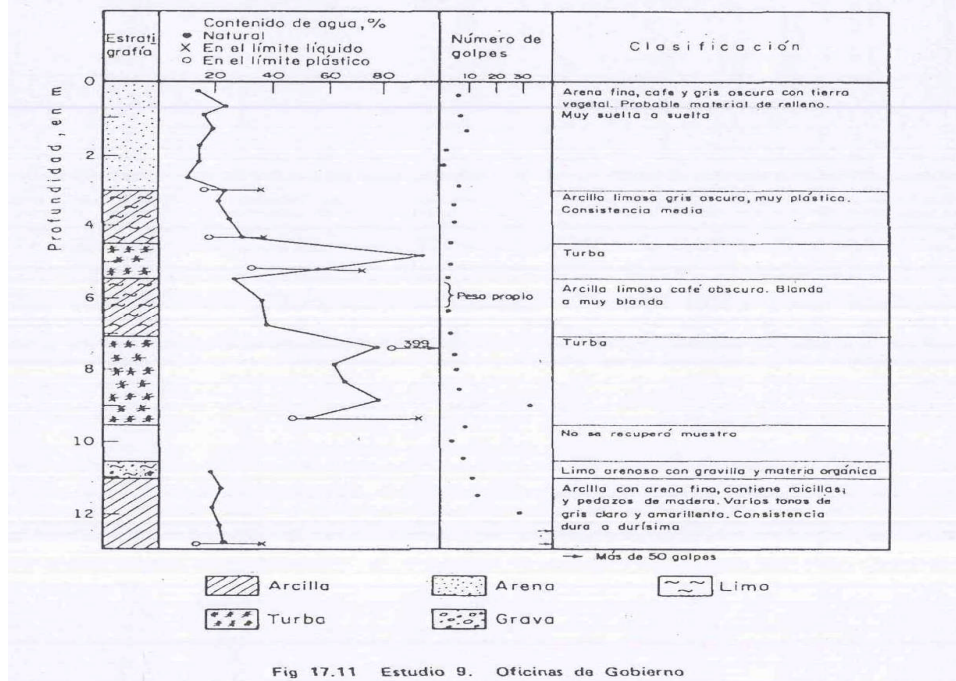


Fig 17.11 Estudio 9. Oficinas de Gobierno

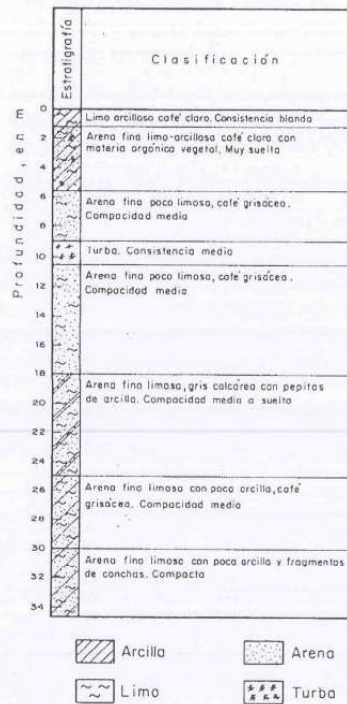


Fig 17.12 Estudio 10. Puente La Pigua

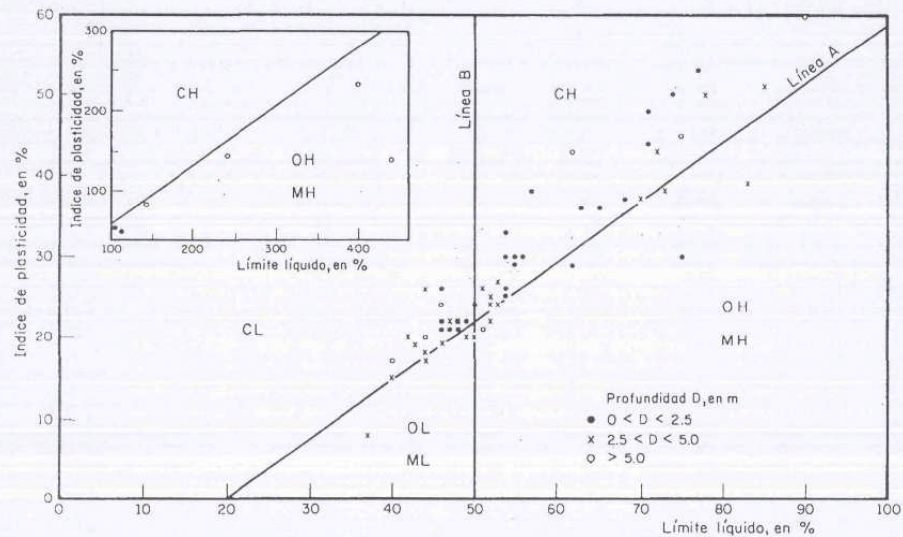


Fig 17.13 Carta de plasticidad



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

		PROYECTO:				SONDEO No: MIXTO 01					
		S.E CACTUS SWITCHEO				LOCALIZACION			ELEVACION		
						N= 17° 51' 35,8"			E = 24 msnm		
						W = 93° 06' 55,3"					
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	3.74	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	49.72	29.18	20.54	2.61	1 510	0.00	22.41	77.59	CL: 7.83% ωNAT: 31.72 %
	10.08	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	32.71	22.34	10.37	2.80	1 532	0.00	38.32	61.68	CL: 3.03 % ωNAT: 28.36 %

OBSERVACIONES:
 N.P. No presente
 N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	1.50	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	45.23	25.45	19.78	2.60	1 519	0.00	28.50	71.50	CL: 7.37% wNAT: 30.93 %
	10.10	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	31.75	21.18	10.57	2.81	1 534	0.00	41.38	58.62	CL: 3.10 % wNAT: 29.38 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia.

PROYECTO:		SONDEO No: MIXTO 03	
S.E CACTUS SWITCHEO		LOCALIZACION	ELEVACION
		N= 17° 51' 32,6"	E = 24 msnm
		W = 93° 06' 54,6"	

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	2.15	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	41.92	22.72	19.20	2.62	1 508	0.00	27.10	72.90	CL: 7.08% wNAT: 31.42 %
	10.08	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	30.72	22.13	8.59	2.80	1 522	0.00	40.12	59.88	CL: 2.74 % wNAT: 28.22 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	5.15	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	42.70	23.22	19.48	2.60	1 508	0.00	22.12	77.88	CL: 7.68% wNAT: 32.10 %
	10.00	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	31.88	22.80	9.08	2.80	1 536	0.00	42.48	57.52	CL: 3.36 % wNAT: 27.78 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia.

PROYECTO:		SONDEO No: MIXTO 05	
S.E CACTUS SWITCHEO		LOCALIZACION	ELEVACION
		N= 17° 51' 32,6"	E = 23 msnm
		W = 93° 06' 56,7"	

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	5.22	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	42.72	22.11	20.61	2.62	1 512	0.00	22.88	77.12	CL: 7.38% wNAT: 31.93 %
	10.05	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	30.36	20.74	9.62	2.80	1 494	0.00	41.52	58.48	CL: 3.12 % wNAT: 28.49 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
▼ N.A.F.	1.20m	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	41.05	23.37	17.68	2.63	1 528	0.00	26.9	73.10	CL: 6.88% ωNAT: 30.60 %
	5.20	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	31.25	20.63	10.62	2.79	1 483	0.00	41.25	58.75	CL: 2.79 % ωNAT: 29.40 %
	10.00										

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 1,20 m.

PROYECTO:		SONDEO No: MIXTO 07	
S.E CACTUS SWITCHEO		LOCALIZACION	ELEVACION
		N= 17° 51' 32,6"	E= 23 msnm
		W = 93° 06' 57,5"	

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
▼ N.A.F.	1.40m	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	43.62	23.74	19.88	2.61	1 514	0.00	23.98	76.02	CL: 7.03% ωNAT: 32.48 %
	5.25	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	29.74	21.42	8.32	2.82	1 498	0.00	42.36	57.64	CL: 2.87 % ωNAT: 28.92 %
	10.06										

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 1,40 m.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
▼ NAF	1.40m	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	42.78	23.56	19.22	2.62	1 498	0.00	25.12	74.88	CL: 7.28% ωNAT: 32.82 %
	3.58										
10.05		ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	31.84	22.34	9.50	2.82	1 539	0.00	43.28	56.72	CL: 3.36 % ωNAT: 29.42 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 1,40 m.

PROYECTO:		SONDEO No: MIXTO 09	
S.E CACTUS SWITCHEO		LOCALIZACION	ELEVACION
		N= 17° 51' 33,5"	E = 23 msnm
		W = 93° 06' 57,6"	

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
▼ NAF	1.20m	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	42.68	23.24	19.44	2.62	1 494	0.00	24.77	75.23	CL: 7.36% ωNAT: 33.13 %
	3.65										
10.20		ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	31.98	22.18	9.80	2.80	1 528	0.00	43.28	56.72	CL: 3.56 % ωNAT: 28.49 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 1,20 m.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	1.40m	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	43.18	22.45	20.73	2.60	1 490	0.00	24.92	75.08	CL: 7.21% wNAT: 32.92 %
	2.70	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	32.06	22.34	9.72	2.80	1 531	0.00	43.78	56.22	CL: 3.41% wNAT: 28.92 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 1.40m .

PROYECTO:		SONDEO No: MIXTO 11	
S.E CACTUS SWITCHEO		LOCALIZACION	ELEVACION
		N= 17° 51' 34,5"	E= 23 msnm
		W = 93° 06' 52,2"	

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	1.55	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	42.70	23.15	19.55	2.61	1 506	0.00	25.98	74.02	CL: 6.98% wNAT: 32.93 %
	5.20m	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	33.98	23.42	10.56	2.80	1 496	0.00	40.92	59.08	CL: 3.32% wNAT: 30.42 %
	6.74	ARENA LIMOSA CON GRAVAS, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. SP	NP	NP	NP	3.03	1 578	7.84	86.18	59.80	CL: 0.00% wNAT: 7.93 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 5.20m .



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γ _d . SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	3.74	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	42.00	23.91	18.09	2.61	1 525	0.00	23.62	76.38	CL: 6.79% ωNAT: 30.31 %
	6.00m	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	33.50	22.77	10.73	2.79	1 524	0.00	40.75	59.25	CL: 3.19 % ωNAT: 28.63 %
	10.10										

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 6,00m.

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γ _d . SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	3.72	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	43.78	23.32	20.46	2.62	1 510	0.00	26.18	73.82	CL: 7.48% ωNAT: 32.86 %
	6.50m	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	33.28	23.78	9.50	2.81	1 502	0.00	40.38	59.62	CL: 3.28 % ωNAT: 31.08 %
	10.04										

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad a 6,50 m .



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	2.00m	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGÚN S.U.C.S. CL	42.78	23.91	18.87	2.61	1 508	0.00	23.78	76.22	CL: 7.22% ωNAT: 31.72 %
▼ NAF	2.15										
	10.10	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGÚN S.U.C.S. CL	31.18	22.12	9.06	2.80	1 499	0.00	42.11	57.89	CL: 3.22 % ωNAT: 30.10 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 12,00m .

PROYECTO:		SONDEO No: MIXTO 15	
S.E CACTUS SWITCHEO		LOCALIZACION	ELEVACION
		N= 17° 51' 34,4"	E= 23 msnm
		W = 93° 06' 56,0"	

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	2.18	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGÚN S.U.C.S. CL	41.72	22.34	19.38	2.61	1 522	0.00	27.10	72.90	CL: 6.84% ωNAT: 31.78 %
	2.20m										
▼ NAF	10.00	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGÚN S.U.C.S. CL	30.41	21.22	9.19	2.81	1 541	0.00	41.21	58.79	CL: 2.72 % ωNAT: 27.92 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 2.20m .



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

	PROYECTO: S.E CACTUS SWITCHEO	SONDEO No: MIXTO 16		
		LOCALIZACION		ELEVACION
		<i>N= 17° 51' 34,0"</i>		<i>E = 23 msnm</i>
		<i>W = 93° 06' 55,9"</i>		

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	2.28	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	41.22	22.78	18.44	2.60	1 512	0.00	27.06	72.94	CL: 6.83% ωNAT: 32.11 %
	2.40m	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	31.42	22.78	8.64	2.82	1 543	0.00	41.20	58.80	CL: 2.71 % ωNAT: 27.93 %
	10.06										

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 2,40 m.

	PROYECTO: S.E CACTUS SWITCHEO	SONDEO No: MIXTO 017		
		LOCALIZACION		ELEVACION
		<i>N= 17° 51' 33,3"</i>		<i>E = 23 msnm</i>
		<i>W = 93° 06' 56,0"</i>		

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	2.45	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	40.25	23.28	16.97	2.61	1 518	0.00	25.85	74.15	CL: 7.21% ωNAT: 31.88 %
	2.60m	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	31.50	20.71	10.79	2.82	1 555	0.00	40.25	59.75	CL: 2.67 % ωNAT: 27.09 %
	10.15										

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia a la profundidad de 2,60 m.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

	PROYECTO: S.E CACTUS SWITCHEO	SONDEO No: PCA 01	
		LOCALIZACION	ELEVACION
		$N = 17^{\circ} 51' 33,9$ $W = 93^{\circ} 06' 54,7$	$E = 20 \text{ msnm}$

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
[Cyan Box]	1.80	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFE CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	48.60	28.75	19.85	2.61	1 522	0.00	23.19	76.81	LOS PRIMEROS 0.10 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.46% ωNAT: 30.89 %
[Orange Box]	3.20	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	30.95	20.17	10.78	2.78	1 548	0.00	40.25	59.75	CL: 3.78% ωNAT: 28.30 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia .

	PROYECTO: S.E CACTUS SWITCHEO	SONDEO No: PCA 03 2	
		LOCALIZACION	ELEVACION
		$N = 17^{\circ} 51' 32,6$ $W = 93^{\circ} 06' 54,4$	$E = 19 \text{ msnm}$

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
[Cyan Box]	1.30	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFE CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	44.92	27.97	16.95	2.60	1 489	0.00	21.88	78.12	LOS PRIMEROS 0.50 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.21% ωNAT: 32.09 %
[Orange Box]	3.70	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	31.92	22.17	9.75	2.79	1 539	0.00	39.19	60.81	CL: 2.75% ωNAT: 27.88 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia a la profundidad de exploracion.

	PROYECTO: S.E CACTUS SWITCHEO	SONDEO No: PCA 03	
		LOCALIZACION	ELEVACION
		$N = 17^{\circ} 51' 32,5$ $W = 93^{\circ} 06' 56,0$	$E = 19 \text{ msnm}$

SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	yd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
[Cyan Box]	3.10	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFE CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	40.95	22.18	18.77	2.62	1 502	0.00	28.17	71.83	LOS PRIMEROS 0.50 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.19% ωNAT: 31.79 %
[Orange Box]	3.70	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR GRIS, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	30.97	22.30	8.67	2.80	1 532	0.00	38.67	61.33	CL: 2.49% ωNAT: 28.09 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 3.00 m de profundidad.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

SIMBOLOGIA		PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SECO ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
				L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
				43.16	23.42	19.74	2.59	1 517	0.00	21.88	78.12	LOS PRIMEROS 0.30 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.33% wNAT: 31.25 %
		3.30	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL									
OBSERVACIONES: N.P. No presente N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia .												
				42.07	22.15	19.92	2.61	1 506	0.00	24.06	75.94	LOS PRIMEROS 0.20 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.62% wNAT: 32.19 %
		3.60	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL									
OBSERVACIONES: N.P. No presente N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia.												
				40.86	22.98	17.88	2.62	1 519	0.00	23.16	76.84	LOS PRIMEROS 0.70 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.47% wNAT: 31.89 %
		3.10	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL									
OBSERVACIONES: N.P. No presente N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 2.80 m.												
				43.71	23.69	20.02	2.61	1 524	0.00	22.69	77.31	LOS PRIMEROS 0.50 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 6.79% wNAT: 31.76 %
		1.50	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL									
OBSERVACIONES: N.P. No presente N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 1.40 m.												



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



CLIENTE:		PROYECTO: S.E CACTUS SWITCHEO			SONDEO No: PCA 08						
					LOCALIZACION			ELEVACION			
					N= 17° 51' 33,5			E = 20 msnm			
					W = 93° 06' 57,7						
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
N.A.F. 1.70 m	1.80	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	42.57	23.51	19.06	2.62	1 509	0.00	24.86	75.14	LOS PRIMEROS 0.40 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.19% ωNAT: 32.61 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 1.70 m.

CLIENTE:		PROYECTO: S.E CACTUS SWITCHEO			SONDEO No: PCA 09						
					LOCALIZACION			ELEVACION			
					N= 17° 51' 33,3			E = 20 msnm			
					W = 93° 06' 57,4						
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
N.A.F. 1.60 m	1.60	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	41.72	21.91	19.81	2.61	1 502	0.00	22.61	77.39	LOS PRIMEROS 0.40 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.52% ωNAT: 33.02 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 1.60 m.

CLIENTE:		PROYECTO: S.E CACTUS SWITCHEO			SONDEO No: PCA 10						
					LOCALIZACION			ELEVACION			
					N= 17° 51' 34,2			E = 20 msnm			
					W = 93° 06' 57,8						
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
N.A.F. 1.60 m	1.60	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	43.33	20.53	22.80	2.60	1 486	0.00	25.19	74.81	LOS PRIMEROS 0.50 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.03% ωNAT: 33.12 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 1.60 m.

RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO Y LABORATORIO

CLIENTE:		PROYECTO: S.E CACTUS SWITCHEO			SONDEO No: PCA 11						
					LOCALIZACION			ELEVACION			
					N= 17° 51' 34,3			E = 20 msnm			
					W = 93° 06' 57,4						
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
N.A.F. 3.50 m	3.50	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	42.50	23.28	19.22	2.61	1 519	0.00	24.33	75.67	LOS PRIMEROS 0.80 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 6.62% ωNAT: 31.79 %

OBSERVACIONES:

N.P. No presente

N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia a la profundidad de exploracion.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN



		PROYECTO:		SONDEO No: PCA 12							
		S.E CACTUS SWITCHEO		LOCALIZACION			ELEVACION				
				N= 17° 51' 35,7			E = 20 msnm				
				W = 93° 06' 57,0							
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	3.70	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	41.88	22.26	19.62	2.62	1 517	0.00	22.61	77.39	LOS PRIMEROS 0.40 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.02% ωNAT: 30.88 %

OBSERVACIONES:
N.P. No presente
N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia a la profundidad de exploración.

		PROYECTO:		SONDEO No: PCA 13							
		S.E CACTUS SWITCHEO		LOCALIZACION			ELEVACION				
				N= 17° 51' 35,7			E = 20 msnm				
				W = 93° 06' 55,3							
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	3.90	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	42.92	22.13	20.79	2.62	1 518	0.00	25.87	74.13	LOS PRIMEROS 0.20 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.21% ωNAT: 31.92 %

OBSERVACIONES:
N.P. No presente
N.A.F. El nivel de aguas filtradas NO hizo presencia.

		PROYECTO:		SONDEO No: PCA 14							
		S.E CACTUS SWITCHEO		LOCALIZACION			ELEVACION				
				N= 17° 51' 34,9			E = 20 msnm				
				W = 93° 06' 56,1							
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	2.30	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	45.09	24.92	20.17	2.60	1 504	0.00	25.19	74.81	LOS PRIMEROS 0.40 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.62% ωNAT: 32.09 %

OBSERVACIONES:
N.P. No presente
N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 2.30 m.

		PROYECTO:		SONDEO No: PCA 15							
		S.E CACTUS SWITCHEO		LOCALIZACION			ELEVACION				
				N= 17° 51' 34,6			E = 20 msnm				
				W = 93° 06' 56,0							
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
	2.40	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	46.17	25.15	21.02	2.62	1 522	0.00	26.03	73.97	LOS PRIMEROS 0.30 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 6.87% ωNAT: 30.92 %

OBSERVACIONES:
N.P. No presente
N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 2.40 m.

		PROYECTO: S.E CACTUS SWITCHEO				SONDEO No: PCA 16					
						LOCALIZACION			ELEVACION		
						N= 17° 51' 34,1			E = 20 msnm		
						W = 93° 06' 56,0					
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
N.A.F. 2.20 m	2.30	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	43.81	23.48	20.33	2.61	1 512	0.00	23.03	76.97	LOS PRIMEROS 0.50 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 7.19% ωNAT: 32.03 %
OBSERVACIONES: N.P. No presente N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 2.20 m.											

		PROYECTO: S.E CACTUS SWITCHEO				SONDEO No: PCA 17					
						LOCALIZACION			ELEVACION		
						N= 17° 51' 33,4			E = 20 msnm		
						W = 93° 06' 56,1					
SIMBOLOGIA	PROF. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL	LIMITES DE CONSISTENCIA			Ss.	γd. SEC ₃ (kg/m ³)	ANALISIS GRANULOMETRICO (%)			OBSERVACIONES
			L.L.	L.P.	I.P.			GRAVA	ARENA	FINOS	
N.A.F. 2.50 m	2.60	ARCILLA INORGANICA ARENOSA, COLOR CAFÉ CLARO, DE CLASIFICACION SEGUN S.U.C.S. CL	43.87	23.65	20.22	2.61	1 517	0.00	25.12	74.88	LOS PRIMEROS 0.60 M CORRESPONDEN A UN ESPESOR VEGETAL. CL: 6.92% ωNAT: 31.88 %
OBSERVACIONES: N.P. No presente N.A.F. El nivel de aguas filtradas hizo presencia a la profundidad de 2.50 m.											

5.-DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA

Con respecto a los ensayos de Penetración Estándar (SPT) y triaxiales realizados, con el objeto de determinar para diferentes profundidades, los parámetros de resistencia que sirvieran para calcular la respectiva capacidad de carga, se presentan los siguientes resultados:

Tabla No. 3
Resultados de la Prueba de Penetración Estándar.

SONDEO No.	PROFUNDIDAD DE PRUEBA (m)	ESTRATIGRAFIA (S.U.C.S.)	NUMERO DE GOLPES		PARAMETROS DE RESISTENCIA OBTENIDOS DE N (CORRELACION)	
			Ncampo	N70	ϕ	c (kg/cm ²)
NAF ▼1,20m***	1,00	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S.: CL (De 0,00 a 5,20 m)	10	9	0°	0,59
	2,00		12	10	0°	0,74**
	3,00		18	15	0°	0,74**
	4,00		26	22	0°	0,74**
	5,00		30	26	0°	0,74**
	6,00	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S.: CL (De 5,20 a 10,00 m)	35	31	0°	2,08**
	7,00		38	34	0°	2,08**
	8,00		40	35	0°	2,08**
	9,00		43	38	0°	2,08**
	10,00		44	40	0°	2,08**
NAF ▼5,20m***	1,00	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S.: CL (De 0,00 a 1,55 m)	15	14	0°	0,99**
	2,00	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S.: CL (De 1,55 a 6,74 m)	20	16	0°	1,05
	3,00		35	31	0°	1,33**
	4,00		39	35	0°	1,33**
	5,00		42	39	0°	1,33**
	6,00		45	41	0°	1,33**
MIXTO 11*	7,00	Arena limosa con gravas, color gris, de clasificación según S.U.C.S.: SW-SM. (De 6,74 a 10,05 m)	46	42	36°	0
	8,00		48	43	36°	0
	9,00		50	45	36°	0
	10,00		50	45	36°	0
NAF ▼2,60m***	1,00	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S.: CL (De 0,00 a 2,45 m)	7	6	0°	0,36
	2,00		9	8	0°	0,67**
MIXTO 17*	3,00	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S.: CL (De 2,45 a 10,15 m)	27	24	0°	1,58
	4,00		34	30	0°	1,86**
	5,00		41	37	0°	1,86**
	6,00		43	38	0°	1,86**
	7,00		45	40	0°	1,86**
	8,00		47	43	0°	1,86**
	9,00		47	43	0°	1,86**
	10,00		50	45	0°	1,86**

* Sondeos más representativos de la exploración.

** Valor obtenido directamente del ensayo triaxial.

*** A pesar de que el nivel de aguas freáticas, se encontró a esta profundidad, para efectos de cálculo, se está considerando que este nivel puede fluctuar, por lo que en el cálculo se considera a 0,00 m.

Tabla No. 3-A
Resultados de ensayos triaxiales realizados.

ENSAYE No.	SONDEO Y PROFUNDIDAD	TIPO DE MATERIAL	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE TRIAXIAL	CONDICIONES INICIALES DE PRUEBA			RESULTADOS OBTENIDOS	
					MASA VOLUMETRICA SECA (kg/m ³)	MASA VOLUMETRICA HUMEDA (kg/m ³)	GRADO DE 9 COMPACTACION (%)	φ	C (kg/cm ²)
01	MIXTO 06 (A 2.00 m)	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL	Inalterada	UU	1 528	1 598	95.66%	4.25	0.74
02	MIXTO 06 (A 5.50 m)	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S: CL	Inalterada	UU	1 483	1 56	95.06%	11.85	2.08
03	MIXTO 11 (A 1.00 m)	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL	Inalterada	UU	1 506	1 576	95.56%	6.15	0.94
04	MIXTO 11 (A 2.50 m)	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S: CL	Inalterada	UU	1 496	1 56	95.90%	7.00	1.33
05	MIXTO 17 (A 1.50 m)	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL	Inalterada	UU	1 518	1 587	95.65%	5.10	0.67
06	MIXTO 17 (A 3.50 m)	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S: CL	Inalterada	UU	1 555	1 63	95.40%	11.90	1.86

Tipos de triaxial:
UU= no consolidado – no drenado.
CU = Consolidado – no drenada.
CD = Consolidado – drenado.

La ecuación adoptada para el cálculo de la capacidad de carga corresponde a la ecuación de **Karl Von Terzaghi**, para zapatas cuadradas y corte general, cuya expresión se presenta a continuación:

Ecuación No. 1:

$$q_d = 1.3 c \cdot N_c + \gamma m \cdot D_f \cdot N_q + 0.4 \gamma m \cdot B \cdot N_\gamma$$

En donde:

q_d.- Capacidad de carga límite en kg/cm².

c.- Cohesión del suelo en kg/cm².

γm.- Masa volumétrica del suelo de cimentación (kg/m³).

D_f.- Profundidad de desplante de la cimentación, en metros.

B.- Ancho de la zapata cuadrada, o dimensión menor de la zapata rectangular, en metros.

N_c, N_q, N_γ.- Factores de capacidad de carga para utilizarse con la teoría de Terzaghi



Ecuación No. 1-A:

$$qR = qd \cdot FR$$

En donde:

qd.- Capacidad de carga límite en kg/cm^2 .

FR.- Factor de reducción según especificación CFE JA100-65, donde:

0.7.- Cuando los parámetros de diseño del material sean obtenidos a través de pruebas de laboratorio en muestras inalteradas extraídas en el sitio de cimentación, mediante ensayos triaxiales.

0.5.- Cuando la resistencia del material se obtenga de correlaciones con pruebas de campo y estas se hayan verificado con pruebas de laboratorio con materiales del sitio determinando propiedades mecánicas ó cuando la resistencia del material se obtenga de prueba de campo, con una calibración exacta y reciente del dispositivo utilizado y se disponga de correlaciones confiables.

0.35.- Cuando la resistencia del material se obtenga de correlaciones con pruebas de campo.

De lo antes expuesto, se obtuvieron los siguientes valores de capacidad de carga admisible (q_a) para el estrato de cimentación; esto para un ancho de zapata $B = 1.00$ m y diferentes profundidades de desplante (D_f):

Tabla No. 4
Capacidad de carga para los estratos encontrados a la profundidad de exploración

SONDEO No.	ESTRATO OBSERVADO	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE PROPUESTA, Df (m)	CAPACIDAD DE CARGA (kg/cm ²)			CONSIDERACION DEL CALCULO	
			LIMITE qd (kg/cm ²)	FACTOR DE REDUCCION (FR)**	DE CIMENTO qR (kg/cm (ZAPATA CUADRADA)		
NAF▼ 1.20 m***	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 0.00 a 5.20 m)	0.50	4.42	0.50	2.21	SUELO COHESIVO	
		1.00	4.47	0.50	2.23		
MIXTO 06*	Propiedades físicas de cálculo: γseco en lugar = 947 kg/m ³ para suelo sumergido φ = 0° * Cohesión utilizada de 0,59 a 0,74 kg/cm ² dependiendo de la profundidad total de exploración	1.50	4.51	0.50	2.26		
		2.00	5.67	0.50	2.84		
		2.50	5.72	0.50	2.86		
		3.00	5.77	0.50	2.88		
		3.50	5.81	0.50	2.91		
		4.00	5.86	0.50	2.93		
		4.50	5.91	0.50	2.95		
		5.00	5.96	0.50	2.98		
		Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 5.20 a 10.,00 m)	5.50	15.94	0.50		7.97
			6.00	15.98	0.50		7.99
			6.50	16.03	0.50		8.02
			7.00	16.08	0.50		8.04
7.50	16.13		0.50	8.06			
8.00	16.17		0.50	8.09			
Propiedades físicas de cálculo: γseco en lugar = 951 kg/m ³ para suelo sumergido φ = 0° * Cohesión utilizada de 2,08 kg/cm ² dependiendo de la profundidad total de exploración	8.50	16.22	0.50	8.11			
	9.00	16.27	0.50	8.13			
	9.50	16.32	0.50	8.16			
	10.00	16.36	0.50	8.18			

Factores de capacidad de carga utilizados:

Para φ = 0° : Nc = 5.7; Nq = 1; Ny = 0

* En esta tabla se presentan los sondeos más representativos de la exploración.

** De acuerdo al punto 5.2.1.1 de la especificación CFE JA100-65 "Cimentaciones para Estructuras de Subestaciones Eléctricas", se utilizará un factor de reducción (Fr = 0.5), ya que la resistencia de los materiales se obtiene de pruebas de campo (prueba de penetración estándar SPT), con la calibración exacta y reciente del dispositivo utilizado y con correlaciones confiables y (Fr= 0.35) cuando la resistencia del material se obtenga de correlaciones con pruebas de campo

*** Aunque el nivel de aguas freáticas se encontro a la profundidad de 1.20 m en campo, para efectos de calculo se esta considerando que en epocas de lluvia el nivel de agua puede fluctuar por lo que en el calculo se considera a 0,00 m.

Tabla No. 4
Capacidad de carga para los estratos encontrados a la profundidad de exploración

SONDEO No.	ESTRATO OBSERVADO	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE PROPUESTA, Df (m)	CAPACIDAD DE CARGA (kg/cm ²)			CONSIDERACION DEL CALCULO
			LIMITE qd (kg/cm ²)	FACTOR DE REDUCCION (FR)**	DE CIMENTO qR (kg/cm ²) (ZAPATA CUADRADA)	
MIXTO 11* NAF ▼ 5.20 m***	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 0.00 a 1.55 m) Propiedades físicas de cálculo: γ _{seco} en lugar = 929 kg/m ³ para suelo sumergido φ = 0° * Cohesión utilizada de 0.92 a 0.99 kg/cm ² dependiendo de la profundidad total de exploración	0.50	6.86	0.50	3.43	SUELO COHESIVO
		1.00	7.43	0.50	3.71	
	1.50	7.48	0.50	3.74		
	2.00	7.97	0.50	3.99		
	2.50	10.10	0.50	5.05		
	3.00	10.14	0.50	5.07		
	3.50	10.19	0.50	5.10		
	4.00	10.24	0.50	5.12		
	4.50	10.29	0.50	5.14		
	5.00	10.34	0.50	5.17		
	5.50	10.38	0.50	5.19		
	6.00	10.43	0.50	5.22		
	6.50	10.48	0.50	5.24		
	7.00	37.19	0.35	13.02		
	7.50	39.68	0.35	13.89		
8.00	42.18	0.35	14.76			
8.50	44.67	0.35	15.63			
9.00	47.16	0.35	16.51			
9.50	49.65	0.35	17.38			
10.00	52.15	0.35	18.25			
	Arena limosa con gravas, color gris, de clasificación según S.U.C.S: SW-SM . (De 6,74 a 10,10 m) Propiedades físicas de cálculo: γ _{seco} en lugar = 1 057 kg/m ³ para suelo sumergido φ = 36° * Cohesión utilizada de 0 kg/cm ²				SUELO FRICCIONANTE	

Factores de capacidad de carga utilizados:

Para φ = 0° : N_c = 5.7; N_q = 1; N_γ = 0

Para φ = 36° : N_c = 63.53; N_q = 47.16 ; N_γ = 54.36

* En esta tabla se presentan los sondeos más representativos de la exploración.

** De acuerdo al punto 5.2.1.1 de la especificación CFE JA100-65 "Cimentaciones para Estructuras de Subestaciones Eléctricas", se utilizará un factor de reducción (Fr = 0.5), ya que la resistencia de los materiales se obtiene de pruebas de campo (prueba de penetración estándar SPT), con la calibración exacta y reciente del dispositivo utilizado y con correlaciones confiables y (Fr= 0.35) cuando la resistencia del material se obtenga de correlaciones con pruebas de campo.

*** Aunque el nivel de aguas freáticas se encontro a la profundidad de 5.20 mm en campo, para efectos de calculo se esta considerando que en epocas

de lluvia el nivel de agua puede fluctuar, por lo que en el calculo se considera a 0.00 m.

Tabla No. 4
Capacidad de carga para los estratos encontrados a la profundidad de exploración

SONDEO No.	ESTRATO OBSERVADO	PROFUNDIDAD DE DESPLANTE PROPUESTA, Df (m)	CAPACIDAD DE CARGA (kg/cm ²)			CONSIDERACION DEL CALCULO
			LIMITE qd (kg/cm ²)	FACTOR DE REDUCCION (FR)**	DE CIMIENTO qR (kg/cm ²) (ZAPATA CUADRADA)	
NAF ▼ 2.60 m***	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 0.00 a 2.45 m) Propiedades físicas de cálculo: γseco en lugar = 936 kg/m ³ para suelo sumergido φ = 0° * Cohesión utilizada de 0.36 a 0.67 kg/cm ² dependiendo de la profundidad total de exploración	0.50	2.71	0.50	1.36	SUELO COHESIVO
		1.00	2.76	0.50	1.38	
		1.50	5.11	0.50	2.55	
		2.00	5.15	0.50	2.58	
MIXTO 17*	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 2.45 a 10.15 m) Propiedades físicas de cálculo: γseco en lugar = 1 004 kg/m ³ para suelo sumergido φ = 0° * Cohesión utilizada de 1.58 a 1.86 kg/cm ² dependiendo de la profundidad total de exploración	2.50	11.96	0.50	5.98	
		3.00	12.01	0.50	6.00	
		3.50	14.13	0.50	7.07	
		4.00	14.18	0.50	7.09	
		4.50	14.23	0.50	7.12	
		5.00	14.28	0.50	7.14	
		5.50	14.33	0.50	7.17	
		6.00	14.39	0.50	7.19	
		6.50	14.44	0.50	7.22	
		7.00	14.49	0.50	7.24	
		7.50	14.54	0.50	7.27	
		8.00	14.59	0.50	7.29	
		8.50	14.64	0.50	7.32	
9.00	14.69	0.50	7.34			
9.50	14.74	0.50	7.37			
	10.00	14.79	0.50	7.39		

Factores de capacidad de carga utilizados:

Para φ = 0° : Nc = 5.7; Nq = 1; Ny = 0

* En esta tabla se presentan los sondeos más representativos de la exploración.

** De acuerdo al punto 5.2.1.1 de la especificación CFE JA100-65 "Cimentaciones para Estructuras de Subestaciones Eléctricas", se utilizará un factor de reducción (Fr = 0.5), ya que la resistencia de los materiales se obtiene de pruebas de campo (prueba de penetración estándar SPT), con la calibración exacta y reciente del dispositivo utilizado y con correlaciones confiables y (Fr= 0.35) cuando la resistencia del material se obtenga de correlaciones con pruebas de campo



***Aunque el nivel de aguas freáticas se encuentre a la profundidad de 2.60 m en campo, para efectos de cálculo se está considerando que en épocas de lluvia el nivel de agua puede fluctuar, por lo que en el cálculo se considera a 0.00 m.

IDENTIFICACION DE CARACTERISTICAS COLAPSABLES

El colapso es un fenómeno físico que consiste en una pérdida muy rápida de volumen del suelo, lo cual se traduce en una importante subsidencia superficial, asociada también a una pérdida rápida de resistencia y a un desmoronamiento estructural interno, todo esto, en el momento en que el suelo absorbe cantidades importantes de agua.

El criterio utilizado consiste en calcular la relación de vacíos (e) para el material en su estado natural y para la que adquiere cuando se le sitúa en su límite líquido. Teniendo estos valores, se hace una comparación entre ellos y si la relación de vacíos del lugar (e_{lugar}) es mayor a la relación de vacíos cuando el suelo está en el límite líquido (e_{LL}), el suelo será susceptible al colapso.

Debido a las características físicas del suelo de cimentación, mismas que clasifican al mismo como un **material cohesivo**, se tiene que el análisis correspondiente a susceptibilidad al colapso, no se considera necesario para los fines del presente estudio.

ANALISIS DE ASENTAMIENTOS DEL SUELO DE CIMENTACION

Se revisó la magnitud de los asentamientos verticales por compresión del subsuelo para el estrato de arcilla inorgánica arenosa, de media y baja plasticidad CL (localizado de el nivel de superficie actual a los 8,08 m promedio), tomando como referencia, para efectos prácticos, un sistema de desplante a base de zapatas (análisis hecho al centro de las mismas).

Asentamientos inmediatos.

En vista de que existe Nivel de Aguas Freáticas, y que el suelo es en general, de consistencia MEDIA A COMPACTA, se estima que los asentamientos principales serán los inmediatos; se empleó la denominada teoría elástica cuya expresión se indica a continuación:

Ecuación No. 2:

$$\Delta H1 = lw \cdot [Wmax \cdot H \cdot (1 - \nu^2)] / Ei$$

En donde:

ΔH_1 .- Asentamiento elástico, en cm.

I_w .- Factor de forma que depende de la geometría y rigidez de las zapatas. Para las dimensiones consideradas

(1 x 1 m) y suponiendo que esto serán rígidos, resultó del orden de $I_w = 0.82$.

Tabla No. 5
Resultados sobre cálculo de asentamientos en estratos arcillosos

DETERMINACION No.	ESTRATO OBSERVADO	LOCALIZACION (m)	PARAMETROS DE CALCULO					ASENTAMIENTO INMEDIATO ΔH , (cm) PARA ZAPATAS 1 X 1
			Zm (m)	Wmax (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	v (μ)	H (m)	
01	Arcilla inorgánica arenosa, CL	De 0.00 a 5.20 m (Sondeo Mixto 06*)	1.00	1.11	180	0.35	>3.00	1.33 cm
02	Arcilla inorgánica arenosa, CL	De 0.00 a 1.55 m (Sondeo Mixto 11*)	1.00	1.85	180	0.35	0.55	0.40 cm
03	Arcilla inorgánica arenosa, CL	De 0.00 a 2.45 m (Sondeo Mixto 17*)	1.50	1.27	170	0.35	0.95	0.51 cm

Wmax.- Presión admisible al nivel de desplante propuesto, kg/cm² (50% de la capacidad de carga a la profundidad en cuestión).

Zm.- Profundidad de cálculo, m.

Ez. - Módulo de elasticidad inicial, kg/cm².

v. - Módulo de Poisson, μ .

B.- Ancho de zapata, m.

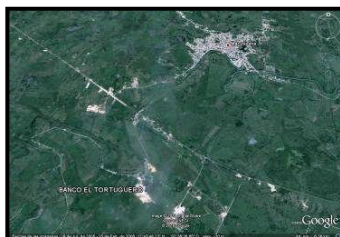
L.- Longitud de zapata, m.

H.- Espesor del estrato.

* Sondeo más representativo de la exploración.

Se recomienda verificar contra proyecto, si estas magnitudes son permisibles para el tipo de estructura a cimentar. Es importante que el ingeniero estructurista considere estos parámetros en el diseño de la cimentación.

En lo que respecta a los ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES, estos dependerán de la rigidez de las estructuras. Dado que no se conoce tal rigidez, se sugiere utilizar una distorsión angular de 0.001 en cada cimiento (1 mm por cada metro de longitud).



BANCO DE MATERIALES

Para efectos de suministro de suelo, en la conformación de plataformas y estructuras de pavimento, se deben de cumplir con las

Especificaciones CFE CPTT DIC PCI-01 y CFE CPTT-CAM01. Se recomienda utilizar el “**Banco El Tortuguero**” localizado a 50 Km. del entronque de la carretera en el kilómetro 45 de la carretera Federal Villahermosa - Escárcega, en un sitio con coordenadas absolutas N= 17° 42’ 43.8” W= 92° 37’ 00.4”, el cual presenta las siguientes características:

Tabla No. 6
Resultados Obtenidos de Ensayos de Laboratorio (Pruebas Índice) al material de banco.

Banco	Material	Análisis Granulométrico (%)			Límites de Consistencia (%)			CL (%)	γ _{max} (kg/m ³)	W _{opt} (%)	V.R.S.	Equivalente de Arena (%)	S.U.C.S.
		Gravas	Arenas	Finos	LL (%)	LP	IP						
“El Tortuguero”	Sub-Base	56.60	37.24	6.16	NP	NP	NP	0.00	2 006	7.29	83.08	29.41	Gravas limosas mas graduadas de clasificación según S.U.C.S: GP-GM

ABREVIACIONES UTILIZADAS:

- LL.-** Límite Líquido **CL.-** Contracción Lineal
LP.- Límite Plástico **S.U.C.S.-** Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
IP.- Índice Plástico **N.P.-** No Presento
Wopt.- Humedad Óptima **γ_{max}-** Masa Volumétrica Seca Máxima

El resumen de resultados sobre el análisis de calidad realizado, se incluye en la sección de anexos.

ANCLAJE DE ESTRUCTURAS

Considerando que en el predio de la sub-estación, solo se encontraron estratos conformados por suelo hasta los 10.20 m de profundidad, se tiene que el anclaje de estructuras de cimentación, no se considera necesario para fines del presente estudio, de acuerdo con la especificación CFE JA100-65 “Cimentaciones para Estructuras de Subestaciones Eléctricas”.

PARAMETROS DE DISEÑO PARA EL CASO DE DESPLANTE DE CIMENTACION CON PILAS COLADAS IN SITU

En esta sección se proporcionan los módulos de reacción vertical y horizontal, a manera de parámetros auxiliares de diseño, para el caso de diseño de cimentación a base de pilas cortas perforadas y coladas in situ.

MÓDULO DE REACCIÓN HORIZONTAL (Ks)

Partiendo de que todas las pilas serán perforadas y coladas in situ, a través de SUELOS ESTRATIFICADOS, con capas cohesivas y friccionantes, se utilizará el modelo de **Bowles**, donde la expresión más general para **módulo de reacción horizontal** o lateral se indica a continuación:

$$K_s = A_s + B_s \cdot Z^n \approx 40 \cdot fs \cdot qa$$

En donde:

Ks.- Módulo de reacción horizontal en MN/m³

Fs.- Factor de seguridad empleado en la determinación de la capacidad de carga admisible.

qa.- Capacidad de carga admisible, a la profundidad donde se desea estimar Ks

Haciendo los cálculos correspondientes, se tienen para los sondeos más representativos del sitio en estudio, los siguientes resultados:

Tabla No. 7
Determinación del módulo de reacción horizontal.

SONDEO MIXTO No.	ESTRATO OBSERVADO	PROFUNDIDAD DE CALCULO (m)	MODULO DE REACCION HORIZONTAL, Ks (KN/m ³)	VALOR ESPERADO PARA EL TIPO DE MATERIAL (NO LIMITATIVO)
NAF ▼ 1.20m MIXTO 01*	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 0.00 a 5.20 m)	1.00	17 840	Si $q_a \leq 200$ Kpa (2,0 kg/cm ²) Se esperan valores entre 12 000 y 24 000 KN/m ³ Si $200 < q_a \leq 800$ Kpa Se esperan valores entre 24 000 y 48 000 KN/m ³
		2.00	22 720	
		3.00	23 040	
		4.00	23 440	
		5.00	23 840	
	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 5.20 a 10.00 m)	6.00	63 920	
		7.00	64 320	
		8.00	64 720	
		9.00	65 040	
		10.00	65 440	
NAF ▼ 5.20m MIXTO 11*	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 0.00 a 1.55 m)	1.00	29 680	Si $q_a \leq 200$ Kpa (2,0 kg/cm ²) Se esperan valores entre 12 000 y 24 000 KN/m ³ Si $200 < q_a \leq 800$ Kpa Se esperan valores entre 24 000 y 48 000 KN/m ³
		2.00	31 920	
	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 1.55 a 6.74 m)	3.00	40 560	
		4.00	40 960	
		5.00	41 360	
		6.00	41 760	
Arenosa limosa con gravas, color gris, de clasificación según S.U.C.S: SW-SM. (De 6.74 a 10.05 m)	7.00	156 240	Si la arena es de densidad media, se tiene: Ks ≈ 9 600 - 80 000 KN/m ³ Si la arena es densa, se tiene: Ks ≈ 64 000 - 128 000 KN/m ³ o mayor	
	8.00	177 120		
	9.00	198 120		
	10.00	219 000		
NAF ▼ 2.60m	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 0.00 a 1.55 m)	1.00	11 040	
		2.00	20 640	
MIXTO 17*	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 1.55 a 6.74 m)	3.00	48 000	Si $q_a \leq 200$ Kpa (2,0 kg/cm ²) Se esperan valores entre 12 000 y 24 000 KN/m ³ Si $200 < q_a \leq 800$ Kpa Se esperan valores entre 24 000 y 48 000 KN/m ³
		4.00	56 720	
		5.00	57 120	
		6.00	57 520	
		7.00	57 920	
		8.00	58 320	
		9.00	58 720	
10.00	59 120			

MÓDULO DE REACCIÓN VERTICAL (K_v)

Para la estimación de los valores del módulo de reacción vertical K_v del suelo, fué utilizada la información obtenida de la prueba de placa realizada, además de las correlaciones teóricas disponibles para dicho parámetro.

Para el caso de las pruebas de placa, programadas para el predio en estudio, se presentan los siguientes resultados:

Tabla No. 8
Módulo de reacción vertical K_v a partir de ensayo de placa.

ENSAYE No.	LOCALIZACION Y COORDENADAS	ESPESOR APROXIMADO DE LA CAPA DE PRUEBA	CLASIFICACION VISUAL O S.U.C.S. DEL SUELO CAPA DE PRUEBA	PROFUNDIDAD DE PRUEBA (m)	RESULTADOS OBTENIDOS	
					DEFORMACION PARA PRESION DE 0,7 kg/cm ² , en cm	MODULO DE REACCION K (kg/cm ³)
01	Mixto No. 09 (N = 17° 51' 33,5" W = 93° 09' 57,6" E = 23 (msnm))	3,65 m promedio	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, CL.	0,40 m	0,18 cm	3,88 kg/cm ³

Figuras No. 8 y No. 9
Elaboración de pruebas de placa en campo.



Así mismo, para la estimación de los valores del módulo de reacción vertical (K_v), se utilizó de forma adicional, la ecuación de VESIC [Ref. 3], cuya expresión se muestra a continuación:

Ecuación No. 4:

$$K_v = \frac{E_s}{B(1 - \mu)^2}$$

En donde:

K_v = Módulo de reacción vertical del suelo

E_s = Módulo de elasticidad ó deformación del suelo para la profundidad de análisis.

B = ancho de zapata propuesto ó diámetro de zapata circular

Aplicando la ecuación anterior, se tienen los siguientes resultados:

Tabla No. 9
Módulo de reacción vertical para diferentes profundidades.

SONDEO MIXTO No.	ESTRATO OBSERVADO	PROFUNDIDAD DE ANALISIS (m)	MODULO DE ELASTICIDAD* (Es) Mpa	MODULO DE POISSON ν , (μ)*	MODULO DE REACCION VERTICAL, K_v , (kg/cm ³)
NAF▼1.2 0m	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL	1.00	17	0.38	1.99
MIXTO 01*	(De 0.00 a 5.20 m)	2.00	18	0.38	2.10
		3.00	19	0.38	2.22
		4.00	20	0.38	2.34
		5.00	22	0.38	2.57
		6.00	24	0.38	2.81
	(De 5.20 a 10.00 m)	7.00	26	0.38	3.04
		8.00	28	0.38	3.27
		9.00	30	0.38	3.51
		10.00	32	0.38	3.74
NAF▼5.2 0m	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 0.00 a 1.55 m)	1.00	19	0.38	2.22
	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 1.55 a 6.74 m)	2.00	22	0.38	2.57
		3.00	24	0.38	2.81
		4.00	26	0.38	3.04
		5.00	28	0.38	3.27
MIXTO 11*	Arena limosa con gravas, color gris, de clasificación según S.U.C.S: SW-SM. (De 6.74 a 10.05 m)	6.00	30	0.38	3.51
		7.00	40	0.35	4.56
		8.00	42	0.35	4.79
		9.00	44	0.35	5.01
		10.00			
		46	0.35	5.24	
NAF▼2.6 0m	Arcilla inorgánica arenosa de media plasticidad, color café claro, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 0.00 a 1.55 m)	1.00	15	0.38	1.75
		2.00	16	0.38	1.87
MIXTO 17*	Arcilla inorgánica arenosa de baja plasticidad, color gris, de clasificación según S.U.C.S: CL (De 1.55 a 6.74 m)	3.00	18	0.38	2.10
		4.00	20	0.38	2.34
		5.00	22	0.38	2.57
		6.00	24	0.38	2.81
		7.00	28	0.38	3.27
		8.00	30	0.38	3.51
		9.00	32	0.38	3.74
		10.00	34	0.38	3.97

* Obtenidos por correlación.

** Sondeos más representativos de la exploración.



CAPACIDAD DE CARGA DE PILAS

Para la determinación de la capacidad de carga de pilas perforadas y coladas in situ, se utilizó la siguiente ecuación:

Ecuación No. 5:

$$R = \sum Q_f i F_R + Q_p F_R$$

En donde:

$\sum Q_f$ = Suma de la capacidad de carga por fuste de cada estrato "i".

F_R = Factor de reducción de resistencia especificado en el inciso 5.2.1.1. de la especificación CFE JA100-65.

i = Estrato de referencia.

Q_p = Capacidad de carga por punta.

$Q_{max} F_C$ = Carga actuante máxima de compresión aplicada en la cabeza de la pila ó pilote, debido a las cargas de la estructura mas su propio, multiplicada por su factor de carga correspondiente (Kn).

En el caso de pilas ó pilotes sometidos a fricción negativa, esta se debe sumar a la carga actuante.

Realizando los cálculos correspondientes, se obtuvieron las siguientes capacidades de carga de las pilas, para diferentes diámetros y profundidades para los sondeos profundos más representativos realizados en la exploración (Mixto No. 06, Mixto No. 11 y Mixto No. 17):

Tabla No. 10
Cálculo de la capacidad de carga en pilas sobre suelos predominantemente arcillosos (Mixto No. 06*).

CALCULOS DE Qp					CALCULO DE Qf										REVISION POR COMPRESION R (Ton)	
PROF. DE PILA (m)	AREA DE PILA (m ²)	DIAMETRO DE PILA (m)	CAPACIDAD DE CARGA (ton/m ²)	Qp (TON)	LONGITUD PILA, L (m)	LONGITUD PILA, L (ft)	PERIMETRO SECCION PILA, P (m)	PERIMETRO SECCION PILA, P (ft)	COHESION DEL SUELO ARCILLOSO		Qf		Qf (TON)	FACTOR DE REDUCCION (F _s)		Qf FINAL (ton)
									(kg/cm ²)	lb/ft ²	Klb	Kgf				
2.00	0.38	0.70	56.70	10.90	2.00	6.56	2.20	7.22	0.74	1544.75	33.64	15292.72	15.29	0.50	7.65	18.55
2.00	0.79	1.00	56.70	22.25	2.00	6.56	3.14	10.31	0.74	1544.75	48.06	21846.74	21.85	0.50	10.92	33.18
2.00	1.13	1.20	56.70	32.05	2.00	6.56	3.77	12.37	0.74	1544.75	57.68	26216.09	26.22	0.50	13.11	45.15
2.00	1.33	1.30	56.70	37.61	2.00	6.56	4.08	13.40	0.74	1544.75	62.48	28400.77	28.40	0.50	14.20	51.81
2.00	1.77	1.50	56.70	50.07	2.00	6.56	4.71	15.46	0.74	1544.75	72.09	32770.11	32.77	0.50	16.39	66.46
3.00	0.38	0.70	57.70	11.10	3.00	9.84	2.20	7.22	0.74	1544.75	50.47	22939.08	22.94	0.50	11.47	22.57
3.00	0.79	1.00	57.70	22.65	3.00	9.84	3.14	10.31	0.74	1544.75	72.09	32770.11	32.77	0.50	16.39	39.03
3.00	1.13	1.20	57.70	32.61	3.00	9.84	3.77	12.37	0.74	1544.75	86.51	39324.14	39.32	0.50	19.66	52.27
3.00	1.33	1.30	57.70	38.27	3.00	9.84	4.08	13.40	0.74	1544.75	93.72	42601.15	42.60	0.50	21.30	59.57
3.00	1.77	1.50	57.70	50.96	3.00	9.84	4.71	15.46	0.74	1544.75	108.14	49155.17	49.16	0.50	24.58	75.53
4.00	0.38	0.70	58.60	11.27	4.00	13.12	2.20	7.22	0.74	1544.75	67.29	30585.44	30.59	0.50	15.29	26.56
4.00	0.79	1.00	58.60	23.00	4.00	13.12	3.14	10.31	0.74	1544.75	96.13	43693.49	43.69	0.50	21.85	44.85
4.00	1.13	1.20	58.60	33.12	4.00	13.12	3.77	12.37	0.74	1544.75	115.35	52432.18	52.43	0.50	26.22	59.34
4.00	1.33	1.30	58.60	38.87	4.00	13.12	4.08	13.40	0.74	1544.75	124.96	56801.53	56.80	0.50	28.40	67.27
4.00	1.77	1.50	58.60	51.75	4.00	13.12	4.71	15.46	0.74	1544.75	144.19	65540.23	65.54	0.50	32.77	84.52
6.00	0.38	0.70	159.80	30.73	6.00	19.69	2.20	7.22	2.08	4342.00	283.70	128954.83	128.95	0.50	64.48	95.21
6.00	0.79	1.00	159.80	62.72	6.00	19.69	3.14	10.31	2.08	4342.00	405.29	184221.18	184.22	0.50	92.11	154.83
6.00	1.13	1.20	159.80	90.32	6.00	19.69	3.77	12.37	2.08	4342.00	486.34	221065.42	221.07	0.50	110.53	200.85
6.00	1.33	1.30	159.80	106.00	6.00	19.69	4.08	13.40	2.08	4342.00	526.87	239487.54	239.49	0.50	119.74	225.74
6.00	1.77	1.50	159.80	141.12	6.00	19.69	4.71	15.46	2.08	4342.00	607.93	275331.78	276.33	0.50	138.17	279.29

* Sondeo más representativo de la exploración.

** El valor de Qf obedece a la capacidad de carga por fuste de cada estrato.

Tabla No. 10
Cálculo de la capacidad de carga en pilas sobre suelos predominantemente arcillosos (Mixto No. 11*).

CALCULOS DE Qp					CALCULO DE Qf										REVISION POR COMPRESION R (Ton)	
PROF. DE PILA (m)	AREA DE PILA (m ²)	DIAMETRO DE PILA (m)	CAPACIDAD DE CARGA (ton/m ²)	Qp (TON)	LONGI-TUD PILA, L (m)	LONGI-TUD PILA, L (ft)	PERI-METRO SECCION PILA, P (m)	PERI-METRO SECCION PILA, P (ft)	COHESION DEL SUELO ARCILLOSO		Qf		Qf (TON)	FACTOR DE REDUCCION (F _s)		Qf FINAL (ton)
									(kg/cm ²)	lb/ft ²	Kib	Kgf				
2.00	0.38	0.70	79.70	15.33	2.00	6.56	2.20	7.22	1.05	2191.88	47.74	21699.13	21.08	0.50	10.54	25.87
2.00	0.79	1.00	79.70	31.28	2.00	6.56	3.14	10.31	1.05	2191.88	68.20	30998.76	30.11	0.50	15.06	46.34
2.00	1.13	1.20	79.70	45.05	2.00	6.56	3.77	12.37	1.05	2191.88	81.84	37198.51	36.14	0.50	18.07	63.11
2.00	1.33	1.30	79.70	52.87	2.00	6.56	4.08	13.40	1.05	2191.88	88.66	40298.38	39.15	0.50	19.57	72.44
2.00	1.77	1.50	79.70	70.39	2.00	6.56	4.71	15.46	1.05	2191.88	102.30	46498.14	45.17	0.50	22.58	92.97
3.00	0.38	0.70	101.40	19.50	4.00	13.12	2.20	7.22	1.33	2776.38	120.94	54971.13	37.72	0.50	18.86	38.36
3.00	0.79	1.00	101.40	39.80	4.00	13.12	3.14	10.31	1.33	2776.38	172.77	78530.18	53.88	0.50	26.94	66.74
3.00	1.13	1.20	101.40	57.31	4.00	13.12	3.77	12.37	1.33	2776.38	207.32	94236.22	64.65	0.50	32.33	89.64
3.00	1.33	1.30	101.40	67.26	4.00	13.12	4.08	13.40	1.33	2776.38	224.60	102089.24	70.04	0.50	35.02	102.28
3.00	1.77	1.50	101.40	89.55	4.00	13.12	4.71	15.46	1.33	2776.38	259.15	117795.28	80.82	0.50	40.41	129.96
4.00	0.38	0.70	102.40	19.69	4.00	13.12	2.20	7.22	1.33	2776.38	120.94	54971.13	51.46	0.50	25.73	45.42
4.00	0.79	1.00	102.40	40.19	4.00	13.12	3.14	10.31	1.33	2776.38	172.77	78530.18	73.51	0.50	36.76	76.95
4.00	1.13	1.20	102.40	57.88	4.00	13.12	3.77	12.37	1.33	2776.38	207.32	94236.22	88.21	0.50	44.11	101.98
4.00	1.33	1.30	102.40	67.92	4.00	13.12	4.08	13.40	1.33	2776.38	224.60	102089.24	95.56	0.50	47.78	115.71
4.00	1.77	1.50	102.40	90.43	4.00	13.12	4.71	15.46	1.33	2776.38	259.15	117795.28	110.27	0.50	55.13	145.57
6.00	0.38	0.70	104.30	20.06	6.00	19.69	2.20	7.22	1.33	2776.38	181.40	82456.69	78.94	0.50	39.47	59.53
6.00	0.79	1.00	104.30	40.94	6.00	19.69	3.14	10.31	1.33	2776.38	259.15	117795.28	112.78	0.50	56.39	97.33
6.00	1.13	1.20	104.30	58.95	6.00	19.69	3.77	12.37	1.33	2776.38	310.98	141354.33	135.33	0.50	67.67	126.62
6.00	1.33	1.30	104.30	69.18	6.00	19.69	4.08	13.40	1.33	2776.38	336.89	153133.86	146.61	0.50	73.30	142.49
6.00	1.77	1.50	104.30	92.11	6.00	19.69	4.71	15.46	1.33	2776.38	388.72	176692.91	169.16	0.50	84.58	176.69

* Sondeo más representativo de la exploración.

** El valor de Qf obedece a la capacidad de carga por fuste de cada estrato.

Tabla No. 10
Cálculo de la capacidad de carga en pilas sobre suelos predominantemente arcillosos (Mixto No. 17*).

CALCULOS DE Qp					CALCULO DE Qf										REVISION POR COMPRESION R (Ton)	
PROF. DE PILA (m)	AREA DE PILA (m ²)	DIAMETRO DE PILA (m)	CAPACIDAD DE CARGA (ton/m ²)	Qp (TON)	LONGITUD PILA, L (m)	LONGITUD PILA, L (ft)	PERIMETRO SECCION PILA, P (m)	PERIMETRO SECCION PILA, P (ft)	COHESION DEL SUELO ARCILLOSO		Qf		Qf (TON)	FACTOR DE REDUCCION (F _s)		Qf FINAL (ton)
									(kg/cm ²)	lb/ft ²	Kib	Kgf				
2.00	0.38	0.70	51.50	9.90	2.00	6.56	2.20	7.22	0.67	1398.63	30.46	13846.11	13.85	0.50	6.92	16.83
2.00	0.79	1.00	51.50	20.21	2.00	6.56	3.14	10.31	0.67	1398.63	43.52	19780.16	19.78	0.50	9.89	30.10
2.00	1.13	1.20	51.50	29.11	2.00	6.56	3.77	12.37	0.67	1398.63	52.22	23736.19	23.74	0.50	11.87	40.98
2.00	1.33	1.30	51.50	34.16	2.00	6.56	4.08	13.40	0.67	1398.63	56.57	25714.21	25.71	0.50	12.86	47.02
2.00	1.77	1.50	51.50	45.48	2.00	6.56	4.71	15.46	0.67	1398.63	65.27	29670.24	29.67	0.50	14.84	60.32
3.00	0.38	0.70	120.10	23.10	4.00	13.12	2.20	7.22	1.58	3298.25	143.67	65304.05	30.17	0.50	15.09	38.18
3.00	0.79	1.00	120.10	47.14	4.00	13.12	3.14	10.31	1.58	3298.25	205.24	93291.50	43.10	0.50	21.55	68.69
3.00	1.13	1.20	120.10	67.88	4.00	13.12	3.77	12.37	1.58	3298.25	246.29	111949.80	51.72	0.50	25.86	93.74
3.00	1.33	1.30	120.10	79.67	4.00	13.12	4.08	13.40	1.58	3298.25	266.81	121278.95	56.03	0.50	28.02	107.68
3.00	1.77	1.50	120.10	106.06	4.00	13.12	4.71	15.46	1.58	3298.25	307.86	139937.25	64.65	0.50	32.33	138.39
4.00	0.38	0.70	141.80	27.27	4.00	13.12	2.20	7.22	1.86	3892.75	169.13	76876.92	52.28	0.50	26.14	53.41
4.00	0.79	1.00	141.80	55.66	4.00	13.12	3.14	10.31	1.86	3892.75	241.61	109824.17	74.69	0.50	37.35	93.00
4.00	1.13	1.20	141.80	80.15	4.00	13.12	3.77	12.37	1.86	3892.75	289.94	131789.00	89.63	0.50	44.82	124.96
4.00	1.33	1.30	141.80	94.06	4.00	13.12	4.08	13.40	1.86	3892.75	314.10	142771.42	97.10	0.50	48.55	142.61
4.00	1.77	1.50	141.80	125.23	4.00	13.12	4.71	15.46	1.86	3892.75	362.42	164736.25	112.04	0.50	56.02	181.25
6.00	0.38	0.70	143.90	27.68	6.00	19.69	2.20	7.22	1.86	3892.75	253.69	115315.38	90.72	0.50	45.36	73.04
6.00	0.79	1.00	143.90	56.48	6.00	19.69	3.14	10.31	1.86	3892.75	362.42	164736.25	129.60	0.50	64.80	121.28
6.00	1.13	1.20	143.90	81.33	6.00	19.69	3.77	12.37	1.86	3892.75	434.90	197683.50	155.53	0.50	77.76	159.09
6.00	1.33	1.30	143.90	95.45	6.00	19.69	4.08	13.40	1.86	3892.75	471.15	214157.13	168.49	0.50	84.24	179.70
6.00	1.77	1.50	143.90	127.08	6.00	19.69	4.71	15.46	1.86	3892.75	543.63	247104.38	194.41	0.50	97.20	224.28

* Sondeo más representativo de la exploración.

** El valor de Qf obedece a la capacidad de carga por fuste de cada estrato.

12.1 Capacidad de carga lateral de pilas

Para la determinación de la capacidad de carga lateral en pilas, se utilizó el método de MEYEROF (1995), en donde la expresión para resistencia por carga última, para suelos cohesivos y friccionantes, se presentan a continuación:

Ecuación No. 6:

$$Q_{\mu} (g) = 0,40 \cdot C_u \cdot K_{cr} \cdot D \cdot L \leq 0,4 \cdot P_{\ell} \cdot D \cdot L$$

para pilas cimentadas en arcillas

Ecuación No. 6-A:

$$Q_{\mu} (g) = 0,12 \cdot \gamma \cdot m \cdot D \cdot L^2 \cdot K_{br} \leq 0,4 \cdot P_{\ell} \cdot D \cdot L$$

para pilas cimentadas en arenas

En donde:

Q_{μ} (g) = Capacidad de carga lateral ó resistencia por carga ultima para pilas (ó pilotes cortos rígidos) en arena, ó arcilla.

D = Diámetro de la pila (m).

L = Longitud de la pila (m).

γ_m = Masa especifica del suelo.

K_{cr}, K_{br} = Coeficientes de presión neta del suelo (adimensional).

P_l = Presión límite de Menard: $P_l = 40 N_q \cdot \phi$ (KPa) para arena; $P_l = 6.0$

C_{μ} , para arcilla.

C_{μ} = Cohesión no drenada (KN/m²).

q_{μ} = Resistencia a compresión inconfiada (KN/m²).

Realizando los cálculos correspondientes, se tienen los siguientes resultados, para diámetros y longitudes varias de pilas en los sondeos profundos mas representativos realizados en la exploración (Mixto 06, Mixto No. 11 y Mixto No.17):

Tabla No. 11
Capacidad de Carga Lateral de Pilas en Arcillas

SONDEO MIXTO	LONGITUD DE LA PILA (m)	DIAMETRO DE LA PILA (m)	RELACION LONGITUD/DIAMETRO	RESISTENCIA A COMPRESION INCONFINADA q_{μ}	COHESION NO DRENADA C_{μ}	COEFICIENTE K_{cr}	$Q_{u(ol)}$ (TON)	CONDICION (TON)	CAPACIDAD DE CARGA LATERAL ULTIMA (TON)	MENOR QUE LA CONDICION DE CALCULO (SI/NO)
Mixto 06*	2	0.7	2.86	148	74	4.3	18.17	248.64	18.17	SI
	2	1	2.00	148	74	4.1	24.75	355.20	24.75	SI
	2	1.2	1.67	148	74	3.8	27.53	426.24	27.53	SI
	2	1.3	1.54	148	74	3.6	28.25	461.76	28.25	SI
	2	1.5	1.33	148	74	3.3	29.88	532.80	29.88	SI
	3	0.7	4.29	148	74	4.9	31.06	372.96	31.06	SI
	3	1	3.00	148	74	4.5	40.75	532.80	40.75	SI
	3	1.2	2.50	148	74	4	43.46	639.36	43.46	SI
	3	1.3	2.31	148	74	3.9	45.91	692.64	45.91	SI
	3	1.5	2.00	148	74	3.8	51.61	799.20	51.61	SI
	4	0.7	5.71	148	74	5.3	44.79	497.28	44.79	SI
	4	1	4.00	148	74	5.1	61.57	710.40	61.57	SI
	4	1.2	3.33	148	74	4.5	65.20	852.48	65.20	SI
	4	1.3	3.08	148	74	4.3	67.49	923.52	67.49	SI
	4	1.5	2.67	148	74	4.1	74.25	1065.60	74.25	SI
	6	0.7	8.57	416	208	6	213.79	2096.64	213.79	SI
	6	1	6.00	416	208	5.1	259.61	2995.20	259.61	SI
	6	1.2	5.00	416	208	5	305.42	3594.24	305.42	SI
	6	1.3	4.62	416	208	4.9	324.25	3893.76	324.25	SI
	6	1.5	4.00	416	208	4.7	358.87	4492.80	358.87	SI

* Sondeos más representativos de la exploración.

Tabla No. 11
Capacidad de Carga Lateral de Pilas en Arcillas

SONDEO MIXTO	LONGITUD DE LA PILA (m)	DIAMETRO DE LA PILA (m)	RELACION LONGITUD/DIAMETRO	RESISTENCIA A COMPRESION INCONFINADA q_{μ}	COHESION NO DRENADA C_{μ}	COEFICIENTE K_{cr}	$Q_{u(0)}$ (TON)	CONDICION (TON)	CAPACIDAD DE CARGA LATERAL ULTIMA (TON)	MENOR QUE LA CONDICION DE CALCULO (SI/NO)
Mixto 11*	2	0.7	2.86	210	105	4.3	25.78	352.80	25.78	SI
	2	1	2.00	210	105	4.1	35.12	504.00	35.12	SI
	2	1.2	1.67	210	105	3.8	39.06	604.80	39.06	SI
	2	1.3	1.54	210	105	3.6	40.09	655.20	40.09	SI
	2	1.5	1.33	210	105	3.3	42.40	756.00	42.40	SI
	3	0.7	4.29	266	133	4.9	55.82	670.32	55.82	SI
	3	1	3.00	266	133	4.5	73.23	957.60	73.23	SI
	3	1.2	2.50	266	133	4	78.12	1149.12	78.12	SI
	3	1.3	2.31	266	133	3.9	82.51	1244.88	82.51	SI
	3	1.5	2.00	266	133	3.8	92.76	1436.40	92.76	SI
	4	0.7	5.71	266	133	5.3	80.50	893.76	80.50	SI
	4	1	4.00	266	133	5.1	110.67	1276.80	110.67	SI
	4	1.2	3.33	266	133	4.5	117.18	1532.16	117.18	SI
	4	1.3	3.08	266	133	4.3	121.30	1659.84	121.30	SI
	4	1.5	2.67	266	133	4.1	133.45	1915.20	133.45	SI
	6	0.7	8.57	266	133	6	136.71	1340.64	136.71	SI
	6	1	6.00	266	133	5.1	166.00	1915.20	166.00	SI
	6	1.2	5.00	266	133	5	195.29	2298.24	195.29	SI
	6	1.3	4.62	266	133	4.9	207.34	2489.76	207.34	SI
	6	1.5	4.00	266	133	4.7	229.47	2872.80	229.47	SI

* Sondeos más representativos de la exploración.

Tabla No. 11
Capacidad de Carga Lateral de Pilas en Arcillas

SONDEO MIXTO	LONGITUD DE LA PILA (m)	DIAMETRO DE LA PILA (m)	RELACION LONGITUD/DIAMETRO	RESISTENCIA A COMPRESION INCONFINADA q_{μ}	COHESION NO DRENADA C_{μ}	COEFICIENTE K_{cr}	$Q_{u(d)}$ (TON)	CONDICION (TON)	CAPACIDAD DE CARGA LATERAL ULTIMA (TON)	MENOR QUE LA CONDICION DE CALCULO (SI/NO)
Mixto 17*	2	0.7	2.86	134	67	4.3	16.45	225.12	16.45	SI
	2	1	2.00	134	67	4.1	22.41	321.60	22.41	SI
	2	1.2	1.67	134	67	3.8	24.92	385.92	24.92	SI
	2	1.3	1.54	134	67	3.6	25.58	418.08	25.58	SI
	2	1.5	1.33	134	67	3.3	27.05	482.40	27.05	SI
	3	0.7	4.29	316	158	4.9	66.31	796.32	66.31	SI
	3	1	3.00	316	158	4.5	87.00	1137.60	87.00	SI
	3	1.2	2.50	316	158	4	92.80	1365.12	92.80	SI
	3	1.3	2.31	316	158	3.9	98.02	1478.88	98.02	SI
	3	1.5	2.00	316	158	3.8	110.20	1706.40	110.20	SI
	4	0.7	5.71	372	186	5.3	112.58	1249.92	112.58	SI
	4	1	4.00	372	186	5.1	154.77	1785.60	154.77	SI
	4	1.2	3.33	372	186	4.5	163.87	2142.72	163.87	SI
	4	1.3	3.08	372	186	4.3	169.64	2321.28	169.64	SI
	4	1.5	2.67	372	186	4.1	186.63	2678.40	186.63	SI
	6	0.7	8.57	372	186	6	191.18	1874.88	191.18	SI
	6	1	6.00	372	186	5.1	232.15	2678.40	232.15	SI
	6	1.2	5.00	372	186	5	273.12	3214.08	273.12	SI
	6	1.3	4.62	372	186	4.9	289.96	3481.92	289.96	SI
	6	1.5	4.00	372	186	4.7	320.91	4017.60	320.91	SI

* Sondeos más representativos de la exploración.

6.-DISEÑO DE PAVIMENTOS

En esta sección se incluyen los diseños de pavimento correspondientes, a los caminos de la subestación.

DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO

Se utilizó para el diseño, a manera de referencia, el método de la American Association of State Highways and Transportation officials (AASHTO); las recomendaciones constructivas sobre modulación de losas, detalle de juntas, pasajuntas y barras de amarre, se presentan en Memoria de cálculo anexo.

Los parámetros de diseño utilizados, se indican a continuación:

Tabla No. 12
Parámetros de diseño considerados

PARAMETRO No.	DESCRIPCION	MAGNITUD	OBSERVACIONES
01	Transito de proyecto, ESALS (millones de ejes equivalentes ó estándar de 18 KIPS ó 8,2 toneladas).	1.0	Para transito critico con camión de más de 9 ejes -cama baja y autotransformador -120 ton- (caminos principales)
02	VRS de proyecto capa sub-rasante	20%	Estrato superficial de arcilla inorganica arenosa, CL, estabilizado con 6,0% de cal.
03	VRS de proyecto capa sub-base	50%	Mínimo
04	Confiabledad, R	65%	ZONA INDUSTRIAL
05	Módulo de ruptura del concreto, MR	640.1 Psi	45 kg/cm ² (aproximadamente $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$) -zona INDUSTRIAL-
06	Módulo de reacción del suelo, K	265.0 Pci	Para el material del estrato superficial
07	Coefficiente de drenaje, Cd	1.05	Calidad del drenaje: Regular
08	Vida útil	20 años	Recomendado para México (pavimento rígido; para pavimento flexible 15 años)
09	Factor de sentido	1.0	Dos sentidos
10	Tasa de crecimiento anual	1.0%	Crecimiento normal
11	Desviación estándar	0.35	Pavimento nuevo

Los resultados de diseño de pavimento rígido, se muestran a continuación:

Tabla No. 13
Resultados finales del diseño (alternativa factible)

CAPA DE LA ESTRUCTURA, MATERIAL CON CALIDAD:	ESPESOR DETERMINADO (cm)	OBSERVACIONES
	CAMINOS PRINCIPALES	
LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO	4.5 Pulgadas (11.43 cm) (se recomienda utilizar 12 cm)	Módulo de ruptura, MR = 45 kg/cm ² , con separación máxima de juntas transversales de 2.74 m y rango de separación de juntas longitudinales de 3.0 m a 4.5 m (concreto simple con malla electrosoldada como refuerzo por temperatura).
SUB-BASE TERRACERIA (SUELO DEL LUGAR; ESTRATO SUPERFICIAL)	20.0 cm Semi-Infinita (30 cm)	Material granular de banco, calidad mínima sub-base, avalado por laboratorio, con VRS = 50% mínimo, compactado al 95% con respecto a su masa volumétrica seca máxima. Se refiere al suelo del estrato superficial estabilizado con el 6,0 % de cal y compactado al 95% con respecto a su masa volumétrica seca máxima en por lo menos 0,20 m de espesor o terracería (plataforma).

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

Para esta determinación, se utilizó el método del Instituto de Ingeniería de la UNAM [Ref. 19] y el software DISEÑO ESTRUCTURAL DE PAVIMENTOS ASFALTICOS DISPAV-5, versión 2.0.

La estructuración de pavimento solicitada, se basó fundamentalmente en el tránsito de proyecto indicado en la sección anterior y en los siguientes datos de entrada:

Tabla No. 14
Parámetros de diseño considerados para pavimento flexible.

PARAMETRO No.	DESCRIPCION	MAGNITUD	OBSERVACIONES
01	VRS de proyecto capa terracería/subrasante	20,0%	* Compactada al 95% con respecto a su masa volumétrica seca máxima (estrato superficial arcilla inorgánica arenosa CL -estabilizada con 6,0% de cal).
02	VRS de proyecto capa Base/Sub-Base	80,0% / 50,0%	* Compactada al 95% con respecto a su masa volumétrica seca máxima.
03	Años de servicio (vida útil de diseño), n	15 años	Recomendado para México.
04	Tasa de crecimiento anual del tránsito, T	1,0%	Estimado para el proyecto
05	Tránsito de proyecto, ESALS (millones de ejes equivalentes ó estándar de 18 KIPS ó 8,2 toneladas).	1,0	Para deformación y fatiga (caso más desfavorable; tránsito crítico de cama baja de 120 ton).
06	Nivel de confianza, Qu	0,85	Camino normal, con deformaciones de 2.5 cm al final de la vida de proyecto.

Tabla No. 15
Resultados finales del diseño (alternativa factible)

CAPA	ESPESOR CALCULADO (cm)	ESPESOR RECOMENDADO (cm)	
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
CARPETA ESTABILIDAD 700 kg	5.8	5.8 (USAR 6.00 cm)	-
BASE GRANULAR	15.0	15.0	-
SUB-BASE	15.00*	20.0*	-
TERRACERIA (MATERIAL DEL LUGAR)	SEMI-INFINITA (30 cm mínimo)	ESCARIFICAR Y COMPACTAR 20 cm**	ESCARIFICAR Y COMPACTAR 20 cm**

* Usar 20 cm para cumplir con especificación de C.F.E., aunque el diseño haya arrojado un espesor de 15 cm.

** Se recomienda estabilizar el terreno natural con el 6.0% de cal en por lo menos 0.20 m.

Diseño por deformación para un camino tipo normal, con un nivel de confianza de 85% para un tránsito de proyecto de 1.0 millones de ejes estándar.

Los espesores de capa calculados se ajustan a un espesor constructivo mínimo, el cual depende de la capa y del tránsito de proyecto.

El diseño anterior previene contra la deformación excesiva.

Tabla No. 16
Revisión del diseño por fatiga.

CAMINO DE ALTAS ESPECIFICACIONES, NIVEL DE CONFIANZA EN EL DISEÑO						
CAPA DE PAVIMENTO	ESPESOR CALCULADO (cm)	VRS ₂ (%)	MODULO DE RIGIDEZ E ₂ Kg/cm ²	MODULO DE POISSON, ν	VIDA PREVISIBLE	
					DEFORMACION	FATIGA
CARPETA	5.8 (USAR 6.0)	-	30 000	0.35	-	1.3
BASE GRANULAR	15.0	80.0	2 793	0.35	1.0	-
SUB-BASE	20.0*	50.0	2 010	0.45	41.0	-
TERRACERIA	Semi-inf (30 cm)	20.00%**	1 058	0.45	1.50	-

* Usar 20 cm para cumplir con especificación de C.F.E., aunque el diseño haya arrojado un espesor de 15 cm.

** Se recomienda estabilizar el terreno natural con el 6.0% de cal en por lo menos 0.20 m,

DEFORMACION FATIGA	VIDA PREVISIBLE	TRANSITO PROYECTO
		1.0
	1.3	1.0

La vida previsible es cercana o mayor que la vida de proyecto, el diseño es adecuado (utilizar espesores recomendados en tabla No. 15). La tolerancia es +/- 10% del tránsito de proyecto crítico.

Las especificaciones con las que los materiales de base y sub-base deben cumplir, deberán corresponder a las indicadas en el marco normativo vigente de la SCT, mismo que se indica, de forma resumida, a continuación:

Tabla No. 17
Especificaciones para Materiales en Pavimentos Flexibles.

CALIDAD	SUB-BASES		BASES	
	$\sum L \leq 10^6$	$\sum L > 10^6$	$\sum L \leq 10^6$	$\sum L > 10^6$
Granulometría Tamaño Máximo	2"	2"	1 ½"	1 ½"
Límite Líquido LL (%)	30 MAX	25 MAX	25 MAX	25 MAX
Índice Plástico IP (%)	10 MAX	6 MAX	6 MAX	6 MAX
Comparación (%) Prueba: AASHTO MOD.	100 MIN	100 MIN	100 MIN	100 MIN
Equivalente del arena (%)	30 MIN	40 MIN	40 MIN	50 MIN
Valor Relativo de Soporte V.R.S. (%)	50 MIN	60 MIN	80 MIN	100 MIN
Desgaste Los Ángeles (%)	50 MAX	40 MAX	35 MAX	30 MAX
Zona Granulométrica	2	1	2	1

* Especificación que aplica para proyecto.

7.-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados de las pruebas realizadas tanto en campo, como en laboratorio central, se encontró para el sitio en estudio, que en base a las características del material predominante que conforma la estratigrafía del lugar (arcilla inorgánica arenosa de media y baja plasticidad, CL), además de las condiciones que presenta el mismo, una solución de desplante a base de cimentaciones superficiales (ZAPATAS AISLADAS) se considera satisfactorio. Implementar una profundidad de desplante de $D_f = 1,00$ m mínimo para estructuras menores, con las capacidades de carga correspondientes a cada profundidad, de acuerdo a lo indicado en la tabla No. 5.

Así mismo, a manera de solución alterna, si así se desea para el desplante de estructuras puede implementarse un sistema a base de PILAS CORTAS, PERFORADAS y COLADAS IN SITU. La capacidad de carga para diferentes combinaciones de diámetros y profundidades de pila, se indica en la sección No. 12.

Se recomienda una vez alcanzado el nivel de desplante tratar la superficie expuesta, escarificando 0.20 m y estabilizado con el 6.00% de cal, homogenizando y compactando al 95% con respecto a su Masa Volumétrica Seca Máxima.

Para el caso de desplante de firmes de concreto en casetas de control y medición, y considerando que estas estarán apoyadas directamente sobre el cuerpo del terraplén ó plataforma a conformarse en el lugar, se tiene que no se requerirá de algún tratamiento adicional ó mejoramiento del suelo. La cimentación de casetas de control y medición puede ser resuelta mediante un desplante a base de zapatas continuas y/o aisladas, desplantadas a una profundidad mínima de 1.00 m. Reducir en un 10% las capacidades de carga indicadas en la tabla No. 5, para el caso de utilizar zapatas continuas.

Las áreas de corte donde se pretenda desplantar estructuras, deberán ser tratadas en los primeros 0.20 m incorporando 6.0 % de cal, homogenizando y compactando al 95% con respecto a su masa volumétrica seca máxima.

De acuerdo con la zona donde se localiza el proyecto, la conformación de plataformas terreas ó terraplenes será necesaria, se recomienda tratar la superficie expuesta en 0.20 m de espesor, después de la eliminación del espesor de raíces (mínimo de 0.40 m), escarificando, estabilizando con el 6.00% de cal en masa, homogenizando y compactando al 95% con respecto a su Masa Volumétrica Seca Máxima y proceder a conformar la plataforma, utilizando material de banco, para asegurar una Masa Volumétrica compacta superior a $1\ 600\ \text{kg/m}^3$ y un Valor Relativo de Soporte (V.R.S.) superior al 20%. La plataforma en cuestión, será construida en subcapas de 0.20 m de espesor, colocadas de forma sensiblemente horizontal y compactadas al 95% con respecto a su masa volumétrica seca máxima. El espesor de la plataforma, no deberá afectar las recomendaciones relativas a profundidad de desplante y tratamiento, indicadas anteriormente.



Para la construcción de vialidades internas, las recomendaciones se proporcionan en la sección siguiente.

Debera contarse durante el proceso constructivo con equipo de bombeo para abatir el nivel de aguas freáticas.

De acuerdo con el análisis físico-químico realizados al suelo del lugar (determinación de sulfatos acuosolubles y cloruros), se tiene que éste no representa un agente agresivo para el concreto que consistirá a las cimentaciones, por lo que para efectos de este proyecto, no se requerirá de alguna característica especial en el cemento a utilizar. Se recomienda emplear el disponible a nivel regional (CPC 30R ó similar).

Recomendaciones sobre procesos constructivos

Para construcción de plataformas

- a) Eliminar, mediante excavación en cajón, un espesor mínimo de 0.40 m, para remover el espesor de raíces.
- b) Tratar la superficie expuesta después de la excavación, en 0.20 m de espesor, mediante, escarificado e incorporando de 6.0% de cal en masa (5.5% más 0,5% por concepto de volatización), homogenizando, y compactando al 95% con respecto a su Masa Volumétrica Seca Máxima.
- c) Una vez tratada la superficie, conformar el terraplén (plataforma) con capas sensiblemente horizontales, en un espesor de 0.20 m compactos hasta completar el espesor de la plataforma en función del proyecto de rasantes, el material para el terraplén deberá contar con una masa volumétrica superior a $1\ 600\ \text{kg/m}^3$ ya compactada y VRS mayor al 20%.
- d) La compactación de las diferentes capas se efectuará con equipo convencional (rodillo liso) hasta lograr en el suelo un grado de compactación del 95% de su masa volumétrica seca máxima.

Para desplante de cimentaciones aisladas

- a) Conformar la superficie del terreno, eliminando toda materia vegetal (capa superficial mínima de 0.40 m).
- b) Realizar las excavaciones que alojarán las zapatas, hasta una profundidad mínima de 1.00 m para estructuras menores (ó la que determine el ingeniero estructurista).
- c) Tratar superficie expuesta, escarificando un espesor de 0.20 m, homogenizando con humedad y compactando al 95% con respecto a su Masa Volumétrica Seca Máxima.
- d) Logrando el nivel de desplante definitivo, construir plantilla de concreto pobre ($f'c\ 100\ \text{kg/cm}^2$ mínimo) para desplante de cimentaciones.
- e) Colada y descimbrada la zapata, proceder a rellenar la excavación, con material producto de excavación (material granular de banco producto de

plataforma) colocado en capas de 0.20 m de espesor, compactadas al 95% con respecto a su masa volumétrica seca máxima.

Para desplante de cimentaciones a base de pilas

- Realizar la excavación de forma mecánica hasta la profundidad recomendada, por el ingeniero estructurista, utilizando barrenas helicoidales.
- Para efectos de evitar el ademe en las perforaciones, debe procederse al armado y colado de las pilas, tan pronto como sea posible (máximo 2 días después de la excavación).

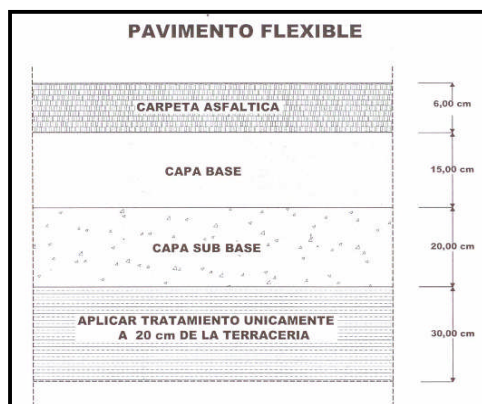
Nota1: Si por diseño, las pilas serán acampanadas en vez de rectas, debe verificarse que el perforista cuente con la debida herramienta ensanchadora para evitar tiempos muertos en el proceso constructivo.

- Debido a que los armados de las pilas, en veces son densos, debe tomarse en cuenta que el concreto fluya adecuadamente a través del refuerzo. Se recomienda un REVENIMIENTO del concreto del orden de 15 cm y agregados con tamaño máximo limitado a 20 mm.

Para construcción de vialidades

Pavimento flexible

Con el propósito de lograr un comportamiento adecuado de los pavimentos, la obra se deberá de realizar de acuerdo a los lineamientos de las normas de materiales y construcción de terracerías y pavimentos de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT):



a) Se despalmará y excavará todo el espesor señalado por el laboratorio en obra de tal manera que se asegure la eliminación de la capa vegetal (mínima de 0.40 m), cuidando que el producto no se mezcle con los materiales que conformarán las capas de la estructura.

b) El terreno natural (terracería) descubierto deberá de estabilizarse con el 6.0% de cal,

(ver sección 14.1.5) compactarse al 95% de su peso volumétrico seco máximo en los primeros 0.20 m de profundidad (tratamiento).

c) Sobre la terracería construida y habiendo logrado la cota de proyecto se construirá la capa sub-base, la cual deberá compactarse al 95% con

respecto a su masa volumétrica seca máxima, sobre esta, deberá conformarse la capa base, misma que también deberá presentar una compactación al 95% con respecto a su Masa Volumétrica Seca Máxima.

d) Proceder a la colocación de la carpeta asfáltica

Nota: Los espesores de cada capa, deberán corresponder a los indicados en la sección de DISEÑO DE PAVIMENTOS.

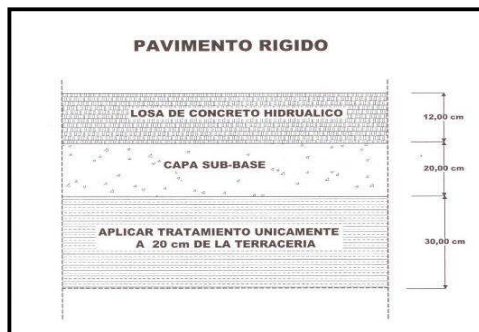
* La carpeta asfáltica, deberá ser concreto asfáltico colocado en caliente, con estabilidad mínima de 700 kg.

* La capa Base deberá compactarse al 95% con respecto a su masa volumétrica seca máxima.

* Las especificaciones para base y sub-base, deberán corresponder a las indicadas en la tabla No. 19, en la sección 13.

Pavimento rígido

La construcción del pavimento rígido deberá contemplar los siguientes aspectos (no limitativos) y la estabilización con el 6,0% de cal del terreno natural.



- a) Verificación de niveles, compactación (baches) y limpieza de la capa base, después de construidas las guarniciones.
- b) Colocación del concreto, utilizando reglas vibratorias para efectos de compactación del mismo (mejor acabado).
- c) Una vez tendido el concreto, proceder a su perfilado mediante

flotas de aluminio, y al texturizado longitudinal y transversal del concreto, utilizando rastra de alambre en forma de peine, cuidado una separación de $\frac{3}{4}$ " y una profundidad máxima de 6.4 mm (con una mínima de 3.00 mm).

- d) Terminado el proceso de texturizado, proceder al curado del concreto, cuando este empiece a perder el brillo superficial. Utilizar membrana de curado, base agua, aplicada mediante aspesores manuales, con irrigadores a presión.
- e) El corte de juntas, para lograr la modulación de losas indicadas en el diseño de pavimentos, deberá ser de un tercio del espesor de la losa de concreto, y deberá iniciar entre las primeras 4 a 6 horas después de haber colocado el concreto, terminado este proceso antes de 12 horas después del colado.



- f) El ensanche de juntas, deberá hacerse después de terminado el corte para crear el espacio suficiente para alojar el material que se utilizara durante el sellado.
- g) El sellado de juntas deberá contemplar la limpieza con aire a presión ó agua, 60 días después de corte, colocando la tirilla de respaldo (Backer Rod) y la aplicación del producto sellador con bomba de silicón.

Sobre el proceso de estabilización con cal

Con respecto a las características físico-mecánicas del material encontrado en sitio, se deberá implementar un proceso de Estabilización con Cal, para efectos de utilización del material del lugar para el desplante (de la plataforma, cimentaciones, vialidades).

Se recomienda utilizar en el proceso, un contenido de cal del 6.0 % en masa; usar una cal comercial que tenga un mínimo del 70% de óxido de calcio, situación que deberá ser verificado mediante ensayos por un laboratorio.

Para lograr una adecuada estabilización de la arcilla del lugar, con el porcentaje de cal que se especifique, es necesario seguir las siguientes recomendaciones con respecto al procedimiento constructivo:

a) Escarificación

La escarificación del material in situ se efectúa por medio de un arado de discos (rastra agrícola ó ripper de motoconformadora), con el objeto de pulverizar los grumos mayores de 5 cm de diámetro y al mismo tiempo uniformizar el material. El escarificado deberá contar con una profundidad igual al espesor de la capa a estabilizar (20.0 cm).

b) Esparcido de cal -Método seco (en sacos ó bolsas)

Como el material del lugar está seco, debe aplicarse un riego preliminar con agua para reducir el desperdicio de cal por volatilización.

NOTA: Se recomienda incrementar el porcentaje óptimo de estabilización en un 0.5%, para efectos de cubrir los desperdicios por volatilización que ya en la práctica se pudieran presentar, de forma que se considere un 6.0% de cal.

La forma de repartir el número de sacos en el área de la plataforma que se desea estabilizar, se calcula en función del espesor y área que ocupa 1 m^3 de material suelto y el porcentaje de cal recomendado por el laboratorio.

Una vez hecho ésto, se distribuyen los sacos de forma uniforme para posteriormente esparcir la cal de los mismos, de manera que formen una capa que cubra el área que según el cálculo, deban cubrir. Para lograr una



distribución más uniforme de la cal contenida en los sacos, se recomienda realizar la misma, utilizando rastrillos de jardinería.

Nota: Puede utilizarse también, cal a granel.

c) Mezclado y humedecimiento

Con la rastra de discos (rastra agrícola) se deben realizar las pasadas, necesarias hasta que el laboratorio verifique por medio de inspección visual la homogeneidad de la mezcla.

Después de esto debe agregarse agua (ó motoconformadora) en cantidad suficiente para exceder ligeramente la humedad óptima, esto último, con el fin de asegurar la hidratación de la mezcla y el inicio del fraguado (formación de la matriz puzolánica).

Posterior a este proceso, el laboratorio debe tomar las muestras necesarias para realizar el control de estabilización.(Medición en campo del ph).

Una vez incorporada el agua al material, se debe iniciar su movimiento y acomodo mediante motoconformadora y dejarlo preparado para iniciar el proceso de compactación.

d) Compactación

Para obtener un máximo desarrollo de resistencia y estabilidad el material estabilizado debe compactarse al 95% con respecto a su masa volumétrica seca máxima. La compactación se puede realizar usando rodillos neumáticos pesados o vibratorios, o una combinación de rodillo pata de cabra y rodillo neumático ligero.

Dicho porcentaje debe verificarse mediante pruebas de laboratorio.

e) Curado

La resistencia y estabilidad depende también de un curado efectivo a la superficie ya compactada.

Este puede ser de dos formas: húmedo ó de membrana asfáltica

- a) El curado húmedo se realiza manteniendo la humedad en terraplén mediante riego con rociador (pipa) en un lapso de tiempo que comprenda de 3 a 7 días. Debe utilizarse rodillo después de cada riego, para mantener una superficie tersa.

Nota: La colocación de la capa siguiente (caso del pavimento flexible), ayudara a reducir los días de curado.



El curado con membrana asfáltica se efectúa con asfalto rebajado o emulsión de rompimiento rápido o medio, que son los utilizados para riegos de impregnación en caminos. La humedad se mantendrá hasta que se proceda a la colocación de las capas subsecuentes.

En el proceso de estabilización con cal el fraguado es relativamente lento, sin embargo el clima caluroso, beneficiará en mucho a la mezcla, para lograr un apropiado endurecimiento.

f) Precauciones de seguridad para el manejo de cal.

El manejo de hidróxido de calcio, por ser un material químico de uso común no es peligroso de trabajar, si se ponen en práctica algunas simples recomendaciones:

El clima cálido y húmedo de la región tiende a aumentar el efecto caústico de la cal hidratada en la piel de los trabajadores, por lo que, deberá cuidarse, que los mismos utilicen el equipo mencionado a continuación:

- El personal que se emplea para el extendido de cal en cada plataforma deberá usar camisa de manga larga.
- Botas de media altura o con agujeta.
- Usar sombrero o casco para proteger el cuero cabelludo de la acumulación del polvo de cal.
- Guantes tipo guanteleta.
- No usar ropa ceñida al cuello o muñecas ya que el calentamiento por el roce con la cal irrita la piel.
- Usar anteojos de seguridad (goggles) mientras se extiende la cal.

El procedimiento constructivo deberá seguirse lo más apegadamente posible a lo especificado en este informe, con el fin de lograr una óptima estabilización del material.

Los porcentajes de compactación recomendados para el relleno de excavación y estructuras de pavimento, así como el cumplimiento de especificaciones de concreto y carpeta asfáltica, deberán ser verificados mediante pruebas por un laboratorio.

Limitaciones

Los análisis y recomendaciones enunciados en este informe, están basados en los datos obtenidos de las exploraciones que fueron indicadas, de manera que este reporte puede no reflejar la exacta variación de las condiciones del



subsuelo en la totalidad del área de estudio; la naturaleza y extensión de los diferentes estratos a través del subsuelo, puede no ser evidente sino hasta que se efectúen las excavaciones para el desplante de las estructuras, por lo que será necesario replantear las condiciones cuando se note el cambio de las características de cada material, especificadas en este reporte.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ESPECIFICACION PARA ELABORACION DE ESTUDIOS GEOTECNICOS EN SUB-ESTACIONES.
Comisión Federal de Electricidad; Especificación CFE CPTT DIC-EG-01; México, Septiembre del 2002.
2. PRINCIPIOS DE INGENIERIA DE CIMENTACIONES.
Braja M. Das; Thomson Editores, S.A. de C.V; Cuarta Edición; México, 2001
3. FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN.
Joseph E. Bowles; Editorial McGraw-Hill; Quinta edición; México, 1996.
4. CIMENTACIONES, DISEÑO Y CONSTRUCCION.
M.J. Tomlinson; Editorial Trillas; Primera edición; México, 1996.
5. MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES.
Ing. Carlos Crespo Villalaz; Editorial FONT, S.A., Primera edición; México, 1977.
6. CIMENTACIONES SUPERFICIALES.
Fructuoso Mañá; Editorial Blume; Segunda Edición; México, 1978.
7. FUNDAMENTOS DE MECANICA DE SUELOS.
Roy Whitlow; Editorial CECSA; Segunda edición; México, 1994.
8. MECANICA DE SUELOS TEORIA Y APLICACIONES DE LA MECANICA DE SUELOS TOMO II.
Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez; Editorial Limusa; Tercera edición; México, 1975.
9. INTRODUCCION A LA MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES.
George B. Sowers y George F. Sowers; Editorial Limusa; Tercera edición; México, 1980.
10. MECANICA DE SUELOS FUNDAMENTOS DE LA MECANICA DE SUELOS TOMO I.
Eulalio Juárez Badillo y Alfonso Rico Rodríguez; Editorial Limusa; Tercera edición; México, 1974.



11. MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA.
Karl Von Terzaghi; Editorial El ateneo; Tercera edición; México, 1963.
12. CIMENTACIONES PROFUNDAS.
Robert D. Chellis; Editorial Diana; Segunda edición; México, 1971.
13. GEOLOGIA PARA INGENIEROS.
Joseph M. Trefethen; Editorial CECSA, Sexta impresión; México, 1974.
14. GUIA DEL INGENIERO CIVIL.
Frederick S. Merritt; Editorial Mc Graw-Hill; Primera edición; México, 1989.
15. NORMAS PARA MUESTREO Y PRUEBAS DE MATERIALES, EQUIPOS Y SISTEMAS.
Libro 6; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Parte 6.01; México, 1986.
16. GUIA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PAVIMENTOS RIGIDOS.
Ing. Aurelio Salazar Rodríguez; Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C. (IMCYC); Primera Edición; México, 1998.
17. LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES, VOLUMEN 2.
Alfonso Rico y Hermilo Del Castillo; Editorial LIMUSA, Tercera reimpresión; México, 1982.
18. PAVIMENTOS DE CONCRETO.
Cemex Concretos, S.A. de C.V; Primera Edición; México, 2000.
19. DISEÑO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.
Ing. Manuel Zárate Aquino; Asociación Mexicana del Asfalto, A.C.; Primera edición; México, Agosto del 2003.
20. NORMAS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES.
Libro 4; Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT); Parte 01; México, 1985.



21. LA INGENIERIA DE SUELOS EN LAS VIAS TERRESTRES, VOLUMEN 2. Alfonso Rico y Hermilo Del Castillo; Editorial LIMUSA, Tercera reimpresión; México, 1982.

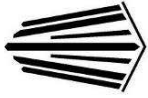
22. NMX-C-416-ONNCCE-2003.- INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION “MUESTREO DE ESTRUCTURAS TERREAS Y METODOS DE PRUEBA”.ONNCCE; MEXICO, 10 DE OCTUBRE DEL 2003.

23. NMX-C-431-ONNCCE-2002.- INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION – CIMENTACIONES- TOMA DE MUESTRA ALTERADA E INALTERADA – METODO DE PRUEBA (SPT). ONNCCE; MEXICO, 13 DE FEBRERO DEL 2003.

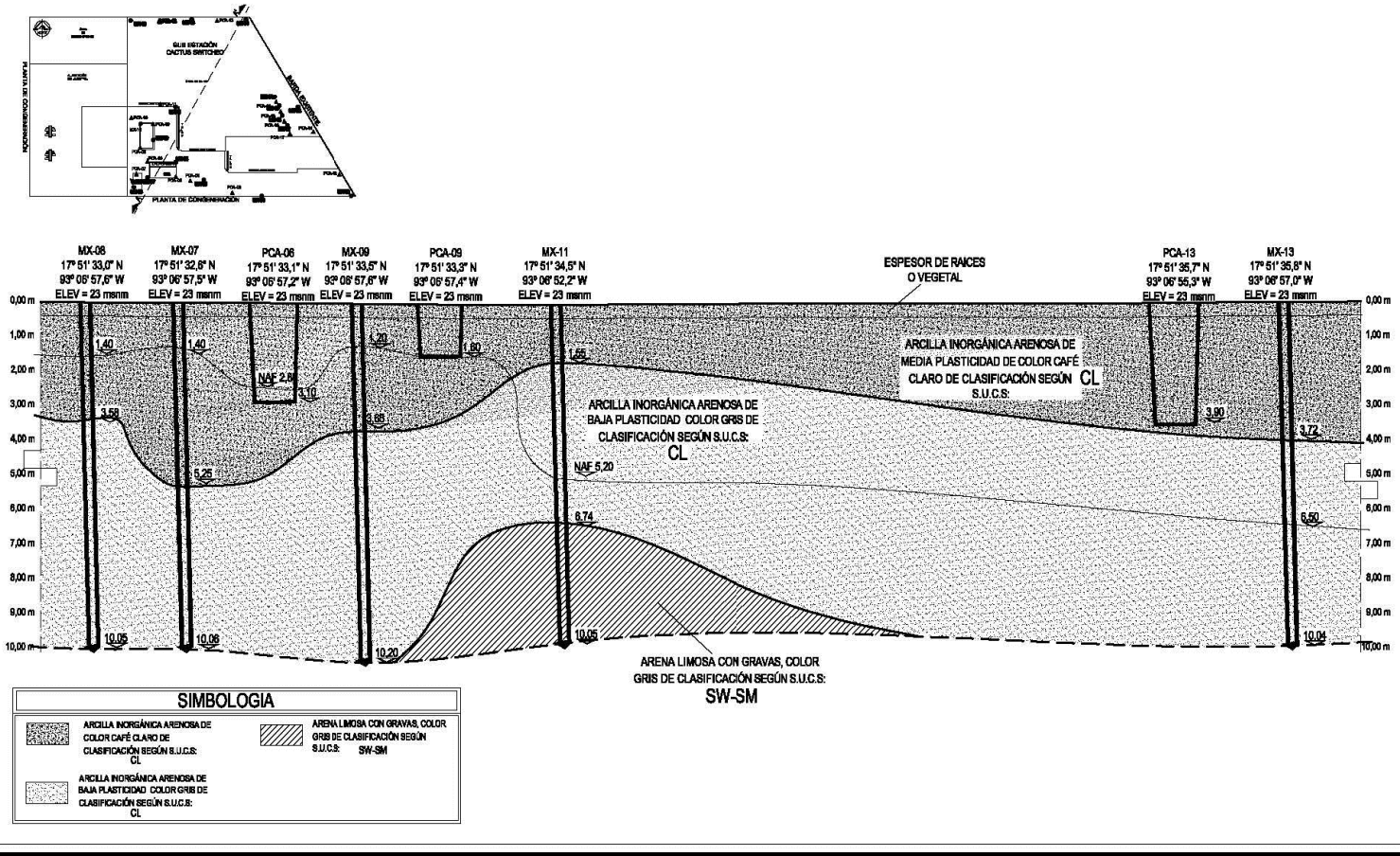
24. MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES DE LA CFE. Sección 3, Diseño por Sismo; México.

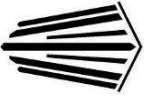
25. FUNDAMENTOS DE INGENIERIA GEOTECNICA. Braja M. Das; Editorial THOMSON LEARNING; México, 2001.

26. MECANICA DE SUELOS NO SATURADOS. José Alfredo Zepeda Garrido; Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, A.C; Universidad Autónoma de Querétaro, 2004.

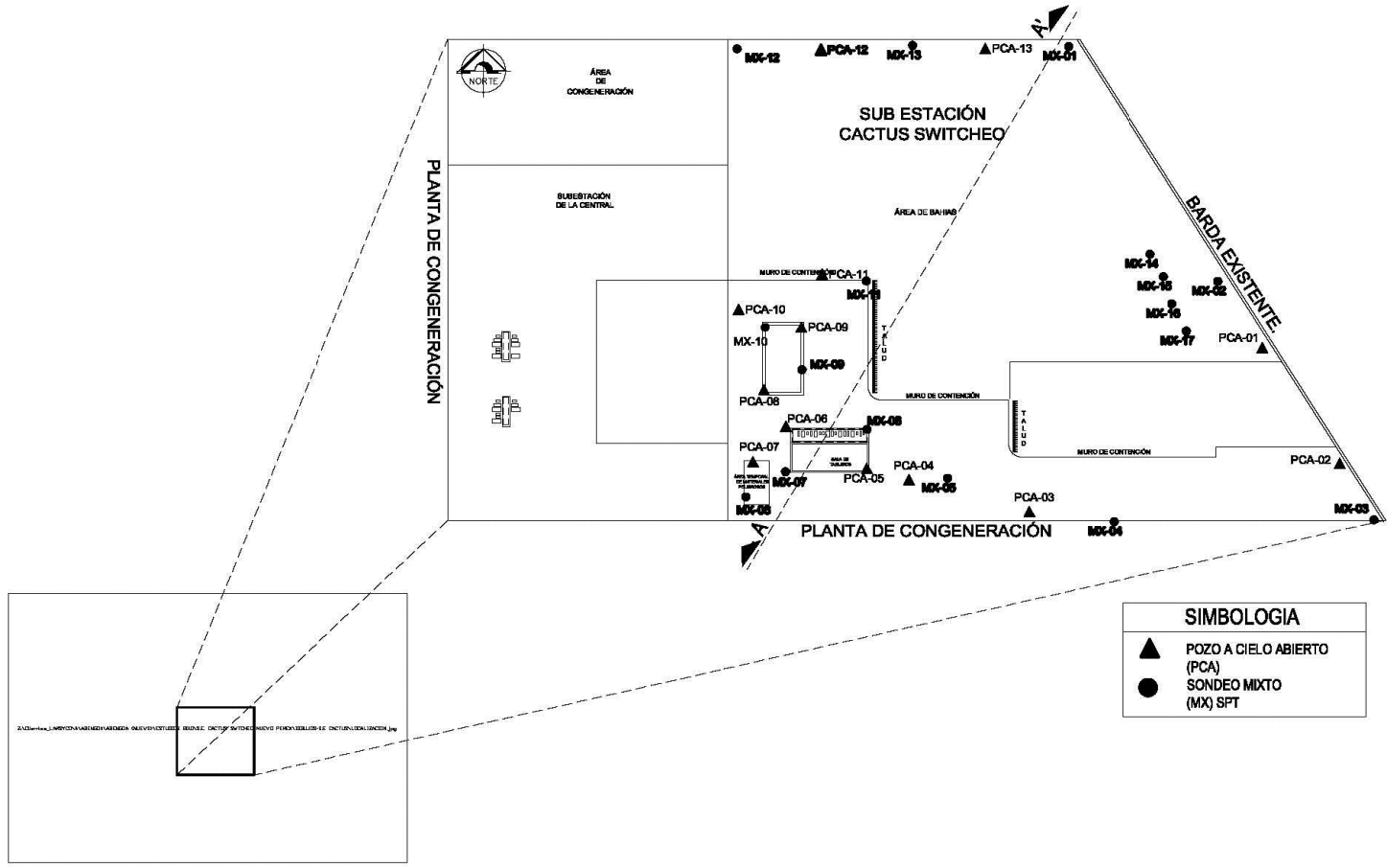


PERFIL ESTRATIGRÁFICO CON RELACIÓN A LOS SONDEOS REALIZADOS CORTE A-A''





LOCALIZACIÓN DE SONDEOS REALIZADOS DENTRO DEL SITIO EN ESTUDIO



INFORME FOTOGRÁFICO



FOTOGRAFÍAS No. 1 Y No. 1-A.
Vista general del sitio en estudio.

FOTOGRAFÍAS No. 4 Y No. 4-A.
Exploración del sitio, mediante la utilización de barrenas helicoidales solidas con equipo mobil dril B-24.



FOTOGRAFÍAS No. 2
Localización de los sondeos mediante obtención de coordenadas absolutas, con un dispositivo de posicionamiento global (GPS).



FOTOGRAFÍAS No. 3
Maniobras de acomodo del equipo para dar inicio con la exploración.

FOTOGRAFÍAS No. 4 Y No. 4-A.
Exploración del sitio, mediante la utilización de barrenas helicoidales solidas con equipo Mobil Drill B-24.



FOTOGRAFÍAS No. 5 Y No. 5-A
Marcado de tubo de media caña para la determinación del número "N" de golpes.

FOTOGRAFÍAS No. 7 Y No 7-A
Recuperación de muestras contenidas en el muestreador de media caña (tubo partido).



FOTOGRAFÍAS No. 6 Y No. 6-A
Determinación de del número "N" de golpes mediante la prueba de penetración estándar (SPT-ASTM-D-1586-VIGENTE)

FOTOGRAFÍAS No. 8 Y No. 8-A
Elaboración de sondeos tipo pozo a cielo abierto (PCA), con retroexcavadora de contratación local.



FOTOGRAFÍAS No. 9 Y No 9-A
Obtención de muestras alteradas en
sondeos tipo pozo a cielo abierto
Y determinación de espesores.

FOTOGRAFÍAS No. 10 Y No 10-A
Relleno de la oquedad resultante de los
sondeos tipo pozo a cielo abierto, de
acuerdo con las políticas de seguridad del
cliente y el laboratorio.