



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**



**COATZACOALCOS**

ADMINISTRACIÓN PORTUARIA INTEGRAL  
DE COATZACOALCOS S.A. DE C.V.



"PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS FERREAS PARA EL  
ACCESO A LA NUEVA TERMINAL ESPECIALIZADA DE CONTENEDORES Y RECINTO  
PORTUARIO LAGUNA DE PAJARITOS"

Proyecto ferroviario TEC Pajaritos.  
Estudio de Mecánica de suelos.  
Recopilación y análisis de  
información de mecánica de suelos

Rev.	Fecha	Descripción de la revisión	Elaboró	Revisó		Líder proyecto	Patrocinador
Desarrollado por			Corporativo de Construcción y Proyectos S.C.L.		<b>N° PROYECTO:</b>		
					Documento N°:		Rev.

# Estudio de mecánica de suelos

## Sondeos complementarios

## EXPLORACION GEOTECNICA MEDIANTE SONDEOS TIPO PENETRACION ESTANDAR SPT PARA DETERMIANAR CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUBSUELO

### "PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS FERREAS PARA EL ACCESO A LA NUEVA TERMINAL ESPECIALIZADA DE CONTENEDORES Y RECINTO PORTUARIO LAGUNA DE PAJARITOS" COATZACOALCOS, VERACRUZ.

DICIEMBRE 2021

**Proyecto:**

"Proyecto ejecutivo para la construcción de vías férreas para el acceso a la nueva terminal especializada de contenedores y recinto portuario laguna de Pajaritos"

**Localización:**

Coatzacoalcos, Veracruz.

**Solicitado por:**

Administración Portuaria Integral de Coatzacoalcos  
Subgerencia De Ingeniería Y Construcción

**Objetivo:**

Determinación de las características físicas y mecánicas del subsuelo con el fin de determinar la capacidad de carga de los estratos que componen el suelo en el área de estudio.

**Alcance:**

Obtener las características físicas y mecánicas de los suelos por medio cinco (05) sondeos de penetración estándar (SPT) a ocho (8.0) metros de profundidad y análisis en laboratorio de muestras alteradas obtenidas a cada 60cm de avance durante el ensaye de penetración estándar. Obtener por estos medios los siguientes parámetros: Cohesión (C), módulo de deformación (E), compacidad o densidad relativa (Cr), ángulo de fricción interna ( $^{\circ}$ ), contenido de humedad natural (W), peso volumétrico (Pu), contenido de finos que pasan la malla No.200 (lavado) y límites de consistencia (LL, LP, IP y CL).

## 1. INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de determinar las características físicas y capacidad de carga para determinar la características físicas del subsuelo para el "Proyecto ejecutivo para la construcción de vías férreas para el acceso a la nueva terminal especializada de contenedores y recinto portuario laguna de Pajaritos", se nos encomendó la realización de una exploración geotécnica por medio de cinco sondeos de penetración estándar alcanzando una profundidad de ocho metros con análisis de laboratorio a las muestras recuperadas para realizar propuesta de cimentación.



Para realizar los sondeos de penetración estándar se utilizó un equipo menor de perforación, todo el personal trabajo con las medidas de seguridad adecuadas utilizando su equipo de protección básico.

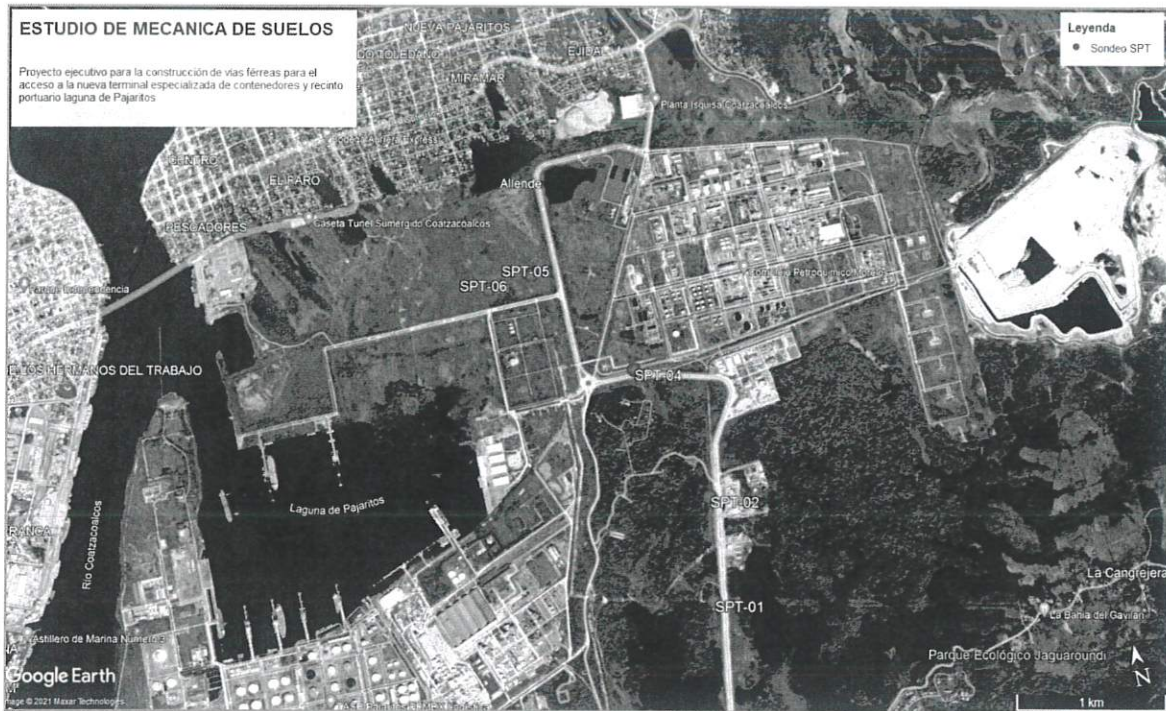


Fig. 1.- Localización del área de estudio.

Como parte del estudio de mecánica de suelos se efectuó la exploración geotécnica en campo con un muestreo continuo para la determinación de las características físicas de los estratos que componen el subsuelo en el área de estudio para determinar los principales parámetros mecánicos y determinar la capacidad de carga del subsuelo.

## 2. CARACTERÍSTICA GENERAL DEL SITIO

### 2.1 Fisiografía

#### 2.1.1 Localización

Se localiza en la zona sur del Estado, en las coordenadas 18° 09' latitud norte y 94° 26' longitud oeste, a una altura de 10 metros sobre el nivel del mar. Limita con los municipios de Pajapan, Cosoleacaque, Minatitlán, Ixhuatlán del Sureste, Moloacán y las Choapas, al norte con el Golfo de México, al este con el estado de Tabasco. Su distancia aproximada por carretera a la capital del estado es de 420 Km.

#### 2.1.2 Extensión

Tiene una superficie de 309.20 Km<sup>2</sup>, cifra que representa un 1.00% del total del Estado.

#### 2.1.3 Orografía

El Municipio se encuentra ubicado en la zona ístmica y en la parte limítrofe sudeste del Estado. Por ser municipio costero de las llanuras del sotavento, su suelo presenta grandes planicies

### 2.1.4 Hidrografía

Se encuentra regado por el río Coatzacoalcos que forma la barra de Coatzacoalcos; el río Tonalá; límite con Tabasco y el Huasuntlán, al norte del municipio; además, tiene los arroyos de Tortuguero, Gavilán, y la laguna del Ostión

### 2.1.5 Clima

Su clima es cálido-regular con una temperatura promedio de 25.6 °C; su precipitación pluvial media anual es de 1 mil 800 mm.

### 2.1.6 Características y Uso de Suelo

Su suelo presenta grandes planicies por ser un municipio costero de las llanuras del Sotavento, es de tipo acrisol, su característica es que presenta acumulación de arcilla en el subsuelo, es ácido y en condiciones naturales tiene vegetación de selva o bosque, su color es rojo o amarillo calroy es susceptible a la erosión. No se le da un uso de importancia sobresaliente.

## 2.2 Geología regional

En la zona de estudio afloran tres unidades de tipos de rocas bien diferenciadas, las cuales corresponden a tres ambientes distintos que se aglutinan por su edad y origen. De esta manera, de la unidad más reciente a la más antigua, se identifican ambientes de depósitos fluviales junto con los depósitos eólicos de ambiente costero del Cuaternario (Q) y, con una posición cronoestratigráfica más antigua, se tiene a los sedimentos del Mioceno (Tm), junto con sedimentos del Jurásico (J) que afloran en una superficie muy pequeña. Los depósitos cuaternarios recientes de origen fluvial (Q) son aportados por las cuencas de las corrientes del río Coatzacoalcos y río Uxpana; estos ríos desembocan y desbordan en las tierras bajas de las planicies de inundación, enriqueciéndolas con los sedimentos del aluvionamiento. A su vez, la sedimentación renovada de tales depósitos retroalimentan el proceso de hundimiento del terreno en esta porción de la cuenca.

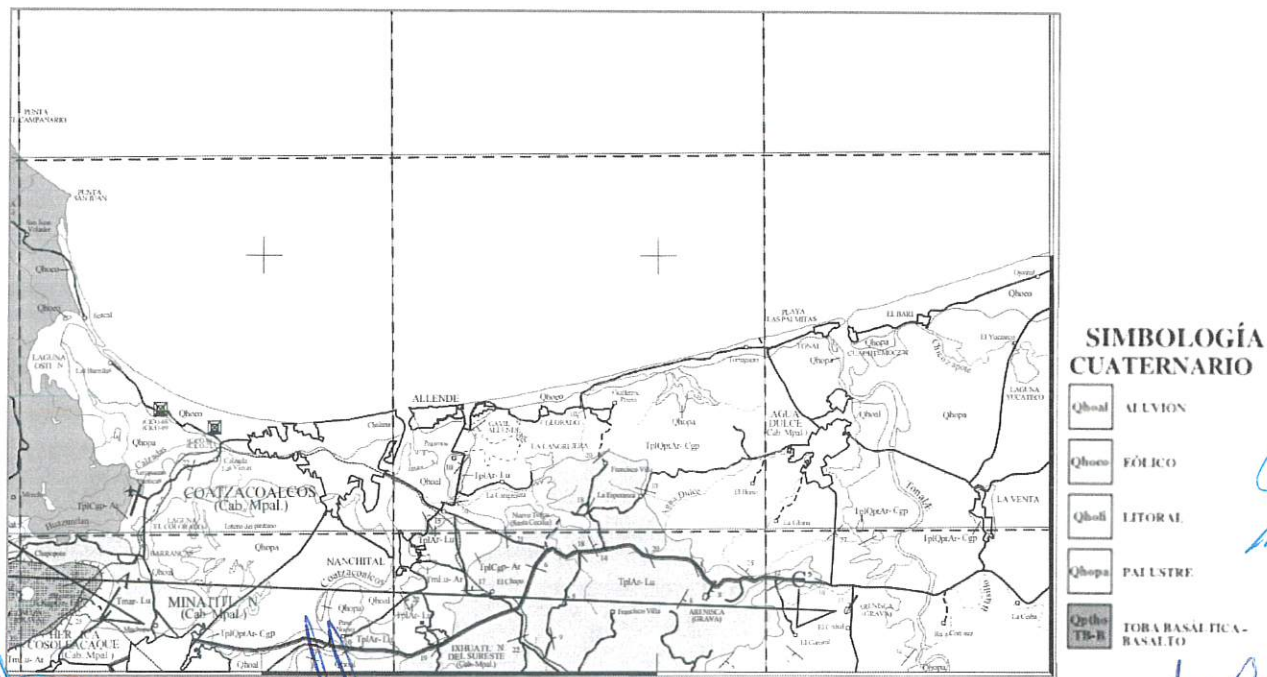


Fig. 2 Geología regional de Coatzacoalcos, Ver.



SIMBOLOGÍA  
CUATERNARIO

Qhol	ALUVIÓN
Qhues	EÓLICO
Qhol	LITORAL
Qhopa	PALESTRE
Qpoho TB-B	TOBA BASÁLTICA - BASALTO

TERCIARIO  
NEÓGENO

TplQp Ar-Cgr	ARENISCA - CONGLOMERADO POLIMICTICO
Tpl Bv-B	BRECHA BASÁLTICA - BASALTO
TplA-H	ANDESITA - BASALTO
Tpl Ar-Ca	ANDESITA - TOBA ANDESTICA
TplB	BASALTO
Tpl Cgr-Ar	CONGLOMERADO POLIMICTICO - ARENISCA
Tpl Ar-Lu	ARENISCA - LUTITA
TmB	BASALTO
Tm ar-Lu	ARENA - LUTITA
Tm Ar-Lu	ARENISCA - LUTITA
Tm Lu-Ar	LUTITA - ARENISCA
Tm Lu-TR	LUTITA - TOBA RIOLITICA

## PALEÓGENO

Tpa Lu-Ar	LUTITA - ARENISCA
--------------	-------------------

CRETÁCICO INF. -  
JURÁSICO SUP.

TRKSP GR-B	CALIZA - LUTITA
---------------	-----------------

## COLUMNA GEOLÓGICA

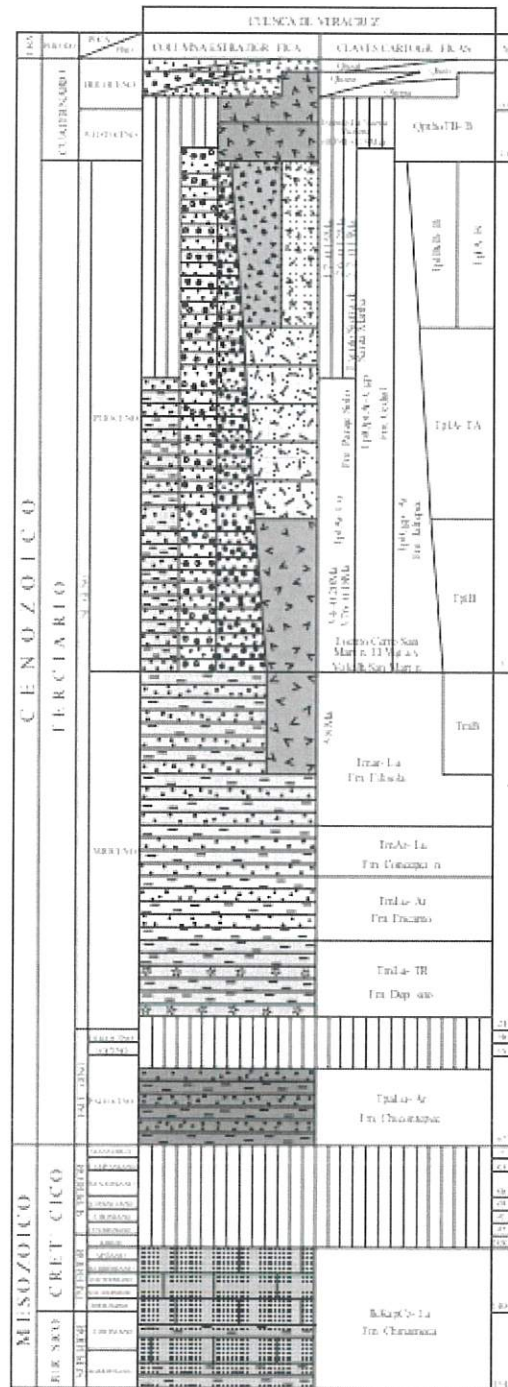


Fig. 3 Columna geológica regional de Coatzacoalcos, Ver.

### 2.3 Sismicidad

La República Mexicana está situada en una de las regiones sísmicamente más activas del mundo, enclavada dentro del área conocida como el Cinturón Circumpacífico donde se concentra la mayor actividad sísmica del planeta.

Para fines de diseño sísmico la República Mexicana fue dividida en cuatro zonas sísmicas. Esta zonificación refleja las frecuencias y las máximas aceleraciones que pueden esperarse durante la presencia de un sismo durante un periodo de un siglo.

- Zona A (Baja sismicidad): En esta zona no se han registrados ningún sismo de magnitud considerable en los últimos 80 años, ni se esperan aceleraciones del suelo mayores al 10 % de la aceleración de la gravedad.
- Zona B (Media intensidad): Esta zona es de moderada intensidad, pero las aceleraciones no alcanzan a rebasar el 70% de la aceleración de la gravedad.
- Zona C (Alta intensidad): En esta zona hay más actividad sísmica que en la zona B, aunque las aceleraciones del suelo tampoco sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.
- Zona D (Muy alta intensidad): Aquí es donde se han originado los grandes sísmicos históricos, y la ocurrencia de sismos es muy frecuente, además de que las aceleraciones del suelo sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad.

La región de Veracruz, ubicada en la siguiente figura, se localiza dentro de la zona B.

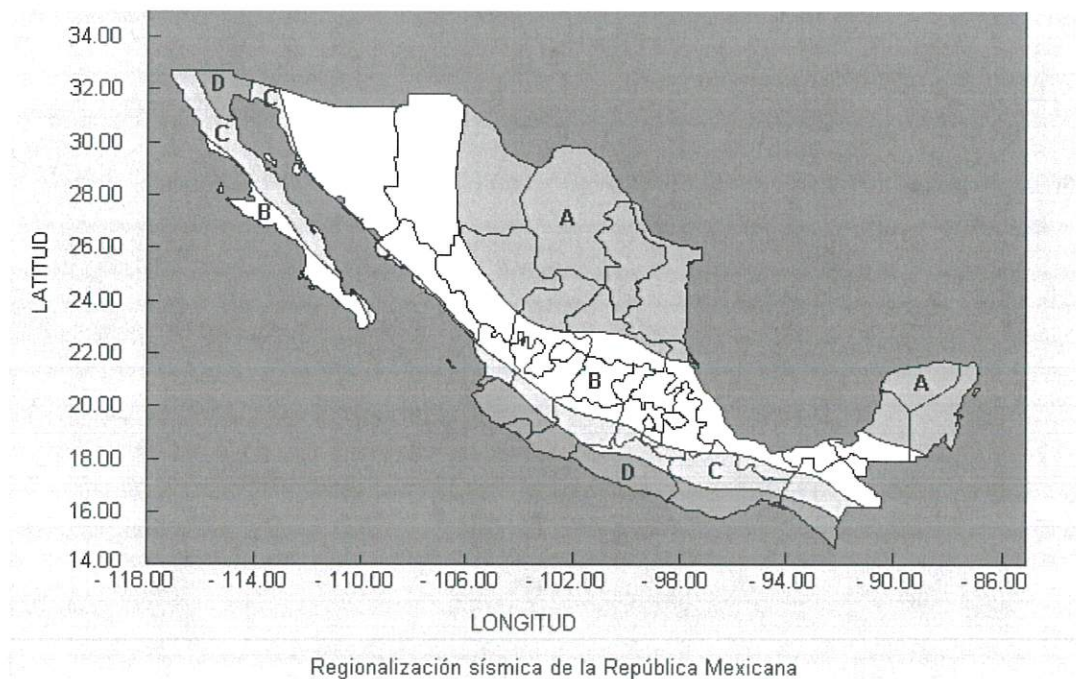


Fig. 4.- Servicio Sismológico Nacional. Regiones sísmicas en México. Zonificación sísmica de la república Mexicana



### 3. TRABAJOS DE CAMPO

#### 3.1 Sondeo a cielo abierto (PCA)

La investigación en el área de estudio se realizó por medio de cinco sondeos de penetración estándar (SPT) a una profundidad a 8.00 metros con descripción del material. En la tabla 1 se indica la ubicación de los sondeos referidos a coordenadas UTM.

Sondeo	Coordenada UTM (aproximadas)		Profundidad (m)
	X	Y	
Spt-01	354418.00 m E	2003244.00 m N	8.00
Spt-02	354558.00 m E	2004515.00 m N	8.00
Spt-04	354256.00 m E	2005471.00 m N	8.00
Spt-05	353713.00 m E	2006282.00 m N	8.00
Spt-06	353402.00 m E	200625.00 m N	8.00

**Tabla 1. Coordenadas de los sondeos SPT.**

#### 3.1 Sondeo de Penetración Estándar (SPT)

El estudio consiste en hincar una barra-guía de sección tubular equipada con un toma muestras llamado "de media caña", de dos pulgadas de diámetro. El hincado se realiza por el golpeteo repetido de un martinete de 63.5 Kg., que se deja caer desde una altura de 76.2 cm.

#### 3.2. Procedimiento.

Una vez localizado el punto exacto de hincado y considerando el tipo de material superficial que debiese ser retirado en caso de presentar un estado demasiado suelto, se procede con un hincado de 15 centímetros de tubería de perforación, contando el número de golpes necesario. Se continúa con dos hincados más de 15 centímetros contando el número de golpes por cada avance de 15cm. La resistencia a la penetración estándar, denominada "N", es el número de golpes requerido para completar un avance de 30cm, contados dentro de una frecuencia de golpeo no mayor a 30 impactos por minuto. Cuando el número de golpes necesario para penetrar 15 centímetros es igual o superior a 50, o si no se obtiene avance después de 10 golpes, el ensaye se da por terminado y se continúa a partir de este punto por lavado hasta alcanzar la siguiente cota de muestreo.

#### 3.3. Muestreo penetración estándar.

Por cada avance de 45 centímetros se extrae el penetrometro para retirar la muestra alterada, captada por él toma muestras de media caña de 2", que será más tarde analizada en el laboratorio como complemento del estudio de identificación de los materiales componentes, determinación de sus características físicas y definición de la resistencia a la penetración.

Las muestras recuperadas se guardan en recipientes herméticos, estos son etiquetados para su precisa identificación con la siguiente información: Tipo de sondeo; Localización de la prueba; Número de muestra; Profundidad a la que se obtuvo; Nombre del operador; Fecha y Hora; Condiciones del clima.

### 3.4. Geo-posicionamiento de los sondeos

La determinación de la latitud y longitud de las estaciones o puntos donde se ubicó físicamente el equipo de perforación, se realizó con el sistema de posicionamiento global por satélite GPS, a través de un receptor marca "GARMIN". No hubo la necesidad de corregir las lecturas de campo, debido a que los puntos coincidieron con los rasgos geomorfológicos observados en las cartas topográficas del INEGI y la fotografía aérea del Google Earth de donde se tomó la elevación que se reporta.

### 3.5. Posición del Nivel de Aguas Freáticas (N.A.F.)

El nivel de aguas freáticas es medido con respecto al nivel de terreno natural, registrado en el mes de Diciembre de 2021 en cada uno de los sondeos, el cual se presenta en la tabla 3. Este nivel puede variar en las diferentes estaciones del año.

Sondeo	Profundidad del nivel freático (m)
Spt-01	ND
Spt-02	ND
Spt-04	0.62m
Spt-05	0.40m
Spt-06	0.60m

Tabla 2. Profundidad del Nivel de aguas freáticas (N.A.F.)

## 4. TRABAJOS DE LABORATORIO Y GABINETE.

### 4.1 Análisis Generales.

A todas las muestras recuperadas se les determinó su contenido natural de agua, y se realizó su clasificación visual y al tacto. Selectivamente se efectuaron pruebas de límites de consistencia, porcentajes de finos (lavado) y granulometría por mallas, atendiendo al tipo de material que se tratara. Con estos datos se obtuvo la clasificación del sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.) de los diversos materiales.

### 4.2. Laboratorio.

Las muestras obtenidas se analizan en laboratorio para su identificación y determinación de sus características físicas, de acuerdo con los siguientes procesos:

- Determinación de la humedad natural.
- Identificación del tipo de suelo de acuerdo con la clasificación SUCS. Granulometría por Mallas y Valores Índice (Límites de Atterberg).
- Determinación del contenido de finos menores a 0.0750mm (malla No.200), por medio de pruebas de lavado o análisis hidrométrico, según convenga al proyecto.

### 4.3. Gabinete.

Los siguientes parámetros se estiman de los resultados obtenidos en los ejercicios de campo (resistencia a la Estudio. Exploración geotécnica mediante sondeos tipo penetración estándar SPT "Proyecto ejecutivo para la construcción de vías férreas.



penetración, considerando el número de golpes obtenidas de la prueba de penetración estándar ) y los ensayos de laboratorio realizados en las muestras obtenidas:

1. Estimación de la Cohesión ( $q_a$ , kg/cm<sup>2</sup>).
2. Estimación del Módulo de Elasticidad o de Young ( $E$ , kg/cm<sup>2</sup>).
3. Estimación de la Compacidad Relativa ( $C_r$ , %) o Consistencia. Según aplique para materiales inertes friccionantes o cohesivos plásticos respectivamente.
4. Determinación del Ángulo de Fricción Interna ( $^\circ$ ).
5. Cálculo de la Capacidad de Carga Admisible ( $Q_{adm}$ , T/m<sup>2</sup>), de acuerdo con los materiales detectados y el sistema de cimentación aplicable.

Los resultados sobre las características litológicas y cualidades físico-mecánicas de los diferentes estratos, aparecen detallados en los reportes de las pruebas de campo y laboratorio del siguiente capítulo, en los que puede observarse la variación con la profundidad de los siguientes parámetros:

1. Número de golpes - Valor NSPT – detallado por avance de 15cm.
2. Cantidad de material recuperado por avance de 45cm. (cm).
3. Descripción del material recuperado (Litología).
4. Clasificación del material de acuerdo con el sistema S.U.C.S.
5. Módulo de elasticidad ( $E$ , kg/cm<sup>2</sup>).
6. Ángulo de fricción interna ( $\phi$ ,  $^\circ$ ).
7. Peso unitario ( $P_u$ , T/m<sup>3</sup>).
8. Consistencia o compacidad relativa, ya sea que el suelo exhiba un carácter cohesivo o friccionante ( $C_r$ , %).
9. Contenido de humedad natural ( $W$ , %).
10. Límites de consistencia (Límites de Atterberg, L.L., I.P. y C.L.)
11. Contenido de gravas, arenas y finos menores a 0.075mm (%).

## 5. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUBSUELO

### 5.1. Determinación del Perfil Estratigráfico

Con la finalidad de caracterizar adecuadamente el perfil estratigráfico del terreno y las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, se realizaron cinco sondeos de exploración geotécnica a 8.00 m de profundidad.

La ubicación en planta de los sondeos se presenta en el Anexo de Figuras y los perfiles estratigráficos de los mismos en el Anexo 3.

## 5.1.1. Sondeo SPT-01

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm)					Resultados del muestreo				Límites de Atterberg			Análisis granulométrico			
	N <sub>SPT</sub> (30cm avance)					Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)	
0.00	0	10	20	30	40											50
-0.60		3					1	2	1							
-1.00	1						APL									
-1.60		10					3	4	6							
-2.00	2						APL									
-2.60		14					4	6	8							
-3.00	3						APL									
-3.60		24					6	10	14							
-4.00	4						APL									
-4.60		35					10	11	24							
-5.00	5						APL									
-5.60		>50					27	45	40							
-6.00	6						APL									
-6.40		>50					38	34	43							
-7.00	7						APL									
-7.60		>50					38	40	44							
-8.00	8						37	44	49							
									50							

SPT-01 Coordenadas UTM X: 354418.00 m E; Y: 2003244.00 m N

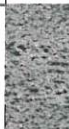
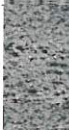




## 5.1.2. Sondeo SPT-02

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm)						Resultados del muestreo				Límites de Atterberg			Análisis granulométrico						
	N <sub>SPT</sub> (30cm avance)						Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)				
0.00	0	10	20	30	40	50														
-0.60		9					4	4	5	7	60	Arena arcillosa color café	SC	63.8%	67.1	32.9	34.2	13.57%	48.01%	38.42%
-1.00	1						APL													
-1.60		10					3	5	5	9	60									
-2.00	2						APL													
-2.60							8	12	18	21	60	Arcilla arenosa color café	CL	35.3%	45.9	18.9	27.0	0.58%	16.23%	83.19%
-3.00	3						18	19	20	22	60									
-3.60							39													
-4.00	4						APL													
-4.60							20	23	25	29	60	Limo arenoso color café	ML	26.7%	40.2	32.2	8.0	12.36%	15.48%	72.16%
-5.00	5						30	32	33	35	54									
-5.60							APL													
-6.00	6						36	38	40	42	43	Arcilla arenosa color café	CL	23.5%	36.8	24.3	12.5	8.77%	14.79%	76.44%
-6.40							44	46	40	47	44									
-7.00	7						45	50/12			36									
-7.60																				
-8.00	8																			

SPT-02 Coordenadas UTM X: 354558.00 m E; Y: 2004515.00 m N

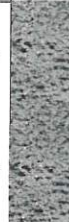


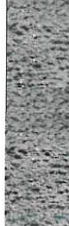
## 5.1.3. Sondeo SPT-04

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm)						Resultados del muestreo				Límites de Atterberg			Análisis granulométrico							
	N <sub>SPT</sub> (30cm avance)						Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)					
0.00	0	10	20	30	40	50															
-0.60		5					2	2	3	5	55		Arcilla arenosa color café	CL	32.6%	37.8	22.6	15.2	0.00%	34.25%	65.75%
-1.00	1						APL														
-1.60		11					8	5	6	9	60										
-2.00	2						APL														
-2.60			20				8	9	11	13	51		Arcilla arenosa color café	CL	23.1%	32.9	16.2	16.7	0.00%	47.59%	52.41%
-3.00	3						APL														
-3.60			26				11	13	13	15	32										
-4.00	4						APL														
-4.60				35			13	15	20	22	34		Arcilla arenosa color café	CL	32.5%	33.5	17.6	15.9	0.00%	49.55%	50.45%
-5.00	5						APL														
-5.60				36			15	17	19	24	34										
-6.00	6						APL														
-6.40					47		19	22	25	27	36		Arcilla arenosa color café	CL	37.4%	36.8	21.4	15.4	0.00%	46.04%	53.96%
-7.00	7						APL														
-7.60							20	23	28	31	48										
-8.00	8							32	30	33	42										

SPT-04 Coordenadas UTM X: 354256.00 m E; Y: 2005471.00 m N



## 5.1.4. Sondeo SPT-05

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm)						Resultados del muestreo				Límites de Atterberg			Análisis granulométrico							
	N <sub>SPT</sub> (30cm avance)						Mat. Rec. (cm)	Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	W (%)	L.L.	L.P.	I.P	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)					
0.00	0	10	20	30	40	50															
-0.60	2						1	1	1	2	45		Arcillaa renosa color café	CL	25.3%	37.4	20.2	17.2	4.40%	32.46%	63.14%
-1.00	1						APL														
-1.60	10						3	4	6	6	45										
-2.00	2						APL														
-2.60	11						4	4	7	9	43		Arcillaa renosa color café	CL	32.0%	40.2	24.9	15.3	0.57%	24.10%	75.32%
-3.00	3						APL														
-3.60	18						6	9	9	9	54										
-4.00	4						APL														
-4.60	8						3	4	4	4	45		Arcillaa renosa color café	CL	66.0%	42.5	26.2	16.3	0.00%	32.90%	67.10%
-5.00	5						APL														
-5.60	7						3	3	4	5	46										
-6.00	6						APL														
-6.40	9						4	4	5	6	42		Arcillaa renosa color café	CL	34.8%	41.6	25.8	15.8	0.00%	23.87%	76.13%
-7.00	7						APL														
-7.60	11						5	5	6	7	36										
-8.00	8						8	8	8	10	38										
-9.00	9																				

Spt-05 Coordenadas UTM X: 353713.00 m E; Y: 2006282.00 m N

## 5.1.5. Sondeo SPT-06

Nivel de profundidad (m)	Golpes / Avance (cm)					Mat. Rec. (cm)	Resultados del muestreo			Límites de Atterberg			Análisis granulométrico		
	N <sub>SPT</sub> (30cm avance)	15	15	15	15		Descripción estratigráfica	S.U.C.S.	W (%)	L.L.	L.P.	I.P.	G (%)	A (%)	Menores que 0,075mm (%)
0.00	0														
-0.60	4	1	2	2		60	Arena arcillosa color café	SC	25.8%	34.2	21.9	12.3	0.00%	80.50%	19.50%
-1.00	1														
-1.60	5	2	2	3	4	60	Arcilla arenosa color gris	CL	34.2%	36.9	23.2	13.7	0.00%	34.57%	65.43%
-2.00	2														
-2.60	7	4	5	2	2	46	Arcilla arenosa color gris	CL	30.4%	45.8	27.0	18.8	0.00%	33.04%	66.96%
-3.00	3														
-3.60	12	5	6	6	5	38	Arcilla arenosa color gris	CL	31.1%	36.2	19.4	16.8	0.00%	28.40%	71.60%
-4.00	4														
-4.60	14	6	7	7	8	31	Arcilla arenosa color gris	CL	30.4%	45.8	27.0	18.8	0.00%	33.04%	66.96%
-5.00	5														
-5.60	22	9	10	12	11	53	Arcilla arenosa color gris	CL	31.1%	36.2	19.4	16.8	0.00%	28.40%	71.60%
-6.00	6														
-6.40	24	10	12	12	15	48	Arcilla arenosa color gris	CL	31.1%	36.2	19.4	16.8	0.00%	28.40%	71.60%
-7.00	7														
-7.60	22	9	10	12		41	Arcilla arenosa color gris	CL	31.1%	36.2	19.4	16.8	0.00%	28.40%	71.60%
-8.00	8														
-8.40	24	10	12	12	14	42									
-9.00	9														

Spt-06 Coordenadas UTM X: 353402.00 m E; Y: 2006250.00 m N



## 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

El presente estudio fue dirigido con el fin de analizar y clasificar los materiales de acuerdo con sus características físicas y propiedades mecánicas con la ejecución de sondeos exploratorios. De acuerdo a los materiales extraídos del sondeo practicado en esta área se identificaron dos estratos, cuya estratigrafía se detalla en el anexo 3. La exploración se realizó empleando un equipo de perforación menor, con ayuda de un GPS manual Marca GARMIN se determinaron las coordenadas UTM de los puntos donde se realizaron los sondeos, los cuales fueron ubicados estratégicamente por el cliente en el área de estudio.

En términos generales, la litología que predomina en el área de estudio está conformada por estrato formado por arenas de grano medio a grueso de compacidad media a muy densa como se muestran en los perfiles estratigráficos presentados en el anexo 3.

De acuerdo a los materiales extraídos de los sondeos practicados en esta área se identificaron de uno a dos estratos, cuya estratigrafía se detalla en el capítulo 5.

### 6.1. Consideraciones sobre la capacidad portante del terreno.

De acuerdo con los resultados obtenidos por los ensayos de penetración estándar, las pruebas realizadas en laboratorio con las muestras obtenidas en el ejercicio de campo y la observación de los aspectos litológicos, se deduce a continuación las capacidades portantes de los diferentes estratos y se determinan las posibles la capacidad de carga para diferentes desplantes de cimentación.

### 6.2. Análisis de la capacidad de carga admisible.

El cálculo de la capacidad portante del suelo para las áreas del presente proyecto se realizó de acuerdo a la teoría general de Terzaghi para suelos friccionantes, de acuerdo con la siguiente fórmula:

Relación de capacidades de carga admisibles  $Q_{adm}$  ( $T/m^2$ ), utilizando el resultado del número de golpes de la prueba de penetración estándar  $N_{SPT}$ , según la cual:

**Caso 1:** Relación de capacidades de carga admisibles  $Q_{adm}$  ( $T/m^2$ ) para cimentaciones con lado 'B' menor a  $\leq 1.2m.$ , utilizando el resultado del número de golpes de la prueba de penetración estándar  $N_{SPT}$ , según la cual:

$$q_0 = \frac{N}{8} \quad (Kg/cm^2)$$

**Caso 2:** Relación de capacidades de carga admisibles  $Q_{adm}$  ( $T/m^2$ ) para cimentaciones con lado 'B' mayor a  $> 1.2m.$ , utilizando el resultado del número de golpes de la prueba de penetración estándar  $N_{SPT}$ , según la cual:

$$q_0 = N \cdot \left(1 + \frac{1}{3.3B}\right)^2 \cdot \frac{1}{12} \text{ (Kg/cm}^2\text{)}$$

Donde:

$q_0$  = capacidad de carga del suelo.

N = número de golpes de la prueba de penetración estándar.

B = ancho de la cimentación.

$$q_{adm} = \frac{q_0}{F}$$

Finalmente la capacidad de carga admisible se obtendrá como:

Donde F es el factor de seguridad considerado igual a 3

Capacidad de Carga Admisible Qadm (Ton /m2)					
SPT-01		SPT-02		SPT-04	
0.00 a -1.00 m	1.3	0.00 a -1.00 m	3.8	0.00 a -1.00 m	2.1
-1.00 a -2.00 m	4.2	-1.00 a -2.00 m	4.2	-1.00 a -2.00 m	4.6
-2.00 a -3.00 m	5.8	-2.00 a -3.00 m	12.5	-2.00 a -3.00 m	8.3
-3.00 a -4.00 m	10.0	-3.00 a -4.00 m	16.3	-3.00 a -4.00 m	10.8
-4.00 a -5.00 m	14.6	-4.00 a -5.00 m	20.0	-4.00 a -5.00 m	14.6
-5.00 a -6.00 m	20.8	-5.00 a -6.00 m	20.8	-5.00 a -6.00 m	15.0
-6.00 a -7.00 m	20.8	-6.00 a -7.00 m	20.8	-6.00 a -7.00 m	19.6
-7.00 a -8.00 m	20.8	-7.00 a -8.00 m	20.8	-7.00 a -8.00 m	20.8

Tabla 3. Capacidad de carga admisible para los sondeos SPT-01, SPT-02 y SPT-04.

Capacidad de Carga Admisible Qadm (Ton /m2)			
SPT-05		SPT-06	
0.00 a -1.00 m	0.8	0.00 a -1.00 m	1.7
-1.00 a -2.00 m	4.2	-1.00 a -2.00 m	2.1
-2.00 a -3.00 m	4.6	-2.00 a -3.00 m	2.9
-3.00 a -4.00 m	7.5	-3.00 a -4.00 m	5.0
-4.00 a -5.00 m	3.3	-4.00 a -5.00 m	5.8
-5.00 a -6.00 m	2.9	-5.00 a -6.00 m	9.2
-6.00 a -7.00 m	3.8	-6.00 a -7.00 m	10.0
-7.00 a -8.00 m	4.6	-7.00 a -8.00 m	9.2

Tabla 4. Capacidad de carga admisible para los sondeos SPT-05 y SPT-06.



Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )					
SPT-01		SPT-02		SPT-04	
0.00 a -1.00 m	24.0	0.00 a -1.00 m	250.0	0.00 a -1.00 m	56.0
-1.00 a -2.00 m	121.0	-1.00 a -2.00 m	250.0	-1.00 a -2.00 m	137.0
-2.00 a -3.00 m	184.0	-2.00 a -3.00 m	250.0	-2.00 a -3.00 m	217.0
-3.00 a -4.00 m	230.0	-3.00 a -4.00 m	250.0	-3.00 a -4.00 m	250.0
-4.00 a -5.00 m	250.0	-4.00 a -5.00 m	250.0	-4.00 a -5.00 m	250.0
-5.00 a -6.00 m	250.0	-5.00 a -6.00 m	250.0	-5.00 a -6.00 m	250.0
-6.00 a -7.00 m	850.0	-6.00 a -7.00 m	250.0	-6.00 a -7.00 m	250.0
-7.00 a -8.00 m	850.0	-7.00 a -8.00 m	250.0	-7.00 a -8.00 m	250.0

Tabla 5. Módulo de elasticidad para los sondeos SPT-01, SPT-02 y SPT-04.

Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )			
SPT-05		SPT-06	
0.00 a -1.00 m	15.0	0.00 a -1.00 m	100.0
-1.00 a -2.00 m	121.0	-1.00 a -2.00 m	100.0
-2.00 a -3.00 m	137.0	-2.00 a -3.00 m	79.0
-3.00 a -4.00 m	210.0	-3.00 a -4.00 m	153.0
-4.00 a -5.00 m	90.0	-4.00 a -5.00 m	184.0
-5.00 a -6.00 m	79.0	-5.00 a -6.00 m	223.0
-6.00 a -7.00 m	106.0	-6.00 a -7.00 m	230.0
-7.00 a -8.00 m	137.0	-7.00 a -8.00 m	223.0

Tabla 6. Módulo de elasticidad para los sondeos SPT-05 y SPT-06.

Angulo de fricción (°)					
SPT-01		SPT-02		SPT-04	
0.00 a -1.00 m	1.0	0.00 a -1.00 m	30.0	0.00 a -1.00 m	2.5
-1.00 a -2.00 m	4.6	-1.00 a -2.00 m	30.0	-1.00 a -2.00 m	4.9
-2.00 a -3.00 m	5.7	-2.00 a -3.00 m	12.0	-2.00 a -3.00 m	8.0
-3.00 a -4.00 m	9.6	-3.00 a -4.00 m	12.0	-3.00 a -4.00 m	12.0
-4.00 a -5.00 m	12.0	-4.00 a -5.00 m	12.0	-4.00 a -5.00 m	12.0
-5.00 a -6.00 m	12.0	-5.00 a -6.00 m	12.0	-5.00 a -6.00 m	12.0
-6.00 a -7.00 m	41.0	-6.00 a -7.00 m	12.0	-6.00 a -7.00 m	12.0
-7.00 a -8.00 m	41.0	-7.00 a -8.00 m	12.0	-7.00 a -8.00 m	12.0

Tabla 7. Angulo de fricción para los sondeos SPT-01, SPT-02 y SPT-04.

Angulo de fricción (°)			
SPT-05		SPT-06	
0.00 a -1.00 m	1.0	0.00 a -1.00 m	28.0
-1.00 a -2.00 m	4.6	-1.00 a -2.00 m	28.0
-2.00 a -3.00 m	4.9	-2.00 a -3.00 m	3.5
-3.00 a -4.00 m	7.2	-3.00 a -4.00 m	5.1
-4.00 a -5.00 m	4.0	-4.00 a -5.00 m	5.7
-5.00 a -6.00 m	4.0	-5.00 a -6.00 m	8.8
-6.00 a -7.00 m	4.3	-6.00 a -7.00 m	9.6
-7.00 a -8.00 m	4.9	-7.00 a -8.00 m	8.8

Tabla 8. Angulo de fricción para los sondeos SPT-05 y SPT-06.

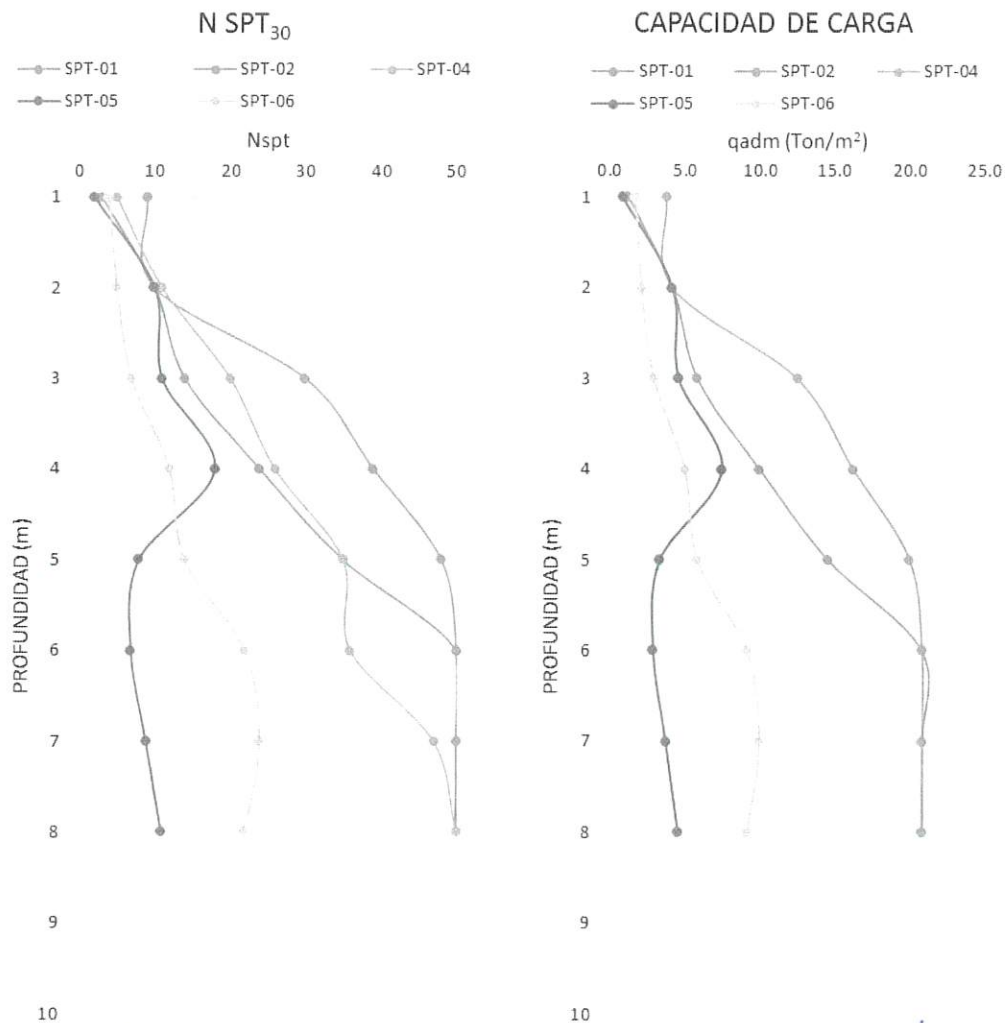
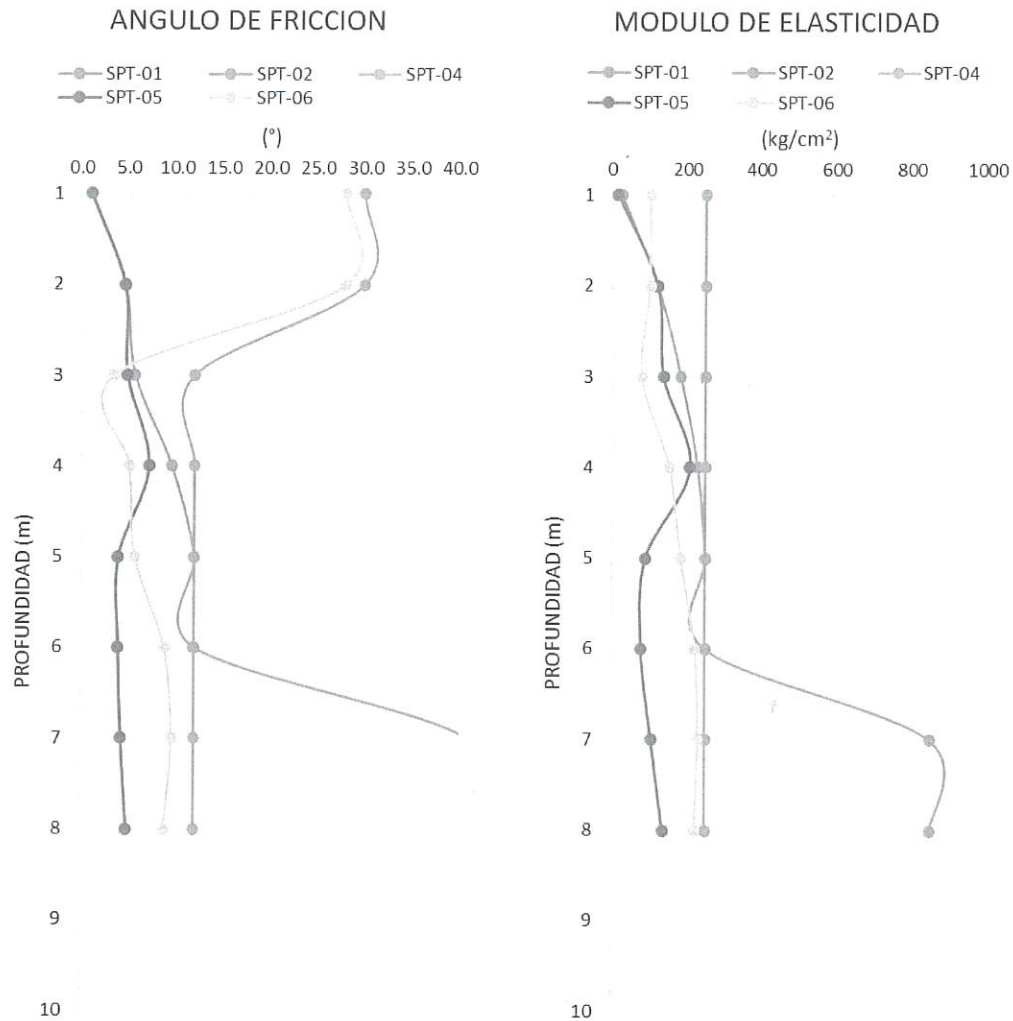


Gráfico 1. Resultados de la capacidad de carga obtenida por medio del ensaye de penetración estándar





**Gráfico 2. Principales parámetros determinados del ensaye de penetración estándar**

Sondeo	SPT-01	SPT-02	SPT-04	SPT-05	SPT-06
Profundidad	H : V	H:V	H:V	H:V	H:V
0.00 a -1.00 m	2 : 1	2 : 1	2 : 1	2 : 1	2 : 1
-1.00 a -2.00 m					
-2.00 a -3.00 m					
-3.00 a -4.00 m					
-4.00 a -5.00 m					
-5.00 a -6.00 m					
-7.00 a -8.00 m					

**Tabla 9. Taludes sugeridos de acuerdo con las condiciones geotécnicas.**

Para disminuir el riesgo de inestabilidad de un talud, es necesario realizar diferentes métodos o medidas de estabilización, el objetivo de las medidas de estabilidad de un talud conlleva al aumento del *factor de seguridad*, esto se consigue al disminuir las fuerzas desestabilizadoras o también aumentando las fuerzas estabilizadoras. Para ello se debe tener en cuenta los siguientes aspectos: El comportamiento y propiedades geo mecánicas del terreno, los mecanismos y tipos de roturas, se debe incluir la velocidad, dirección del movimiento y la geometría que tenga la rotura. Todos los factores geológicos, hidrogeológicos y otros tipos de factores influyentes en la estabilidad de talud. Algunos de los métodos que se recomienda y que se pueden aplicar para el presente proyecto para estabilizar estos taludes son:

- Modificación de la geometría
- Medidas de drenaje
- Elementos estructurales resistentes
- Medidas de protección superficial

Para realizar la modificación geométrica de los taludes:

- Se elimina el peso de la cabecera del talud (descabezamiento)
- Se puede incrementar el peso al pie del talud
- Otra opción es construir bancos y bermas (escalonar el talud)

Para realizar las medidas de drenaje:

- Colocar drenes para disminuir o eliminar el agua superficial o profunda que se encuentra afectando el talud, y por lo tanto trata de disminuir las presiones intersticiales que actúan como factor desestabilizador en las superficies de rotura y grietas de tracción.

Para realizar la estabilidad con elementos de contención:

- Concreto lanzado

Para realizar las medidas de protección superficial.

- Revegetación y aplicación de mallas sintéticas

Un talud de tierra no puede considerarse estable indefinidamente, porque tarde o temprano la estabilidad que pueda presentar se pierde, debido a los agentes naturales tales como las presiones hidrostáticas, el intemperismo y la erosión. Un aumento temporal de cargas, la reducción de la resistencia del suelo una redistribución desfavorable de esfuerzos son causas que contribuyen de una u otra manera a que el talud busque su posición más estable. El método de concreto lanzado con malla de triple torsión electro-soldada anclada al suelo protege el talud de las acciones del intemperismo y erosión, la colocación de drenes en este elemento, disminuye las presiones hidrostáticas.

Previo a realizar el concreto lanzado se recomendación realizar las siguientes acciones antes de aplicar este método:



Realizar el corte o excavación necesaria para la conformación de la plataforma o superficie de apoyo para la máquina en el perímetro en que se harán las mismas, que incluye la conformación el acabado y lisura de las paredes verticales o inclinadas del talud; la localización topográfica horizontal y vertical de las inclusiones; el movimiento, transporte y disposición de los materiales resultantes de excavación suministro y colocación.

Una vez realizado el corte, se coloca la malla electro-soldada de triple torsión en la superficie del talud, esta malla va sujeta con anclajes de acero corrugado, varilla corrugada, de la longitud que permita una sujeción adecuada de la malla electro-soldada a la superficie del talud.

Se deberá sostener con pequeños pedazos de aceros incrustados en el talud de forma correcta manteniendo el recubrimiento requerido y su posición al momento de recibir el concreto lanzado.

Para la colocación de drenes, deberán de ser de tubo PVC perforado, de diámetro de 1 ½" a 2. Se le harán perforaciones para que el agua entre al tubo, se le coloca geotextil como colador para evitar que las partículas finas se introduzcan al tubo y se vayan con el agua y se produzcan cavernas.

- Será colocado de forma ligeramente inclinada.
- Se colocarán a una distancia entre 1.5 y 3 m en ambos sentidos.
- Se colocarán intercaladamente.

Las conclusiones y recomendaciones aquí presentadas se ha desarrollado solo desde un análisis geotécnico, la información resultante de este estudio no predice la ocurrencia de algún evento no contemplado de tipo extraordinario (tales como fugas de agua, filtraciones, estructuración, procesos constructivos y modificaciones al proyecto inadecuados, sismos, entre otros) que superen inclusive los alcances de los Reglamentos de Construcción Nacional vigentes y de la modelación geotecnista, en caso de encontrar cambios en el subsuelo durante el procedimiento constructivos se deberá notificar para emitir las recomendaciones pertinentes.

Ing. Aldo Salvador Gradilla Espinosa  
Gerente Técnico  
Manzanillo, Col. 16 de diciembre del 2021.



1 ANEXO1. CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y SONDEOS.

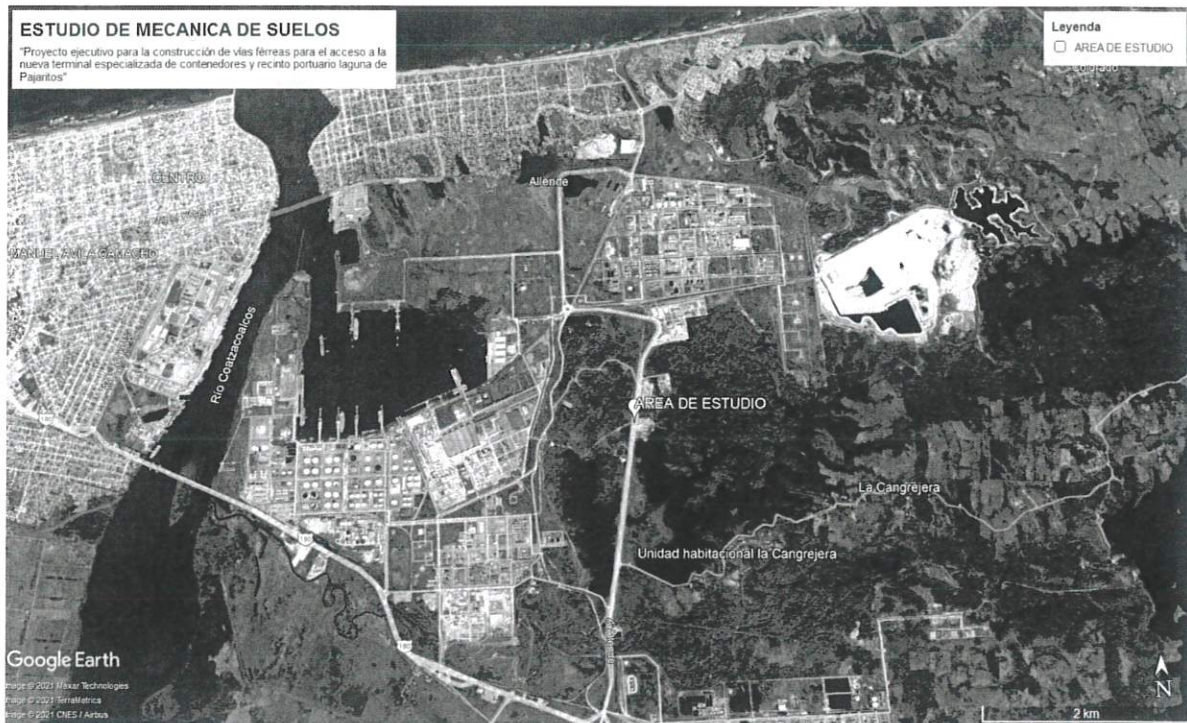


Fig. 1.- Croquis de localización del área de estudio.

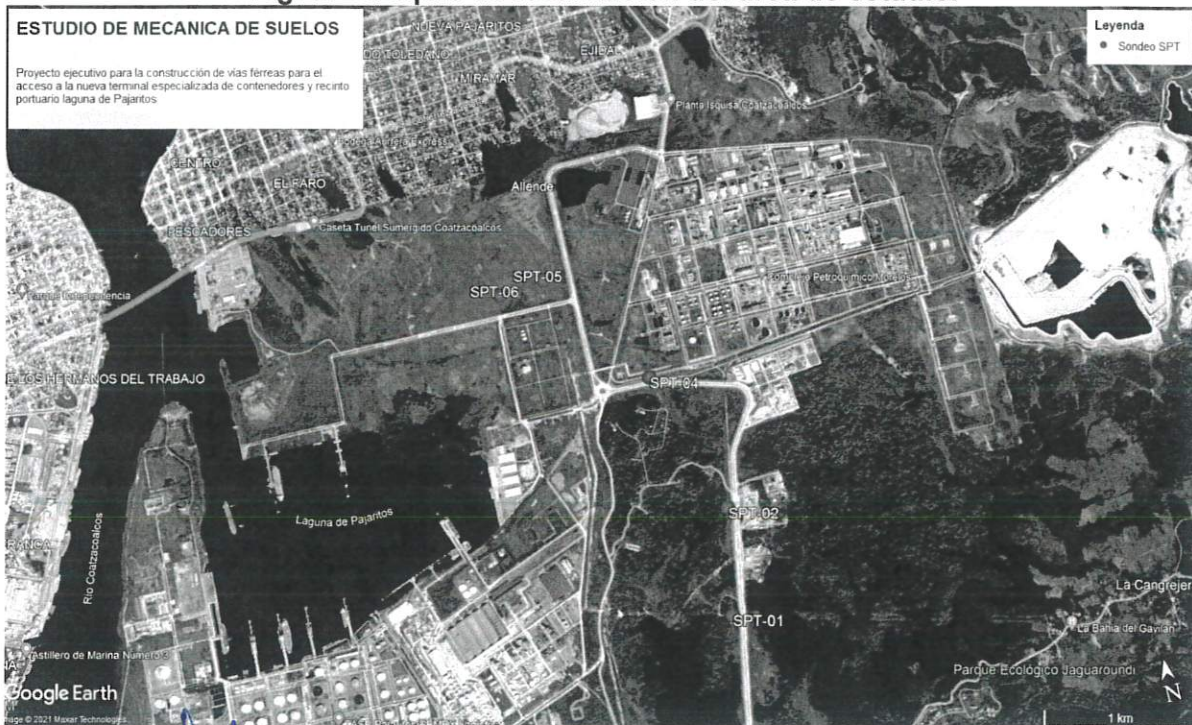


Fig. 2.- Localización de los Sondeos en el área de estudio.



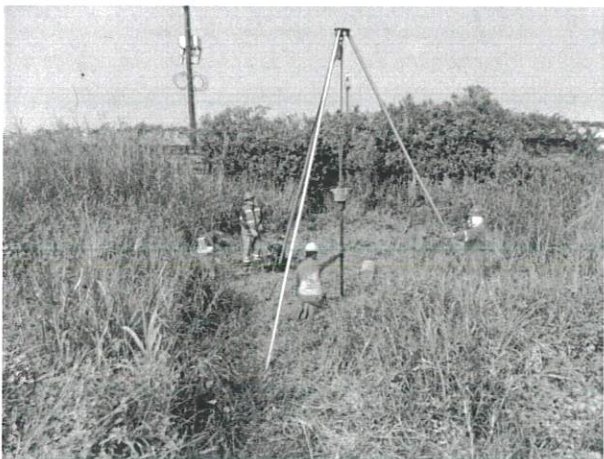
ANEXO 2. REPORTE FOTOGRÁFICO



SPT-01 Coordenadas UTM X: 354418.00 m E; Y: 2003244.00 m N

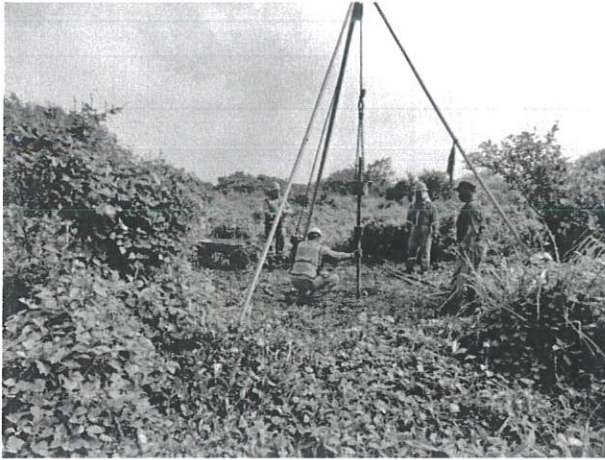


SPT-02 Coordenadas UTM X: 354558.00 m E; Y: 2004515.00 m N

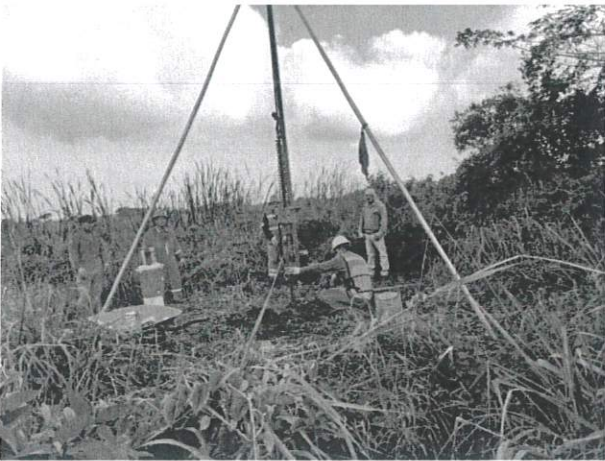


SPT-04 Coordenadas UTM X: 354256.00 m E; Y: 2005471.00 m N





Spt-05 Coordenadas UTM X: 353713.00 m E; Y: 2006282.00 m N



Spt-06 Coordenadas UTM X: 353402.00 m E; Y: 2006250.00 m N

a

T

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*