

NOVIAL

INGENIERÍA DE MATERIALES

ANEP - Liceo Cardal

Estudio Geotécnico

Capacidad Soporte para Fundación

Abril 2017

Responsable Técnico:

Diego Montaña García

Ingeniero Civil

diegomontano@novial.com.uy

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL	1
INDICE GENERAL	1
INDICE DE ILUSTRACIONES	1
OBJETIVO	2
UBICACIÓN	2
EQUIPO TÉCNICO	3
GEOLOGÍA DEL ÁREA	3
FORMACIÓN LIBERTAD	3
FORMACIÓN RAIGÓN	3
CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA EXCAVABILIDAD	3
REALIZACIÓN DE ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	4
BREVE DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO (SEGÚN NORMA ASTM D1586 – 84)	4
APLICABILIDAD	4
CORRECCIONES DEL N_{SPT}	4
ENSAYOS SPT	5
PERFIL DE SUELOS	6
TENSIÓN ADMISIBLE Y ASIENTO PARA FUNDACIÓN DIRECTA	8
CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PILOTES	9
RESISTENCIA DE PUNTA - MARCO TEÓRICO	9
ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA DE PUNTA EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD	10
EVALUACIÓN DEL POTENCIAL EXPANSIVO	10
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO Y SUCS)	12
RECOMENDACIONES SOBRE FUNDACIONES	13
CONCLUSIONES:	13
ANEXO	14
PLANILLAS DE CAMPO	15
PLANILLAS DE LABORATORIO	18

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Ubicación del Predio de Estudio	2
Ilustración 2 - Realización de Ensayos SPT	5
Ilustración 3 - Ubicación de Sondeos	6
Ilustración 4 - Material Arcillo-Arenoso de SPT2	6
Ilustración 5 - Esquematización de Perfil Litológico	7
Ilustración 6 – Efecto de Presión de Expansión sobre Losas de Fundación	11

DESARROLLO DEL INFORME

Objetivo

En el marco de la ejecución de una ampliación del Liceo de Cardal, en el Departamento de Florida, se efectuó un Estudio Geotécnico cuyo objetivo es, a partir una serie de ensayos de penetración estándar (SPT) y la toma de muestras para laboratorio, estimar algunos parámetros de los suelos del sitio a ser empleados como insumo para el diseño de la solución de fundación de las estructuras previstas.

En función de lo solicitado por el comitente, el día 7 de abril de 2017, se efectuaron dos (2) cateos con la realización de un ensayo SPT (Standar Penetration Test) por cada metro de cateo hasta la profundidad de 4m, y la toma de muestras para ensayos de laboratorio.

El presente Estudio Geotécnico, tiene por objetivo establecer las tensiones admisibles del terreno a nivel de fundación, así como por debajo de estas a los efectos de generar la información necesaria que permita realizar el diseño de las fundaciones.

Ubicación

Los trabajos se efectuaron en el predio del Liceo actual, ubicado entre las calles José Pedro Varela, Herminda P. de Cequeiro y 19 de Abril, en la localidad de Cardal (Depto. de Florida), tal como se observa en la Ilustración 1.

ILUSTRACIÓN 1 - UBICACIÓN DEL PREDIO DE ESTUDIO



Equipo Técnico

El trabajo de campo fue efectuado por GeoAmbiente¹, abarcando la realización de los ensayos SPT, con relevamiento de perfiles litológicos por parte del Lic. en Geología Marcos Bonjur, supervisado por **NOVIAL** y según la planificación de las tareas realizadas por esta última.

El proceso de datos, evaluación de resultados y análisis de ingeniería, estuvieron a cargo de **NOVIAL**.

Geología del área

En función de la revisión de antecedentes, la fotointerpretación geológica a escala 1:20.000 y el relevamiento de campo realizado, se establece que el subsuelo del área está integrado sedimentos de la Formación Libertad sobre sedimentos de la Formación Raigón.

Formación Libertad

Está constituida por lodolitas masivas, con porcentajes no superiores al 1% de arena gruesa, gravilla y grava homogéneamente dispersas en la matriz. La mineralogía de estos detritos es fundamentalmente cuarzosa y feldespática. Dentro de estas litologías los términos dominantes son arcilla, limo arcilloso y limo arcillo-arenoso. La tonalidad dominante es marrón a marrón claro (pardo) y su espesor en general no supera los 10m. El carbonato de calcio puede estar presente en forma pulverulenta, en concreciones o en pequeños lentes.

Formación Raigón

Se compone por una sucesión de sedimentos arenosos de origen fluvial, en general la granulometría dominante son arenas gruesas cuarzo feldespáticas, pudiendo existir de forma subornada arenas muy finas a medias y niveles arcillosos lenticulares.

Clasificación en función de la excavabilidad

A los efectos de generar información pertinente para la ejecución de la obra, se releva durante la realización de los taladros, el grado de Excavabilidad de los materiales hallados según el criterio establecido en la Carta Geotécnica de la Región Metropolitana de Montevideo².

El grado de excavabilidad varía de E1 a E3 según el siguiente criterio:

E1: Se incluye en esta categoría aquellos materiales friables a medianamente friables, penetrables por la pala americana, y en consecuencia excavables a pico y pala sin auxilio de elementos escarificantes y fácilmente movibles por medios mecánicos.

E2: Se incluyen en esta categoría los materiales medianamente friables a medianamente tenaces difícilmente a no penetrables con pala americana pero si excavables a pico y pala (aunque con dificultad y requiriendo eventualmente el auxilio de elementos escarificadores) removibles con medios mecánicos, a veces con alguna dificultad.

¹ www.geoambiente-uruguay.com

² Departamento de Geotécnica – Facultad de Ingeniería – UdelaR – **Carta Geotécnica de la Región Metropolitana de Montevideo escala 1:100.000** – Montevideo 1997 CARTA GEOTECNICA

E3: Se incluyen en esta categoría aquellos materiales medianamente tenaces a tenaces, no penetrables con la pala americana, no excavables a pico y pala (incluso con elementos escarificadores) y difícilmente a no excavables con medios mecánicos. Son penetrables mediante perforación rotativa con corona con puntas de alta dureza y removibles mediante martillo o explosivos.

En la descripción de los perfiles litológicos identificados durante la realización de los taladros, se incluye la clasificación desde el punto de vista de la excavabilidad.

En dichos perfiles se puede observar, como criterio general, que los materiales identificados como suelos arcillosos a areno-arcillosos son identificados como pertenecientes a la clase E1.

Realización de ensayo de penetración estándar

Breve descripción del ensayo (según norma ASTM D1586 – 84)

De forma resumida el ensayo consiste en la ejecución de un “taladro” hasta la cota deseada y en el fondo del mismo se introduce un tomamuestras normalizado, el que es hincado en el terreno de estudio 45 cm contando el número de golpes necesarios para hincar tramos de 15 cm. La hincada se realiza mediante una maza de 63.5 kg que cae desde una altura de 76 cm en una cabeza de golpeo.

Los valores de golpeo de los tramos centrales de 15 cm (segundo y tercer tramo) sumados conducen al parámetro N_{30SPT} o N_{SPT} .

Cuando el terreno es muy resistente se detiene el ensayo por rechazo, anotando la penetración realizada y el número de golpes correspondiente.

El toma muestras permite además recoger una muestra, alterada, del material de estudio para su análisis e identificación.

Aplicabilidad³

Los resultados de la prueba difundida ampliamente en todo el mundo, se correlacionan empíricamente con las propiedades específicas *in situ* del terreno. Se han desarrollado diferentes modelos para suelos arcillosos y arenosos de manera de obtener resultados acordes al tipo de suelo en estudio.

Correcciones del N_{SPT}

Existen algunos factores, independientes del dispositivo, que influyen en el resultado obtenido en campo. Estos son los siguientes³:

- Corrección por nivel freático
 - Principalmente en suelos finos bajo el nivel freático, donde se produce un debilitamiento de la resistencia por el aumento de las presiones de poro que se generan el momento del golpeo.

³ Devicenzi M., Frank N., - Ensayos Geotécnicos In Situ – IGEO TEST – Mayo 2004

- En arenas gruesas y gravas, la saturación del terreno no afecta los resultados³ así como tampoco para suelos finos con un $N_{SPT} < 15$.
- Para los suelos finos por debajo del nivel freático y que presenten un valor de $N_{SPT} > 15$ se aplica la siguiente corrección:

$$N_{CORR} = 15 + \frac{N_{spt} - 15}{2}$$

Donde:

N_{CORR} : N corregido por nivel freático

N_{SPT} : es el valor de N obtenido en el estudio de campo

- Normalización por la presión de confinamiento
 - El valor N está influenciado por las sobrecargas debidas al peso de las tierras y se puede normalizar refiriéndolo a un valor unitario de la presión vertical efectiva (1 kp/cm^2) a fin de comparar distintos ensayos realizados a diferentes profundidades.

En el presente caso de estudio, no se detectaron niveles freáticos por lo que no se efectúan correcciones.

Ensayos SPT

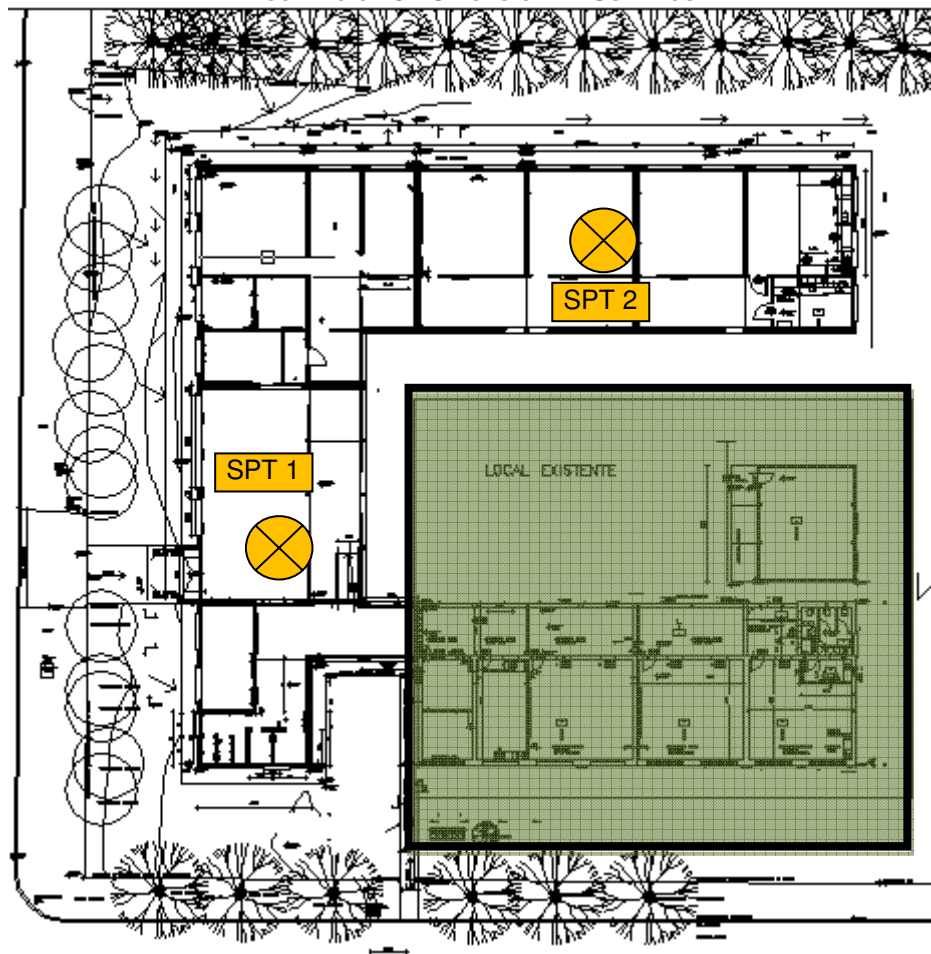
Se realizaron 2 ensayos SPT (ver Ilustración 3), con el objetivo de cubrir con el detalle adecuado la zona de estudio, para obtener información de la capacidad portante del suelo de apoyo, del nivel de la napa freática y de los materiales que aparecen en el perfil de suelo.

A continuación se presenta el detalle de los resultados de campo obtenidos en los ensayos SPT efectuados los sitios de referencia.

ILUSTRACIÓN 2 - REALIZACIÓN DE ENSAYOS SPT



ILUSTRACIÓN 3 - UBICACIÓN DE SONDEOS



Perfil de Suelos

Según se desprende de las descripciones litológicas presentadas en Anexo, así como de la Geología del Área, hemos identificado un perfil de suelos compuesto según la Ilustración 5.

ILUSTRACIÓN 4 - MATERIAL ARCILLO-ARENOSO DE SPT2



ILUSTRACIÓN 5 - ESQUEMATIZACIÓN DE PERFIL LITOLÓGICO

Tramo (m)	NIVEL FREÁTICO	COLUMNA	EXCAVABILIDAD	DESCRIPCIÓN
0.1			E1	Suelo con relleno de balastro.
0.1 - 0.3				Suelo orgánico.
1.10				Arcilla limosa marrón con carbonato
0.7 - 1.3				Arcilla gris-verdosa con arena gruesa cuarzo feldespática
1.5 - 1.7				Arena fina que pasa progresivamente a gruesa en profundidad, con arcillosa de color gris/marrón

Tensión admisible y asiento para fundación directa

Se han propuesto una serie importante de correlaciones para calcular directamente la carga admisible y los asientos en un terreno determinado en base al valor de N_{SPT} . Casi todos ellos están basados en observaciones directas y análisis retrospectivos de asientos en estructuras y relaciones de carga.

En función de los resultados de campo del ensayo realizado, de la descripción litológica del perfil de suelos y de los ensayos de laboratorio determinando los límites de Atterberg adoptamos las ecuaciones empleadas para el cálculo de las cargas admisibles en suelos cohesivos (arcillas, limos y limos arcillosos), a la vez que presentamos los resultados del método de Terzaghi-Peck ampliamente difundido. Se ha comprobado que este último arroja aproximaciones extremadamente conservadoras.

Para la estimación de la carga admisible se empleó el método aproximado para arcillas según la siguiente ecuación:

$$Q_{adm} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{1.33 \times N_{CORR}}{10}$$

Donde:

- Q_{adm} : Carga Admisible (kg/cm^2)
- N_{CORR} : N_{SPT} corregido

El modelo de Terzaghi-Peck, según la siguiente ecuación, arroja un valor más conservador.

$$Q_{adm} \left(\frac{kg}{cm^2} \right) = \frac{s \times N}{8}$$

Donde:

- Q_{adm} : Carga Admisible (kg/cm^2)
- N : N_{SPT}
- s : asiento (1")

En la Tabla 1 presentamos el resumen de los valores de tensiones admisibles calculados según el fundamento teórico expuesto anteriormente.

TABLA 1 - TENSIONES ADMISIBLES EN FUNCIÓN DE LOS VALORES DE SPT Y DE LA PROFUNDIDAD

ID	Profundidad (m)	N _{campo}	N _{corr}	Q _{adm} (kg/cm ²)
SPT 1	1	8	8	1.06
	2	15	15	2.00
	3	24	24	3.19
	4	28	28	3.72
SPT 2	1	10	10	1.33
	2	22	22	2.93
	3	19	19	2.53
	4	17	17	2.26

En términos generales, no se observa una tendencia marcada de aumento de la tensión admisible con la profundidad, observándose en algunos casos, estratos más "débiles" por debajo de estratos más "resistentes".

En tal sentido y teniendo en cuenta el bulbo de presiones por debajo de las fundaciones directas, se efectuarán algunas recomendaciones considerando el perfil de tensiones admisibles obtenido.

Valores de Tensiones Admisibles recomendados en función de la profundidad:

- **Profundidad 1.0m: $\sigma_{adm} = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)**
- **Profundidad 2.0m: $\sigma_{adm} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)**
- **Profundidad 3.0m: $\sigma_{adm} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)**
- **Profundidad 1.0m: $\sigma_{adm} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)**

Cálculo de la Resistencia de Pilotes

Resistencia de Punta - Marco Teórico

Para la estimación de la Resistencia de Punta empleamos el método desarrollado por Aoki-Velloso⁴, que considera los resultados obtenidos en el ensayo SPT, así como el tipo de suelos y el tipo de pilotes.

La estimación de la Resistencia de Punta se efectúa mediante la siguiente ecuación empírica:

$$R_p = A_p \times \frac{K_p \times N_p}{F_1} \times 10$$

⁴ Aoki N. y Velloso D.A. - Un Método Aproximado para Calcular la Capacidad de Carga de Pilotes", V Congreso Panamericano de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, Buenos Aires, Argentina - 1975

Donde:

- R_p es la resistencia de punta (kg)
- A_p : área de punta (cm^2)
- K_p : Factor de corrección
- F_1 : Parámetros relativos al tipo de pilote

Estimación de la Resistencia de Punta en Función de la Profundidad

En el presente ítem presentamos la determinación de la resistencia última y admisible, de punta según el procedimiento descrito y considerando los siguientes parámetros:

- K_p :
 - Suelo Arcilloso (hasta 2m de prof) = 0.20
 - Suelo Areno-arcilloso (3m - 4m) = 0.60
- $F_1 = 3.50$ (correspondiente a tipo de pilote perforado en sitio)
- Factor de Seguridad $FS = 3$

TABLA 2 - ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA DE PUNTA EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD

ID	Prof. (m)	N _{SPT}	K_p	Q _{última punta} (kg/cm ²)	Q _{adm punta} (kg/cm ²)
SPT 1	1	8	0.200	4.57	1.52
	2	15	0.200	8.57	2.86
	3	24	0.600	41.14	13.71
	4	28	0.600	48.00	16.00
SPT 2	1	10	0.200	5.71	1.90
	2	22	0.200	12.57	4.19
	3	19	0.600	32.57	10.86
	4	17	0.600	29.14	9.71

Deberá tomarse en cuenta el bulbo de presiones debajo del nivel de apoyo del pilote ya que se observan estratos menos resistentes debajo de otros con mayores valores admisibles de carga de punta.

Evaluación del Potencial Expansivo

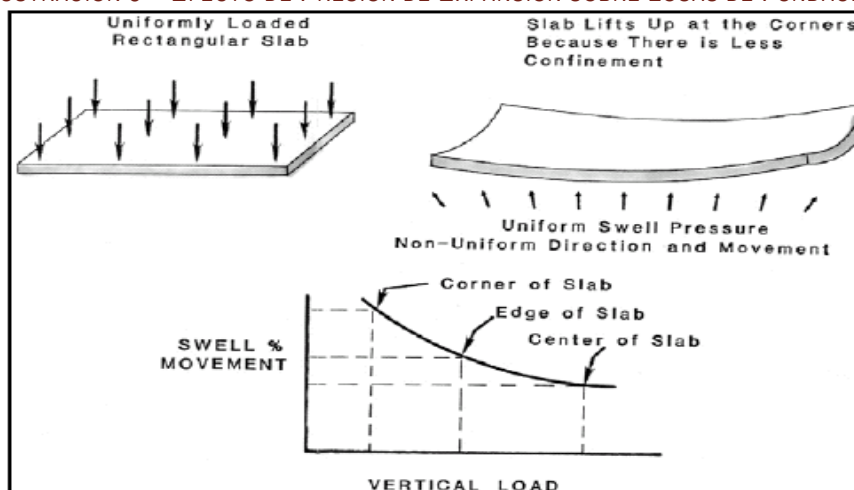
Los suelos con altos contenidos de minerales arcillosos, conocidos como suelos arcillosos o arcillas, y clasificados según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S) como CH, CL y CO, pueden presentar bajo ciertas características y circunstancias, un alto potencial expansivo y por lo tanto, generar altas presiones de hinchamiento sobre las fundaciones de las estructuras. Estas presiones son más relevantes cuando se trata de fundaciones de estructuras livianas, que por su bajo peso, pueden llegar a ser "levantadas" por éstas, generando fisuras y hasta el colapso de las estructuras en su conjunto.

En geotécnica se denominan arcillas expansivas, a los suelos con minerales del grupo de las montmorillonitas (en especial con presencia de minerales K y Na), que

presentan la propiedad de succionar gran cantidad de agua entre sus láminas, aumentando considerablemente su volumen al hidratarse. Estas arcillas expansivas, pueden determinar el comportamiento del suelo en el que se encuentran, si el contenido de arcilla es superior al 5% en peso del suelo⁵.

Los suelos expansivos desarrollan presiones y expansiones volumétricas de mayor magnitud en regiones con marcadas estaciones secas y lluviosas o húmedas. En nuestro país, salvo casos excepcionales, no existen estaciones húmedas o secas marcadas, siendo el régimen pluviométrico bastante uniforme a lo largo de todo el año. Estos suelos, al emplearse como apoyo de estructuras a través de las fundaciones pueden ocasionar inconvenientes en las mismas al generar variaciones en su volumen y presiones laterales y ascendentes sobre las estructuras directamente o sobre el paquete de suelos ubicado sobre estas y donde se encuentran fundadas las estructuras.

ILUSTRACIÓN 6 – EFECTO DE PRESIÓN DE EXPANSIÓN SOBRE LOSAS DE FUNDACIÓN



Se efectuó la toma de materiales representativos en un total de 5 muestras de suelos arcillosos a partir de los taladros, con el objetivo de efectuar los ensayos de determinación de Límites de Atterberg para luego efectuar una primera clasificación de los materiales según su potencial expansivo.

A partir de los resultados de clasificación de laboratorio, se efectúa una estimación del potencial expansivo de los suelos finos identificados en la unidad geotécnica del predio. En la Tabla 3 presentamos el criterio empleado para una primera aproximación al potencial expansivo de los suelos arcillosos elaborada por Swelling BRE (1980).

TABLA 3- CRITERIOS DE EXPANSIVIDAD

Ip (%)	Potencial de expansividad
> 35	Muy alto
22 - 35	Alto
18-22	Moderado
< 18	Bajo

⁵ J. David Rogers et al – **Damage to Foundation From Expansive Soils**

A continuación, en la Tabla 4 presentamos un resumen de los resultados de laboratorio indicando los valores de los límites de Atterberg, el tipo de suelo a que corresponde y la evaluación cualitativa del potencial expansivo. Más adelante se adjuntan las planillas de laboratorio correspondientes a los límites de cada muestra.

TABLA 4 – RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

ID	Prof (m)	LL	LP	IP	Tipo de Suelo	Potencial Expansivo
SPT 1	0.7	47	27	20	Arcilla marrón claro	Moderado
SPT 1	1.8	38	18	20	Arcilla marrón claro	Moderado
SPT 1	2.80	38	22	16	Arcilla marrón claro	Bajo
SPT 2	1.20	50	28	22	Arcilla marrón claro	Moderado
SPT 2	2.30	42	24	18	Areno arcilloso marrón	Bajo

Del resumen anterior se desprende que los suelos arcillosos presentes en el predio presentan un potencial expansivo de bajo a moderado en términos generales.

Para los puntos con potenciales expansivos bajos y moderados, combinado con la falta de presencia de niveles freáticos, hacen suponer que no se presentarán presiones de expansión que generen tensiones significativas sobre las estructuras.

Por lo tanto se entiende que no es de esperar que produzcan cambios volumétricos significativos en los suelos finos que provoquen tensiones importantes sobre las estructuras.

Clasificación de Suelos (AASHTO y SUCS)

A continuación presentamos los resultados de la clasificación de suelos según el método de AASHTO (M-145), el que ha sido desarrollado con una orientación a la estimación del material natural como apoyo o fundación, principalmente de carreteras, asimismo presentamos la clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), según la norma ASTM D-2487, basado en su comportamiento como suelos para carreteras, terraplenes y fundaciones⁶.

De los resultados obtenidos, y que se adjuntan en Anexo, se puede observar que el material evaluado corresponde básicamente a suelos de tipo arcilloso, de baja plasticidad, típicos de Formación Libertad.

En caso de ser empleados para terraplén, se deberá efectuar un diseño del mismo en cuanto a espesores de capa, humedad de compactación y densidades en obra.

TABLA 5 - RESUMEN DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

ID	Profundidad (m)	Descripción	Clasificación
SPT 1	0.7	Arcilla marrón claro	A-7-6 CL
SPT 1	1.8	Arcilla marrón claro	A-6 CL
SPT 1	2.8	Arcilla marrón claro	A-6 CL
SPT 2	1.2	Arcilla marrón claro	A-7-6 CH
SPT 2	2.3	Areno arcilloso marrón	A-7-6 SC

⁶ DNER – Manual de Pavimentacao - 1996

Recomendaciones sobre Fundaciones

En función del tipo de estructura a fundar, y a partir de los perfiles geológico-geotécnicos relevados y que se adjuntan en Anexo, evaluamos la posibilidad de realizar fundaciones directas y superficiales mediante zapatas de hormigón armado, así como fundación profundas mediante pilotes perforados en sitio.

A partir de los datos obtenidos tanto en campo, como en gabinete y laboratorio, ambas soluciones parecen factibles desde el punto de vista geotécnico, debiendo evaluarse los aspectos estructurales.

Conclusiones:


- El subsuelo del área está constituido por sedimentos de la Formación Libertad sobre yaciendo sedimentos areno arcillosos de la Formación Raigón según el perfil litológico descrito.
- Desde el punto de vista de las tensiones admisibles para fundaciones directas se alcanzan los siguientes valores de tensiones admisibles:
 - Profundidad 1.0m: $\sigma_{adm} = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)
 - Profundidad 2.0m: $\sigma_{adm} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)
 - Profundidad 3.0m: $\sigma_{adm} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)
 - Profundidad 1.0m: $\sigma_{adm} = 2.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)
- No se registró desmoronabilidad en ninguno de los materiales atravesados ni se constato la presencia de agua.
- Respecto de la solución de fundación, se entiende adecuado efectuar la misma mediante una solución de fundación directa y superficial según las tensiones admisibles presentadas.
- También se presenta como viable, en función de las necesidades de la estructura, optar por fundación profunda mediante pilotines perforados en sitio.
- El terreno identificado hasta, al menos, los 4m de profundidad, se clasifica como fácilmente excavable mediante medios mecánicos (E1), por lo que se entiende que no se prevén dificultades para la realización de las excavaciones durante la ejecución de la obra.
- A partir de los límites de Atterberg obtenidos, es de esperar que no se generen presiones de hinchamiento significativos sobre las estructuras.


Montevideo, 18 de abril de 2017


 Diego Montañó García
 Ingeniero Civil

ANEXO

Planillas de Campo

REGISTRO DE SONDEOS EN SUELOS						<div>GeoAmbiente srl</div> <div>www.geoambiente-uruguay.com</div>								
PROYECTO: Liceo Cardal														
SONDEO NRO.: SPT1			SITUACIÓN:			COORDENADAS: 34°17'37,8" 56°23'32,5"								
FECHA: 07/04/17			PROFUNDIDAD ALCANZADA: 4.5m			COTA DE BOCA DE POZO:								
PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD TRAMO (m)	NIVEL FREATICO	COLUMNA	EXCAVABILIDAD	DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	Nº GOLPES SPT	LÍMITES DE ATTERBERG			HUMEDAD (%)	CLASIFICACIÓN U.S.C.S.		
								LL (%)	LP (%)	IP				
0.1	0.1			E1	Suelo con relleno de balastro.	X	N _{SPT} = 8	47	27	20		CL		
0.2	0.3		Suelo orgánico.											
0.3			0.2		Arcilla limosa marrón con carbonato.									
0.4					1.1								Arcilla limosa marrón con fragmentos líticos dispersos y carbonato.	
0.5														
0.6														
0.7														
0.8														
0.9														
1.0														
1.1														
1.2														
1.3														
1.4														
1.5														
1.6														
1.7	0.3		Arcilla gris con arena gruesa cuarzo feldespática.	X	N _{SPT} = 15	38	18	20		CL
1.8														
1.9														
2.0														
2.1	1	Arcilla gris verdosa con carbonato aislado y arena fina dispersa.	X	N _{SPT} = 24	38	22	16		CL		
2.2														
2.3														
2.4														
2.5														
2.6														
2.7														
2.8														
2.9														
3.0														
3.1	1.5	Arena fina que pasa progresivamente a gruesa en profundidad, con arcillosa de color gris.		N _{SPT} = 28							
3.2														
3.3														
3.4														
3.5														
3.6														
3.7														
3.8														
3.9														
4.0														
4.1														
4.2														
4.3														
4.4														
4.5														

REGISTRO DE SONDEOS EN SUELOS						 GeoAmbiente srl www.geoambiente-uruguay.com						
PROYECTO: Liceo Cardal												
SONDEO NRO.: SPT2			SITUACIÓN:			COORDENADAS: 34°17'37,5" 56°23'31,6"						
FECHA: 07/04/17			PROFUNDIDAD ALCANZADA: 4.5m			COTA DE BOCA DE POZO:						
PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD TRAMO (m)	NIVEL FREATICO	COLUMNA	EXCAVABILIDAD	DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	Nº GOLPES SPT	LÍMITES DE ATTERBERG			HUMEDAD (%)	CLASIFICACIÓN U.S.C.S
								LL (%)	LP (%)	IP		
0.1	0.1			E1	Suelo orgánico.	X	N _{SPT} = 10	50	28	22	CH	
0.2												
0.3												
0.4												
0.5												
0.6												
0.7												
0.8												
0.9												
1.0	0.8				Arcilla limosa marrón con alto contenido de carbonato.	X	N _{SPT} = 22	42	24	18	SC	
1.1												
1.2												
1.3												
1.4												
1.5												
1.6												
1.7												
1.8												
1.9	1.2				Arcilla limosa marrón con carbonato y arena gruesa dispersa.	X	N _{SPT} = 19					
2.0												
2.1												
2.2												
2.3												
2.4												
2.5												
2.6												
2.7												
2.8	0.5	Arena gruesa mal seleccionada con algo de arcilla marrón grisácea.	X	N _{SPT} = 17								
2.9												
3.0												
3.1												
3.2												
3.3												
3.4												
3.5												
3.6												
3.7	0.2	Arcilla gris verdosa.	X	N _{SPT} = 17								
3.8												
3.9												
4.0												
4.1												
4.2												
4.3												
4.4												
4.5												

Planillas de Laboratorio

Determinación de Límites de Consistencia - ASTM D 4318

OBRA:

ANEP - Liceo Cardal - SPT 1 (0,4-0,7m)

MATERIAL:

Arcilla marron claro

FECHA ENSAYO :

17/04/2017

OPERADOR :

C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO

Pesaf. Nº	63	64	
P.S.H.+Pesaf	20.80	21.01	
P.S.S.+Pesaf	19.53	19.53	
Tara	14.80	14.05	
% de HUMEDAD	26.8	27.0	
HUMEDAD PROMEDIO	26.9		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	27		

HUMEDAD NATURAL

Pesaf. Nº			
P.S.H.+Pesaf			
P.S.S.+Pesaf			
Tara			
% de HUMEDAD			
HUMEDAD PROMEDIO			
% Humedad Natural			

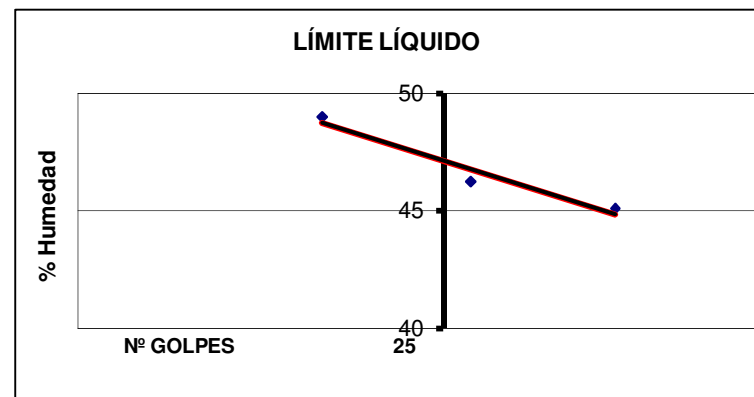
LÍMITE LÍQUIDO

Nº de GOLPES	32	26	21	
Pesaf. Nº	60	61	62	
P.S.H.+Pesaf	32.51	33.29	33.20	
P.S.S.+Pesaf	27.12	27.43	27.13	
Tara	15.17	14.76	14.74	
% de HUMEDAD	45.1	46.3	49.0	
LÍMITE LÍQUIDO	47			NO interviene en Gráfico

ÍNDICE de PLASTICIDAD

20

LÍMITE LÍQUIDO



ENSAYO DE TAMIZADO - ASTM D 422

OBRA:

ANEP - Liceo Cardal - SPT 1 (0,4-0,7m)

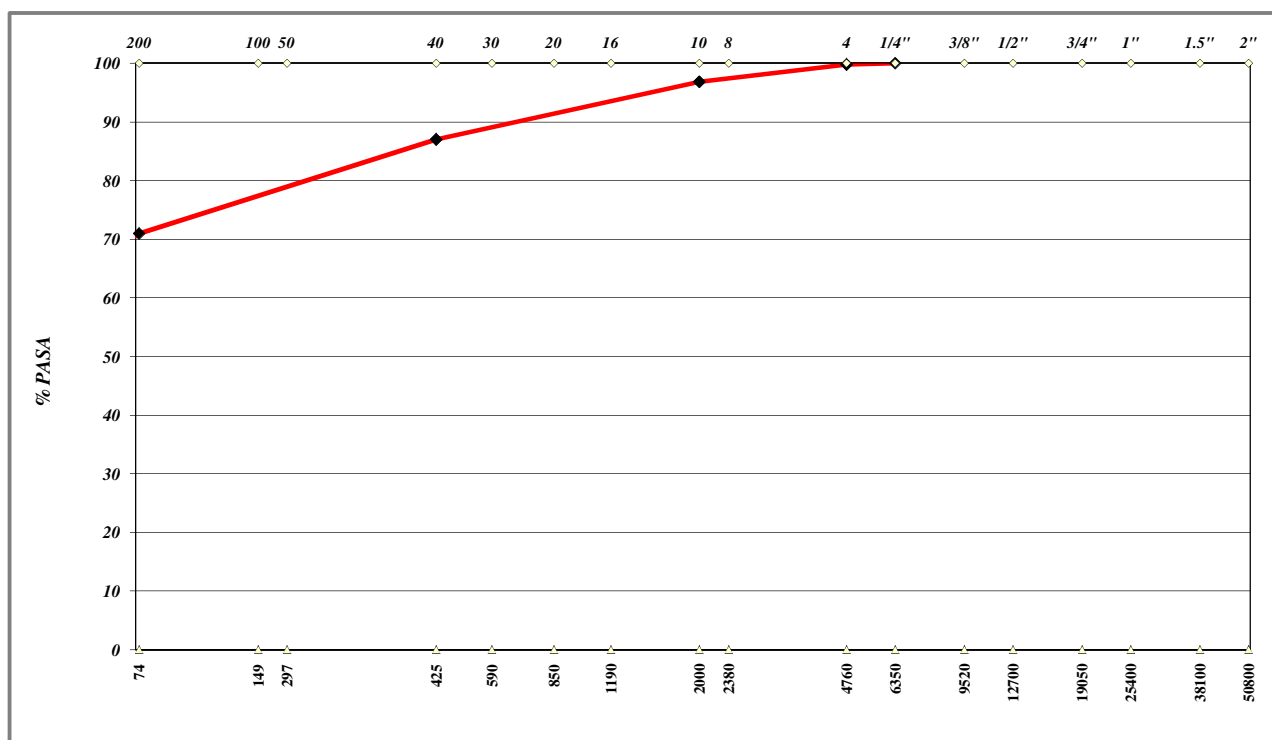
GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	393	

LÍMITES DE ATTERBERG	LL =	47	MATERIAL:	Arcilla marron claro
	IP =	20		
CLASIFICACIÓN (AASHTO):		A-7-6	Descripción:	Suelo arcilloso
CLASIFICACIÓN (SUCS):		CL	Descripción:	Arcilla media plasticidad con arena
FECHA ENSAYO :		17/04/2017	OPERADOR :	C. Oliveira

TAMIZ		Retenido gr.	Pasa %
Nominal	Micrones		
2	50800		100
1 1/2	38100		100
1	25400		100
3/4	19050		100
1/2	12700		100
3/8	9520		100
1/4	6350		100
N4	4760	1.0	100
N8	2380		
N10	2000	11.4	97
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	38.7	87
N80	177		
N100	149		
N200	74	63.2	71
pasa(vía seca)..			
pasa (vía Húmeda)		278.7	
TOTAL		393	

MÓDULO DE FINURA (UY-A 15-89) =

SERIE INCOMPLETA



Determinación de Límites de Consistencia - ASTM D 4318

OBRA:

ANEP - Liceo Cardal - SPT 1 (1,7-2,0m)

MATERIAL:

Arcilla marron claro

FECHA ENSAYO :

17/04/2017

OPERADOR :

C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO

Pesaf. Nº	68	69	
P.S.H.+Pesaf	24.94	21.82	
P.S.S.+Pesaf	23.83	21.05	
Tara	17.67	16.57	
% de HUMEDAD	18.0	17.2	
HUMEDAD PROMEDIO	17.6		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	18		

HUMEDAD NATURAL

Pesaf. Nº			
P.S.H.+Pesaf			
P.S.S.+Pesaf			
Tara			
% de HUMEDAD			
HUMEDAD PROMEDIO			
% Humedad Natural			

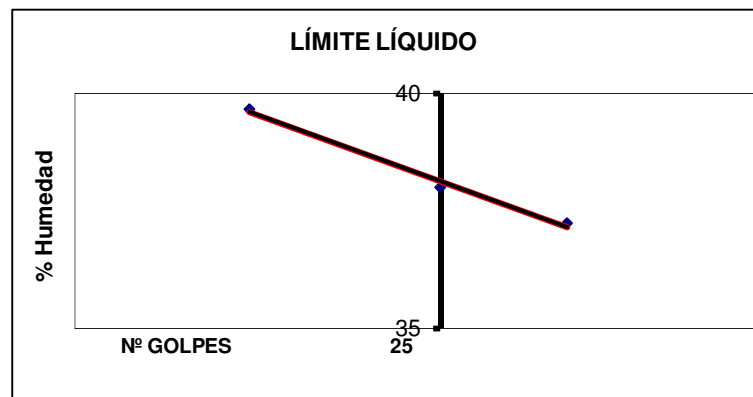
LÍMITE LÍQUIDO

Nº de GOLPES	30	25	19	
Pesaf. Nº	65	66	67	
P.S.H.+Pesaf	34.51	37.58	34.63	
P.S.S.+Pesaf	29.10	31.85	29.05	
Tara	14.57	16.77	14.98	
% de HUMEDAD	37.2	38.0	39.7	
LÍMITE LÍQUIDO	38			NO interviene en Gráfico

ÍNDICE de PLASTICIDAD

20

LÍMITE LÍQUIDO



ENSAYO DE TAMIZADO - ASTM D 422

OBRA:

ANEP - Liceo Cardal - SPT 1 (1,7-2,0m)

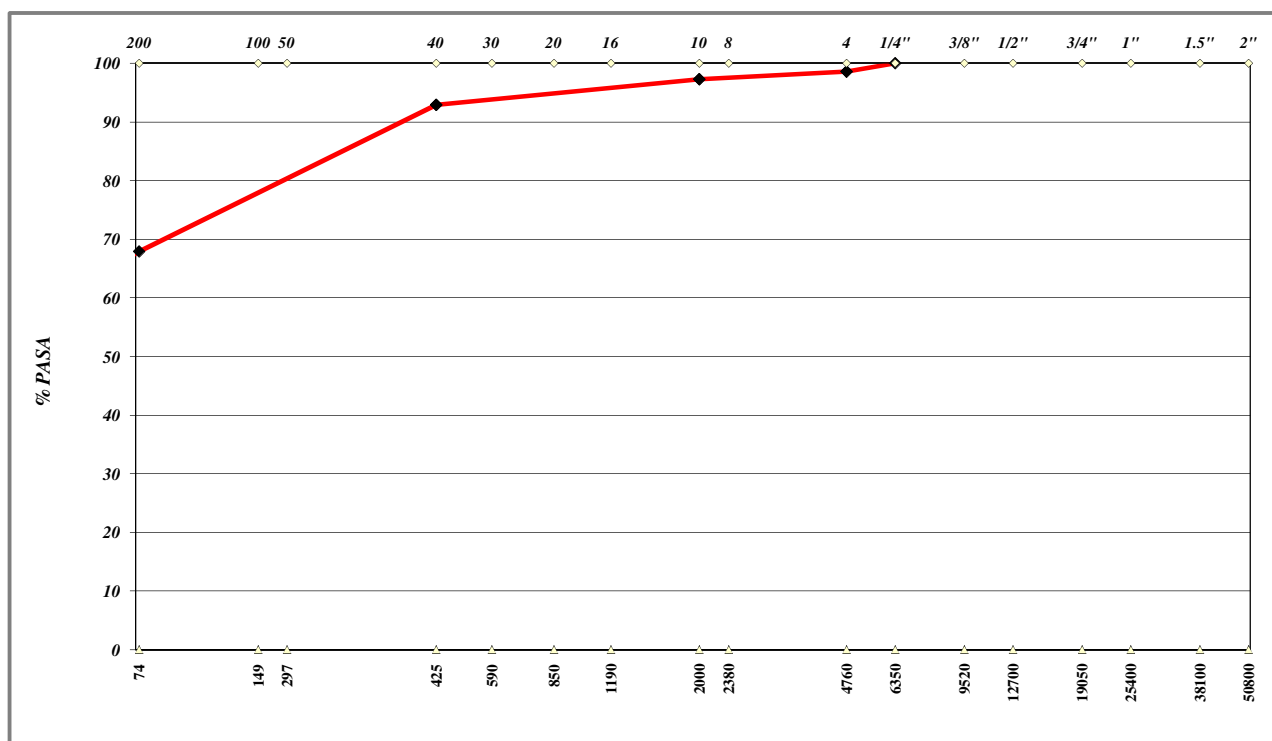
GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	373.3	

LÍMITES DE ATTERBERG	LL =	38	MATERIAL:	Arcilla marron claro
	IP =	20		
CLASIFICACIÓN (AASHTO):		A-6	Descripción:	Suelo arcilloso
CLASIFICACIÓN (SUCS):		CL	Descripción:	Arcilla media plasticidad arenosa
FECHA ENSAYO :		17/04/2017	OPERADOR :	C. Oliveira

TAMIZ		Retenido gr.	Pasa %
Nominal	Micrones		
2	50800		100
1 1/2	38100		100
1	25400		100
3/4	19050		100
1/2	12700		100
3/8	9520		100
1/4	6350		100
N4	4760	5.5	99
N8	2380		
N10	2000	4.6	97
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	16.4	93
N80	177		
N100	149		
N200	74	93.2	68
pasa(vía seca)..			
pasa (vía Húmeda)		253.6	
TOTAL		373.3	

MÓDULO DE FINURA (UY-A 15-89) =

SERIE INCOMPLETA



Determinación de Límites de Consistencia - ASTM D 4318

OBRA:

ANEP - Liceo Cardal - SPT 1 (2,5-3,0m)

MATERIAL:

Arcilla marron claro

FECHA ENSAYO :

17/04/2017

OPERADOR :

C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO

Pesaf. Nº	45	46	
P.S.H.+Pesaf	27.96	17.72	
P.S.S.+Pesaf	26.53	16.93	
Tara	20.14	13.29	
% de HUMEDAD	22.4	21.7	
HUMEDAD PROMEDIO	22.0		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	22		

HUMEDAD NATURAL

Pesaf. Nº			
P.S.H.+Pesaf			
P.S.S.+Pesaf			
Tara			
% de HUMEDAD			
HUMEDAD PROMEDIO			
% Humedad Natural			

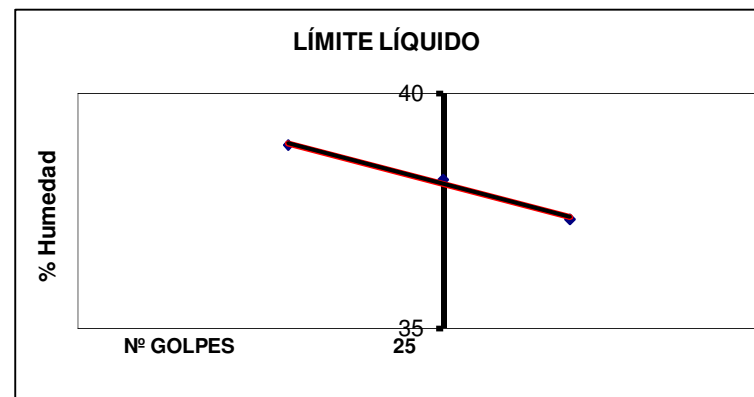
LÍMITE LÍQUIDO

Nº de GOLPES	30	25	20	
Pesaf. Nº	42	43	44	
P.S.H.+Pesaf	49.87	39.98	42.03	
P.S.S.+Pesaf	44.82	34.55	35.76	
Tara	31.29	20.32	19.64	
% de HUMEDAD	37.3	38.2	38.9	
LÍMITE LÍQUIDO	38			NO interviene en Gráfico

ÍNDICE de PLASTICIDAD

16

LÍMITE LÍQUIDO



ENSAYO DE TAMIZADO - ASTM D 422

OBRA:

ANEP - Liceo Cardal - SPT 1 (2,5-3,0m)

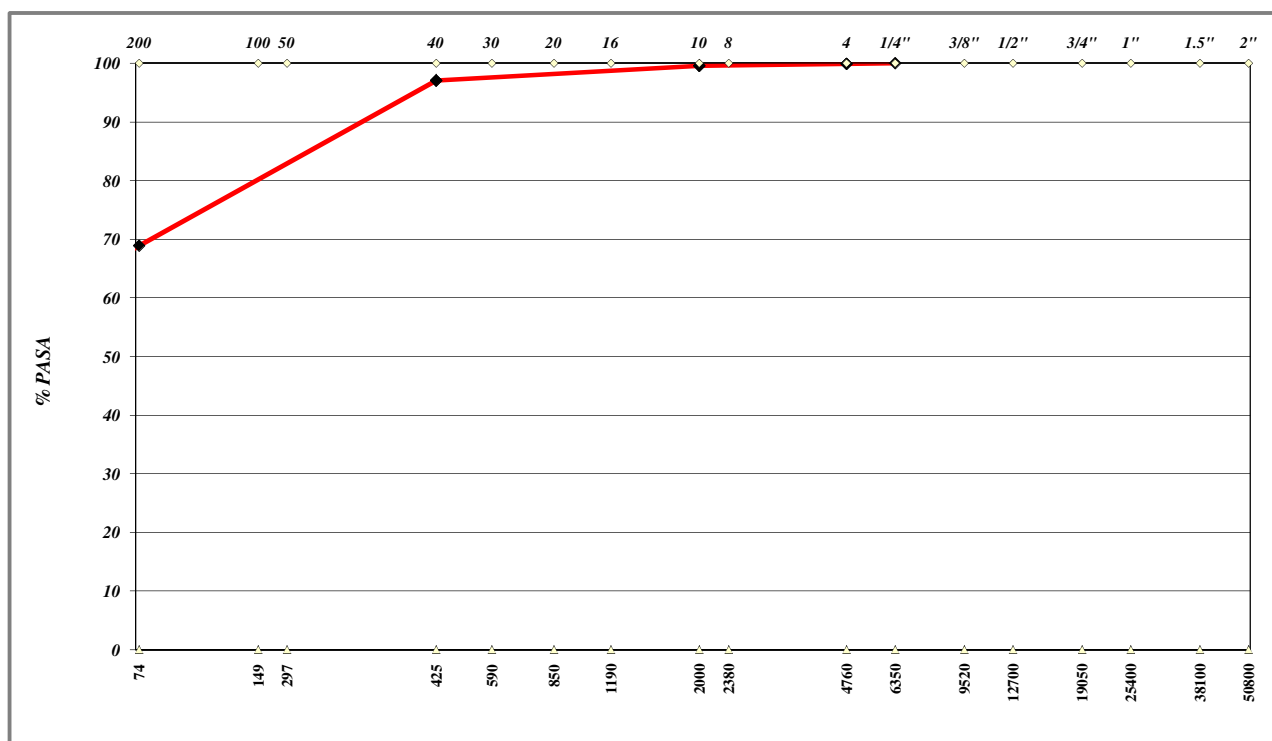
GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	347.6	

LÍMITES DE ATTERBERG	LL =	38	MATERIAL:	Arcilla marron claro
	IP =	16		
CLASIFICACIÓN (AASHTO):		A-6	Descripción:	Suelo arcilloso
CLASIFICACIÓN (SUCS):		CL	Descripción:	Arcillosa media plasticidad arenosa
FECHA ENSAYO :		17/04/2017	OPERADOR :	C. Oliveira

TAMIZ		Retenido gr.	Pasa %
Nominal	Micrones		
2	50800		100
1 1/2	38100		100
1	25400		100
3/4	19050		100
1/2	12700		100
3/8	9520		100
1/4	6350		100
N4	4760	0.2	100
N8	2380		
N10	2000	1.4	100
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	8.8	97
N80	177		
N100	149		
N200	74	97.7	69
pasa(vía seca)..			
pasa (vía Húmeda)		239.5	
TOTAL		347.6	

MÓDULO DE FINURA (UY-A 15-89) =

SERIE INCOMPLETA



Determinación de Límites de Consistencia - ASTM D 4318

OBRA:

ANEP - Liceo Cardal - SPT 2 (1,0-1,5m)

MATERIAL:

Arcilla marron

FECHA ENSAYO :

17/04/2017

OPERADOR :

C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO

Pesaf. Nº	53	54	
P.S.H.+Pesaf	18.60	21.16	
P.S.S.+Pesaf	17.53	20.10	
Tara	13.63	16.35	
% de HUMEDAD	27.4	28.3	
HUMEDAD PROMEDIO	27.9		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	28		

HUMEDAD NATURAL

Pesaf. Nº			
P.S.H.+Pesaf			
P.S.S.+Pesaf			
Tara			
% de HUMEDAD			
HUMEDAD PROMEDIO			
% Humedad Natural			

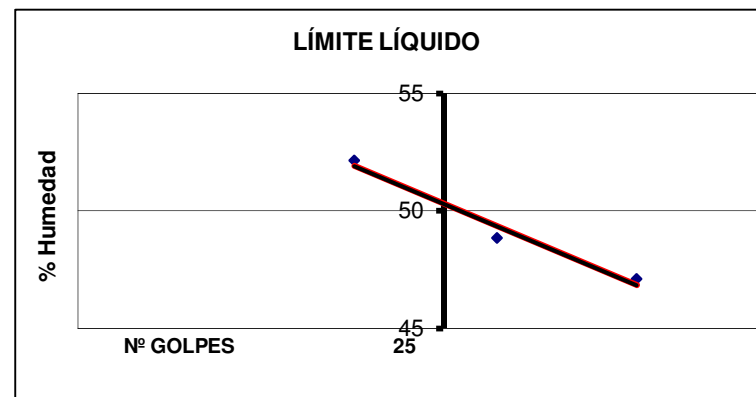
LÍMITE LÍQUIDO

Nº de GOLPES	33	27	22	
Pesaf. Nº	50	51	52	
P.S.H.+Pesaf	32.82	31.40	35.31	
P.S.S.+Pesaf	26.56	25.89	28.40	
Tara	13.27	14.61	15.15	
% de HUMEDAD	47.1	48.8	52.2	
LÍMITE LÍQUIDO	50			NO interviene en Gráfico

ÍNDICE de PLASTICIDAD

22

LÍMITE LÍQUIDO



ENSAYO DE TAMIZADO - ASTM D 422

OBRA:

ANEP - Liceo Cardal - SPT 2 (1,0-1,5m)

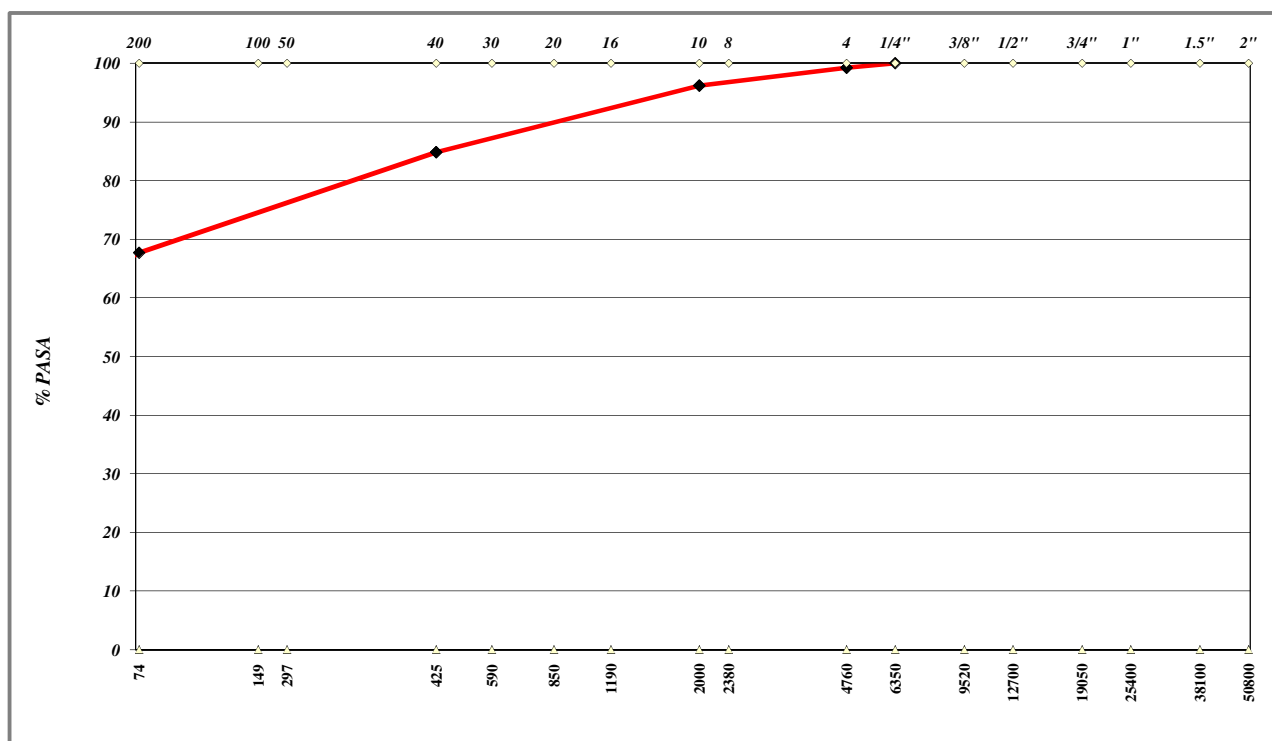
GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	362.4	

LÍMITES DE ATTERBERG	LL =	50	MATERIAL:	Arcilla marron
	IP =	22		
CLASIFICACIÓN (AASHTO):		A-7-6	Descripción:	Suelo arcilloso
CLASIFICACIÓN (SUCS):		CH	Descripción:	Arcilla alta plasticidad arenosa
FECHA ENSAYO :		17/04/2017	OPERADOR :	C. Oliveira

TAMIZ		Retenido gr.	Pasa %
Nominal	Micrones		
2	50800		100
1 1/2	38100		100
1	25400		100
3/4	19050		100
1/2	12700		100
3/8	9520		100
1/4	6350		100
N4	4760	2.7	99
N8	2380		
N10	2000	11.1	96
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	41.0	85
N80	177		
N100	149		
N200	74	62.2	68
pasa(vía seca)..			
pasa (vía Húmeda)		245.4	
TOTAL		362.4	

MÓDULO DE FINURA (UY-A 15-89) =

SERIE INCOMPLETA



Determinación de Límites de Consistencia - ASTM D 4318

OBRA:

ANEP - Liceo Cardal - SPT 2 (2,1-2,5m)

MATERIAL:

Suelo areno arcilloso marron

FECHA ENSAYO :

17/04/2017

OPERADOR :

C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO

Pesaf. Nº	58	59	
P.S.H.+Pesaf	21.23	20.45	
P.S.S.+Pesaf	20.12	19.35	
Tara	15.33	14.76	
% de HUMEDAD	23.2	24.0	
HUMEDAD PROMEDIO	23.6		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	24		

HUMEDAD NATURAL

Pesaf. Nº			
P.S.H.+Pesaf			
P.S.S.+Pesaf			
Tara			
% de HUMEDAD			
HUMEDAD PROMEDIO			
% Humedad Natural			

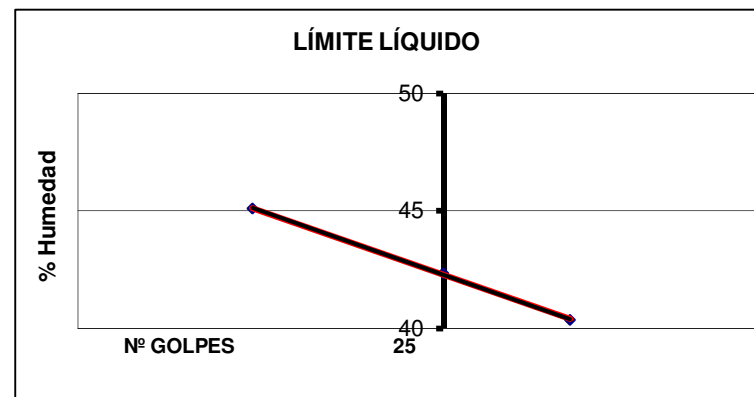
LÍMITE LÍQUIDO

Nº de GOLPES	30	25	19	
Pesaf. Nº	55	56	57	
P.S.H.+Pesaf	34.65	33.57	37.39	
P.S.S.+Pesaf	29.60	28.17	30.30	
Tara	17.09	15.42	14.58	
% de HUMEDAD	40.4	42.4	45.1	
LÍMITE LÍQUIDO	42			NO interviene en Gráfico

ÍNDICE de PLASTICIDAD

18

LÍMITE LÍQUIDO



ENSAYO DE TAMIZADO - ASTM D 422

OBRA:

ANEP - Liceo Cardal - SPT 2 (2,1-2,5m)

GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	372	

LÍMITES DE ATTERBERG	LL =	42	MATERIAL:	Suelo areno arcilloso marron claro
	IP =	18		
CLASIFICACIÓN (AASHTO):		A-7-6	Descripción:	Suelo arcilloso
CLASIFICACIÓN (SUCS):		SC	Descripción:	Arena arcillosa
FECHA ENSAYO :		17/04/2017	OPERADOR :	C. Oliveira

TAMIZ		Retenido gr.	Pasa %
Nominal	Micrones		
2	50800		100
1 1/2	38100		100
1	25400		100
3/4	19050		100
1/2	12700		100
3/8	9520		100
1/4	6350		100
N4	4760	1.2	100
N8	2380		
N10	2000	8.0	98
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	119.4	65
N80	177		
N100	149		
N200	74	91.5	41
pasa(vía seca)..			
pasa (vía Húmeda)		151.9	
TOTAL		372	

MÓDULO DE FINURA (UY-A 15-89) =

SERIE INCOMPLETA

