



GeoAmbiente

servicios en geología, hidrogeología, ingeniería y medio ambiente

Estudio Geotécnico COTRAVI Ciudad de Montevideo

Octubre de 2014

Responsables Técnicos:

Mauricio Montaña Gutiérrez

Licenciado en Geología

mmontano@geoambiente-uruguay.com

Diego Montaña García

Ingeniero Civil

diego.montano@geoambiente-uruguay.com

ESTUDIO GEOTÉCNICO

INDICE GENERAL

INDICE GENERAL.....	1
INDICE DE ILUSTRACIONES	2
INDICE DE TABLAS	2
OBJETIVO.....	3
UBICACIÓN	3
GEOLOGÍA DEL ÁREA.....	4
FORMACIÓN LIBERTAD (PLEISTOCENO).....	4
CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS	4
CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE LA EXCAVABILIDAD.....	4
PERFILES LITOLÓGICOS	4
DESCRIPCIÓN DE PERFILES	5
ZONA A.....	5
ZONA B.....	5
REALIZACIÓN DE ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	6
BREVE DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO (SEGÚN NORMA ASTM D1586 – 84).....	6
APLICABILIDAD	6
CORRECCIONES DEL N_{SPT}	6
ENSAYOS SPT	7
CIMENTACIONES – TENSIÓN ADMISIBLE Y ASIENTOS PARA FUNDACIÓN DIRECTA	7
ZONA A.....	9
ZONA B.....	9
EVALUACIÓN DEL POTENCIAL EXPANSIVO	9
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (AASHTO Y SUCS)	11
PROCTOR ESTÁNDAR.....	12
ENSAYO CBR.....	12
RECOMENDACIONES SOBRE FUNDACIONES	12
ZONA A	12
ESTRUCTURAS LIVIANAS	13
OTRAS ESTRUCTURAS	13
ESTACIÓN DE BOMBEO	13
ZONA B	14
RECOMENDACIONES SOBRE TENDIDOS Y VIALES	14
TENDIDOS DE SANEAMIENTO Y PLUVIALES	14
OBRAS VIALES	14
CONCLUSIONES:.....	16
ANEXOS.....	17
ENSAYOS SPT	18
PLANILLAS DE CAMPO	18
CATEOS DESCRIPTIVOS	29
PLANILLAS DE CAMPO	29
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	33
PROCTOR Y CBR	40

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Esquema de Ubicación del Predio de Estudio	3
Ilustración 2 - Esquema de Zonificación.....	5
Ilustración 3 - Realización de Calicatas Empleando Retroexcavadora Combinada en Zona de Relleno (Antigua Cantera).....	7
Ilustración 4 - Arcilla Limosa con Carbonato	22
Ilustración 5 - Calcreta con Arcilla de Color Gris	24

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Tensiones Admisibles en función de los valores de SPT	8
Tabla 2 - Criterios de Expansividad.....	10
Tabla 3 – Resumen de Resultados de Laboratorio	10
Tabla 4 - Resumen de Clasificación de Suelos	11
Tabla 5 - Resultados de Proctor Estándar	12
Tabla 6 - Tensiones Admisibles Estación de Bombeo (SPT 4).....	14

DESARROLLO DEL INFORME

Objetivo

En el marco del Proyecto de regularización del Asentamiento Cotravi de la ciudad de Montevideo y con el objetivo de identificar las condiciones geotécnicas para el diseño de viales, estructuras, tendido de servicios, etc, se efectuó un Estudio Geotécnico según los criterios establecidos por el cliente.

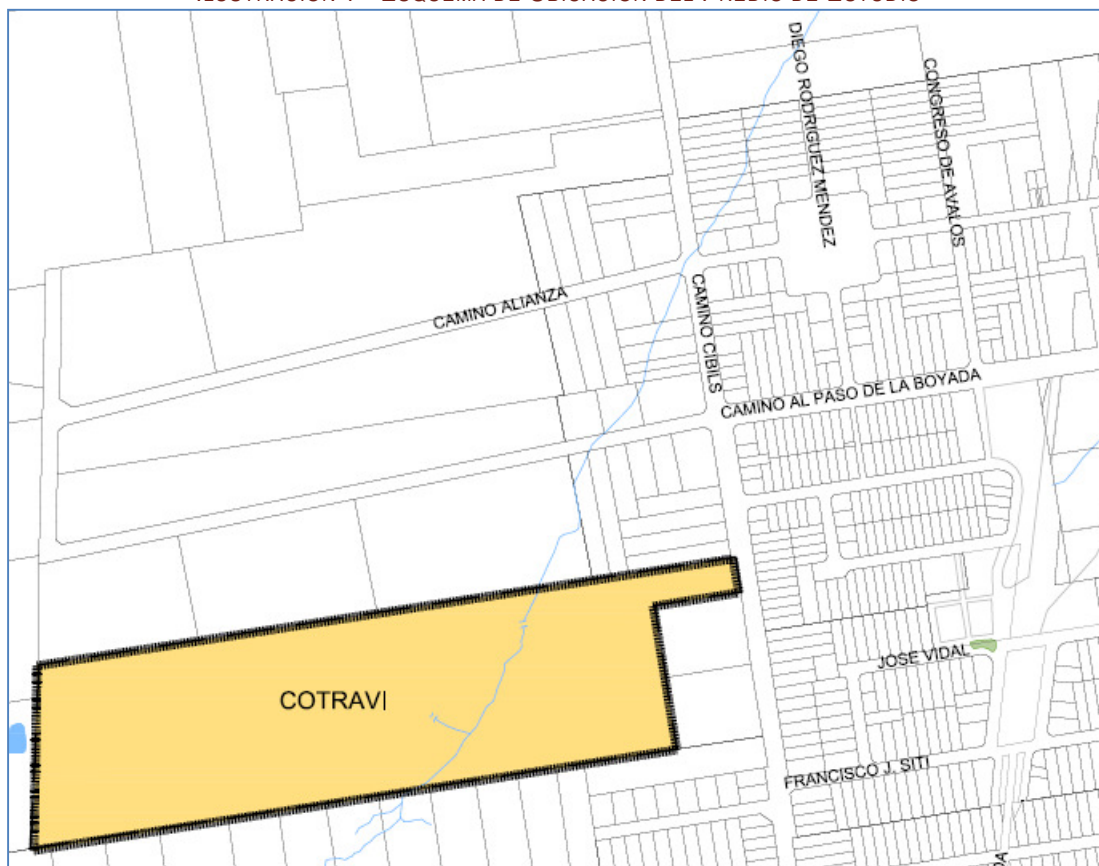
En este contexto se realizaron una serie de trabajos de campo y de laboratorio a los efectos de cumplir con el objetivo planteado, para lo que se realizó, en las ubicaciones indicadas por el cliente, (archivo CO-cateos previstos.pdf) una serie de 8 cateos descriptivos hasta las profundidades indicadas, y una serie de 8 taladros con SPT según indicaciones mencionadas, con la respectiva toma de muestras representativas para ensayos de laboratorio.

A partir de la información de campo y laboratorio se realizó un análisis de los resultados estimando condiciones para fundación de estructuras, para fundación de viales así como para la ejecución de tendidos de servicios como saneamiento y agua potable.

Ubicación

El predio de estudio se encuentra en las inmediaciones de Camino Cibils y Camino al Paso de la Boyada, correspondiente a la zona Oeste del Departamento de Montevideo, según se presenta en la siguiente ilustración.

ILUSTRACIÓN 1 - ESQUEMA DE UBICACIÓN DEL PREDIO DE ESTUDIO



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 por la Formación Libertad.

Formación Libertad (Pleistoceno)

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.

Criterios de clasificación de suelos

Los criterios utilizados en los estudios realizados a los efectos de clasificar los materiales del subsuelo en función de la excavabilidad, son los siguientes¹:

Clasificación en función de la excavabilidad

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.

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 de color marrón son identificados como pertenecientes a la clase E1.

Perfiles Litológicos

Durante la campaña de campo, y en las ubicaciones indicadas se efectuaron una serie de taladros que se pueden agrupar en dos categorías. Una primera está compuesta por Cateos Descriptivos, cuyo objetivo es identificar los estratos que componen el perfil de suelos, así como sus espesores y niveles freáticos.

Por su parte, en la segunda categoría, están los taladros en los que además de las descripciones litológicas se realizaron ensayos de tipo SPT a cada metro para determinar las tensiones admisibles del terreno en dichos puntos.

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

Descripción de Perfiles

En términos generales identificamos dos tipos de perfiles litológicos, uno en el que el perfil no ha sido alterado y otro en el que se identificaron distintos espesores de relleno con materiales varios como escombros, basura, etc.

A continuación presentamos una zonificación realizada en función de los perfiles litológicos identificados

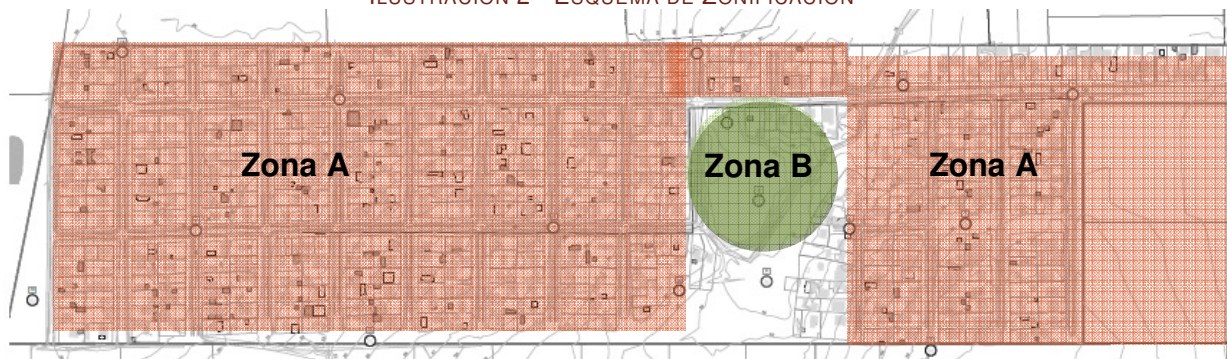
Zona A

Esta zona abarca el área ubicada al oeste de la cañada (ver Ilustración 2), hacia donde se desarrolla la mayor parte de la zona urbanizada.

En esta área el perfil litológico está compuesto básicamente de la siguiente forma:

- *Suelo Orgánico: 0.40m – 0.80m*
- *Suelo Arcilloso Marrón (Formación Libertad): hasta los 5m de profundidad aproximadamente*

ILUSTRACIÓN 2 - ESQUEMA DE ZONIFICACIÓN



Cabe destacar que los suelos arcillosos presentaron distintos niveles de concreciones de carbonato de calcio, como puede observarse en las descripciones de detalle presentadas en Anexo.

Donde hoy existe caminería interna, sobre los suelos arcillosos y en ocasiones sobre los suelos orgánicos existe una capa de balasto de unos 0.30m a 0.40m que han sido colocados como capa de rodadura para el tránsito vecinal.

Zona B

Esta zona comprende el área en la que se ha identificado un mayor espesor de relleno, correspondiente a lo que parece haber sido una zona de relleno (ver Ilustración 2).

El perfil litológico identificado corresponde al siguiente detalle:

- *Relleno: espesor = 1.3m – 1.7m*
- *Suelo Orgánico: espesor = 0.40m – 0.80m*
- *Suelo Arcilloso Marrón (Formación Libertad): hasta al menos los 5m de profundidad*

Este material de relleno, compuesto por escombros, suelos con alto contenido de materia orgánica, basura, etc, no es caracterizable geotécnicamente, por lo que en el diseño de estructuras, servicios, etc, se deberá contemplar en esta área un espesor del orden de los 2.0m de material no apto para fundaciones de estructuras.

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

Aplicabilidad²

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 siguientes²:

- 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.
 - En arenas gruesas y gravas, la saturación del terreno no afecta los resultados² 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.

² Devicenzi M., Frank N., - Ensayos Geotécnicos In Situ – IGEO TEST – Mayo 2004

Ensayos SPT

Se realizaron 8 ensayos SPT en las ubicaciones indicadas (*"CO-cateos previstos.pdf"*) con el objetivo de conocer las características principales del subsuelo, a los efectos de establecer los parámetros para el cálculo de la capacidad de carga de fundaciones y empujes de suelos, para las obras relativas a la implantación de viviendas, locales y estación de bombeo.

En el plano Anexo se presentan las coordenadas de las ubicaciones en las que finalmente fueron realizados los SPT, que presentan alguna variación, menor, respecto de las ubicaciones originales, principalmente por interferencias encontradas en el campo al momento de la ejecución de los ensayos, mientras que en Anexo se adjuntan las hojas de campo con la descripción de los perfiles litológicos así como con los valores del ensayo por metro de taladro.

ILUSTRACIÓN 3 - REALIZACIÓN DE CALICATAS EMPLEANDO RETROEXCAVADORA COMBINADA EN ZONA DE RELLENO (ANTIGUA CANTERA)



Cimentaciones - tensión admisible y asientos 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 conservadoras².

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 por nivel freático (si fuera necesario)

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

ID	Profundidad (m)	N _{corr}	N _{campo}	Q _{adm} (kg/cm ²)
SPT 2	1	9	9	1.20
	2	10	10	1.33
	2.5	13	13	1.73
SPT 3	1	8	8	1.06
	2	12	12	1.60
	3	13	13	1.73
	4.5	19	22	2.46
SPT 4	2	8	8	1.06
	3	13	13	1.73
	4	19	22	2.46
	5	31	46	4.06
	5.5	Rechazo	Rechazo	> 4.0
SPT 5	1	4	4	0.53
	2	5	5	0.67
	3	6	6	0.80
	4.5	11	11	1.46
SPT 7	2	11	11	1.46
	3	12	12	1.60
	4.5	13	13	1.73
SPT 10	1	7	7	0.93
	2	8	8	1.06
	3	4	4	0.53
	4.5	11	11	1.46
SPT 12	1	8	8	1.06
	2	4	4	0.53
	3	12	12	1.60
	4.5	14	14	1.86
SPT 16	1	12	12	1.60
	2	13	13	1.73
	3	15	15	2.00
	4.5	13	13	1.73

Empleando el criterio de zonificación establecido anteriormente, efectuamos un análisis de las tensiones admisibles estimadas para los distintos estratos en función de los resultados de campo.

Zona A

A partir de los resultados de los ensayos de penetración estándar SPT y de las descripciones litológicas, se observa que se pueden estimar que al metro de profundidad se alcanzan tensiones admisibles del orden de 1.0 kg/cm^2 .

Por lo tanto se recomiendan emplear los siguientes valores para las tensiones admisibles en la Zona A del predio de estudio:

- **Profundidad 1.0m: $\sigma_{adm} = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)**
- **Profundidad 2.0m: $\sigma_{adm} = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)**
- **Profundidad 3.0m: $\sigma_{adm} = 1.5 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)**

Zona B

En esta zona, cómo ya hemos indicado, se encuentra un relleno no caracterizable geotécnicamente, del orden de los 2.0m de profundidad, debajo del cual se encuentran los suelos arcillosos de Formación Libertad.

A partir de los resultados de los ensayos de penetración estándar SPT y de las descripciones litológicas, se observa que se pueden estimar que a los dos metros de profundidad se alcanzan tensiones admisibles del orden de 1.0 kg/cm^2 (ver SPT 7, SPT 5 y SPT 10).

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

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 suelo³.

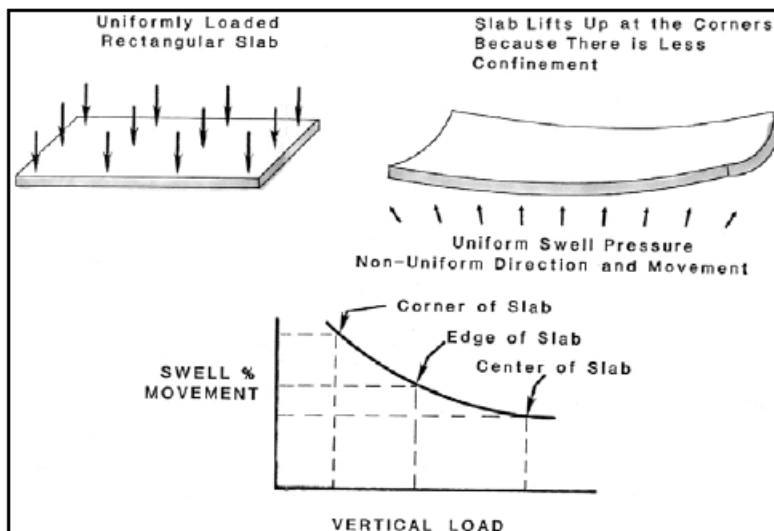
Los suelos expansivos desarrollan presiones y expansiones volumétricas de mayor magnitud en regiones con marcadas estaciones secas y lluviosas o húmedas. En nuestro país, salvo casos excepcionales, no existen estaciones húmedas o secas marcadas, siendo el régimen pluviométrico bastante uniforme a lo 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

³ J. David Rogers et al – **Damage to Foundation From Expansive Soils**

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 6 muestras de suelos arcillosos a partir de los Cateos 3, 4, 6, 7, 14 y 16, 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 2 presentamos el criterio empleado para una primera aproximación al potencial expansivo de los suelos arcillosos elaborada por Swelling BRE (1980).

TABLA 2 - CRITERIOS DE EXPANSIVIDAD

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

A continuación, en la Tabla 3 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 3 – RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO

ID	Prof (m)	LL	LP	IP	Tipo de Suelo	Potencial Expansivo
Cateo 3	0.8	46	22	24	Arcilla marrón	Alto
Cateo 4	1.4	46	19	27	Arcilla oscura	Alto
Cateo 6	1.5	43	20	23	Arcilla marrón	Alto
Cateo 7	3.0	46	21	25	Arcilla marrón	Alto
Cateo 14	1.0	43	19	24	Arcilla marrón	Alto
Cateo 16	4.5	43	18	25	arcilla rojiza	Alto

Del resumen anterior se desprende que los suelos arcillosos de color marrón presentes en el predio presentan un potencial expansivo alto, lo que puede generar presiones de hinchamiento sobre las estructuras, principalmente si se trata de estructuras livianas.

A su vez, los valores de N obtenidos ($N < 15$) en los dos primeros metros de profundidad indican⁴ arcillas con densidades secas bajas en sitio, y por lo tanto se puede estimar que el riesgo de expansión es bajo⁴. Los suelos arcillosos con altos potenciales expansivos, expanden poco bajo situaciones de baja compactación o baja densidad y altos contenidos de humedad.

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 fundaciones⁵.

De los resultados obtenidos, y que se adjuntan en Anexo, se puede observar que el material evaluado corresponde básicamente a suelos arcillosos tipo CL según SUCS, de baja plasticidad.

Para los suelos tipo A-7-5, como es el presente caso, se recomienda su empleo como capa de subrasante (o fundación) con el uso de un material granular de base entre esta y el pavimento.

Efectuando un paralelismo para el caso de la platea de fundación, sería recomendable la colocación de una material granular entre la fundación del terreno natural y la losa de fundación⁶.

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 4 - RESUMEN DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS

ID	Profundidad (m)	Descripción	Clasificación	
Cateo 3	0.8	Arcilla marrón	A-7-5	CL
Cateo 4	1.4	Arcilla oscura	A-7-5	CL
Cateo 6	1.5	Arcilla marrón	A-7-5	CL
Cateo 7	3.0	Arcilla marrón	A-7-5	CL
Cateo 14	1.0	Arcilla marrón	A-7-5	CL
Cateo 16	4.5	arcilla rojiza	A-7-5	CL

⁴ Patrone, J.; Prefumo, J.E. – **La Acción de los Suelos Expansivos sobre las Cimentaciones. Métodos de Prevención y Control** – Facultad de Ingeniería de la Universidad de Montevideo.

⁵ DNER – Manual de Pavimentacao - 1996

⁶ Garber, N. J; Hoel, L. A. – **Ingeniería de Tránsito y Carreteras** – Universidad de Virginia - 2005

Proctor Estándar

A continuación presentamos en primer lugar los resultados del ensayo Proctor Modificado (ver Anexo) en los que se observa el Contenido Óptimo de Humedad (COH) al que se alcanza el Peso Unitario Seco Máximo para cada una de las muestras analizadas de suelos de subrasante correspondientes a los suelos tipo CL según SUCS (arcilla marrón de Fm. Libertad) según norma AASHTO T-99.

TABLA 5 - RESULTADOS DE PROCTOR ESTÁNDAR

ID	COH %	PUSM (t/m ³)
Cateo 7	17%	1.530
Cateo 14	17.9%	1.550

Estos resultados son consistentes con el material analizado correspondiente a un suelo arcillosos de Formación Libertad tipo A-7-5 según AASHTO.

Ensayo CBR

Este ensayo fue desarrollado para determinar el valor soporte de un suelo a ser empleado como componente estructural de pavimento en los viales de la obra de referencia.

En particular el ensayo CBR mide la deformación que sufre el suelo bajo la aplicación de carga en ciertas condiciones estandarizadas, y comparadas con la deformación de un material patrón (piedra partida de California).

A su vez, permite determinar la expansión que puede sufrir el terreno bajo la carga del paquete que se coloque sobre este en condiciones de saturación.

La metodología seguida es la establecida en la norma AASHTO T-193 y las planillas de ensayos se presentan en Anexo.

Los suelos finos arcillosos de color marrón encontrados en el predio, y que serán la subrasante de los viales, así como también material de préstamo para terraplén o apoyo de estructuras presenta un **CBR de 6%** al 100% del Peso Unitario Seco Máximo, con una expansión inferior al 3%.

En términos generales, es habitual exigir para suelos de terraplén aquellos que cuentan con un CBR mínimo de 3%, una expansión inferior al 3% en dicho ensayo.

Los suelos arcillosos de color marrón presentan una capacidad soporte por sobre el mínimo (CBR = 6%) siempre considerando que se tratan de suelos finos arcillosos.

A su vez, este suelo arcilloso presenta expansiones inferiores a los límites máximos admitidos.

Recomendaciones sobre Fundaciones

Desde el punto de vista de las fundaciones de estructuras se entiende que la solución desde el punto de vista de la aptitud del terreno, estará asociada a la zonificación indicada anteriormente.

Zona A

En dicha zona y como ya hemos mencionado, debajo del suelo con alto contenido de materia orgánica se encuentran los suelos arcillosos de formación Libertad.

El espesor de suelos con alto contenido de materia orgánica varía entre 0.4m y 0.8m, de los cuales los primeros 0.40m a 0.50m están compuestos por suelos básicamente orgánicos,

debajo de los cuales el suelo pasa a ser una arcilla con alto contenido de materia orgánica pero con cierta consistencia.

A su vez, y a pesar de los altos potenciales expansivos, se entiende, debido a las bajas densidades en banco, que las probabilidades de expansión de los suelos son bajas.

Respecto de los niveles freáticos, estos presentan distintas profundidades, sin embargo, en varios puntos se identificó niveles a poco más de un metro de profundidad, por lo que esto deberá tenerse en cuenta desde el punto de vista constructivo así como en el diseño considerando la posibilidad de ejecutar un sistema de drenes subsuperficiales a los efectos de poder controlar posibles subpresiones.

Estructuras Livianas

Para fundaciones de estructuras livianas, se entiende que puede emplearse una solución de fundación directa mediante plateas o bien mediante bases aisladas de hormigón armado y vigas de fundación.

Se recomienda emplear para los suelos arcillosos de color marrón tensiones admisibles de 1.0 kg/cm², hasta los dos metros de profundidad.

Otras Estructuras

En el caso de fundar otras estructuras de mayor porte, y en función de las cargas, podrá emplearse fundación directa mediante bases aisladas de hormigón armado con tensiones admisibles para el terreno de 1.0 kg/cm² hasta los dos metros de profundidad, y 1.5 kg/cm² para los 3m de profundidad.

Estación de Bombeo

Se hace una especial distinción ya que el SPT 4 fue ubicado de forma de generar información para el diseño de la Estación de Bombeo.

Respecto del perfil litológico en esta zona, cercana a la cañada, identificamos unos 1.5m de relleno de escombros, basura, etc, debajo del que aparece un suelo arcilloso oscuro con contenido de materia orgánica hasta los 2m de profundidad.

Luego se identifican los suelos arcillosos marrones de Fm Libertad hasta los 4.5m aproximadamente, donde se detectó una tosca removible mediante medios mecánicos hasta los 5.5 m de profundidad.

A los 5.5 m de profundidad se encontró el rechazo en el ensayo SPT entendiéndose que es de esperar que mediante medios mecánicos (retroexcavadora tipo CAT 320 o mayor) se puedan alcanzar los 6.0m de profundidad, sin emplear martillo neumático o explosivos para la remoción de la roca alterada.

En la Tabla 6 se presenta el detalle de las tensiones admisibles en función de la profundidad para el SPT 4 en la zona de la Estación de Bombeo.

TABLA 6 - TENSIONES ADMISIBLES ESTACIÓN DE BOMBEO (SPT 4)

ID	Profundidad (m)	Q _{adm} (kg/cm ²)
SPT 4	2	1.06
	3	1.73
	4	2.46
	5	4.06
	5.5	> 4.0

Zona B

En esta zona hemos identificado un espesor de relleno significativo, compuesto por materiales no caracterizables geotécnicamente como escombros, basura, etc.

Por lo tanto, el diseño de las fundaciones de las posibles estructuras en esta zona deberá contemplar esta situación.

Dado el espesor identificado del orden de los 2.0m, considerando relleno y suelo con alto contenido de materia orgánica, se deberá realizar fundaciones mediante bases aisladas de hormigón armado, fundadas sobre los suelos arcillosos a una profundidad mínima de 2.5m con tensiones admisibles de 1.5 kg/cm², o bien realizar pilotines o pilotes en función del tipo de estructura.

Respecto de los niveles freáticos, caben las mismas consideraciones mencionadas para la Zona A.

Recomendaciones sobre Tendidos y Viales

A continuación se efectúan una serie de recomendaciones vinculadas a la ejecución de los tendidos de saneamiento, pluviales y viales.

Tendidos de Saneamiento y Pluviales

En ninguno de los taladros realizados se ha identificado niveles de tosca o roca fresca a profundidades inferiores a los 5m, por lo que no se espera que sea necesario excavar en roca para la ejecución de los tendidos subterráneos.

En términos generales se identificó en todo el predio la presencia de niveles freáticos a profundidades variables entre los 1.0m y los 4.0m, por lo que se deberá prever en obra los elementos necesarios para el achique de estos niveles freáticos durante las tareas de excavación y tendido de tuberías así como para otras excavaciones.

En la zona de relleno (Zona B) los dos primeros metros presentan condiciones atípicas para la excavación de zanjas, tendido de tubos y compactación de relleno, por lo que se deberá prestar atención a este aspecto al momento del diseño del trazado.

Desde el punto de vista de la estabilidad de los taludes de las excavaciones, incluso en excavaciones menores a los 2.0m, la presencia de agua así como la presencia de rellenos hace que pueda ser necesario realizar entibados de las mismas con el objetivo de mantener estables los taludes de las excavaciones y evitar accidentes.

Obras Viales

Los suelos A-7-5, arcillosos, encontrados en la Zona A debajo de los suelos orgánicos, presentan un comportamiento bastante impermeable, y, por lo tanto, absorben la humedad más difícilmente; pero si llegan a absorberla, pasan a un estado semilíquido, en el cual se

infiltran por los intersticios de las juntas en caso de pavimentos de hormigón o cordones cuneta, produciéndose así depresiones importantes en la superficie del mismo.

Durante la construcción hay que tener en cuenta que la consolidación de estos materiales, si se encuentran saturados, es muy lenta, sin que un apisonado, por enérgico que sea, sirva para acelerarla más que en muy pequeña proporción, por lo que es importante trabajar con humedades cercanas a la óptima o bien un par de puntos por sobre ésta.

Sobre ellos, es necesario colocar una capa de grava o material seleccionado que sirva de cimiento al pavimento, pues en caso contrario es inevitable la aparición de grietas.

En términos generales, y en función de las litologías, es de esperar que sea necesario realizar sustituciones en los caminos proyectados que abarquen los trazados actuales, ya que las cotas de pavimento terminado es de esperar que estén en el entorno de las existentes hoy día, ya que en los caminos actuales hemos detectado la existencia de suelos orgánicos debajo del material granular existente y otras ocasiones relleno con material sin seleccionar que debe ser retirado.

El terreno natural (suelos arcillosos) son de carácter regular como subrasante con un CBR =6% que lo hace aceptable, debiendo considerarse para diseño de paquetes estructurales.

Respecto de la Zona B, caben consideraciones similares a las realizadas para los tendidos de pluviales y saneamiento, considerando que los viales que se deban ejecutar en esta zona deberán prever una sustitución importante de suelos ya que no hay condiciones aptas para fundar los mismos hasta al menos 1.0m, llegando hasta más de dos metros en ocasiones.

Conclusiones:

- El subsuelo del área está constituido por suelos de la Formación Libertad, tipo A-7-5 según AASHTO (CL según SUCS)
- Efectuamos una clasificación zonal del predio en función de la existencia de una zona que rellenos significativos y otra con terrenos prácticamente en condiciones naturales, según se ha descrito.
 - Zona A: corresponde al sector del predio con el perfil natural de suelos prácticamente sin alteraciones
 - Zona B: corresponde al área en la que hemos detectado relleno significativos de hasta 2.0m de profundidad.
- Desde el punto de vista de las tensiones admisibles para fundaciones directas se alcanzan sobre los suelos arcillosos los siguientes valores:
 - Zona A
 - **Profundidad 1.0m:** $\sigma_{adm} = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)
 - **Profundidad 2.0m:** $\sigma_{adm} = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)
 - **Profundidad 3.0m:** $\sigma_{adm} = 1.5 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)
 - Zona B
 - **Profundidad 2.0m:** $\sigma_{adm} = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)
 - **Profundidad 3.0m:** $\sigma_{adm} = 1.0 \text{ kg/cm}^2$ (suelos arcillosos)
- No se registró desmoronabilidad en ninguno de los materiales atravesados.
- Se han detectado niveles freáticos prácticamente en todo el terreno, variando entre 1.0m y 4.0m de profundidad.
- Según el análisis de límites Atterberg, de los suelos más representativos del predio, se determinó un potencial de expansividad alto en los suelos arcillosos, sin embargo y a partir de los valores de N bajos, se entiende que los suelos arcillosos en banco presentan bajas densidades y por tanto bajas probabilidades de expansión.
- La excavabilidad de los materiales hasta los 5m de profundidad es tipo E1, fácilmente removibles mediante medios mecánicos.
- No se detectaron macizos rocosos a menos de 5.0m de profundidad
- Desde el punto de vista de la aptitud como material de subrasante o terraplén, los suelos arcillosos presentan un CBR = 6%, que se entiende aceptable para fundación del sistema vial así como para la realización de terraplenes, debiéndose compactar los mismos un par de puntos porcentuales sobre la humedad óptima durante la obra.

Montevideo, 31 de octubre de 2014



Mauricio Montaña Gutiérrez
Licenciado en Geología



Diego Montaña García
Ingeniero Civil

ANEXOS

Ensayos SPT

Planillas de Campo

SPT N°2

Coordenadas; S 34°51'50.64"
O 56° 16'16.20"

Cateo N°	SPT			
2	Prof. de SPT (m)	1,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	9	15	3
	Consistencia	Firme	30	4
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	5
	Prof. de SPT (m)	2,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	10	15	4
	Consistencia	Firme	30	4
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	6
	Prof. de SPT (m)	2,5	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	13	15	5
	Consistencia	Firme	30	6
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	7

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,7	Suelo orgánico.	E1
0,7 – 1,5	Arcilla limosa de color marrón.	E1
1,5 – 2,5	Arcilla limosa de color marrón con carbonato pulverulento.	E1
2,5 – 3,0	Limo arcilloso de color marrón con carbonato.	E1

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 2,5m.
No se encontró desmoronabilidad.

SPT N°3

Coordenadas; S 34°51'54.07"

O 56°16'16.47"

Cateo N°	SPT			
3	Prof. de SPT (m)	1,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	8	15	4
	Consistencia	Media a Firme	30	4
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	0,5 a 2,0	45	4
	Prof. de SPT (m)	2,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	12	15	3
	Consistencia	Firme	30	5
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	7
	Prof. de SPT (m)	3,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	13	15	4
	Consistencia	Firme	30	5
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	8
	Prof. de SPT (m)	4,5	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	22	15	8
	Consistencia	Muy Firme	30	10
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	2,0 a 4,0	45	12

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,5	Suelo orgánico.	E1
0,5 – 3,0	Arcilla limosa de color marrón con concreciones de carbonato de hasta 0,5cm.	E1
3,0 – 5,0	Limo arcilloso de color marrón con carbonato.	E1

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 4,2m.
 No se encontró desmoronabilidad.

SPT N°4

Coordenadas; S 34°51'47.16"

O 56°16'18,83"

Cateo N°	SPT			
4	Prof. de SPT (m)	2,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	8	15	3
	Consistencia	Media a Firme	30	4
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	0,5 a 2,0	45	4
	Prof. de SPT (m)	3,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	13	15	4
	Consistencia	Firme	30	6
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	7
	Prof. de SPT (m)	4,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	22	15	11
	Consistencia	Muy Firme	30	10
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	2,0 a 4,0	45	12
	Prof. de SPT (m)	5,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	46	15	12
	Consistencia	Dura	30	20
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	> 4,0	45	26
	Prof. de SPT (m)	5,5	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	>50	15	16
	Consistencia	rechazo	30	>50
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	> 4,0	45	

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,3	Relleno de suelo con escombros.	E1
0,3 – 0,9	Relleno de arcilla marrón con balastro.	E1
0,9 – 1,3	Relleno de arena gruesa mal seleccionada con materia orgánica, algo de arcilla y restos de bolsas plásticas.	E1
1,3 – 2,0	Arcilla de color negro amarronado con materia orgánica.	E1
2,0 – 3,0	Arcilla limosa de color marrón.	E1
3,0 – 4,8	Arcilla limosa de color marrón con alto contenido de carbonato.	E1-E2
4,8 – 5,5	Roca carbonática, calcreta, con algo de arcilla gris, muy tenaz.	E2-E3

Se constata la presencia de agua a una profundidad de 1,3m.
 No se encontró desmoronabilidad.

ILUSTRACIÓN 4 - ARCILLA LIMOSA CON CARBONATO



SPT N°5

Coordenadas; S 34°51'51.22"
O 56°16'20.30"

Cateo N°	SPT			
5	Prof. de SPT (m)	1,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	4	15	2
	Consistencia	Blanda a Media	30	2
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	0,25 a 1,0	45	2
	Prof. de SPT (m)	2,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	5	15	2
	Consistencia	Media	30	2
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	0,5 a 1,0	45	3
	Prof. de SPT (m)	3,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	6	15	2
	Consistencia	Media	30	2
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	0,5 a 1,0	45	4
	Prof. de SPT (m)	4,5	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	11	15	2
	Consistencia	Firme	30	4
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	7

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,5	Suelo con relleno de balastro.	E1
0,5 – 2,4	Arcilla de color marrón.	E1
2,4 – 3,0	Arcilla de color marrón claro con carbonato.	E1
3,0 – 3,4	Arcilla de color marrón claro con arena gruesa.	E1
3,4 – 5,0	Arcilla marrón claro con carbonato.	E1

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 1,2m.
No se encontró desmoronabilidad.

ILUSTRACIÓN 5 - CALCRETA CON ARCILLA DE COLOR GRIS



SPT N°7

Coordenadas; S 34°51'48.69"

O 56°16'24,21"

Cateo N°	SPT			
7	Prof. de SPT (m)	2,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	11	15	2
	Consistencia	Firme	30	5
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	6
	Prof. de SPT (m)	3,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	12	15	5
	Consistencia	Firme	30	6
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	6
	Prof. de SPT (m)	4,5	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	13	15	4
	Consistencia	Firme	30	6
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	0,5 a 1,0	45	7

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 1,3	Relleno de balasto con trozos de hormigón y bolsas plásticas.	E1-E2
1,3 – 1,5	Suelo orgánico.	E1
1,5 – 3,5	Arcilla limosa de color marrón con carbonato pulverulento.	E1
3,5 – 5,0	Limolita de color marrón rojizo, tenaz con carbonato.	E1-E2

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 3,0m.
 No se encontró desmoronabilidad.

SPT N°10

Coordenadas; S 34°51'53.36"

O 56°16'24,90"

Cateo N°	SPT			
10	Prof. de SPT (m)	1,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	7	15	2
	Consistencia	Media	30	3
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	0,5 a 1,0	45	4
	Prof. de SPT (m)	2,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	8	15	3
	Consistencia	Media a Firme	30	3
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	0,5 a 2,0	45	5
	Prof. de SPT (m)	3,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	4	15	3
	Consistencia	Blanda a Media	30	2
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	0,25 a 1,0	45	2
	Prof. de SPT (m)	4,5	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	11	15	2
	Consistencia	Firme	30	4
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	7

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 1,1	Suelo orgánico.	E1
1,1 – 1,4	Arcilla limosa de color marrón claro.	E1
1,4 – 5,0	Arcilla limosa de color marrón claro con concreciones de carbonato de hasta 0,5cm.	E1

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 1,4m.

No se encontró desmoronabilidad.

SPT N°12

Coordenadas; S 34°51'56.11"

O 56°16'34,78"

Cateo N°	SPT			
	Prof. de SPT (m)		Penetración (cm)	Nº de Golpes
12		1,0		
	Nº de Golpes	8	15	3
	Consistencia	Media a Firme	30	3
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	0,5 a 2,0	45	5
	Prof. de SPT (m)	2,0		
	Nº de Golpes	4	15	2
	Consistencia	Blanda a Media	30	2
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	0,25 a 1,0	45	2
	Prof. de SPT (m)	3,0		
	Nº de Golpes	12	15	4
	Consistencia	Firme	30	5
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	7
	Prof. de SPT (m)	4,5		
	Nº de Golpes	14	15	5
	Consistencia	Firme	30	5
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	9

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,7	Suelo orgánico.	E1
0,7 – 5,0	Arcilla limosa de color marrón con niveles de carbonato.	E1

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 2,0m.
 No se encontró desmoronabilidad.

SPT N°16

Coordenadas; S 34°51'56.60"

O 56°16'45,69"

Cateo N°	SPT			
16	Prof. de SPT (m)	1,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	12	15	3
	Consistencia	Firme	30	6
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	6
	Prof. de SPT (m)	2,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	13	15	3
	Consistencia	Firme	30	4
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	9
	Prof. de SPT (m)	3,0	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	15	15	5
	Consistencia	Firme a Muy Firme	30	7
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 4,0	45	8
	Prof. de SPT (m)	4,5	Penetración (cm)	Nº de Golpes
	Nº de Golpes	13	15	2
	Consistencia	Firme	30	5
	Resistencia a la compresión simple (Kg/cm2)	1,0 a 2,0	45	8

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,8	Suelo orgánico.	E1
0,8 – 5,0	Arcilla de color marrón claro con concreciones de carbonato.	E1

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 2,0m.
 No se encontró desmoronabilidad.

Cateos Descriptivos

Planillas de Campo

CATEO N°1

Coordenadas; S 34°51'46.84"

O 56°16'12.94"

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,3	Relleno de balastro.	E1-E2
0,3 – 0,7	Suelo orgánico.	E1
0,7 – 2,5	Arcilla limosa de color marrón con concreciones de carbonato de hasta 1cm.	E1
2,5 – 3,0	Limo arcilloso de color marrón rojizo con concreciones de carbonato	E1

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 2,7m.
 No se encontro desmoronabilidad.

CATEO N°6

Coordenadas; S 34°51'46.95"

O 56°16'25,63"

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,4	Relleno de balastro.	E1
0,4 – 1,4	Suelo orgánico.	E1
1,4 – 3,0	Arcilla de color marrón.	E1

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 2,3m.
 No se encontró desmoronabilidad.

CATEO N°8

Coordenadas; S 34°51'50.64"

O 56°16'22,75"

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 1,6	Relleno de escombros con balastro.	E1-E2
1,6 – 1,7	Relleno de escombros con balastro y bolsas plásticas.	E1
1,7 – 2,0	Suelo orgánico arcilloso	E1
2,0 – 4,0	Arcilla de color negro amarronado con materia orgánica.	E1

No se constato la presencia de agua.
 No se encontró desmoronabilidad.

CATEO N°9

Coordenadas; S 34°51'53.04"

O 56°16'22,00"

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 1,0	Suelo orgánico arcilloso.	E1
1,0 – 3,0	Arcilla limosa gris amarronada.	E1

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 1,0m.

No se encontró desmoronabilidad.

CATEO N°11

Coordenadas; S 34°51'52.66"

O 56°16'29,42"

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,6	Suelo orgánico.	E1
0,6 – 1,9	Arcilla limosa de color marrón.	E1
1,9 – 3,0	Limo arcilloso de color marrón con muy poco carbonato.	E1

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 2,6m.

No se encontró desmoronabilidad.

CATEO N°13

Coordenadas; S 34°51'50.13"

O 56°16'36,68"

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,4	Suelo orgánico.	E1
0,4 – 0,7	Arcilla limosa de color marrón.	E1
0,7 – 1,2	Arcilla limosa de color marrón claro con alto contenido de carbonato.	E1
1,2 – 3,0	Limo arcilloso de color marrón con algo de carbonato, tenaz.	E1-E2

No se constato la presencia de agua.

No se encontró desmoronabilidad.

CATEO N°14

Coordenadas; S 34°51'54.26"

O 56°16'40,97"

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,7	Suelo orgánico.	E1
0,7 – 0,9	Arcilla limosa de color marrón.	E1
0,9 – 5,0	Limo arcilloso de color marrón con algo de carbonato.	E1

Se constato la presencia de agua a una profundidad de 3,5m.
 No se encontró desmoronabilidad.

CATEO N°15

Coordenadas; S 34°51'49.39"

O 56°16'44,21"

Profundidad (m)	Litología	Excavabilidad
0 – 0,45	Suelo orgánico.	E1
0,45 – 2,2	Arcilla limosa de color marrón.	E1
2,2 – 5,0	Limo arcilloso de color marrón con presencia de carbonato pulverulenta.	E1

No se constato la presencia de agua.
 No se encontró desmoronabilidad.

CLASIFICACIÓN DE SUELOS

ENSAYO DE PLASTICIDAD

OBRA: COTRAVI 3 (0.8m)

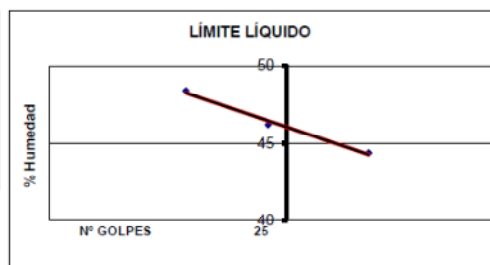
MATERIAL:	Arcilla marron c/algo de carbonato
FECHA :	10/10/2014
OPERADOR :	C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO			
Pesaf. Nº	53	54	
P.S.H.+Pesaf	22.76	22.32	
P.S.S.+Pesaf	21.35	20.91	
Tara	15.02	14.60	
% de HUMEDAD	22.3	22.3	
HUMEDAD PROMEDIO	22.3		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	22		

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

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº de GOLPES	30	24	20	
Pesaf. Nº	50	51	52	
P.S.H.+Pesaf	32.35	33.59	32.14	
P.S.S.+Pesaf	26.95	27.69	26.12	
Tara	14.78	14.92	13.68	
% de HUMEDAD	44.4	46.2	48.4	
LÍMITE LÍQUIDO	46			NO interviene en Gráfico

ÍNDICE de PLASTICIDAD	24
------------------------------	-----------



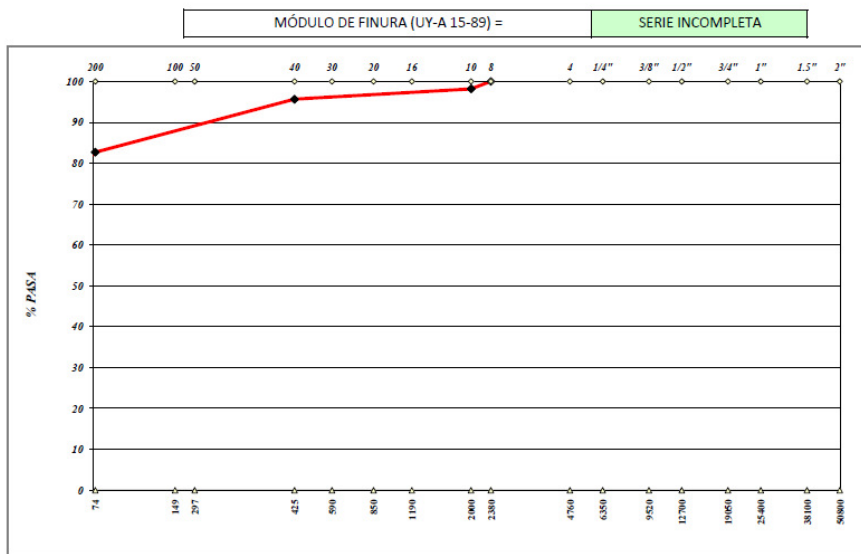
ENSAYO DE TAMIZADO

OBRA: COTRAVI 3 (0.8m)

GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	271	

LL = 46	LÍMITES DE ATTERBERG		MATERIAL:	Arcilla marron c/algo de carbonato
IP = 24				
CLASIFICACIÓN (AASHTO):	A-7-5	FECHA :	11/10/2014	
CLASIFICACIÓN (SUCS):	C-L	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		100
N8	2380		100
N10	2000	4.9	98
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	6.9	96
N80	177		
N100	149		
N200	74	35.1	83
pasa(vía seca).....			
pasa (vía Húmeda)		224.1	
TOTAL		271	



ENSAYO DE PLASTICIDAD

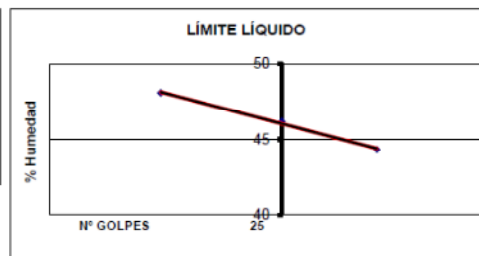
OBRA: COTRAVI 4 (1.4m)

MATERIAL: Suelo arcilloso negro - marrón
FECHA: 10/10/2014
OPERADOR: C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO			
Pesaf. Nº	83	84	
P.S.H.+Pesaf	19.38	37.89	
P.S.S.+Pesaf	18.39	36.95	
Tara	13.38	31.98	
% de HUMEDAD	19.8	18.9	
HUMEDAD PROMEDIO		19.3	
LÍMITE DE PLASTICIDAD		19	

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

LÍMITE LÍQUIDO			
Nº de GOLPES	31	25	19
Pesaf. Nº	80	81	82
P.S.H.+Pesaf	30.45	30.90	29.20
P.S.S.+Pesaf	25.19	25.20	23.67
Tara	13.32	12.85	12.16
% de HUMEDAD	44.3	46.2	48.0
LÍMITE LÍQUIDO		46	



ÍNDICE de PLASTICIDAD 27

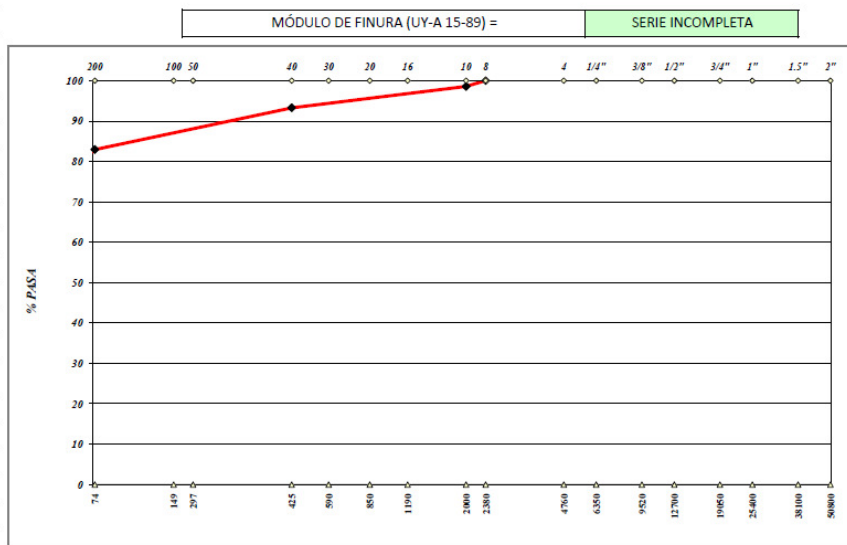
ENSAYO DE TAMIZADO

OBRA: COTRAVI 4 (1.4m)

GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	348	

LL = 46	LÍMITES DE ATTERBERG	MATERIAL: Suelo arcilloso negro marrón	
IP = 27			
CLASIFICACIÓN (AASHTO):	A-7-5	FECHA:	10/10/2014
CLASIFICACIÓN (SUCS):	C-L	OPERADOR:	C. Oliveira

TAMIZ			
Nominal	Micrones	Retenido gr.	Pasa %
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		100
N8	2380		100
N10	2000	4.9	99
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	18.5	93
N80	177		
N100	149		
N200	74	35.9	83
pasa(vía seca)...			
pasa (vía Húmeda)		288.7	
TOTAL		348	



ENSAYO DE PLASTICIDAD

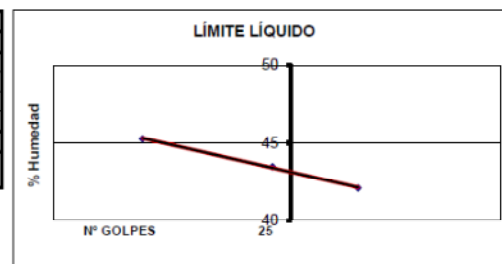
OBRA:	COTRAVI 6 (1.5m)
--------------	------------------

MATERIAL:	Suelo arcilloso marrón
FECHA :	09/10/2014
OPERADOR :	C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO			
Pesaf. Nº	58	59	
P.S.H.+Pesaf	21.40	20.56	
P.S.S.+Pesaf	20.42	19.61	
Tara	15.39	14.95	
% de HUMEDAD	19.5	20.4	
HUMEDAD PROMEDIO	19.9		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	20		

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

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº de GOLPES	29	24	18	
Pesaf. Nº	55	56	57	
P.S.H.+Pesaf	33.89	31.69	36.62	
P.S.S.+Pesaf	28.20	26.54	30.03	
Tara	14.68	14.69	15.47	
% de HUMEDAD	42.1	43.5	45.3	
LÍMITE LÍQUIDO	43			NO interviene en Gráfico



ÍNDICE de PLASTICIDAD	23
------------------------------	----

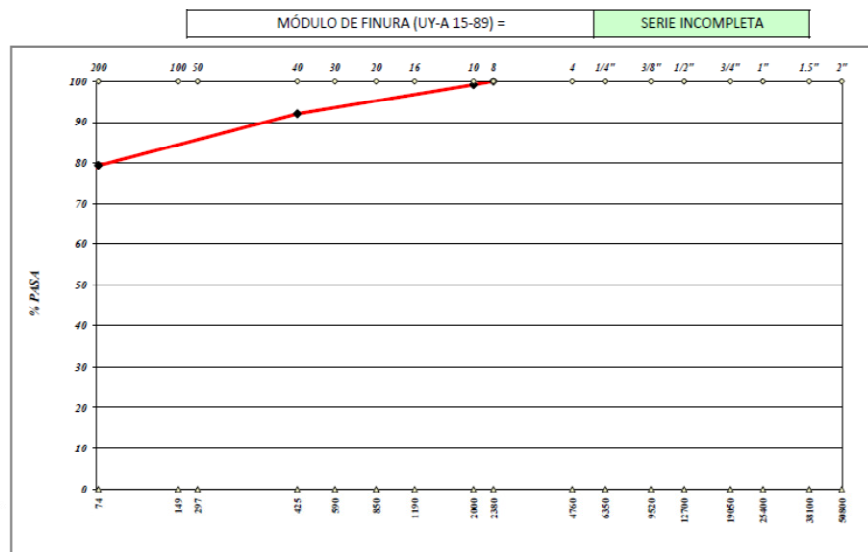
ENSAYO DE TAMIZADO

OBRA:	COTRAVI 6 (1.5m)
--------------	------------------

GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	259	

LL = 43	LÍMITES DE ATTERBERG	MATERIAL:	Suelo arcilloso marrón
IP = 23			
CLASIFICACIÓN (AASHTO):	A-7-5	FECHA :	10/10/2014
CLASIFICACIÓN (SUCS):	C-L	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		100
N8	2380		100
N10	2000	2.1	99
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	18.5	92
N80	177		
N100	149		
N200	74	32.8	79
pasa(vía seca).....			
pasa (vía húmeda)		205.6	
TOTAL		259	



ENSAYO DE PLASTICIDAD

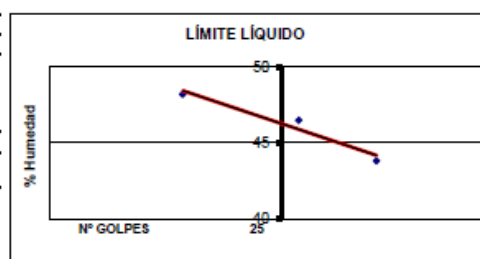
OBRA: COTRAVI 7 (3.0m)

MATERIAL: Arcilla marron
FECHA: 20/10/2014
OPERADOR: C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO			
Pesaf. N°	58	59	
P.S.H.+Pesaf	21.56	20.61	
P.S.S.+Pesaf	20.49	19.65	
Tara	15.39	14.95	
% de HUMEDAD	21.0	20.4	
HUMEDAD PROMEDIO	20.7		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	21		

Humedad Natural			
Pesaf. N°			
P.S.H.+Pesaf			
P.S.S.+Pesaf			
Tara			
% de HUMEDAD			

LÍMITE LÍQUIDO			
N° de GOLPES	31	26	20
Pesaf. N°	55	56	57
P.S.H.+Pesaf	33.91	32.05	37.05
P.S.S.+Pesaf	28.05	26.54	30.03
Tara	14.68	14.69	15.47
% de HUMEDAD	43.8	46.5	48.2
LÍMITE LÍQUIDO	46		



ÍNDICE de PLASTICIDAD 25

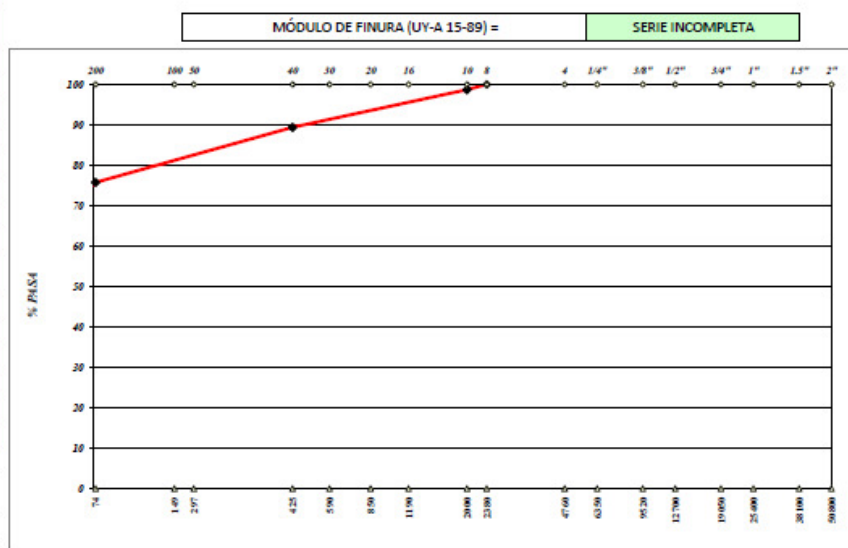
ENSAYO DE TAMIZADO

OBRA: COTRAVI 7 (3.0m)

GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	274	

LL = 46	LÍMITES DE ATTERBERG	MATERIAL: Arcilla Marron	
IP = 25			
CLASIFICACIÓN (AASHTO):	A-7-5	FECHA:	20/10/2014
CLASIFICACIÓN (SUCS):	C-L	OPERADOR:	C. Oliveira

TAMIZ			
Nominal	Micrones	Retenido gr.	Pasa %
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	6320		100
N4	4750		100
N8	2380		100
N10	2000	3.5	99
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	25.6	89
N80	177		
N100	149		
N200	74	37.3	76
pasa (vía seca)			
pasa (vía Húmeda)			207.6
TOTAL			274



GeoAmbiente **ENSAYO DE PLASTICIDAD**
servicios en geología, hidrogeología, ingeniería y medio ambiente

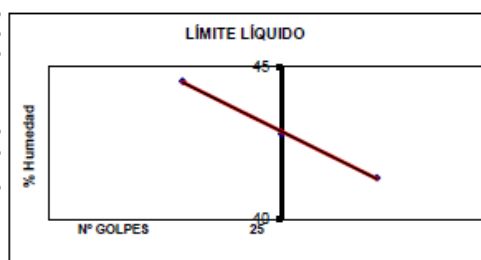
OBRA: COTRAVI 14 (1.0m)

MATERIAL: Suelo arcilloso marrón
FECHA: 09/10/2014
OPERADOR: C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO			
Pesaf. Nº	93	94	
P.S.H.+Pesaf	46.95	26.12	
P.S.S.+Pesaf	45.79	25.43	
Tara	39.75	21.77	
% de HUMEDAD	19.2	18.9	
HUMEDAD PROMEDIO	19.0		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	19		

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

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº de GOLPES	31	25	20	
Pesaf. Nº	90	94	92	
P.S.H.+Pesaf	54.30	55.18	47.65	
P.S.S.+Pesaf	50.04	50.24	43.09	
Tara	39.74	38.70	32.65	
% de HUMEDAD	41.4	42.8	44.5	
LÍMITE LÍQUIDO	43			NO interviene en Gráfico



ÍNDICE de PLASTICIDAD 24

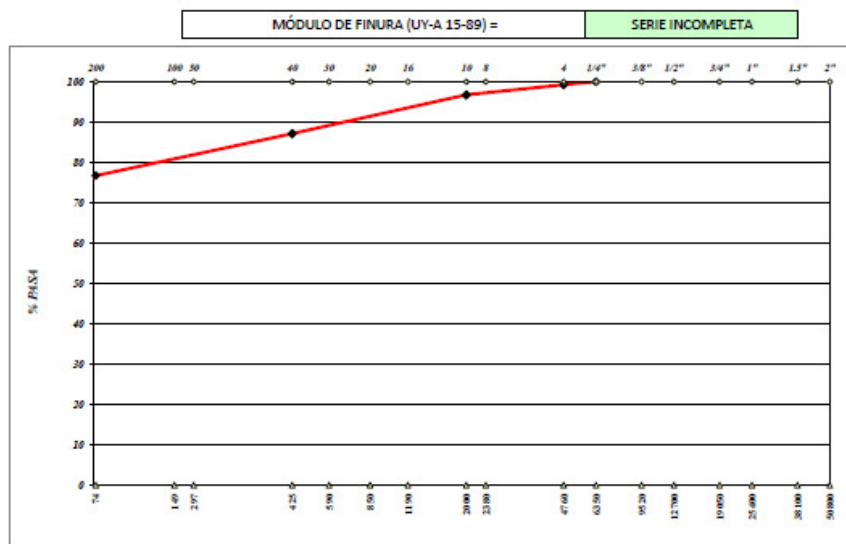
GeoAmbiente **ENSAYO DE TAMIZADO**
servicios en geología, hidrogeología, ingeniería y medio ambiente

OBRA: COTRAVI 14 (1.0m)

GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	307	

LL = 43	LÍMITES DE ATTERBERG	MATERIAL:	Suelo arcilloso marrón
IP = 24		FECHA:	09/10/2014
CLASIFICACIÓN (AASHTO):	A-7-5	OPERADOR:	C. Oliveira
CLASIFICACIÓN (SUCS):	C-L		

TAMIZ			
Nominal	Micrones	Retenido gr.	Pasa %
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	2.2	99
N8	2380		
N10	2000	7.8	97
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	29.3	87
N60	177		
N100	149		
N200	74	31.9	77
pasa(vía seca).....			
pasa (vía Húmeda)		235.6	
TOTAL		307	



ENSAYO DE PLASTICIDAD

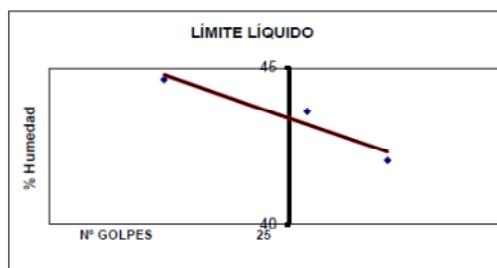
OBRA: COTRAVI 16 (4.5m)

MATERIAL: Suelo arcilloso rojizo
FECHA : 11/10/2014
OPERADOR : C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO			
Pesaf. Nº	109	110	
P.S.H.+Pesaf	25.23	30.52	
P.S.S.+Pesaf	24.61	29.37	
Tara	21.09	22.96	
% de HUMEDAD	17.6	17.9	
HUMEDAD PROMEDIO	17.8		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	18		

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

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº de GOLPES	31	26	19	
Pesaf. Nº	106	107	108	
P.S.H.+Pesaf	34.56	41.49	41.28	
P.S.S.+Pesaf	30.98	35.73	35.49	
Tara	22.46	22.52	22.51	
% de HUMEDAD	42.0	43.6	44.6	
LÍMITE LÍQUIDO	43			NO interviene en Gráfico



ÍNDICE de PLASTICIDAD 25

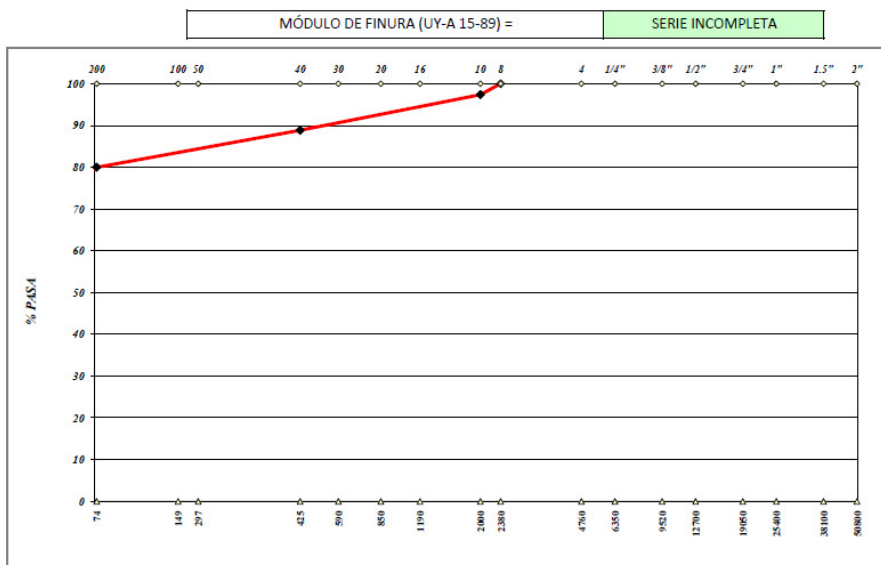
ENSAYO DE TAMIZADO

OBRA: COTRAVI 16 (4.5m)

GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	310	

LL =	43	LÍMITES DE ATTERBERG	MATERIAL:		Suelo arcilloso rojizo
IP =	25				
CLASIFICACIÓN (AASHTO):		A-7-5	FECHA :	11/10/2014	
CLASIFICACIÓN (SUCS):		C - L	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		100
N8	2380		100
N10	2000	8.1	97
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	26.5	89
N80	177		
N100	149		
N200	74	27.4	80
pasa(vía seca).....			
pasa (vía húmeda)			248.0
TOTAL			310



Proctor y CBR

ENSAYO DE PLASTICIDAD

OBRA:	COTRAVI 7 (3.0m)
--------------	-------------------------

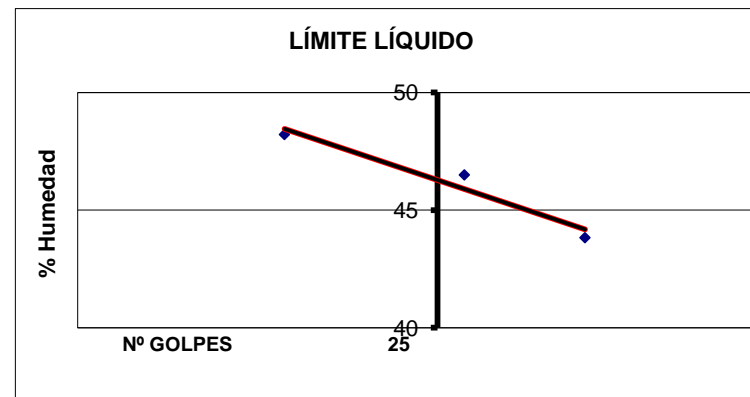
MATERIAL:	Arcilla marron
FECHA :	20/10/2014
OPERADOR :	C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO			
Pesaf. Nº	58	59	
P.S.H.+Pesaf	21.56	20.61	
P.S.S.+Pesaf	20.49	19.65	
Tara	15.39	14.95	
% de HUMEDAD	21.0	20.4	
HUMEDAD PROMEDIO	20.7		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	21		

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

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº de GOLPES	31	26	20	
Pesaf. Nº	55	56	57	
P.S.H.+Pesaf	33.91	32.05	37.05	
P.S.S.+Pesaf	28.05	26.54	30.03	
Tara	14.68	14.69	15.47	
% de HUMEDAD	43.8	46.5	48.2	
LÍMITE LÍQUIDO	46			NO interviene en Gráfico

ÍNDICE de PLASTICIDAD	25
------------------------------	-----------



ENSAYO DE TAMIZADO

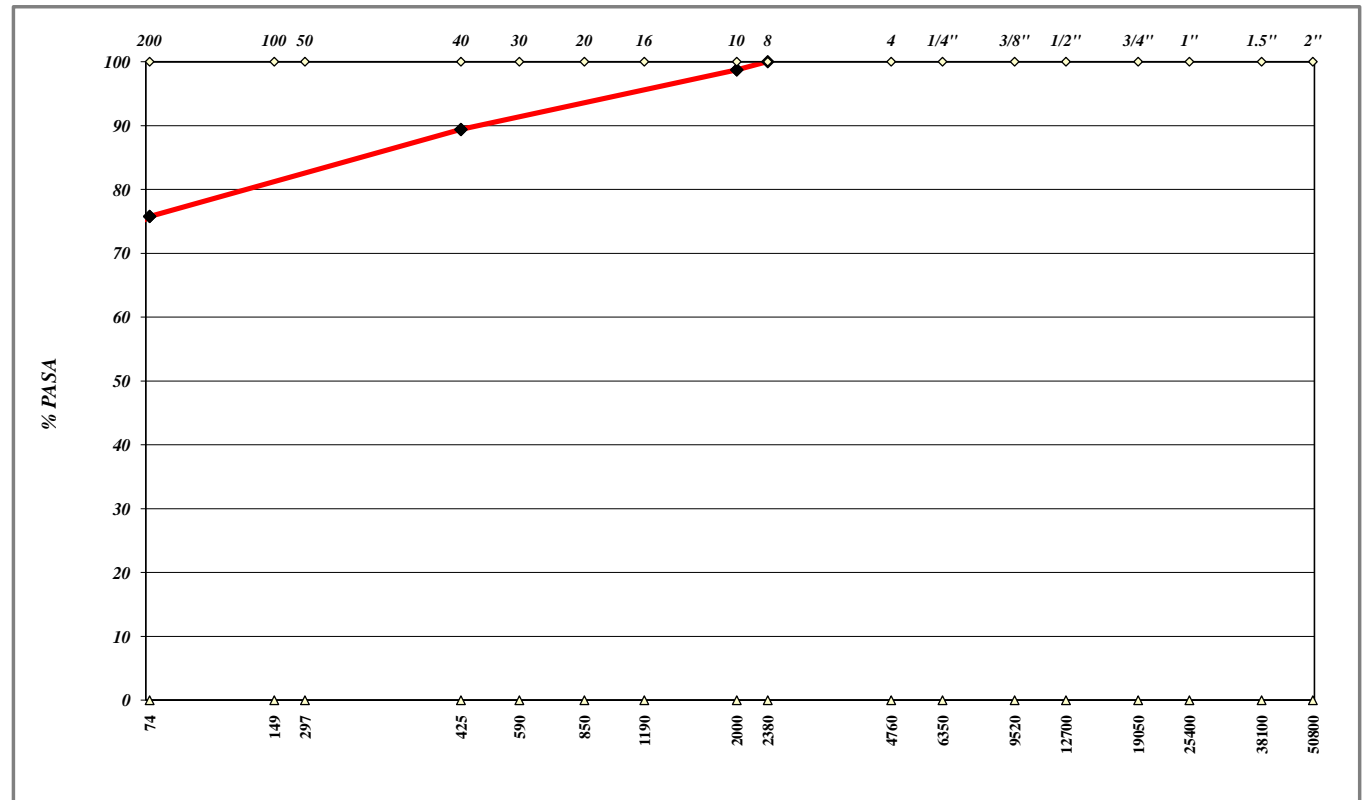
OBRA:	COTRAVI 7 (3.0m)
--------------	-------------------------

GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	274	

LL =	46	LÍMITES DE ATTERBERG	MATERIAL:	Arcilla Marron
IP =	25			
CLASIFICACIÓN (AASHTO):		A-7-5	FECHA :	20/10/2014
CLASIFICACIÓN (SUCS):		C - L	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		100
N8	2380		100
N10	2000	3.5	99
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	25.6	89
N80	177		
N100	149		
N200	74	37.3	76
pasa(vía seca)...			
pasa (vía Húmeda)		207.6	
TOTAL		274	

MÓDULO DE FINURA (UY-A 15-89) =	SERIE INCOMPLETA
---------------------------------	------------------



ENSAYO DE COMPACTACION: "PROCTOR"

OBRA: COTRAVI 7 (3.0m)

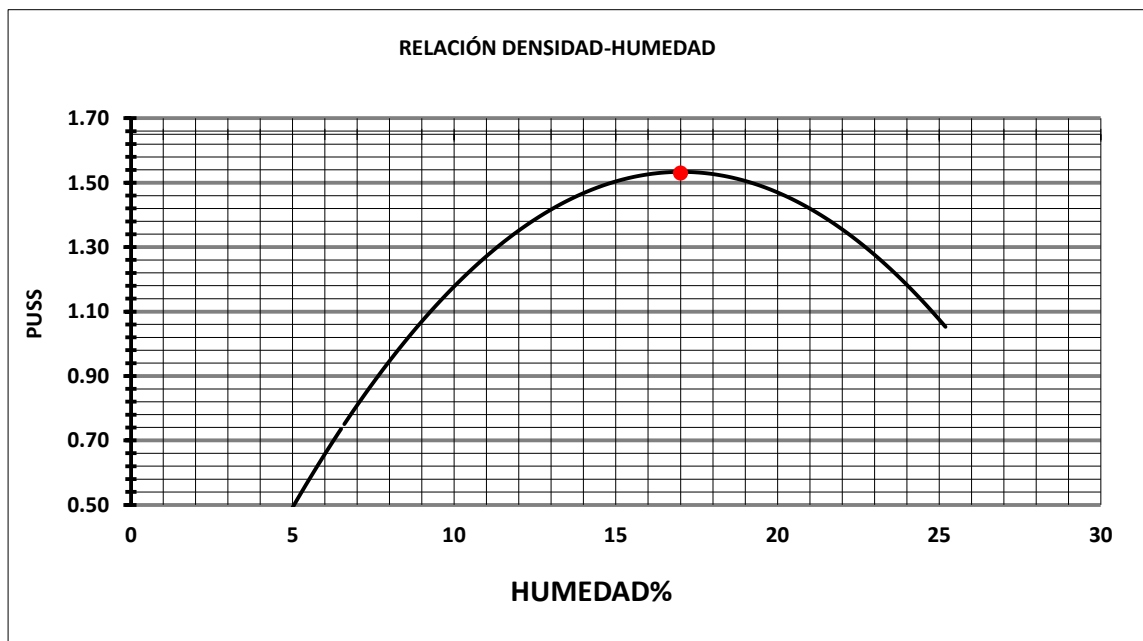
MATERIAL	Suelo arcilloso marron
FECHA :	18/10/2014
UBICACIÓN:	Laboratorio

COH %	PUSSMAX
17.0	1.530

MOLDE N°	1	1	1	1		
N° DE CAPAS	3	3	3	3		
N° DE GOLPES	25	25	25	25		
VOL. AGUA AGREGADA %	3%	6%	9%	12%		

COMPACTACIÓN						
PESO MUESTRA + MOLDE	3185	3347	3489	3312		
PESO MOLDE	1746	1746	1746	1746		
PESO MUESTRA	1439	1601	1743	1566		
VOLUMEN MOLDE	944.2	944.2	944.2	944.2		
PUSH	1.524	1.696	1.846	1.659		

HUMEDAD													HUMEDAD EXISTENTE
PESAFILTRO N°	1	2	3	4	5	6	7	8					
PESO HUMEDO + TARA	145.3	162.6	161.3	162.5	159.6	162.8	140.6	147.4					
PESO SECO + TARA	134.7	150.1	145.8	147.1	140.1	143.5	122.6	128.1					
TARA	45.4	45.8	44.3	45.6	36.6	40.1	40.1	38.5					
Peso agua	10.6	12.5	15.5	15.4	19.5	19.3	18	19.3					
% HUMEDAD	11.9	12.0	15.3	15.2	18.8	18.7	21.8	21.5					
% HUMEDAD MEDIA	12.0	15.3	18.8	21.7									
PUSS	1.361	1.471	1.555	1.363									



Realizado por:

Carlos Oliveira

Controlado por:

Ing. Diego Montaña

OBRA:	COTRAVI 7 (3.0m)
--------------	-------------------------

MATERIAL:	Suelo arcilloso marron
FECHA :	19/10/2014
OPERADOR :	C. Oliveira
UBICACIÓN	Laboratorio

HO %	PUSMAX
17.0	1.53

MOLDE	C.B.R		
Nº	3	4	5
Nº DE CAPAS	5	5	5
Nº de GOLPES	56	25	10

PESO MUESTRA + MOLDE	8084	7814	7385
PESO MOLDE	4196	4198	4210
PESO MUESTRA	3888	3616	3175
VOLUMEN MOLDE	2098	2077	2109
PUSH	1.853	1.741	1.505

Agua a Agregar

AaA=PTx(HO-HE)/(100+HE)

PT=	
-----	--

AaA=	
------	--

HUMEDAD	C.B.R		
PESAFILTRO Nº	22	23	24
PESO HUMEDO + TARA	120.5	123.1	124.6
PESO SECO + TARA	107.4	110.4	111.1
TARA	36.6	36.5	36.2
% HUMEDAD	18.5	17.2	18.0
% HUMEDAD PROMEDIO	18.5	17.2	18.0

HUMEDAD EXISTENTE	

PUS	1.564	1.485	1.276
-----	-------	-------	-------

		MOLDE N°		3	MOLDE N°		4	MOLDE N°		5
		N° GOLPES		56	N° GOLPES		25	N° GOLPES		10
		Cte. del aro:	1.8180		Cte. del aro	1.8180		Cte. del aro	1.8180	
Penetración		Lect	Lect		Lect	Lect		Lect	Lect	
0,01mm	0,001"	Inic	Correg		Inic	Correg		Inic	Correg	
0.0	0					11				
63.5	25	15.0	Corrección	11.0	Corrección	5	Corrección			
127.0	50	21.0		14.0		9				
190.5	75	30.0		18.0		11				
254.0	100	40.0	40	73	25.0	26	48	14	14	25
381.0	150	51.0			31.0			18		
508.0	200	63.0	64	116	36.0	35	63	22	23	42
762.0	300	72.0			41.0			28		
1016.0	400	80.0			48.0			33		
1270.0	500	87.0			55.0			39		
		C B R	0,1"	5	C B R	0,1"	4	C B R	0,1"	2
			0,2"	6		0,2"	3		0,2"	2
			CBR 6			CBR 4			CBR 2	

EXPANSIÓN									
				ALTURA DEL MOLDE =		11.6			
				Sobrecarga:		4		Aros	
								Fecha inmersión	
								19/10/14	
MOLDE Nº		3	MOLDE Nº		4	MOLDE Nº		5	
LECT.	mm	%	LECT.	mm	%	LECT.	mm	%	
DIA 0									
DIA 1	125	0.125	1.08	154	0.154	1.33	165	0.165	1.43
DIA 2	140	0.140	1.21	155	0.155	1.34	170	0.170	1.47
DIA 3	140	0.140	1.21	155	0.155	1.34	170	0.170	1.47

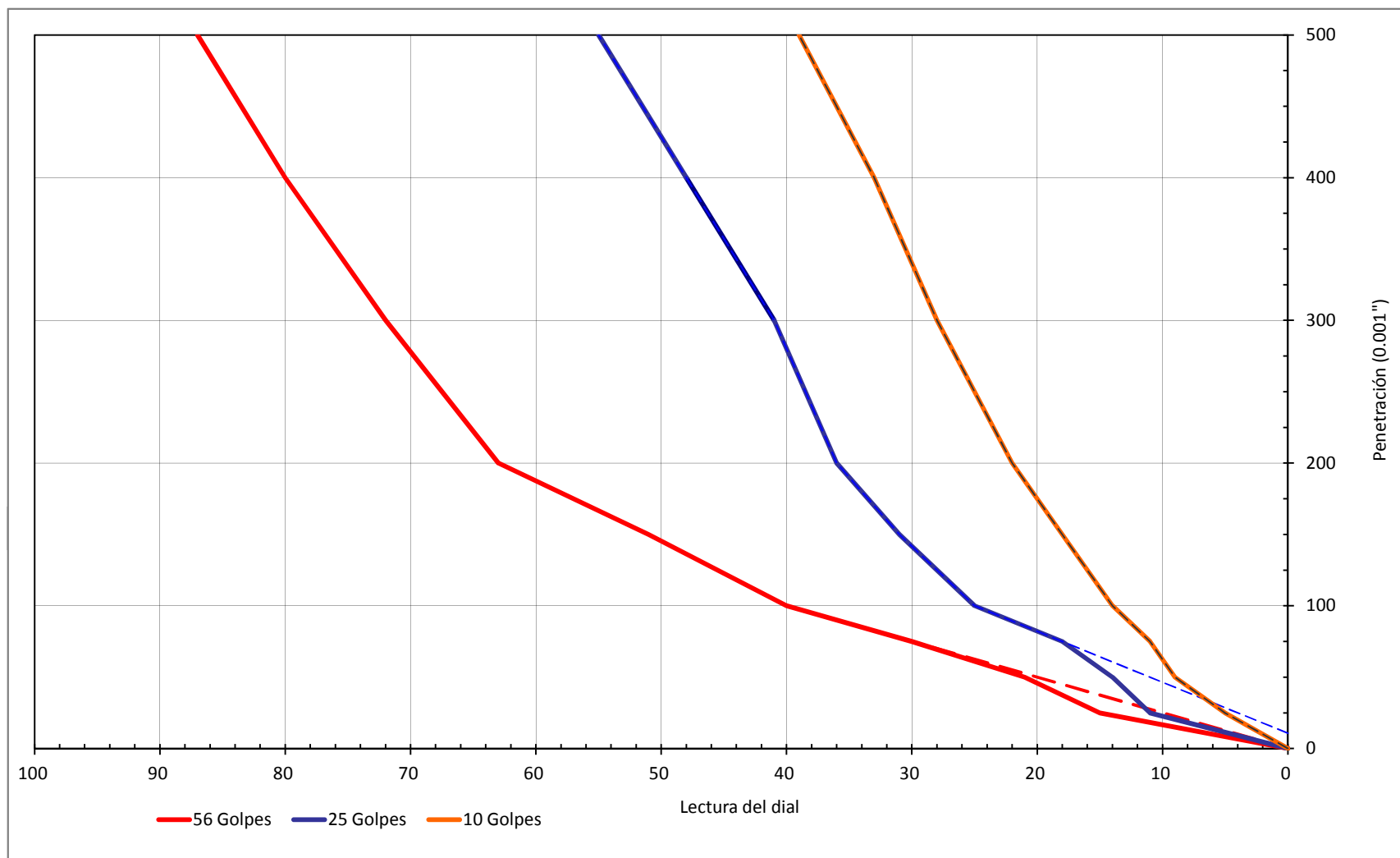
Realizado por:

Carlos Oliveira

Controlado por:

Ing. Diego Montañó

CURVA CARGA PENETRACIÓN



ENSAYO DE TAMIZADO

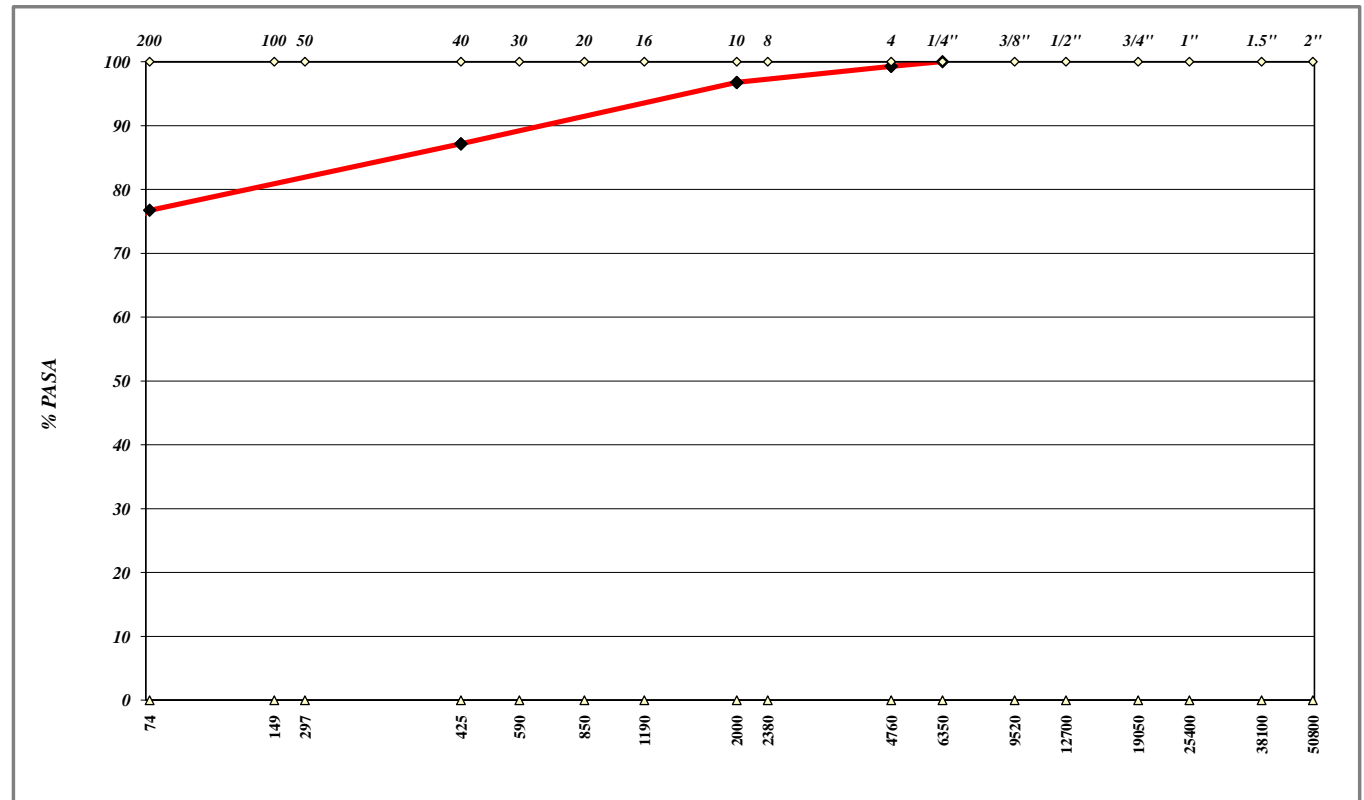
OBRA:	COTRAVI 14 (1.0m)
--------------	--------------------------

GRANULOMETRÍA			
VÍA SECA	peso (gr.)		
VÍA HÚMEDA	peso (gr.)	307	

LL =	43	LÍMITES DE ATTERBERG	MATERIAL:	Suelo arcilloso marron
IP =	24			
CLASIFICACIÓN (AASHTO):		A-7-5	FECHA :	09/10/2014
CLASIFICACIÓN (SUCS):		C - L	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	2.2	99
N8	2380		
N10	2000	7.8	97
N16	1190		
N20	850		
N30	590		
N40	425	29.5	87
N80	177		
N100	149		
N200	74	31.9	77
pasa(vía seca)...			
pasa (vía Húmeda)		235.6	
TOTAL		307	

MÓDULO DE FINURA (UY-A 15-89) =	SERIE INCOMPLETA
---------------------------------	------------------





GeoAmbiente

servicios en geología, hidrogeología, ingeniería y medio ambiente

ENSAYO DE PLASTICIDAD

OBRA:	COTRAVI 14 (1.0m)
--------------	--------------------------

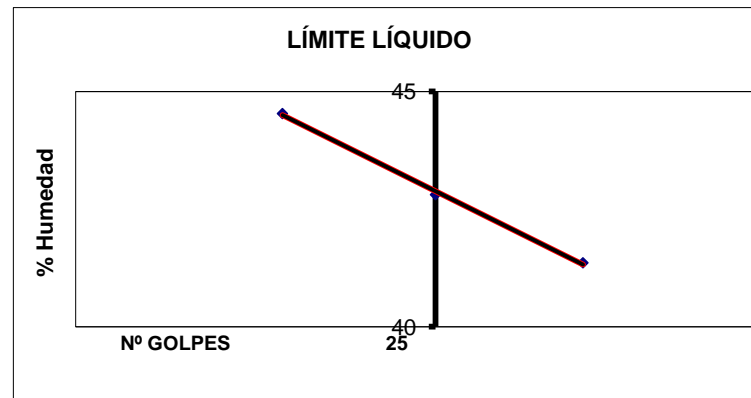
MATERIAL:	Suelo arcilloso marron
FECHA :	09/10/2014
OPERADOR :	C. Oliveira

LÍMITE PLÁSTICO			
Pesaf. Nº	93	94	
P.S.H.+Pesaf	46.95	26.12	
P.S.S.+Pesaf	45.79	25.43	
Tara	39.75	21.77	
% de HUMEDAD	19.2	18.9	
HUMEDAD PROMEDIO	19.0		
LÍMITE DE PLASTICIDAD	19		

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

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº de GOLPES	31	25	20	
Pesaf. Nº	90	94	92	
P.S.H.+Pesaf	54.30	55.18	47.65	
P.S.S.+Pesaf	50.04	50.24	43.09	
Tara	39.74	38.70	32.85	
% de HUMEDAD	41.4	42.8	44.5	
LÍMITE LÍQUIDO	43			NO interviene en Gráfico

ÍNDICE de PLASTICIDAD	24
------------------------------	-----------



ENSAYO DE COMPACTACION: "PROCTOR"

OBRA: COTRAVI 14 (1.0m)

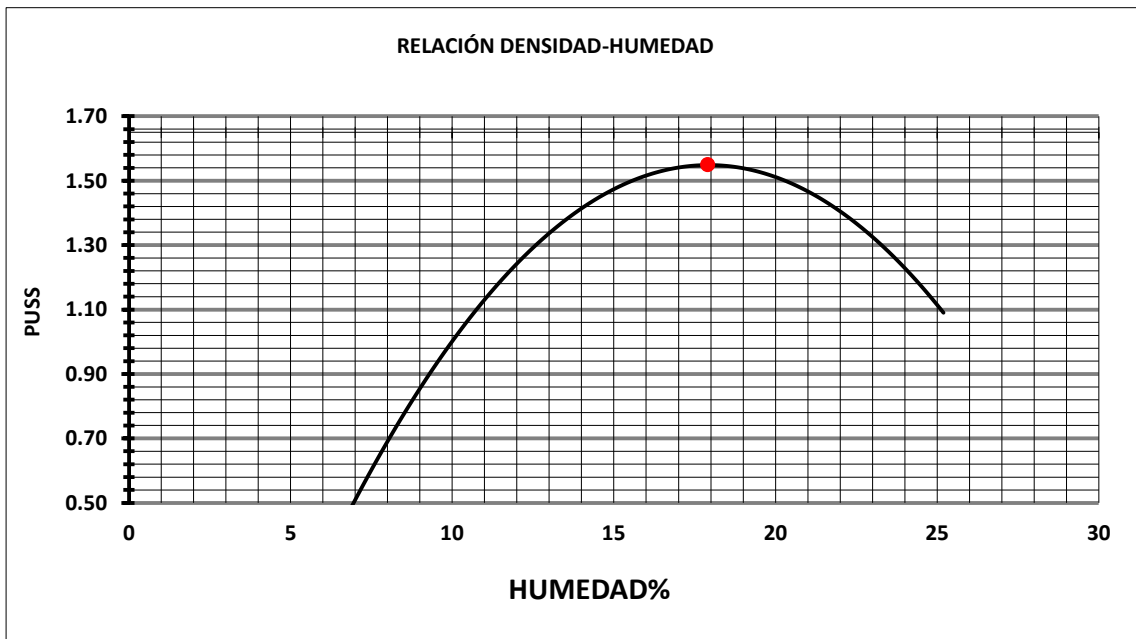
MATERIAL	Suelo arcilloso marron
FECHA :	10/10/2014
UBICACIÓN:	Laboratorio

COH %	PUSSMAX
17.9	1.550

MOLDE N°	1	1	1	1		
N° DE CAPAS	3	3	3	3		
N° DE GOLPES	25	25	25	25		
VOL. AGUA AGREGADA %	3%	6%	9%	12%		

COMPACTACIÓN						
PESO MUESTRA + MOLDE	3205	3389	3514	3342		
PESO MOLDE	1746	1746	1746	1746		
PESO MUESTRA	1459	1643	1768	1596		
VOLUMEN MOLDE	944.2	944.2	944.2	944.2		
PUSH	1.545	1.740	1.872	1.690		

HUMEDAD														HUMEDAD EXISTENTE
PESAFILTRO N°	1	2	3	4	5	6	7	8						
PESO HUMEDO + TARA	157.2	160.8	165.2	157.8	174.3	154.7	138.9	142.1						
PESO SECO + TARA	144.3	147.2	148.2	141.9	151.8	134.9	121.3	123.5						
TARA	45.4	45.8	44.3	45.6	36.6	40.1	40.1	38.5						
Peso agua	12.9	13.6	17	15.9	22.5	19.8	17.6	18.6						
% HUMEDAD	13.0	13.4	16.4	16.5	19.5	20.9	21.7	21.9						
% HUMEDAD MEDIA	13.2	16.5	20.2	21.8										
PUSS	1.365	1.494	1.558	1.388										



Realizado por:
Carlos Oliveira

Controlado por:
Ing. Diego Montaña

OBRA:	COTRAVI 14 (1.0m)
--------------	--------------------------

MATERIAL:	Suelo arcilloso marron
FECHA :	11/10/2014
OPERADOR :	C. Oliveira
UBICACIÓN	Laboratorio

HO %	PUSSMAX
17.9	1.55

MOLDE	C.B.R		
Nº	3	4	5
Nº DE CAPAS	5	5	5
Nº de GOLPES	56	25	10

PESO MUESTRA + MOLDE	8106	7958	7425
PESO MOLDE	4196	4198	4210
PESO MUESTRA	3910	3760	3215
VOLUMEN MOLDE	2098	2077	2109
PUSH	1.864	1.810	1.524

Agua a Agregar

AaA=PTx(HO-HE)/(100+HE)

PT=	
-----	--

AaA=	
------	--

HUMEDAD	C.B.R		
PESAFILTRO Nº	22	23	24
PESO HUMEDO + TARA	116.3	121.8	121.3
PESO SECO + TARA	103.8	109.2	108.1
TARA	36.6	36.5	36.2
% HUMEDAD	18.6	17.3	18.4
% HUMEDAD PROMEDIO	18.6	17.3	18.4

HUMEDAD EXISTENTE	

PUSS	1.571	1.543	1.288
------	-------	-------	-------

		MOLDE N°		3	MOLDE N°		4	MOLDE N°		5
		N° GOLPES		56	N° GOLPES		25	N° GOLPES		10
		Cte. del aro:	1.8180		Cte. del aro	1.8180		Cte. del aro	1.8180	
Penetración		Lect	Lect		Lect	Lect		Lect	Lect	
0,01mm	0,001"	Inic	Correg		Inic	Correg		Inic	Correg	
0.0	0		5						19	
63.5	25	18.0	Corrección		9.0	Corrección		4	Corrección	
127.0	50	23.0		12.0	7					
190.5	75	31.0		lectura	Kgf		9	lectura		Kgf
254.0	100	42.0	43	78	21.0	21	38	13	14	26
381.0	150	52.0			27.0			16		
508.0	200	65.0	66	121	34.0	34	62	20	18	33
762.0	300	74.0			40.0			23		
1016.0	400	82.0			46.0			29		
1270.0	500	90.0			53.0			34		
		C B R	0,1"	6	C B R	0,1"	3	C B R	0,1"	2
			0,2"	6		0,2"	3		0,2"	2
			CBR	6		CBR	3		CBR	2

EXPANSIÓN									
				ALTURA DEL MOLDE =		11.6			
				Sobrecarga:		4		Aros	
								Fecha inmersión	
								11/10/14	
		MOLDE Nº		3	MOLDE Nº		4	MOLDE Nº	
		LECT.		mm	LECT.		mm	LECT.	
				%			%		
DIA 0									
DIA 1	100	0.100	0.87	120	0.120	1.04	150	0.150	1.30
DIA 2	100	0.100	0.87	130	0.130	1.12	150	0.150	1.30
DIA 3	100	0.100	0.87	130	0.130	1.12	150	0.150	1.30

Realizado por:

Carlos Oliveira

Controlado por:

Ing. Diego Montañó

CURVA CARGA PENETRACIÓN

