



ESTUDIO GEOTÉCNICO

Construcción del Centro de Tratamiento y Disposición Final (CTyDF)

CORMECOR S.A.



- CÓRDOBA-

Santiago M. Reyna
Dr. Ingeniero Civil
M.P. 2049

- Agosto de 2014 -

ÍNDICE

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1. | Consideraciones Generales | 3 |
| 1.1. | Objetivo del Estudio | 3 |
| 1.2. | Ubicación de las zonas de Estudio | 3 |
| 1.3. | Antecedentes..... | 3 |
| 2. | Desarrollo del Estudio..... | 4 |
| 2.1. | Trabajos realizados en campaña | 4 |
| 2.2. | Trabajos de laboratorio | 5 |
| 2.3. | Trabajos de gabinete..... | 6 |
| 3. | Resultados del Estudio..... | 9 |
| 3.1. | Geología y geomorfología..... | 9 |
| 3.2. | Descripción del perfil geológico generalizado..... | 10 |
| 3.3. | Sismicidad..... | 11 |
| 3.4. | Parámetros geotécnicos | 12 |
| 4. | Conclusiones | 18 |
| 5. | Bibliografía consultada..... | 21 |
| 6. | ANEXOS | 22 |

ESTUDIO GEOTÉCNICO

Centro de Tratamiento y Disposición Final (CTyDF)

- Córdoba -

INFORME TÉCNICO

1. Consideraciones Generales

1.1. Objetivo del Estudio

El presente estudio tiene como objetivo evaluar las características geomecánicas del suelo en los sectores donde se emplazarán distintas obras del Centro de Tratamiento y Disposición Final (CTyDF). A tales efectos, se ejecutaron sondeos con Ensayos SPT y pozos a cielo abierto, con extracción de muestras, como así también, ensayos de laboratorio para identificar y caracterizar las muestras extraídas.

Todos estos trabajos se realizaron cumpliendo con lo solicitado por el comitente, en los Términos de Referencia oportunamente enviados. El objetivo general planteado es realizar una exploración geológica – geotécnica, cuyos datos resultantes se utilizaron para proporcionar sugerencias y criterios de diseño geotécnicos, considerando los siguientes aspectos:

- Identificación del perfil sedimentario y sus principales características físicas mecánicas.
- Tipos, sistemas y recomendaciones para la construcción de las distintas obras implicadas.
- Identificación de posibles problemas geomecánicos, como asentamientos diferenciales u otros.

1.2. Ubicación de las zonas de Estudio

El predio en estudio se localiza a unos 15 km, del sector sur de la ciudad de Córdoba Capital, entre la Ruta Nacional N° 36 y la Ruta Provincial N° 5. Posee una superficie total de 340 hectáreas y se encuentra ubicado en zona rural.

Se puede acceder al mismo, desde la capital provincial, por la RN 36 en dirección al sur. En la Tabla 1, presentada más adelante en este informe, se detallan los sectores investigados con sus correspondientes coordenadas geográficas.

1.3. Antecedentes

Para la ejecución del presente informe se trabajó con bibliografía técnica general y específica vinculada a la temática en análisis, como así también, con antecedentes geológicos y geomorfológicos del área en estudio.

Además, se contó con información técnica de las obras a ejecutarse, aportada por los técnicos de CORMECOR, quienes son los encargados de coordinar los proyectos y la construcción de las obras proyectadas.

2. Desarrollo del Estudio

2.1. Trabajos realizados en campaña

La campaña se realizó entre los días 14 y 22 de julio de 2014. Antes de la ejecución de la misma, se recorrió la zona de estudio, identificándose los lugares más adecuados para la ejecución de los trabajos. En esta recorrida, además de una evaluación geomorfológica preliminar, también se obtuvo material fotográfico y se definieron los sitios de ejecución de los ensayos. Los trabajos se realizaron sobre la base de los criterios definidos y fijados por los técnicos de la empresa Cormecor y sus ingenieros asesores.

Se desarrollaron ocho sondeos exploratorios (S1 a S8, ver Plano de Ubicación de Sondeos en Anexo), con ejecución de Ensayos SPT, de 15,0 m de profundidad. Cinco de estos sondeos se ejecutaron en la zona de emplazamiento de las futuras fosas de enterramiento, y los tres restantes en el sector donde se construirán galpones para maquinarias y oficinas administrativas.

Además, se ejecutaron 4 pozos con pala vizcachera (V1 a V4, ver Plano de Ubicación de Sondeos en Anexo), de 4,0 m de profundidad máxima, para la extracción de muestras alteradas e inalteradas que luego fueron sometidas a los diferentes ensayos especiales de laboratorio detallados más adelante en este informe. Para la extracción de las muestras inalteradas, se utilizó un muestreador de Tipo Shelby. Los sitios de ejecución de todos estos sondeos y pozos, fueron definidos en conjunto con los técnicos de Cormecor e ingenieros proyectistas y se pueden ver en el plano adjunto en Anexo.

Los sondeos para los Ensayos SPT, se realizaron en todas las posibles zonas de emplazamiento de las obras a construirse, concentrando varios de ellos en aquellos sitios donde se ejecutarán las mencionadas fosas de enterramientos de residuos sólidos. Los pozos para extracción de muestras para ensayos especiales (muestras inalteradas con Shelby para Ensayos de Compresión Confinada, Proctor, Pin Hole y Permeabilidad), se ejecutaron en locaciones estratégicas para conocer de esta manera diferentes parámetros físicos de los suelos analizados. Estos trabajos se realizaron en función de las posibilidades técnicas para la ejecución de los mismos y de las características morfológicas del sitio.

Para los Ensayos SPT (Ensayo de Penetración Estándar - "Terzaghi"), con toma de muestras alteradas con cuchara partida, se utilizó un equipo de perforación a percusión mecánica y giro manual, con cabrestante de fricción a soga, martinete de 63,5 kg., con disparador a gancho, altura de caída de 76 cm.

Como se mencionó anteriormente, para la ejecución de ensayos especiales, de los pozos V1 a V4, se extrajeron muestras alteradas e inalteradas a profundidades que variaron entre los 2,0 m y 4,0 m. Las muestras inalteradas se extrajeron con muestreador tipo Shelby de Ø 60 mm a 3,5 m de profundidad promedio. En cuanto a la extracción de muestras alteradas para realizar los Ensayos Proctor, las mismas también se tomaron a profundidades de entre 2,0 y 3,0 m.

En las imágenes, planimetría y fotografías de los anexos se puede ver la ubicación de las locaciones estudiadas. A continuación se expone una tabla con los principales datos de cada uno de ellas. Las coordenadas fueron tomadas con un GPS de mano, y las cotas absolutas se obtuvieron del estudio de topografía realizado previamente en el sitio.

| Sondeo - Pozo | Ubicación | Coordenadas Geográficas | Cota Absoluta(m) |
|---------------|--|-------------------------|------------------|
| S1 | Sector oficinas administrativas | 31°34'21"S / 64°16'13"O | 503,74 |
| S2 | Sector galpones o futuras fosas de enterramiento | 31°34'11"S / 64°16'39"O | 512,75 |
| S3 | Sector galpones o futuras fosas de enterramiento | 31°34'11"S / 64°17'6"O | 517,68 |
| S4 | Sector fosas de enterramiento | 31°34'29"S / 64°16'37"O | 506,92 |
| S5 | Sector fosas de enterramiento | 31°34'50"S / 64°16'41"O | 504,62 |
| S6 | Sector fosas de enterramiento | 31°34'40"S / 64°16'56"O | 508,10 |
| S7 | Sector fosas de enterramiento | 31°34'31"S / 64°17'13"O | 515,19 |
| S8 | Sector fosas de enterramiento | 31°34'50"S / 64°17'14"O | 512,12 |
| V1 | Sector galpones o futuras fosas de enterramiento | 31°34'4"S / 64°16'55"O | 516,76 |
| V2 | Sector galpones o futuras fosas de enterramiento | 31°34'19"S / 64°16'55"O | 511,77 |
| V3 | Sector fosas de enterramiento | 31°34'41"S / 64°16'46"O | 506,62 |
| V4 | Sector fosas de enterramiento | 31°34'41"S / 64°17'9"O | 511,96 |

Tabla 1 – Ubicación de los sondeos con coordenadas y cotas absolutas

2.2. Trabajos de laboratorio

Todas las muestras fueron identificadas mediante el Sistema de Clasificación Unificado de Suelos (SUCS) y para su caracterización se realizaron los siguientes ensayos:

- Humedad Natural (H)
- Límites de Consistencia: * Límite Líquido (L.L.)
* Límite Plástico (L.P.)
* Índice de Plasticidad (I.P.)
- Granulometría por lavado sobre tamiz 200
- Observaciones macroscópicas

Como complemento de lo anterior, las muestras de tubo inalteradas tomadas de S5 y S3 a - 14,0 m, de S4 a - 8,0 m, como así también las muestras compactadas en Ensayos Proctor Estándar V1 y V3, fueron sometidas a Ensayos Triaxiales No Drenados y No Consolidados Rápidos. Estos ensayos se realizaron a los efectos de la determinación del ángulo de fricción interna (ϕ^0) y la cohesión (C). La elección de las muestras para estos ensayos, se realizó tomando en cuenta la estratigrafía del perfil sedimentológico.

Para la ejecución de los Ensayos Triaxiales se tallaron las muestras manualmente. Las muestras preparadas se colocaron en la celda Triaxial y se permearon hasta su completa saturación. En todos los casos se empleó una sola muestra y se le aplicó el método de los saltos múltiples de carga. Se aplicó el salto de carga sin descargar la celda.

A las muestras inalteradas obtenidas de los pozos V1 a V4, entre los 3,5 y 4,0 m de profundidad, se les ejecutaron Ensayos de Compresión Confinada, a los efectos de

evaluar la posible colapsibilidad de los suelos, verificar tensiones admisibles y cuantificar asentamientos. Estos ensayos permiten hacer evaluaciones, mediante la identificación de las deformaciones obtenidas en estado de humedad natural y saturada de la muestra.

A otras muestras, en este caso alteradas, obtenidas también de los pozos V1 a V4, entre los 2,0 y 3,0 m de profundidad, se les ejecutaron Ensayos Proctor Estándar M AASHO T-99 (masa de 2,5 kg), para evaluar las densidades máximas que podrían alcanzar los suelos de los posibles terraplenes, luego de ser compactados. A tales efectos, se combinaron muestras seleccionadas de los horizontes superiores de los pozos mencionados, descartando su parte orgánica. En todos los casos se obtuvo la relación entre la densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo para el grado de compactación utilizado.

Además, se realizaron tres ensayos de permeabilidad en laboratorio, tanto en muestras naturales (tomadas de S8 y S2 a - 14,0 m y - 8,0 m respectivamente), como en especímenes utilizados para el ensayo Proctor Estándar (muestra tomada de V4 a la profundidad antes mencionada).

A las muestras extraídas de los sondeos S3 y S6 a 4,0 m de profundidad, y a la muestra compactada obtenida del pozo V2, se las sometió al Ensayo de Dispersión o "Pin Hole". Para el mismo, a las muestras seleccionadas se les ejecutó un orificio o conducto de diámetro específico (\varnothing 1 mm), para luego hacer pasar agua a través del mismo bajo diferentes cargas y duraciones variables y, de esta forma verificar el comportamiento de las partículas del suelo frente al flujo de fluido.

2.3. Trabajos de gabinete

En gabinete se procedió a compilar la información de los trabajos realizados en campaña y laboratorio, se conformaron las planillas y gráficos correspondientes, procesándose los datos para la ejecución del presente informe.

Para obtener la capacidad de carga admisible de los distintos estratos de cimentación analizados, se aplicó la Fórmula General de Capacidad de Carga de Terzaghi, con los coeficientes correspondientes. Para esto se trabajó con los valores de fricción, cohesión y densidades obtenidos de los resultados de los ensayos Triaxiales realizados, en función del número de golpes y los materiales existentes a las profundidades de cimentación propuestas.

Los valores de capacidad carga admisible fueron obtenidos mediante la aplicación de la Fórmula de Terzaghi que se detalla a continuación.

$$q_c = c \cdot N_c + \gamma_i \cdot d_f \cdot N_q + \frac{1}{2} \gamma \cdot b \cdot N_\gamma$$

donde,

- q_c : Carga de falla de rotura
- c : Cohesión (en este caso nula)
- γ_i : Peso unitario efectivo sobre nivel de desplante
- γ : Peso unitario efectivo bajo nivel de desplante
- d_f : Profundidad de la fundación
- b : ancho superficie de apoyo
- $N_c / N_q / N_\gamma$: Factores de capacidad de carga

Los valores de fricción lateral en el fuste, fueron obtenidos con la fórmula propuesta por Decourt-Quaresma (1978), que figura el trabajo de Boidi y otros (2006) y que se detalla a continuación:

$$q_l = (1/3 NI + 1)$$

donde, q_l : Fricción lateral unitario
NI: Valor medio del Ensayo SPT a lo largo del fuste (se nivelan los valores anómalos)

Para el cálculo de la capacidad carga admisible, al valor obtenido con la fórmula de Terzaghi se lo dividió por un coeficiente de seguridad $F_s=3$. El mismo coeficiente se utilizó para el cálculo de la fricción lateral.

Los posibles asentamientos, deformaciones o colapsos de las fundaciones se evaluaron a partir de la planilla y gráfico del Ensayo de Compresión. La fórmula de cálculo utilizada para evaluar el Coeficiente de Colapso con los ensayos es la siguiente:

$$C = \frac{P_{cs} - P_o}{P_{cn} - P_o}$$

Siendo: P_o (presión de tapada del suelo superior); P_{cs} (presión de “colapso” para el suelo saturado) y P_{cn} (presión de “colapso” para el suelo a humedad natural).

Si $C < 0$ el suelo es colapsible, es decir su estructura colapsa al humedecerse sin acción de cargas externas. Si $0 < C < 1$ el suelo es potencialmente colapsible, es decir puede colapsar si se le aplica una carga exterior superior a P_{sc} . Si $C = 1$ el suelo no sufre alteraciones al humedecerse.

Para evaluar la Dispersividad de los Suelos y, de esta manera determinar su susceptibilidad a la erosión hídrica, se aplicó el Ensayo Pin Hole. El método con el que se hizo el ensayo fue el Método A de la Norma D 4647- ASTM. Éste es cualitativo pero es muy usado en nuestro país para evaluar la dispersividad de los suelos. Este método permite evaluar la reacción del suelo frente a un flujo de agua (aplicando diferentes gradientes hidráulicos: 50, 180, 380 y 1020 mm.) que se direcciona a través de un orificio de 1 mm de diámetro generado en el interior de la muestra de suelo.

El material o suelo ensayado se clasifica en seis categorías, en función del flujo final de agua generado a través de la muestra ($\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$), el color o turbidez de la muestra de agua al final de la prueba, y el diámetro del orificio antes y después el ensayo.

Las categorías a saber son las siguientes:

D1 – D2: “Suelos dispersivos”; se erosionan muy rápidamente con $H = 50$ mm. El diámetro final del orificio es mayor a 2 mm.

ND4 – ND3: “Suelos de dispersividad intermedia”; se erosionan lentamente con $H = 50$ mm. El diámetro final del orificio está entre 1,5 y 2,0 mm.

ND2 – ND1: “Suelos no dispersivos”; no se erosionan con $H = 380$ o 1020 mm. El diámetro final del orificio es igual a 1 mm, es decir, no hay erosión.

Además, en forma indicativa y a los efectos de ser tomado como valor de referencia, se realizó el cálculo del empuje lateral del suelo. Para el caso de entibados rígidos, impedidos de rotar por su apoyo inferior ó desplazarse, se recomienda emplear el criterio dado por Terzaghi y Peck (1967), en “Soil Mechanics in Engineering Practice”, sobre la

base de la Teoría de Coulomb – Rankine (1857), que permite evaluar requisitos para el diseño de estructuras de contención.

La fórmula utilizada para el cálculo del empuje, es la siguiente:

$$E_a = 1/2 \cdot K_a \cdot \gamma_h \cdot (h)^2$$

donde:

K_a = coeficiente de empuje activo, []; $K_a = \tan^2 (45 - \phi / 2)$

γ_h = peso unitario húmedo del suelo, [Tn/m³]

h = profundidad de cálculo, [m]

Si se considera la cohesión y una sobrecarga “q”, actuante detrás del entibado, la resultante total de este diagrama de empujes de suelos será un vector que se calcula con la siguiente ecuación.

$$E_T = 1/2 \cdot \gamma (h)^2 \cdot K_a + q \cdot h \cdot K_a - 2 \cdot c \cdot h \cdot \sqrt{K_a}$$

Donde el primer término de la ecuación hace referencia al empuje del suelo, el segundo, a la sobrecarga que se suma y, el tercer miembro, a la cohesión que se resta.

Por último y de manera indicativa, con los datos obtenidos en laboratorio, sobre el comportamiento de los materiales analizados para la construcción de los posibles terraplenes perimetrales de las fosas, se realizaron cálculos de estabilidad de los taludes con distintos ángulos de inclinación.

Estos cálculos se ejecutaron suponiendo que los materiales de construcción del cuerpo de los terraplenes fueran finos (limos inorgánicos) naturales y, en algunos casos compactados. Se consideraron distintas geometrías de talud (relación h:v) y además, se trabajó con la hipótesis más desfavorable, considerando cohesión nula y ángulos de fricción conservadores. Se utilizaron los valores de fricción obtenidos con los ensayos Triaxiales sobre muestras compactadas y no compactadas. De acuerdo con la bibliografía específica en la temática (González de Vallejo, 2002.), como parámetro de estabilidad del talud de diseño, se fijó un coeficiente de seguridad (F_s) superior a 1,5.

Para dichos cálculos se utilizó el Método de Bishop que aplica para los materiales analizados y considera una superficie de rotura circular. La fórmula utilizada para el cálculo de estabilidad fue la planteada por Bishop en el año 1955.

Por último, de manera indicativa y aunque para este trabajo no se realizaron ensayos CBR, en el capítulo donde se describen los parámetros geotécnicos de este informe, se presentan valores de referencia sobre el valor soporte de los suelos analizados y se los clasifica según normas AASHTO. Estos valores fueron extraídos de estudios realizados para obras viales en zonas de las inmediaciones al predio estudiado. Cabe agregar, que los datos expuestos deberán ser corroborados mediante estudios específicos en la etapa de ejecución de los proyectos ejecutivos.

3. Resultados del Estudio

3.1. Geología y geomorfología

El área en estudio está ubicada dentro de la unidad geomorfológica denominada “Plataforma Basculada” (Capitanelli, R. 1976), en la región central de la provincia de Córdoba. Esta unidad, es de origen tectónico y su edad es muy reciente, posiblemente del Pleistoceno superior, con reactivaciones en el Holoceno.

Constituye un ambiente ondulado, con pendientes que varían entre el 1% y el 3%, cubierto por sedimentos loésicos. De acuerdo a valores de altitudes tomados del software Google Earth, y a los perfiles de elevaciones confeccionados con el mismo programa, se pudo corroborar que el terreno en estudio, presenta pendiente hacia el sureste, con altitudes que varían entre los 520 m.s.n.m. (en el extremo NO) y los 500 m.s.n.m. (en el sector sureste), siendo las pendientes máximas, inferiores al 3 %.

Como complemento de esto último, además, se calcularon las pendientes medias a partir del plano topográfico realizado en etapas previas en el correspondiente “Estudio de Topografía”. Los valores calculados son similares a los obtenidos con Google Earth, pudiéndose diferenciar en el predio, dos zonas con gradientes sensiblemente diferentes.

La primera, se corresponde al sector ubicado al norte del camino de ingreso al predio, en el cual se registran pendientes que varían entre el 1 y 1,8%, siendo la media de 1,5 %. La segunda, al sur de dicho camino, con gradientes variables entre 0,6 y 0,8%, siendo la media de 0,7%.

Como consecuencia de dicha topografía ondulada, en gran parte de esta unidad geomorfológica (Plataforma Basculada o Pampa Loésica Alta), la erosión hídrica es intensa y se manifiesta por la presencia de surcos, por los cuales se canaliza el agua de escorrentía superficial. Estos procesos se deben a la alta susceptibilidad del loess a la erosión, a las pendientes del terreno y al sistema de manejo agrícola de los suelos.

Particularmente en el predio en estudio, luego de hacer una fotointerpretación a partir de imágenes satelitales, el análisis del plano altimétrico del predio y las correspondientes corroboraciones de campo, se pudo verificar dicho comportamiento hidrogeomorfológico y observar la presencia de surcos de erosión (ver Foto 1). Estos últimos, son el producto del escurrimiento concentrado del agua a favor de la pendiente local de la zona.

Todo esto se puede corroborar y complementar con el estudio hidrológico efectuado por el Ing. Mariano Corral, y del cual se extrajo la planimetría con la distribución de las cuencas externas e internas al predio, que se adjunta en el Anexo (ver Plano N°2). En dicho estudio se puede ver que existen ingresos hídricos de cuencas externas al predio que, dependiendo de los períodos de recurrencia, alcanzan caudales del orden de los 30 m³/seg. Esta situación determinó que los propietarios del predio en cuestión, construyeran una serie de obras de control y reconducción de los excedentes hídricos que se detallan a continuación.

En el sector oeste del predio, se construyó un albardón en sentido norte-sur (ver Plano N°1 y Foto 2 en Anexo), con la finalidad de evitar el escurrimiento del agua a favor de la pendiente del lote. De esta manera, el agua llega hasta dicha barrera y discurre paralelamente a la misma, evitando que la erosión hídrica afecte a los suelos del predio, hasta encausarse en otro canal de drenaje de sentido oeste-este. Este último canal, tiene un ancho aproximado de 12 m, y es separado del lote por un albardón de 3 m de ancho.

Además, en la parte media del albardón o bordo artificial de dirección norte-sur, se construyó una obra hidráulica de pequeño porte, a modo de microdique (ver Foto 3), con la finalidad de regular los caudales que fluyen hacia la zona este del albardón.

Como se puede ver en el Plano N°1 en Anexo, la dirección de escurrimiento superficial es de noroeste a sureste en la porción sur del predio; en tanto que en el sector norte del mismo, el escurrimiento presenta una tendencia submeridional, es decir, casi norte – sur.

Desde el punto de vista geológico el sector presenta una cobertura de limos loésicos modernos de edad cuaternaria, en cuya superficie se han desarrollado suelos someros y genéticamente inmaduros (haplustoles énticos). Dichos suelos presentan un drenaje bueno a algo excesivo, son profundos (+ de 100 cm), de textura franco limosa tanto en superficie, como en el subsuelo; bien provistos de materia orgánica y moderada capacidad de intercambio.

Un dato relevante de la zona donde está emplazado el predio en estudio, es la presencia de suelos colapsables en superficie. La principal característica que presentan estos suelos, es una importante pérdida de su capacidad portante con el aumento de la humedad en su estructura. Esta situación determina que se puedan provocar importantes variaciones en su volumen, con los consecuentes asentamientos diferenciales asociados.

Otro fenómeno geomorfológico identificado en la zona de influencia del predio, no pudiéndoselo identificar dentro del mismo, es la existencia de “mallines”. Este proceso de tubificación interna de los suelos, no es fácilmente detectable, hasta que no se produce y consiste en la apertura de oquedades en la superficie del terreno, por procesos de erosión interna de los suelos. Estos fenómenos están ligados a las características colapsables de los suelos y su susceptibilidad a la erosión o tubificación interna.

3.2. Descripción del perfil geológico generalizado

En base a los sondeos exploratorios profundos ejecutados durante la campaña, se pudo determinar el perfil de suelo generalizado para toda el área en estudio. De esta manera, se puede resumir lo siguiente:

- de 0,0 a - 7,0 m: limo castaño oscuro a pardo, fresco a húmedo.
- de - 7,0 a -15,0 m: limo castaño claro, fresco a seco, con presencia de nódulos calcáreos en cantidades variables (toscas). Nódulos de hasta 2 cm de Ø. En sectores localizados, aparecen arenas finas y gravillas dispersas.

Cabe remarcar aquí que en algunos sondeos, se identificaron pequeños lentes o capas de materiales arcillo limosos (CL-ML) y areno limosos (SM), pero que por su escasez no son incluidos en el perfil general del suelo, ya que no son representativos de todo el conjunto.

Particularmente en el sondeo S6, a partir de los 12,0 m de profundidad, se detectó un horizonte areno limoso (SM), con presencia de gravillas dispersas; el cual se podría corresponder con un depósito de materiales fluviales enterrado (paleocauce enterrado), es decir, transportados por la escorrentía superficial y luego cubierto por un manto de tipo loésico.

El nivel freático no se identificó en ninguno de los sondeos hasta la profundidad investigada; pero de acuerdo a información proporcionada por el propietario actual del predio, este podría localizarse a más de 50,0 m de profundidad.

3.3. Sismicidad

Según las normas argentinas para construcciones sismorresistentes (Reglamento INPRES – CIRSOC 103), el territorio de la República Argentina se divide en cinco zonas de acuerdo con el grado de peligrosidad sísmica. En la Figura 1 se especifica la zonificación sísmica del territorio nacional en función del grado de peligrosidad sísmica y en la Tabla 2, se clasifica a los suelos de fundación dinámicamente estables.

De acuerdo con lo anterior, el área en estudio se encuentra en la Zona 1, con peligrosidad sísmica “reducida”. Según la clasificación de los suelos dinámicamente estables, los mismos son clasificados de Tipo II y III.



Figura 1. Zonificación sísmica en la República Argentina

| suelo | IDENTIFICACION | CARACTERISTICAS | | |
|----------------------------------|--|--|---|---|
| | | Velocidad de propagación de ondas de corte | Prueba de penetración normalizada P.P.N | Tensión admisible del suelo σ_{sadm} |
| | | (m/s) | (n° de golpes) | (MN/m ²) |
| Tipo I Muy firmes y compactos | a) Rocas firmes y formaciones similares | ≥ 700 | ----- | $\sigma_{sadm} \geq 2$ |
| | b) Suelos rígidos sobre roca firme, con profundidad de manto mayor que 50 m (por ejemplo: gravas y arenas muy densas y compactas; suelos cohesivos muy duros con cohesión mayor que 0,2 MN/m ²) | < 700 y ≥ 400 | ≥ 30 | $0,3 \leq \sigma_{sadm} < 2$ |
| Tipo II Intermedios | a) Suelos rígidos con profundidad de manto mayor que 50 m (por ejemplo: gravas y arenas muy densas y compactas; suelos cohesivos muy duros con cohesión mayor que 0,2 MN/m ²) | < 700 y ≥ 400 | ≥ 30 | $0,3 \leq \sigma_{sadm} < 2$ |
| | b) Suelos de características intermedias con profundidad de manto mayor que 8 m (por ejemplo: suelos granulados medianamente densos; suelos cohesivos de consistencia dura con cohesión entre 0,07 y 0,2 MN/m ²) | 100 a 400 | granulares ≥ 15 y < 30 cohesivos ≥ 10 y < 15 | $0,1 \leq \sigma_{sadm} < 0,3$ |
| Tipo III Blandos | Suelos granulares poco densos; suelos cohesivos blandos o semiduros (cohesión menor que 0,05 MN/m ²); suelos colapsibles | < 100 | < 10 | $\sigma_{sadm} < 0,1$ |

Tabla 2. Clasificación de los suelos de fundación dinámicamente estables

3.4. Parámetros geotécnicos

En las planillas adjuntas en anexos, se pueden observar los resultados de los Ensayos SPT, Compresión Confinada, Proctor Estándar, Triaxiales, Pin Hole y Permeabilidad, con las principales características geotécnicas de los suelos analizados. Los sondeos con toma de muestras y su posterior análisis de laboratorio, permitieron realizar una buena identificación del perfil geológico generalizado en el sector estudiado y la determinación de las principales variables físicas que influirán en el comportamiento mecánico de los materiales del perfil sedimentario en cuestión.

Los Ensayos SPT realizados, arrojaron valores que se compatibilizan con los tipos de suelos de la zona, los cuales presentan grados de resistencia a la penetración bastante homogéneos. En los sondeos se puede observar que el número de golpes y la resistencia a la penetración, son muy bajos hasta los 7,0 u 8,0 m de profundidad ($N < 10-12$) y, por debajo de este nivel, en general se registró un aumento de la resistencia a la penetración y del número de golpes.

El incremento en el número de golpes, se corresponde con el comienzo de un horizonte limoso, que en algunos casos presenta escasa cantidad de arenas y gravillas, y con abundantes nódulos calcáreos (tosquillas). Al llegar a este horizonte resistente, el número de golpes aumenta significativamente, hasta que en algunos sondeos se llegó a valores del orden de $N > 30-40$.

De acuerdo con el Sistema de Clasificación Unificado, los suelos analizados han sido clasificados, en su gran mayoría, como "ML" (limos); aunque en algunos casos puntuales se detectaron intercalaciones de capas de "CL-ML" (arcillas limosas) y "SM" (arenas finas limosas).

La baja resistencia a la penetración que se constató en los primeros metros del perfil sedimentario, se relaciona con las características limo loésicas de los materiales, la escasa densidad de dichos materiales y los elevados porcentajes de humedad que presentan algunos de los estratos involucrados.

A continuación se anexan tablas con los resultados y análisis realizados mediante los Ensayos de Compresión Confinada, Proctor Estándar y Triaxiales, a las muestras extraídas de los distintos sondeos y pozos a diferentes profundidades:

| Muestra - Profundidad | H° Natural (%) | H° de Ensayo (%) | P T 200 (%) | γ_s (Tn/m ³) | γ_h (Tn/m ³) | P.F Nat. 3% (Tn/m ²) | P.F Sat. 3% (Tn/m ²) |
|-----------------------|----------------|------------------|-------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| V1 – 3 a 3,5 m | 13,64 | 25,41 | 93,82 | 1,291 | 1,467 | 6,0 | 2,5 |
| V2 – 3,5 m | 16,65 | 26,36 | 92,44 | 1,313 | 1,532 | 15,0 | 5,8 |
| V3 – 3,5 m | 17,15 | 27,72 | 96,33 | 1,196 | 1,401 | 8,5 | 2,5 |
| V4 – 3 a 3,5 m | 17,62 | 29,70 | 91,81 | 1,246 | 1,465 | 5,0 | 1,8 |

Tabla 3. Resultados de Ensayos de Compresión Confinada

Como se puede ver en la Tabla 3, los valores promedio del Ensayo Compresión Confinada de las muestras analizadas, con una presión de fluencia del 3 %, son del orden de 8,6 Tn/m² en estado natural y de 3,15 Tn/m² en estado saturado. Estos valores le otorgan a los suelos superficiales, la característica de ser potencialmente colapsables y son susceptibles de sufrir asentamientos relativamente significativos, ante el incremento en el contenido de humedad.

| Muestra - Profundidad | Material | Humedad % | Peso Unitario s/Proctor (gr/cm³) |
|------------------------------|-----------------|------------------|--|
| V1 – 2 a 3 m | Limo castaño | 18,28 | 1,686 |
| V2 – 2 a 3 m | Limo castaño | 16,81 | 1,648 |
| V3 – 2 a 3 m | Limo castaño | 18,27 | 1,657 |
| V4 – 2 a 3 m | Limo castaño | 19,67 | 1,638 |

Tabla 4. Resultados de Ensayos Proctor Estándar

Los resultados de los Ensayos Proctor, indican que los suelos regionales (limos inorgánicos), pueden ser utilizados para la conformación de los terraplenes, porque alcanzan densidades de compactación relativamente aceptables. Estas densidades pueden ser mayores si a estos materiales se les realiza un mejorado (mediante incorporación de arena o suelo-cemento) y se los compacta con energías de compactación más elevadas, todo lo cual es recomendable.

Como se mencionó en capítulos anteriores, para este estudio no se realizaron Ensayos CBR pero, de acuerdo a lo indicado, a continuación se presentan algunos valores de referencia del comportamiento de estos suelos como subrasante vial, de resultados obtenidos en obras viales en áreas cercanas al predio estudiado.

Desde el punto de vista de la Clasificación AASTHO, para las subrasantes de las obras viales, los suelos limosos analizados son clasificados como A-4, con valores de subgrupo que varían entre 1 y 8. Los valores de índices de soporte CBR de estos suelos, pueden variar entre 4 a 16, al 95% de compactación. Los valores más elevados se deben al incremento de la presencia de materiales con granulometrías un poco más gruesas, como limos arenosos finos.

Para las capas superiores de los terraplenes viales, se deberá prever la selección de yacimientos de materiales gruesos adecuados y, en el momento de la ejecución de la obra, a los seleccionados se les deberá ejecutar nuevos ensayos de compactación.

| Muestra | Hº Natural (%) | Hº de Ensayo (%) | P T 200 (%) | γ_s (gr/cm ³) | γ_h (gr/cm ³) | Fricción (º) | Cohesión (kg/cm ²) |
|---------------|----------------|------------------|-------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------|--------------------------------|
| S3 - 14 m | 17,01 | 26,77 | 88,20 | 1,481 | 1,733 | 15,64 | 0,240 |
| S4 - 8 m | 18,01 | 25,94 | 87,14 | 1,406 | 1,659 | 12,25 | 0,183 |
| S5 - 14 m | 20,79 | 25,54 | 91,67 | 1,567 | 1,893 | 13,53 | 0,145 |
| PV1 – 2 a 3 m | 18,03 | 24,69 | 93,95 | 1,675 | 1,977 | 14,83 | 0,211 |
| PV3 – 2 a 3 m | 17,85 | 25,33 | 93,26 | 1,641 | 1,934 | 15,78 | 0,233 |

Tabla 5. Resultados de Ensayos Triaxiales

De acuerdo con los que se puede ver en la tabla anterior y en las planillas de los Anexos, los materiales limosos analizados, en estado natural, presentan valores medios de ángulos de fricción del orden de los 13º y cohesiones que no alcanzan los 0,2 kg/cm².

Se observa una anomalía en la muestra del S3 a los 14 m, donde los valores de fricción y cohesión son similares a los obtenidos, cuando a estos limos se los compacta. En este caso, esto se debe a que esta capa presenta abundantes nodulaciones calcáreas que se denotan en el número de golpes que alcanzó esta capa en el Ensayo SPT.

Como se puede ver, si bien la variación no es muy significativa, cuando a estos materiales se los compacta, se presenta una elevación en el ángulo de fricción y en su cohesión, alcanzando valores promedio del orden de los 15º y 0,22 kg/cm² respectivamente. Esta condición le otorga a estos materiales compactados, más resistencia y, al elevar su densidad, mayor estructura y capacidad portante.

Los Ensayos para el cálculo de permeabilidad en laboratorio, sobre muestras naturales y compactadas, arrojaron los siguientes valores para cada caso.

| Muestra - Profundidad | Permeabilidad - K (cm/seg) |
|-----------------------|----------------------------|
| S2 – 8 m | $4,489 \times 10^{-4}$ |
| S8 – 14 m | $8,151 \times 10^{-4}$ |
| PV4 – 2,5 m | $2,757 \times 10^{-6}$ |

Tabla 6. Resultados de Ensayos de Permeabilidad en laboratorio

Como se puede observar en la tabla anterior, los materiales limosos ensayados sobre muestras naturales presentan permeabilidades del orden de 10^{-4} cm/seg., lo cual es media y normal de acuerdo al tipo de material en estudio. Cuando estos materiales son compactados, su permeabilidad disminuye significativamente alcanzando valores de $2,7 \times 10^{-6}$ cm/seg, son poco permeables y pueden ser utilizados como material de relleno del terraplén. Este grado de impermeabilidad se podría optimizar aún más, ejecutando una capa de suelo – cemento en la cara del talud del terraplén expuesto a la zona de vertido. Con este tipo de metodología podrían obtenerse valores de permeabilidad (K) inferiores.

Los Ensayos de Dispersividad realizados con el Método Pinhole (ver planillas en anexos), permitieron definir que los suelos estudiados son Moderadamente Dispersivos. Los valores obtenidos variaron entre ND4 – ND3, que los define como suelos de dispersividad intermedia, que se erosionan lentamente y con diámetro final del orificio que está entre 1,5 y 2,0 mm. En los ensayos realizados, aún en los de la muestra compactada, se observa un arrastre de material, con valores de turbidez desde moderadamente oscura a suavemente oscura, lo cual los encuadra como suelos susceptibles a erosionarse.

Considerando los materiales implicados en el sector, el número de golpes obtenidos y los valores de fricción y cohesión de los resultados de los Ensayos Triaxiales, se analizaron las posibles cotas de fundación para la zona de las futuras fosas de enterramiento, y para el sector de las oficinas administrativas, todas ellas en los materiales reconocidos en el sector (limos inorgánicos, con nódulos calcáreos).

Luego de un análisis exhaustivo de los perfiles obtenidos de los ensayo SPT y del perfil sedimentario en cada sondeo profundo ejecutado, se determinó que la cota más apropiada es la de 500 m.s.n.m. De esta forma, se procedió a calcular las tensiones admisibles del plano de fundación seleccionado. Los cálculos se realizaron considerando los parámetros físicos (c y ϕ) del sondeo S4 a 8,0 m de profundidad.

De esta forma, se calcularon las tensiones admisibles, teniendo en cuenta para el cálculo tres niveles o profundidades de fundación diferentes (6, 12 y 15 m). Dicho análisis se realizó considerando un ángulo de fricción interna de 12° , una cohesión de $1,8 \text{ Tn/m}^2$ y una densidad de los materiales que se ubicaran por encima de este plano (tapada de residuos más suelo compacto) de $1,10 \text{ Tn/m}^3$.

En el caso del sector de oficinas administrativas, el valor adoptado del ángulo de fricción interna es de 12° , con una cohesión de $1,8 \text{ Tn/m}^2$ y una densidad de $1,85 \text{ Tn/m}^3$ (los valores de c y ϕ fueron tomados de un ensayo triaxial realizado en sondeo aledaño).

Teniendo en cuenta los valores expuestos más arriba y, con los cálculos realizados, a continuación se exponen los parámetros geotécnicos de la cota seleccionada (500 m.s.n.m.) para la ejecución de las futuras fosas de enterramiento. En este caso, se consideró la pendiente de la superficie del terreno, que determina que las profundidades de excavación, para llegar a la cota 500 m, sea variable.

Además se exponen los valores adoptados para la cota de fundación sugerida en la zona de oficinas administrativas, a -10,0 m y con pilotes de 0,8 m de diámetro. El coeficiente de balasto fue obtenido de tablas en función del número de golpes y los materiales existentes en el tramo implicado.

Sector Fosas de Enterramiento

| | |
|---|--|
| - Cota estimada: | 500 m.s.n.m. |
| - Material de apoyo: | Limo con nódulos |
| - Profundidad desde terreno natural actual en S4: | - 6,0 m |
| - Tensión Admisible: | $\sigma_{adm.}$ 15,5 Tn/m ² |
| - Coeficiente de balasto vertical: | Kv 1000 Tn/m ³ |
| - Coeficiente de balasto horizontal: | Kh 500 Tn/m ³ |
| | |
| - Cota estimada: | 500 m.s.n.m. |
| - Material de apoyo: | Limo con nódulos |
| - Profundidad desde terreno natural actual en S8: | - 12,0 m |
| - Tensión Admisible: | $\sigma_{adm.}$ 21,7 Tn/m ² |
| - Coeficiente de balasto vertical: | Kv 1000 Tn/m ³ |
| - Coeficiente de balasto horizontal: | Kh 500 Tn/m ³ |
| | |
| - Cota estimada: | 500 m.s.n.m. |
| - Material de apoyo: | Limo con nódulos |
| - Profundidad desde terreno natural actual en S7: | - 15,0 m |
| - Tensión Admisible: | $\sigma_{adm.}$ 24,5 Tn/m ² |
| - Coeficiente de balasto vertical: | Kv 1000 Tn/m ³ |
| - Coeficiente de balasto horizontal: | Kh 500 Tn/m ³ |

Sector Oficinas Administrativas

| | |
|---|--|
| - Cota profunda: | - 10,0 m |
| - Material de apoyo: | Limos con nódulos |
| - Carga Admisible de punta (pilote 0,8 m): | $\sigma_{adm.}$ 22,5 Tn/m ² |
| - Fricción lateral (tramo de 0,0 a 10,0 m): | f_s 1,2 Tn/m ² |
| - Capacidad de carga del pilote: | σ 34,8 Tn |
| - Coeficiente de balasto vertical: | Kv 2500 Tn/m ³ |
| - Coeficiente de balasto horizontal: | Kh 1500 Tn/m ³ |

Sobre la base de los valores de resultados de los ensayos Triaxiales que se realizaron a las muestras de limos y las alturas de las protecciones previstas, se realizaron cálculos de empuje lateral indicativos considerando que el perfil del suelo en cuestión es homogéneo en toda la profundidad investigada, es decir, no está estratificado. Las variables de cálculo que se utilizaron, fueron la densidad en húmedo, fricción y cohesión, indicados en la Tabla 5.

En forma indicativa y para protecciones laterales de 8 m y 14 m de altura promedio, considerando los materiales de los distintos estratos en estado saturado, a continuación se detallan valores indicativos del empuje lateral activo. Estos valores fueron calculados con las fórmulas antes expresadas y las variables detalladas más arriba, pero los mismos deberán ser corroboradas por los proyectistas.

Las alturas de aplicación de empuje indicadas, corresponde a los valores implicados considerando la totalidad de la columna sedimentaria, desde la superficie del terreno, e incluyen las sobrecargas.

| Suelo | Altura implicada de protección | Coefficiente de empuje activo (Ka) | Empuje Lateral Total - (Tn/m) | Altura de aplicación de empuje |
|-----------|--------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Limo (ML) | 0 m a – 8 m | 0,65 | 16,5 | - 2,66 m |
| Limo (ML) | 0 m a – 14 m | 0,62 | 75,0 | - 4,66 m |

Tabla 7. Empuje lateral a la profundidad de 8,0 m y 14,0 m

Para el análisis de estabilidad de taludes con el método de Bishop, se realizaron cálculos considerando materiales naturales y compactados, como así también se tuvieron en cuenta las distintas relaciones de inclinación del talud (h:v). El factor de seguridad de diseño preestablecido es de 1,5. Como se puede ver en la Tabla 8, la mayoría de los taludes planteados (talud N° 2,3,4 y 5) verifican con Factor de seguridad del orden de 1,5 – 1,6. Solamente el talud N° 1 no verifica el coeficiente de seguridad de diseño.

Es importante remarcar, que para el cálculo de estabilidad se consideró la situación más desfavorable, es decir, una cohesión nula (C=0) y los ángulos de fricción son los más bajos obtenidos; por lo tanto aplicando la cohesión real en los cálculos, los coeficiente de seguridad deberían incrementarse aún más. Todos estos valores deberán ser analizados y verificados por los ingenieros proyectistas, incorporando un sismo de diseño en el caso de considerarlo adecuado. A continuación se detalla una tabla con los resultados obtenidos.

| N° de Talud | Relación de inclinación de talud | Medidas reales | Material analizado | Ángulo de fricción (°) considerado | Coef. Seguridad calculado |
|-------------|----------------------------------|----------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|
| Talud 1 | 3h:1v | 24 m : 8 m | ML | 12° | 1,23 |
| Talud 2 | 3h:1v | 15 m : 5 m | ML | 12° | 1,54 |
| Talud 3 | 2h:1v | 10 m : 5 m | ML | 12° | 1,54 |
| Talud 4 | 1h:1v | 7 m : 7 M | ML (compactado) | 15° | 1,65 |
| Talud 5 | 3h:1v | 24 m : 8 m | ML (compactado) | 15° | 1,55 |

Tabla 8. Cálculo de Fs para diferentes configuraciones geométricas

4. Conclusiones

Sobre la base de los trabajos ejecutados en campo, gabinete y en laboratorio, se plantean las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a los sondeos ejecutados en el predio, se pudo constatar que el perfil generalizado del suelo en el sector estudiado, consiste básicamente en un manto de materiales limo loésicos (ML), con escasas intercalaciones de lentes de materiales arcillo limosos (CL-ML) y arena limosos (SM).
- En la mayoría de los sondeos, entre los 7,0 m y los 10,0 m de profundidad, con respecto a la cota de superficie del terreno natural actual, se detectó un aumento de la resistencia mecánica del suelo. Esto se correlaciona con la aparición de nódulos calcáreos de hasta 2 cm de diámetro, que, en algunos perfiles puntuales, se intercalan con arenas y gravillas finas.
- El nivel freático no se identificó en ninguno de los sondeos, hasta la profundidad investigada. De acuerdo a información proporcionada por el propietario actual del predio, este se localiza a más de 50,0 m de profundidad.
- Atento a lo explicitado en el punto anterior, se puede concluir que durante las etapas de excavación de las fosas no se tendrán mayores inconvenientes de filtraciones de agua. Esto no implica que no se deban tomar los recaudos necesarios para evitar desmoronamiento de suelos durante dicha fase del proyecto constructivo.
- Según las normas argentinas para construcciones sismorresistentes (Reglamento INPRES – CIRSOC 103), el área de estudio se encuentra ubicada en la zona de peligrosidad 1 (peligrosidad sísmica reducida) y, de acuerdo a la clasificación de suelos de fundación dinámicamente estables, los mismos son clasificados de Tipo II y III.
- Los valores promedio del Ensayo de Compresión Confinada de las muestras analizadas, con una presión de fluencia del 3 %, indican que los suelos superficiales de la zona, presentan la característica de ser “potencialmente colapsables” y son susceptibles de sufrir asentamientos relativamente significativos, ante el incremento en el contenido de humedad.
- En el área donde se cuenta el predio en estudio, existen sectores donde se producen procesos de tubificación y erosión interna de los suelos. Estos procesos hidrogeomorfológicos denominados mallines, están vinculados a la acumulación superficial de agua y generan asentamientos o colapsos en los suelos superficiales.
- Los resultados de los Ensayos Proctor, indican que los suelos regionales (limos inorgánicos), pueden ser utilizados para la conformación de los terraplenes, porque alcanzan densidades de compactación aceptables. Estas densidades pueden ser aún mayores si a estos materiales se les realiza un mejorado (mediante incorporación de arena o suelo-cemento) y se los compacta con energías de compactación más elevadas, todo lo cual es recomendable.
- Los valores de permeabilidad obtenidos en laboratorio, indican que los materiales analizados (limos “ML”), en estado natural presentan una permeabilidad media del

orden de 10^{-4} cm/seg. Cuando a estos mismos materiales se los compacta, dicho coeficiente disminuye a valores del orden de 10^{-6} cm/seg.

- Para asegurar la impermeabilidad del fondo del módulo, se podría ejecutar una mezcla de suelo-cemento-bentonita, debidamente compactada. Con estos procedimientos la permeabilidad puede descender a magnitudes del orden de 10^{-7} cm/seg. La mezcla puede estar compuesta por suelo local, porcentajes variables de cemento (del 4 % al 7 %) y de bentonita (del 2 % al 6 %). Cabe agregar que estos valores son indicativos y deberán ser verificados por los ingenieros proyectistas.
- Además de la impermeabilización sugerida para el suelo, el piso o nivel seleccionado para la ejecución de las futuras fosas de enterramiento, deberá ser debidamente compactado mediante la utilización de maquinarias específicas para dicha tarea. Las mismas pueden ser compactadoras de tipo “pata de cabra” o rodillos neumáticos.
- Los Ensayos de Dispersividad realizados con el Método Pinhole, permitieron definir que los suelos estudiados son moderadamente dispersivos y susceptibles de erosionarse.
- Teniendo en cuenta el comportamiento mecánico que presentan los suelos locales (colapsables y susceptibles de erosionarse), se debe garantizar que cuando estos materiales sean utilizados para la conformación de los terraplenes perimetrales, los mismos se realicen bajos estrictos procedimientos constructivos y de compactación adecuados.
- A los efectos de evitar los procesos de erosión en los taludes de los terraplenes perimetrales a ejecutarse, se deberá prever su recubrimiento con una capa vegetal, que podrá estar compuesta por una mezcla de pasturas resistentes.
- De acuerdo con antecedentes con que se cuenta de estudios realizados en el sector, para las subrasantes de las obras viales, los suelos limosos analizados son clasificados como A-4, con valores de subgrupo que varían entre 1 y 8. Los valores de índices de soporte CBR de estos suelos, pueden variar entre 4 y 16, al 95% de compactación.
- Los materiales seleccionados a utilizar para la ejecución de los terraplenes viales pueden ser granulares de tipo “0-20”, debido a que éstos adquieren densidades superiores a 2 gr/cm^3 , al ser compactados. En el momento de la ejecución del proyecto ejecutivo y previo a la obra, a los materiales seleccionados se les deberá ejecutar nuevos ensayos de compactación.
- En caso de utilizar materiales granulares, los mismos pueden ser obtenidos de canteras comerciales cercanas al predio en estudio. En este caso sería conveniente, por cuestiones de distancia, adquirirlos de canteras localizadas en las inmediaciones de las localidades de San Agustín o Alta Gracia.
- La geometría de los taludes a ejecutar puede ser 3h:1v o 2h:1v, siempre y cuando se garantice la adecuada y eficiente compactación de los suelos que lo conforman, con la cobertura vegetal antes mencionada.
- Considerando los materiales implicados en el sector, el número de golpes obtenidos y los valores de fricción y cohesión de los resultados de los Ensayos

Triaxiales, se recomienda la cota de fundación unificada de 500 m.s.n.m para todas las Fosas de Enterramiento. Dicha cota podrá ser modificada de acuerdo al mejor criterio de los ingenieros proyectistas.

- Para el caso del sector de las Oficinas Administrativas, se recomienda una cota de fundación a -10,0 m, con pilotes de 0,8 m de diámetro. Dichos pilotes deberán ser empotrados en los limos nodulares (toscas).
- En todos los casos, los trabajos de movimiento, excavación y compactación de suelos u operaciones de ejecución de fundaciones, deberá ser controlado por personal calificado con experiencia en ingeniería geotécnica o trabajos similares.
- En el caso de las fundaciones de obras civiles, previo a la colocación de armaduras y hormigonado de la fundación, se deberá asegurar la densificación de todo material suelto en el fondo de la excavación. Se debe prestar especial atención en garantizar los recubrimientos mínimos de la armadura una vez realizado el hormigonado.
- En todos los casos, se deberán tomar los recaudos necesarios para evitar filtraciones de agua a los horizontes superiores del suelo, procurando extremar las medidas de seguridad y prevención en el proyecto y ejecución de canales de desagües y manejo de las escorrentías, cámaras, cañerías y descargas pluviales u otros.

MSc. Geol. Agustín Balbis

5. Bibliografía consultada

Dirección Nacional de Vialidad – Normas de Ensayo - **1993**.

González Vallejo L.I. - **2002**. Ingeniería Geológica. Pearson Educación SA, Madrid.

Jiménez Salas J.A. y J.L. de Justo Alpañez - **1975**. Geotecnia y Cimientos - Tomo I y II. Editorial Rueda. Madrid.

Krynine, D. P. y W. R. Judd - **1980**. Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros. Ediciones Omega. 829 p.

Terzaghi, K. y R. B. Peck - **1971**. Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica. Editorial El Ateneo, Barcelona. 681 p.

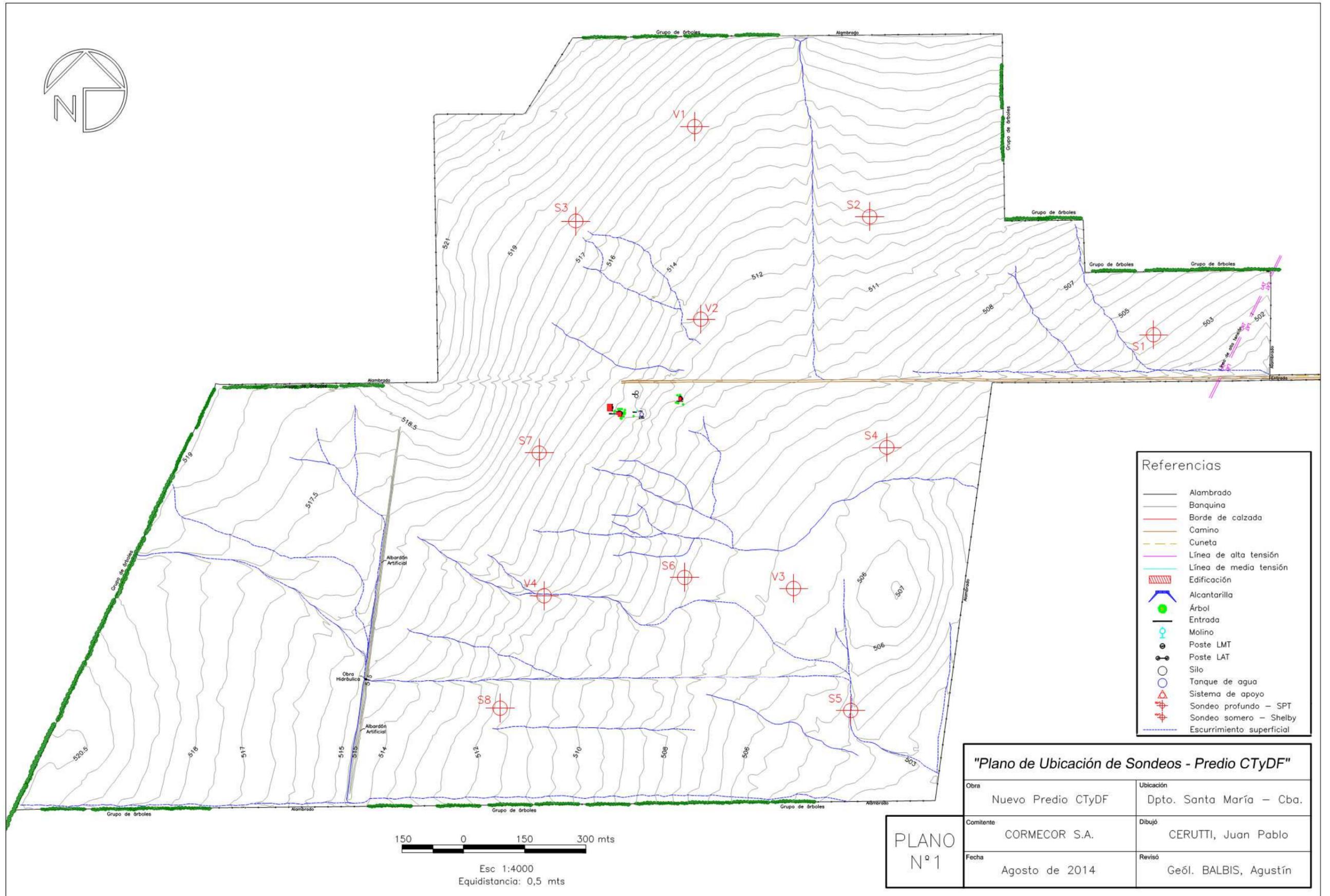
U.N.C - **2003**. Geotecnia II – Primera Parte. Cátedra de Geotecnia - Departamento de Construcciones Civiles de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

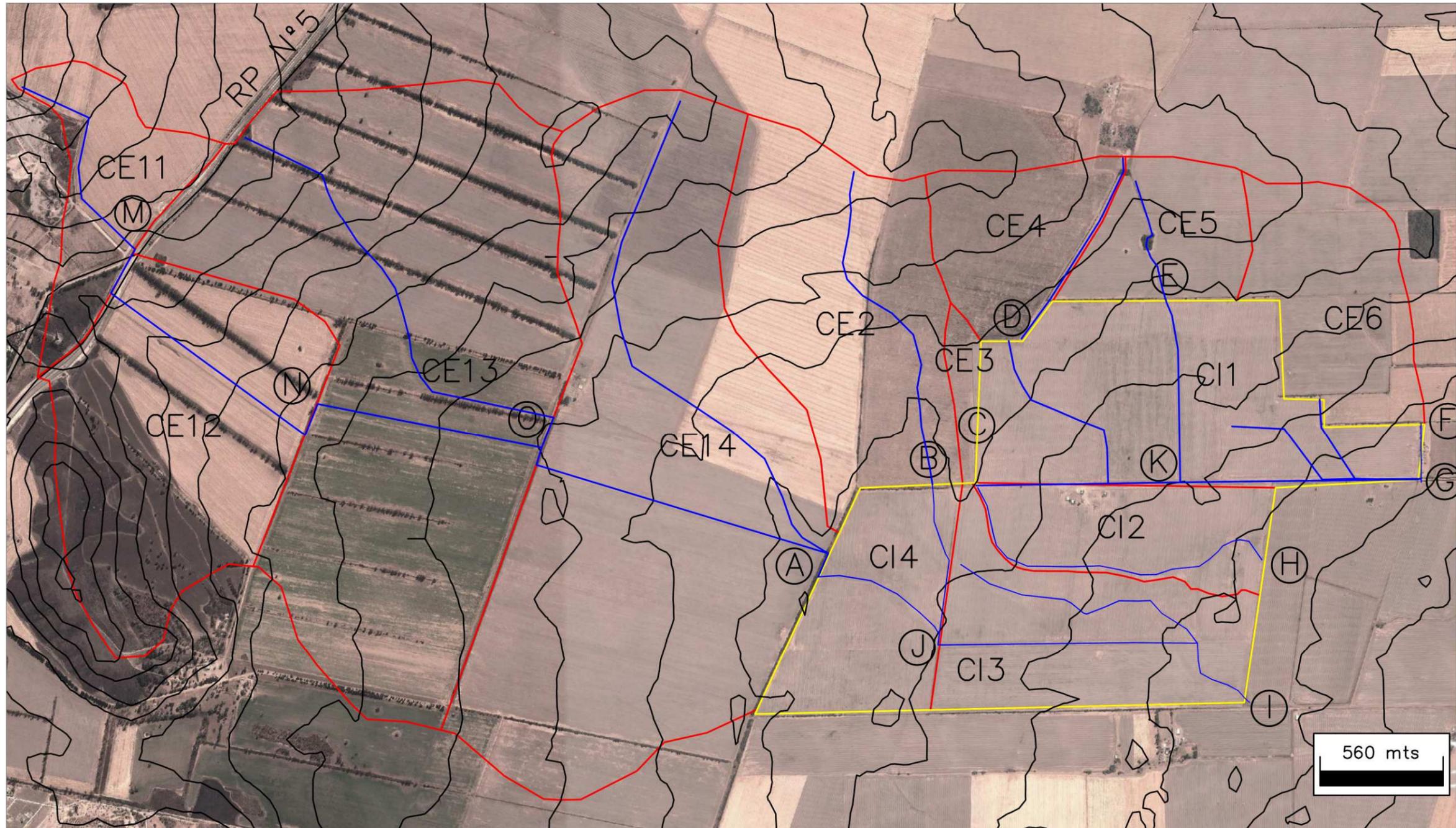
Verstappen, H. Th. - **1983**. Applied Geomorphology - Geomorphological Surveys for Environmental Development. Elsevier.

Whitlow, R - **1994**. “Fundamentos de Mecánica de Suelos”. Compañía Editorial Continental, México. 589 p.

6. ANEXOS

- **Ubicación general de los sondeos y ensayos en Plano**
- **Plano de Cuencas y Subcuencas**
- **Fotografías de la ejecución de la campaña**
- **Planillas resumen de Ensayos SPT**
- **Planillas y gráficos de Ensayos de Compresión Confinada**
- **Planillas y gráficos de Ensayos Proctor**
- **Planillas y gráficos de Ensayos Triaxiales**
- **Planillas de Ensayos de Permeabilidad**
- **Planillas de Ensayos Pin Hole**





Referencias

- Límite de cuenca
- Límite del lote en estudio
- Vías de escurrimiento
- Cuenca externa
- Cuenca interna
- Nodos de control hidrológico
- Curvas de nivel

"Plano de Cuencas y Subcuencas - Predio CTyDF"

| | |
|----------------------------|---------------------------------------|
| Obra Nuevo Predio CTyDF | Ubicación Dpto. Santa María – Cba. |
| Comitente CORMECOR S.A. | Dibujó Ing. CORRAL, Mariano |
| Fecha Agosto de 2014 | Revisó Geól. BALBIS, Agustín |



PLANO
N° 2



Foto 1 – Surco de erosión hídrica.



Foto 2 – Albardón artificial en sentido norte - sur



Foto 3 – Obra hidráulica de control de caudales



Foto 4 – Ejecución de sondeo somero V1



Foto 5 – Muestra extraída de V1



Foto 6 – Ejecución de ensayo SPT en sondeo S1



Foto 7 – Muestra extraída a los 4,0 m en el sondeo S1



Foto 8 - Ejecución de ensayo SPT en sondeo S5



Foto 9 – Muestras del sondeo S5 a 6 m de profundidad

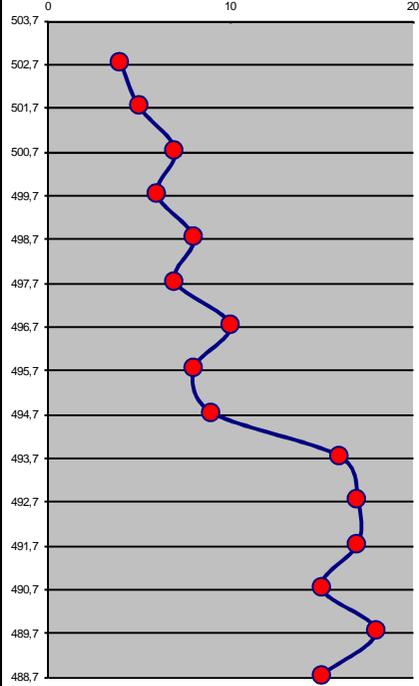


Foto 10 – Muestra del sondeo S5 a 5,0 m de profundidad

Estudio Geotécnico
Obra: Construcción de CTyDF
Ubicación: Bower - Córdoba
Comitente: CORMECOR

PLANILLA RESUMEN SONDEO N° 1 - Cota de Boca de Pozo 503,74 m (absoluta)

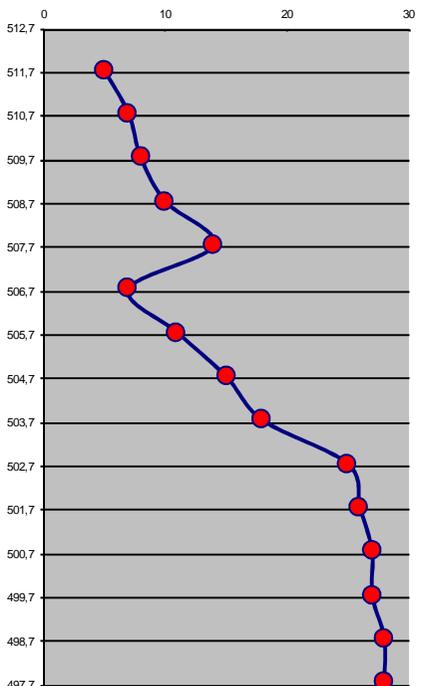
Prof. Nivel freático: No identificado

| Cota Terreno Natural | Prof. (m) | PERFIL GEOLÓGICO | C.U. | N° de Golp. | Ensayo Normalizado de Penetración | H % | Límites de Atterberg en % | | | Tam 200 % |
|----------------------|-----------|--|------|-------------|--|-------|---------------------------|-------|------|-----------|
| | | | | | | | LL | LP | IP | |
| 503,74 | | | | |  | | | | | |
| 502,74 | 1,0 | Limo pardo claro, húmedo | | 4 | | | | | | |
| 501,74 | 2,0 | | ML | 5 | | 16,44 | 21,49 | 20,58 | 0,91 | 94,41 |
| 500,74 | 3,0 | | | 7 | | | | | | |
| 499,74 | 4,0 | Limo castaño oscuro, fresco | ML | 6 | | 16,71 | 21,76 | 19,78 | 1,98 | 86,82 |
| 498,74 | 5,0 | | | 8 | | | | | | |
| 497,74 | 6,0 | | ML | 7 | | 14,93 | 20,70 | 18,67 | 2,03 | 83,99 |
| 496,74 | 7,0 | | | 10 | | | | | | |
| 495,74 | 8,0 | | ML | 8 | | 14,27 | 19,67 | 18,22 | 1,45 | 81,34 |
| 494,74 | 9,0 | | | 9 | | | | | | |
| 493,74 | 10,0 | Limo castaño claro, con nódulos de toscas de hasta 2 cm de Ø | ML | 16 | | 15,00 | 18,80 | 17,61 | 1,19 | 53,07 |
| 492,74 | 11,0 | | | 17 | | | | | | |
| 491,74 | 12,0 | | ML | 17 | | 17,11 | 21,65 | 19,26 | 2,39 | 83,56 |
| 490,74 | 13,0 | | | 15 | | | | | | |
| 489,74 | 14,0 | | | 18 | | | | | | |
| 488,74 | 15,0 | ML | 15 | 18,93 | 22,39 | 19,86 | 2,53 | 81,91 | | |

Estudio Geotécnico
Obra: Construcción de CTyDF
Ubicación: Bower - Córdoba
Comitente: CORMECOR

PLANILLA RESUMEN SONDEO N° 2 - Cota de Boca de Pozo 512,75 m (absoluta)

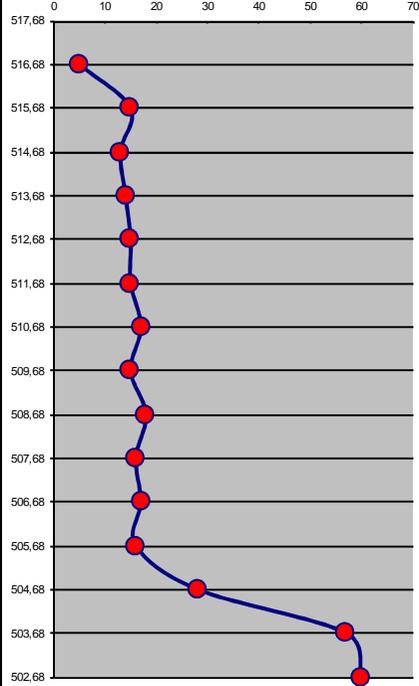
Prof. Nivel freático: No identificado

| Cota Terreno Natural | Prof. (m) | PERFIL GEOLÓGICO | C.U. | N° de Golp. | Ensayo Normalizado de Penetración | H % | Límites de Atterberg en % | | | Tam 200 % |
|----------------------|-----------|--|------|-------------|--|-------|---------------------------|-------|-------|-----------|
| | | | | | | | LL | LP | IP | |
| 512,75 | | | | |  | | | | | |
| 511,75 | 1,0 | Limo castaño oscuro, húmedo | | 5 | | | | | | |
| 510,75 | 2,0 | | ML | 7 | | 13,42 | 20,17 | 19,55 | 0,62 | 92,83 |
| 509,75 | 3,0 | | | 8 | | | | | | |
| 508,75 | 4,0 | | ML | 10 | | 13,30 | 19,58 | 18,29 | 1,29 | 93,37 |
| 507,75 | 5,0 | Limo castaño claro, poco húmedo | | 14 | | | | | | |
| 506,75 | 6,0 | | ML | 7 | | 16,85 | 22,17 | 19,47 | 2,70 | 82,75 |
| 505,75 | 7,0 | | | 11 | | | | | | |
| 504,75 | 8,0 | | ML | 15 | | 17,68 | 23,37 | 20,08 | 3,29 | 87,34 |
| 503,75 | 9,0 | | | 18 | | | | | | |
| 502,75 | 10,0 | Limo castaño claro, escasa humedad, con nódulos pequeños | ML | 25 | | 19,08 | 23,51 | 20,05 | 3,46 | 85,76 |
| 501,75 | 11,0 | | | 26 | | | | | | |
| 500,75 | 12,0 | | ML | 27 | | 18,18 | 24,37 | 21,79 | 2,58 | 79,24 |
| 499,75 | 13,0 | | | 27 | | | | | | |
| 498,75 | 14,0 | | | 28 | | | | | | |
| 497,75 | 15,0 | | ML | 28 | 16,01 | 21,95 | 20,03 | 1,92 | 81,73 | |

Estudio Geotécnico
Obra: Construcción de CTyDF
Ubicación: Bower - Córdoba
Comitente: CORMECOR

PLANILLA RESUMEN SONDEO N° 3 - Cota de Boca de Pozo 517,68 m (absoluta)

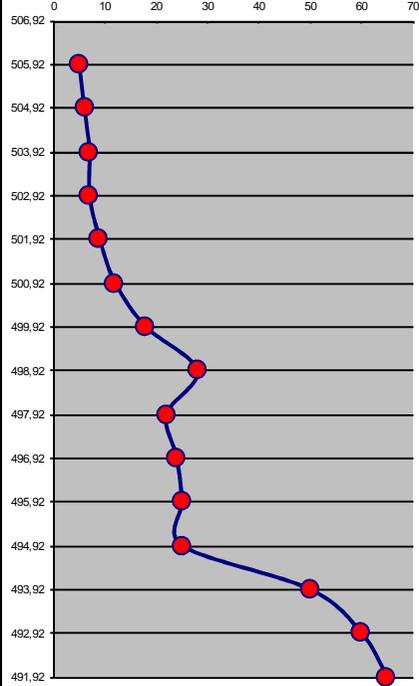
Prof. Nivel freático: No identificado

| Cota Terreno Natural | Prof. (m) | PERFIL GEOLÓGICO | C.U. | N° de Golp. | Ensayo Normalizado de Penetración | H % | Límites de Atterberg en % | | | Tam 200 % | |
|----------------------|-----------|---|--|-------------|--|-------|---------------------------|-------|------|-----------|--|
| | | | | | | | LL | LP | IP | | |
| 517,68 | | | | | | | | | | | |
| 516,68 | 1,0 | Limo castaño claro, con escasa humedad | | 5 |  | | | | | | |
| 515,68 | 2,0 | | ML | 15 | | 15,65 | 22,86 | 20,52 | 2,34 | 91,62 | |
| 514,68 | 3,0 | | | 13 | | | | | | | |
| 513,68 | 4,0 | | ML | 14 | | 16,65 | 20,95 | 19,14 | 1,81 | 90,03 | |
| 512,68 | 5,0 | | | 15 | | | | | | | |
| 511,68 | 6,0 | Limo castaño claro, ligeramente húmedo, con escasos nódulos dispersos | ML | 15 | | 15,49 | 20,18 | 19,33 | 0,85 | 82,40 | |
| 510,68 | 7,0 | | | 17 | | | | | | | |
| 509,68 | 8,0 | | ML | 15 | | 14,40 | 18,85 | 16,95 | 1,90 | 84,83 | |
| 508,68 | 9,0 | | | 18 | | | | | | | |
| 507,68 | 10,0 | | ML | 16 | | 14,90 | 19,79 | 18,71 | 1,08 | 85,45 | |
| 506,68 | 11,0 | | | 17 | | | | | | | |
| 505,68 | 12,0 | | ML | 16 | | 13,14 | 21,14 | 19,05 | 2,09 | 89,75 | |
| 504,68 | 13,0 | | Limo castaño medio, fresco, con abundantes nódulos | | | 28 | | | | | |
| 503,68 | 14,0 | ML | | 57 | | 17,01 | 24,74 | 21,00 | 3,74 | 88,20 | |
| 502,68 | 15,0 | | | 60 | | | | | | | |

Estudio Geotécnico
Obra: Construcción de CTyDF
Ubicación: Bower - Córdoba
Comitente: CORMECOR

PLANILLA RESUMEN SONDEO N° 4 - Cota de Boca de Pozo 506,92 m (absoluta)

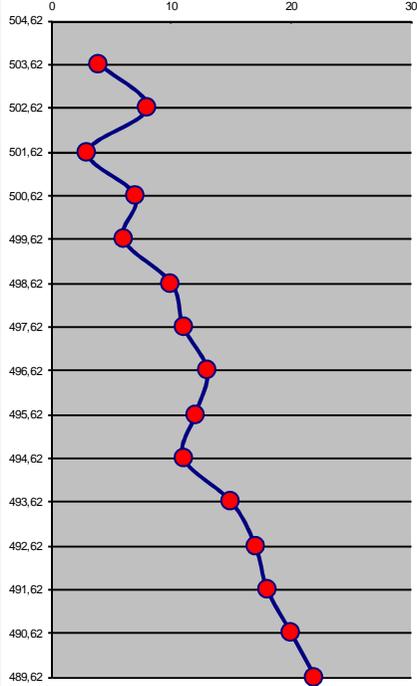
Prof. Nivel freático: No identificado

| Cota Terreno Natural | Prof. (m) | PERFIL GEOLÓGICO | C.U. | N° de Golp. | Ensayo Normalizado de Penetración | H % | Límites de Atterberg en % | | | Tam 200 % |
|----------------------|-----------|---|-------|-------------|--|-------|---------------------------|-------|------|-----------|
| | | | | | | | LL | LP | IP | |
| 506,92 | | Limo castaño claro, poco húmedo, con lentes arcillo limosas | | |  | | | | | |
| 505,92 | 1,0 | | | 5 | | | | | | |
| 504,92 | 2,0 | | ML | 6 | | 16,31 | 20,12 | 18,84 | 1,28 | 90,10 |
| 503,92 | 3,0 | | | 7 | | | | | | |
| 502,92 | 4,0 | | ML | 7 | | 15,39 | 21,81 | 19,88 | 1,93 | 92,81 |
| 501,92 | 5,0 | | | 9 | | | | | | |
| 500,92 | 6,0 | | ML | 12 | | 16,96 | 21,59 | 19,46 | 2,13 | 93,17 |
| 499,92 | 7,0 | Limoso a arcillo limoso, nodular (toscasquillas), seco | | 18 | | | | | | |
| 498,92 | 8,0 | | CL-ML | 28 | | 18,01 | 20,42 | 14,05 | 6,37 | 87,14 |
| 497,92 | 9,0 | | | 22 | | | | | | |
| 496,92 | 10,0 | | ML | 24 | | 16,36 | 19,72 | 18,71 | 1,01 | 90,56 |
| 495,92 | 11,0 | | | 25 | | | | | | |
| 494,92 | 12,0 | | ML | 25 | | 15,67 | 18,52 | 16,86 | 1,66 | 87,66 |
| 493,92 | 13,0 | | | 50 | | | | | | |
| 492,92 | 14,0 | | CL-ML | 60 | | 10,99 | 23,84 | 19,00 | 4,84 | 84,66 |
| 491,92 | 15,0 | | | 65 | | | | | | |

Estudio Geotécnico
Obra: Construcción de CTyDF
Ubicación: Bower - Córdoba
Comitente: CORMECOR

PLANILLA RESUMEN SONDEO N° 5 - Cota de Boca de Pozo 504,62 m (absoluta)

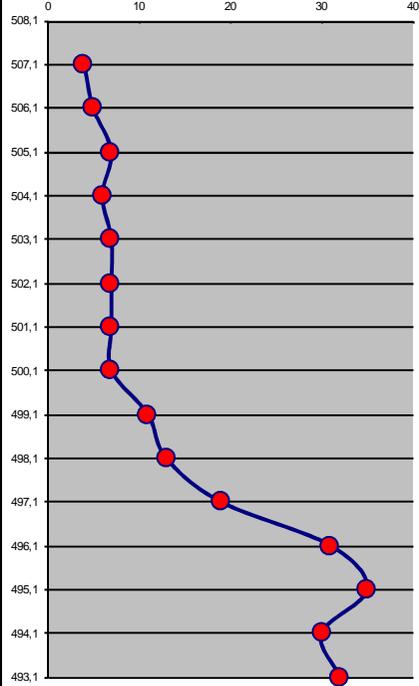
Prof. Nivel freático: No identificado

| Cota Terreno Natural | Prof. (m) | PERFIL GEOLÓGICO | C.U. | N° de Golp. | Ensayo Normalizado de Penetración | H % | Límites de Atterberg en % | | | Tam 200 % |
|----------------------|-----------|---|------|-------------|--|-------|---------------------------|-------|------|-----------|
| | | | | | | | LL | LP | IP | |
| 504,62 | | | | |  | | | | | |
| 503,62 | 1,0 | Limo castaño claro, húmedo | | 4 | | | | | | |
| 502,62 | 2,0 | | ML | 8 | | 16,78 | 20,97 | 18,79 | 2,18 | 92,79 |
| 501,62 | 3,0 | | | 3 | | | | | | |
| 500,62 | 4,0 | Arena limosa | SM | 7 | | 13,06 | ---- | ---- | NP | 47,91 |
| 499,62 | 5,0 | | | 6 | | | | | | |
| 498,62 | 6,0 | Limo castaño oscuro, húmedo a muy húmedo | ML | 10 | | 20,76 | 20,84 | 18,41 | 2,43 | 90,83 |
| 497,62 | 7,0 | | | 11 | | | | | | |
| 496,62 | 8,0 | | ML | 13 | | 21,13 | 21,19 | 19,10 | 2,09 | 90,27 |
| 495,62 | 9,0 | | | 12 | | | | | | |
| 494,62 | 10,0 | | ML | 11 | | 20,78 | 22,02 | 19,17 | 2,85 | 91,97 |
| 493,62 | 11,0 | Limo castaño medio, con nódulos pequeños dispersos, algo húmedo | | 15 | | | | | | |
| 492,62 | 12,0 | | ML | 17 | | 19,08 | 20,28 | 17,76 | 2,52 | 90,93 |
| 491,62 | 13,0 | | | 18 | | | | | | |
| 490,62 | 14,0 | | ML | 20 | | 19,11 | 18,47 | 16,78 | 1,69 | 91,67 |
| 489,62 | 15,0 | | | 22 | | | | | | |

Estudio Geotécnico
Obra: Construcción de CTyDF
Ubicación: Bower - Córdoba
Comitente: CORMECOR

PLANILLA RESUMEN SONDEO N° 6 - Cota de Boca de Pozo 508,10 m (absoluta)

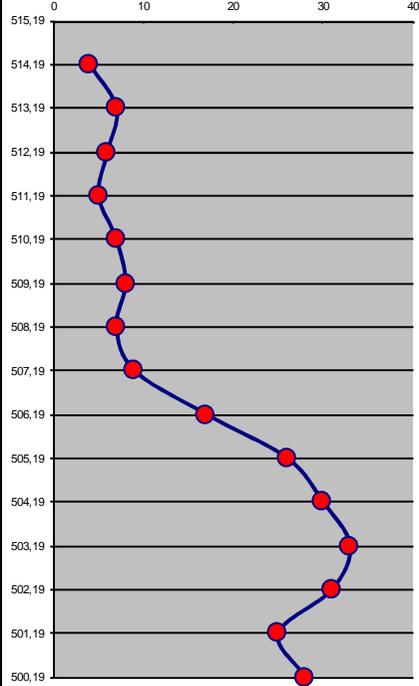
Prof. Nivel freático: No identificado

| Cota Terreno Natural | Prof. (m) | PERFIL GEOLÓGICO | C.U. | N° de Golp. | Ensayo Normalizado de Penetración | H % | Límites de Atterberg en % | | | Tam 200 % |
|----------------------|-----------|---|--|-------------|--|-------|---------------------------|-------|------|-----------|
| | | | | | | | LL | LP | IP | |
| 508,1 | | | | |  | | | | | |
| 507,1 | 1,0 | Limo castaño claro, poco húmedo | | 4 | | | | | | |
| 506,1 | 2,0 | | ML | 5 | | 15,98 | 20,32 | 18,05 | 2,27 | 92,11 |
| 505,1 | 3,0 | | | 7 | | | | | | |
| 504,1 | 4,0 | | ML | 6 | | 15,17 | 20,73 | 18,59 | 2,14 | 93,27 |
| 503,1 | 5,0 | | | 7 | | | | | | |
| 502,1 | 6,0 | | ML | 7 | | 15,58 | 22,16 | 19,13 | 3,03 | 90,93 |
| 501,1 | 7,0 | | | 7 | | | | | | |
| 500,1 | 8,0 | | ML | 7 | | 16,35 | 21,24 | 19,41 | 1,83 | 93,55 |
| 499,1 | 9,0 | | Limo castaño claro, poco húmedo, con escasos nódulos | | | 11 | | | | |
| 498,1 | 10,0 | ML | | 13 | | 16,28 | 19,47 | 18,12 | 1,35 | 94,84 |
| 497,1 | 11,0 | | | 19 | | | | | | |
| 496,1 | 12,0 | Arena limosa seca, con gravillas y gravas dispersas | SM | 31 | | 3,38 | ---- | ---- | NP | 23,38 |
| 495,1 | 13,0 | | | 35 | | | | | | |
| 494,1 | 14,0 | | SM | 30 | | 4,24 | ---- | ---- | NP | 19,07 |
| 493,1 | 15,0 | | | 32 | | | | | | |

Estudio Geotécnico
Obra: Construcción de CTyDF
Ubicación: Bower - Córdoba
Comitente: CORMECOR

PLANILLA RESUMEN SONDEO N° 7 - Cota de Boca de Pozo 515,19 m (absoluta)

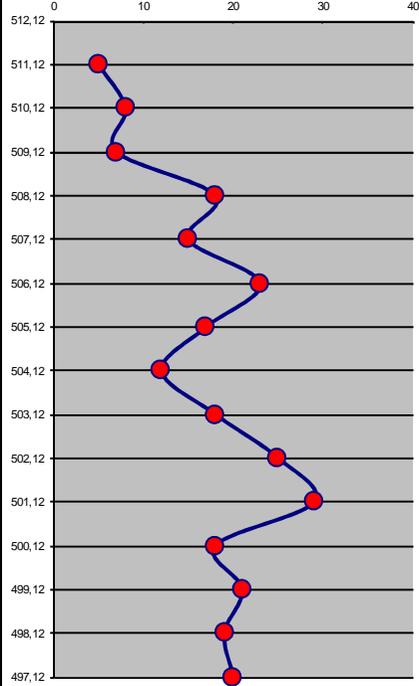
Prof. Nivel freático: No identificado

| Cota Terreno Natural | Prof. (m) | PERFIL GEOLÓGICO | C.U. | N° de Golp. | Ensayo Normalizado de Penetración | H % | Límites de Atterberg en % | | | Tam 200 % | |
|----------------------|-----------|---|------|-------------|--|-----|---------------------------|-------|-------|-----------|-------|
| | | | | | | | LL | LP | IP | | |
| 515,19 | | | | |  | | | | | | |
| 514,19 | 1,0 | Limo castaño oscuro, poco húmedo | | 4 | | | | | | | |
| 513,19 | 2,0 | | ML | 7 | | | 14,03 | 21,46 | 18,73 | 2,73 | 94,93 |
| 512,19 | 3,0 | | | 6 | | | | | | | |
| 511,19 | 4,0 | | ML | 5 | | | 13,88 | 20,17 | 18,86 | 1,31 | 92,83 |
| 510,19 | 5,0 | | | 7 | | | | | | | |
| 509,19 | 6,0 | | ML | 8 | | | 15,04 | 22,74 | 20,60 | 2,14 | 90,38 |
| 508,19 | 7,0 | | | 7 | | | | | | | |
| 507,19 | 8,0 | | ML | 9 | | | 16,83 | 22,34 | 20,02 | 2,32 | 96,80 |
| 506,19 | 9,0 | Limo castaño oscuro, con nódulos dispersos (tosquillas) | | 17 | | | | | | | |
| 505,19 | 10,0 | | ML | 26 | | | 14,62 | 20,16 | 18,35 | 1,81 | 86,53 |
| 504,19 | 11,0 | | | 30 | | | | | | | |
| 503,19 | 12,0 | | ML | 33 | | | 15,06 | 23,90 | 20,44 | 3,46 | 88,84 |
| 502,19 | 13,0 | | | 31 | | | | | | | |
| 501,19 | 14,0 | | ML | 25 | | | 13,12 | 21,42 | 17,92 | 3,50 | 92,11 |
| 500,19 | 15,0 | | | 28 | | | | | | | |

Estudio Geotécnico
Obra: Construcción de CTyDF
Ubicación: Bower - Córdoba
Comitente: CORMECOR

PLANILLA RESUMEN SONDEO N° 8 - Cota de Boca de Pozo 512,12 m (absoluta)

Prof. Nivel freático: No identificado

| Cota Terreno Natural | Prof. (m) | PERFIL GEOLÓGICO | C.U. | N° de Golp. | Ensayo Normalizado de Penetración | H % | Límites de Atterberg en % | | | Tam 200 % |
|----------------------|-----------|--|------|-------------|--|-------|---------------------------|-------|------|-----------|
| | | | | | | | LL | LP | IP | |
| 512,12 | | | | |  | | | | | |
| 511,12 | 1,0 | Limo castaño claro, húmedo | | 5 | | | | | | |
| 510,12 | 2,0 | | ML | 8 | | 14,45 | 20,65 | 19,17 | 1,48 | 92,69 |
| 509,12 | 3,0 | | | 7 | | | | | | |
| 508,12 | 4,0 | Limo castaño oscuro, con nódulos | ML | 18 | | 16,66 | 22,05 | 20,46 | 1,59 | 69,81 |
| 507,12 | 5,0 | | | 15 | | | | | | |
| 506,12 | 6,0 | | ML | 23 | | 15,91 | 22,92 | 20,82 | 2,10 | 87,16 |
| 505,12 | 7,0 | | | 17 | | | | | | |
| 504,12 | 8,0 | Limo castaño claro | ML | 12 | | 15,34 | 24,13 | 23,41 | 0,72 | 90,58 |
| 503,12 | 9,0 | | | 18 | | | | | | |
| 502,12 | 10,0 | Limo castaño claro, con nódulos y lentes pequeños de gravillas y arena | ML | 25 | | 14,68 | 21,62 | 19,75 | 1,87 | 94,36 |
| 501,12 | 11,0 | | | 29 | | | | | | |
| 500,12 | 12,0 | | ML | 18 | | 11,60 | 18,89 | 17,35 | 1,54 | 92,72 |
| 499,12 | 13,0 | | | 21 | | | | | | |
| 498,12 | 14,0 | | ML | 19 | | 12,55 | 19,20 | 18,33 | 0,87 | 76,57 |
| 497,12 | 15,0 | | | 20 | | | | | | |

ENSAYO DE COMPRESIÓN CONFINADA

Obra: Construcción de CTyDF

Ubicación: Bouwer

Provincia: Córdoba

Comitente: CORMECOR

Pozo: V1

Prof.: 3m a 3,5m

Fecha: 16/07/2014

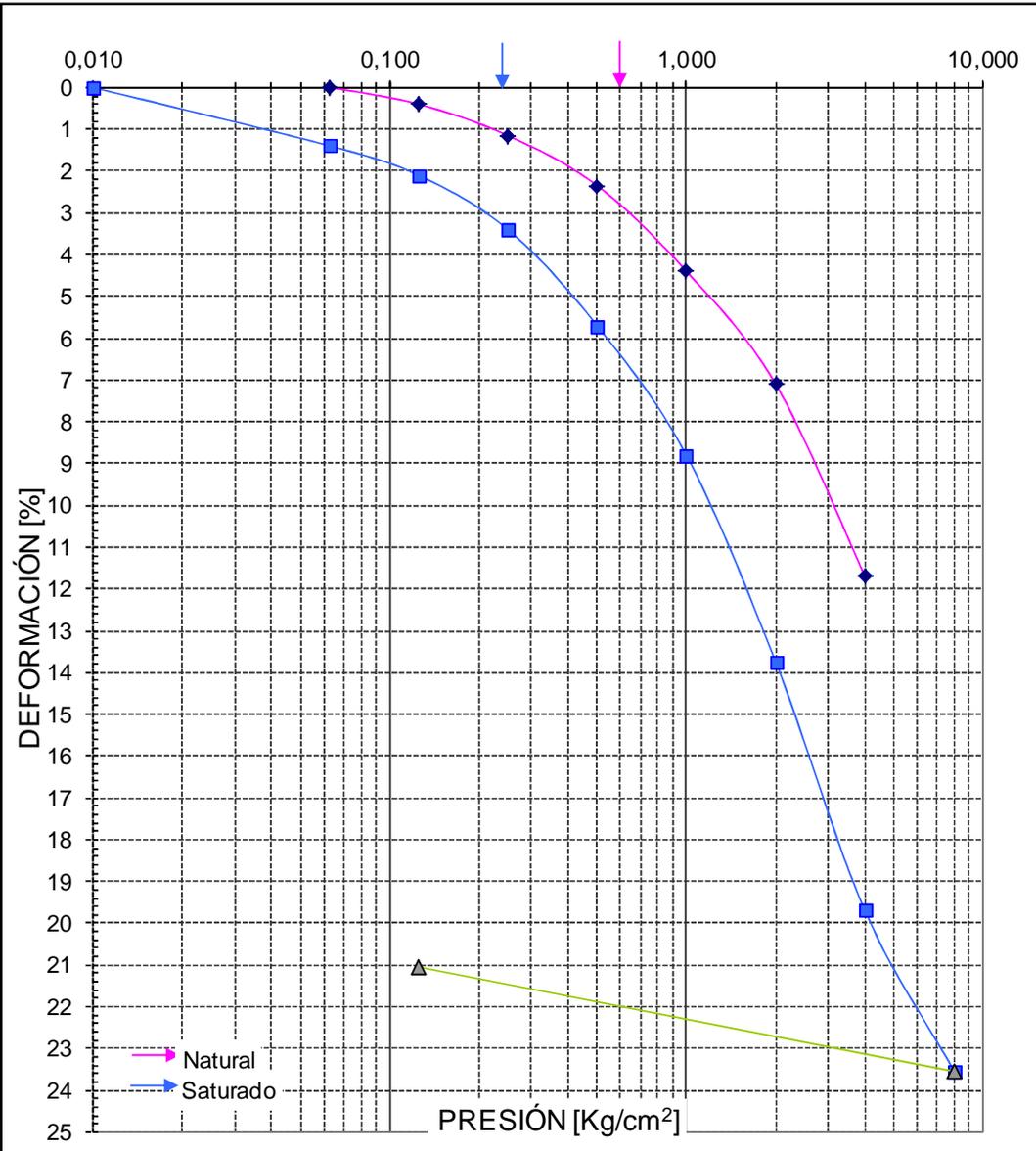
Muestra: Dama

| | | |
|------------------------|-------|--------------------|
| Humedad inicial = | 13,64 | % |
| Humedad final = | 25,41 | % |
| Peso Unitario Húmedo = | 1,467 | ton/m ³ |
| Peso Unitario Seco = | 1,291 | ton/m ³ |
| PT200 (%)= | 93,82 | |
| Límite Líquido= | 22,08 | |
| Lím. Plástico= | 19,75 | |
| Índice Plástico= | 2,33 | |
| SUCS | ML | |

Presión para 3% de deformación:

| | | |
|----------------------------|-------|--------------------|
| Con humedad natural: | 0,600 | kg/cm ² |
| Con humedad de saturación: | 0,250 | kg/cm ² |
| Colapso por saturación | 3,4 | % |

| Presión [kg/cm ²] | Def. Natural (%) | Presión [kg/cm ²] | Def. saturada (%) |
|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------|
| 0,010 | | 0,010 | 0,00 |
| 0,063 | 0,00 | 0,063 | 1,40 |
| 0,125 | 0,40 | 0,125 | 2,10 |
| 0,250 | 1,15 | 0,250 | 3,40 |
| 0,500 | 2,35 | 0,500 | 5,70 |
| 1,000 | 4,40 | 1,000 | 8,80 |
| 2,000 | 7,10 | 2,000 | 13,75 |
| 4,000 | 11,70 | 4,000 | 19,70 |
| 8,000 | | 8,000 | 23,55 |
| Desc.: 0,125 | | Desc.: 0,125 | 21,05 |



ENSAYO DE COMPRESIÓN CONFINADA

Obra: Construcción de CTyDF

Ubicación: Bouwer

Provincia: Córdoba

Comitente: CORMECOR

Pozo: V2

Prof.: 3,5m

Fecha: 22/07/2014

Muestra: Dama

Humedad inicial = 16,65 %

Humedad final = 26,36 %

Peso Unitario Húmedo = 1,532 ton/m³

Peso Unitario Seco = 1,313 ton/m³

PT200 (%)= 92,44

Límite Líquido= 21,01

Lím. Plástico= 18,97

Índice Plástico= 2,04

SUCS ML

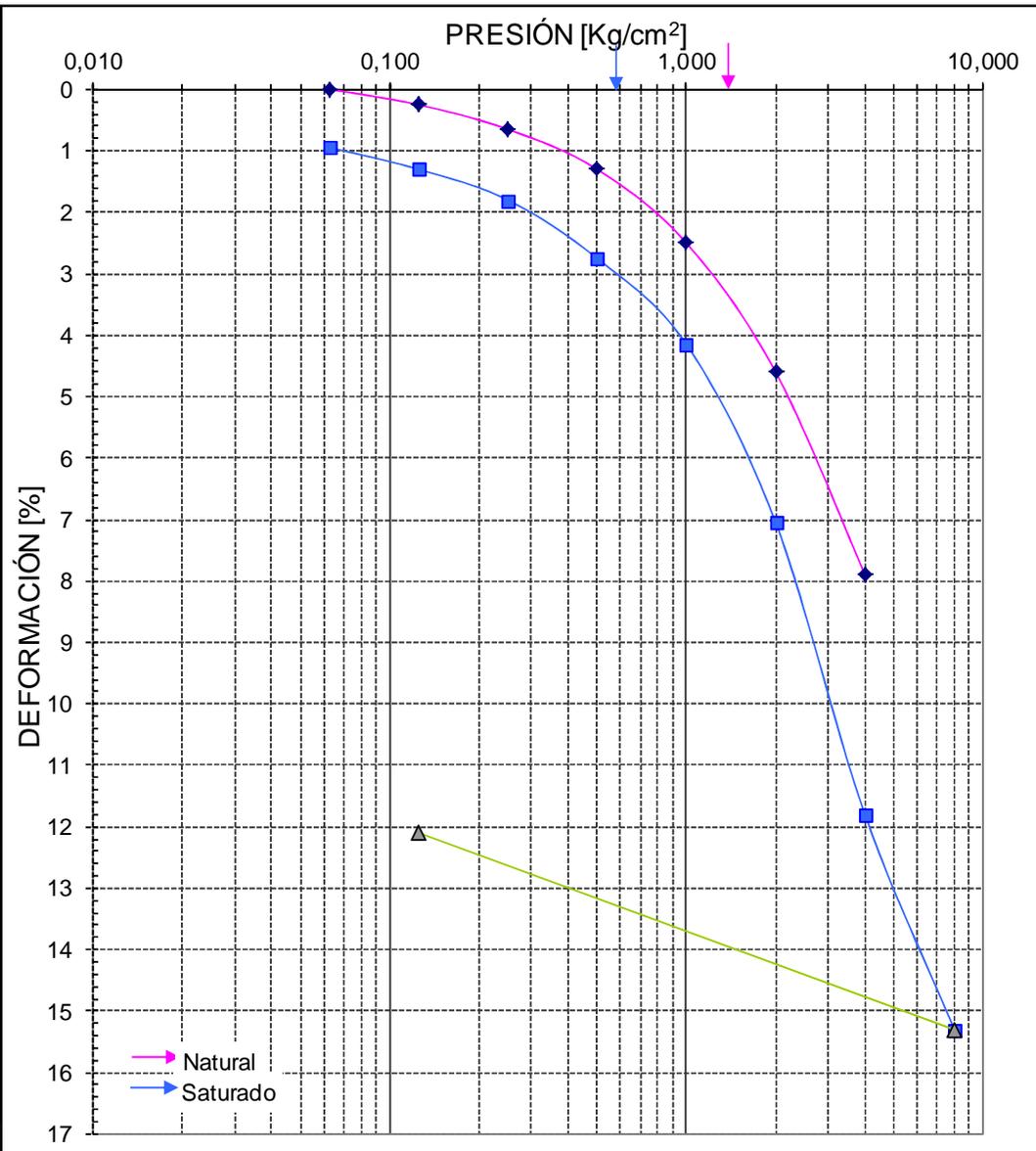
Presión para 3% de deformación:

Con humedad natural: 1,500 kg/cm²

Con humedad de saturación: 0,580 kg/cm²

Colapso por saturación 1,5 %

| Presión [kg/cm ²] | Def. Natural (%) | Presión [kg/cm ²] | Def. saturada (%) |
|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------|
| 0,010 | | 0,010 | |
| 0,063 | 0,00 | 0,063 | 0,95 |
| 0,125 | 0,25 | 0,125 | 1,30 |
| 0,250 | 0,65 | 0,250 | 1,80 |
| 0,500 | 1,30 | 0,500 | 2,75 |
| 1,000 | 2,50 | 1,000 | 4,15 |
| 2,000 | 4,60 | 2,000 | 7,05 |
| 4,000 | 7,90 | 4,000 | 11,80 |
| 8,000 | | 8,000 | 15,30 |
| Desc.: 0,125 | | Desc.: 0,125 | 12,10 |



ENSAYO DE COMPRESIÓN CONFINADA

Obra: Construcción de CTyDF

Ubicación: Bouwer

Provincia: Córdoba

Comitente: CORMECOR

Pozo: V3

Prof.: 3,5m

Fecha: 30/07/2014

Muestra: Dama

Humedad inicial = 17,15 %

Humedad final = 27,72 %

Peso Unitario Húmedo = 1,401 ton/m³

Peso Unitario Seco = 1,196 ton/m³

PT200 (%)= 96,33

Límite Líquido= 24,13

Lím. Plástico= 22,71

Índice Plástico= 1,42

SUCS ML

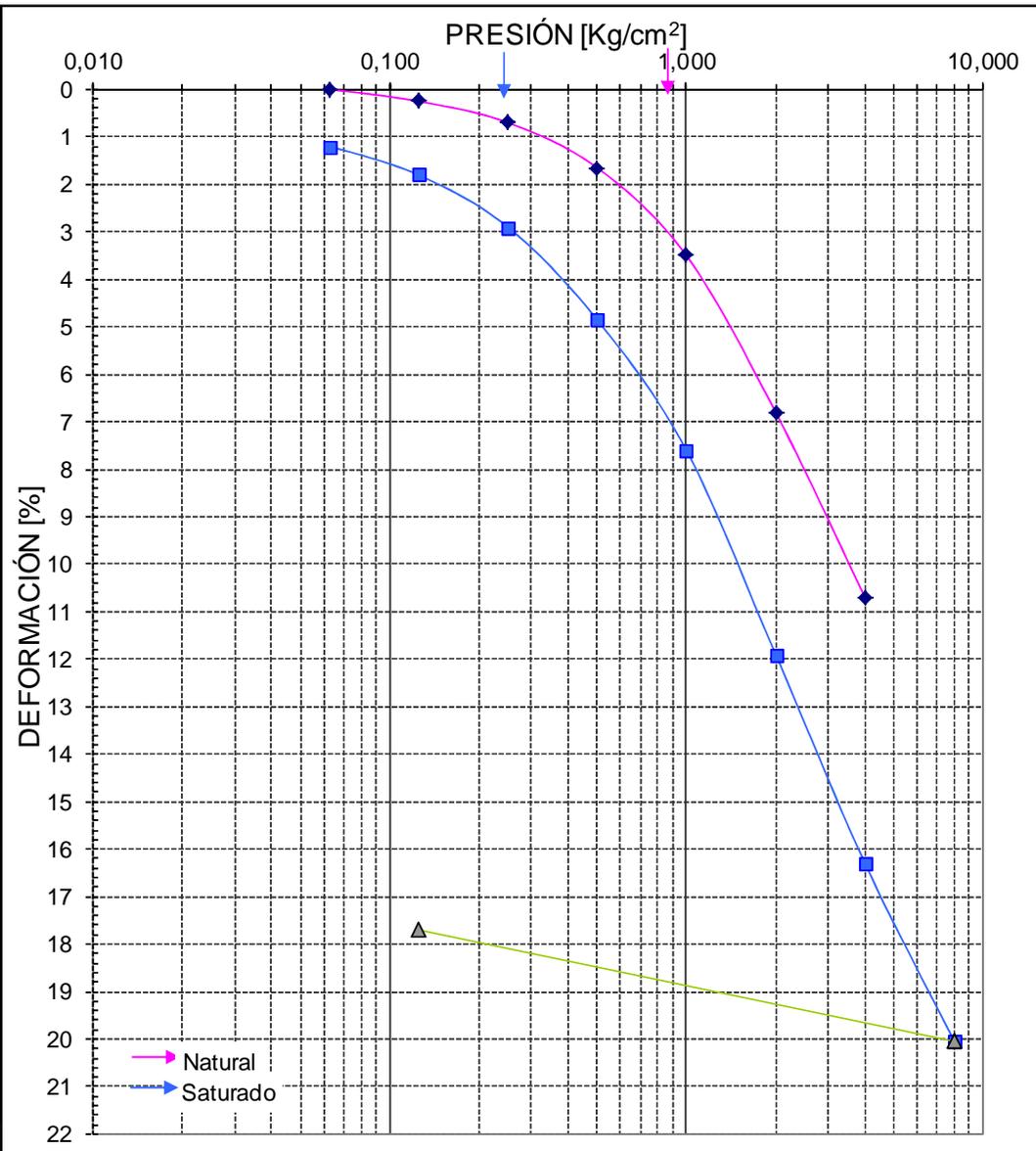
Presión para 3% de deformación:

Con humedad natural: 0,850 kg/cm²

Con humedad de saturación: 0,250 kg/cm²

Colapso por saturación 3,2 %

| Presión [kg/cm ²] | Def. Natural (%) | Presión [kg/cm ²] | Def. saturada (%) |
|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------|
| 0,010 | | 0,010 | |
| 0,063 | 0,00 | 0,063 | 1,20 |
| 0,125 | 0,25 | 0,125 | 1,80 |
| 0,250 | 0,70 | 0,250 | 2,90 |
| 0,500 | 1,65 | 0,500 | 4,85 |
| 1,000 | 3,50 | 1,000 | 7,60 |
| 2,000 | 6,80 | 2,000 | 11,90 |
| 4,000 | 10,70 | 4,000 | 16,30 |
| 8,000 | | 8,000 | 20,05 |
| Desc.: 0,125 | | Desc.: 0,125 | 17,70 |



ENSAYO DE COMPRESIÓN CONFINADA

Obra: Construcción de CTyDF

Ubicación: Bouwer

Provincia: Córdoba

Comitente: CORMECOR

Pozo: V4

Prof.: 3m a 3,5m

Fecha: 18/07/2014

Muestra: Dama

Humedad inicial = 17,62 %

Humedad final = 29,70 %

Peso Unitario Húmedo = 1,465 ton/m³

Peso Unitario Seco = 1,246 ton/m³

PT200 (%)= 91,81

Límite Líquido= 21,53

Lím. Plástico= 19,48

Índice Plástico= 2,05

SUCS ML

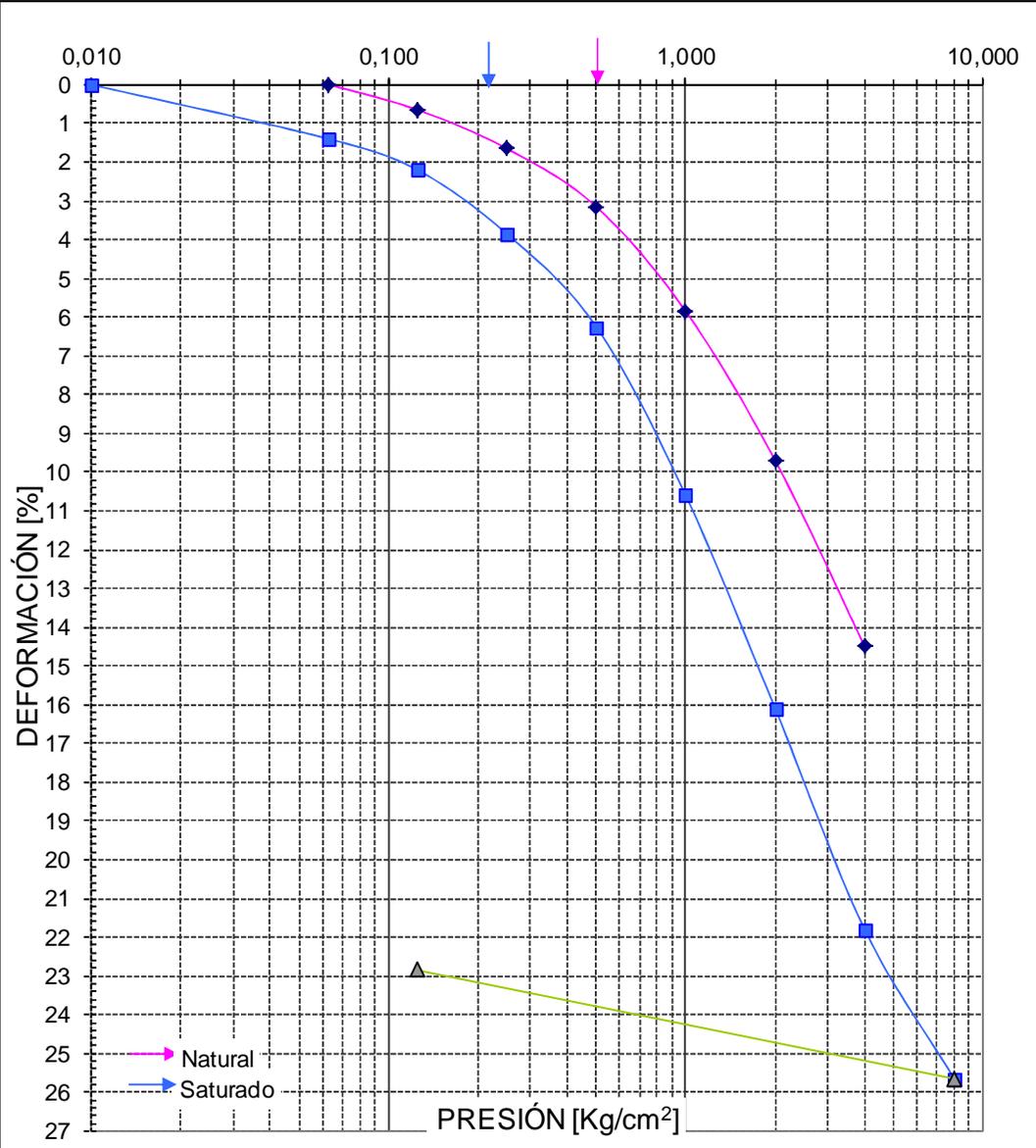
Presión para 3% de deformación:

Con humedad natural: 0,500 kg/cm²

Con humedad de saturación: 0,180 kg/cm²

Colapso por saturación 3,1 %

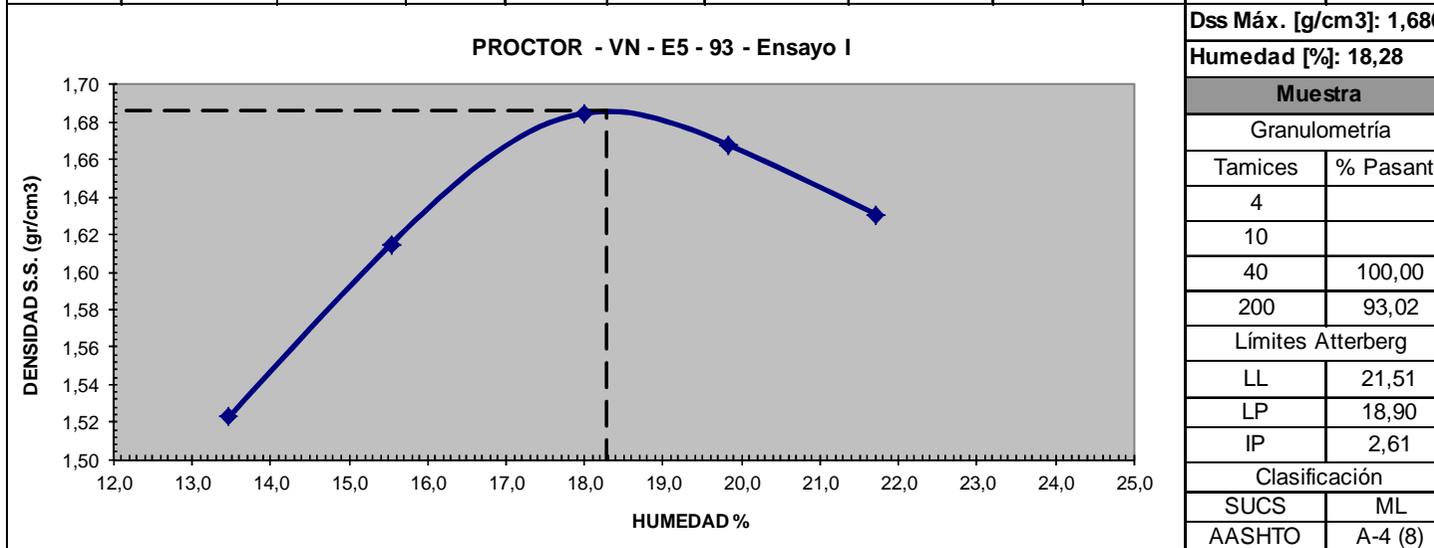
| Presión [kg/cm ²] | Def. Natural (%) | Presión [kg/cm ²] | Def. saturada (%) |
|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------|
| 0,010 | | 0,010 | 0,00 |
| 0,063 | 0,00 | 0,063 | 1,40 |
| 0,125 | 0,65 | 0,125 | 2,20 |
| 0,250 | 1,65 | 0,250 | 3,85 |
| 0,500 | 3,15 | 0,500 | 6,25 |
| 1,000 | 5,85 | 1,000 | 10,60 |
| 2,000 | 9,70 | 2,000 | 16,10 |
| 4,000 | 14,50 | 4,000 | 21,80 |
| 8,000 | | 8,000 | 25,65 |
| Desc.: 0,125 | | Desc.: 0,125 | 22,85 |



ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

| | |
|--|---|
| Obra: Construcción de CTyDF Ubicación: Bower Provincia: Córdoba Comitente: CORMECOR | Ensayo Nº: 1 Muestra: V1 - 2m a 3m Norma ensayo: VN - E5 - 93 - Ensayo I |
|--|---|

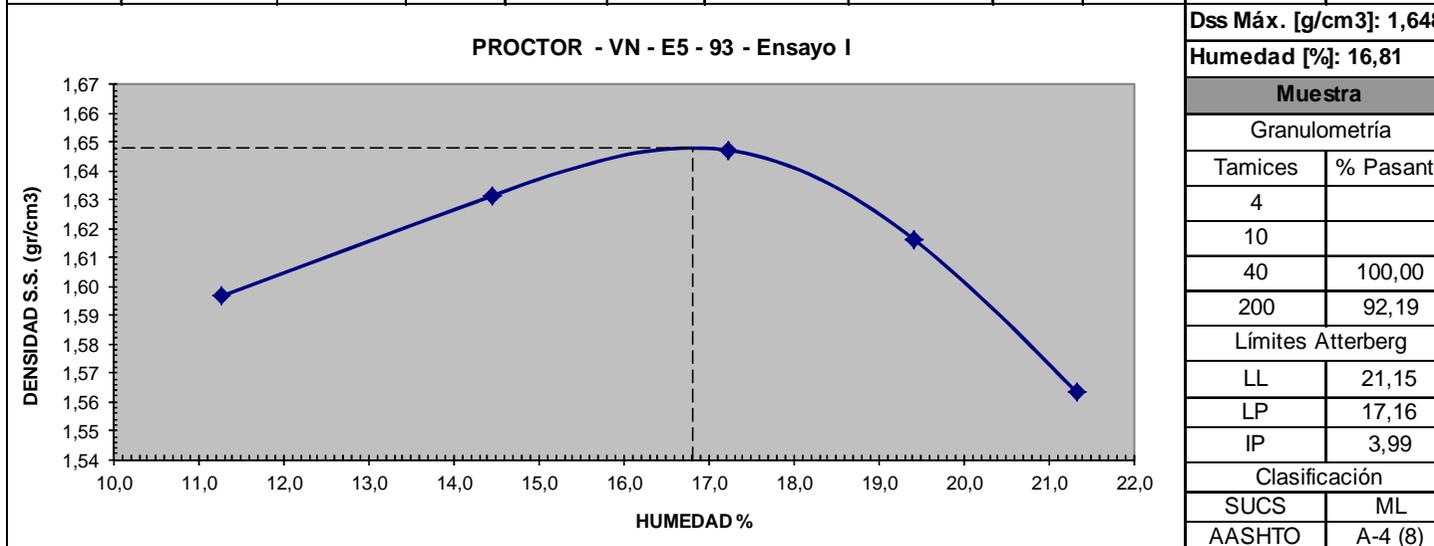
| | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|-----------------|----------------------------------|--------|-----------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|------------|----------------------------------|
| Fecha: 16/07/2014 | PROCTOR - VN - E5 - 93 - Ensayo I | | | | | | Material: Limo castaño claro. | | | | |
| Datos del molde: | Nº: 1 | | Peso molde (P_{molde}): | | | 2855,29 | Volumen molde: | | 929,37 | | |
| Punto Nº | $P_{sh} + P_{molde}$ [g] | P_{sh} [g] | D_{sh} [g/cm ³] | Nº pf. | P_{pf} [g] | $P_{sh} + P_{pf}$ [g] | $P_{ss} + P_{pf}$ [g] | P_{agua} [g] | P_{ss} [g] | % H [%] | D_{ss} [g/cm ³] |
| 1 | 4461,0 | 1605,7 | 1,728 | LP216 | 50,0 | 357,5 | 321,0 | 36,5 | 271,0 | 13,47 | 1,523 |
| 2 | 4589,1 | 1733,8 | 1,866 | LP117 | 51,9 | 369,5 | 326,8 | 42,7 | 274,9 | 15,53 | 1,615 |
| 3 | 4702,9 | 1847,6 | 1,988 | LP152 | 42,8 | 402,1 | 347,3 | 54,8 | 304,5 | 18,00 | 1,685 |
| 4 | 4712,6 | 1857,3 | 1,998 | LP207 | 45,3 | 311,2 | 267,2 | 44,0 | 221,9 | 19,83 | 1,668 |
| 5 | 4700,0 | 1844,7 | 1,985 | LP18 | 46,4 | 356,9 | 301,5 | 55,4 | 255,1 | 21,72 | 1,631 |



ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

| | |
|--|---|
| Obra: Construcción de CTyDF Ubicación: Bower Provincia: Córdoba Comitente: CORMECOR | Ensayo Nº: 3 Muestra: V2 - 2m a 3m Norma ensayo: VN - E5 - 93 - Ensayo I |
|--|---|

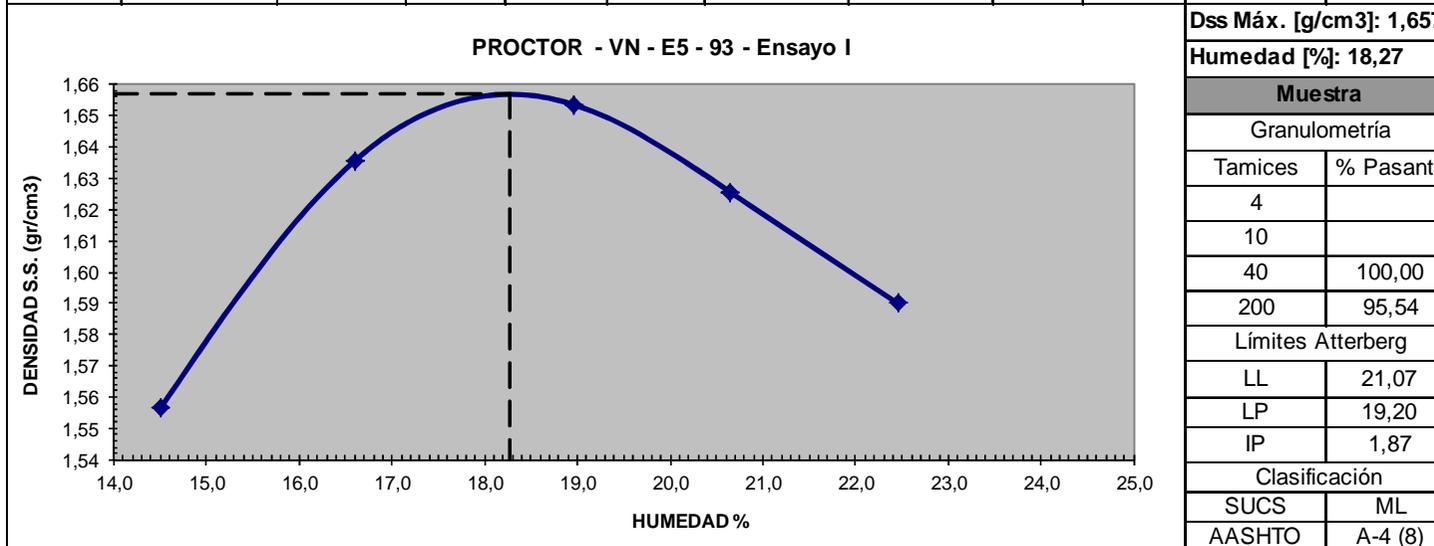
| Fecha: 18/07/2014 | | PROCTOR - VN - E5 - 93 - Ensayo I | | | | | | Material: Limo castaño claro. | | | |
|-------------------|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|------------------------|--|--|-------------------------------|------------------------|------------|---|
| Datos del molde: | | Nº: 1 | | Peso molde (P _{molde}): | | 2855,29 | | Volumen molde: | | 929,37 | |
| Punto Nº | P _{sh} + P _{molde} [g] | P _{sh} [g] | D _{sh} [g/cm ³] | Nº pf. | P _{pf} [g] | P _{sh} + P _{pf} [g] | P _{ss} + P _{pf} [g] | P _{agua} [g] | P _{ss} [g] | % H [%] | D _{ss} [g/cm ³] |
| 1 | 4506,4 | 1651,1 | 1,777 | LP163 | 51,5 | 306,2 | 280,4 | 25,8 | 228,9 | 11,27 | 1,597 |
| 2 | 4590,6 | 1735,3 | 1,867 | LP21 | 46,9 | 328,8 | 293,2 | 35,6 | 246,3 | 14,45 | 1,631 |
| 3 | 4650,0 | 1794,7 | 1,931 | LP102 | 46,7 | 324,2 | 283,4 | 40,8 | 236,7 | 17,24 | 1,647 |
| 4 | 4649,1 | 1793,8 | 1,930 | LP101 | 46,4 | 376,8 | 323,1 | 53,7 | 276,7 | 19,41 | 1,616 |
| 5 | 4618,2 | 1762,9 | 1,897 | LP35 | 50,9 | 362,7 | 307,9 | 54,8 | 257,0 | 21,32 | 1,564 |



ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

| | |
|--|---|
| Obra: Construcción de CTyDF Ubicación: Bower Provincia: Córdoba Comitente: CORMECOR | Ensayo Nº: 2 Muestra: V3 - 2m a 3m Norma ensayo: VN - E5 - 93 - Ensayo I |
|--|---|

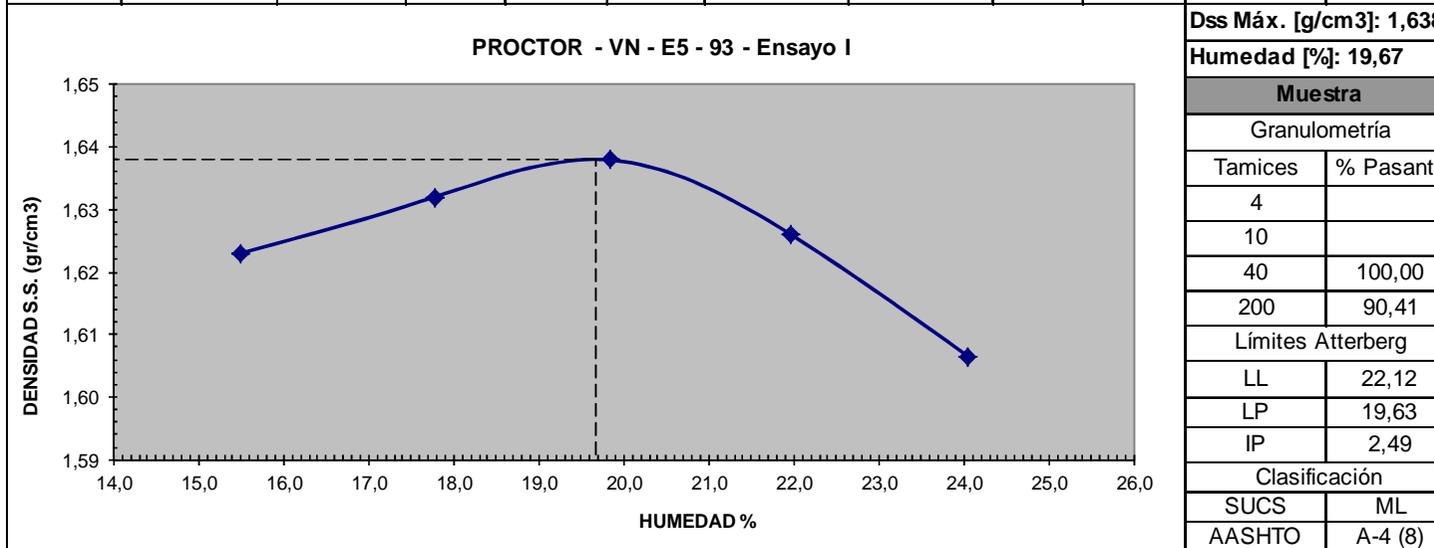
| Fecha: 16/07/2014 | | PROCTOR - VN - E5 - 93 - Ensayo I | | | | | | Material: Limo castaño claro. | | | |
|-------------------|---|-----------------------------------|---|-----------------------------------|------------------------|--|--|-------------------------------|------------------------|------------|---|
| Datos del molde: | | Nº: 1 | | Peso molde (P _{molde}): | | 2855,29 | | Volumen molde: | | 929,37 | |
| Punto Nº | P _{sh} + P _{molde} [g] | P _{sh} [g] | D _{sh} [g/cm ³] | Nº pf. | P _{pf} [g] | P _{sh} + P _{pf} [g] | P _{ss} + P _{pf} [g] | P _{agua} [g] | P _{ss} [g] | % H [%] | D _{ss} [g/cm ³] |
| 1 | 4512,0 | 1656,7 | 1,783 | LP109 | 46,8 | 353,0 | 314,2 | 38,8 | 267,4 | 14,51 | 1,557 |
| 2 | 4627,6 | 1772,3 | 1,907 | LP206 | 45,6 | 321,7 | 282,4 | 39,3 | 236,8 | 16,60 | 1,636 |
| 3 | 4683,4 | 1828,1 | 1,967 | LP209 | 44,8 | 317,2 | 273,8 | 43,4 | 229,0 | 18,95 | 1,654 |
| 4 | 4678,0 | 1822,7 | 1,961 | LP101 | 46,2 | 451,3 | 382,0 | 69,3 | 335,8 | 20,64 | 1,626 |
| 5 | 4664,8 | 1809,5 | 1,947 | LP224 | 49,8 | 419,6 | 351,8 | 67,8 | 302,0 | 22,45 | 1,590 |



ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

| | |
|--|---|
| Obra: Construcción de CTyDF Ubicación: Bower Provincia: Córdoba Comitente: CORMECOR | Ensayo Nº: 4 Muestra: V4 - 2m a 3m Norma ensayo: VN - E5 - 93 - Ensayo I |
|--|---|

| | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|-----------------|----------------------------------|--------|-----------------|--------------------------|-------------------------------|-------------------|-----------------|------------|----------------------------------|
| Fecha: 21/07/2014 | PROCTOR - VN - E5 - 93 - Ensayo I | | | | | | Material: Limo castaño claro. | | | | |
| Datos del molde: | Nº: 1 | | Peso molde (P_{molde}): | | | 2855,29 | Volumen molde: | | 929,37 | | |
| Punto Nº | $P_{sh} + P_{molde}$ [g] | P_{sh} [g] | D_{sh} [g/cm ³] | Nº pf. | P_{pf} [g] | $P_{sh} + P_{pf}$ [g] | $P_{ss} + P_{pf}$ [g] | P_{agua} [g] | P_{ss} [g] | % H [%] | D_{ss} [g/cm ³] |
| 1 | 4597,3 | 1742,0 | 1,874 | LP78 | 46,1 | 332,4 | 294,0 | 38,4 | 247,9 | 15,49 | 1,623 |
| 2 | 4641,5 | 1786,2 | 1,922 | LP116 | 50,0 | 380,7 | 330,8 | 49,9 | 280,8 | 17,77 | 1,632 |
| 3 | 4679,5 | 1824,2 | 1,963 | LP60 | 51,4 | 374,0 | 320,6 | 53,4 | 269,2 | 19,84 | 1,638 |
| 4 | 4698,3 | 1843,0 | 1,983 | LP22 | 43,2 | 339,8 | 286,4 | 53,4 | 243,2 | 21,96 | 1,626 |
| 5 | 4707,4 | 1852,1 | 1,993 | LP129 | 52,4 | 354,2 | 295,7 | 58,5 | 243,3 | 24,04 | 1,607 |



Obra: Construcción de CTyDF

Sondeo: S03

Fecha: 21/07/2014

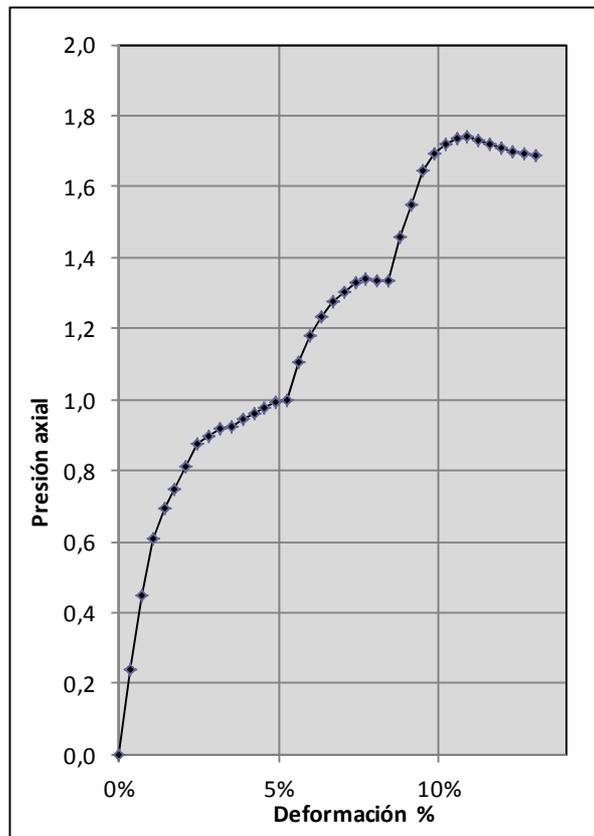
Ubicación: Bouwer

Profundidad: 14m

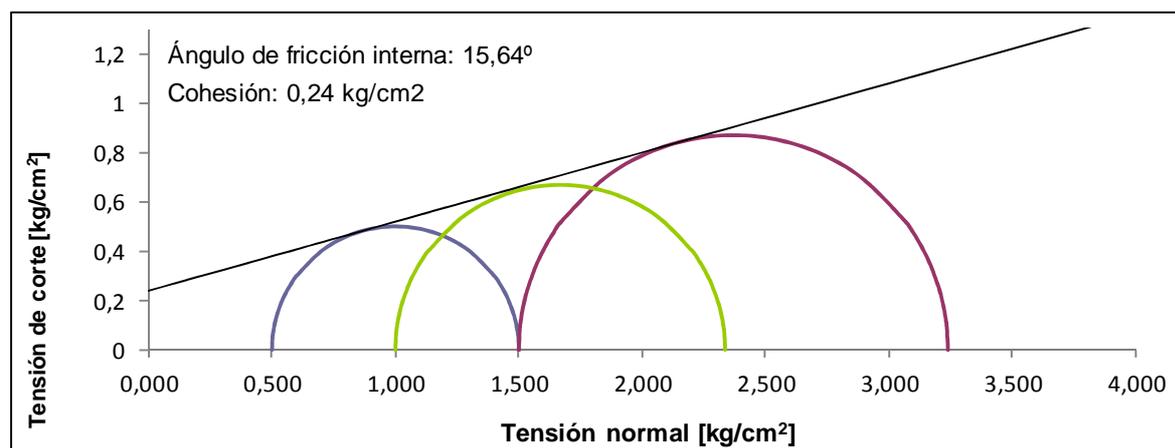
Comitente: CORMECOR

Material: Limo castaño medio, nodu

| | |
|--------------------|-------------------------|
| Muestra: | S03 - 14m |
| Altura: | 7,1 cm |
| Área: | 9,898 cm ² |
| Diámetro: | 3,55 cm |
| Volumen: | 70,28 cm ³ |
| Peso Húmedo: | 121,78 g |
| Hº Natural: | 17,01 % |
| Peso Unit. Húmedo: | 1,733 g/cm ³ |
| Peso Unit. Seco: | 1,481 g/cm ³ |
| Hº de Ensayo: | 26,77 % |
| PT200: | 88,20 % |
| LL: | 24,74 % |
| LP: | 21,00 % |
| IP: | 3,74 % |
| SUCS: | ML |



| Estado de Carga | Presión Confinamiento [kg/cm²] | Presión Axial Máxima [kg/cm²] |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 0,50 | 1,501 |
| 2 | 1,00 | 2,336 |
| 3 | 1,50 | 3,239 |

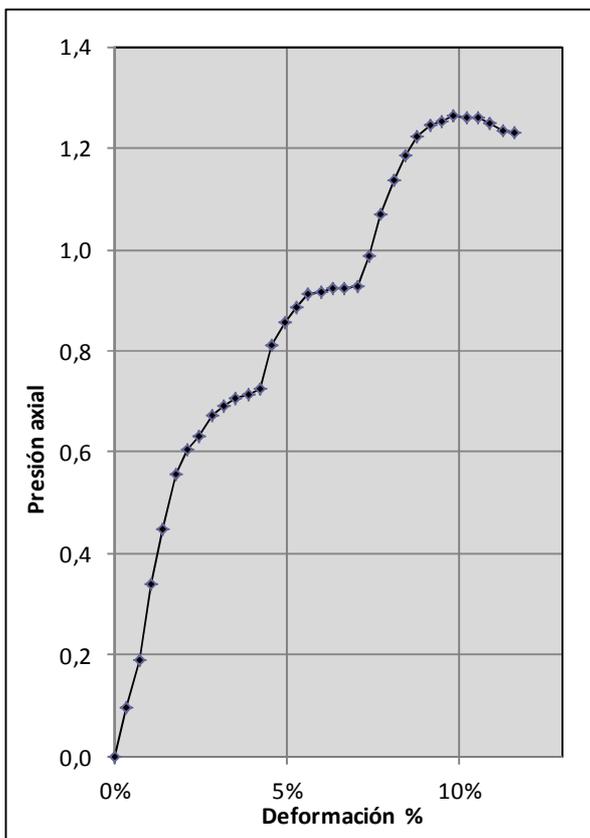


Obra: Construcción de CTyDF
 Ubicación: Bouwer
 Comitente: CORMECOR

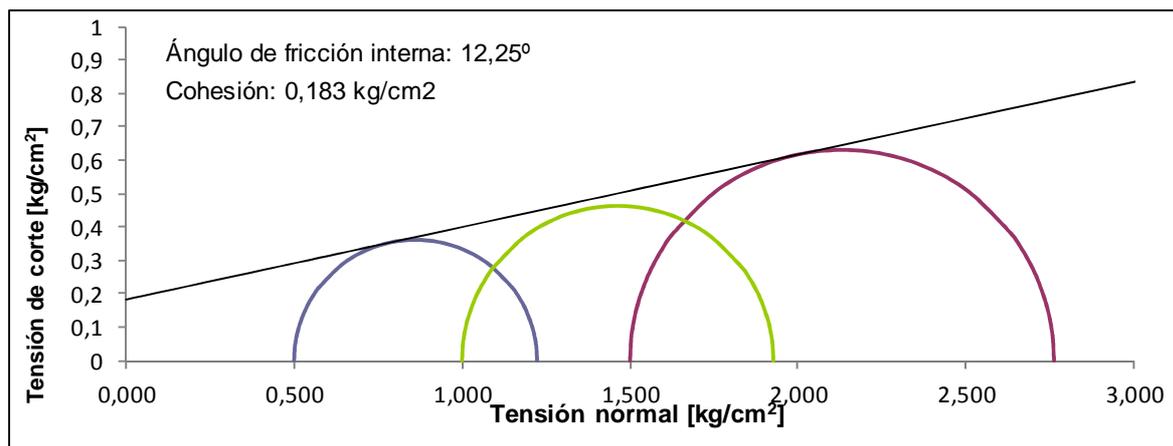
Sondeo: S04
 Profundidad: 8m
 Material: Limo castaño claro

Fecha: 18/07/2014

| | |
|--------------------|-------------------------|
| Muestra: | S04 - 8m |
| Altura: | 7,1 cm |
| Área: | 9,898 cm ² |
| Diámetro: | 3,55 cm |
| Volumen: | 70,28 cm ³ |
| Peso Húmedo: | 116,60 g |
| Hº Natural: | 18,01 % |
| Peso Unit. Húmedo: | 1,659 g/cm ³ |
| Peso Unit. Seco: | 1,406 g/cm ³ |
| Hº de Ensayo: | 25,94 % |
| PT200: | 87,14 % |
| LL: | 20,42 % |
| LP: | 16,05 % |
| IP: | 4,37 % |
| SUCS: | CL-ML |



| Estado de Carga | Presión Confinamiento [kg/cm²] | Presión Axial Máxima [kg/cm²] |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 0,50 | 1,223 |
| 2 | 1,00 | 1,927 |
| 3 | 1,50 | 2,762 |



Obra: Construcción de CTyDF

Sondeo: S05

Fecha: 22/07/2014

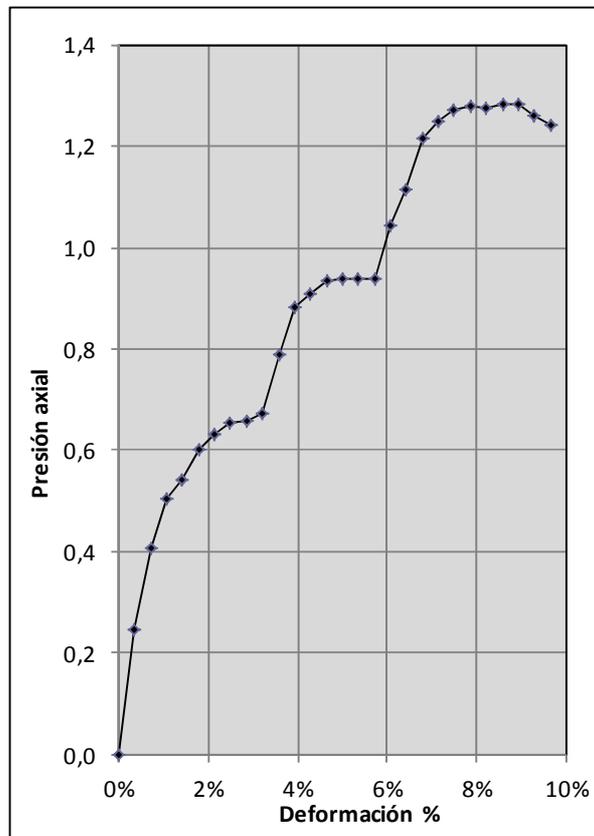
Ubicación: Bouwer

Profundidad: 14m

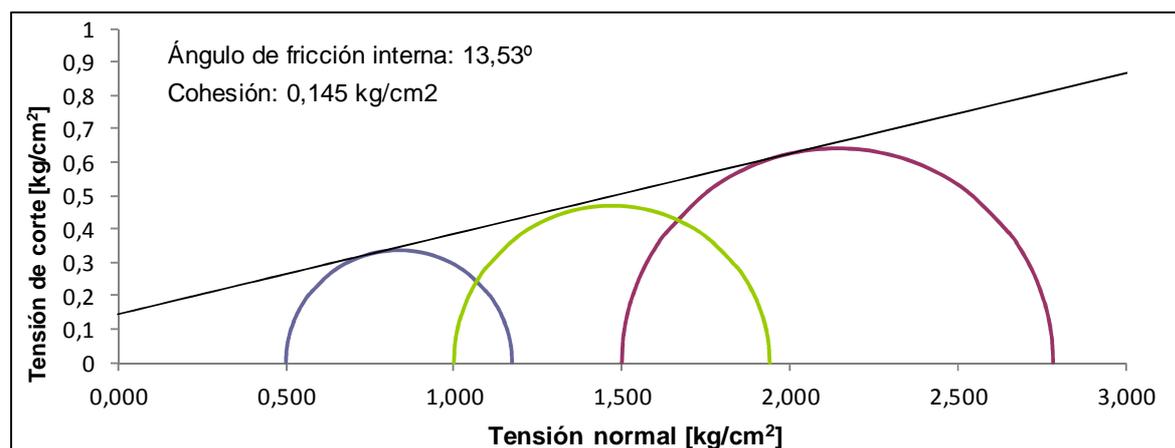
Comitente: CORMECOR

Material: Limo castaño medio

| | |
|--------------------|-------------------------|
| Muestra: | S05 - 14m |
| Altura: | 7,0 cm |
| Área: | 9,898 cm ² |
| Diámetro: | 3,55 cm |
| Volumen: | 69,29 cm ³ |
| Peso Húmedo: | 131,17 g |
| Hº Natural: | 20,79 % |
| Peso Unit. Húmedo: | 1,893 g/cm ³ |
| Peso Unit. Seco: | 1,567 g/cm ³ |
| Hº de Ensayo: | 25,54 % |
| PT200: | 91,67 % |
| LL: | 18,47 % |
| LP: | 16,78 % |
| IP: | 1,69 % |
| SUCS: | ML |



| Estado de Carga | Presión Confinamiento [kg/cm²] | Presión Axial Máxima [kg/cm²] |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 0,50 | 1,174 |
| 2 | 1,00 | 1,940 |
| 3 | 1,50 | 2,784 |

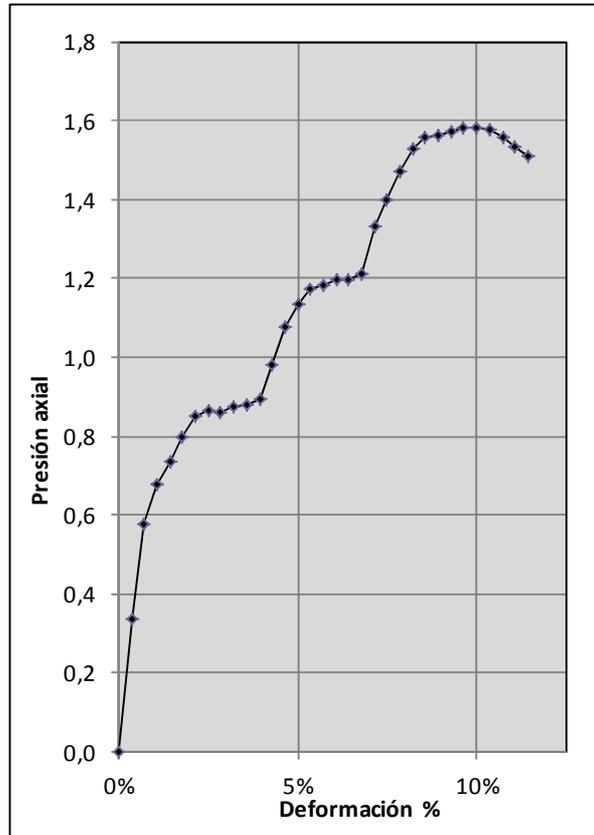


Obra: Construcción de CTyDF
 Ubicación: Bouwer
 Comitente: CORMECOR

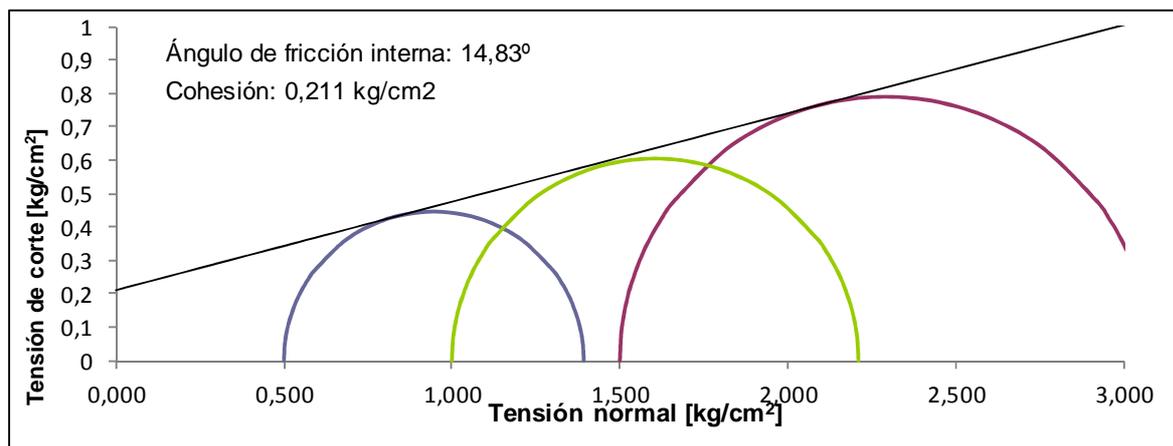
Sondeo: V1
 Profundidad: Combinada 2,0 a 3,0m
 Material: Limo castaño claro

Fecha: 31/07/2014

| | |
|--------------------|-------------------------|
| Muestra: | PROCTOR STD V1 |
| Altura: | 7,0 cm |
| Área: | 9,898 cm ² |
| Diámetro: | 3,55 cm |
| Volumen: | 69,29 cm ³ |
| Peso Húmedo: | 137,01 g |
| Hº Natural: | 18,03 % |
| Peso Unit. Húmedo: | 1,977 g/cm ³ |
| Peso Unit. Seco: | 1,675 g/cm ³ |
| Hº de Ensayo: | 24,69 % |
| PT200: | 93,95 % |
| LL: | 21,51 % |
| LP: | 18,90 % |
| IP: | 2,61 % |
| SUCS: | ML |



| Estado de Carga | Presión Confinamiento [kg/cm²] | Presión Axial Máxima [kg/cm²] |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 0,50 | 1,393 |
| 2 | 1,00 | 2,210 |
| 3 | 1,50 | 3,081 |



Obra: Construcción de CTyDF

Sondeo: V3

Fecha: 23/07/2014

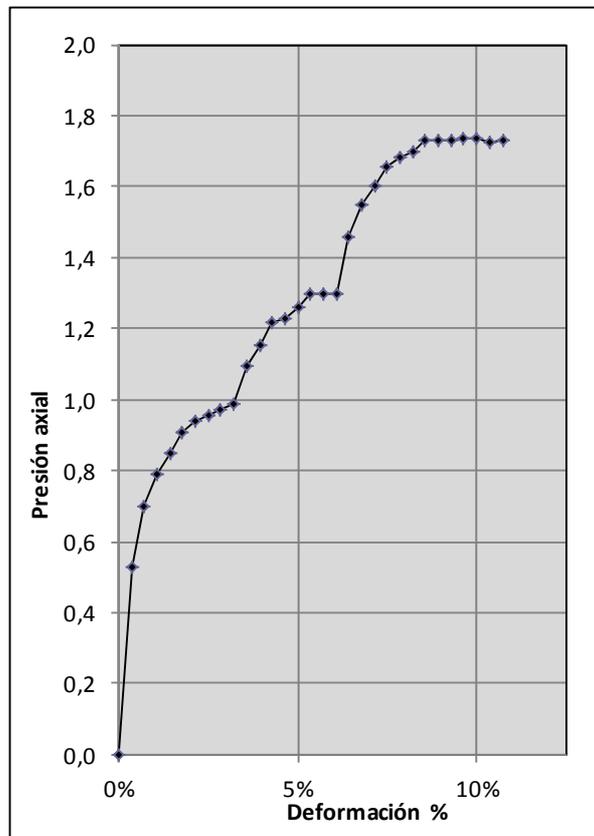
Ubicación: Bouwer

Profundidad: Combinada 2,0 a 3,0m

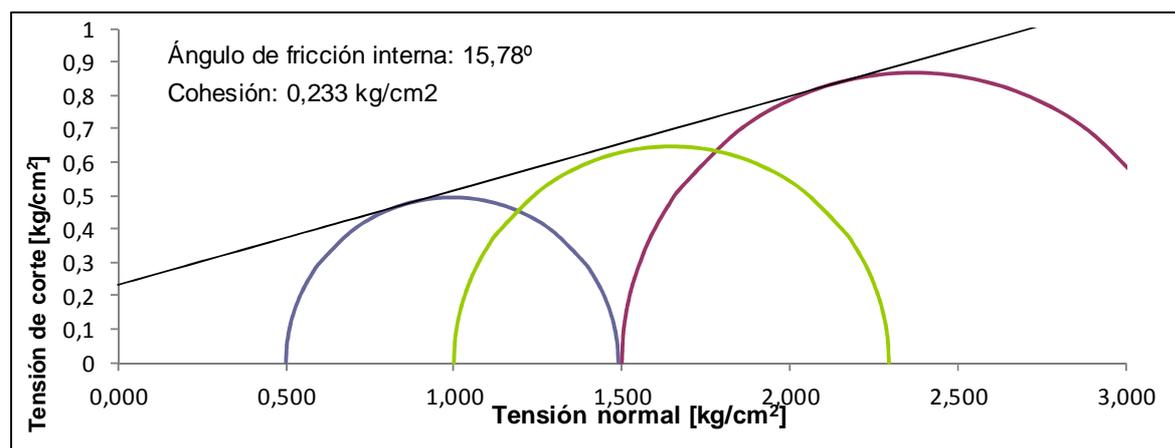
Comitente: CORMECOR

Material: Limo castaño claro

| | |
|--------------------|-------------------------|
| Muestra: | PROCTOR STD V3 |
| Altura: | 7,0 cm |
| Área: | 9,898 cm ² |
| Diámetro: | 3,55 cm |
| Volumen: | 69,29 cm ³ |
| Peso Húmedo: | 133,99 g |
| Hº Natural: | 17,85 % |
| Peso Unit. Húmedo: | 1,934 g/cm ³ |
| Peso Unit. Seco: | 1,641 g/cm ³ |
| Hº de Ensayo: | 25,33 % |
| PT200: | 93,26 % |
| LL: | 21,07 % |
| LP: | 19,20 % |
| IP: | 1,87 % |
| SUCS: | ML |



| Estado de Carga | Presión Confinamiento [kg/cm²] | Presión Axial Máxima [kg/cm²] |
|-----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 0,50 | 1,490 |
| 2 | 1,00 | 2,295 |
| 3 | 1,50 | 3,237 |



ENSAYO DE PERMEABILIDAD A CARGA VARIABLE

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| Obra: Construcción de CTyDF | Fecha: 05/08/2014 |
| Ubicación: Bouwer | |
| Localidad: Córdoba | |
| Comitente: CORMECOR | |

| Muestra | Hº Natural | LL | LP | IP | PT200 | SUCS |
|---------|------------|-------|-------|------|-------|------|
| S02-8m | 17,52 | 23,37 | 20,08 | 3,29 | 87,20 | ML |

| | | |
|-------------------|--------------------------------|----------------------|
| Datos del ensayo: | Sección tubo de la bureta (f): | 0,64 cm ² |
| | Longitud muestra (h): | 5,00 cm |
| | Sección de la muestra (A): | 9,90 cm ² |

| Lectura | Tiempo acumulado | Tiempo entre lecturas | Tiempo [s] | Altura [cm] | Decremento de altura | Permeabilidad Parcial [cm/s] |
|---------|------------------|-----------------------|------------|-------------|----------------------|------------------------------|
| 1 | 00:00:00 | | | 170 | | |
| 2 | 00:05:53 | 00:05:53 | 353 | 99,9 | 70,1 | 4,834E-04 |
| 3 | 00:10:43 | 00:04:50 | 290 | 67,9 | 32 | 4,274E-04 |
| 4 | 00:17:15 | 00:06:32 | 392 | 41,4 | 26,5 | 4,051E-04 |
| 5 | 00:22:55 | 00:05:40 | 340 | 27,1 | 14,3 | 4,001E-04 |
| 6 | 00:29:01 | 00:06:06 | 366 | 16,3 | 10,8 | 4,459E-04 |
| 7 | 00:33:04 | 00:04:03 | 243 | 11,5 | 4,8 | 4,608E-04 |
| 8 | 00:38:23 | 00:05:19 | 319 | 7,2 | 4,3 | 4,712E-04 |
| 9 | 00:44:05 | 00:05:42 | 342 | 4,4 | 2,8 | 4,622E-04 |
| 10 | 00:49:31 | 00:05:26 | 326 | 2,7 | 1,7 | 4,809E-04 |

Permeabilidad promedio: 4,486E-04

ENSAYO DE PERMEABILIDAD A CARGA VARIABLE

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| Obra: Construcción de CTyDF | Fecha: 04/08/2014 |
| Ubicación: Bouwer | |
| Localidad: Córdoba | |
| Comitente: CORMECOR | |

| Muestra | Hº Natural | LL | LP | IP | PT200 | SUCS |
|---------|------------|------|-------|------|-------|------|
| S08-14m | 12,76 | 19,2 | 18,33 | 0,87 | 78,01 | ML |

| | | |
|-------------------|--------------------------------|----------------------|
| Datos del ensayo: | Sección tubo de la bureta (f): | 0,64 cm ² |
| | Longitud muestra (h): | 5,00 cm |
| | Sección de la muestra (A): | 9,90 cm ² |

| Lectura | Tiempo acumulado | Tiempo entre lecturas | Tiempo [s] | Altura [cm] | Decremento de altura | Permeabilidad Parcial [cm/s] |
|---------|------------------|-----------------------|------------|-------------|----------------------|------------------------------|
| 1 | 00:00:00 | | | 179 | | |
| 2 | 00:02:58 | 00:02:58 | 178 | 114 | 65 | 8,137E-04 |
| 3 | 00:05:41 | 00:02:43 | 163 | 74,8 | 39,2 | 8,298E-04 |
| 4 | 00:08:38 | 00:02:57 | 177 | 47,8 | 27 | 8,121E-04 |
| 5 | 00:12:08 | 00:03:30 | 210 | 27,9 | 19,9 | 8,230E-04 |
| 6 | 00:14:54 | 00:02:46 | 166 | 18,3 | 9,6 | 8,155E-04 |
| 7 | 00:18:06 | 00:03:12 | 192 | 11,2 | 7,1 | 8,209E-04 |
| 8 | 00:22:06 | 00:04:00 | 240 | 6,1 | 5,1 | 8,127E-04 |
| 9 | 00:25:25 | 00:03:19 | 199 | 3,7 | 2,4 | 8,065E-04 |
| 10 | 00:28:02 | 00:02:37 | 157 | 2,5 | 1,2 | 8,016E-04 |

Permeabilidad promedio: 8,151E-04

ENSAYO DE PERMEABILIDAD A CARGA VARIABLE

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| Obra: Construcción de CTyDF | Fecha: 04/08/2014 |
| Ubicación: Bouwer | |
| Localidad: Córdoba | |
| Comitente: CORMECOR | |

| Muestra | H° Natural | LL | LP | IP | PT200 | SUCS |
|---------------------|------------|-------|-------|------|-------|------|
| 100% Proctor Std V4 | 19,45 | 22,12 | 19,63 | 2,49 | 91,02 | ML |

| | | |
|-------------------|--------------------------------|----------------------|
| Datos del ensayo: | Sección tubo de la bureta (f): | 0,64 cm ² |
| | Longitud muestra (h): | 3,00 cm |
| | Sección de la muestra (A): | 9,90 cm ² |

| Lectura | Tiempo acumulado | Tiempo entre lecturas | Tiempo [s] | Altura [cm] | Decremento de altura | Permeabilidad Parcial [cm/s] |
|---------|------------------|-----------------------|------------|-------------|----------------------|------------------------------|
| 1 | 00:00:00 | | | 185 | | |
| 2 | 00:19:43 | 00:19:43 | 1183 | 181,8 | 3,2 | 2,841E-06 |
| 3 | 00:38:33 | 00:18:50 | 1130 | 179,1 | 2,7 | 2,550E-06 |
| 4 | 00:57:13 | 00:18:40 | 1120 | 176,3 | 2,8 | 2,710E-06 |
| 5 | 01:14:20 | 00:17:07 | 1027 | 173,8 | 2,5 | 2,678E-06 |
| 6 | 01:35:16 | 00:20:56 | 1256 | 170,7 | 3,1 | 2,760E-06 |
| 7 | 01:52:18 | 00:17:02 | 1022 | 168,2 | 2,5 | 2,780E-06 |
| 8 | 02:09:51 | 00:17:33 | 1053 | 165,7 | 2,5 | 2,739E-06 |
| 9 | 02:29:32 | 00:19:41 | 1181 | 162,8 | 2,9 | 2,879E-06 |
| 10 | 02:45:26 | 00:15:54 | 954 | 160,5 | 2,3 | 2,873E-06 |

Permeabilidad promedio: 2,757E-06

ENSAYO DE DISPERSIVIDAD (PIN HOLE TEST)

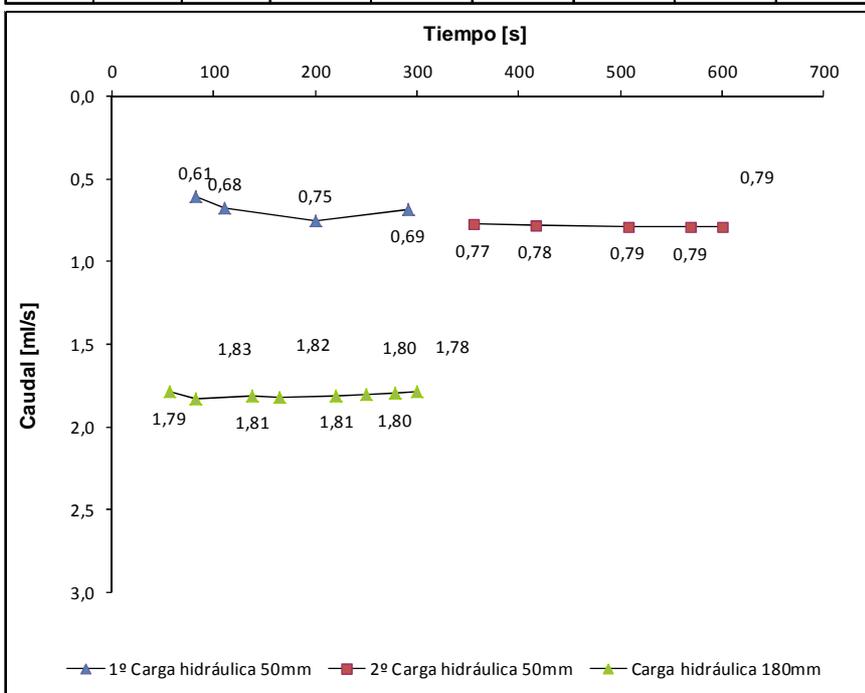
ASTMD 4647 - 87

| | |
|-----------------------------|-------------------|
| Obra: Construcción de CTyDF | Fecha: 29/07/2014 |
| Ubicación: Bouwer | |
| Provincia: Córdoba | |
| Comitente: CORMECOR | |

| Muestra | Hº Nat. | Dsh | Dss | Diámetro | Altura | Diám. Final |
|----------|---------|-------|-------|----------|--------|-------------|
| S03 - 4m | 15,59 | 1,631 | 1,411 | 33mm | 38mm | 1,8mm |

| Carga hidráulica [mm] | Flujo | | Caudal [ml/s] | Turbidez | | | | |
|-----------------------|-------|-----|---------------|------------|--------|-------------|--------------|-------|
| | [ml] | [s] | | Muy oscuro | Oscuro | Mod. Oscuro | Suav. Oscuro | Clara |
| 50 | 50 | 82 | 0,61 | | | | X | |
| | 75 | 111 | 0,68 | | | | X | |
| | 150 | 200 | 0,75 | | | | X | |
| | 200 | 291 | 0,69 | | | | X | |
| | 275 | 355 | 0,77 | | | X | | |
| | 325 | 416 | 0,78 | | | X | | |
| | 400 | 507 | 0,79 | | | X | | |
| | 450 | 569 | 0,79 | | | X | | |
| | 475 | 600 | 0,79 | | | X | | |

| Carga hidráulica [mm] | Flujo | | Caudal [ml/s] | Turbidez | | | | |
|-----------------------|-------|-----|---------------|------------|--------|-------------|--------------|-------|
| | [ml] | [s] | | Muy oscuro | Oscuro | Mod. Oscuro | Suav. Oscuro | Clara |
| 180 | 100 | 56 | 1,79 | | X | | | |
| | 150 | 82 | 1,83 | | X | | | |
| | 250 | 138 | 1,81 | | X | | | |
| | 300 | 165 | 1,82 | | X | | | |
| | 400 | 221 | 1,81 | | X | | | |
| | 450 | 250 | 1,80 | X | | | | |
| | 500 | 278 | 1,80 | X | | | | |
| | 535 | 300 | 1,78 | X | | | | |



Clasificación (Método A): ND3 (Moderada a ligeramente dispersiva)

Observaciones:

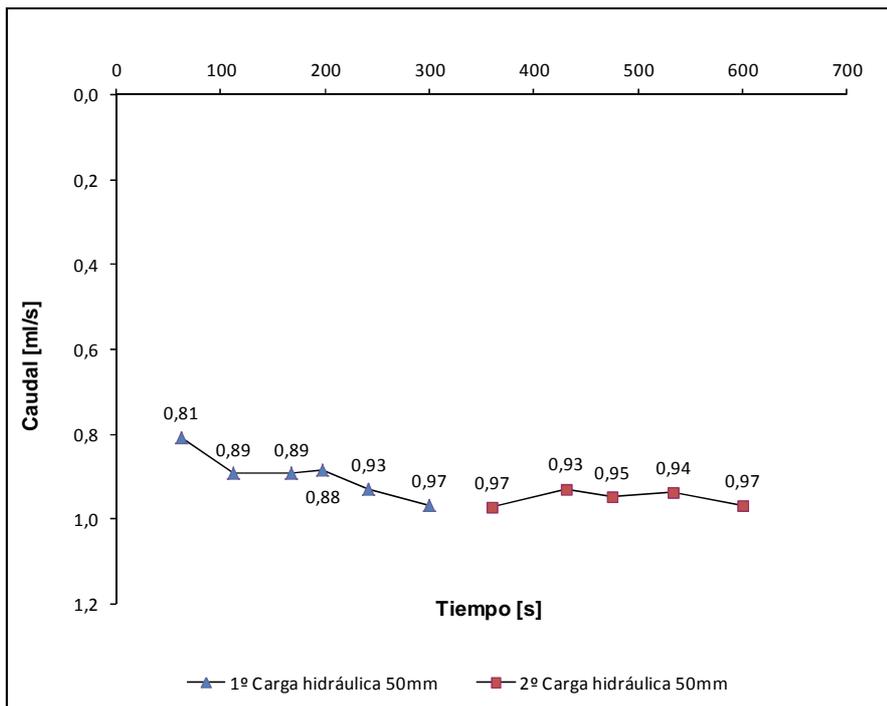
ENSAYO DE DISPERSIVIDAD (PIN HOLE TEST)

ASTMD 4647 - 87

| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Obra: Construcción de CTyDF | Fecha: 24/07/2014 |
| Ubicación: Bouwer | |
| Provincia: Córdoba | |
| Comitente: CORMECOR | |

| Muestra | H° Nat. | Dsh | Dss | Diámetro | Altura | Diám. Final |
|----------|---------|-------|-------|----------|--------|-------------|
| S06 - 4m | 15,28 | 1,578 | 1,369 | 33mm | 38mm | 1,7mm |

| Carga hidráulica [mm] | Flujo | | Caudal [ml/s] | Turbidez | | | | |
|-----------------------|-------|-----|---------------|------------|--------|-------------|--------------|-------|
| | [ml] | [s] | | Muy oscuro | Oscuro | Mod. Oscuro | Suav. Oscuro | Clara |
| 50 | 50 | 62 | 0,81 | | | X | | |
| | 100 | 112 | 0,89 | | | X | | |
| | 150 | 168 | 0,89 | | | X | | |
| | 175 | 198 | 0,88 | | | X | | |
| | 225 | 242 | 0,93 | | | X | | |
| | 290 | 300 | 0,97 | | X | | | |
| | 350 | 360 | 0,97 | | X | | | |
| | 400 | 431 | 0,93 | | X | | | |
| | 450 | 475 | 0,95 | | X | | | |
| | 500 | 534 | 0,94 | X | | | | |
| | 580 | 600 | 0,97 | X | | | | |



Clasificación (Método A): ND4 (Moderada dispersiva)

Observaciones:

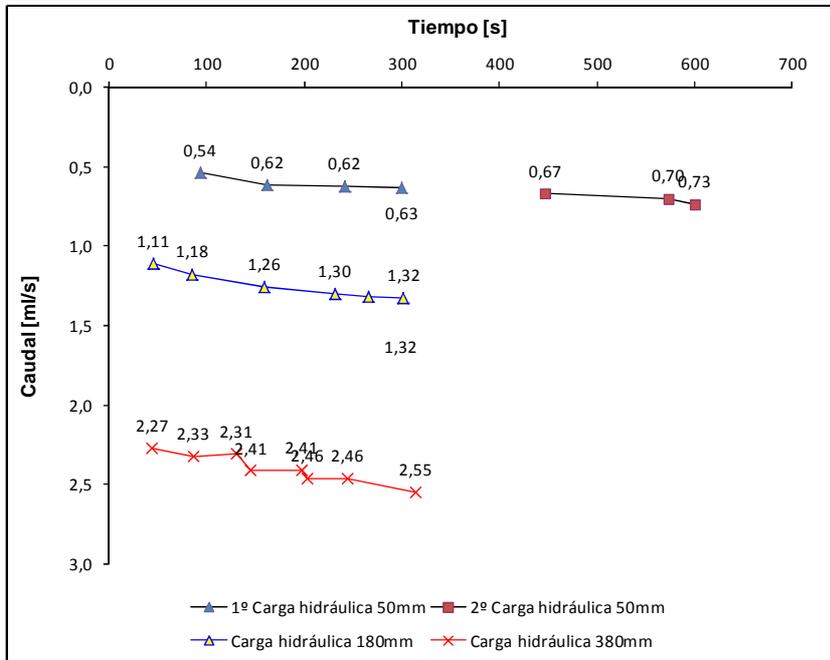
ENSAYO DE DISPERSIVIDAD (PIN HOLE TEST)

ASTM D 4647 - 87

| | |
|------------------------------------|--------------------------|
| Obra: Construcción de CTyDF | Fecha: 24/07/2014 |
| Ubicación: Bouwer | |
| Provincia: Córdoba | |
| Comitente: CORMECOR | |

| Muestra | Hº Nat. | Dsh | Dss | Diámetro | Altura | Diám. Final |
|--------------------------|---------|-------|-------|----------|--------|-------------|
| 98% Proctor V2 - 2m a 3m | 16,75 | 1,888 | 1,617 | 33mm | 38mm | 2,0mm |

| Carga hidráulica [mm] | Flujo | | Caudal [ml/s] | Turbidez | | | | |
|-----------------------|-------|------|---------------|-----------|--------|-------------|--------------|-------|
| | [ml] | [s] | | Muyoscuro | Oscuro | Mod. Oscuro | Suav. Oscuro | Clara |
| 50 | 50 | 93 | 0,54 | | | | X | |
| | 100 | 162 | 0,62 | | | | X | |
| | 150 | 241 | 0,62 | | | | X | |
| | 190 | 300 | 0,63 | | | | X | |
| | 300 | 447 | 0,67 | | | | X | |
| | 400 | 573 | 0,70 | | | X | | |
| 440 | 600 | 0,73 | | | X | | | |
| 180 | 50 | 45 | 1,11 | | | X | | |
| | 100 | 85 | 1,18 | | | X | | |
| | 200 | 159 | 1,26 | | X | | | |
| | 300 | 231 | 1,30 | | X | | | |
| | 350 | 266 | 1,32 | | X | | | |
| | 400 | 302 | 1,32 | | X | | | |
| 380 | 100 | 44 | 2,27 | | X | | | |
| | 200 | 86 | 2,33 | | X | | | |
| | 300 | 130 | 2,31 | | X | | | |
| | 350 | 145 | 2,41 | | X | | | |
| | 475 | 197 | 2,41 | | X | | | |
| | 500 | 203 | 2,46 | | X | | | |
| | 600 | 244 | 2,46 | X | | | | |
| | 800 | 314 | 2,55 | X | | | | |



Clasificación (Método A): ND3 (Ligeramente dispersiva)

Observaciones: