

EXPLORACION GEOTECNICA PARA EL DISEÑO DE  
CIMENTACIONES DE TORRES PARA COMUNICACIONES  
8°51'2.84" NORTE, 76° 25'41.52"OESTE  
ARBOLETES, ANTIOQUIA

ESTUDIO DE SUELOS



---

ING. JHON ALEXANDER ECHEVERRI S.  
MAT.25202- 69983 CND.  
C.C. 79.541.681 de Bogotá

**EXPLORACION GEOTECNICA PARA EL DISEÑO  
DE CIMENTACIONES DE TORRES PARA  
COMUNICACIONES  
8°51'2.84" NORTE, 76° 25'41.52" OESTE  
ARBOLETES, ANTIOQUIA**

**ESTUDIO DE SUELOS**

**BOGOTÁ D.C., JUNIO DE 2018**

## **Í N D I C E**

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO**
- 3. ENSAYOS DE LABORATORIO**
- 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**
  - 4.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO**
  - 4.2 INFORMACION GENERAL DEL MUNICIPIO**
- 5. ANALISIS DE RESULTADOS GEOTECNICOS**
  - 5.1 ESTRATIGRAFIA Y PARÁMETROS GEOTECNICOS**
  - 5.2 HETEROGENEIDAD DEL SUBSUELO**
  - 5.3 NIVEL DE CIMENTACIÓN**
  - 5.4 DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE**
  - 5.5 CALCULO FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO E INDIRECTO**
- 6. ASPECTOS SÍSMICOS DEL PROYECTO**
- 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**
  - RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS**
  - GEOLOGIA**
  - GEOMORFOLOGIA**

## ***L I S T A   D E   F I G U R A S***

***FIGURA No. 1***

***LOCALIZACIÓN DE SONDEOS***

***FIGURA No. 2***

***PERFILES ESTRATIGRAFICOS DE SONDEOS***

## ***A N E X O S***

- 1.            MEMORIA DE CÁLCULO***
- 2.            MEMORIA ENSAYOS DE LABORATORIO***
- 3.            INFORME FOTOGRAFICO***

## 1. INTRODUCCIÓN

*Con el fin de adelantar la exploración geotécnica para el **DISEÑO DE CIMENTACIONES DE TORRES PARA COMUNICACIONES**; en el siguiente informe se presentan los resultados del estudio de suelos realizado en el municipio de Arboletes - Antioquia, dentro de las instalaciones de la estación Arboletes ubicada en la calle 28 entre carreras 30 y 32.*

*El objeto del estudio es el de determinar las características geomecánicas del suelo con base en lo cual definir el nivel apropiado para la cimentación de la obra, así como también seleccionar la capacidad portante admisible del suelo: características evaluadas en función del tipo de estructura y de las cargas que esta transmite al terreno de fundación.*

*Igualmente se presentan los resultados de la investigación del subsuelo, los análisis de ingeniería, las conclusiones y recomendaciones para el diseño y la construcción de la cimentación*

## 2. INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

Tabla H.3.1-1  
Clasificación de las unidades de construcción por categorías

Categoría de la unidad de construcción	Según los niveles de construcción	Según las cargas máximas de servicio en columnas (kN)
Baja	Hasta 3 niveles	Menores de 800 kN
Media	Entre 4 y 10 niveles	Entre 801 y 4,000 kN
Alta	Entre 11 y 20 niveles	Entre 4,001 y 8,000 kN
Especial	Mayor de 20 niveles	Mayores de 8,000 kN

Tabla H.3.2-1  
Número mínimo de sondeos y profundidad por cada unidad de construcción  
Categoría de la unidad de construcción

Categoría Baja	Categoría Media	Categoría Alta	Categoría Especial
Profundidad Mínima de sondeos: 6 m. Número mínimo de sondeos: 3	Profundidad Mínima de sondeos: 15 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 25 m. Número mínimo de sondeos: 4	Profundidad Mínima de sondeos: 30 m. Número mínimo de sondeos: 5

Se define que el nivel de complejidad es baja, debido a que la estructura pesa alrededor de 210 KN, dicho peso se deberá distribuir entre el número de apoyos que tenga la torre.

Con el propósito de conocer el perfil del subsuelo y evaluar los parámetros que rigen su comportamiento ante la imposición de cargas, se realizaron investigaciones y se recopiló información de la zona de las siguientes fuentes:

- Instituto Geografico Agustin Codazzi – IGAC

- Norma NSR -10
- Normas Invias – 2007
- Normas tecnicas Cololmbianas – NTC

*Actividad desarrollada mediante la ejecución de tres sondeos los cuales fueron llevados a 6.00 metros de profundidad o rechazo, cada uno con el objeto de efectuar la verificación del suelo existente; estos se realizaron con equipo de perforación por percusión y lavado con toma de muestras con tubo shelby; cada tipo de material encontrado se relacionó en el respectivo registro. Igualmente se tomaron muestras representativas de cada estrato.*

*En la figura No. 1 se indica la ubicación de los tres sondeos realizados con motivo del estudio, así mismo en la figura No. 2 se presenta el perfil estratigráfico para cada sondeo.*

*En cada perforación se determinó el perfil del suelo como se mencionó anteriormente, además se detectó la posición del nivel freático.*

### 3. ENSAYOS DE LABORATORIO

*Las muestras obtenidas, durante la exploración del subsuelo se identificaron visualmente y sobre un número representativo de ellas se hicieron ensayos de laboratorio requeridos tanto para clasificar el subsuelo como para determinar sus propiedades mecánicas e in situó.*

*Para suelos granulares o arcillas duras se realiza mediante penetración estándar (S.P.T), obteniéndose las respectivas muestras con el tubo partido (Split Spoon). Por encontrarse suelos de carácter cohesivo a profundidades intermedias se toman muestras inalteradas con el tubo de pared delgada (Tubo Shelby). De los suelos de relleno superficiales, se obtienen muestras alteradas.*

*A continuación, se relacionan los ensayos realizados*

#### **CLASIFICACIÓN**

- Límite líquido*
- Límite plástico*
- Granulometría*

#### **IN SITUÓ**

- Humedad*
- natural*
- Pesos*
- unitarios*

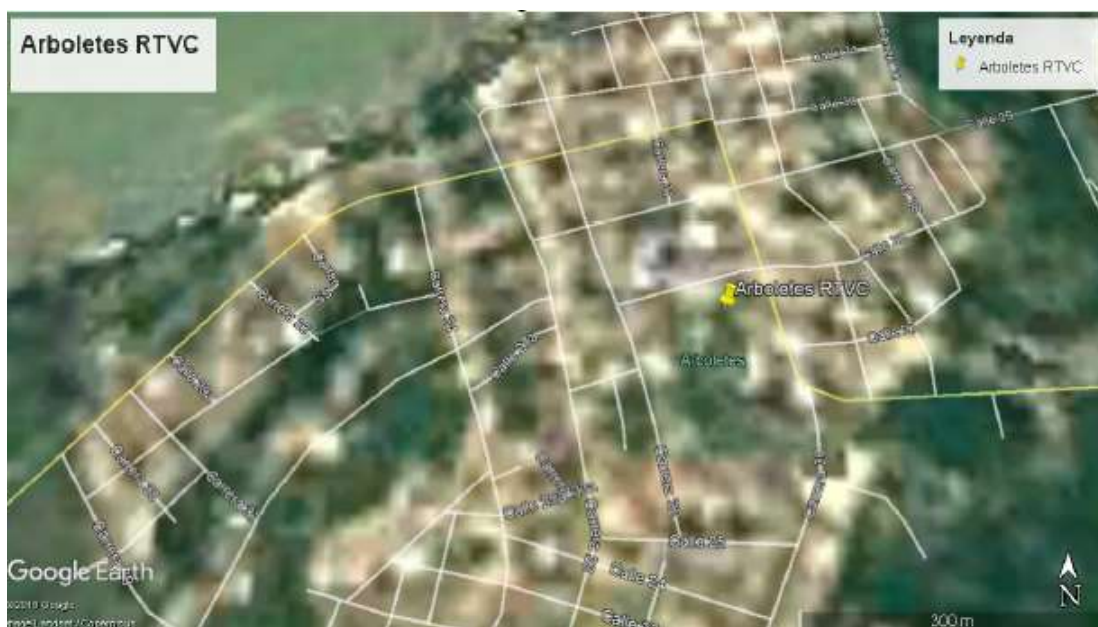


## 4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

### 4.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

*Exploración geotécnica para el diseño de cimentaciones para una torre de comunicaciones, que hace parte del proyecto de expansión de la red de televisión digital terrestre, realizado en el municipio de Arboletes-Antioquia, localizada en la calle 28 entre carreras 30 y 32, dentro de la cabecera municipal, y en las siguientes coordenadas:*

*8°51'2.84" Norte, 76° 25'41.52" Oeste.*



**Ubicación del proyecto**

## 4.2 INFORMACION GENERAL DEL MUNICIPIO

*El municipio de Arboletes con un área de extensión de 710 Km2 se encuentra ubicado al noroccidente del departamento de Antioquia, a orillas del Mar Caribe y al extremo de la Serranía de Abibe, limita al norte con el Mar Caribe, al oriente con el municipio de Los Córdoba (departamento de Córdoba), al sur con los municipios de San Pedro de Urabá y Turbo y al occidente con los municipios de San Juan de Urabá y Necoclí.*



*El casco Urbano se encuentra a una altura promedio sobre el nivel del mar, de 50m, la temperatura promedio es de 29°C sus vías son transitables en época de verano, en invierno se dificulta el tránsito en algunos tramos y otros son intransitables.*

*Esta ciudad tiene un clima tropical. Los veranos son mucho más lluviosos que los inviernos en Arboletes. Este clima es considerado Aw según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Arboletes se encuentra a 26.8 °C. La precipitación es de 1664 mm al año.*

*El proyecto contempla la construcción de una torre auto soportada de 40 metros de altura, para la instalación del sistema radiante requerido.*

*el lote del terreno es plano, y se encuentra dentro del casco urbano.*

## **5. ANALISIS Y RESULTADOS GEOTECNICOS**

*Con base en los resultados de los sondeos y de los ensayos de laboratorio, se caracteriza geotécnicamente cada estrato, con el objeto de definir el que presente la mejor respuesta como elemento de soporte.*

### **5.1 ESTRATIGRAFIA, PARÁMETROS GEOMECÁNICOS Y NIVEL FREÁTICO**

*El tipo de suelo, encontrado en el sitio de estudio se describe de acuerdo con los resultados de los sondeos y de los ensayos de laboratorio.*

*Se pudo establecer en forma simplificada el siguiente perfil estratigráfico, el cual tiene como nivel de referencia 0.00 el correspondiente a los puntos del sondeo.*

**PERFIL ESTRATIGRAFICO PROMEDIO**

De 0.00 - 0.20 m *Rellenos heterogeneos*

De 0.20 - 0.70 m *Limo arcilloso carmelito.*

De 0.70 - 2.50 m *Arcilla limosa gris verdosa*

De 2.50 - 9.00 m *Arcilla limosa azul grisácea.*

*El manto de Limo arcilloso carmelito, es de alta plasticidad, con limite liquido de 81.4 %, el índice de plasticidad es de 36.90. La consistencia evaluada mediante pruebas de compresión inconfiada dieron valores de 0.60kg. /cm<sup>2</sup>, indicando un estrato de consistencia media blanda.*

*El manto de Arcilla limosa gris verdosa, es de alta plasticidad, con limite liquido de 92.5 %, el índice de plasticidad es de 51.30. La consistencia evaluada mediante pruebas de compresión inconfiada dieron valores de 0.52kg. /cm<sup>2</sup>, indicando un estrato de consistencia media blanda.*

*El manto de Arcilla limosa azul grisácea, es de alta plasticidad, con limite liquido de 81.30 %, el índice de plasticidad es de 40.2. La consistencia evaluada mediante pruebas de compresión inconfiada dieron valores de 0.56kg. /cm<sup>2</sup>, indicando un estrato de consistencia media blanda.*

*El nivel freático se detectó a N-1.60m durante la ejecución de los sondeos.*

## **5.2 HETEROGENEIDAD DEL SUBSUELO**

*Los espesores anteriores son un promedio aproximado y corresponden a los puntos. En otros sitios pueden presentarse divergencias.*

### 5.3 NIVEL Y TIPO DE CIMENTACIÓN

*De acuerdo al tipo de perfil estratigráfico encontrado en la zona de estudio y teniendo como referencia tanto el tipo de construcción como la magnitud de las cargas aplicar sobre el suelo portante, se define el nivel de cimentación a la profundidad de -0.80 metros, medido a partir del nivel actual del terreno.*

*Para el diseño de la cimentación, por la baja capacidad portante, se determina que el tipo de cimentación se desarrolle por medio de pilotes, fundidos en sitio, unidos a dados que, a su vez, servirán de anclaje para la estructura de la torre; se recomienda que los pilotes tengan una longitud de 7 m y un diámetro de 40 cm, aclarando que estas especificaciones, estarán a cargo del ingeniero calculista (diseñador).*

*Se recomienda que el ingeniero calculista diseñe vigas de amarre en los dos sentidos de la estructura.*

Se presenta la capacidad de carga para pilotes de diferentes longitudes y diámetros.

<i>Capacidad de Carga para pilotes</i>					
<i>Longitud Total Pilote (m)</i>					
<i>DIAMETRO</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<i>30</i>	<i>5.14 Ton</i>	<i>7.59 Ton</i>	<i>12.10 Ton</i>	<i>18.01 Ton</i>	<i>25.50 Ton</i>
<i>35</i>	<i>5.93 Ton</i>	<i>8.78 Ton</i>	<i>14.03 Ton</i>	<i>20.91 Ton</i>	<i>29.64 Ton</i>
<i>40</i>	<i>6.70 Ton</i>	<i>9.95 Ton</i>	<i>15.93 Ton</i>	<i>23.79 Ton</i>	<i>33.74 Ton</i>
<i>45</i>	<i>7.46 Ton</i>	<i>11.09 Ton</i>	<i>17.81 Ton</i>	<i>26.63 Ton</i>	<i>37.82 Ton</i>
<i>50</i>	<i>8.19 Ton</i>	<i>12.22 Ton</i>	<i>19.66 Ton</i>	<i>29.45 Ton</i>	<i>41.87 Ton</i>

Para el diseño de los pilotes se debe tener en cuenta Los esfuerzos axiales máximos admisibles sobre el pilote, enunciados en el numeral C.15.11.3 de la NSR-10.

## **5.4 EVALUACIÓN Y ANÁLISIS DE CAPACIDAD PORTANTE**

Los cálculos se generaron con el siguiente patrón de desarrollo:

A partir de las muestras tomadas con el tubo de pared delgada o tubo Shelby, y el perfil del subsuelo obtenidos de los sondeos ejecutados a lo largo del lineamiento, se



*encontraron los parámetros geomecánicos de resistencia, y se estableció el estrato en el cual se dan los mejores parámetros para poder cimentar.*

*El muestreador es un tubo de acero o latón de diámetro exterior variable entre 50.8 y 127.0 mm, de espesor máximo de 1.5mm y longitud entre 80cm y 1m; y poseen un extremo afilado.*

*En el momento de muestrear, el tubo debe ser hincado en el suelo hasta alcanzar el punto de rechazo o hasta que se encuentre lleno. Una vez que se ha obtenido la muestra, el tubo de pared delgada es desconectado de la cabeza. Este tipo de muestreador se utiliza principalmente en suelos cohesivos y blandos o semiduros, sin importar que se localicen encima o debajo del nivel freático.*

*Cuando se trata de investigar suelos profundos se une a barras perforadoras que se ensamblan al tubo Shelby, una vez obtenida se envía al laboratorio para su análisis; algunos estudios realizados pueden ser:*

- *Estratigrafía del sitio.*
- *Análisis del estrato que forma un suelo para su clasificación geotécnica.*
- *Resistencia a la permeabilidad, compresibilidad y el esfuerzo de los estratos que forman el suelo.*
- *Análisis de la consistencia o capacidad relativa de algún tipo de estrato*

*Usando estos resultados, se pueden hacer estimativos de parámetros de resistencia del suelo portante, que, aunque no son rigurosos, son aproximados y útiles.*

*Con el valor del parámetro geomecánico de resistencia, se procedió a calcular la capacidad portante del estrato donde se recomienda cimentar. Para esto se usó la propuesta inicial de Terzaghi.*

*Todas las muestras fueron recuperadas a partir de perforaciones manuales y mecánicas con percusión con tubo Shelby, así como con barreno, dependiendo del tipo de perfil.*

*Se emplearon los siguientes parámetros de cálculo:*

- *Suelo portante de comportamiento principalmente cohesivo.*
- *Resistencia del suelo a la compresión inconfiada de 0.52 kg./cm<sup>2</sup>*
- *Peso unitario del suelo 15.6 KN/m<sup>3</sup>*

*Con base en los criterios mencionados, se determina una capacidad portante admisible (qa) de 51 KN/m<sup>2</sup>; se considera un factor de seguridad de 3 contra falla general.*

## RESUMEN GENERAL

<i>Profundidad de cimentación</i>	<i>0.80 (m)</i>
<i>Estrato portante</i>	<i>Arcilla limosa gris verdosa</i>
<i>Capacidad portante</i>	<i>5.10 (t/m<sup>2</sup>)</i>
<i>Módulo de reacción K</i>	<i>615.40 (t/m<sup>3</sup>)</i>
<i>Angulo de fricción <math>\varphi</math></i>	<i>28°</i>
<i>Peso unitario <math>\gamma</math></i>	<i>1.56 (gr/cm<sup>3</sup>)</i>
<i>Coeficiente de presión activa Ka</i>	<i>0.36</i>

## 5.5 FACTORES DE SEGURIDAD

En el análisis geotécnico se consideraron los factores de seguridad básicos e indirectos definidos en el NSR -10 en el ítem H.2.4 De igual modo, en el cálculo de la capacidad portante se consideraron los factores de seguridad indirectos definidos en H.4.7.

Según la NSR-10, el factor de seguridad se puede establecer en función de factores de seguridad directos o de factores de seguridad indirectos.

Los factores de seguridad directos básicos  $F_{sb}$  se aplican al material terreo (suelo o roca): en otras palabras, se aplican a los parámetros geotécnicos tales como cohesión ( $S_u$ ), ángulo de fricción ( $\phi$ ), etc.

Tabla H.2.4-1

Factores De Seguridad Básicos Mínimos Directos

Condición	$F_{sbu}$		$F_{sbum}$	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
Carga muerta + Carga viva normal	1.5	1.25	1.8	1.4
Carga muerta + Carga viva máxima	1.25	1.1	1.4	1.15
Carga muerta + Carga viva normal + Sismo de diseño suelos elásticos	1.1	1	No se permite	No se permite

En ningún caso el factor de seguridad mínimo  $F_{sbm}$  podrá ser inferior a 1.00. Por ejemplo, para el cálculo de la capacidad portante admisible de cimentaciones superficiales, se emplean los factores de seguridad con respecto a la falla de corte ( $FS_{shear}$ ) entre 1.1 y 1.5 como se observa en la tabla.

$$C_d = c / FS_{shear}$$

$$\phi = \tan^{-1} (\tan \phi / FS_{shear})$$

Factores de seguridad indirectos

De acuerdo al ítem H-4.7- Factores de seguridad indirectos, la norma NSR-10 para cimentaciones recomienda lo siguientes factores de seguridad indirectos mínimos:

Tabla H.4.7-1

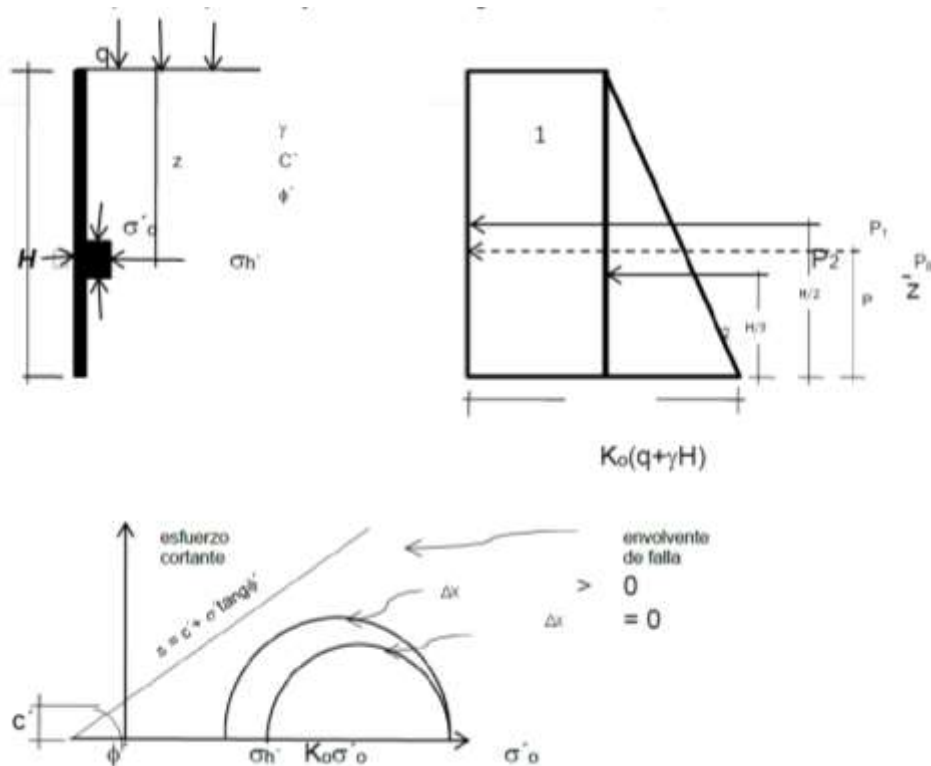
Factores De Seguridad indirectos  $F_{sicp}$  Mínimos

Condición	Fsicp Mínimo
	Diseño
Carga muerta + Carga viva normal	3.0
Carga muerta + Carga viva máxima	2.5
Carga muerta + Carga viva normal + Sismo de diseño suelos elásticos	1.5

El factor de seguridad básico o directo  $F_{sb}$  definidos en la tabla H.2.4-1 es el factor de seguridad geotécnico real, es decir que se aplica al material terreo (Suelo, Roca) pero de

él derivan factores de seguridad indirectos que tienen diferentes valores y los cuales se especifican en la tabla H.4.7-1.

El factor de seguridad directo  $F_{sb}$  se obtiene de la fuerza resistente del suelo o capacidad de carga (presión) por unidad de área de la cimentación que puede ser soportada por el suelo a nivel de desplante de la cimentación sobre la fuerza actuante o carga aplicada. Quiere decir que de la envolvente de falla en el círculo de Mohr o resistencia al corte al analizar el cálculo general de capacidad portante y factores de seguridad tenemos:



El valor del factor de seguridad directo o básico

$$FSB = FR/FA = \tau_f/\tau_A = S/\tau_A = (c' + (\sigma' \tan \phi'))/\tau_A.$$

Cuando el materiales normalmente consolidado  $c' = 0$ , de esta forma el factor de seguridad, se tiene

$$FSB = (q + \gamma z) \tan \phi' / \tau_A.$$

Lo cual corresponde a lo encontrado en la literatura de ingeniería de suelos y además, a lo indicado en la tabla H2.4-1 de la NSR10.

Por otro lado, el número de sondeos, la profundidad y el factor de seguridad indirecto, como parte del análisis del tipo de proyecto, donde la NSR10, entre otras contempla:

- 10% del esfuerzo interface suelo-cimentación.
- 1.5 veces el ancho de la losa.
- 2.5 veces el ancho de la zapata de mayor dimensión.
- 1.25 veces la longitud del pilote más largo.
- 2.5 veces el ancho del cabezal de mayor dimensión.

La profundidad de los sondeos está dada teniendo en cuenta el criterio anterior. Si se considera los estados límites de falla, estos no se presentan por falla de capacidad de



*carga toda vez que no se supere la capacidad portante, no se presenta por pérdida de apoyo por erosión del terreno o deslizamiento horizontal bajo el efecto de empuje del suelo. Como no se presenta un nivel freático se sugieren medidas preventivas como el uso de filtros, canalizaciones, etc. Se deberá garantizar el drenaje aguas lluvias y servidas a sistemas de disposición final como alcantarillado (aplica en este caso) o tanque séptico; esto con el fin de evitar filtraciones que produzcan reducción de la capacidad portante del terreno. Se recomienda revisar periódicamente las captaciones y conducciones de agua para evitar filtraciones de agua y garantizar la estabilidad del proyecto.*

*El terreno actual y a su alrededor no presenta movimiento de inestabilidad hasta el momento. El predio se encuentra en una zona cuyo terreno en el momento de la verificación técnica no evidencia daños o patologías que permitan identificar o definir la presencia de procesos de inestabilidad geotécnica y de remoción en masa.*

*Esta se presenta sobre un terreno estable, no se visualizan agrietamientos en viviendas y en las vías existentes no están afectadas por movimientos verticales u horizontales.*

Además, su litología de acuerdo a los sondeos no es de disgregación del suelo que permitan desplomes o desprendimiento o tal vez flujos, desplazamientos o volcamiento, es decir; no hay material erodable o dispersivos ni los suelos encontrados son colapsables como aluviales o coluviales, eólicos, volcánicos ni mucho menos residuales, además; no se observan cárcavas.

Por otro lado, como lo emite la DPAE, "se advierte que cualquier intervención que se realice, debe tener en cuenta la presencia de la infraestructura aledaña, por lo que el responsable del proyecto debe garantizar en todo momento la estabilidad general del lote y su contorno".

Para las cimentaciones superficiales la adopción del factor indirecto de 3.0 garantiza que los factores de seguridad directos  $F_{sb}$  sean superiores a los dados en la tabla H.2.4-1

Para la mayoría de los casos un valor de  $FS_{shear} = 1.2-1.5$  con respecto a la falla de corte se ajusta con un factor de seguridad de  $FS = 2.5-3.0$  con respecto a la capacidad portante neta ultima.

**Para el presente estudio se adopta un FACTOR DE SEGURIDAD DE 3.0, que como se observa es el máximo valor de la tabla H.4.7-1 de la NSR-10.**

**CALCULO FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO E INDIRECTO**

CONDICION	Granulares-Fsbm		Cohesivos-Fsbum	
	Diseño	Construcción	Diseño	Construcción
C. Muerta + C. Viva normal	1.50	1.25	1.8	1.4
C. muerta + C. Viva máxima	1.25	1.1	1.4	1.15
C. Muerta + C. Viva normal + Sismo de diseño pseudo estático	1.10	1,00(*)	N/P	N/P
Taludes - Condición estática y Agua subterránea Normal	1.50	1.25	1.8	1.4
Taludes - Condición pseudo-estática con agua subterránea normal y Coeficiente sísmico de diseño	1.05	1,00(*)	N/P	N/P

**Datos de entrada**

$S_u = C$	27.75 KN/m <sup>2</sup>
$q_c$	153.85 KN/m <sup>2</sup>
$q_a$	51 KN/m <sup>2</sup>
$q$	11.11 KN/m <sup>2</sup>

**DISEÑO**

$S_{ud}$	7.82 KN/m <sup>2</sup>	
$F_{SBU}$	3.55 KN/m <sup>2</sup>	>1,8 OK

$$q_f = 5.14 * S_u + q$$

$$S_{ud} = q_a - q/5.14$$

$$F_{SBU} = S_u / S_{ud}$$

$$F_{SI} = q_c / q_a$$

**FACTOR DE SEGURIDAD INDIRECTO:**

3.00

**FACTOR DE SEGURIDAD DIRECTO:**

3.55

## 6. ASPECTOS SÍSMICOS DEL PROYECTO

De acuerdo con los resultados obtenidos de los trabajos de investigación del subsuelo y teniendo en cuenta lo establecido en la Norma Sismo-Resistentes de 2010, se establece que el Municipio de Arboletes se encuentra dentro de un área de riesgo sísmico Intermedia, y que el perfil del subsuelo corresponde al tipo E.



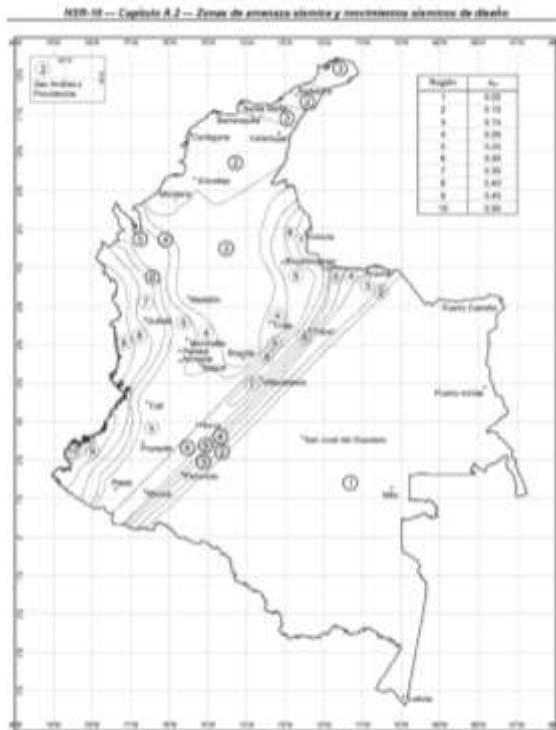


Figura A.2.3-2 — Mapa de valores de  $A_a$

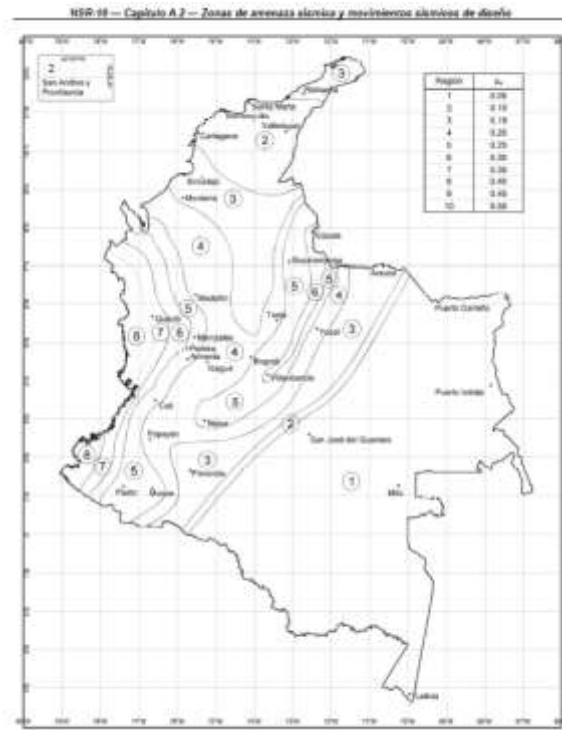


Figura A.2.3-3 — Mapa de valores de  $A_v$

Para los parámetros sísmicos el coeficiente de aceleración pico efectiva, para diseño  $A_a$  esperado es de 0.10 y el coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva  $A_v$  esperado es de 0.20. Teniendo en cuenta los resultados de campo, al sitio le corresponde un perfil de suelo tipo E con coeficientes  $F_a = 2.50$ ,  $F_v = 3.20$ ,  $T_c = 1.23$ ,  $T_L = 7.68$  y  $T_0 = 0.26$ .

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A continuación, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la exploración geotécnica llevada a cabo en las coordenadas 8°51'2.84" Norte, 76° 25'41.52'' Oeste, para el diseño de cimentaciones para la torre de comunicaciones ubicada en el municipio de Arboletes, departamento de Antioquia.
- De acuerdo a la estratigrafía determinada por medio de los sondeos efectuados, según se identifica una capa de material de tipo orgánico del orden de 0.70 metros de espesor; suelo catalogado como incompetente para cimentación de estructuras; en consecuencia, este manto debe ser excavado para llegar al nivel de cimentación.
- El suelo de cimentación para la torre corresponde a una Arcilla Limosa Gris Verdosa.
- Para el diseño de las cimentaciones se requiere como datos básicos las cargas aplicadas a nivel de pedestal, los parámetros básicos del suelo y los parámetros de los

materiales de construcción. Las cargas aplicadas pueden ser obtenidas de forma precisa del diseño de las estructuras metálicas.

- Para el diseño de la cimentación se deben tener en cuenta los momentos generados por las fuerzas sísmicas y las cargas generadas por el viento, según los títulos A y B de la NSR-10.
- Después de un análisis cuidadoso se ha concluido que la cimentación más conveniente para la torre es aquella formada por un dado-pilote fundido in situ que repartirá uniformemente las cargas al suelo de fundación, apoyada a N- 0.80, de profundidad.
- El ingeniero calculista deberá dimensionar la cimentación de tal manera que los dados absorban el 50 % y los pilotes el otro 50 % de los esfuerzos producidos por las deformaciones del suelo y evite asentamientos diferenciales en la estructura.
- Para el diseño estructural se recomienda trabajar con una capacidad portante admisible de 51 KN/m<sup>2</sup>.
- No se esperan problemas asociados con la expansividad del suelo, sin embargo, se recomienda seguir las disposiciones de este informe para evitar al máximo

*inconvenientes, teniendo especial cuidado con la construcción e instalación de tuberías de aguas limpias o servidas, evitando con ello la posibilidad de cualquier fuga que pueda resultar perjudicial para la estabilidad del suelo de cimentación ya sea por anegación o desecación.*

- Con el fin de controlar el rebote elástico del terreno ocasionado por la descarga y disminuir la magnitud de los asentamientos, se realizará con pilotes pre-excavados y fundidos in situ que trabajaran por fricción en los suelos arcillosos del perfil. La longitud del vástago de los pilotes será de 7 metros, con un diámetro de 40 cm.*
- Todos los pilotes deberán llegar a la misma profundidad que se estableció anteriormente.*
- Se permite una excentricidad del 3 % máximo para la coincidencia entre el centro de cargas y el centro de soporte de los pilotes.*
- Los pilotes se construirán pre excavados y fundidos in situ.*
- Se presenta la capacidad de carga para pilotes de diferentes longitudes y diámetros.*



<i>Capacidad de Carga para pilotes</i>					
<i>Longitud Total Pilote (m)</i>					
<i>DIAMETRO</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
<i>30</i>	<i>5.14 Ton</i>	<i>7.59 Ton</i>	<i>12.10 Ton</i>	<i>18.01 Ton</i>	<i>25.50 Ton</i>
<i>35</i>	<i>5.93 Ton</i>	<i>8.78 Ton</i>	<i>14.03 Ton</i>	<i>20.91 Ton</i>	<i>29.64 Ton</i>
<i>40</i>	<i>6.70 Ton</i>	<i>9.95 Ton</i>	<i>15.93 Ton</i>	<i>23.79 Ton</i>	<i>33.74 Ton</i>
<i>45</i>	<i>7.46 Ton</i>	<i>11.09 Ton</i>	<i>17.81 Ton</i>	<i>26.63 Ton</i>	<i>37.82 Ton</i>
<i>50</i>	<i>8.19 Ton</i>	<i>12.22 Ton</i>	<i>19.66 Ton</i>	<i>29.45 Ton</i>	<i>41.87 Ton</i>

- El Municipio de arboletes se encuentra dentro de un área de riesgo sísmico intermedio; para los parámetros sísmicos el coeficiente de aceleración pico  $A_a$  esperado es de 0.10 y  $A_v = 0.20$ . Teniendo en cuenta los resultados de campo, al sitio le corresponde un perfil de suelo tipo E con coeficientes  $F_a = 2.50$ ,  $F_v = 3.20$ ,  $T_c = 1.23$ ,  $T_L = 7.68$  y  $T_0 = 0.26$ .
- Este tipo de suelo es catalogado de acuerdo a la norma sismo resistente como de poca variabilidad.

### **RECOMENDACIONES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PILOTES REEXCAVADOS Y FUNDIDOS EN SITIO**

- Servirán de base para el diseño y propuesta del pilotaje los siguientes documentos: informe general del subsuelo

*elaborado por el ingeniero John Alexander Echeverri Sierra, plano de cargas en pedestal elaborado por los ingenieros calculistas, plano de localización de ejes y columnas, y planos de cortes del edificio indicando las cotas de piso fino interior.*

- Los pilotes serán del tipo fundido “en situ”, utilizando un revestimiento metálico total, previa consulta puede ser aceptable la perforación con revestimiento parcial, utilizando soluciones de bentonita. El revestimiento se extraerá durante la colocación del concreto por el sistema de tubos “tremie” o “balas herméticas”.*
- El concreto utilizado deberá provenir una planta de mezclas especificando una resistencia de 3.500 p.s.i; se permitirá el uso de aditivos para mejorar su plasticidad o demorar el fraguado.*
- El contratista deberá mantener el suministro de agua a la perforación para mantenerla llena y evitar condición movediza en la capa de base. Solo si el informe de suelos lo permite, la excavación se hará sin suministro de agua, pero no se permitirá la extracción de la que penetre a la perforación durante la excavación, y salvo en casos*

especiales una vez adelantada la colocación del concreto se permitirá la extracción de agua remanente.

- Todos los pilotes llevaran en su extremo un refuerzo de empate superior que sobresalga 0.50 m del concreto y penetre dentro del pilote toda la longitud esta "canasta" de refuerzo se calculara en base de 0.5% del área del concreto como mínimo.
- Los pilotes serán contruidos desde la superficie actual del terreno y el concreto se fundirá solamente hasta la cota indicada en los planos sobre estructurales una vez definido el diámetro y distribución de pilotes material del contrato.
- La punta del pilote deberá descansar por lo menos en las cotas indicadas en el informe de suelos, pero en todo caso el ingeniero de suelos podrá modificar esta en el sitio durante la ejecución de los trabajos para lograr la reacción requerida.
- No se debe permitir la construcción de un pilote dentro de una distancia de 5m de otro, antes de 48 horas.
- No se debe permitir el avance de la excavación por delante de la tubería de revestimiento con el fin de reducir

*a un mínimo la pérdida de material particularmente en las capas de arenas finas y gravillas.*

- El concreto de los pilotes deberá quedar al nivel inferior de las vigas o cabezales subestructurales eventualmente proyectados. Todo recorte o complemento necesario en los pilotes para lograr esta cota, correrá por cuenta del contratista y deberá ser efectuado oportunamente.*
- No se aceptarán pilotes cuyo desplome sea menor a un 10 % del diámetro en toda su longitud con un máximo de 10 cm.*
- El contratista deberá presentar a la terminación de cada pilote un récord del perfil estratigráfico encontrado junto con informes sobre volumen utilizado, tiempo de excavación, tiempo de carga e imprevistos particulares.*
- La localización del concreto de los pilotes deberá ser por cuenta y responsabilidad del contratista con base en los ejes que localizará el propietario. Ningún pilote podrá quedar desplazado más de 10 cm del sitio que le corresponda.*
- El orden de construcción de los pilotes deberá ser establecido de común acuerdo con el Ingeniero de*

*Suelos de la obra. El contratista podrá elaborar el programa para ser aprobado por el Ingeniero de Suelos.*

- No se podrá colocar concreto en ningún pilote sin previa aprobación del interventor o asesor técnico de la obra.*
- Será por cuenta del contratista el retiro del material excavado en la obra, así como el mantenimiento del afirmado del piso y la evacuación del agua subterránea remplazada por el concepto de los pilotes. El propietario suministrara el agua potable necesaria para el trabajo, así como licencias y planos correspondientes.*
- El contratista deberá constatar si el subsuelo real corresponde a los perfiles estratigráficos indicados en el estudio de suelos. De no ser similar deberá dar aviso inmediato a fin de modificar como corresponde el diseño del pilotaje establecido.*
- Las propuestas deberán presentarse indicando el costo por metro lineal de pilote, incluyendo todos los materiales e incidencias de equipos y mano de obra. Deberá incluirse también el precio por metro lineal de la zona excavada entre la superficie del terreno y la cota superior del pilote.*

- El contratista deberá indicar la clase y cantidad de equipo que utilizará en la obra, horas de trabajo proyectadas por día y plazo estimado de ejecución del trabajo.
- El contratista deberá mantener en la obra un ingeniero civil debidamente matriculado como responsable directo de la ejecución de los trabajos.
- La propuesta deberá incluir la posible fecha de iniciación. Deberá especificarse por separado la forma de pago sugerida y el costo de pólizas de manejo y cumplimiento, etc., que serán por cuenta del contratista.
- Las anteriores sugerencias pueden servir de base de pliego de cargos para este trabajo, una vez recibidas las propuestas y escogido el contratista. El ingeniero de suelos revisará el pre-dimensionamiento del pilotaje para su aprobación antes de iniciar la obra.

### **RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS**

- En la proyección en planta de las zapatas para la torre, se removerá en lo posible por medios manuales el material

*orgánico con el fin de evitar la alteración del suelo, hasta una profundidad de 0.80 metros.*

- Las excavaciones se podrán hacer verticales hasta el nivel de desplante.*
- Durante las exploraciones de campo no se investigó la localización ni el estado de las redes existentes dentro del lote.*
- En los sitios donde a nivel de cimentación se encuentren suelos de consistencia blanda por efecto de aguas servidas locales o rellenos demasiado heterogéneos, se recomienda estabilizar el material de apoyo del fondo con el hundimiento de piedra rajón en cantidad suficiente, con ayuda del balde de una retroexcavadora.*
- Se recomienda efectuar las obras constructivas en el menor tiempo posible después de realizadas las excavaciones para evitar la socavación del suelo.*
- Se deberá garantizar el drenaje aguas lluvias y servidas a sistemas de disposición final ya sea alcantarillado o tanque séptico, los cuales deberán quedar alejados de las zonas de terraza y pendientes fuertes; esto con el fin de evitar filtraciones que produzcan reducción de la capacidad portante del terreno, se generen*

asentamientos considerables y deslizamientos por la saturación de los suelos. Se recomienda revisar periódicamente las captaciones y conducciones de agua para evitar filtraciones de agua y garantizar la estabilidad del proyecto. Además, se sugiere la construcción de un filtro perimetral o un medio de aislamiento con el fin de evitar sobrepresiones y filtraciones de agua en este nuevo proyecto.

- El terreno no presenta fenómenos de desencadenamiento de inestabilidad que llegue afectar el drenaje y el encauzamiento de las aguas lluvias, pero de igual manera se deben tener en cuenta los diseños de estructuras de contención en las zonas que vean comprometida su estabilidad o por procesos erosivos.
- Desde el punto de vista topográfico se encontró que el lote estudiado registra una topografía suavemente ondulada, y que ya cuenta con rellenos de nivelación con inclinación mínima.
- No se observa ningún tipo de condición, geológica o geotécnica, adversa que impida la ejecución del proyecto.



- *Se hará una revisión cuidadosa del suelo expuesto para tratar de detectar zonas excepcionalmente blandas, bolsas de material orgánico, etc. En donde aparezcan deberán retirarse y reemplazarse por recebo de buena calidad o por rajón según la gravedad del caso.*
- *En el caso de necesitar materiales de relleno, se podría utilizar el proveniente de la excavación, siempre y cuando no se encuentre en estado de saturación, en caso contrario, se recomienda utilizar material de río no cohesivo debidamente conformado y compactado por los métodos convencionales.*
- *Es importante que el ingeniero calculista, tenga en cuenta para la cota de cimentación la capacidad portante del terreno; el análisis de asentamientos; el uso adecuado del sistema de cimentación; el perfil estratigráfico del presente estudio; las recomendaciones de mejoramiento del suelo y las especificaciones contempladas en la NSR – 10.*
- *Las zonas donde se llevará a cabo la colocación de material de relleno, se deberán tratar con material seleccionado, con bajo contenido de finos y estar libre de*

materia orgánica, con granulometría que se describe a continuación:

TAMIZ	%PASA
2 1/2"	100
2"	75 - 100
1"	50 - 80
Nº 4	20 - 50
Nº 200	0 - 20

- Límite líquido: < 25%.

- Índice de plasticidad < =6%.

- El desgaste de la máquina de los ángeles debe ser menor al 35% y ensayo de pérdida de peso en el ensayo de solidez en sulfato de sodio menor al 12% para los materiales de selección con destino a mejorar el suelo existente.
- Se debe tener precaución de no remoldear los contornos una vez se esté excavando, esto con el fin de evitar la caída de material de las paredes laterales de la excavación, y sugerible la colocación de una lechada en cemento.

## GEOLOGIA



La Cuenca de Urabá se encuentra localizada en la región occidental de la Serranía de Abibe, al noroeste del Departamento de Antioquia y hace parte del Bloque Chocó y del Terreno Sinú – San Jacinto.

En el área afloran rocas sedimentarias terciarias de origen marino, diapiros de lodo y depósitos aluviales. Las rocas sedimentarias están constituidas principalmente por arcillolitas y areniscas, localmente fosilíferas, deformadas en amplios pliegues y levantados sobre el actual nivel del mar.

Cerca de la costa pueden encontrarse calizas y liditas, en algunos casos cubiertas por turbiditas. Los estratos de lodolitas y areniscas están intruidos por diapiros de lodo que, en algunos sitios, afloran o tienen una manifestación superficial como volcanes de lodo. Sobre el sustrato rocoso se encuentran extensos depósitos marinos recientes que normalmente miden menos de 2 m. de espesor y contienen conchas y corales. Localmente estos depósitos forman playas más o menos amplias como ocurre en la población de Necoclí y entre Punta Caribana y la boca del Río Mulatos. En la zona del Urabá Antioqueño existen dos unidades terciarias bien diferenciadas, la unidad T1, de origen marino y la unidad T2, de origen continental.

En la Zona Norte de Urabá solo se encuentra la unidad T1, que agrupa las rocas de edad terciaria de las Formaciones La Risa, Ciénaga de Oro o Arenisca del Pavo, Floresanto o Porquero y Tubara o Paujil. El ambiente de depósito de estas formaciones, de acuerdo a su litología y su contenido fosilífero (foraminíferos) es marino. El espesor de esta unidad es variable, en el río Turbo alcanza 4.310 m, y en el carretable Turbo - El Alto - Valencia (Córdoba) alcanza los 9.000 m.

Es de tener en cuenta que, en la zona norte del Urabá, se extienden franjas de depósitos aluviales depósitos no consolidados conformados por arenas, arcillas y gravas, entre los que se diferencian terrazas, abanicos y llanuras aluviales), desde las estribaciones de la Serranía de Abibe hasta la costa y a lo largo de los ríos y quebradas. Los espesores de estos depósitos varían entre 10 y 80 m, encontrándose los mayores en la llanura aluvial del Río Mulatos.

Por otra parte, los diapiros y volcanes de lodos son un fenómeno más o menos común en el extremo noroccidental de Colombia, desde el Urabá antioqueño hasta la altura de Galerazamba en cercanías a Barranquilla y constituyen un rasgo característico de la zona norte del Urabá.

Estos diapiros se originan por la presencia, en profundidad, de horizontes limoarcillosos no consolidados, que unidos a la existencia de gases hidrocarburos suben con relativa facilidad a la superficie por medio de fallas, fracturas o zonas de debilidad.

Los diapiros a diferencia de los volcanes de lodo, no siempre tiene una expresión superficial definida. El diapirismo de lodo da lugar a deformaciones y levantamientos del terreno que

puedan alcanzar varias decenas de metros. A lo largo de la costa las terrazas marinas recientes están arqueadas y levantadas desde Mulatos (Necoclí) hasta Moñitos (Departamento de Córdoba). Las tasas de levantamiento medias llegan a ser hasta de 15 mm/año.

La sismicidad asociada a este proceso es mínima debido probablemente a la existencia de grandes presiones internas que se manifiestan en el diapirismo y volcanismo de lodo. No todo el levantamiento de la costa caribe está asociado al diapirismo de lodo, aunque probablemente la mitad o más de la magnitud total del levantamiento sea debida a él.

En la Zona Norte de Urabá se han reconocido siete manifestaciones superficiales importantes de diapirismo, la mayor y la más septentrional de ellas, el volcán de lodo de Arboletes, tiene una altura alrededor de 15 m por encima de la terraza marina, 22 m por encima del nivel medio de la pleamar y un diámetro aproximado de 200 m.

La acción de las olas ha erosionado la terraza y ha dejado al descubierto el depósito de lodo acumulado por el volcán en un escarpe de 5 m de altura que luego fue protegido por un pedraplén. La acción erosiva del mar ha dado lugar a un

retroceso de 50 m de la línea de costa en los últimos veinte años.

## **GEOMORFOLOGIA**

*En la Zona Norte de Urabá, se observan dos geoformas bien diferenciadas: las zonas planas (formadas por las llanuras costeras y los depósitos aluviales de ríos y quebradas) y las zonas de colinas y montañas (formadas por las rocas sedimentarias). Las colinas tienen una topografía relativamente suave, son de poca altura, con desniveles del orden de los 100 m., cimas redondeadas y pendientes cortas y convexas. Las montañas tienen alturas mayores, con desniveles hasta de 400 m., cimas angulares y pendientes moderadas a fuertes, largas y rectas. Los procesos geomorfológicos identificados a nivel regional, en la Zona Norte de Urabá, corresponden a erosión de suelos y socavación lateral de orillas:*

- *Erosión de suelos: La erosión de suelos se presenta de manera leve como:*
  1. *Erosión laminar, debido al arrastre de partículas de suelo por acción del agua lluvia y el viento, y por sobrepastoreo debido a la intensa e*

*indiscriminada deforestación de los bosques naturales, para establecer potreros, los cuales no fueron reemplazados por nuevas plantaciones. El proceso de erosión de suelos afecta esencialmente las zonas de montañas y colinas circundantes de los municipios, en donde la pendiente juega un papel importante, pues facilita que el suelo migre a favor de la pendiente.*

- *Socavación lateral de orillas: Se presenta por acción de ríos y quebradas, que actúan sobre los taludes de sus márgenes, desprovistos de cobertura vegetal y de composición arenosa, que los hace fácilmente erosionables.*

**Geología Costera.** *De los 125 municipios que existen en el Departamento de Antioquia, solo cuatro son costeros y tres de estos se encuentran en la Zona Norte de Urabá: Arboletes, Necoclí y San Juan de Urabá. Por su importancia, en este aparte se presenta de una manera rápida la geomorfología costera en cuanto a las formas, procesos y evolución de los fenómenos geológicos, que actúan a lo largo de la línea de costa.*

- *El rasgo más frecuente es una terraza marina, con topografía plana, que llega a tener 6 km de ancho y*



*hasta 36 m de altura, asociada con otras geoformas levantadas, escarpes y acantilados, pináculos, barras de playa y depósitos lagunares.*

- La terraza está cubierta en la mayor parte de su extensión por un depósito reciente de 0.5 - 3 m de espesor con conchas y en ocasiones con corales. Cerca de la desembocadura de los ríos y otras corrientes de agua dulce, la terraza marina está separada de las terrazas aluviales por una barra de playa levantada.*
- La costa tiene que ser vista como el escenario y el resultado de un proceso de disipación de energía donde interactúan agentes hidrodinámicos y morfológicos como vientos, olas, corrientes, mareas, sedimentos, geometría en planta y perfil de la costa y otros fenómenos en la zona litoral.*
- Las olas actúan sobre la playa modificando tanto su forma en planta como su perfil y a su vez, la forma del perfil y las características del material de la playa modifican las características del oleaje incidente.*
- La playa es una zona de dominio público definida como la zona comprendida entre la línea de marea baja*

*normal y el límite tierra adentro a partir del cual no hay acción efectiva de las olas.*

- *Las dinámicas actuantes en las costas son básicamente las corrientes, el oleaje y las variaciones del nivel medio del mar debidas a mareas, tsunamis, mares de leva y al mismo oleaje.*
- *Los procesos asociados son debidos al transporte de sedimentos en sentido transversal, desde y hacia el mar ya lo largo de la playa, que se resumen en procesos de erosión, cuando se pierde terreno, y acreción, cuando se gana terreno o hay sedimentación.*
- *La acreción puede ser natural, debido a las dinámicas actuantes, o artificial, debido a la construcción de obras que interfieren con el transporte litoral de sedimentos, como los espolones.*

## ***LIMITACIONES***

*Las conclusiones y recomendaciones del presente informe, están basadas en los resultados de la investigación del subsuelo y en las características arquitectónicas y estructurales del proyecto. Si durante el diseño o construcción, se encuentran condiciones del subsuelo diferentes a las consideradas en el presente estudio, o se introducen cambios arquitectónicos o estructurales al proyecto que afecten el sistema de cimentación, se deberá informar al Ingeniero de Suelos para estudiar las modificaciones o adiciones que sean necesarias.*

*Atentamente,*

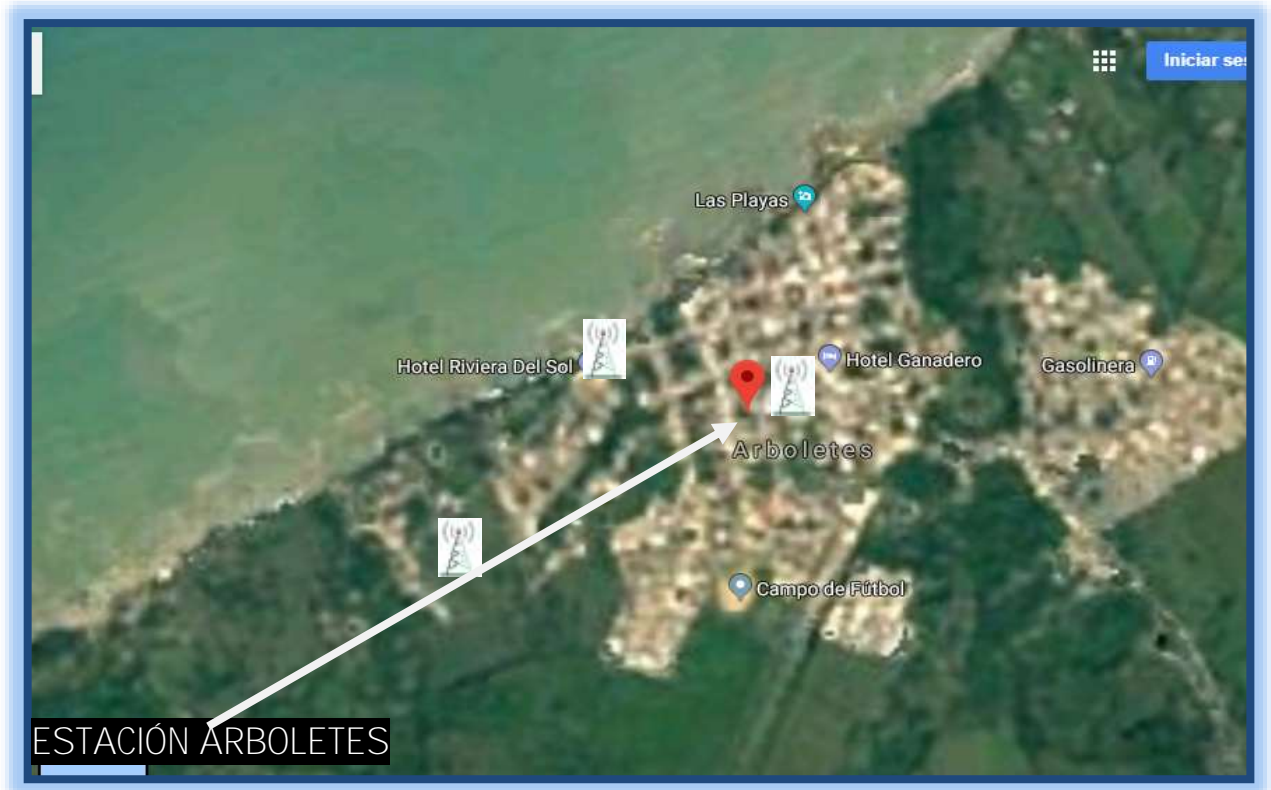
---

JOHN ALEXANDER ECHEVERRI S.

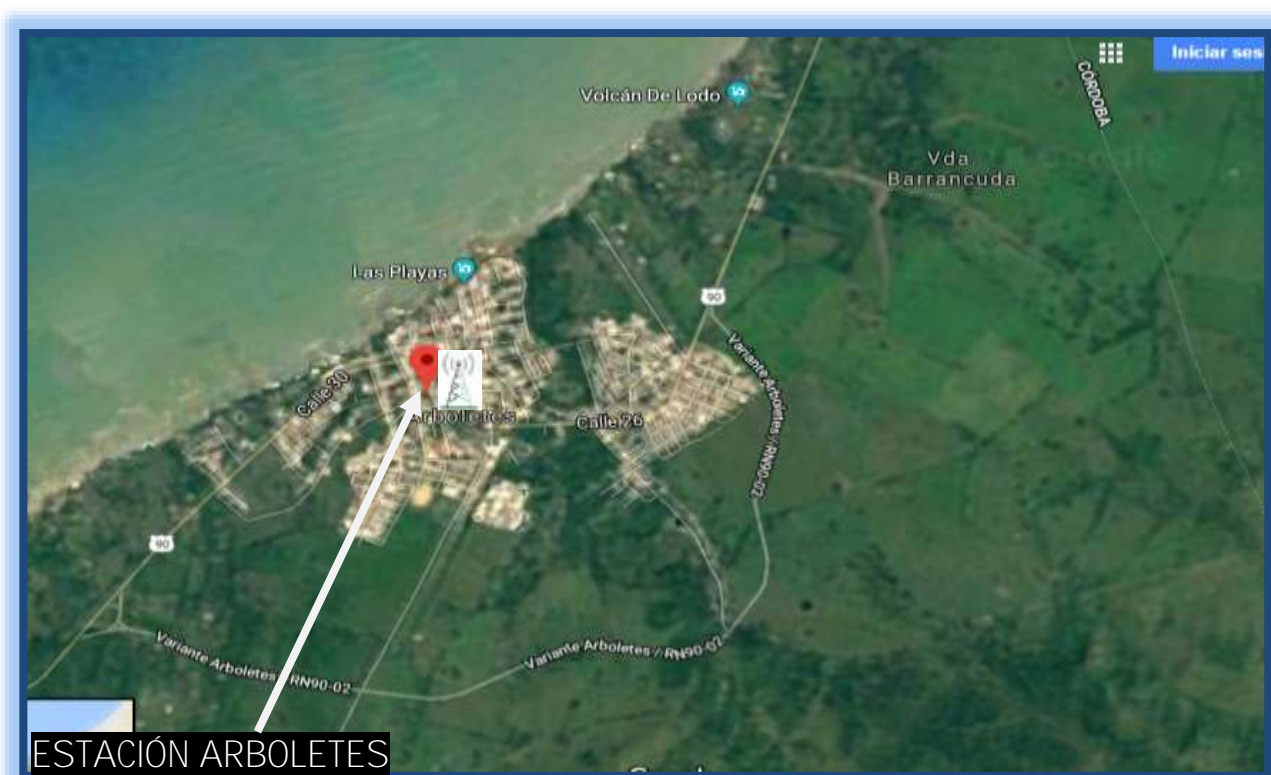
*Ingeniero Civil Mat. 25202-69983 CND.*

## ***LOCALIZACION REGIONAL Y ZONAL***

## *LOCALIZACION REGIONAL*



## *LOCALIZACION ZONAL*



**ESTACIÓN ARBOLETES**

8°51'2.84"N 76°25'41.52"W

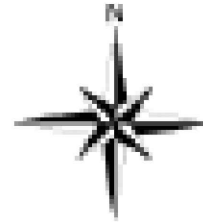


**LOCALIZACION GEOREFERENCIADA**

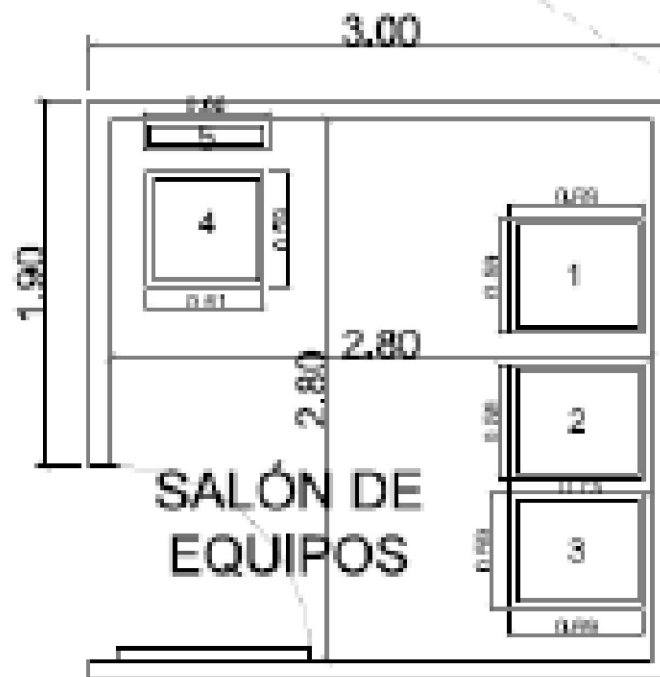
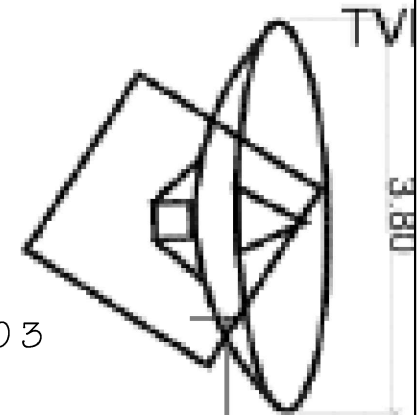
## ***LOCALIZACION DE SONDEOS***

# ESQUEMA DE SONDEOS

SONDEO 1



SONDEO 3



2.00

2.20



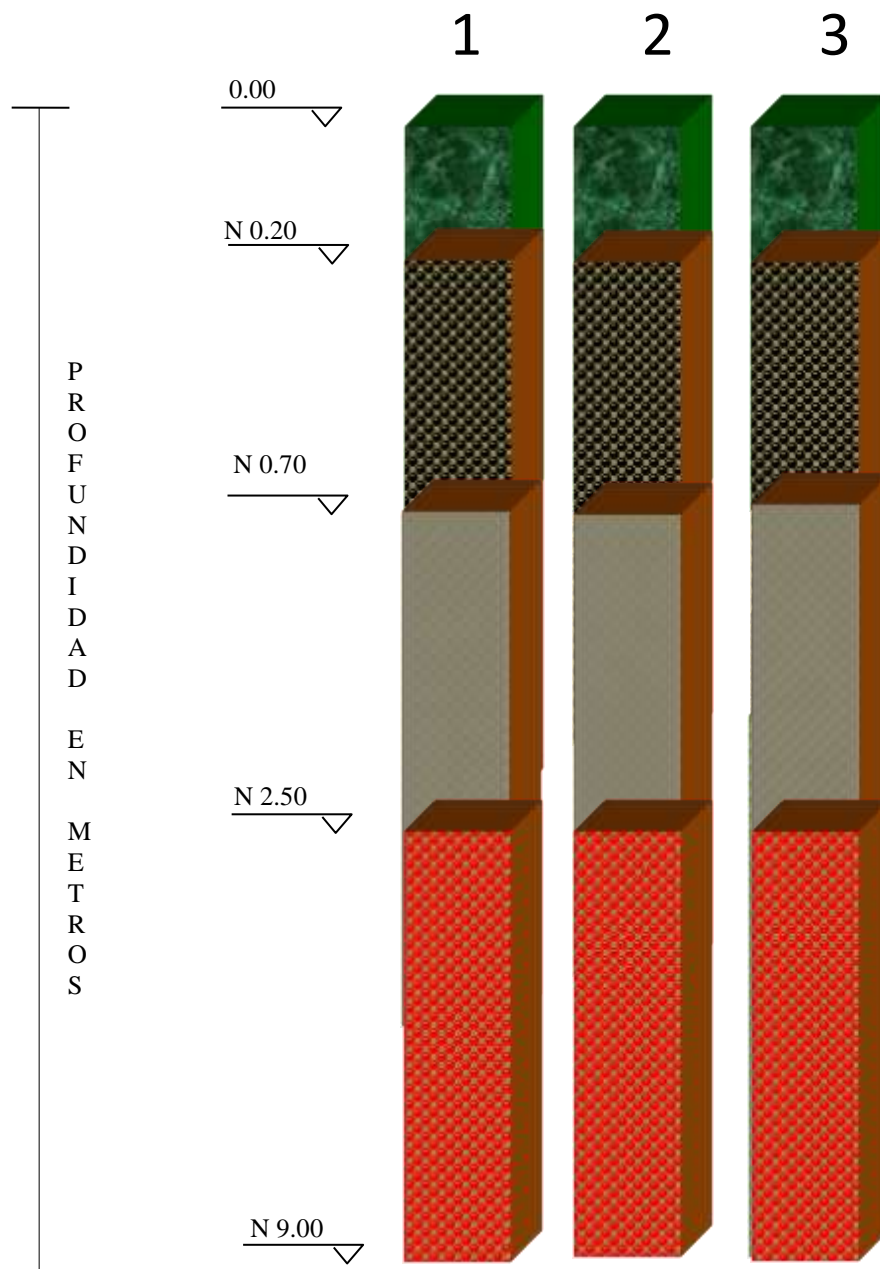
TORRE  
RIENDADA  
27m

SONDEO 2





## PERFIL ESTRATIGRÁFICO



## CONVENCIONES



RELLENO HETEROGENEO



LIMO ARCILLOSO CARMELITO



ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA



ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACEA.

CLIENTE				PROYECTO				TORRE AMPLIACION TDT									
LOCALIZACION				FECHA				jun-18									
ARBOLETES																	
SONDEO 1				8°51'2.84" N, 76° 25'41.52"W													
Z	#	Z(m)	DESCRIPCION	MUESTRA	N	RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACION							PENETROMETRO DE BOLSILLO				
				TIPO		W <sub>n</sub>	LL	IP	γ	M.O.	%F	USC	HORIZONTAL	VERTICAL			
		0.00-0.20m	RELL ENOS HETE ROG Eneo														
		0.20-0.70m	LIMO ARCILLOSO CARMELITO	TS			81.4	36.9	1.5				0.60	0.62			
1m		0.70-2.50m	ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA	TS			92.50	51.30	1.56				0.52	0.54			
2m																	
		2.50-9.00m	ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA	TS			81.30	40.20	1.58				0.56	0.55			
4m					IS			81.20	40.10	1.57				0.55	0.57		
5m																	
6m																	

CONVENCIONES			
TS	MUESTRA EN TUBO SHELBY	γ	PESO UNITARIO (Ton/m^3)
B	MUESTRA EN BOLSA	M.O.	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA
SS	SPLIT SPOON	%F	PORCENTAJE DE FINOS
N	No DE GOLPES DE PENETRACION ESTANDAR	USC	CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS
Wn	HUMEDAD NATURAL	IP	INDICE DE PLASTICIDAD
LL	LIMITE LIQUIDO		



CLIENTE				PROYECTO				TORRE AMPLIACION TDT											
LOCALIZACION				ARBOLETES				FECHA				jun-18							
SONDEO 2				8°51'2.84" N, 76° 25'41.52"W															
Z	#	Z(m)	DESCRIPCION	MUESTRA	N	RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACION								PENETROMETRO DE BOLSILLO					
				TIPO		Wn	LL	IP	γ	M.O.	%F	USC	HORIZONTAL	VERTICAL					
		0.00-0.20m	RELL ENOS HETE ROG ENEO																
		0.20-0.70m	LIMO ARCILLOSO CARMELITO	TS			81.3	36.8	1.5					0.59	0.61				
1m		0.70-2.50m	ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA	IS			92.40	51.20	1.57					0.53	0.55				
2m																			
3m		2.50-9.00m	ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA	IS			81.20	40.30	1.55					0.58	0.57				
4m				TS			81.30	40.30	1.59					0.54	0.56				
5m																			
6m																			

CONVENCIONES			
TS	MUESTRA EN TUBO SHELBY	γ	PESO UNITARIO (Ton/m <sup>3</sup> )
B	MUESTRA EN BOLSA	M.O.	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA
SS	SPLIT SPOON	%F	PORCENTAJE DE FINOS
N	No DE GOLPES DE PENETRACION ESTANDAR	USC	CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS
Wn	HUMEDAD NATURAL	IP	INDICE DE PLASTICIDAD
LL	LIMITE LIQUIDO		

[illegible]

CONVENCIONES			
TS	MUESTRA EN TUBO SHELBY	γ	PESO UNITARIO (Ton/m <sup>3</sup> )
B	MUESTRA EN BOLSA	M.O.	CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA
SS	SPLIT SPOON	%F	PORCENTAJE DE FINOS
N	Nº DE GOLPES DE PENETRACION ESTANDAR	USC	CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS
Wn	HUMEDAD NATURAL	IP	INDICE DE PLASTICIDAD
LL	LIMITE LIQUIDO		

CLIENTE			ARBOLETES			PROYECTO			TORRE AMPLIACION TDT						
LOCALIZACION			8°51'2.84" N, 76° 25'41.52"W			FECHA			jun-18						
SONDEO 3															
Z	#	Z(m)	DESCRIPCION	MUESTRA TIPO	N	RESULTADOS DE ENSAYOS DE CLASIFICACION								PENETROMETRO DE BOLSILLO	
						Wn	LL	IP	γ	M.O.	%F	USC	HORIZONTAL	VERTICAL	
		0.00-0.20m	RELL ENOS HETE ROG Eneo												
		0.20-0.70m	LIMO ARCILLOSO CARMELITO												
1m		0.70-2.50m	ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA	TS			92.30	51.40	1.55				0.54	0.52	
2m															
3m		2.50-9.00m	ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA	TS			81.30	40.30	1.59				0.54	0.56	
4m				TS			81.20	40.10	1.57				0.56	0.57	
5m															
6m															

CONVENCIONES			
TS	MUESTRA EN TUBO SHELBY	γ	PESO UNITARIO (Ton/m^3)
B	MUESTRA EN BOLSA	M.O.	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA
SS	SPLIT SPOON	%F	PORCENTAJE DE FINOS
N	No DE GOLPES DE PENETRACION ESTANDAR	USC	CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS
Wn	HUMEDAD NATURAL	IP	INDICE DE PLASTICIDAD
LL	LIMITE LIQUIDO		

[illegible]

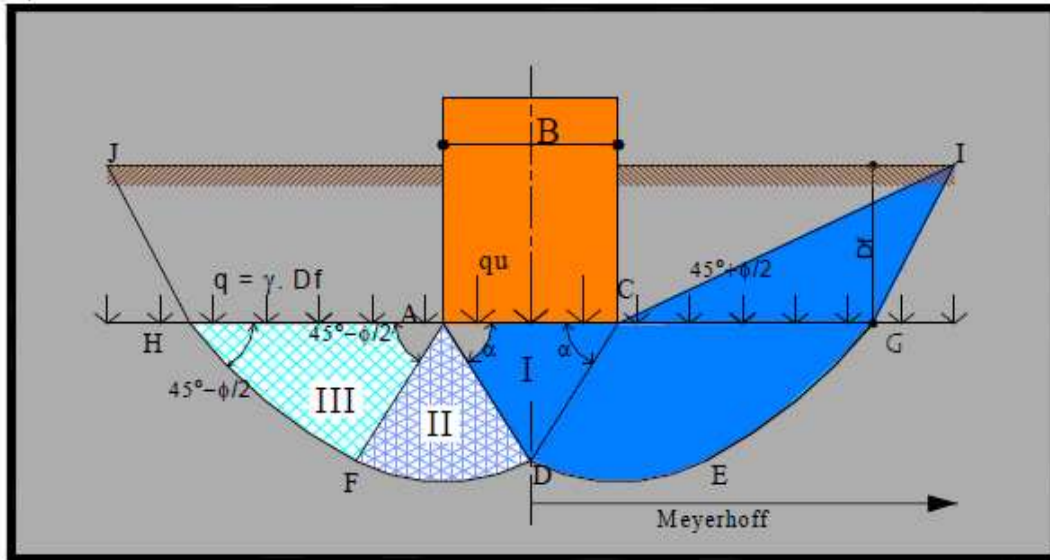
CONVENCIONES			
TS	MUESTRA EN TUBO SHELBY	γ	PESO UNITARIO (Ton/m <sup>3</sup> )
B	MUESTRA EN BOLSA	M.O.	CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA
SS	SPLIT SPOON	%F	PORCENTAJE DE FINOS
N	Nº DE GOLPES DE PENETRACION ESTANDAR	USC	CLASIFICACION UNIFICADA DE SUELOS
Wn	HUMEDAD NATURAL	IP	INDICE DE PLASTICIDAD
LL	LIMITE LIQUIDO		



## MEMORIA DE CALCULOS

## CAPACIDAD DE CARGA

La capacidad de carga será según TERZAGHI:



$$q_c = C * N_c + q * N_q + \frac{1}{2} * \gamma_1 * B * N_\gamma$$

$q_c$  : Capacidad de carga

$$C = \frac{q_u}{2}$$

$C$  : Cohesión

2

$N_c, N_q, N_\gamma$  : Factores de

capacidad de carga de

Terzaghi en función de  $\phi$

$\phi$  = ángulo de fricción interna

del suelo

$$C = 27.75 \text{ KN/m}^2$$

$q_u$  : Resistencia a la

*compresión inconfiada del  
suelo*

*q : Sobrecarga*

*$\gamma_1$ : Peso unitario del suelo*

*de cimentación*

*B : Base del cimientto*

**PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN**

La profundidad de cimentación será de -0.80 metros del nivel actual o sea en la capa de Arcilla Limosa Gris Verdosa:

La sobrecarga será:

$$q = Df * \gamma_2$$

$$q = (0.20 * 13.7) + (0.50 * 13.6) + (0.10 * 15.7)$$

Df : Profundidad de  
Cimentación

$$q = 11.11 \text{ KN/m}^2 \quad \gamma_2 : \text{Peso unitario del suelo sobre el cimiento}$$

$$q_c = C * N_c + q * N_q + \frac{1}{2} * \gamma_1 * B * N_\gamma$$

$$q_c = 153.85 \text{ KN / m}^2$$

**PRESIÓN ADMISIBLE**

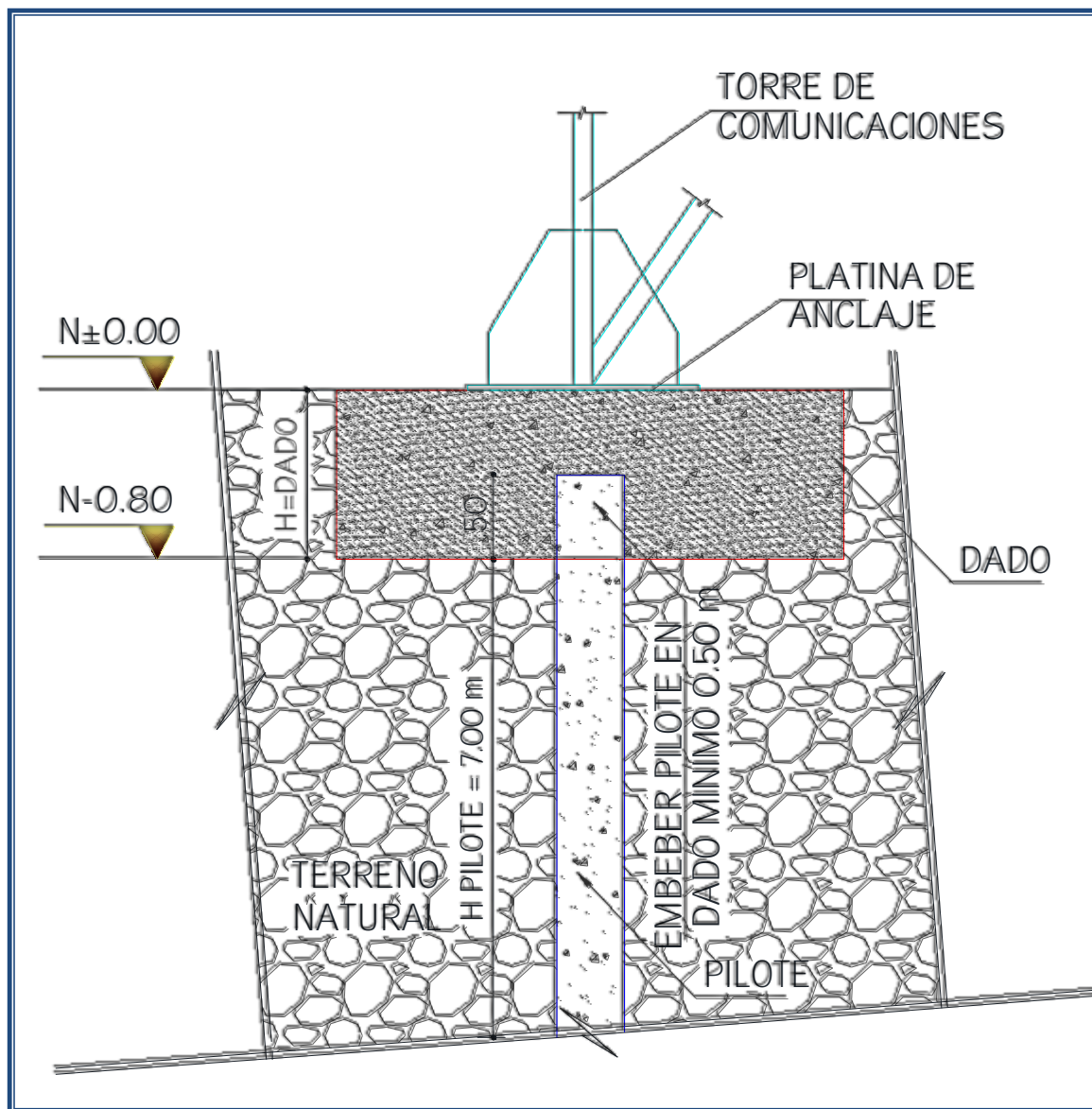
La presión admisible del suelo ( $q_a$ ), será de:

$$q_a = q_c / FS \quad q_a: \text{Capacidad portante admisible}$$

$$q_a = 153.85 / 3 \quad FS: \text{Factor de seguridad} = (3)$$

$$q_a = 51.28 \text{ KN / m}^2 \quad \text{Aproximadamente } 51 \text{ KN / m}$$

# DETALLE CIMENTACION



### CALCULO DE ASENTAMIENTOS

$$S_1 = \frac{0.5 * (Q_f - W_p) * L}{A * E_c}$$

Q<sub>f</sub> : Carga por fricción del pilote  
W<sub>p</sub> : Peso del pilote  
L: Longitud del pilote  
A: Area del pilote  
E<sub>c</sub>: Modulo de elasticidad del concreto  
E<sub>c</sub>= 2487006.2

$$S_1 = 0.00009 \text{ m}$$

$$S_1 = 0.01 \text{ cm}$$

$$S_2 = \frac{(Q_f - W_p) * D * (1 - \mu_2) * l_{ws}}{P * L * E_s}$$

$$S_2 = 0.00000 \text{ m}$$

$$S_2 = 0.0000573 \text{ cm}$$

$$l_{ws} = 2 + 0.35 * \sqrt{\frac{L}{D}}$$

$$l_{ws} = 3.46$$

Q<sub>f</sub> : Carga por fricción del pilote  
W<sub>p</sub> : Peso del pilote  
L: Longitud del pilote  
A: Area del pilote  
D: Diametro del pilote  
E<sub>s</sub>: Modulo de elasticidad del suelo  
P: Perimetro del pilote  
l<sub>ws</sub>= Coeficiente de seccion del pilote  
μ<sub>2</sub>= 0.27  
E<sub>s</sub>= 225000

$$S_{TOTAL} = S_1 + S_2$$

$$S_{TOTAL} = 0.00009 \text{ m}$$

$$S_{TOTAL} = 0.01 \text{ cm}$$

## RESULTADOS DE LABORATORIO



## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 1

SITIO ARBOLETES, 8°51'2.84" N, 76° 25'41.52"W.

CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA

DESCRIPCION LIMO ARCILLOSO CARMELITO

PROFUNDIDAD : 0.50 m - 0.95 m

FECHA jun-18

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	58.71	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	59.77	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.53	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	1.53 gr / cm3
------------------------	---------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 2

SITIO ARBOLETES.

CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA

DESCRIPCION LIMO ARCILLOSO CARMELITO

PROFUNDIDAD : 0.50 m - 0.95 m

FECHA jun-18

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	92.34	
PESO MUESTRA + PARAFINA	96.43	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	59.96	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	60.75	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.52	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	1.52 gr/cm <sup>3</sup>
------------------------	-------------------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA                    TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO                    ARBOLETES.  
DESCRIPCION        ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA  
FECHA                        jun-18

SONDEO :            1  
CIUDAD :            ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD :    1.00 m    -    1.45 m

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	57.16	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	58.62	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.56	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	<b>1.56 gr / cm3</b>
------------------------	----------------------

**Observaciones:**

**Realizo: Luis Salazar**

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA                    TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO                    ARBOLETES.  
DESCRIPCION        ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA  
FECHA                        jun-18

SONDEO :            2  
CIUDAD :            ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD :    1.70 m    -    2.15 m

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	92.34	
PESO MUESTRA + PARAFINA	96.43	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	57.35	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	58.82	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.57	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	<b>1.57 gr / cm3</b>
------------------------	----------------------

**Observaciones:**

**Realizo:** Luis Salazar

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA                    TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO                    **ARBOLETES.**  
DESCRIPCION        ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA  
FECHA                                *jun-18*

SONDEO :            3  
CIUDAD :            ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD :    2.00 m    -    2.45 m

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	57.67	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	59.00	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.55	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	<b>1.55 gr / cm3</b>
------------------------	----------------------

**Observaciones:**

**Realizo:** Luis Salazar

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 1

SITIO ARBOLETES, 8°51'2.84" N, 76° 25'41.52"W.

CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA

DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA

PROFUNDIDAD : 2.80 m - 3.25 m

FECHA jun-18

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	56.15	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	57.88	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.58	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	<b>1.58 gr / cm3</b>
------------------------	----------------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 1

SITIO ARBOLETES.

CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA

DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA

PROFUNDIDAD : 4.00 m - 4.45 m

FECHA jun-18

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	56.65	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	58.25	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.57	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	<b>1.57 gr / cm3</b>
------------------------	----------------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 1

SITIO ARBOLETES.

CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA

DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA

PROFUNDIDAD : 6.80 m - 7.25 m

FECHA jun-18

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	57.16	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	58.62	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.56	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	1.56 gr / cm3
------------------------	---------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar



## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 2

SITIO ARBOLETES.

CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA

DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA

PROFUNDIDAD : 3.60 m - 4.05 m

FECHA jun-18

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	57.67	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	59.00	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.55	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	1.55 gr/cm <sup>3</sup>
------------------------	-------------------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 2

SITIO ARBOLETES.

CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA

DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA

PROFUNDIDAD : 4.60 m - 5.05 m

FECHA jun-18

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	55.66	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	57.52	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.59	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	1.59 gr / cm <sup>3</sup>
------------------------	---------------------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 2

SITIO ARBOLETES.

CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA

DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA

PROFUNDIDAD : 7.40 m - 7.85 m

FECHA jun-18

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	56.15	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	57.88	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.58	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	<b>1.58 gr / cm3</b>
------------------------	----------------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 3

SITIO ARBOLETES.

CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA

DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA

PROFUNDIDAD : 4.60 m - 5.05 m

FECHA jun-18

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	55.66	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	57.52	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.59	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	1.59 gr / cm <sup>3</sup>
------------------------	---------------------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 3

SITIO ARBOLETES.

CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA

DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA

PROFUNDIDAD : 5.10 m - 5.55 m

FECHA jun-18

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	56.65	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	58.25	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.57	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	<b>1.57 gr / cm3</b>
------------------------	----------------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

## PESO UNITARIO DE SUELOS

OBRA TORRE AMPLIACION TDT

SONDEO : 3

SITIO ARBOLETES, 8°51'2.84" N, 76° 25'41.52"W.

CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA

DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA

PROFUNDIDAD : 8.30 m - 8.75 m

FECHA jun-18

### PESO UNITARIO

No. PRUEBA	1	2
PESO MUESTRA EN EL AIRE	91.45	
PESO MUESTRA + PARAFINA	95.54	
PESO PARAFINA (gr.)	4.09	
VOLUMEN DE PARAFINA (cm <sup>3</sup> )	5.00	
PESO MUESTRA EN AGUA (gr.)	56.65	
VOLUMEN DE LA MUESTRA (cm <sup>3</sup> )	58.25	
DENSIDAD (gr/cm <sup>3</sup> )	1.57	

### RESULTADOS

PESO UNITARIO PROMEDIO	<b>1.57 gr / cm3</b>
------------------------	----------------------

Observaciones:

Realizo: Luis Salazar

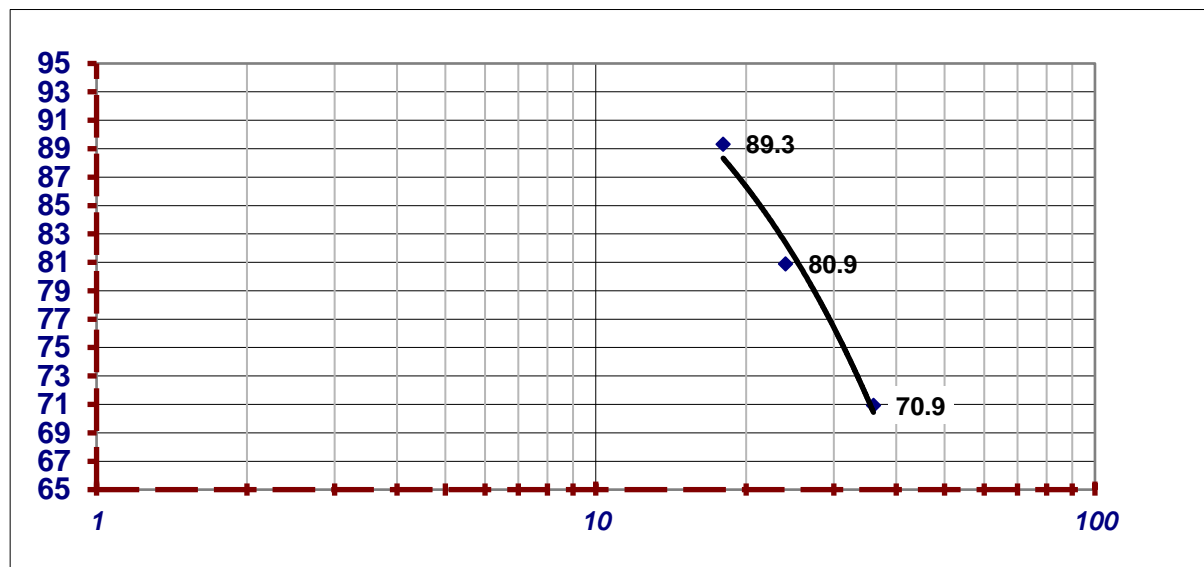
# LIMITES DE CONSISTENCIA

OBRA **TORRE AMPLIACION TDT** SONDEO : **1**  
 SITIO **ARBOLETES, 8°51'2.84" N, 76° 25'41.52"W.** CIUDAD : **ARBOLETES, ANTIOQUIA**  
 DESCRIPCION **LIMO CARMELITO** PROFUNDIDAD : **0.50 m - 0.95 m**  
 FECHA **jun-18**

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 81.40%
Vidrio No.	50	63	39		LIMITE PLASTICO = 44.50%
P1	52.3	55.4	55.4		INDICE DE PLASTICIDAD= 36.90%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	70.9	80.9	89.3		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	49	31		
P1	49.2	54.4		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	41.5	47.5		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



# LIMITES DE CONSISTENCIA

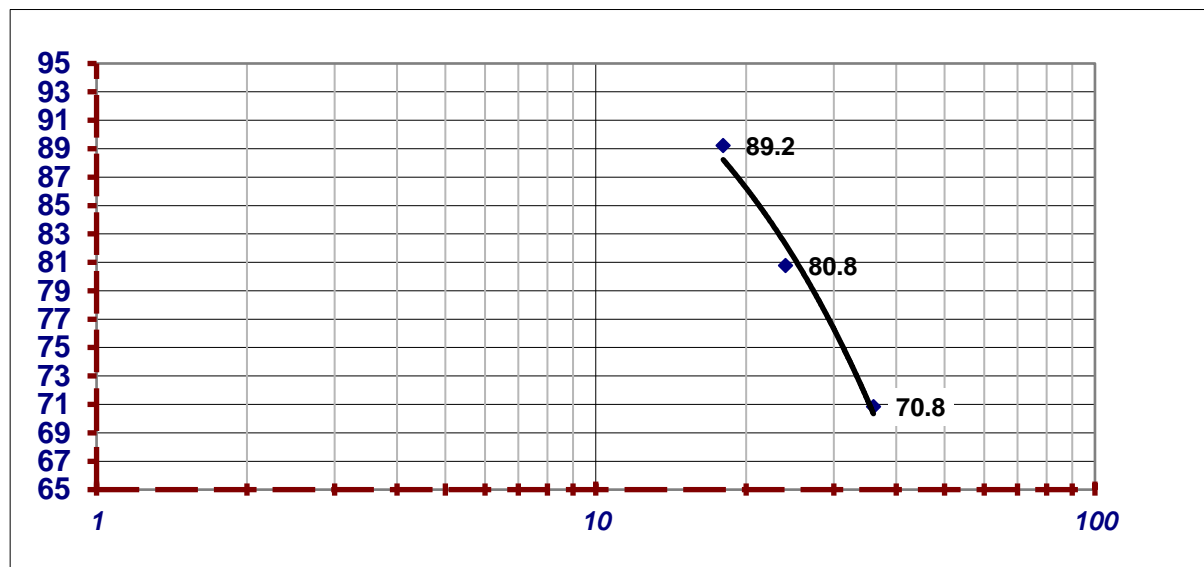
OBRA TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO ARBOLETES.  
DESCRIPCION LIMO CARMELITO  
FECHA jun-18

SONDEO : 2  
CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD : 0.50 m - 0.95 m

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 81.30%
Vidrio No.	50	63	39		LIMITE PLASTICO = 44.50%
P1	52.3	55.4	55.4		INDICE DE PLASTICIDAD= 36.80%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	70.8	80.8	89.2		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	51	33		
P1	49.8	53.8		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	43.9	45.1		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR





# LIMITES DE CONSISTENCIA

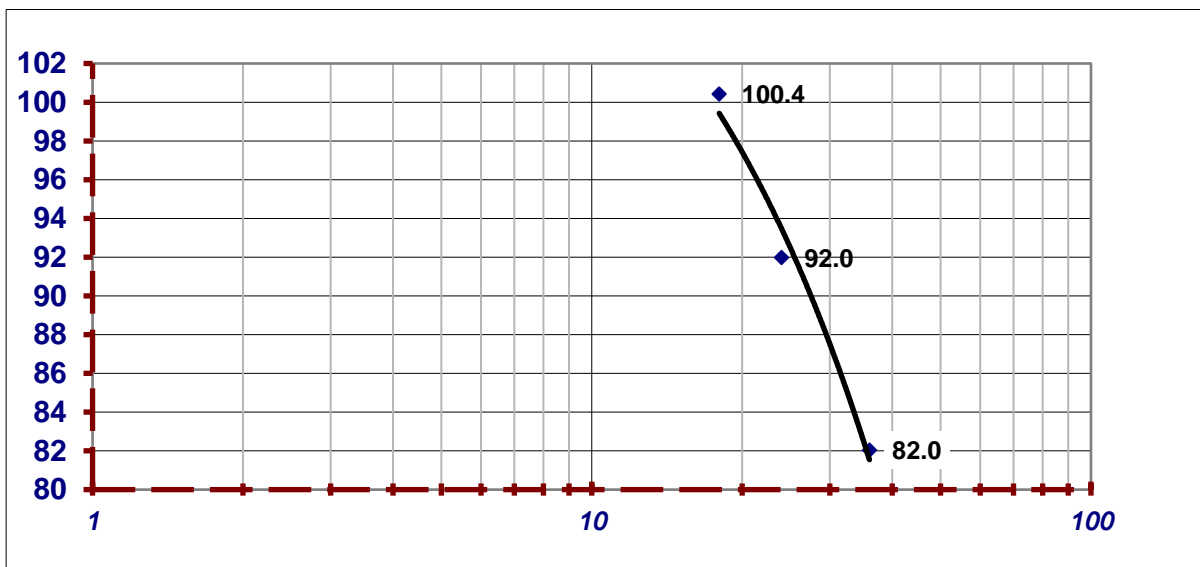
OBRA TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO ARBOLETES.  
DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA  
FECHA jun-18

SONDEO : 1  
CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD : 1.00 m - 1.40 m

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 92.50%
Vidrio No.	61	74	50		LIMITE PLASTICO = 41.20%
P1	54.9	58.0	58.0		INDICE DE PLASTICIDAD= 51.30%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	82.0	92.0	100.4		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	48	30		
P1	49.0	52.9		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.6	41.8		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



# LIMITES DE CONSISTENCIA

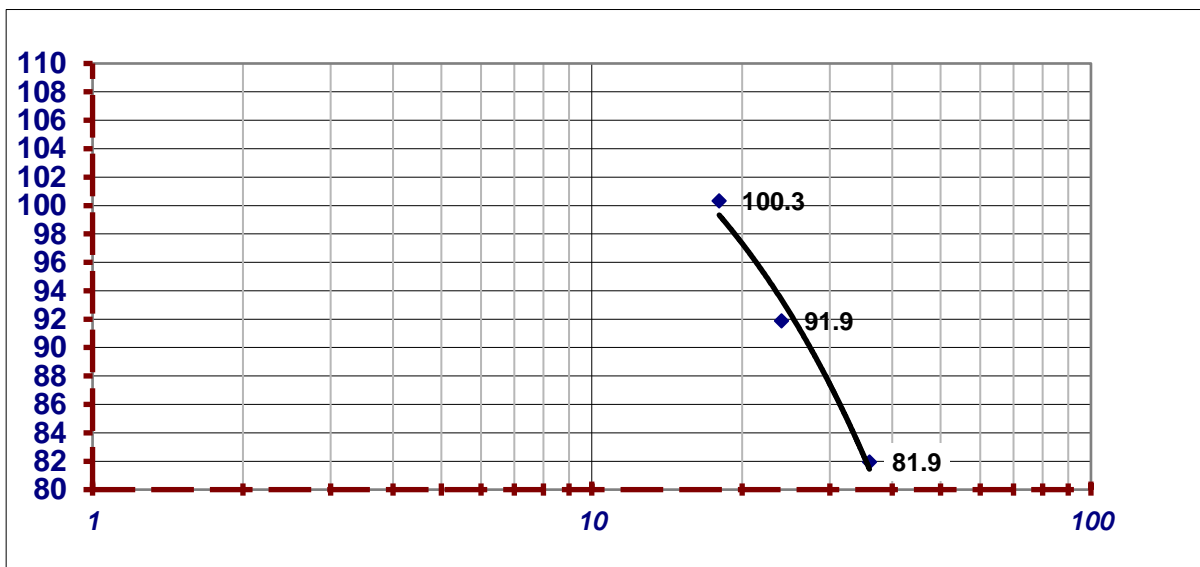
OBRA TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO ARBOLETES.  
DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA  
FECHA jun-18

SONDEO : 2  
CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD : 1.70 m - 2.15 m

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 92.40%
Vidrio No.	61	74	50		LIMITE PLASTICO = 41.20%
P1	54.9	58.0	58.0		INDICE DE PLASTICIDAD= 51.20%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	81.9	91.9	100.3		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	48	30		
P1	49.0	52.9		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.6	41.8		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



# LIMITES DE CONSISTENCIA

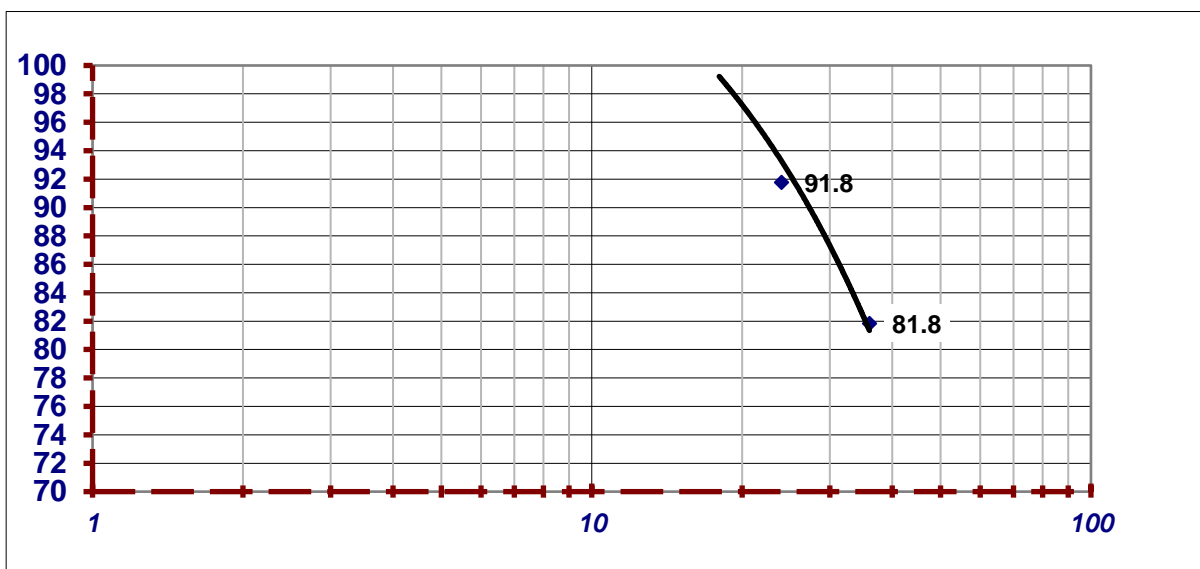
OBRA TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO ARBOLETES.  
DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA  
FECHA jun-18

SONDEO : 3  
CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD : 2.00 m - 2.45 m

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 92.30%
Vidrio No.	61	74	50		LIMITE PLASTICO = 40.90%
P1	54.9	58.0	58.0		INDICE DE PLASTICIDAD= 51.40%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	81.8	91.8	100.2		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	47	29		
P1	48.9	52.8		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.3	41.5		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



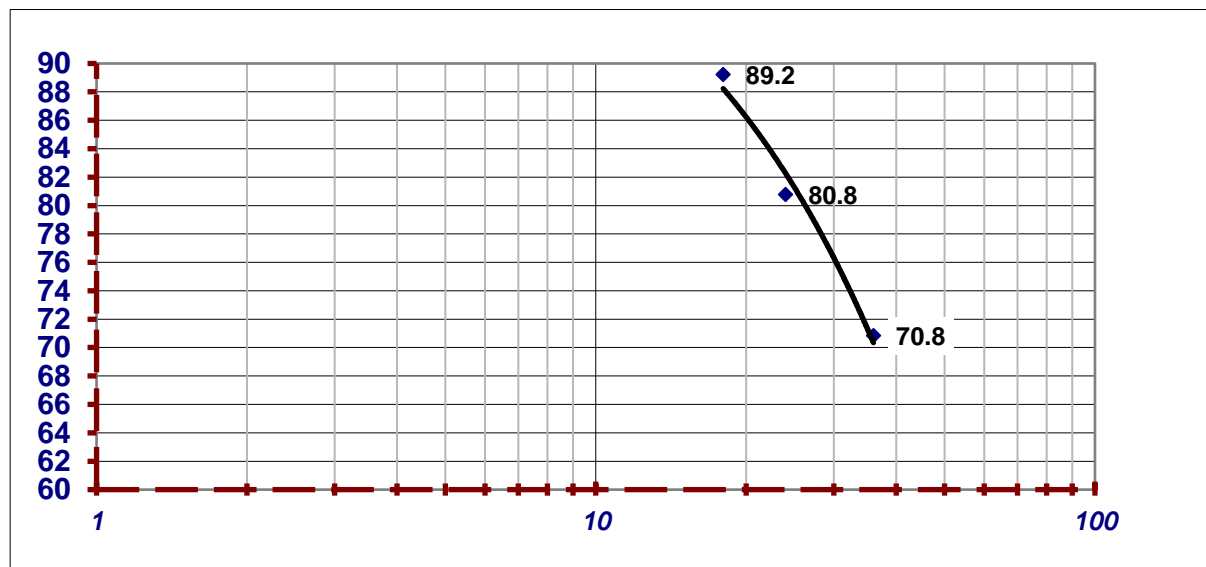
# LIMITES DE CONSISTENCIA

OBRA TORRE AMPLIACION TDT SONDEO : 1  
 SITIO ARBOLETES, 8°51'2.84" N, 76° 25'41.52"W. CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
 DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA PROFUNDIDAD : 2.80 m - 3.25 m  
 FECHA jun-18

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 81.30%
Vidrio No.	50	63	39		LIMITE PLASTICO = 41.10%
P1	52.3	55.4	55.4		INDICE DE PLASTICIDAD= 40.20%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	70.8	80.8	89.2		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	48	30		
P1	48.9	52.9		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.5	41.7		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



# LIMITES DE CONSISTENCIA

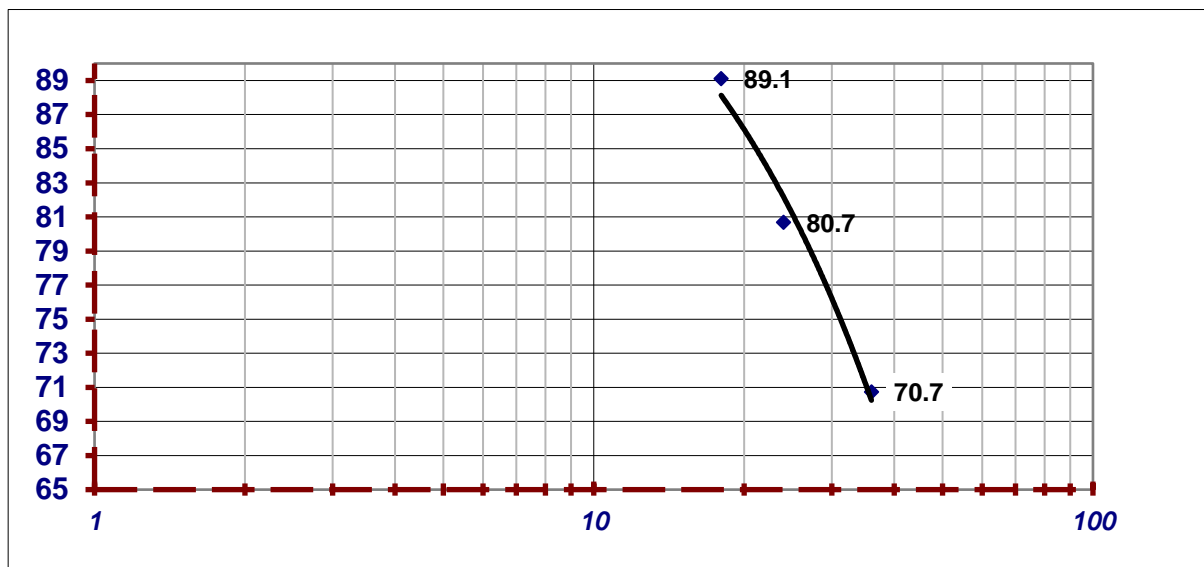
OBRA TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO ARBOLETES.  
DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA  
FECHA jun-18

SONDEO : 1  
CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD : 4.00 m - 4.45 m

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 81.20%
Vidrio No.	50	63	39		LIMITE PLASTICO = 41.10%
P1	52.2	55.4	55.4		INDICE DE PLASTICIDAD= 40.10%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	70.7	80.7	89.1		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	48	30		
P1	48.9	52.9		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.5	41.7		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



# LIMITES DE CONSISTENCIA

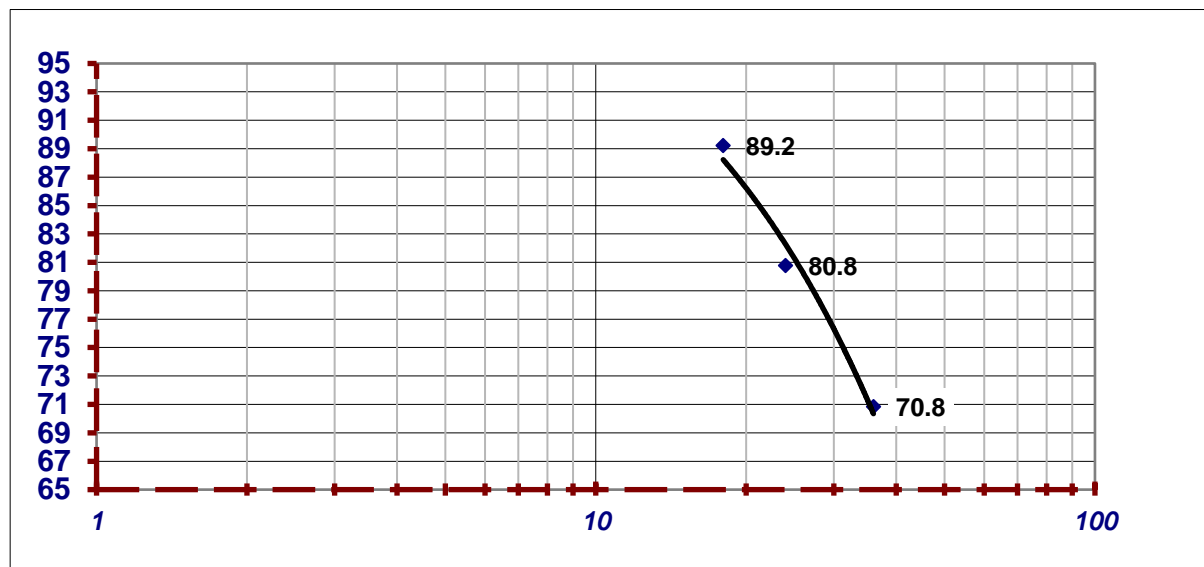
OBRA TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO ARBOLETES.  
DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA  
FECHA jun-18

SONDEO : 1  
CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD : 6.80 m - 7.25 m

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 81.30%
Vidrio No.	50	63	39		LIMITE PLASTICO = 41.00%
P1	52.3	55.4	55.4		INDICE DE PLASTICIDAD= 40.30%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	70.8	80.8	89.2		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	47	29		
P1	48.9	52.9		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.4	41.6		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



# LIMITES DE CONSISTENCIA

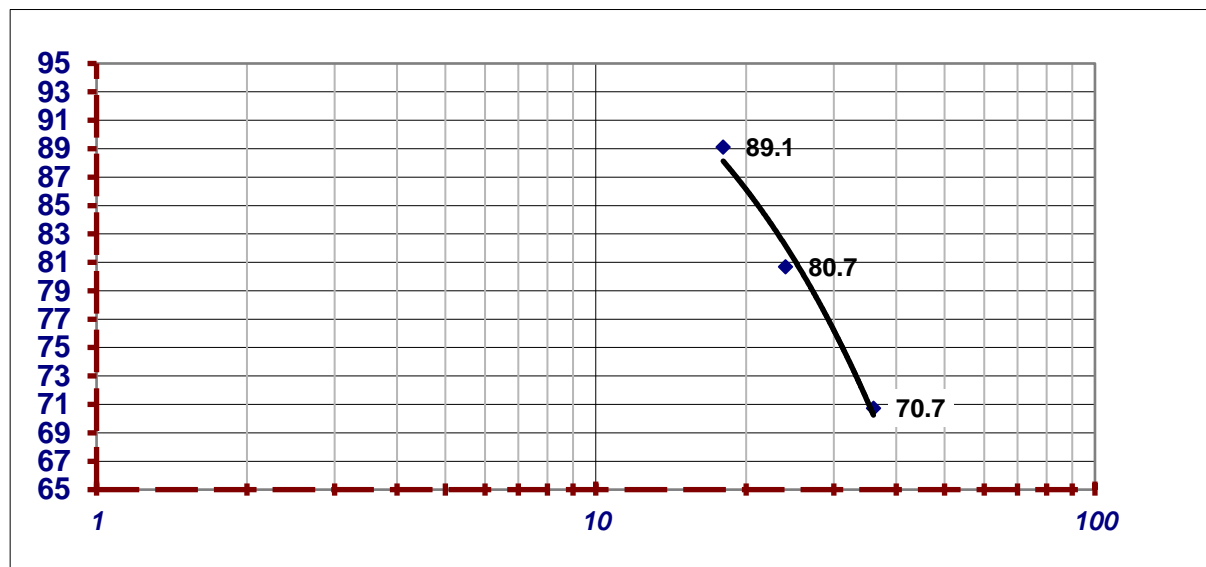
OBRA TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO ARBOLETES.  
DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA  
FECHA jun-18

SONDEO : 2  
CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD : 3.60 m - 4.05 m

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 81.20%
Vidrio No.	50	63	39		LIMITE PLASTICO = 40.90%
P1	52.2	55.4	55.4		INDICE DE PLASTICIDAD= 40.30%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	70.7	80.7	89.1		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	47	29		
P1	48.9	52.8		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.3	41.5		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



# LIMITES DE CONSISTENCIA

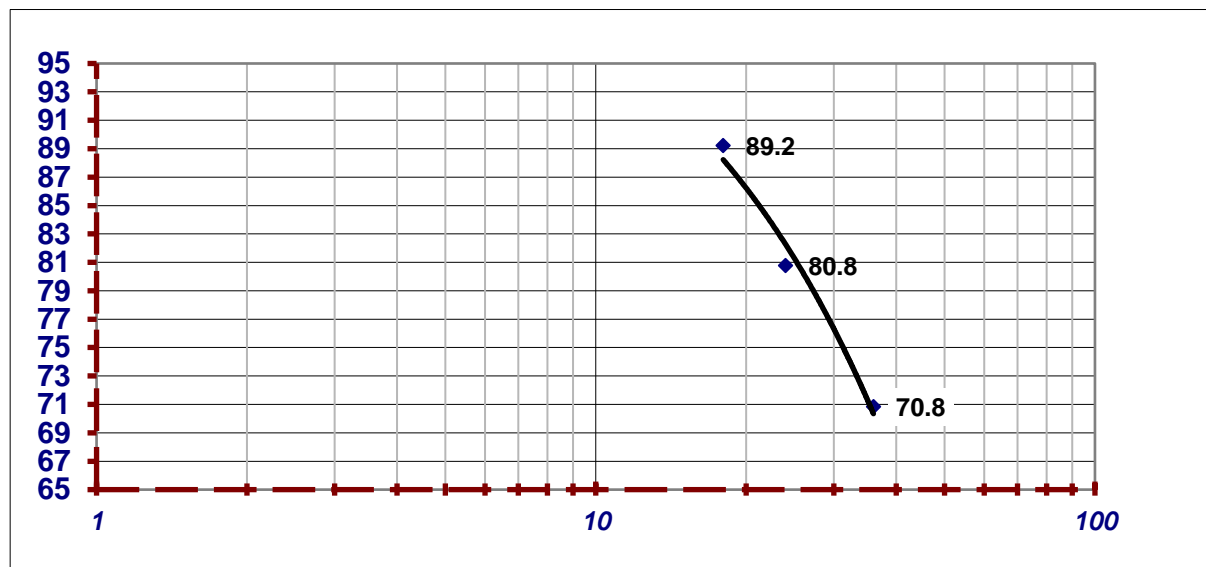
OBRA TORRE AMPLIACION TDT  
 SITIO ARBOLETES.  
 DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA  
 FECHA jun-18

SONDEO : 2  
 CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
 PROFUNDIDAD : 4.60 m - 5.05 m

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 81.30%
Vidrio No.	50	63	39		LIMITE PLASTICO = 41.00%
P1	52.3	55.4	55.4		INDICE DE PLASTICIDAD= 40.30%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	70.8	80.8	89.2		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	47	29		
P1	48.9	52.9		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.4	41.6		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR





# LIMITES DE CONSISTENCIA

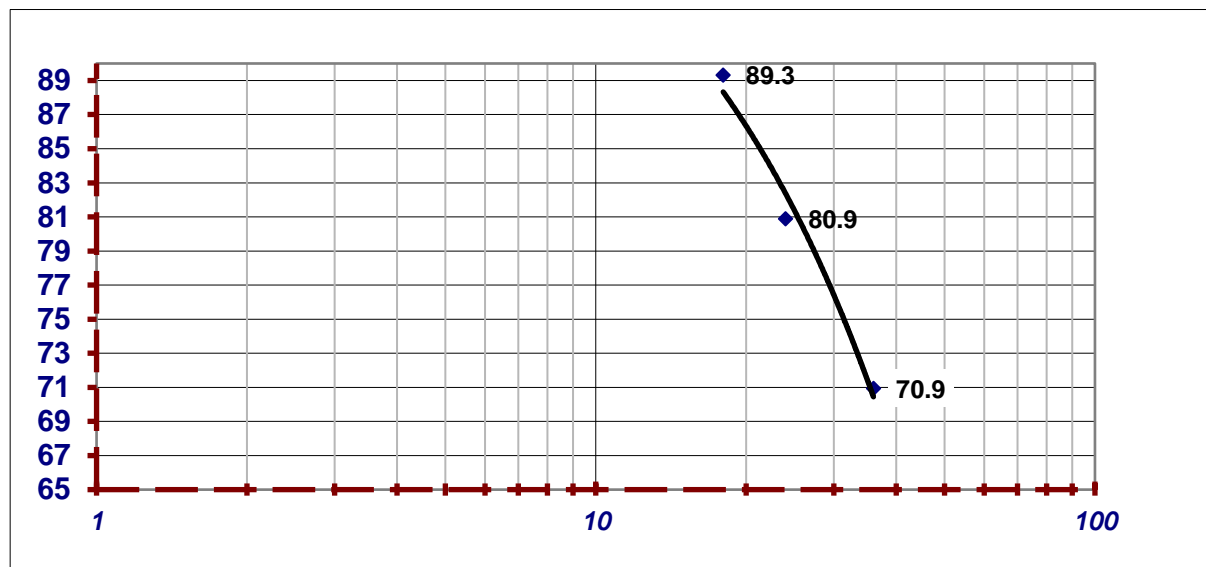
OBRA TORRE AMPLIACION TDT  
 SITIO ARBOLETES.  
 DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA  
 FECHA jun-18

SONDEO : 2  
 CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
 PROFUNDIDAD : 7.40 m - 7.85 m

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 81.40%
Vidrio No.	50	63	39		LIMITE PLASTICO = 41.20%
P1	52.3	55.4	55.4		INDICE DE PLASTICIDAD= 40.20%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	70.9	80.9	89.3		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	48	30		
P1	49.0	52.9		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.6	41.8		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



# LIMITES DE CONSISTENCIA

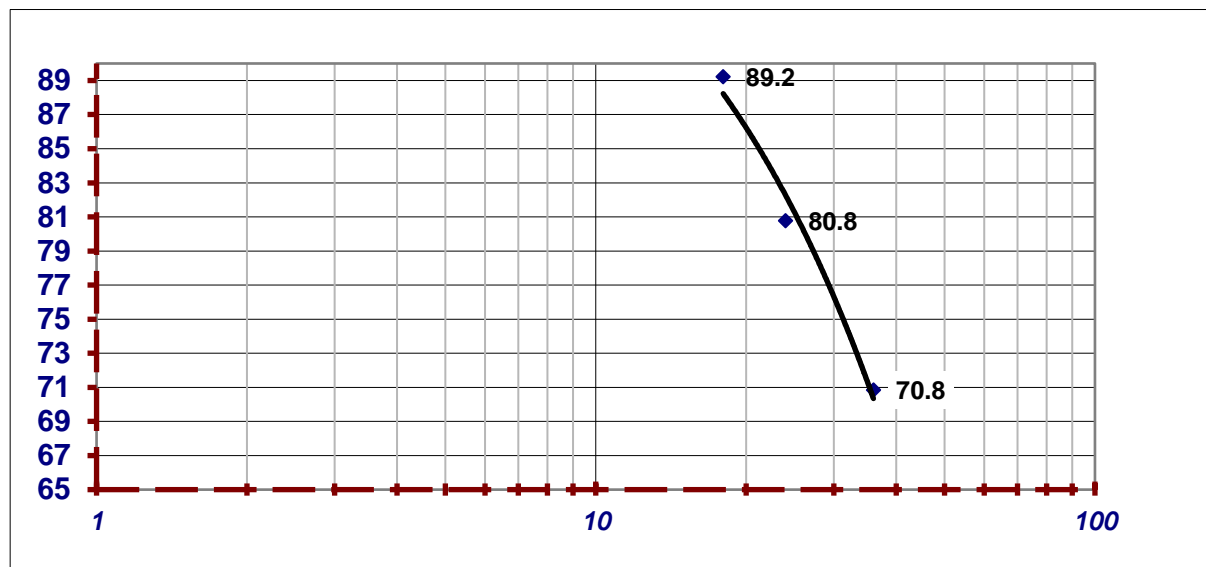
OBRA TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO ARBOLETES.  
DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA  
FECHA jun-18

SONDEO : 3  
CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD : 4.60 m - 5.05 m

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 81.30%
Vidrio No.	50	63	39		LIMITE PLASTICO = 41.00%
P1	52.3	55.4	55.4		INDICE DE PLASTICIDAD= 40.30%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	70.8	80.8	89.2		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	47	29		
P1	48.9	52.9		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.4	41.6		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



# LIMITES DE CONSISTENCIA

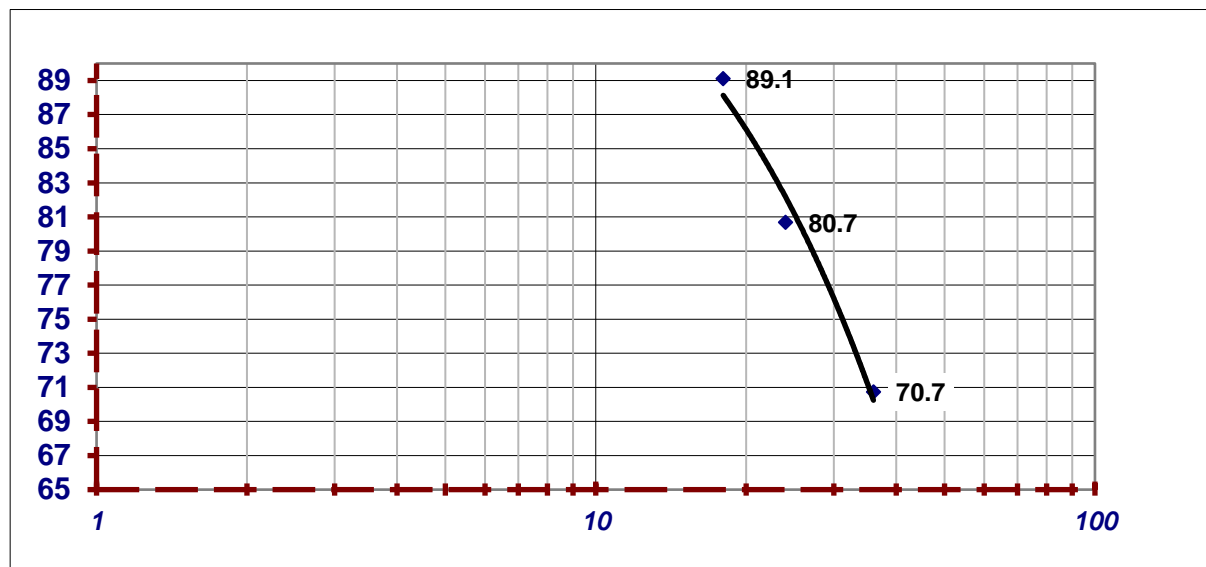
OBRA TORRE AMPLIACION TDT  
SITIO ARBOLETES.  
DESCRIPCION ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA  
FECHA jun-18

SONDEO : 3  
CIUDAD : ARBOLETES, ANTIOQUIA  
PROFUNDIDAD : 5.10 m - 5.55 m

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 81.20%
Vidrio No.	50	63	39		LIMITE PLASTICO = 41.10%
P1	52.2	55.4	55.4		INDICE DE PLASTICIDAD= 40.10%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	70.7	80.7	89.1		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	48	30		
P1	48.9	52.9		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.5	41.7		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR



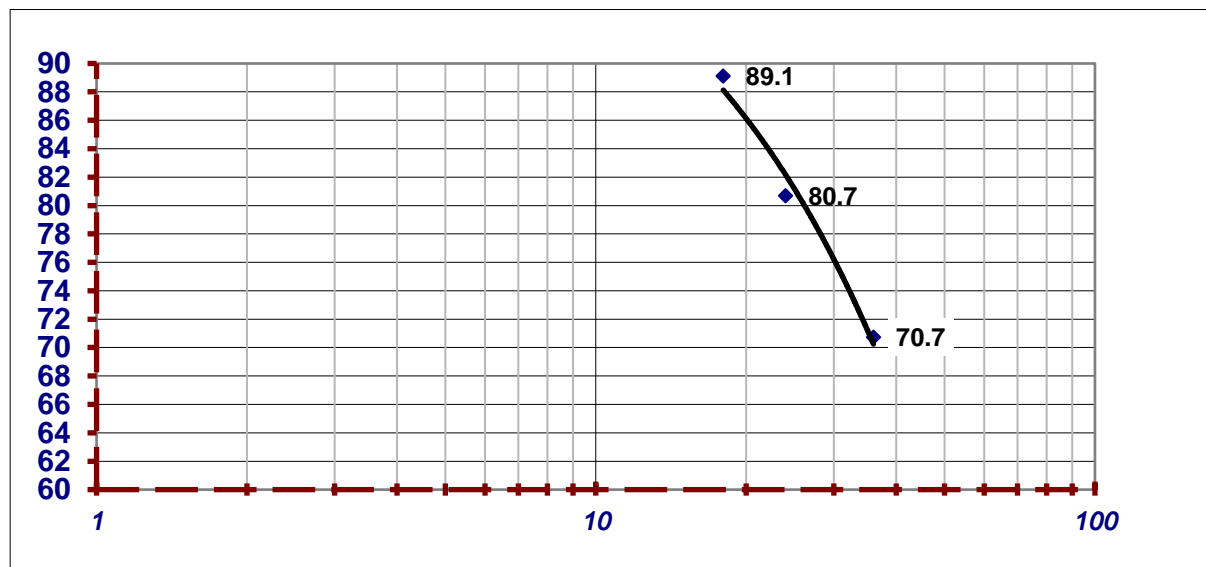
# LIMITES DE CONSISTENCIA

OBRA **TORRE AMPLIACION TDT** SONDEO : **3**  
 SITIO **ARBOLETES, 8°51'2.84" N, 76° 25'41.52"W.** CIUDAD : **ARBOLETES, ANTIOQUIA**  
 DESCRIPCION **ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACESA** PROFUNDIDAD : **8.30 m - 8.75 m**  
 FECHA **jun-18**

LIMITE LIQUIDO					RESULTADOS
Numero de golpes	36	24	18		LIMITE LIQUIDO = 81.20%
Vidrio No.	50	63	39		LIMITE PLASTICO = 41.10%
P1	52.2	55.4	55.4		INDICE DE PLASTICIDAD= 40.10%
P2	35.4	36.5	34.7		
P3	11.6	13.1	11.5		
% Humedad	70.7	80.7	89.1		

LIMITE PLASTICO				
Vidrio No.	48	30		
P1	48.9	52.9		
P2	38.5	41.8		
P3	12.7	15.2		
% Humedad	40.5	41.7		

LABORATORISTA: LUIS SALAZAR













## ENSAYOS DE COMPRESION INCONFINADA

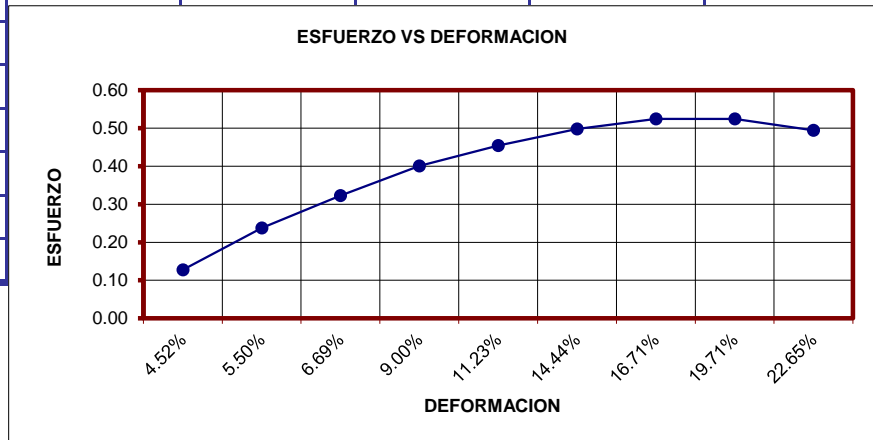
MUESTRAS TOMADAS EN : ARBOLETES.  
 CORRESPONDEN A : SONDEO No. 3  
 DESCRIPCION: ARCILLA LIMOSA GRIS VERDOSA  
 PROFUNDIDAD: 2.00 m - 2.45 m

ALTURA INICIAL H: 10.62 cm  
 DIAMETRO INICIAL: 5.20 cm  
 AREA INICIAL: 21.24 cm<sup>2</sup>  
 VOLUMEN INICIAL: 225.54 cm<sup>3</sup>  
 PESO INICIAL Po: 349.58 g  
 PESO SECO Pf: 219.57 g  
 HUMEDAD W: 59.21%

LIMITE LIQUIDO W<sub>L</sub>:  
 LIMITE PLASTICO W<sub>p</sub>:  
 PASO MALLA No: 200 %:  
 PESO UNITARIO G<sub>v</sub>: 1.55 g/cm<sup>3</sup>  
 RELACION DE VACIOS e:  
 GRADO DE SATURACION S:

ANILLO DE CARGA No. FACTOR DE CALIBRACION: 0.139  
 A= 100 A<sub>o</sub> / (100-% DEFORMACION)

INDICE DE DEFORM. ,001"	% DEFOR	IND. DE CARGA ,0001"	CARGA AX. Kg	1-% DE DEFORM	AREA CORREGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO CORREGIDO kg/cm <sup>2</sup>
66	4.52%	14	2.837	0.9548	22.243	0.13
86	5.50%	24	5.339	0.9450	22.474	0.24
106	6.69%	32	7.341	0.9331	22.761	0.32
146	9.00%	40	9.343	0.9100	23.338	0.40
186	11.23%	48	10.865	0.8877	23.925	0.45
226	14.44%	56	12.367	0.8556	24.822	0.50
266	16.71%	60	13.369	0.8329	25.499	0.52
326	19.71%	62	13.871	0.8029	26.452	0.52
386	22.65%	61	13.571	0.7735	27.457	0.49



## ENSAYOS DE COMPRESION INCONFINADA

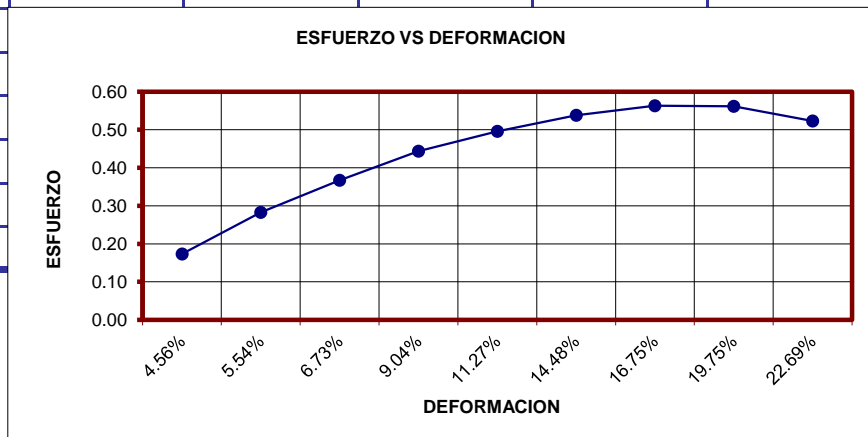
MUESTRAS TOMADAS EN : ARBOLETES, 8°51'2.84" N, 76° 25'41.52"W.  
 CORRESPONDEN A : SONDEO No. 1  
 DESCRIPCION: ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACEA  
 PROFUNDIDAD: 2.80 m - 3.25 m

ALTURA INICIAL H: 10.66 cm  
 DIAMETRO INICIAL: 5.20 cm  
 AREA INICIAL: 21.24 cm<sup>2</sup>  
 VOLUMEN INICIAL: 226.39 cm<sup>3</sup>  
 PESO INICIAL Po: 357.69 g  
 PESO SECO Pf: 223.13 g  
 HUMEDAD W: 60.31%

LIMITE LIQUIDO W<sub>L</sub>:  
 LIMITE PLASTICO W<sub>p</sub>:  
 PASO MALLA No: 200 %:  
 PESO UNITARIO G<sub>v</sub>: 1.58 g/cm<sup>3</sup>  
 RELACION DE VACIOS e:  
 GRADO DE SATURACION S:

ANILLO DE CARGA No. FACTOR DE CALIBRACION: 0.139  
 A= 100 A<sub>o</sub> / (100-% DEFORMACION)

INDICE DE DEFORM. ,001"	% DEFOR	IND. DE CARGA ,0001"	CARGA AX. Kg	1-% DE DEFORM	AREA CORREGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO CORREGIDO kg/cm <sup>2</sup>
66	4.56%	14	3.858	0.9544	22.253	0.17
86	5.54%	24	6.358	0.9446	22.483	0.28
106	6.73%	32	8.360	0.9327	22.770	0.37
146	9.04%	40	10.362	0.9096	23.349	0.44
186	11.27%	48	11.865	0.8873	23.935	0.50
226	14.48%	56	13.367	0.8552	24.833	0.54
266	16.75%	60	14.369	0.8325	25.511	0.56
326	19.75%	62	14.871	0.8025	26.465	0.56
386	22.69%	61	14.371	0.7731	27.471	0.52





## ENSAYOS DE COMPRESION INCONFINADA

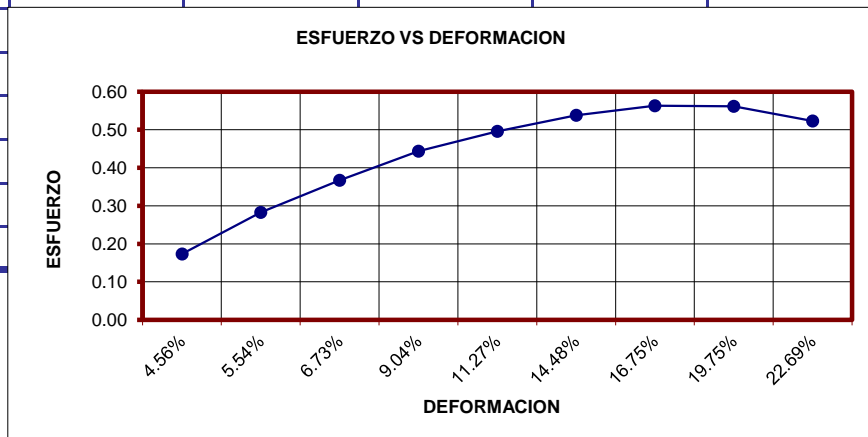
MUESTRAS TOMADAS EN : ARBOLETES.  
 CORRESPONDEN A : SONDEO No. 1  
 DESCRIPCION: ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACEA  
 PROFUNDIDAD: 6.80 m - 7.25 m

ALTURA INICIAL H: 10.66 cm  
 DIAMETRO INICIAL: 5.20 cm  
 AREA INICIAL: 21.24 cm<sup>2</sup>  
 VOLUMEN INICIAL: 226.39 cm<sup>3</sup>  
 PESO INICIAL Po: 353.17 g  
 PESO SECO Pf: 220.76 g  
 HUMEDAD W: 59.98%

LIMITE LIQUIDO W<sub>L</sub>:  
 LIMITE PLASTICO W<sub>p</sub>:  
 PASO MALLA No: 200 %:  
 PESO UNITARIO G<sub>v</sub>: 1.56 g/cm<sup>3</sup>  
 RELACION DE VACIOS e:  
 GRADO DE SATURACION S:

ANILLO DE CARGA No. FACTOR DE CALIBRACION: 0.139  
 A= 100 A<sub>o</sub> / (100-% DEFORMACION)

INDICE DE DEFORM. ,001"	% DEFOR	IND. DE CARGA ,0001"	CARGA AX. Kg	1-% DE DEFORM	AREA CORREGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO CORREGIDO kg/cm <sup>2</sup>
66	4.56%	14	3.858	0.9544	22.253	0.17
86	5.54%	24	6.360	0.9446	22.483	0.28
106	6.73%	32	8.362	0.9327	22.770	0.37
146	9.04%	40	10.364	0.9096	23.349	0.44
186	11.27%	48	11.867	0.8873	23.935	0.50
226	14.48%	56	13.369	0.8552	24.833	0.54
266	16.75%	60	14.369	0.8325	25.511	0.56
326	19.75%	62	14.871	0.8025	26.465	0.56
386	22.69%	61	14.371	0.7731	27.471	0.52















## ENSAYOS DE COMPRESION INCONFINADA

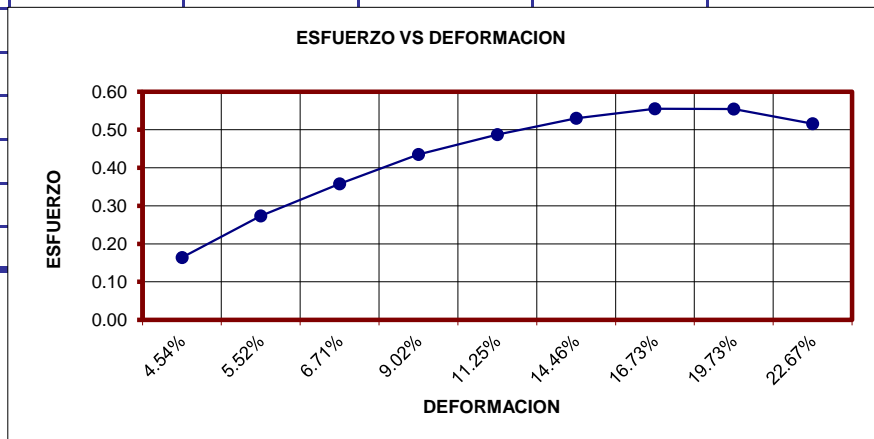
MUESTRAS TOMADAS EN : ARBOLETES, 8°51'2.84" N, 76° 25'41.52"W.  
 CORRESPONDEN A : SONDEO No. 3  
 DESCRIPCION: ARCILLA LIMOSA AZUL GRISACEA  
 PROFUNDIDAD: 8.30 m - 8.75 m

ALTURA INICIAL H: 10.64 cm  
 DIAMETRO INICIAL: 5.20 cm  
 AREA INICIAL: 21.24 cm<sup>2</sup>  
 VOLUMEN INICIAL: 225.96 cm<sup>3</sup>  
 PESO INICIAL Po: 354.76 g  
 PESO SECO Pf: 221.94 g  
 HUMEDAD W: 59.84%

LIMITE LIQUIDO W<sub>L</sub>:  
 LIMITE PLASTICO W<sub>p</sub>:  
 PASO MALLA No: 200 %:  
 PESO UNITARIO G<sub>v</sub>: 1.57 g/cm<sup>3</sup>  
 RELACION DE VACIOS e:  
 GRADO DE SATURACION S:

ANILLO DE CARGA No. FACTOR DE CALIBRACION: 0.139  
 $A = 100 A_o / (100 - \% \text{ DEFORMACION})$

INDICE DE DEFORM. ,001"	% DEFOR	IND. DE CARGA ,0001"	CARGA AX. Kg	1-% DE DEFORM	AREA CORREGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO CORREGIDO kg/cm <sup>2</sup>
66	4.54%	14	3.649	0.9546	22.248	0.16
86	5.52%	24	6.151	0.9448	22.479	0.27
106	6.71%	32	8.153	0.9329	22.765	0.36
146	9.02%	40	10.155	0.9098	23.343	0.44
186	11.25%	48	11.658	0.8875	23.930	0.49
226	14.46%	56	13.160	0.8554	24.827	0.53
266	16.73%	60	14.162	0.8327	25.505	0.56
326	19.73%	62	14.664	0.8027	26.458	0.55
386	22.67%	61	14.164	0.7733	27.464	0.52



# INFORME FOTOGRAFICO

ESTACIÓN.



### SONDEOS











