

<b>PROYECTO:</b>	<b>LA CHORERA (ALANGASÍ)</b> ESTUDIO DE SUELOS
<b>CÓDIGO DEL DOCUMENTO:</b>	
<b>CLIENTE:</b>	

**Revisión**

<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>	<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
A	03/08/2018	Ing. Juan Haro		

## Contenido

1. ANTECEDENTES .....	3
1.1. DESCRIPCIÓN.....	3
1.2. OBJETIVOS.....	3
2.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
1.3. ALCANCE .....	3
2. GENERALIDADES .....	4
2.1. DESCRIPCIÓN BÁSICA .....	4
2.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO .....	4
2.3. INVESTIGACIONES DE CAMPO.....	5
2.4. ENSAYOS DE LABORATORIO.....	6
3. CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS .....	7
3.1. GEOLOGÍA LOCAL .....	7
3.2. ANÁLISIS SISMOTECTÓNICO .....	7
3.3. PERFIL DEL SUELO PARA EL DISEÑO SISMORESISTENTE .....	8
4. OBTENCIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS .....	9
4.1. CAPACIDAD DE CARGA POR MEDIO DEL SPT .....	9
4.2. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS INSTANTÁNEOS.....	11
5. GENERALIDADES GEOTÉCNICAS .....	12
6. RESUMEN RESULTADOS GEOTÉCNICOS .....	12
7. CONCLUSIONES .....	17
8. RECOMENDACIONES .....	17
ANEXOS .....	20
ANEXO I .....	21
REGISTRO DE PERFORACIÓN .....	21
ANEXO II .....	25
CLASIFICACIONES SUCS .....	25
ANEXO III .....	32
CAPACIDAD PORTANTE.....	32
CAPACIDADES PORTANTES SPT - 01 .....	33
CAPACIDADES PORTANTES SPT - 02 .....	34
CAPACIDADES PORTANTES SPT - 03 .....	35
ANEXO IV .....	36
REGISTRO FOTOGRÁFICO .....	36

## **1. ANTECEDENTES**

### **1.1.DESCRIPCIÓN**

El presente estudio describe de manera particular las características estratigráficas y mecánicas del suelo del sector en el que se implanta el proyecto "LA CHORRERA", en caso estricto de los estudios solicitados, y como complemento a los estudios necesarios para la caracterización del suelo en toda el área de intervención.

### **1.2.OBJETIVOS**

#### **2.2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Realizar perforaciones y estudios geotécnicos sobre el área de implantación de las obras a proyectarse, determinando en lo posible características mecánicas de los estratos y su capacidad portante superficial.

#### **2.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- En base a ensayos de mecánica de suelos, determinar las características del estrato para definir la longitud y características de recomendación para la cimentación a utilizarse.
- Ensayar en laboratorio las condiciones mecánicas geotécnicas de todas las muestras resultantes de las perforaciones
- Identificar las unidades estratigráficas del horizonte de implantación de la cimentación.
- Calcular los asentamientos y parámetros físico-mecánicos en función del pre diseño de la cimentación.

### **1.3.ALCANCE**

La presente memoria técnica contempla un estudio geotécnico puntual de los estratos de implantación de la cimentación proyectada; abarca la clasificación SUCS de todos los estratos encontrados, las características hidrogeológicas (nivel freático), y la determinación de capacidades portantes y asentamientos para los diferentes tipos de cimentación en función de la profundidad.

Así también es estudio recomienda un diseño de cimentación superficial acorde a las solicitudes aproximadas, con las secciones mínimas y consideraciones puntuales de uso de mejoramiento en casos que lo amerite.

## 2. GENERALIDADES

### 2.1. DESCRIPCIÓN BÁSICA

El objeto del estudio de suelos y su recomendación a nivel de fundación es adecuar el medio y utilizar el sistema correcto de cimentación para que las cargas de la estructura a proyectar se transmitan al terreno, produciendo en éste un sistema de esfuerzos que puedan ser resistidos con seguridad sin producir asentamientos o con asentamientos tolerables, ya sean estos uniformes o diferenciales.

### 2.2. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El estudio de suelos se realizó en el sector de Alangasí, DMQ, Pichincha



Fig. 1.0 Ubicación General del sitio



Fig. 2.0 Ubicación sitio de perforación SPT

### 2.3. INVESTIGACIONES DE CAMPO

Con el fin de encontrar las características físicas y mecánicas de los estratos que comprenden el subsuelo de la zona de estudio se realizaron las siguientes investigaciones:

SPT	(COORDENADAS UTM)		COTA (msnm)	PROF (m)	NORMA REFERENCIA
	ESTE	NORTE			
SPT_01	786447.00	9966718.00	2491.00	5	ASTM D1586-67
SPT_02	786441.00	9966722.00	2491.00	5	
SPT_03	786439.00	9966720.00	2491.00	5	

Cuadro 2.3 Investigaciones ejecutadas.

En las perforaciones se efectuaron ensayos de penetración estándar (SPT) cada metro; con la cuchara bi-partida, se recuperaron muestras de todos los estratos atravesados.

En todas las muestras alteradas recuperadas se realizó la descripción Visual - Manual de campo, según lo establecido en la norma ASTM D 2488, identificando en forma preliminar cada facie estratigráfica. Las muestras recuperadas fueron etiquetadas, embaladas y transportadas al laboratorio de Suelos, como indica la norma ASTM D 4220.

En el Anexo 1, se incluyen los registros de perforación.

#### **2.4. ENSAYOS DE LABORATORIO**

Para determinar las características físicas y mecánicas de los suelos, en las muestras seleccionadas se efectuaron ensayos de laboratorio, respetando los procedimientos determinados en las normas respectivas.

Las muestras seleccionadas corresponden a los estratos representativos de los suelos encontrados, en las que se realizó ensayos de identificación y clasificación SUCS:

- Humedad Natural	ASTM D 221
- Granulometría por Vía Húmeda	ASTM D 422
- Límite Líquido y Límite Plástico	ASTM D 4318
- Clasificación SUCS	ASTM D 2487

En el Anexo 2 se encuentra detallado los resultados de los Ensayos de Laboratorio para las clasificaciones SUCS.

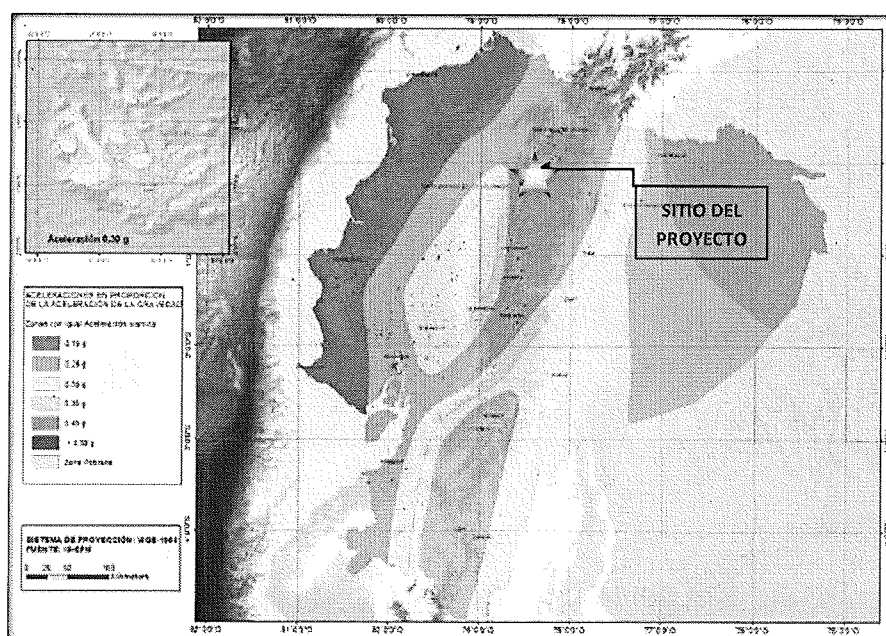
### 3.1.GEOLOGÍA LOCAL

De 0,00 a 1,00m

- LIMO ARENOSO BAJA HUMEDAD

- LIMO ARENOSO: color café oscuro, humedad mínima, compacidad alta, plasticidad baja.

Las evaluaciones realizadas por la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC-SE-DS 2014), zonifican al País en función de la aceleración máxima en roca esperada para el sismo de diseño. Según esa zonificación, el área del proyecto se encuentra en zona sísmica V en la cual se aplica un factor sísmico de 0,4g, como se representa.



ZONA SÍSMICA	I	II	III	IV	V	VI
VALOR FACTOR Z	0,15g	0,25g	0,30g	0.35 g	0,40g	≥ 0.50g

**Factores de Sitio**

Fa	Fd	Fs
1,2	1,19	1,28

Figura 6.2. Mapa de zonas sísmicas en el Ecuador. Tomado de la NEC-SE-DS 2014.

### 3.3.PERFIL DEL SUELO PARA EL DISEÑO SISMORESISTENTE

Al no considerarse investigaciones de geofísica en el estudio que determinen velocidades Vs, se consideró el uso de factores relativos al N promedio del SPT, en función de coeficientes determinados para cada Su (Terzaghi, Peck. 1948)

El perfil del suelo para el diseño sismo resistente fue determinado siguiendo las especificaciones del apéndice 10.5 de la NORMA ECUATORIANA DE LA CONSTRUCCIÓN “PELIGRO SÍSMICO DISEÑO SISMO RESISTENTE” (DIC – 2014):

PROF (m)	SPT_01	SPT_02	SPT_03	N promedio	Su (correspondiente) kg/cm2 Según Terzagui y Peck (1948)	
1.0	-	-	-			
2.0	8.00	6.00	9.00	8	0.438	2.29
3.0	4.00	5.00	5.00	5	0.250	4.00
4.0	7.00	6.00	9.00	7	0.438	2.29
5.0	25.00	22.00	26.00	24	1.600	0.63
6.0	42.00	45.00	43.00	43	2.867	0.35
					$\sum_{i=1}^k \frac{d_i}{S_{ui}}$	= 9.55
					dc =	4.00
					$\bar{S}_u = \frac{d_c}{\sum_{i=1}^k \frac{d_i}{S_{ui}}}$	= 0.42 kg/cm2

SECTOR		LA CHORRERA - ALANGASÍ
Su	PERFIL DEL SUELO	DESCRIPCION
0,42 kg/cm2	E	PERFIL QUE CONTIENE UN ESPESOR H>3.00 m. DE ARCILLAS BLANDAS Y  IP > 20 w ≥ 40% $\bar{S}_u < 50 \text{ kPa } (\approx 0.50 \text{ kgf/cm}^2)$



#### 4. OBTENCIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS

##### 4.1. CAPACIDAD DE CARGA POR MEDIO DEL SPT

La presión de hundimiento de una cimentación directa se evalúa mediante la formulación propuesta por Terzaghi:

$$q_h(\text{bruta}) = cN_c + q_oN_q + \frac{1}{2}B\gamma N_\gamma$$

donde:

- $N_c, N_q, N_\gamma$ , se denominan factores de capacidad de carga y dependen exclusivamente del ángulo de rozamiento interno efectivo del suelo.
- $c$ , es la cohesión del terreno.
- $q_o$ , es la tensión vertical debida a la sobrecarga total de tierras al nivel de la cimentación.
- $\gamma$ , es el peso específico del suelo por debajo de la cimentación.

El caso aplicable a suelos cohesivos (saturados), en la que las condiciones más desfavorables se suelen producir inmediatamente tras la carga. El cálculo sin drenaje se efectúa en tensiones totales, adoptando  $\phi=0$ ,  $c=S_u$ . Para el ángulo de rozamiento nulo, los factores de capacidad de carga son los siguientes:

$$N_q = 1$$

$$N_c = 5,14$$

$$N_\gamma = 0$$

En consecuencia, la tensión de hundimiento total bruta resulta:

$$q_h (\text{bruta}) = S_u N_c + q_o = 5,14 S_u + \gamma D$$

donde:

- $\gamma$ , es el peso específico aparente del terreno situado por encima de la base de cimentación.
- $D$ , es la profundidad de a base del cimientto.

Debido a que la acción estabilizadora ( $q_o = \gamma D$ ), proviene solo del efecto de la sobrecarga  $\gamma$ , para producir el hundimiento del cimientto, la superficie de ruptura teórica deberá no solo levantar el terreno situado junto a la zapata sino también atravesarlo movilizandoo su resistencia al corte. Para tener cuenta este efecto se emplea un coeficiente de corrección propuesto por Skempton para el factor de corrección  $d_c$ , a aplicar al termino de cohesión, función de relación profundidad / ancho de cimentación.

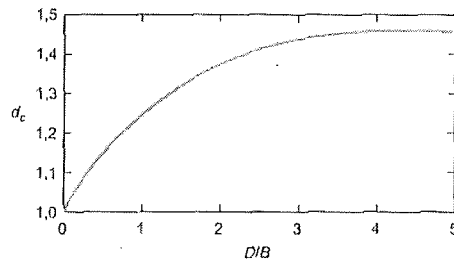


Figura 3.0. Factor de corrección ( $d_c$ ) por la profundidad de cimentación (Skempton)

Aplicando este factor de corrección, resulta:

$$q_h (\text{bruta}) = 5,14 d_c S_u + \gamma D$$

Para establecer una presión de cimentación alejada del hundimiento se debe aplicar un factor de minoración a la tensión de hundimientos calculada, dicho factor de seguridad se aplica sobre la presión de hundimiento neta ( $FS = 3$ , condición permanente).

Se han estimado los valores de resistencia al corte no drenado para las arcillas a partir de los valores de  $N_{60}$ , para ello se utilizaron las recomendaciones de Brown e Hettiarachi (2008):

$$\frac{S_u}{P_{atm}} = \alpha * N_{60}$$

Donde  $\alpha$  es 0.04 según las recomendaciones y  $P_{atm}$  es la presión atmosférica.

#### **4.2. CÁLCULO DE ASENTAMIENTOS INSTANTÁNEOS**

En función de las cargas proyectadas aproximadas ejercidas sobre el suelo según el tipo de estructura se procede a determinar los asentamientos efectivos que se darán lugar por efecto del esfuerzo que generará la nueva zapata sobre el estrato de fundición.

Considerando la utilidad del ensayo SPT se procede al cálculo de asentamientos por medio del método de Terzaghi, Peck y Mercí (1996)

$$S = (B^{0,75}) * \left( \frac{1,7}{N_{corr}^{1,4}} \right) q$$

Dónde:

- B = ancho de Zapata (m)
- $N_{corr}$  = N30 del SPT corregido
- q = la presión de contacto
- S = Asentamiento previsible (mm)

## 5. GENERALIDADES GEOTÉCNICAS

- No se observa presencia del nivel freático superficial en las investigaciones realizadas.
- Se ha obtenido el rechazo en los ensayos realizados a profundidades aproximadas entre 5 y 6 metros.
- En cuanto a la sismicidad, el sector de ALANGASÍ presenta según la norma NEC-SE-DS 2015, una aceleración sísmica básica de a 0,40g (g=aceleración de la gravedad), por lo que será precisa la aplicación de la citada norma para el diseño de las cimentaciones.
- En función del ensayo SPT, se ha considerado cada sector de evaluación con capacidades portantes bajas, valor que se detalla en el anexo III, para cada perforación.

## 6. RESUMEN RESULTADOS GEOTÉCNICOS

A continuación, se indican los parámetros principales respectivos al análisis de las características mecánicas y físicas de los estratos de estudio, los cuales describen lo siguiente:

- **N promedio de perforaciones**

1.0	-	-	-
2.0	8.00	6.00	9.00
3.0	4.00	5.00	5.00
4.0	7.00	6.00	9.00
5.0	25.00	22.00	26.00
6.0	42.00	45.00	43.00

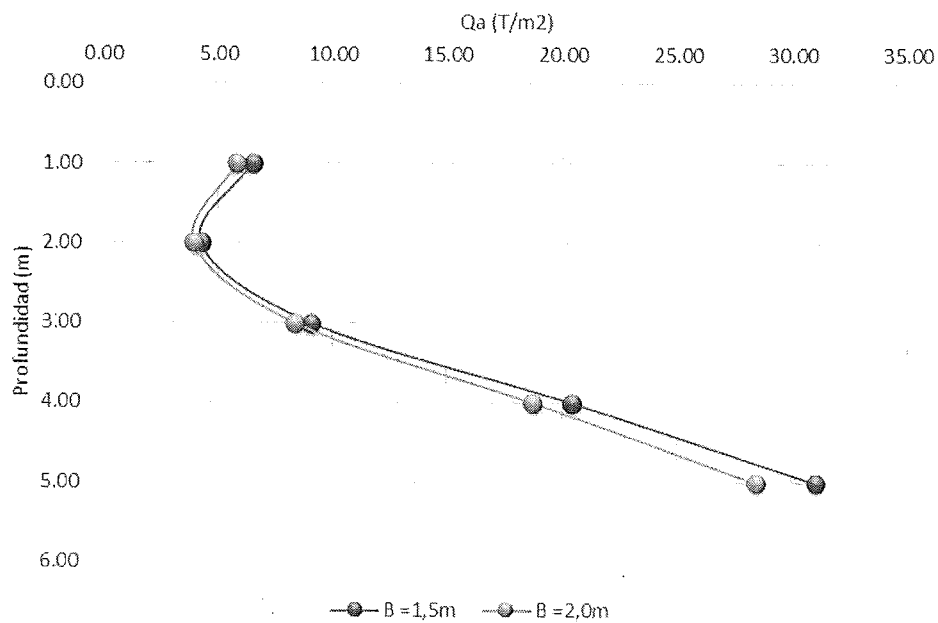
- **Resumen de Capacidades y Asentamientos Previsibles**

Se enlista a continuación las capacidades y asentamientos de las perforaciones que permitieron extracción de muestra, y que tenían un margen mínimo de 6m:

## PERFORACIONES SPT\_01

$g = 1.35 \text{ T/m}^3$ $g_{sat} = 1.55 \text{ T/m}^3$ N. F.: m						CAPACIDAD PORTANTE EN FUNCIÓN DEL ENSAYO SPT PROYECTO: LA CHORRERA - ALANGASÍ PERFORACION: SPT-01 COORDENADAS: 0°18'2.91"S ; 78°25'35.79"O UBICACIÓN: ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA					
PROF. (m)	NIVEL (m)	so (T/m²)	N (spt)	Ncorr	Nprom.	qa (MEYERHOFF) ZAPATAS (T / m²)			qa (BOWLES) LOSAS (T / m²)	CAPACIDAD DE CARGA	ASENTAMIENTO PREVISIBLE
						B= 1.50 m	B= 2.00 m	PROMEDIO	B= 5.00 m	Q <sub>c</sub> (T)	S (mm)
0.00	-1.00										
1.00	-2.00	1.55	8.00	5.83	4.75	6.50	5.78	6.14	6.45	23.12	20.63
2.00	-3.00	3.10	4.00	2.59	2.96	4.28	3.93	4.11	4.27	15.72	40.06
3.00	-4.00	4.65	7.00	3.70	6.28	9.09	8.34	8.72	9.58	33.36	13.97
4.00	-5.00	6.20	25.00	11.43	14.11	20.44	18.75	19.60	22.73	75.00	4.49
5.00	-6.00	7.75	42.00	19.47	21.45	31.05	28.49	29.77	36.34	113.96	2.50
FIN DEL SONDEO											

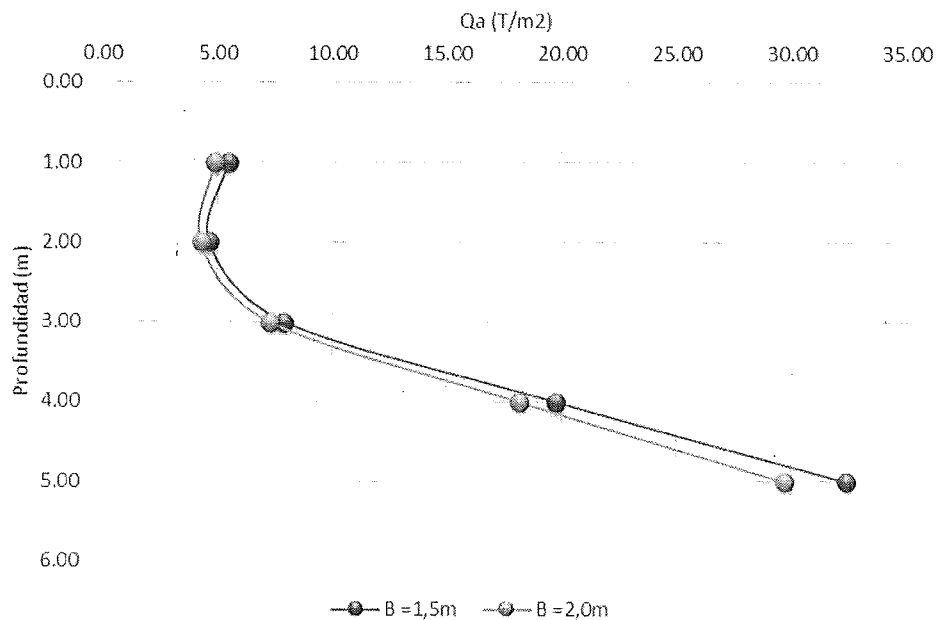
## CAPACIDAD PORTANTE EN FUNCIÓN DEL ANCHO DE ZAPATA "B" SPT-01



## PERFORACIONES SPT\_02

<b>g = 1.35 T/m<sup>3</sup></b> <b>gsat = 1.55 T/m<sup>3</sup></b> <b>N. F.: m</b>						<b>CAPACIDAD PORTANTE EN FUNCIÓN DEL ENSAYO SPT</b> <b>PROYECTO: LA CHORRERA - ALANGASÍ</b> <b>PERFORACION: SPT-02</b> <b>COORDENADAS: 0°18'2.91"S ; 78°25'35.79"O</b> <b>UBICACIÓN: ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA</b>					
PROF. (m)	NIVEL (m)	so (T/m <sup>2</sup> )	N (spt)	Ncorr	Nprom.	qa (MEYERHOFF) ZAPATAS (T / m <sup>2</sup> )			qa (BOWLES) LOSAS (T / m <sup>2</sup> )	CAPACIDAD DE CARGA	ASENTAMIENTO PREVISIBLE
						B= 1.50 m	B= 2.00 m	PROMEDIO	B= 5.00 m	Q (T)	S (mm)
0.00	-1.00										
1.00	-2.00	1.55	6.00	4.37	3.99	5.46	4.86	5.16	5.43	19.44	26.30
2.00	-3.00	3.10	5.00	3.23	3.21	4.65	4.27	4.46	4.63	17.08	35.67
3.00	-4.00	4.65	6.00	3.17	5.47	7.92	7.26	7.59	8.34	29.04	16.95
4.00	-5.00	6.20	22.00	10.06	13.66	19.78	18.15	18.97	22.00	72.60	4.70
5.00	-6.00	7.75	45.00	20.86	22.37	32.40	29.72	31.06	37.92	118.88	2.36
FIN DEL SONDEO											

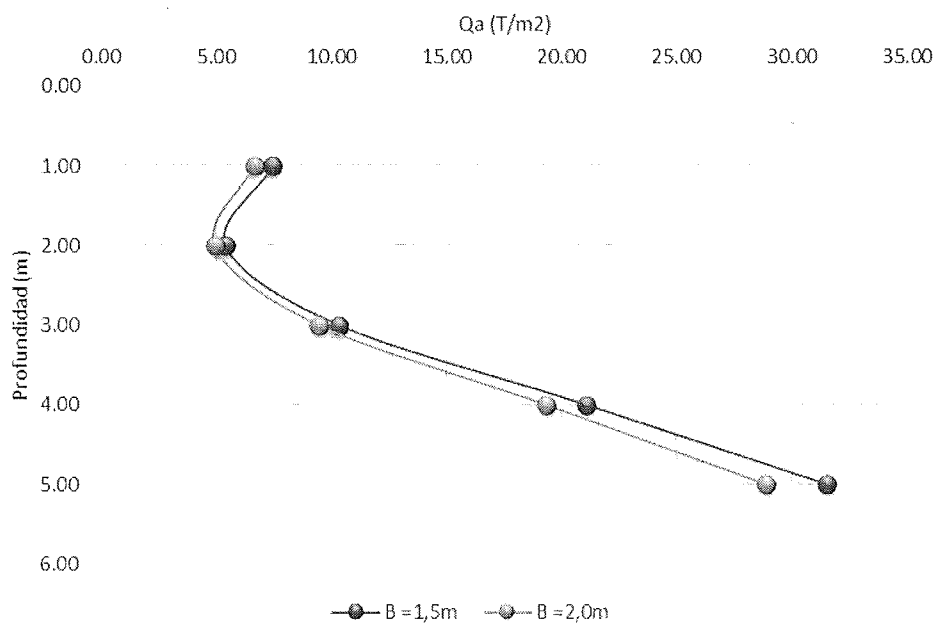
## CAPACIDAD PORTANTE EN FUNCIÓN DEL ANCHO DE ZAPATA "B" SPT-02



### PERFORACIONES SPT\_03

<b>g = 1.35 T/m<sup>3</sup></b> <b>gsat = 1.55 T/m<sup>3</sup></b> <b>N. F.: m</b>						<b>CAPACIDAD PORTANTE EN FUNCIÓN DEL ENSAYO SPT</b> <b>PROYECTO: LA CHORRERA - ALANGASÍ</b> <b>PERFORACION: SPT-03</b> <b>COORDENADAS: 0°18'2.91"S ; 78°25'35.79"O</b> <b>UBICACIÓN: ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA</b>					
PROF. (m)	NIVEL (m)	so (T/m <sup>2</sup> )	N (spt)	Ncorr	Nprom.	qa (MEYERHOFF)			qa (BOWLES)	CAPACIDAD DE CARGA Q (T)	ASENTAMIENTO PREVISIBLE S (mm)
						ZAPATAS (T / m <sup>2</sup> )			LOSAS (T / m <sup>2</sup> )		
						B= 1.50 m	B= 2.00 m	PROMEDIO	B= 5.00 m		
0.00	-1.00										
1.00	-2.00	1.55	9.00	6.56	5.45	7.46	6.64	7.05	7.41	26.56	17.01
2.00	-3.00	3.10	5.00	3.23	3.74	5.42	4.97	5.20	5.40	19.88	28.83
3.00	-4.00	4.65	9.00	4.75	7.13	10.33	9.47	9.90	10.89	37.88	11.68
4.00	-5.00	6.20	26.00	11.89	14.57	21.10	19.36	20.23	23.47	77.44	4.29
5.00	-6.00	7.75	43.00	19.94	21.76	31.50	28.90	30.20	36.87	115.60	2.45
FIN DEL SONDEO											

### CAPACIDAD PORTANTE EN FUNCIÓN DEL ANCHO DE ZAPATA "B" SPT-03



- **Coefficientes de Balasto**

Los valores de coeficiente de Balasto (Kv y Kh, según Terzhagi) para el diseño de las cimentaciones superficiales y profundas son los siguientes:

**COEFICIENTE BALASTO SPT\_01**

PROF. (m)	N (spt)	kv (T/m3)			kh (T/m3)
		b=1,2m	b=2,0m	b=5,0m	
1	-				
2	8.00	266.7	160.0	64.0	1600.0
3	4.00	133.3	80.0	32.0	800.0
4	7.00	233.3	140.0	56.0	1400.0
5	25.00	833.3	500.0	200.0	5000.0
6	42.00	1400.0	840.0	336.0	8400.0

**COEFICIENTE BALASTO SPT\_02**

PROF. (m)	N (spt)	kv (T/m3)			kh (T/m3)
		b=1,2m	b=2,0m	b=5,0m	
1	-				
2	6.00	200.0	120.0	48.0	1200.0
3	5.00	166.7	100.0	40.0	1000.0
4	6.00	200.0	120.0	48.0	1200.0
5	22.00	733.3	440.0	176.0	4400.0
6	45.00	1500.0	900.0	360.0	9000.0

**COEFICIENTE BALASTO SPT\_03**

PROF. (m)	N (spt)	kv (T/m3)			kh (T/m3)
		b=1,2m	b=2,0m	b=5,0m	
1	-				
2	9.00	300.0	180.0	72.0	1800.0
3	5.00	166.7	100.0	40.0	1000.0
4	9.00	300.0	180.0	72.0	1800.0
5	26.00	866.7	520.0	208.0	5200.0
6	43.00	1433.3	860.0	344.0	8600.0



## 7. CONCLUSIONES

Se determinó capacidades portantes dominantes bajas, con un dominante en el primer estrato de 0 a 3m con 5,13 T/m<sup>2</sup>, y una capacidad portante de 19.21T/m<sup>2</sup> en el estrato de 4m a 6m de profundidad.

Se realizaron los estudios respectivos al estudio de mecánica de suelos para encontrar las propiedades físicas más relevantes de este estrato, clasificando finalmente al sitio en perfil sismoresistente TIPO E, esto como consecuencia de los resultados bajos en los golpes en el estrato.

La clasificación SUCS del material recuperado de suelo resultó en limos arenosos (ML) en una capa dominante a partir del metro de profundidad en adelante.

## 8. RECOMENDACIONES

- a) En motivo de la baja capacidad portante encontrada en el sitio, y con la finalidad de generar un estrato de mayor capacidad resistente a los esfuerzos generados en la cimentación del elemento estructural, se recomienda un mejoramiento de 1,0m con material de Sub Base Clase III, con el que se prevé generar asentamientos mínimos y una presión uniforme en toda la cimentación, a través de los siguientes criterios y objetivos:

- Calcular la nueva capacidad portante incluyendo el material de mejoramiento en función de los parámetros geotécnicos de cada uno.
- Calcular los nuevos asentamientos en función del estrato de material de mejoramiento.

Para esto partimos de las siguientes condiciones intrínsecas del material a sustituir:

Material de mejoramiento		Suelo natural	
Peso específico (kg/cm <sup>3</sup> )	0.001784	Peso específico (kg/cm <sup>3</sup> )	0.0014
Ángulo de fricción interno	35	Ángulo de fricción interno	7

Cohesión (Kg/cm2)	<b>0.01</b>	Cohesión (Kg/cm2)	0.05
-------------------	-------------	-------------------	------

\*La tabla mostrada indica valores generales en una Sub Base Clase III, y de los valores correlacionados del ensayo SPT y su humedad natural.

La capacidad portante del material de mejoramiento en combinación con el estrato inferior débil viene dada por la siguiente ecuación de Meyerhof y Hann (1978), la cual se detalla y calcula a profundidad en el ANEXO V.

$$q_u = q_b + \left(1 + \frac{B}{L}\right) \left(\frac{2c'_a H}{B}\right) + \gamma_1 H^2 \left(1 + \frac{B}{L}\right) \left(1 + \frac{2D_f}{H}\right) \left(\frac{K_s \tan \phi'_1}{B}\right) - \gamma_1 H \leq q_t$$

Este procedimiento es afectado por un factor de seguridad de 2 considerando que la distribución de esfuerzos del plinto aislado al estrato de mejoramiento trabaje tal cual un estrato de suelo:

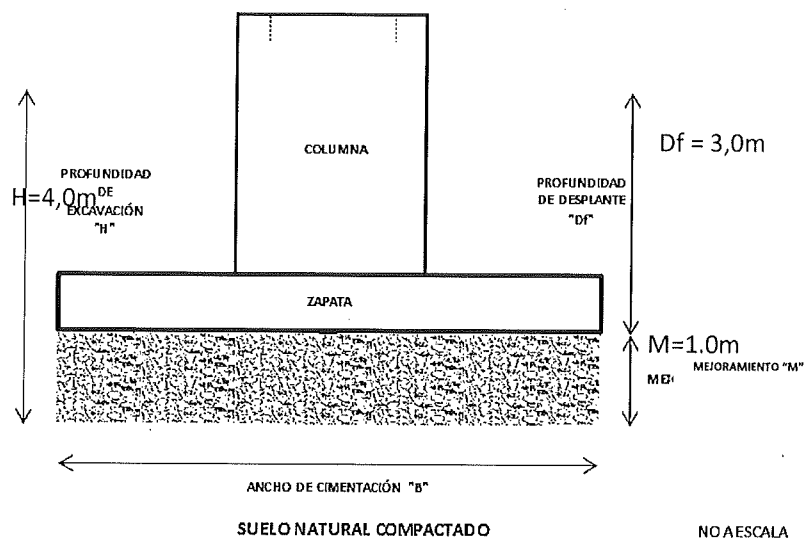
$$q_{adm}^* = 10,0 \text{ T/m}^2$$

Por lo que la capacidad admisible en cada sondeo se vuelve un valor homogéneo, al igual que los asentamientos previsibles, resumidos en la siguiente tabla:

SONDEO	SUELO DE CIMENTACIÓN	CAPACIDAD COMBINADA POR MEJORAMIENTO (t/M2)
SPT 01	SUB BASE CLASE III	10,0

\*Los asentamientos, así como la capacidad admisible calculada se muestra en el ANEXO V

$q_{adm}^*$  = es la capacidad portante resultante del mejoramiento, y será ésta la que intervendrá en los cálculos del diseño de cimentación de la estructura.



Los valores de  $B = 2,0\text{ m}$  ha sido tomado como referencia del diseño estructural.

- Se utilizará mejoramiento estructural ( $M=1,0\text{m}$ ) con las especificaciones mostradas con el fin de obtener un estrato más resistente.
- En la ejecución del relleno de mejoramiento se deberá utilizar material granular que debe cumplir con las características de SUB BASE CLASE III especificadas en el NEVI12 Sección 403.
- Debe considerarse que el nivel de desplante recomendado está tomado desde la superficie de suelo actual para cada punto. De realizarse trabajos de nivelación o remoción de tierras, estos deben ser considerados a la hora del proceso de cimentación.

  
Ing. Juan Haro Lescano

INGENIERO CIVIL

Registro Senescyt: 1041-14-1294239

# **ANEXOS**

**ANEXO I**

**REGISTRO DE PERFORACIÓN**

REGISTRO DE PERFORACIÓN										
PROYECTO:		LA CHORRERA - ALANGASÍ								
UBICACIÓN:		ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA				PERFORACION :		SPT-01		
COTA:		2491.0 msnm				PERFORADOR:		Juan Pablo Taco		
COORD:		776493.00 m E ; 9985485.00 m S				JEFE DE CAMPO:		Juan Pablo Taco		
FECHA :		3/8/2018								
PROF. (m)	ESTRATIGRAFÍA	CLASIF.	GOLPES	TOTAL	S.P.T.					
SIMB.	DESCRIPCIÓN	SUCS	SPT	SPT	10	20	30	40	50	
0.00	Abre hoyos	-								
	Material Orgánico									
1.00										
1.50		ML	8	8						
			4							
2.00			4							
2.50		ML	3	4						
			2							
3.00			2							
3.50	LIMO ARENOSO, humedad baja, color café oscuro, plasticidad baja	ML	1	7						
			1							
4.00			6							
4.50		ML	9	25						
			12							
5.00			13							
5.50		ML	17	42						
			15							
6.00			27							
6.50			>60	R						
7.00										
7.50										
8.00										
8.50										
9.00										

Solicita:

REGISTRO DE PERFORACIÓN											
PROYECTO:		LA CHORRERA - ALANGASÍ									
UBICACIÓN:		ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA					PERFORACION :		EB-02		
COTA:		2491.0 msnm					PERFORADOR:		Juan Pablo Taco		
COORD:		776539.00 m E ; 9985507.00 m S					JEFE DE CAMPO:		Juan Pablo Taco		
FECHA :		3/8/2018									
PROF. (m)	ESTRATIGRAFÍA		CLASIF. SUCS	GOLPES SPT	TOTAL SPT	S.P.T.					
	SIMB.	DESCRIPCIÓN				1 0	2 0	3 0	4 0	5 0	
0.00		Abre hoyos	-								
		MATERIAL ORGÁNICO									
1.00											
1.50			ML	5	6						
				3							
2.00				3							
2.50			ML	4	5						
				3							
3.00				2							
3.50		LIMO ARENOSO, humedad baja, color café oscuro, plasticidad baja	ML	4	6						
				2							
4.00				4							
4.50			ML	10	22						
				11							
5.00				11							
5.50			ML	18	45						
				17							
6.00				28							
6.50				>60	R						
7.00											
7.50											
8.00											
8.50											
9.00											

Solicita:

REGISTRO DE PERFORACIÓN										
PROYECTO:		LA CHORRERA - ALANGASÍ								
UBICACIÓN:		ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA				PERFORACION :		EB-02		
COTA:		2491.0 msnm				PERFORADOR:		Juan Pablo Taco		
COORD:		776539.00 m E ; 9985507.00 m S				JEFE DE CAMPO:		Juan Pablo Taco		
FECHA :		3/8/2018								
PROF. (m)	ESTRATIGRAFÍA		CLASIF. SUCS	GOLPES SPT	TOTAL SPT	S.P.T.				
	SIMB.	DESCRIPCIÓN				1 0	2 0	3 0	4 0	5 0
0.00		Abre hoyos	-							
		MATERIAL ORGÁNICO								
1.00										
1.50		LIMO ARENOSO, humedad baja, color café oscuro, plasticidad baja	ML	5	6					
	3									
2.00	3									
2.50	ML		4	5						
			3							
3.00			2							
3.50	ML		4	6						
			2							
4.00			4							
4.50	ML		10	22						
		11								
5.00		11								
5.50	ML	18	45							
		17								
6.00		28								
6.50			>60	R						
7.00										
7.50										
8.00										
8.50										
9.00										

Solicita:



## **ANEXO II**

### **CLASIFICACIONES SUCS**

PROYECTO	LA CHORRERA - ALANGASÍ		Ensayo
Localización:	ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA		Reviso
Sondeo:	SP01		Fecha
Profundidad	1,00 -3,00	metros	

Golpes	Capsula	PC+SH	PC+SS	P Cap	Humedad
#	#	gr.	gr.	gr.	%

#### HUMEDAD NATURAL

	V3	36.1	32.3	17.3	25.56%
	B4	39.2	34.9	17.3	24.28%

#### LIMITE LIQUIDO

34	F3	33.2	29.91	16.77	25.04%
21	G3	35.69	31.59	15.83	26.02%
12	H4	34.31	30.32	15.58	27.07%

#### LIMITE PLÁSTICO

	F3	10.5	10.15	8.8	25.93%
	G3	10.32	10.05	8.94	24.32%
	H4	10.23	9.97	8.93	25.00%

#### GRANULOMETRÍA

Tamiz	RETENIDO			PASA
	Parcial	Total	%	
#				%
3"				
2"				
1½"				
1"				
¾"	0.0	0.0	0.0%	100%
½"	0.0	0.0	0.0%	100%
3/8"	0.0	0.0	0.0%	100%
Nº 4	2.8	2.8	3.0%	97%
Nº 10	3.7	6.5	7.0%	93%
Nº 40	7.8	14.3	15.4%	85%
Nº 200	17.1	31.4	33.8%	66%
Pasa Nº 200				

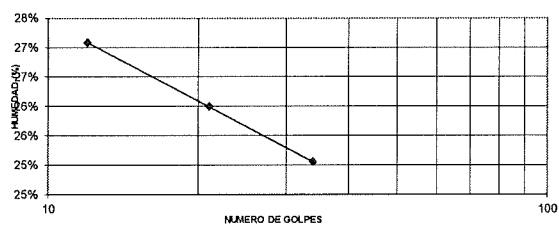
Total Humedo	115.9
Total Seco	92.8

PORCENTAJE DE GRAVA	3%
PORCENTAJE DE ARENA	31%
PORCENTAJE DE FINOS	66%

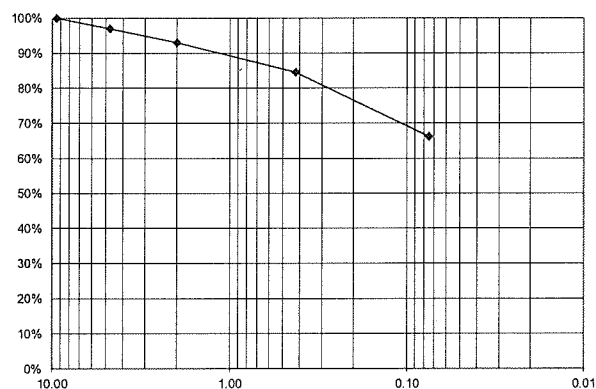
#### RESUMEN

Limite Liquido	26%
Limite Plástico	25%
Índice de Plasticidad	1%
Humedad Natural	25%
Clasificación SUCS	ML

#### LIMITE LIQUIDO



#### CURVA GRANULOMÉTRICA



PROYECTO	LA CHORRERA - ALANGASÍ		Ensayo
Localización:	ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA		Reviso
Sondeo:	SP01		Fecha
Profundidad	3.00 - 4.00	metros	

Golpes	Capsula	PC+SH	PC+SS	P Cap	Humedad
#	#	gr.	gr.	gr.	%

#### HUMEDAD NATURAL

	A2	52.9	45.8	17.1	25.03%
	D2	43.6	38.4	17.8	25.04%

#### LIMITE LIQUIDO

40	G6	31.87	28.73	15.7	24.10%
23	H7	29.94	26.92	15.35	26.10%
18	J8	35.43	30.96	15	28.01%

#### LIMITE PLÁSTICO

	K9	10.22	9.97	8.93	24.04%
	L0	10.31	10.04	8.92	24.11%
	JJ	10.6	10.25	8.81	24.31%

#### GRANULOMETRÍA

Tamiz #	RETENIDO			PASA %
	Parcial	Total	%	
3"				
2"				
1 1/4"				
1"				
3/4"	0.0	0.0	0.0%	100%
1/2"	0.0	0.0	0.0%	100%
3/8"	0.2	0.2	0.2%	100%
Nº 4	0.5	0.7	0.9%	99%
Nº 10	2.2	2.9	3.5%	96%
Nº 40	14.6	17.5	21.3%	79%
Nº 200	20.9	38.5	46.8%	53%
Pasa Nº 200				

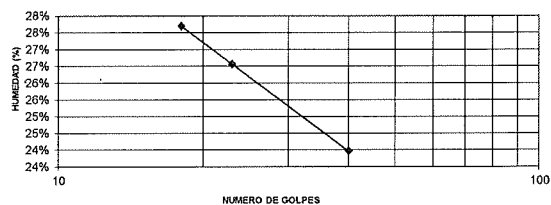
Total Humedo	102.7
Total Seco	82.1

PORCENTAJE DE GRAVA	1%
PORCENTAJE DE ARENA	46%
PORCENTAJE DE FINOS	53%

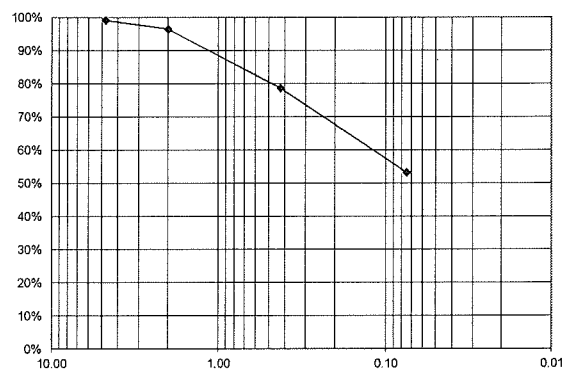
#### RESUMEN

Limite Liquido	26%
Limite Plástico	24%
Índice de Plasticidad	2%
Humedad Natural	25%
Clasificación SUCS	ML

#### LIMITE LIQUIDO



#### CURVA GRANULOMÉTRICA



PROYECTO	LA CHORRERA - ALANGASÍ		Ensayo
Localización:	ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA		Reviso
Sondeo:	SP02		Fecha
Profundidad	1.00 -2.00	metros	

Golpes #	Capsula #	PC+SH gr.	PC+SS gr.	P Cap gr.	Humedad %
-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

#### HUMEDAD NATURAL

	G4	32.1	28.7	17.6	31.22%
	A3	35.4	31.3	17.8	30.04%

#### LIMITE LIQUIDO

34	D4	34.43	30.22	16.19	30.01%
21	D9	30.5	26.87	15.9	33.09%
13	B11	34.17	29.59	16.9	36.09%

#### LIMITE PLÁSTICO

	C7	10.3	10	8.9	27.27%
	B6	10.34	10.02	8.9	28.57%
	C6	10.17	9.9	8.94	28.12%

#### GRANULOMETRÍA

Tamiz #	RETENIDO			PASA %
	Parcial	Total	%	
3"				
2"				
1½"				
1"				
¾"	0.0	0.0	0.0%	100%
½"	0.0	0.0	0.0%	100%
3/8"	0.0	0.0	0.0%	100%
Nº 4	0.2	0.2	0.3%	100%
Nº 10	1.9	2.2	2.8%	97%
Nº 40	8.5	10.6	13.6%	86%
Nº 200	16.5	27.1	34.6%	65%
Pasa Nº 200				

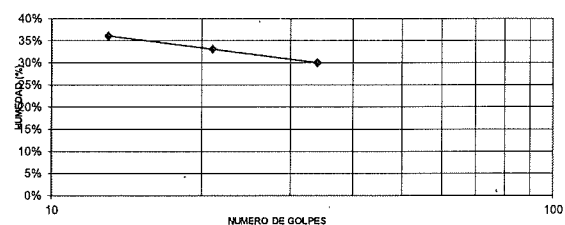
Total Humedo	102.5
Total Seco	78.5

PORCENTAJE DE GRAVA	0%
PORCENTAJE DE ARENA	34%
PORCENTAJE DE FINOS	65%

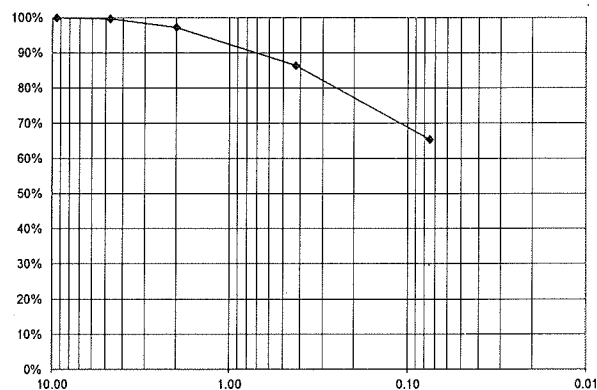
#### RESUMEN

Limite Liquido	32%
Limite Plástico	28%
Índice de Plasticidad	4%
Humedad Natural	31%
Clasificación SUCS	ML

#### LIMITE LIQUIDO



#### CURVA GRANULOMÉTRICA



PROYECTO	LA CHORRERA - ALANGASÍ		Ensayo
Localización:	ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA		Reviso
Sondeo:	SP02		Fecha
Profundidad	3,00 - 4,00	metros	

Golpes #	Capsula #	PC+SH gr.	PC+SS gr.	P Cap gr.	Humedad %
-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

#### HUMEDAD NATURAL

	B3	52.9	45.8	17.1	25.03%
	C3	43.6	38.4	17.8	25.04%

#### LIMITE LIQUIDO

32	C8	33.18	29.61	16.41	27.05%
22	A1	29.48	26.26	15.18	29.06%
14	A4	34.96	30.77	16.85	30.10%

#### LIMITE PLÁSTICO

	B9	10.21	9.96	8.98	25.51%
	D12	10.32	10.03	8.91	25.89%
	C10	10.2	9.92	8.88	26.92%

#### GRANULOMETRÍA

Tamiz #	RETENIDO			PASA %
	Parcial	Total	%	
3"				
2"				
1½"				
1"				
¾"	0.0	0.0	0.0%	100%
1/2"	0.0	0.0	0.0%	100%
3/8"	0.7	0.7	0.8%	99%
Nº 4	1.6	2.3	2.7%	97%
Nº 10	4.3	6.7	7.8%	92%
Nº 40	16.8	23.5	27.5%	73%
Nº 200	12.2	35.7	41.8%	58%
Pasa Nº 200				

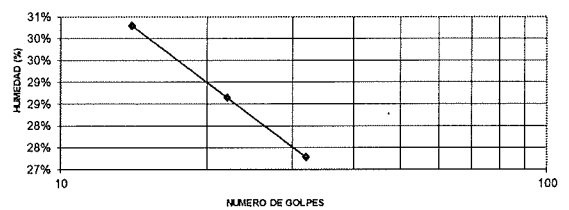
Total Humedo	106.7
Total Seco	85.3

PORCENTAJE DE GRAVA	3%
PORCENTAJE DE ARENA	39%
PORCENTAJE DE FINOS	58%

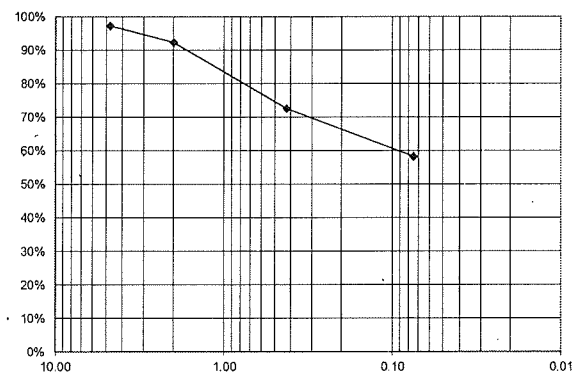
#### RESUMEN

Limite Liquido	28%
Limite Plástico	26%
Índice de Plasticidad	2%
Humedad Natural	25%
Clasificación SUCS	ML

#### LIMITE LIQUIDO



#### CÚRVA GRANULOMÉTRICA



PROYECTO	LA CHORRERA - ALANGASÍ		Ensayo Reviso Fecha
Localización:	ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA		
Sondeo:	SP03		
Profundidad	1,00 -2,00	metros	

Golpes #	Capsula #	PC+SH gr.	PC+SS gr.	P Cap gr.	Humedad %
-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

#### HUMEDAD NATURAL

	A5	34.1	30.3	16.4	27.10%
	G9	30.4	27.6	18.0	28.93%

#### LIMITE LIQUIDO

37	A3	32.72	28.96	15.1	27.13%
21	A11	30.9	27.73	16.85	29.14%
12	A10	34.32	29.97	15.97	31.07%

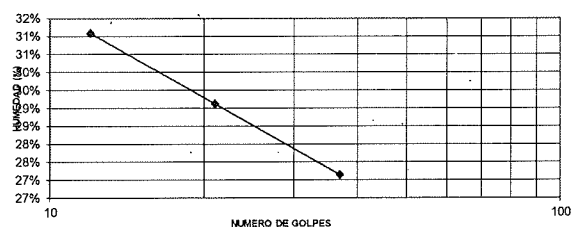
#### LIMITE PLÁSTICO

	C6	10.7	10.34	8.95	25.90%
	B1	10.33	10.02	8.81	25.62%
	D7	10.27	9.98	8.84	25.44%

#### RESUMEN

Limite Liquido	29%
Limite Plástico	26%
Índice de Plasticidad	3%
Humedad Natural	28%
Clasificación SUCS	ML

#### LIMITE LIQUIDO



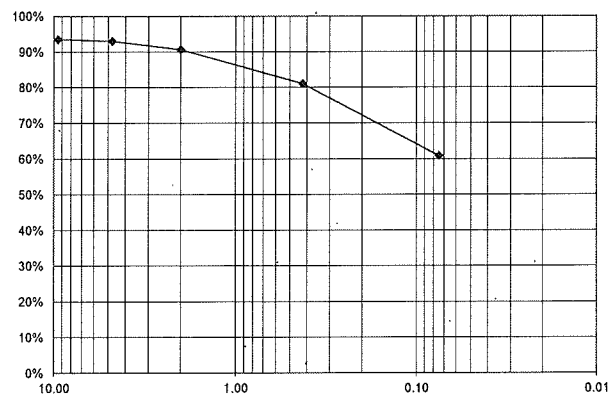
#### GRANULOMETRÍA

Tamiz #	RETENIDO			PASA %
	Parcial	Total	%	
3"				
2"				
1½"				
1"				
¾"	0.0	0.0	0.0%	100%
½"	0.0	0.0	0.0%	100%
3/8"	5.4	5.4	6.6%	93%
Nº 4	0.4	5.8	7.0%	93%
Nº 10	1.9	7.7	9.3%	91%
Nº 40	8.0	15.7	19.0%	81%
Nº 200	16.6	32.3	39.1%	61%
Pasa Nº 200				

Total Humedo	105.7
Total Seco	82.6

PORCENTAJE DE GRAVA	7%
PORCENTAJE DE ARENA	32%
PORCENTAJE DE FINOS	61%

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



PROYECTO	LA CHORRERA - ALANGASÍ	
Localización:	ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA	
Sondeo:	SP03	
Profundidad	2,00 - 3,00	metros
		Ensayo
		Reviso
		Fecha

Golpes #	Capsula #	PC+SH gr.	PC+SS gr.	P Cap gr.	Humedad %
-------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

#### HUMEDAD NATURAL

	G1	39.4	35.5	18.2	22.60%
	B8	41.8	37.4	17.2	22.17%

#### LIMITE LIQUIDO

38	A6	34.93	31.36	16.52	24.06%
24	B2	34.9	30.95	15.8	26.07%
15	A8	29.58	26.58	15.89	28.06%

#### LIMITE PLÁSTICO

	A11	10.7	10.38	8.94	22.22%
	C2	10.19	9.95	8.94	23.76%
	C3	10.28	10.02	8.94	24.07%

#### GRANULOMETRÍA

Tamiz #	RETENIDO			PASA	
	Parcial	Total	%		%
3"					
2"					
1½"					
1"					
¾"	0.0	0.0	0.0%		100%
1/2"	0.0	0.0	0.0%		100%
3/8"	0.0	0.0	0.0%		100%
Nº 4	0.5	0.5	0.5%		99%
Nº 10	3.0	3.5	3.8%		96%
Nº 40	9.0	12.5	13.4%		87%
Nº 200	21.8	34.3	36.7%		63%
Pasa Nº 200					

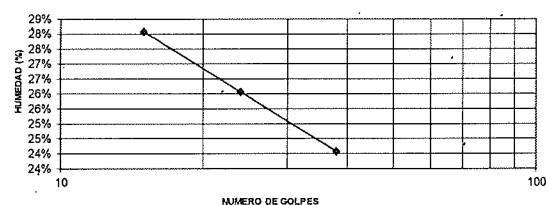
Total Humedo	114.4
Total Seco	93.5

PORCENTAJE DE GRAVA	1%
PORCENTAJE DE ARENA	36%
PORCENTAJE DE FINOS	63%

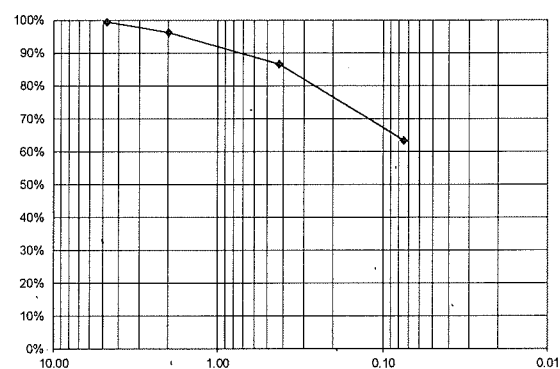
#### RESUMEN

Limite Liquido	26%
Limite Plástico	23%
Índice de Plasticidad	3%
Humedad Natural	22%
Clasificación SUCS	CL

#### LIMITE LIQUIDO



#### CURVA GRANULOMÉTRICA



## **ANEXO III**

### **CAPACIDAD PORTANTE**



# CAPACIDADES PORTANTES SPT - 01

CAPACIDAD PORTANTE EN FUNCIÓN DEL ENSAYO SPT											
g =		1.35	T/m <sup>3</sup>	PROYECTO: LA CHORRERA - ALANGASÍ							
gsat =		1.55	T/m <sup>3</sup>	PERFORACION: SPT-01							
N. F.:			m	COORDENADAS: 0°18'2.91"S ; 78°25'35.79"O							
				UBICACIÓN: ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA							
PROF. (m)	NIVEL (m)	so (T/m <sup>2</sup> )	N (spt)	Ncorr	Nprom.	qa (MEYERHOFF)			qa (BOWLES) LOSAS (T / m2)	CAPACIDAD DE ASENTAMIENTO	
						B= 1.50 m	B= 2.00 m	PROMEDIO		CARGA Q (T)	PREVISIBLE S (mm)
0.00	-1.00										
1.00	-2.00	1.55	8.00	5.83	4.75	6.50	5.78	6.14	6.45	23.12	20.63
2.00	-3.00	3.10	4.00	2.59	2.96	4.28	3.93	4.11	4.27	15.72	40.06
3.00	-4.00	4.65	7.00	3.70	6.28	9.09	8.34	8.72	9.58	33.36	13.97
4.00	-5.00	6.20	25.00	11.43	14.11	20.44	18.75	19.60	22.73	75.00	4.49
5.00	-6.00	7.75	42.00	19.47	21.45	31.05	28.49	29.77	36.34	113.96	2.50
FIN DEL SONDEO											

## CAPACIDADES PORTANTES SPT - 02

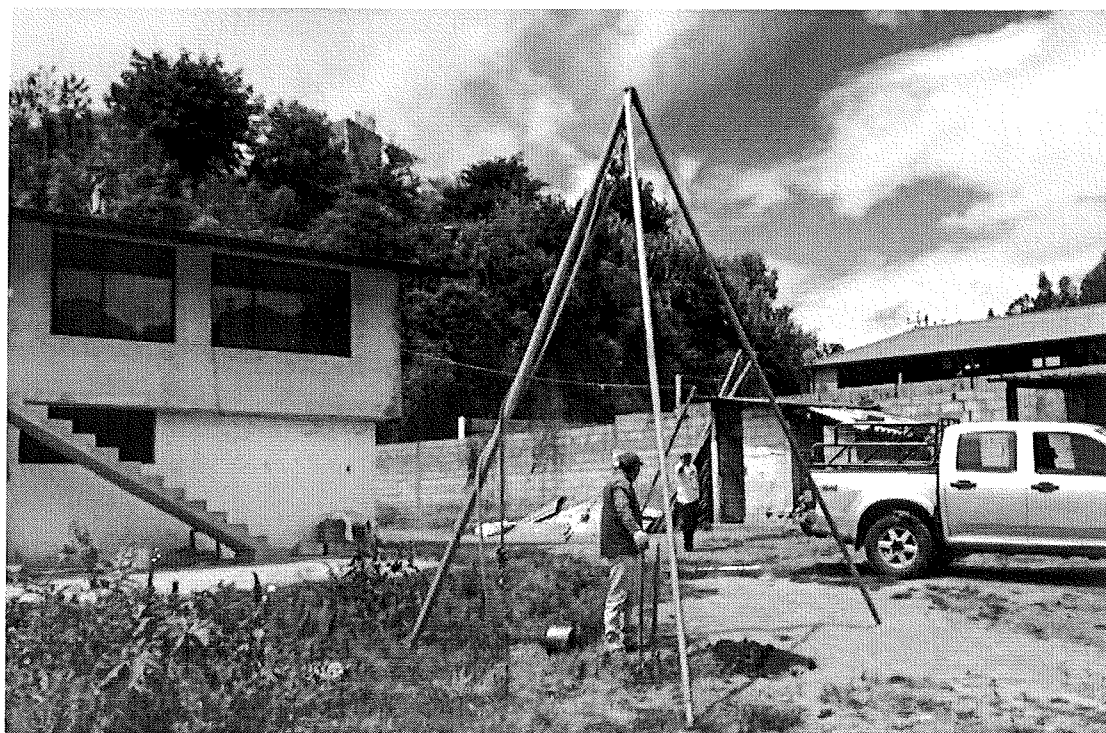
CAPACIDAD PORTANTE EN FUNCIÓN DEL ENSAYO SPT												
PROYECTO: LA CHORRERA - ALANGASI												
PERFORACION: SPT-02												
COORDENADAS: 0°18'2.91"S ; 78°25'35.79"O												
UBICACIÓN: ALANGASI - DMQ- PICHINCHA												
g = 1.35 T/m³												
gsat = 1.55 T/m³												
N. F.: m												
PROF. (m)	NIVEL (m)	so (T/m³)	N (spt)	Ncorr	Nprom.	qa (MEYERHOFF)			qa (BOWLES)		CAPACIDAD DE CARGA Q (T)	ASENTAMIENTO PREVISIBLE S (mm)
						B= 1.50 m	B= 2.00 m	PROMEDIO	B= 5.00 m	LOSAS (T / m2)		
0.00	-1.00											
1.00	-2.00	1.55	6.00	4.37	3.99	5.46	4.86	5.16	5.43	19.44	26.30	
2.00	-3.00	3.10	5.00	3.23	3.21	4.65	4.27	4.46	4.63	17.08	35.67	
3.00	-4.00	4.65	6.00	3.17	5.47	7.92	7.26	7.59	8.34	29.04	16.95	
4.00	-5.00	6.20	22.00	10.06	13.66	19.78	18.15	18.97	22.00	72.60	4.70	
5.00	-6.00	7.75	45.00	20.86	22.37	32.40	29.72	31.06	37.92	118.88	2.36	
FIN DEL SONDEO												

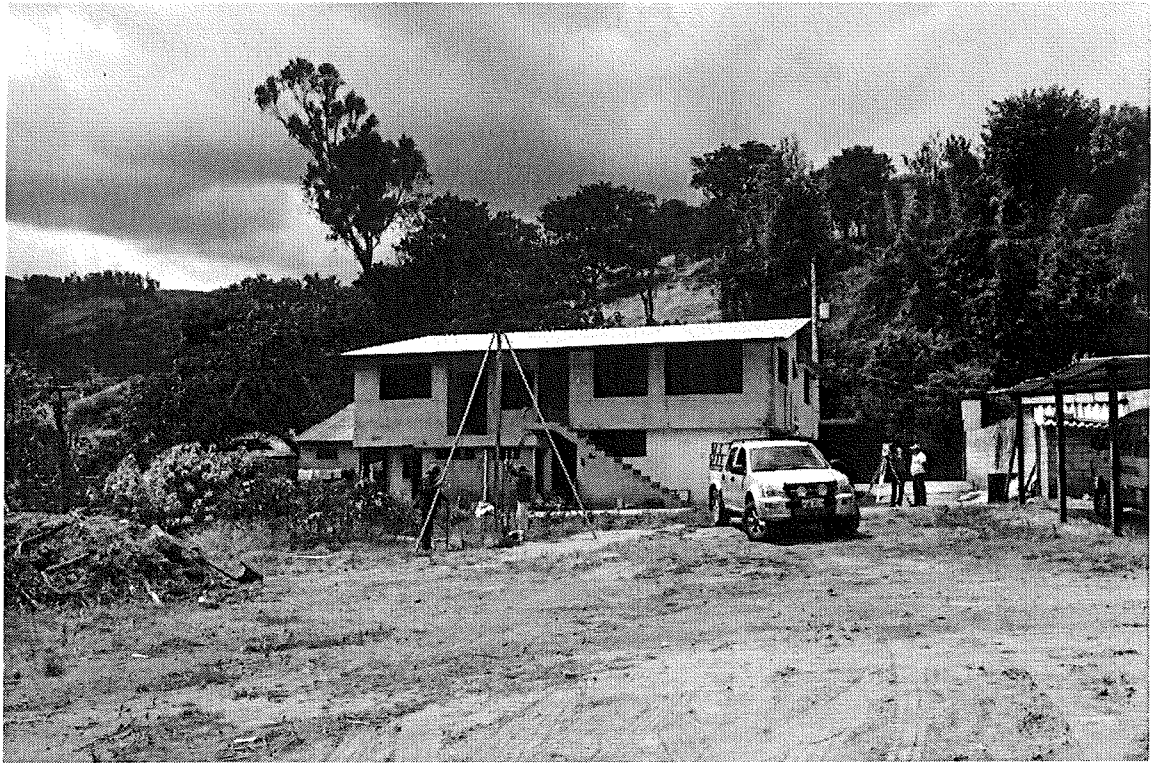
## CAPACIDADES PORTANTES SPT - 03

CAPACIDAD PORTANTE EN FUNCIÓN DEL ENSAYO SPT											
PROYECTO: LA CHORRERA - ALANGASÍ											
PERFORACION: SPT-03											
COORDENADAS: 0°18'2.91"S ; 78°25'35.79"O											
UBICACIÓN: ALANGASÍ - DMQ- PICHINCHA											

**ANEXO IV**

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**





**ANEXO VI**

**CAPACIDAD PORTANTE**

**MEJORAMIENTO DE SUELOS**

## CÁLCULO DE CAPACIDAD COMBINADA DE CARGA CON MEJORAMIENTO DE SUELO

Meyerhof y Hann (1978), Meyerhof (1974)

$$q_u = q_b + \left(1 + \frac{B}{L}\right) \left(\frac{2c'_a H}{B}\right) + \gamma_1 H^2 \left(1 + \frac{B}{L}\right) \left(1 + \frac{2D_f}{H}\right) \left(\frac{K_s \tan \phi'_1}{B}\right) - \gamma_1 H \leq q_t \quad \text{Ec. 1}$$

$$q_b = c_2 N_{c(2)} F_{cs(2)} + \gamma_1 (D_f + H) N_{q(2)} F_{qs(2)} + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_{\gamma(2)} F_{\gamma s(2)} \quad \text{Ec. 2}$$

$$q_t = c_1 N_{c(1)} F_{cs(1)} + \gamma_1 D_f N_{q(1)} F_{qs(1)} + \frac{1}{2} \gamma_1 B N_{\gamma(1)} F_{\gamma s(1)} \quad \text{Ec. 3}$$

### Nomenclatura

qu	capacidad de carga última en el estrato superior
qb	capacidad de carga en el estrato (débil) inferior del suelo
B	ancho de la cimentación
L	Largo cimentación
Df	Profundidad desplante
Df + H	Espesor suelo fuerte (puede ser un relleno)
Ks	Coefficiente de corte por punzonamiento

### DATOS:

En consideración de mejorar la capacidad portante del suelo, se procede a utilizar un mejoramiento de 1,6m de Sub Base Clase III, aplicando los parámetros mecánicos de cada material a las fórmulas descritas, teniendo los siguientes datos geotécnicos:



Para el suelo más fuerte (relleno)

$\gamma_1 =$	0.00178394 kg/cm <sup>3</sup>
$\phi_1 =$	35 (°)
$c_1 =$	0.01 Kg/cm <sup>2</sup>
$N_c(1)$	46.12
$N_v(1)$	48.03
$N_q$	33.3
$F_{cs}(1)$	1.72
$F_{qs}(1)$	1.70
$F_{vs}(1)$	0.6

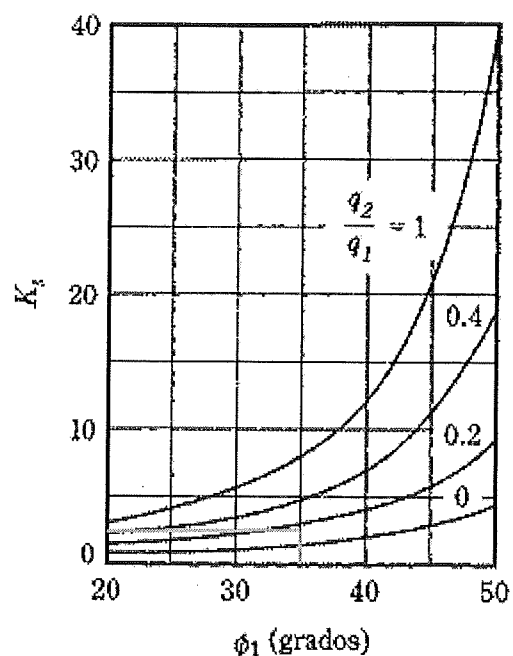
Para suelo más débil

$\gamma_2 =$	0.0012 g/cm <sup>3</sup>
$\phi_2 =$	5 (°)
$c_2 =$	0.13 Kg/cm <sup>2</sup>
$N_c(2)$	6.49
$N_v(2)$	0.45
$N_q$	1.57
$F_{cs}(2)$	1.24
$F_{qs}(2)$	1.09
$F_{vs}(2)$	0.6

q (MEJORAMIENTO) =19.31

q (SUELO) =0.96

El valor  $K_s$  se lo obtiene del ábaco de correlación propuesto por Meyerhof (1974), y que relaciona la relación de  $q$  (MEJORAMIENTO) /  $q$  (SUELO) = 0.092; y el ángulo de fricción interna.



$K_s = 2.5$

De la Ec. 2 se obtiene los siguientes resultados:

$$q_b = c_2 N_{c(2)} F_{cs(2)} + \gamma_1 (D_f + H) N_{q(2)} F_{qs(2)} + \frac{1}{2} \gamma_2 B N_{\gamma(2)} F_{\gamma s(2)}$$

$$q_b = 1.18 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_b = 11.77 \text{ T/m}^2$$

De la Ec. 3 se obtiene los siguientes resultados:

$$q_t = c_1 N_{c(1)} F_{cs(1)} + \gamma_1 D_f N_{q(1)} F_{qs(1)} + \frac{1}{2} \gamma_1 B N_{\gamma(1)} F_{\gamma s(1)}$$

$$q_u = 2.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_u = 20.0 \text{ T/m}^2$$

Aplicamos un factor de seguridad de FS = 2, por lo tanto:

$$q_{adm}^* = 10.00 \text{ T/m}^2$$

Este valor  $q_{adm}^*$  es la capacidad portante resultante del mejoramiento, y será ésta la que intervendrá en los cálculos del diseño de cimentación de la estructura.