



# INFORME GEOTÉCNICO



## PROYECTO:

# ESTUDIO DE SUELOS Y PROPUESTA ESTRUCTURAL DE LA CRIPTA

## UBICACIÓN :

Departamento	Cusco
Provincia	Cusco
Distrito	Cusco
Templo de Santa Ana	

**SOLICITA :**      **Ing. Rosalio Echegaray Salazar**

**Mayo – 2011**



## **1.0 GENERALIDADES.**

La información que se precisa en el presente documento, corresponde a la evaluación geotécnica a nivel de cimentación de la Cripta que comprende parte del templo de Santa Ana.

### **OBJETIVO.**

El presente informe, tiene por objeto, establecer resultados sobre las características geomecánicas de las distintas capas que conforman el subsuelo como material de fundación, para poder de esa manera determinar las condiciones y parámetros de resistencia y deformabilidad que presenta el suelo de fundación actualmente.

El alcance del trabajo, determinará en primer lugar las condiciones del suelo como material de fundación y en segundo lugar establecer dicha capacidad en relación a la interacción suelo-estructura prediseñada, como lo expresa el Reglamento de Cimentaciones.

### **MARCO NORMATIVO.**

Se ha considerado, lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones en su Norma E - 050 de Suelos y Cimentaciones, la Norma Básica de Diseño Sismo-Resistente Norma E - 030 y la Norma E-020 de Cargas.

## **2.0 ANTECEDENTES**

### **GEOLOGIA DE LA ZONA.**

La zona en estudio pertenece al valle del Cusco, ubicada en la parte meridional de la cordillera de los andes, con orientación S – E. Morfológicamente conforma una superficie depresiva a manera de una cuenca cerrada y alargada delimitada por las laderas del valle del Huatanay, esta zona presenta una superficie plana de origen glacio-fluvial. El modelado del valle es consecuencia de la actividad geomórfica fluvial y coluvial-aluvial de las quebradas tributarias ubicadas en esta zona. La zona en estudio se encuentra incluida en la hoja 2543 - ( 28-s )del cuadrángulo del Cusco, del mapa geológico editado por el Instituto Geológico, Minero y Metalurgico ( INGEMMET ), quedando caracterizada bajo el epígrafe Qpl – ss correspondiente a la Formación San Sebastián. En general los terrenos de la ciudad del Cusco y su entorno son cuaternarios, con origen en las aportaciones del río Huatanay y subcuencas, y mantos de arroyadas procedentes de los relieves próximos.

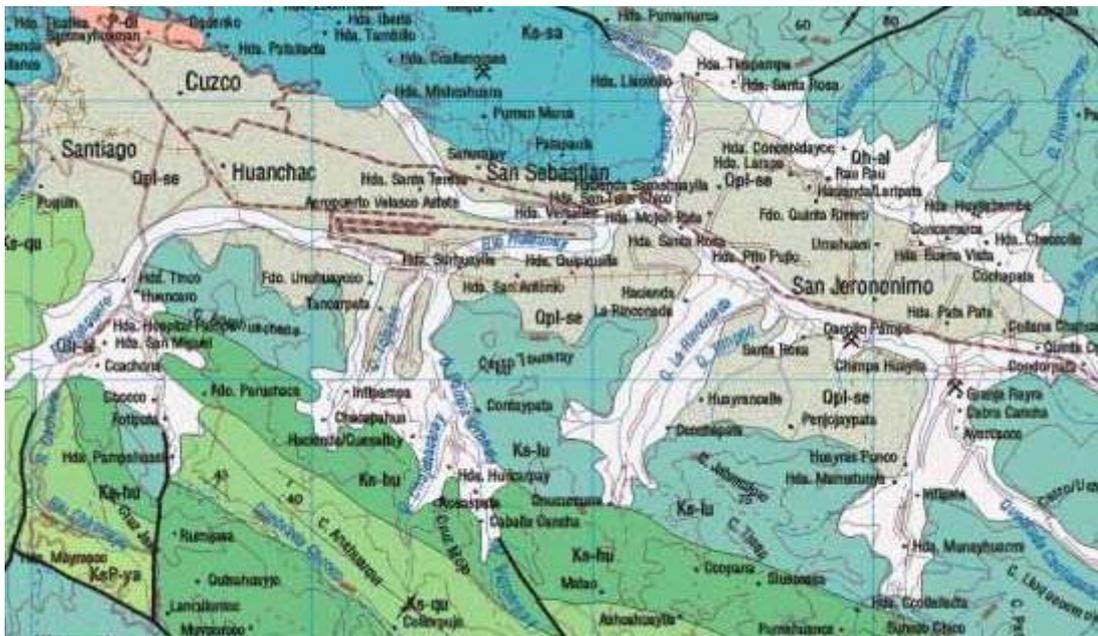
### **Formación San Sebastián.**

Esta unida fue puesta en evidencia por Gregory H ( 1916) encontrándose en el valle del Cusco posteriormente se hicieron algunos estudios de carácter paleontológico como los de Ramirez J. ( 1959- 1968) Y Sedimentológico realizado por Cordova E. ( 1988- 1990).

Litológicamente esta constituido por depósitos de gravas, arenas correspondientes a conos de deyección, flujos de barro, diatomitas extendidas en toda la unidad litoestratigrafica, limos, arcillas intercalados con horizontes de paleosuelos de colores claros, también se encuentra turba. El ambiente de sedimentación de esta secuencia correspondería a una cuenca lagunar con influencia de sedimentación fluvial, donde en sus bordes se acumularon sedimentos organogenos ( turba) que en muchos casos fueron sepultados por depósitos de conos de deyección.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	SIMBOLOGIA
Cenozoico	Cuaternario	Pleistoceno	Formación San Sebastian	Qpl - ss

Fuente: INGEMMET



ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS	SIMBOLOGIA	
C E N O Z O I C O	C U A T E R N A R I O	H O L O C E N A	Depósito aluvial	Qh-al	
			Depósito de deslizamiento	Qh-d	
			Depósito glacioluvial	Qh-gl	
		Depósito morrénico	Qh-m		
		Formación Pumicocla	Qpl-ru		
		Formación San Sebastian	Qpl-se		
	P A L E O G E N O	O L I G O C E N A E O C E N A	P A M P A	GRUPO PUNO	P-pu
				Formación Póoto	P-pc
		P A L E O C E N A	P A M P A	Formación Yaurisque	KaP-ya

### SISMICIDAD DE LA ZONA.

El Distrito de Cusco se encuentra geográficamente en una zona de sismicidad media. Según el Reglamento Nacional de Construcciones, con fines de diseño estructural, se

considera en forma general los siguientes parámetros sísmicos de diseño para suelos de la ciudad del Cusco:

PARAMETRO	MAGNITUD	DESCRIPCION
Zona	2	Mapa de Zonificación Sísmica
Factor de Zona	0,3g.	Tabla N° 1
Perfil de Suelo	Tipo S2	Suelos finos, blandos. e<20m.
Parámetros del Suelo (Tabla N° 2)	Tp = 0,6 seg. S = 1,2	Período Predominante Factor de Amplificación del Suelo

### 3.0 INVESTIGACION EXPLORATORIA Y MUESTREO.

Los trabajos de campo siguieron el siguiente procedimiento:

#### TENSION INDUCIDA EN EL SUBSUELO.

( Boussinesq )

Distancia al punto de aplicación de la carga :  $r = 0,0m.$

Carga concentrada :  $Q = 40 Tn.$

$$\Delta q = (3 \cdot Q / 2\pi) \cdot z^3 / (r^2 + z^2)^{5/2}$$

$$N_{amm} = Q_{amm} \cdot B' \cdot L'$$

Prof. del punto de aplno del carga z m del p.c.	Distancia del punto de aplno del carga r m	Carga Q t	Incremento de tensiones en el zettaruala $\Delta q$ t/m <sup>2</sup>
1.00	0.00	40.00	13.10
1.50	0.00	40.00	8.49
2.00	0.00	40.00	4.77
3.00	0.00	40.00	2.12
4.00	0.00	40.00	1.13
5.00	0.00	40.00	0.76
6.00	0.00	40.00	0.53
7.00	0.00	40.00	0.39
8.00	0.00	40.00	0.30
9.00	0.00	40.00	0.24
10.00	0.00	40.00	0.19

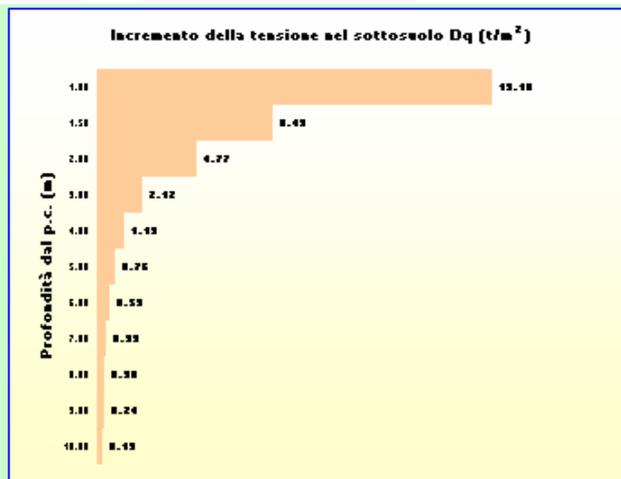


Gráfico - Diffusione del carica in profondità sotto le fondazioni

Se ha practicado en el terreno 02 sondeos de exploración, hasta los 2.00 metros de profundidad mediante calicatas y perforaciones utilizando una Posteadora Auger y penetrómetro dinámico DCP. En todos los casos, la toma de muestras se ha efectuado en cada cambio visual de la estructura del suelo, que luego fueron guardadas en recipientes herméticos para los ensayos de laboratorio.

TÉCNICAS AUXILIARES	NORMAS APLICABLES
Pozos o Calicatas	ASTM D 420, UNE 7-371:1975
Técnicas de muestreo	ASTM D 420

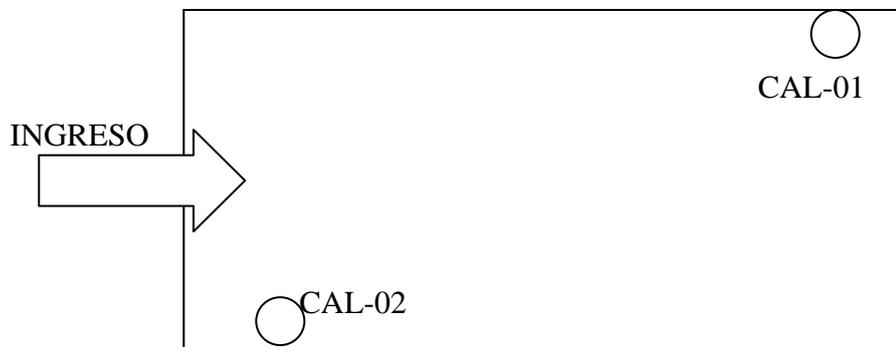


Descripción Visual de Suelos	ASTM D 2487
Reconocimiento e Identificación de rocas	ISRM Suggested Methods
Standard Practice for Soil Investigation and Sampling by Auger Borings	ASTM D1452-80(2000)

## ENSAYOS DE LABORATORIO

Para determinar los parámetros de caracterización del terreno en cuanto a sus propiedades índices y estructurales, se realizaron los siguientes ensayos normalizados:

ENSAYO DE LABORATORIO	NORMAS APLICABLES
Preparación de Muestras	ASTM D 420-69, UNE 103-100-95
Peso Específico de los Sólidos	ASTM D 854
Contenido de Humedad	ASTM D 4643, UNE 103-300-93
Granulometría e Identificación	ASTM D 422, ASTM D 2487/00
Límites de Consistencia	ASTM D - 4318



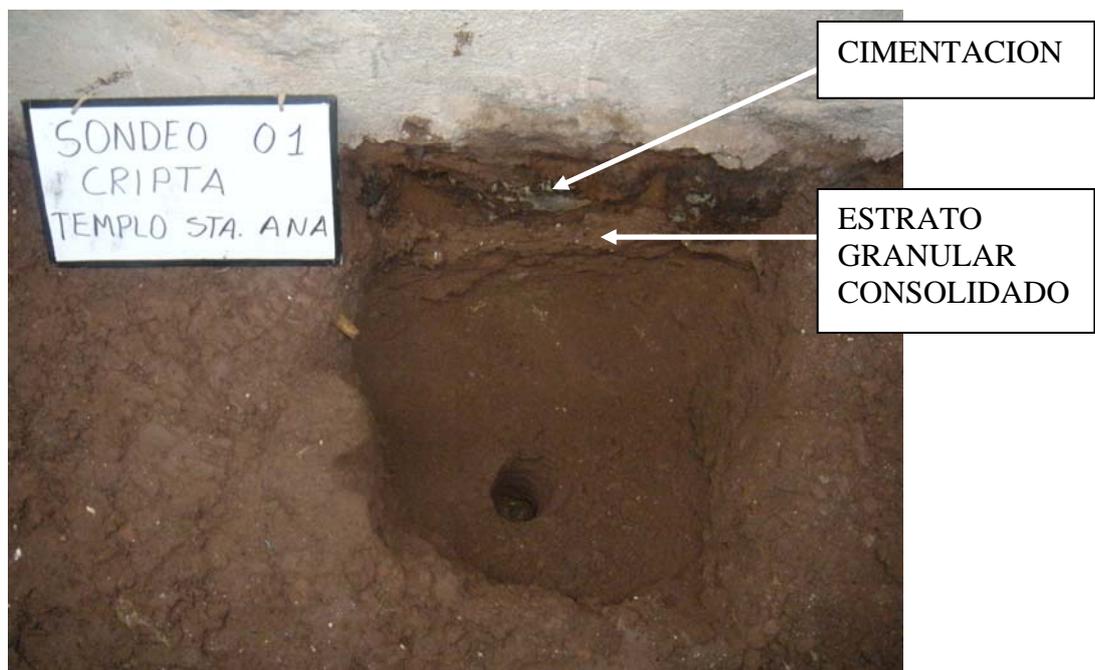
Ubicación de puntos de sondeo en Cripta

#### 4.0 DESCRIPCION ESTRATIGRAFICA.

En base a la información obtenida de las excavaciones y observaciones adicionales, se presenta el perfil estratigráfico característico del terreno en estudio:

##### **CALICATA 01 Cripta**

- Primer Estrato de 0.00 a -1,00 m. corresponde a relleno fino identificado como una ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA CL de coloración marrón claro.
- Segundo Estrato de -1,00 m. a -2,00 m. corresponde a un suelo de partículas gruesas, identificado como una GRAVA MAL GRADUADA CON ARCILLA, LIMO Y ARENA GC - GM de coloración marrón oscuro.
- No se evidenció nivel freático superficial.



##### **CALICATA 02 Cripta**

- Primer Estrato de 0.00 a -0,80 m. corresponde a relleno fino identificado como una ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA CL de coloración marrón claro.
- Segundo Estrato de -0,80 m. a -2,00 m. corresponde a un suelo de partículas gruesas, identificado como una GRAVA MAL GRADUADA CON ARCILLA, LIMO Y ARENA GC - GM de coloración marrón oscuro.



- No se evidenció nivel freático superficial.





## 5.0.- CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTOS

Fórmula de Hansen (1970)

Es una extensión ulterior de la fórmula de *Meyerhof*; las extensiones consisten en la introducción de  $b_i$  que tiene en cuenta la eventual inclinación en la horizontal del nivel de cimentación y un factor  $g_i$  para terreno en pendiente.

La fórmula de Hansen vale para cualquier relación  $D/B$ , ya sean cimentaciones superficiales o profundas; sin embargo el mismo autor introdujo algunos coeficientes para poder interpretar mejor el comportamiento real de la cimentación; sin éstos, de hecho, se tendría un aumento demasiado fuerte de la carga última con la profundidad.

Para valores de  $D/B < 1$

$$d_c = 1 + 0.4 \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \frac{D}{B}$$

Para valores  $D/B > 1$ :

$$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)^2 \tan^{-1} \frac{D}{B}$$

En el caso  $\varphi = 0$

$D/B$	0	1	1.1	2	5	10	20	100
$d'_c$	0	0.40	0.33	0.44	0.55	0.59	0.61	0.62

En los factores siguientes las expresiones con ápicos (') valen cuando  $\varphi=0$ .

Factor de forma:

$$s'_c = 0.2 \frac{B}{L}$$

$$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L}$$

$$s_c = 1 \quad \text{para cimentaciones continuas}$$

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \varphi$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L}$$

Factor de profundidad:

$$d'_c = 0.4k$$

$$d_c = 1 + 0.4k$$

$$d_q = 1 + 2 \tan \varphi (1 - \sin \varphi)k$$

$$d_\gamma = 1 \quad \text{para cualquier } \varphi$$

$$k = \frac{D}{B} \quad \text{si } \frac{D}{B} \leq 1$$

$$k = \tan^{-1} \frac{D}{B} \quad \text{si } \frac{D}{B} > 1$$



Factores de inclinación de la carga

$$i'_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A_f c_a}}$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$i_q = \left( 1 - \frac{0.5H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{0.7H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5 \quad (\eta = 0)$$

$$i_\gamma = \left( 1 - \frac{(0.7 - \eta / 450)H}{V + A_f c_a \cot \phi} \right)^5 \quad (\eta > 0)$$

Factores de inclinación del terreno (cimentación sobre talud):

$$g'_c = \frac{\beta}{147}$$

$$g_c = 1 - \frac{\beta}{147}$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - 0.5 \tan \beta)^5$$

Factores de inclinación del nivel de cimentación (base inclinada)

$$b'_c = \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_c = 1 - \frac{\eta^\circ}{147^\circ}$$

$$b_q = \exp(-2\eta \tan \phi)$$

$$b_\gamma = \exp(-2.7\eta \tan \phi)$$

## DATOS GENERALES DE CÁLCULO

Ancho cimentación	2,0 m
Largo cimentación	2,0 m
Profundidad plano de cimentación	2,0 m
Inclinación plano de cimentación	0,0°
Inclinación talud	0,0°
Factor de seguridad (Fc)	2,5
Factor de seguridad (Fq)	2,5
Factor de seguridad (Fg)	2,5
Aceleración máxima horizontal	0,15
Asientos después de T años	5,0

## ESTRATIGRAFIA TERRENO

DH: Espesor del estrato; Gam: Peso específico; Gams: Peso específico saturado; Fi: Ángulo de rozamiento interno; ;  
c: Cohesión; Ni: Poisson.

DH (m)	Gam (kN/m <sup>3</sup> )	Gams (kN/m <sup>3</sup> )	Fi (°)	Fi Corr. (°)	c (kN/m <sup>2</sup> )	c Corr. (kN/m <sup>2</sup> )	Ed (kN/m <sup>2</sup> )
0,8	19,61	21,57	19,0	12,99	9,81	6,573	4903,32
2,0	20,59	21,57	22,0	15,15	19,61	13,139	7845,32

## CARGA ÚLTIMA SEGÚN HANSEN (1970)

Factor Nq 4,0



Factor Nc	11,07
Factor Ng	1,22
Factor Sc	1,0
Factor Dc	1,36
Factor Ic	1,0
Factor Gc	1,0
Factor Bc	1,0
Factor Sq	1,27
Factor Dq	1,26
Factor Iq	1,0
Factor Gq	1,0
Factor Bq	1,0
Factor Sg	0,6
Factor Dg	1,0
Factor Ig	1,0
Factor Gg	1,0
Factor Bg	1,0
=====	
Presión última	246,51 kN/m <sup>2</sup>
<b>Presión admisible</b>	<b>98,6 kN/m<sup>2</sup> = 1,00 Kg/cm<sup>2</sup></b>
=====	

## ASENTAMIENTOS.

### ASIENTOS EDMÉTRICOS

El cálculo de los asentos con el método edométrico permite valorar un asiento de consolidación de tipo unidimensional, producto de las tensiones inducidas por una carga aplicada en condiciones de expansión lateral impedida. Por lo tanto la estimación efectuada con este método se debe considerar como empírica, en vez de teórica.

Sin embargo la simplicidad de uso y la facilidad de controlar la influencia de los varios parámetros que intervienen en el cálculo, lo hacen un método muy difuso.

El procedimiento edométrico en el cálculo de los asentos pasa esencialmente a través de dos fases:

- El cálculo de las tensiones verticales inducidas a las diferentes profundidades con la aplicación de la teoría de la elasticidad;
- La valoración de los parámetros de compresibilidad con la prueba edométrica.

En referencia a los resultados de la prueba edométrica, el asentamiento se valora como:

$$\Delta H = H_0 \cdot RR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}}$$

si se trata de un terreno súper consolidado ( $OCR > 1$ ), o sea si el incremento de tensión debido a la aplicación de la carga no hace superar la presión de preconsolidación  $\sigma'_p$  ( $\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v < \sigma'_p$ ).

Si en cambio el terreno es consolidado normal ( $\sigma'_{v0} = \sigma'_p$ ) las deformaciones se dan en el tracto de compresión y el asiento se valora como:

$$\Delta H = H_0 \cdot CR \cdot \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}} \quad \text{donde:}$$

RR Relación de recompresión;



$CR$  Relación de compresión;  
 $H_0$  espesor inicial del estrato;  
 $\sigma'_{v0}$  tensión vertical eficaz antes de la aplicación de la carga;  
 $\Delta\sigma_v$  incremento de tensión vertical debido a la aplicación de la carga.

Como alternativa a los parámetros  $RR$  y  $CR$  se hace referencia al módulo edométrico  $M$ ; pero en tal caso se debe seleccionar oportunamente el valor del módulo a utilizar, teniendo en cuenta el intervalo tensional ( $\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v$ ) significativo para el problema en examen.

Para la aplicación correcta de este tipo de método es necesario:

- la subdivisión de los estratos compresibles en una serie de pequeños estratos de modesto espesor ( $< 2.00$  m);
- la estimación del módulo edométrico en el ámbito de cada estrato;
- el cálculo del asiento como suma de las contribuciones para cada pequeño estrato

Muchos usan las expresiones antes indicadas para el cálculo del asentamiento de consolidación tanto para las arcillas como para las arenas de granulometría de fina a media, porque el módulo de elasticidad usado viene tomado directamente de pruebas de consolidación. Sin embargo, para terrenos con grano más grueso las dimensiones de las pruebas edométricas son poco significativas del comportamiento global del estrato y, para las arenas, es preferible utilizar pruebas penetrométricas estáticas y dinámicas.

#### Asiento Secundario.

El asiento secundario se calcula con referencia a la relación:

$$\Delta H_s = H_c \cdot C_\alpha \cdot \log \frac{T}{T_{100}} \quad \text{en donde:}$$

$H_c$  es la altura del estrato en fase de consolidación;

$C_\alpha$  es el coeficiente de consolidación secundaria como pendiente en el tracto secundario de la curva *asiento-logaritmo tiempo*;

$T$  tiempo en que se desea el asiento secundario;

$T_{100}$  tiempo necesario para terminar el proceso de consolidación primaria.

#### ASIENTOS POR ESTRATO

Z: Profundidad promedio del estrato; Dp: Incremento de tensiones; Wc: Asiento de consolidación; Ws: Asiento secundario (deformaciones viscosas); Wt: Asiento total.

Estrato	Z (m)	Tensión (kN/m <sup>2</sup> )	Dp (kN/m <sup>2</sup> )	Método	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
2	4,95	76,275	12,721	Edométrico	0,794	0,0	0,794

Asiento total  $W_t = 0,794$  cm.



## 6.- ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA. ( SP 200 SOWERS )

El ensayo penetrométrico dinámico consiste en hincar en el terreno una punta cónica (en tratos consecutivos) midiendo el número de golpes  $N$  necesarios. Los ensayos Penetrométricos Dinámicos son muy conocidos e utilizados en el campo por los geólogos y geotécnicos dada su simplicidad ejecutiva, economía y rapidez de ejecución.

Su elaboración, interpretación y visualización gráfica consiente "catalogar y crear parámetros" del suelo atravesándolo con una imagen continua, que permite también hacer una comparación de las durezas de los diferentes niveles atravesados y una correlación directa con sondeos para la determinación estratigráfica.

La sonda penetrométrica permite además reconocer bastante bien el espesor de los mantos del subsuelo, la cota de eventuales niveles freáticos y superficies de rotura sobre los taludes, así como la consistencia del terreno en general. La utilización de los datos recabados de correlaciones indirectas y haciendo referencia a varios autores, debe de todas formas hacerse con cautela y si es posible, después de experiencias geológicas adquiridas en la zona. Los elementos característicos del penetrómetro dinámico son los siguientes:

- Peso masa de golpeo  $M$ .
- Altura de caída libre  $H$ .
- Punta cónica: diámetro base como  $D$ , área base  $A$  (ángulo de apertura).
- Avance (penetración).
- Presencia o no del revestimiento externo.

El Penetrómetro Dinámico original de Cono (DCP) fue desarrollado en 1959 por el profesor George F. Sowers. El DCP utiliza una masa de acero descendente de 15 libras en 50.8 centímetros de caída sobre el yunque para causar una penetración de 1.5" en el cono del diámetro (3.8 centímetros) que se ha asentado en el fondo de un agujero barrenado a mano con la posteadora. Los golpes requeridos para introducir el cono a una profundidad de 1.5" adentro, han sido correlacionadas por valores de  $N$  derivados de la prueba de penetración estándar (SPT).

La experiencia ha demostrado que el DCP se puede utilizar con eficacia en agujeros barrenados hasta una profundidad de 6.00 m. Para la elaboración e interpretación de los resultados del Ensayo de Penetración Dinámica se empleó el software profesional denominado Dynamic Probing de Geostru, cuyos resultados se presentan a continuación.



### Correlación con N<sub>spt</sub>

Ya que el ensayo de penetración estándar (SPT) representa hoy en día uno de los medios más conocidos y económicos para adquirir información sobre el subsuelo, la mayor parte de las correlaciones existentes tienen que ver con los valores del número de golpes N<sub>spt</sub> obtenido con dicha prueba, por lo tanto se presenta la necesidad de relacionar el número de golpes de un ensayo dinámico con N<sub>spt</sub>. El pasaje se da por:

$$N_{spt} = \beta_t N \quad \text{Donde: } \beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

en donde Q es la energía específica por golpe y Q<sub>spt</sub> es la referida a la prueba SPT.

La energía específica por golpe se calcula como sigue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')} \quad \text{donde}$$



- M = peso masa de golpeo;  
M' = peso varillaje;  
H = altura de caída;  
A = área base punta cónica;  
 $\delta$  = intervalo de avance.

### Valuación resistencia dinámica a la punta (Rpd)

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

- Rpd = resistencia dinámica punta (área A)  
e = hinca promedio por golpe  $\delta / N$   
M = peso masa de golpeo (altura caída H)  
P = peso total varillaje sistema golpeo

### Metodología de Elaboración

Las elaboraciones han sido efectuadas mediante un programa de cálculo automático, Dynamic Probing, de GeoStru Software. El programa calcula el porcentaje de energías transmitidas (coeficiente de correlación con SPT) con las elaboraciones propuestas por Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permite además utilizar los datos obtenidos de la realización de ensayos de penetración dinámica para extrapolar útiles informaciones geotécnicas y geológicas. Una vasta experiencia adquirida, unida a una buena interpretación y correlación permiten a menudo obtener datos útiles para el proyecto y frecuentemente datos más verídicos que muchos de los de las bibliografías sobre litologías y datos geotécnicos determinados en las verticales litológicas de pocos ensayos de laboratorio efectuados como representación general de una vertical heterogénea no uniforme y/o compleja.

En particular obtener información sobre:

- El avance vertical y horizontal de los intervalos estratigráficos.
- La caracterización litológica de las unidades estratigráficas.
- Los parámetros geotécnicos sugeridos por varios autores en función de los valores del número de golpes y de la resistencia en la punta.



## Correlaciones geotécnicas terrenos sin cohesión

### Ángulo De Rozamiento Interno

- (Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956) válida para suelos que no sean blandos en prof. < 5 mt.; correlación válida para arenas y gravas representa valores medios. - Correlación histórica muy usada, válida para prof. < 5 mt. para suelos sobre nivel freático y < 8 mt. para terrenos en nivel freático (tensiones < 8-10 t/mq).
- (Meyerhof 1956) Correlación válida para suelos arcillosos y arcillosos-margosos fracturados, terrenos sueltos mantos fragmentados (en variación experimental de datos).
- (Sowers 1961) Ángulo de rozamiento interno en grados válido para arenas en general (cond. óptimas para prof. < 4 mt. sobre nivel freático y < 7 mt. para terrenos en nivel freático)  $\sigma > 5$  t/mq.
- (De Mello) Correlación válida para suelos predominantemente arenosos y arenosos-gravosos (en variación experimental de datos) con ángulo de rozamiento interno < 38°.
- (Schmertmann 1977) Ángulo de rozamiento interno (grados) para varios tipos litológicos (valores máximos). Nota: valores a menudo demasiado optimistas ya que se deducen de correlaciones indirectas de  $D_r$  %.

### Peso Específico Gama

- Meyerhof y otros, válida para arenas, gravas, limos, limo arenoso.

### Peso Específico Saturado

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlación válida para específico del material igual a cerca  $G=2,65$  t/mc) y para peso específico seco variable de 1,33 ( $N_{spt}=0$ ) a 1,99 ( $N_{spt}=95$ )

## Correlaciones Geotécnicas Terrenos Cohesivos

### Cohesión no drenada

- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlación válida para arcillas arenosas –orgánicas NC con  $N_{spt} < 8$ , arcillas limosas-orgánicas medianamente plásticas, arcillas margosas alteradas-fracturadas. Terzaghi-Peck (1948). *Cu mín.-máx.*
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Cohesión sin drenaje  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>) para arcillas limosas y arcillas de baja, media y alta plasticidad, ( $C_u$ - $N_{spt}$ -grado de plasticidad).
- Schmertmann 1975  $C_u$  (Kg/cm<sup>2</sup>) (valores medios), válida para arcillas y limos arcillosos con  $N_c=20$  y  $Q_c/N_{spt}=2$

#### **Peso Específico Gama**

- Meyerhof y otros, válida para arcillas, arcillas arenosas y limosas predominantemente con cohesión.

#### **Peso Específico saturado**

- Correlación Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), válida para condiciones específicas: peso específico del material igual a cerca  $G=2,70$  (t/mc) y para índices de vacío variables da 1,833 ( $N_{spt}=0$ ) a 0,545 ( $N_{spt}=28$ )





### ENSAYO... Nr.1 CRIPTA

Equipo utilizado.  
Profundidad ensayo

DPM (DL030 10) (Medium)  
5.00 mt

Profundidad (m)	N° de golpes	Cálculo coef. reducción del penetrómetro Chi	Res. dinámica reducida (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinámica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. admisible con reducción Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. admisible Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	0	0.857	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	0	0.853	0.00	0.00	0.00	0.00
0.40	0	0.851	0.00	0.00	0.00	0.00
0.50	0	0.849	0.00	0.00	0.00	0.00
0.60	4	0.847	11.31	13.36	0.57	0.67
0.70	4	0.845	11.29	13.36	0.56	0.67
0.80	5	0.843	14.08	16.70	0.70	0.83
0.90	4	0.842	10.67	12.68	0.53	0.63
1.00	3	0.840	7.98	9.51	0.40	0.48
1.10	6	0.838	15.93	19.01	0.80	0.95
1.20	6	0.836	15.90	19.01	0.80	0.95
1.30	5	0.835	13.22	15.85	0.66	0.79
1.40	6	0.833	15.84	19.01	0.79	0.95
1.50	7	0.831	18.44	22.18	0.92	1.11
1.60	6	0.830	15.77	19.01	0.79	0.95
1.70	6	0.828	15.74	19.01	0.79	0.95
1.80	5	0.826	13.09	15.85	0.65	0.79
1.90	6	0.825	14.92	18.09	0.75	0.90
2.00	4	0.823	9.93	12.06	0.50	0.60
2.10	7	0.822	17.34	21.11	0.87	1.06
2.20	6	0.820	14.84	18.09	0.74	0.90
2.30	5	0.819	12.34	15.08	0.62	0.75
2.40	7	0.817	17.25	21.11	0.86	1.06
2.50	8	0.816	19.67	24.12	0.98	1.21

### ESTIMA PARÁMETROS GEOTÉCNICOS ENSAYO Nr.1

#### SUELOS COHESIVOS

##### Cohesión no drenada

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - MATERIAL DE RELLENO	0	0.50	Terzaghi-Peck	--
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	Terzaghi-Peck	0.44

##### Qc (resistencia puntaza penetrómetro estático)

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - MATERIAL DE RELLENO	0	0.50	Robertson (1983)	---
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	Robertson (1983)	14.04

##### Módulo edométrico

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - MATERIAL DE	0	0.50	Stroud e Butler (1975)	---



RELLENO				
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	Stroud e Butler (1975)	32.21

#### Módulo de Young

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - MATERIAL DE RELLENO	0	0.50	Apollonia	---
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	Apollonia	70.20

#### Clasificación AGI (Assoc. It. Geolog.)

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Clasificación
[1] - MATERIAL DE RELLENO	0	0.50	Classificaz. A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

#### Peso específico

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
[1] - MATERIAL DE RELLENO	0	0.50	Meyerhof ed altri	1.39
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	Meyerhof ed altri	1.86

#### Peso específico saturado

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Peso específico saturado (t/m <sup>3</sup> )
[1] - MATERIAL DE RELLENO	0	0.50	Meyerhof ed altri	1.83
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	Meyerhof ed altri	1.90

#### Velocidad ondas transversales

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Correlación	Velocidad ondas transversales (m/s)
[1] - MATERIAL DE RELLENO	0	0.50	Ohta & Goto (1978) Arcillas limosas y arcillas de baja plasticidad	0
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	Ohta & Goto (1978) Arcillas limosas y arcillas de baja plasticidad	116.5

### SUELOS SIN COHESIÓN

#### Densidad relativa

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Densidad relativa (%)
[2] - ARCILLA	7.02	5.00	7.02	Gibbs & Holtz 1957	27.51



LIMOSA ARENOSA CL-ML					
-------------------------	--	--	--	--	--

#### Ángulo de rozamiento interno

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Ángulo de rozamiento (°)
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	7.02	Sowers (1961)	31.97

#### Módulo edométrico

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Módulo edométrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	7.02	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	41.88

#### Clasificación AGI (Assoc. It. Geolog.)

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Clasificación AGI (Assoc. It. Geolog.)
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	7.02	Classificazione A.G.I. 1977	POCO DENSO

#### Peso específico

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Peso específico (t/m <sup>3</sup> )
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	7.02	Meyerhof ed altri	1.62

#### Peso específico saturado

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Peso específico saturado (t/m <sup>3</sup> )
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	7.02	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90

#### Módulo de Poisson

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Poisson
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	7.02	(A.G.I.)	0.34

#### Módulo de deformación al corte dinámico

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	7.02	Ohsaki (Sabbie pulite)	405.95



**Velocidad ondas transversales**

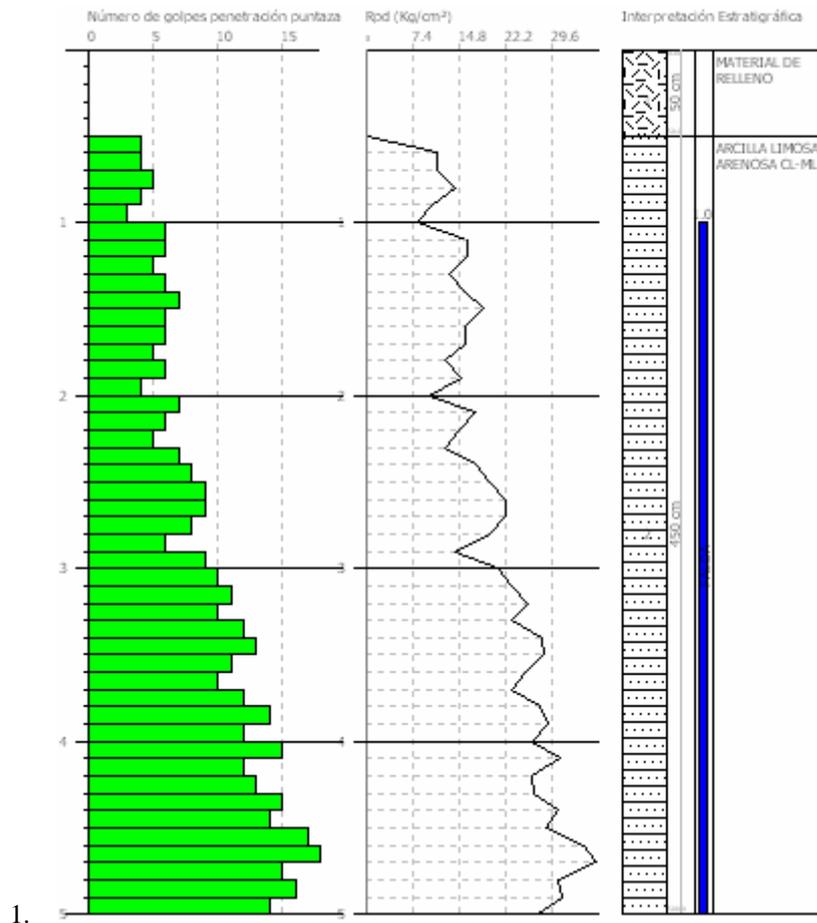
Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Velocidad ondas transversales (m/s)
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	7.02	Ohta & Goto (1978) Limos	116.5

**Módulo de reacción Ko**

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Ko
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	7.02	Navfac 1971-1982	1.45

**Qc (resistencia puntaza penetrómetro estático)**

Descripción	Nspt	Prof. estrato (m)	Nspt corregido debido al Nivel Freático	Correlación	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - ARCILLA LIMOSA ARENOSA CL-ML	7.02	5.00	7.02	Robertson 1983	14.04





## **6.0.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

- El terreno de fundación en la Cripta corresponde a un suelo fino identificado como una ARCILLA DE PLASTICIDAD MEDIA ARENOSA CL de coloración gris oscuro. Sin embargo se ha verificado que los cimientos de los muros existentes se encuentran fundados sobre material granular bien consolidado, por lo que no se esperan reacomodos o asentamientos en caso de incrementar cargas importantes.
- La zona de relleno presenta material fino arcilloso bien consolidado, sin embargo antes del vaciado, deberá ser adecuadamente perfilado y recompactado a humedad óptima.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial.
- El esfuerzo admisible que presenta el suelo de fundación es de: 1,00 Kg / cm<sup>2</sup> .
- El asentamiento calculado para un período de 5 años es de: 0,794 cm., siendo tolerable para este tipo de edificación.

**Es mi informe.**



# ENSAYOS DE LABORATORIO



### SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)

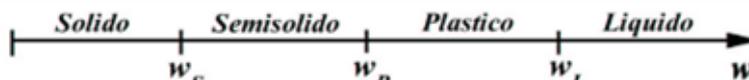
#### ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 107 - 99

**PROYECTO:** Propuesta Estructural de la Cripta  
**UBICACIÓN:** Templo de Santa Ana - Cusco  
**PETICIONARIO:** Ing. Rosalio Echegaray Salazar

**FECHA:** Mayo del 2011  
**PROFUNDIDAD:** 1.00m. Perforacion 01  
**ESTRATO:** Primer Estrato

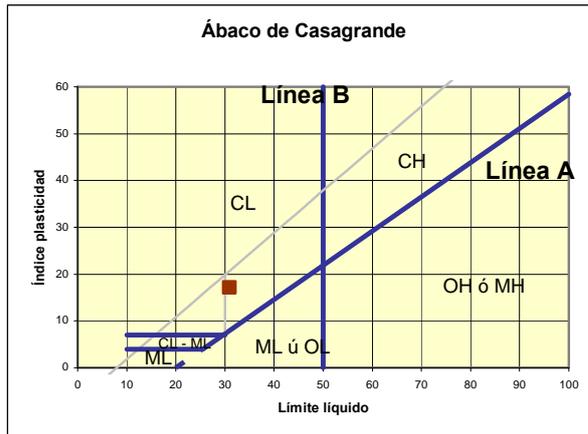
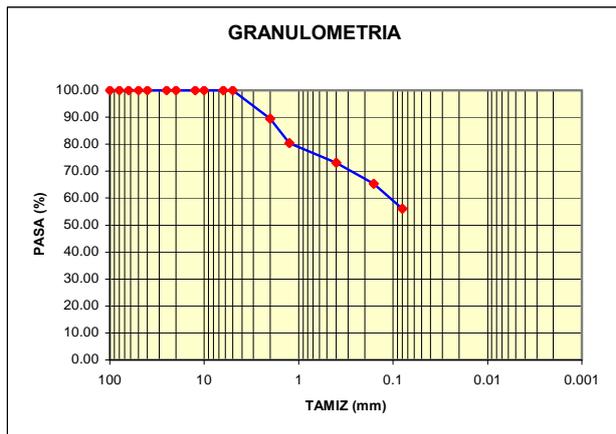
Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	NORMAS REFERENCIALES	
100	100.00	100.00	0.00	0.00		Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes ASTM D - 2487 - 00 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado UNE : 103 101 : 1995
80	100.00	100.00	0.00	0.00		
63	100.00	100.00	0.00	0.00	 <b>SUELOS GRANULARES</b>	
50	100.00	100.00	0.00	0.00		
40	100.00	100.00	0.00	0.00		
25	100.00	100.00	0.00	0.00		
20	100.00	100.00	0.00	0.00		
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00		
10	100.00	100.00	0.00	0.00		
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00		 <b>SUELOS COHESIVOS</b>
5	100.00	100.00	0.00	0.00		
2	89.54	89.54	10.46	10.46		
1.25	80.42	80.42	19.58	9.12		
0.4	73.16	73.16	26.84	7.26		
0.160	65.25	65.25	34.75	7.91		
0.080	56.02	56.02	43.98	9.23		

Límite Líquido	30.92
Límite Plástico	13.82
Índice Plasticidad	17.10



Pasa tamiz N° 4 (5mm): **100.00 %**  
 Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm): **56.02 %**  
 D60: **0.11 mm**  
 D30: **mm**  
 D10 (diámetro efectivo): **mm**  
 Coeficiente de Uniformidad (Cu):  
 Grado de Curvatura (Cc):

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS		
SUELO DE GRANO GRUESO, MAS DEL 50% O MAS 80% RETENIDO EN LA MALLA N° 200	GW	Gravas bien graduadas
	GP	Gravas mal graduadas
	GM	Gravas Limosas
	GC	Gravas Arcillosas
SUELO DE GRANO MEDIANO, MAS DEL 25% Y MENOS DEL 50% PASA LA MALLA N° 40	SW	Arenas bien graduadas
	SP	Arenas mal graduadas
	SM	Arenas Limosas
	SC	Arenas Arcillosas
SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 75% PASA LA MALLA N° 200	ML	Limo Inorgánicos
	CL	Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad
	OL	Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas
	MH	Limos Inorgánicos
SUELO DE GRANO FINO, MAS DEL 50% PASA LA MALLA N° 200	CH	Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad
	OH	Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad
	PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos



**SUELO DE PARTÍCULAS FINAS**  
**Arcilla de plasticidad media arenosa CL (SUCS)**



### ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO :** Propuesta Estructural de la Cripta  
Templo de Santa Ana

**UBICACIÓN :** Dist. Cusco Prov. Cusco Dpto Cusco

**SOLICITADO:** Ing. Rosalio Echegaray Salazar

**FECHA :** Cusco Mayo del 2011

**Perforacion N° 01**

**Primer Estrato**

**MUESTRA :** Suelo  
Marron oscuro

#### LIMITE LIQUIDO

Muestra N°	1	2	3	4
Peso de la capsula	13.26	10.25	12.36	10.23
Peso capsula. + suelo humedo	95.66	99.75	98.72	101.94
Peso capsula + suelo seco	79.26	80.56	78.81	79.85
Numero de golpes	38	31	27	24
Peso suelo seco	66	70.31	66.45	69.62
Peso agua	16.4	19.19	19.91	22.09
% humedad	24.85%	27.29%	29.96%	31.73%

#### OBSERVACIONES:



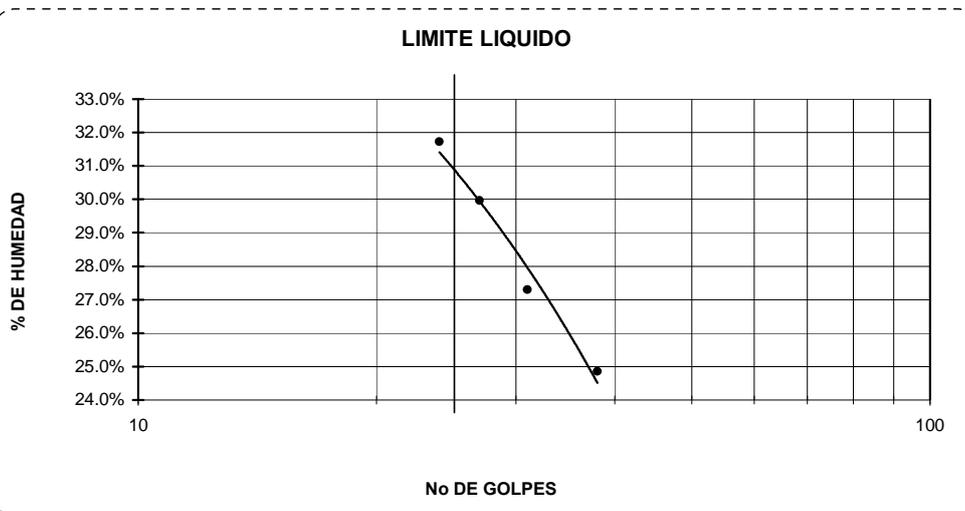
#### LIMITE PLASTICO

Muestra	1	2	3	4
Peso de la capsula	5.23	5.64	6.22	
Peso capsula. + suelo humedo	9.48	9.36	10.02	
Peso capsula + suelo seco	8.97	8.91	9.55	
Peso suelo seco	3.74	3.27	3.33	
Peso agua	0.51	0.45	0.47	
% humedad	13.66%	13.76%	14.05%	

#### RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO	30.92%
LIMITE PLASTICO	13.82%
INDICE PLASTICO	17.10%

#### LIMITE LIQUIDO



**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)**

**ENSAYO DE ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E - 107 - 99**

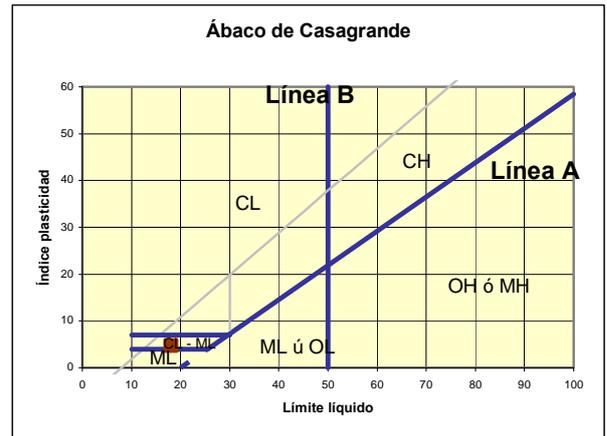
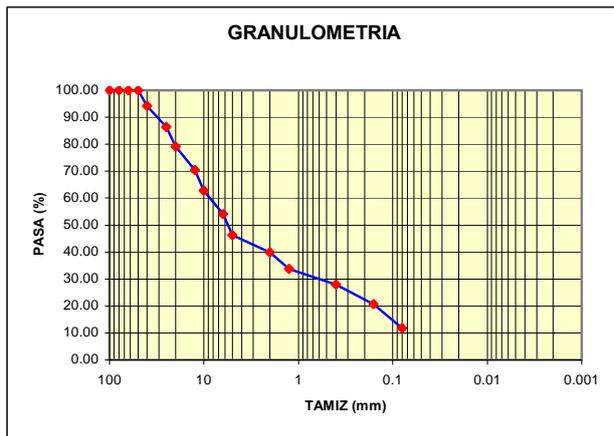
<b>PROYECTO:</b> Propuesta Estructural de la Cripta	<b>FECHA:</b> Mayo del 2011
<b>UBICACIÓN:</b> Templo de Santa Ana - Cusco	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.00m. Perforacion 01
<b>PETICIONARIO:</b> Ing. Rosalio Echegaray Salazar	<b>ESTRATO:</b> Segundo Estrato

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido Acumulado (%)	Retenido Parcial (%)	NORMAS REFERENCIALES
100	100.00	100.00	0.00	0.00	Standard Test Method for Classification of Soils for Engineering Purposes ASTM D - 2487 - 00 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado UNE : 103 101 : 1995
80	100.00	100.00	0.00	0.00	
63	100.00	100.00	0.00	0.00	
50	100.00	100.00	0.00	0.00	 <b>SUELOS GRANULARES</b>
40	94.17	94.17	5.83	5.83	
25	86.42	86.42	13.58	7.75	
20	79.04	79.04	20.96	7.38	
12.5	70.43	70.43	29.57	8.61	
10	62.85	62.85	37.15	7.58	 <b>SUELOS COHESIVOS</b>
6.3	54.04	54.04	45.96	8.81	
5	46.21	46.21	53.79	7.83	
2	39.85	39.85	60.15	6.36	
1.25	33.72	33.72	66.28	6.13	
0.4	27.94	27.94	72.06	5.78	
0.160	20.74	20.74	79.26	7.20	
0.080	11.84	11.84	88.16	8.90	

<b>Límite Líquido</b>	<b>18.04</b>	
<b>Límite Plástico</b>	<b>13.32</b>	
<b>Índice Plasticidad</b>	<b>4.72</b>	

<b>Pasa tamiz N° 4 (5mm):</b>	<b>46.21 %</b>
<b>Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):</b>	<b>11.84 %</b>
<b>D60:</b>	<b>8.80 mm</b>
<b>D30:</b>	<b>0.70 mm</b>
<b>D10 (diámetro efectivo):</b>	<b>mm</b>
<b>Coefficiente de Uniformidad (Cu):</b>	
<b>Grado de Curvatura (Cc):</b>	

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS	
<b>SUELOS GRANULARES</b>	GW Gravas bien graduadas
	GP Gravas mal graduadas
	GM Gravas Limosas
	GC Gravas Arcillosas
<b>SUELOS DE GRANO MEDIANO</b>	SW Arenas bien graduadas
	SP Arenas mal graduadas
	SM Arenas Limosas
	SC Arenas Arcillosas
<b>SUELOS FINOS</b>	ML Limo Inorgánicos
	CL Arcillas Inorgánicas de baja plasticidad
	OL Limos Orgánicos y Arcillas Limosas Orgánicas
<b>SUELOS DE GRANO FINO</b>	MH Limos Inorgánicos
	CH Arcillas Inorgánicas de alta plasticidad
	OH Arcillas Orgánicas de media a alta plasticidad
	PT Altamente Orgánico
	PT Turba y otros suelos altamente orgánicos





### ENSAYO DE LIMITES DE CONSISTENCIA

**PROYECTO :** Propuesta Estructural de la Cripta  
Templo de Santa Ana

**UBICACIÓN :** Dist. Cusco Prov. Cusco Dpto Cusco

**SOLICITADO:** Ing. Rosalio Echegaray Salazar

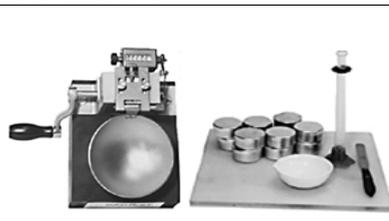
**FECHA :** Cusco Mayo del 2011

**Perforacion N° 01**  
**Segundo Estrato**  
**MUESTRA :** Suelo  
Marron oscuro

#### LIMITE LIQUIDO

Muestra N°	1	2	3	4
Peso de la capsula	13.26	10.25	12.36	10.23
Peso capsula. + suelo humedo	91.47	94.32	91.95	94.17
Peso capsula + suelo seco	80.48	81.74	79.63	80.94
Numero de golpes	30	27	25	22
Peso suelo seco	67.22	71.49	67.27	70.71
Peso agua	10.99	12.58	12.32	13.23
% humedad	16.35%	17.60%	18.31%	18.71%

#### OBSERVACIONES:



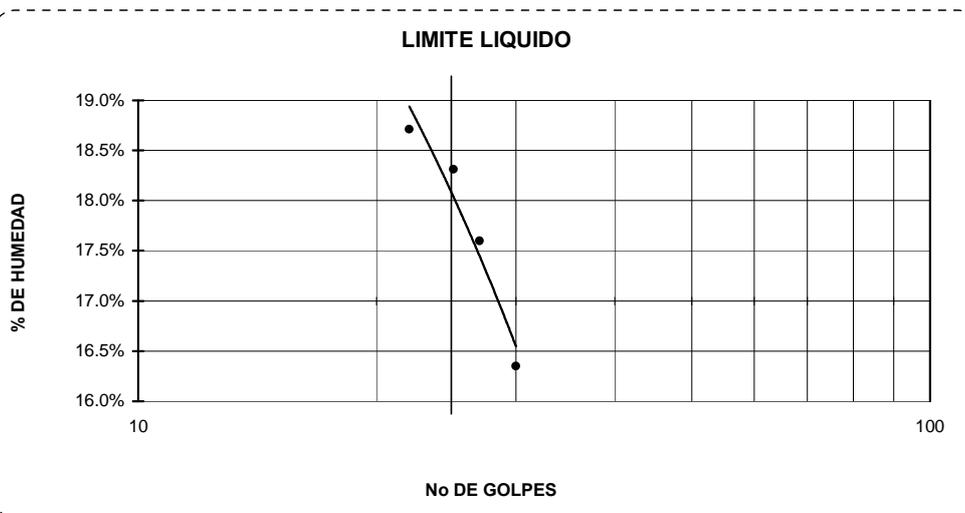
#### LIMITE PLASTICO

Muestra	1	2	3
Peso de la capsula	5.23	5.64	6.22
Peso capsula. + suelo humedo	9.46	9.34	10.01
Peso capsula + suelo seco	8.97	8.91	9.55
Peso suelo seco	3.74	3.27	3.33
Peso agua	0.49	0.43	0.46
% humedad	13.10%	13.12%	13.75%

#### RESULTADOS

LIMITE LIQUIDO	18.04%
LIMITE PLASTICO	13.32%
INDICE PLASTICO	4.72%

#### LIMITE LIQUIDO





### CONTENIDO DE HUMEDAD

#### MTC - E 108 - 99

#### MICROOVEN METHOD

Proyecto : Propuesta Estructural de Cripta

Ubicación : Templo de Santa Ana - Cusco

Calicata : N° 01

Solicitante : Ing. Rosalio Echegaray Salazar

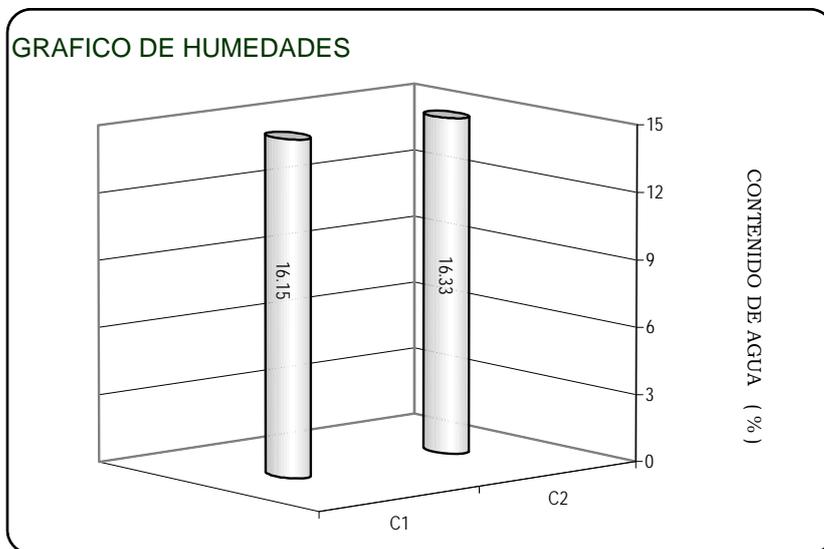
Fecha : Cusco mayo del 2011

**Segundo estrato**

MUESTRA PROFUNDIDAD (MT)	N° 01 2.00	N° 02 2.00
Peso de Capsula (gr)	50.25	49.25
Peso Capsula + Suelo Humedo (gr)	102.04	102.38
Peso de la Capsula + Suelo Seco (gr)	94.84	94.92
Peso del Suelo Humedo (gr)	51.79	53.13
Peso del Suelo Seco (gr)	44.59	45.67
Peso del Agua (gr)	7.20	7.46
Contenido de Humedad (w)	16.15	16.33

**Promedio : 16,24%**

GRAFICO DE HUMEDADES



## DENSIDAD NATURAL DE SUELO

UNE-103-301 - 94

OBRA: Propuesta Estructural de la Cripta  
 UBICACIÓN: Templo de Santa Ana - Cusco  
 SOLICITA: Ing. Rosalio Echegaray Salazar  
 FECHA: Mayo del 2011

Calicata 01  
 Segundo estrato

DENSIDAD NATURAL	
Volumen Referencial (V1)	1.78
Masa Material Extraído	7.27
Volumen de Excavación (V2)	3.28
Volumen Real (V2-V1)	
Densidad Natural	1.673780488

$\gamma_{nat.} =$  1.67 Tn/m<sup>3</sup>

## DENSIDAD MINIMA - DENSIDAD MAXIMA

UNE-103-105-93 UNE 103-106-93

MATERIAL SUELTO

	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
<b>DENSIDAD MINIMA</b>			
Masa de Molde (M1)	2.55	2.51	2.54
Masa Molde + Material (M2)	6.82	6.81	6.79
Volumen Molde	2.813	2.813	2.813
D min.	1.517952364	1.528617135	1.51084252

$\gamma_{min.} =$  1.52 Tn/m<sup>3</sup>

MATERIAL COMPACTADO

	Ensayo 01	Ensayo 02	Ensayo 03
<b>DENSIDAD MAXIMA</b>			
Masa de Molde (M1)	2.78	2.77	2.76
Masa Molde + Material (M2)	8.14	8.17	8.19
Volumen Molde	2.813	2.813	2.813
D max.	1.905439033	1.919658727	1.9303235

$\gamma_{max.} =$  1.92 Tn/m<sup>3</sup>



### ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA

**PROYECTO :** Propuesta Estructural de la Cripta

**MUESTRA :** Perforacion 01

**UBICACIÓN :** Templo de Santa Ana - Cusco

**PROFUNDIDAD :** 1.00 Mt.

**FECHA :** Cusco, Mayo del 2011

**DESCRIPCIÓN :** Arcilla color marron oscuro

**TECNICO :**

Muestra remoldeada

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

		1
Peso del Tarro	gr.	42.24
Peso del T. + Suelo Humedo	gr.	648.50
Peso del T. + Suelo Seco	gr.	595.98
Peso del Agua	gr.	52.52
Peso del Suelo Seco	gr.	553.74
Contenido de Humedad	%	9.48

#### DENSIDADES

Altura (cm)	Diámetro (cm)		Area Inicial
h1	8.28	d1	5.16
h2	8.34	d2	5.18
h3	8.33	d3	5.08
Prom.	8.32	Prom.	5.14
Volumen Promedio		Vo =	172.6 cm <sup>3</sup>
Peso Húmedo briqueta		Po =	606.26 gr
Densidad Húmeda		Dh =	3.51 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad Seca		Ds =	3.21 gr/cm <sup>3</sup>

#### CONSTANTE DEL ANILLO DE CARGA

Prensa de Compresión MODELO U-130 = 0.1407

DIAL DE CARGA	CARGA AXIAL Kg	DIAL DEF.	DEF. TOTAL Pulg.	DEF. TOTAL cm	DEF. UNITAR. E	1-E	AREA CORREG. cm <sup>2</sup>	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup>	RESULTADOS
0.0001									
32	4.5024	10	0.010	0.0254	0.0031	0.9969	20.8136	0.216	<b>ESF.COMPRESION MAXIMA</b> q <sub>umax</sub> = 0.659 kg/cm <sup>2</sup>
35	4.9245	20	0.020	0.0508	0.0061	0.9939	20.8775	0.236	
41	5.7687	30	0.030	0.0762	0.0092	0.9908	20.9419	0.275	
53	7.4571	40	0.040	0.1016	0.0122	0.9878	21.0066	0.355	<b>COHESION APARENTE</b> C = 0.3295 kg/cm <sup>2</sup>
69	9.7083	50	0.050	0.1270	0.0153	0.9847	21.0718	0.461	
83	11.6781	60	0.060	0.1524	0.0183	0.9817	21.1373	0.552	
94	13.2258	70	0.070	0.1778	0.0214	0.9786	21.2033	0.624	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b> w% = 9.48
98	13.7886	80	0.080	0.2032	0.0244	0.9756	21.2697	0.648	
100	14.0700	90	0.090	0.2286	0.0275	0.9725	21.3365	0.659	
86	12.1002	100	0.100	0.2540	0.0305	0.9695	21.4037	0.565	<b>DENSIDADES</b> Natural= 3.51 tn/m <sup>3</sup> Seca = 3.21 tn/m <sup>3</sup>

