



GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

"AÑO DE LA INTEGRACION Y RECONOCIMIENTO DE NUESTRA DIVERSIDAD"



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS (EMS)

CAPACIDAD PORTANTE

OBRA:

**"MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD
RESOLUTIVA DE LOS SERV. DE SALUD DEL
HOSPITAL ANTONIO LORENA NIVEL III - I CUSCO."**

UBICACIÓN:

Dist. Santiago

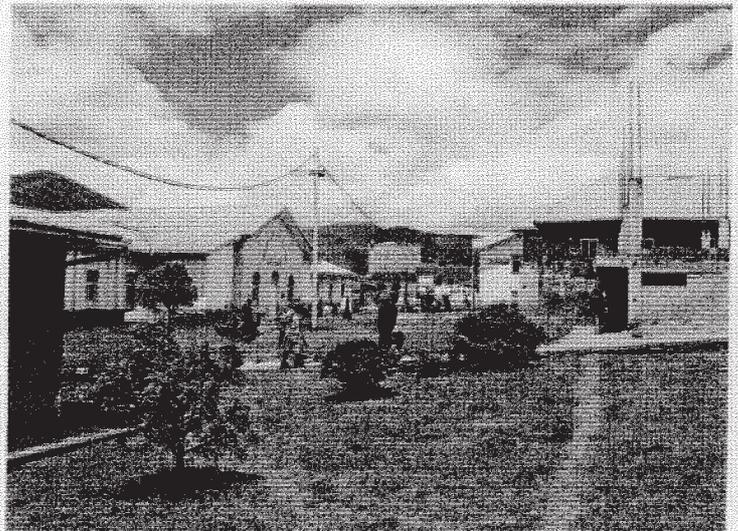
Prov. Cusco

Dpto. Cusco

SOLICITADO:

Gerencia de Estudios y Proyectos

INFORME TÉCNICO:



ABRIL 2012



INDICE

1. GENERALIDADES

- 1.1. Objetivo.
- 1.2. Normatividad.
- 1.3. Ubicacion.
- 1.4. Método de Trabajo.

2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD EN EL AREA DE PROYECTO

- 2.1. Geomorfologia.
- 2.2. Geologia.
- 2.3. Sismicidad.
 - 2.3.1. Aceleraciones Sísmicas.
 - 2.3.2. Peligrosidad Sísmica en el Sur del Peru.
 - 2.3.3. Curvas de Intensidades Máximas.

3. INVESTIGACIONES DE CAMPO

- 3.1. Trabajo de campo.
- 3.2. Calicatas o pozos de exploracion
- 3.2. Estratigrafia del Terreno.
- 3.3. Determinacion de La densidad Natural.

4. CARACTERISTICAS FISICO – MECANICAS DEL SUELO

5. ENSAYOS DE LABORATORIO

- 5.1. Ensayos.
- 5.2. Clasificacion Del suelo.

6. CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

ENSAYOS DE LABORATORIO

PERFILES ESTRATIGRAFICOS



1. GENERALIDADES

1.1 Objetivo

El objetivo principal del estudio es realizar el cálculo de la capacidad de carga del terreno mediante las propiedades físicas determinadas en el laboratorio, para aplicarlas en los cálculos estructurales de cimentación del proyecto: **"Mejoramiento de la Capacidad Resolutiva de los Servicios de Salud del Hospital Antonio Lorena Nivel III - I Cusco."**

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.

Son objetivos del presente estudio:

- Establecer el perfil geotécnico del suelo que conforma el área del proyecto.
- Determinar las propiedades físicas y características de comportamiento mecánico del suelo (resistencia y deformabilidad), hasta la profundidad donde las cargas externas (peso propio) sean de consideración.
- Realizar las recomendaciones que sean necesarias para la correcta elaboración, estructuración y materialización del proyecto.

1.2 Normatividad

Se ha considerado, lo estipulado en el Reglamento Nacional de Construcciones 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.

1.3 Ubicación

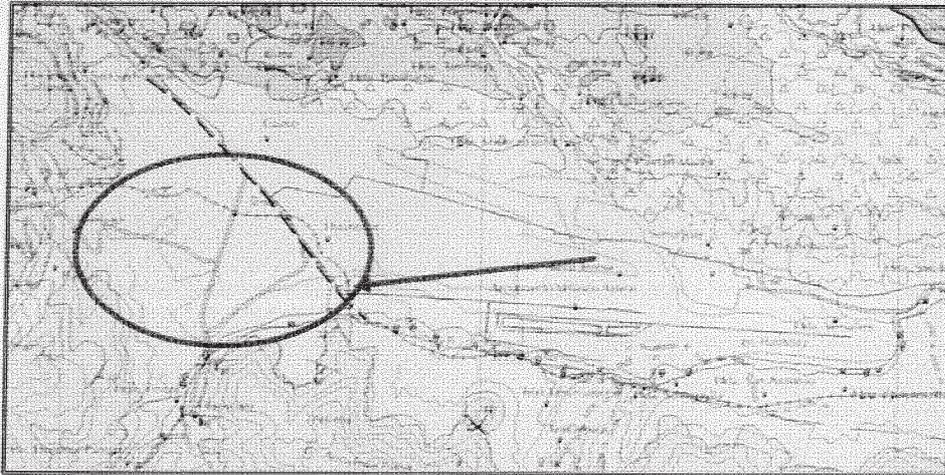
El proyecto se encuentra ubicada en el Distrito de Santiago, Provincia de Cusco y Departamento de Cusco.

GOBIERNO REGIONAL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Inge. Mabel Jordan Araujo
RESP. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CIP 57741

GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Inge. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 128571
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



1.4 Método de Trabajo

Se realizó:

- Reconocimiento del terreno.
- Recopilación de datos.
- Ubicación de calicatas.
- Toma de muestras.
- Ensayos de laboratorio.
- Evaluación de los ensayos de campo y laboratorio.
- Perfiles estratigráficos.
- Conclusiones y recomendaciones.

2 GEOLOGIA

2.1 Geomorfología

Regionalmente la zona de proyecto se encuentra ubicado dentro de la Unidad Geomorfológica denominada Valle Interandino, denominado así al valle Vilcanota y constituye una Unidad Geomórfica que separa dos unidades geográficas. Posee una pendiente promedio de 6% y en su mayor parte conforma un valle amplio von fondo mas o menos plano y cierto encajonamiento en algunos lugares.

La zona de estudio para el Proyecto, se encuentra en el Distrito de Santiago, presentando una topografía caracterizada por pendientes suaves y



cuya área determinada para la fundación del Proyecto, implica un mejoramiento del suelo debido a la existencia de suelos arcillosos de alta plasticidad, los cuales pueden causar asentamientos diferenciales en dicho proyecto.

2.2 Geología

Regionalmente se encuentra sobre depósitos cuaternarios de la Formación San Sebastián, Pukin constituida principalmente por depósitos de gravas, arenas correspondientes a conos de deyección, diatomitas, limos y arcillas intercaladas con paleosuelos de colores claros así como depósitos de turba.

Estratigráficamente la zona se encuentra ubicada sobre depósitos cuaternarios, conformado por suelos finos, también se puede apreciar material limoso, arcillosos de media a alta plasticidad, la coloración es variable.

2.3 Sismicidad

La zona de estudio se encuentra en una zona de sismicidad media, según la zonificación propuesta por el Reglamento Nacional de Edificaciones con fines de diseño estructural, considera en forma general los siguientes parámetros sísmicos de diseño para los suelos de la zona.

PARAMETRO	MAGNITUD
Zona	2
Factor de Zona	0,3g.
Clasificación de Suelo	S = 1.2
Parámetros del Suelo	$T_p = 0,6$ seg.

2.3.1. Riesgo Sísmico En La Zona

Existe información referida a riesgo sísmico en la región en el documento "Riesgo Sísmico en la Zona del Altiplano" (Vargas/Casaverde). Esta información está basada en datos sísmicos instrumentales, datos sísmicos históricos, registros de movimientos fuertes, datos geotécnicos y geofísicos los que usando el modelo probabilístico de Poisson han sido procesados para obtener la aceleración, velocidad y desplazamiento máximos esperados



para períodos de retorno de 30, 50 y 100 años los que fueron planteados en curvas sobre mapas que abarca el departamento del Cusco.

2.3.2. Aceleraciones Sísmicas Normalizadas

En el mapa de aceleraciones máximas normalizadas publicado por la Pontificia Universidad Católica del Perú, que se adjunta en el presente informe el mapa en la que se observa que a la zona del proyecto le corresponde:

Aceleración Máxima: 0.158 g

2.3.3. Peligrosidad Sísmica En El Sur Del Perú

La información más reciente referida a peligrosidad sísmica para la zona se encuentra en la ponencia al "Peligrosidad Sísmica en el Sur del Perú" (D. López y J. Olarte -CISMID - UNI - 2001) en la que se realiza un análisis de la distribución espacial de la sismicidad tanto en planta como en profundidad así como un análisis estadístico que establece gráficas y ecuaciones de períodos de retorno para trabajos de predicción sísmica. Para el área estudiada, dicha evaluación establece:

Sismos de foco superficial (Profundidad hasta 60 Km): Total: 408 sismos. El período de retorno:

Sismos Superficiales		Sismos Intermedios	
mb = 6.4	100 años	mb = 6.6	100 años
mb = 6.9	400 años		

Probabilidad de ocurrencia:

La probabilidad de ocurrencia de un sismo de $mb \geq 6.5$ dentro de un período de 100 años llega a ser del 80%

2.3.4. Curvas de Intensidades Máximas

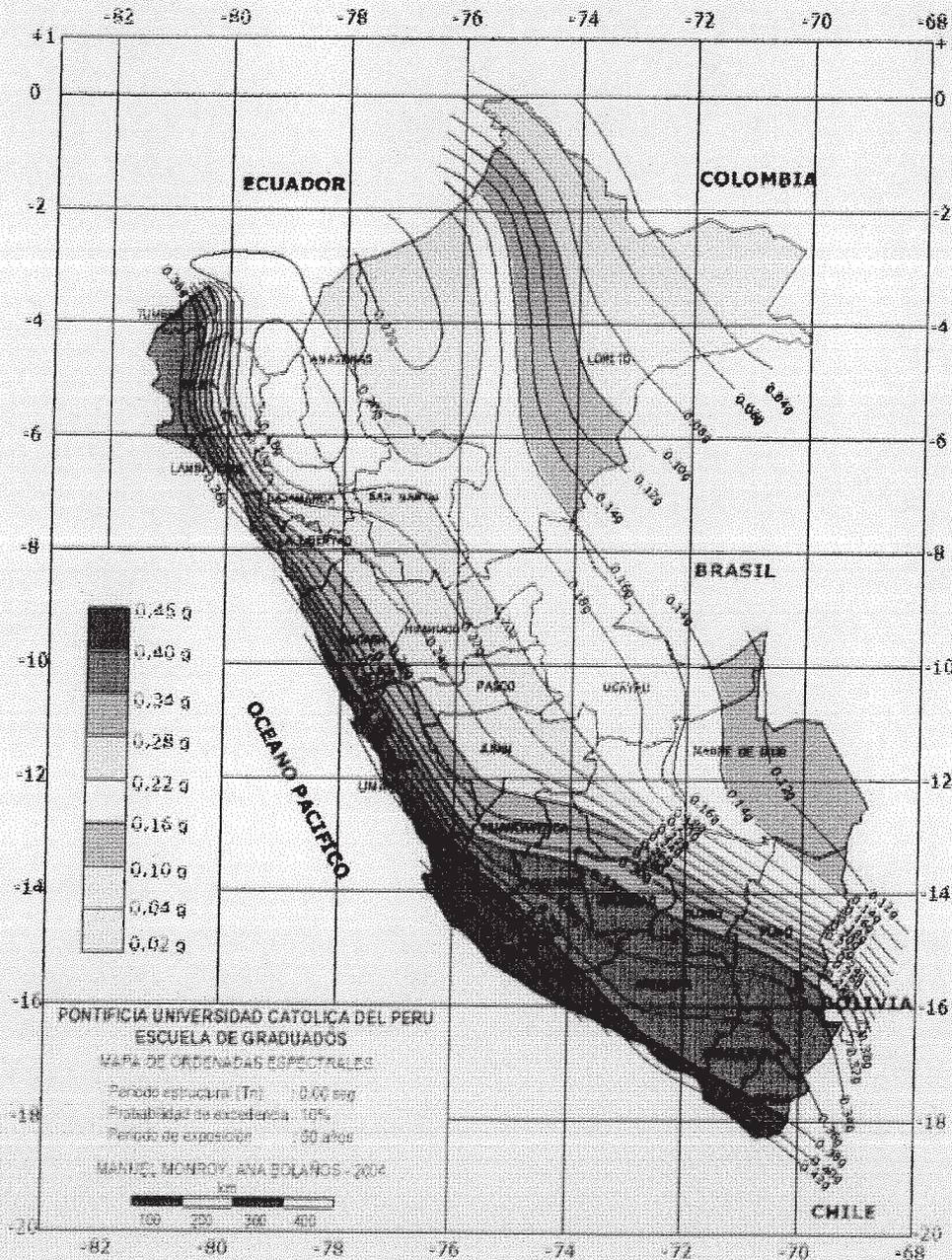
Distribución de ordenadas espectrales para el Perú correspondientes a un periodo estructural normal y periodo de retorno de 475 años.

GOBIERNO REGIONAL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Ing. Maicol Gardón Araujo
RESP. LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
CIP 57741

GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Ing. Wilfredo Gaspar Apaza
CIP. 123571
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



De acuerdo a esta información al área del proyecto le corresponde una ordenada espectral de 0.245 para un periodo de retorno de 475 años con una probabilidad de excedencia de 10% en un periodo de exposición de 50 años.

GOBIERNO REGIONAL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS
[Signature]
Ing. Miguel Valdán Araujo
RESP. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CIP 57741

GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS
[Signature]
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 12857
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



3 INVESTIGACION DE CAMPO

3.1. Trabajo de campo.

Los trabajos de campo consistió en tres (03) calicatas de exploración, las cuales se fueron ubicadas estratégicamente en el área donde se ubica el Proyecto, de dimensiones 2.00m. por 1.50 m de sección, hasta una profundidad de 3.00 m.

Se realizó el Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería, Densidad in-situ mediante el Cono de Arena y Descripción e identificación de suelos manual. Los métodos de clasificación e identificación de suelos fueron realizados en cada estrato encontrado. El ensayo de Cono de Arena fue realizado en los estratos superior e inferior al nivel de desplante de la cimentación. Se hizo la extracción de muestras de los tipos: Muestras en bolsa de plástico, muestras alteradas para humedad de todos los estratos encontrados.

3.2. Calicatas o Pozos de Exploracion.

Se realizaron tres (03) calicatas o pozos de exploración a "cielo abierto", designados como C - 1 y C - 2, C - 3, los cuales fueron ubicadas convenientemente y con profundidades suficientes de acuerdo a la intensidad de las cargas estimadas en el proyecto.

Este sistema de exploración nos permite evaluar directamente las diferentes características del subsuelo en su estado natural.

Las excavaciones alcanzaron las siguientes profundidades:

POZO	PROFUNDIDAD (m)
C-1	3.00
C-2	3.00
C-3	3.00

GOBIERNO REGIONAL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Ing. Mabel Jordan Araujo
RESP. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CIP. 57741

GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Ing. Gaspar Apaza
CIP. 128571
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



3.3. Estratigrafía del terreno.

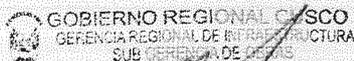
Mediante la investigación de campo, se definieron los siguientes perfiles de suelos:

CALICATA 01

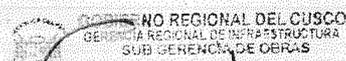
- Primer Estrato de 0.00 a -1.00 m. corresponde a material de cobertura formado por un suelo fino, con presencia de raíces, de color marón oscuro.
- Segundo Estrato de -1.00m. a -1.30m. presencia de arcilla compacta de color marrón rojiza, presenta una consistencia media a dura.
- Tercer Estrato de -1.30 m. a -3.00 m. corresponde a un suelo fino identificado como una ARCILLAS - LIMOS INORGANICOS DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD (OL - ML). De coloración marrón oscuro a marrón rojizo, de consistencia media.
- Se ha evidenciado nivel freático a -3.00m. de profundidad.

CALICATA 02

- Primer Estrato de 0.00 a -0.50 m. corresponde a material de cobertura, conformado por raíces, clastos dispersos, presenta una coloración marrón oscura.
- Segundo Estrato de -0.50m. a -2.50 m. presencia de una arcilla compacta de color marrón rojiza. Presenta una plasticidad alta.
- Tercer Estrato de -2.50 m. a -3.00 m. corresponde a un suelo fino identificado como una ARCILLAS Y LIMOS INORGANICOS DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD. De coloración variable que va desde un marrón oscuro a marrón rojizo, de consistencia media. presenta una humedad media.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial



Ing. Néstor Jordán Arroyo
SEPT. LABOR. JUR. V. OFICINA DE SUJETOS
DTP 51741



Ing. Gerardo Casero Arce
SEPT. LABOR. JUR. V. OFICINA DE SUJETOS
DTP 51741



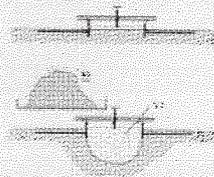
CALICATA 03

- Primer Estrato de 0.00 a -1.00 m. corresponde a material de cobertura, conformado por raíces, clastos dispersos de 1/2" de diámetro, presenta una coloración marrón oscura.
- Segundo Estrato de -1.00m. a -3.00 m. corresponde a un suelo fino identificado como una ARCILLAS Y LIMOS INORGANICOS DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD.
- No se ha evidenciado nivel freático superficial

3.4. Determinación de la Densidad Natural.

El objetivo de este ensayo es la determinación directa de la densidad in situ "γ_d" La técnica de este ensayo consiste en aplanar o alisar una superficie de 1 m², tratando de no modificar la estructura original del terreno a ensayar. Para estas determinaciones se utilizará una platina metálica con un aro en su parte media de aproximadamente 50 cm de diámetro o más, dependiendo este valor, del tamaño máximo de la muestra a ensayar.

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_s - V_w}$$



GOBIERNO REGIONAL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Ing. Mabel Jordán Araujo
RESP. LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
CIP 57741

GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Ing. Alfredo Gaspar López
CIP 128571
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



4 CARACTERISTICAS FISICO MECANICAS DEL SUELO

Cuadro 01 – Características físico-mecánicas del suelo

PROPIEDADES		CALICATA 01	CALICATA 02	CALICATA 03
% pasa malla 200	%	87.39	72.21	76.65
Limite liquido		24.80	36.59	36.82
Limite plástico		16.14	18.23	21.25
I.P		8.66	18.36	15.58
Clasificación		OL – ML	OL-ML	OL - ML
Humedad natural		21.60	20.89	21.25
Densidad natural	(Kg/m3)	1.60	1.53	1.56
Cohesión (c)	(Kg/cm2)	0.58	0.54	0.38
Angulo de fricción (ϕ)	($^{\circ}$)	0.00	0.00	0.00

5 ENSAYOS DE LABORATORIO

5.1 Ensayos

Los ensayos de laboratorio realizados son los que se detallan a continuación

- Contenido de humedad.
- Análisis granulométrico.
- Límite Líquido.
- Límite Plástico.
- Índice de Plasticidad.
- Clasificación Unificada de Suelos (SUCS).
- Descripción Visual-Manual.
- Densidad Natural.
- Ensayo Uniaxial.

Los resultados, tanto de los ensayos de campo "In situ", como los resultados del laboratorio, se adjuntan en los formatos correspondientes a cada ensayo. Ver formatos en anexo de resultados.



6 Calculo de Capacidad de Carga

El objetivo del presente capítulo es desarrollar el cálculo de la capacidad portante de los suelos del área de estudio; con base a la información colectada anteriormente y el criterio común.

El cálculo de la capacidad portante está basado en las propiedades resistentes y de compresibilidad de los suelos, determinados con base a la información de los ensayos realizados y en la interpretación realizada.

Vesic

$$q_u = c.N_c.s_c.d_c + \gamma_1.Df.N_q.s_q.d_q + 0.5.\gamma_2.B.N_\gamma.s_\gamma.d_\gamma \quad (\text{Ec. 01})$$

Donde:

c , cohesión;

N_c , N_q y N_γ , factores de carga;

s_c , s_q y s_γ , factores de forma,

d_c , d_q y d_γ , factores de profundidad;

γ_1 , densidad del suelo encima del nivel de desplante de la cimentación,

γ_2 , densidad del suelo debajo del nivel de desplante de la cimentación;

Df , profundidad de desplante; y B , ancho de la zapata.

La carga admisible (q_a) estará dado por la Ecuación 02.

$$q_a = \frac{q_u}{FS} \quad (\text{Ec. 02})$$

Donde: FS , factor de seguridad s

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} * \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$N_\gamma = 2 * (N_q + 1) * \tan(\phi)$$

$$N_c = (N_q - 1) * \cot \phi$$



$$Fcs = 1 + \frac{B'}{L} * \frac{Nq}{Nc}$$

$$Fqs = 1 + \frac{B'}{L} * \tan\phi$$

$$F\gamma\gamma = 1 - \frac{0.4}{L} * B'$$

$$Fcd = 1 + 0.4 * \frac{Df}{B'}$$

$$Fqd = 1 + 2 \tan\phi * (1 - \sin\phi)^2 * \frac{Df}{B'}$$

$$F\gamma\gamma = 1$$

$$Fci = \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2$$

$$Fqi = \left(1 - \frac{\beta}{90}\right)^2$$

$$F\gamma\gamma = \left(1 - \frac{\beta}{\phi}\right)^2$$

Terzaghi

$$qc = cNcSc + qNq + \frac{1}{2} \gamma BN_{\gamma} S_{\gamma}$$

$$Nc = \cot\phi [Nq - 1]$$

$$Nq = \frac{a^2}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\phi}{2}\right)}$$

$$N_{\gamma} = \frac{1}{2} \left(\frac{Kpy}{\cos^2 \phi} - 1 \right) * \tan\phi$$

$$a = e^{(0.75 * \pi - \phi/2) * \tan\phi}$$

$$q = \gamma * Df$$

Kpy = passive pressure coefficient

GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Mabel Jordán Araujo
Ing. Mabel Jordán Araujo
RESP. LABORATORIO MECANICA DE SUELOS
CIP 57741

GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Alfredo Gaspar Apaza
Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 12867
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS



Meyerhof

$$q_c = cN_c S_c d_c + qN_q S_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} * \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \varphi)$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0.2 K_p \frac{B}{L}, \quad \varphi = \text{cualquiera}$$

$$S_q = S_\gamma = 1 + 0.1 K_p \frac{B}{L}, \quad \varphi > 10$$

$$S_q = S_\gamma = 1, \quad \varphi = 0$$

$$d_c = 1 + 0.2 * \sqrt{K_p} \frac{D}{B}, \quad \varphi = \text{cualquiera}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 * \sqrt{K_p} \frac{D}{B}, \quad \varphi > 0$$

$$d_q = d_\gamma = 1, \quad \varphi = 0$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\varphi}{2} \right)$$

La capacidad admisible de carga es calculada como:

$$q_{adm} = \frac{q_u}{F.S.}$$

Donde:

q_{adm} : Capacidad admisible de carga
F.S. : Factor de seguridad

En el presente cálculo de capacidad de carga se utilizaron las ecuaciones de los tres autores de los cuales se obtendrá un valor final este valor que se indica en el cuadro que viene a continuación es el menor de los tres. Los resultados de capacidad portante se muestran en el cuadro siguiente:

GOBIERNO REGIONAL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Ing. Mabel Jorján Araujo
RESP. LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS
CIP 57741

GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Ing. Alfredo Gaspar Apaza
CIP 12867
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS



Determinación de la Capacidad de Carga

CALICATA	Cohesión	Densidad Natural	Ángulo de Fricción	Nivel Freático	q_a
Nº	(kg/cm^2)	(kg/m^3)	($^\circ$)	(m)	(kg/cm^2)
C - 1	0.58	1.60	0.0	3.00	0.64
C - 2	0.54	1.53	0.0	-	0.60
C - 3	0.38	1.56	0.0	-	0.55

7. Conclusiones y Recomendaciones

- El presente Estudio de Mecánica de Suelos con Fines de Cimentación se ha elaborado, con fines de estimar la carga admisible de la cimentación del proyecto : **"Mejoramiento de la Capacidad Resolutiva de los Servicios de Salud del Hospital Antonio Lorena Nivel III - I Cusco."**
- La zona de estudio se encuentra sobre depósitos cuaternarios, también de materiales finos (limos, arcillas) compuestos principalmente por gravas dispersas y arcillas de coloración marrón claro a oscuro.
- En general la estratigrafía en la zona de estudio es homogénea.
- Geomorfológicamente se encuentra ubicado dentro de la Unidad denominada Valle interandino, cuyas pendientes son relativamente planas, con pendientes menores a 6%.
- Se realizó 04 Calicatas hasta una profundidad de 3.00 m, de la cual fueron extraídas muestras alteradas (para la clasificación de los suelos) y muestras inalteradas para determinación la cohesión del suelo.
- El suelo de fundación se ha identificado como un **LIMO INORGANICO DE MEDIA A ALTA PLASTICIDAD (OL - ML)**.
- Se ha evidenciado nivel freático en las Calicatas C - 4 y C - 1.
- No se pudo extraer material de la calicata C - 4, debido a que se existe nivel freático a -1.00m.
- La capacidad de carga del suelo estudiado es: 0.60 Kg/cm².
- Por ningún motivo se deberá cimentar sobre un suelo que presente material orgánico y/o material de relleno, en tal caso se debe proceder a la extracción y reemplazo total del mismo.
- Las conclusiones y recomendaciones del presente estudio se aplican al área del terreno estudiado y no se puede aplicar para otros sectores.

GOBIERNO REGIONAL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Ing. Wilber Jorjón Acuña
RESP. LABORATORIO REGIONAL DE SUELOS

GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA
SUB GERENCIA DE OBRAS

Ing. [Signature]