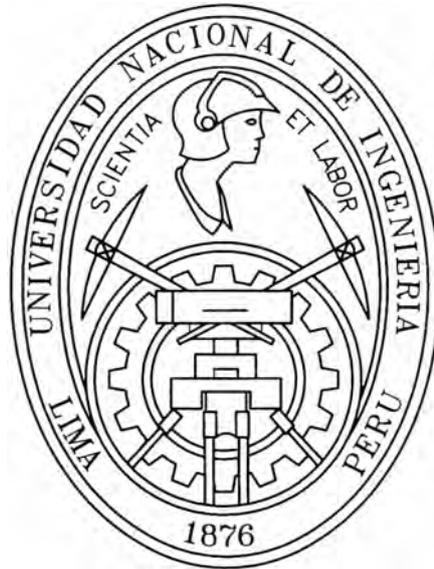


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**CIMENTACIONES PROFUNDAS EN SUELOS LICUABLES,  
APLICACIÓN AL CASO DEL HOTEL EMBASSY DE PISCO  
MECANICA DE SUELOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**PEDRO ENRIQUE MORALES CAMPOS**

**Lima- Perú**

**2007**

El Esfuerzo de este trabajo va dedicado a mis padres, Isabel y Pedro, por inculcarme el deseo de superación y apoyarme en todo momento. A mis hermanos, Jahir y Jesús, por brindar parte de su tiempo en realizar las gestiones administrativas y tomar el trabajo como propio y a mi Amor de toda la vida Jacqui por ser tan paciente, comprensiva y permitir que tome parte importante de nuestro tiempo en realizar este trabajo.

## INDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	5
LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS	6
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I RESEÑA HISTÓRICA Y DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA DE PISCO	
1.1 Reseña histórica	8
1.2 Descripción geográficas	9
1.3 Actividad sísmica del Perú	9
1.4 Parámetros hipocentrales del sismo de Pisco del 15/08/2007	10
CAPITULO II CONCEPTOS GENERALES	
2.1 Definiciones generales	16
2.1.1 Contacto geológico	16
2.1.2 Formación geológica	16
2.1.3 Grupo litológico	16
2.1.4 Depósitos de suelos	16
2.1.5 Ensayo de penetración estándar	17
2.1.6 Clasificación de los suelos	19
2.1.7 Propiedades de los suelos	21
2.1.8 Resistencia de los suelos	22
2.1.9 Compresibilidad de los suelos	22
2.1.10 Consolidación de los suelos	23
2.1.11 Nivel freático	24
2.1.12 Aguas subterráneas	25
2.1.13 Capacidad de infiltración	26
2.1.14 Resistencia de los suelos parcialmente saturados	27

### CAPITULO III CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA CIUDAD DE PISCO

3.1	Formación geológica de la ciudad de Pisco	28
3.2	Depósitos cuaternarios recientes (Aluviales, Eluviales)	28

### CAPITULO IV ZONIFICACION ESTRATIGRAFICA DE LA CIUDAD DE PISCO

4.1	Características estratigráficas de la ciudad de Pisco	30
4.2	Zonificación de la ciudad de Pisco en base a sus características estratigráficas	32
4.2.1	Zona 1	32
4.2.2	Zona 2	32
4.2.3	Zona 3	33
4.2.4	Zona 4	34

### CAPITULO V PERFIL ESTRATIGRAFICO EN ZONA DEL HOTEL EMBASSY - PISCO

5.1	Programa de exploración en campo	36
5.2	Ensayos de Laboratorio	36
5.2.1	Calicatas	37
5.2.2	Ensayo de penetración estándar	42
5.3	Resumen e interpretación de los ensayos	44

CONCLUSIONES	45
--------------	----

RECOMENDACIONES	47
-----------------	----

BIBLIOGRAFÍA	48
--------------	----

ANEXOS	
--------	--

## RESUMEN

Pisco presenta una ubicación geográfica importante dentro del esquema de zonificación sísmica del territorio peruano. En este informe se detalla algunos parámetros hipocentrales del sismo de Pisco del 15 de agosto del 2007, los cuales serán importantes para simular el fenómeno de licuación en el suelo estudiado.

Tomando como referencia principal el estudio de Microzonificación de la ciudad de Pisco realizado en el año 1999 y la carta de 1993 del INGEMET, se determina las características geológicas de Pisco y se describen la distribución de las zonas según las características estratigráficas de los suelos. Además se evalúa el nivel freático y los valores de N obtenidos según los ensayos de penetración estándar.

Con la ubicación del Hotel Embassy de Pisco se contrastan las calicatas y ensayos de penetración estándar de la zona para luego determinar cuales son aquellas que se encuentran en el área de influencia y de este modo simular la estratigrafía del área en estudio así como también del nivel freático, de las características del suelo y de los valores de N para cada tipo de suelo.

Con los datos obtenidos la Geotecnia puede simular el fenómeno de licuación en suelos de estas características y determinar el estrato y tipo de cimentación a realizarse.

## LISTA DE CUADROS

CAPITULO V	Pág.
Cuadro 5.1.- Resumen de ensayos cercanos al área en estudio.	36
Cuadro 5.2.- Características del suelo.	44

## LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I	Pág.
Fig. 1.1.- Vista Satelital de la Ciudad de Pisco	9
Fig. 1.2.- Distribución espacial de la sismicidad ocurrida en la región central de Perú entre los años 1999 y 2007.	12
Fig. 1.3.- Mapa de intensidades regionales en la escala Mercalli Modificada para el sismo de Pisco del 15 de Agosto, 2007.	13
Fig. 1.4.- Distribución de los epicentros y áreas de ruptura de grandes sismos ocurridos en la región central de Perú desde el año 1940 al 2007.	15
CAPITULO II	
Fig. 2.1.- Dispositivo de perforación.	17
Fig. 2.2.- Cabeza de golpeo	18
Fig. 2.3 Dispositivo para generar el SPT	18
Fig. 2.4 Curva de la capacidad de infiltración.	26
CAPITULO III	
Fig. 3.1 Ubicación y Geología de Pisco (Referencia Boletín Geología y Minería INGEMET 1999).	29
CAPITULO IV	
Fig. 4.1 Ubicación de calicatas recopiladas y ejecutadas de la ciudad de Pisco.	31
Fig. 4.2 Zonificación en base a las características estratigráficas de la ciudad de Pisco.	35
CAPITULO V	
Fig. 5.1.- Calicatas tomadas como referencia para estratificación del área en estudio.	43

## LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

a.c.: Antes de cristo.

CL : Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras (pulpa).

C.P.: Cono Peck

GP: Grava mal gradada, mezclas grava – arena, poco o ningún fino.

h.: Horas

I.P.: Índice de plasticidad

Km.: Kilómetros

L.L.: Limite liquido

L.P.: Limite plástico

m.: minutos

ML: Escala de Richter

MM: Mercali Modificado

Mw: Escala de momento

s.: segundos

SC: Arenas arcillosas

SM: Arenas limosas

SP: Arena mal gradada

SPT: Ensayo de penetración estándar

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

T.M.: Tamaño máximo

## INTRODUCCION

El daño estructural causado por los sismos, resulta del movimiento vibratorio errático del suelo sobre el cual se apoya el edificio, y como consecuencia del complejo movimiento del suelo los daños pueden ser originados por diversas causas como, el desplazamiento de la fundación, pérdida de resistencia del suelo por licuación, fallas o movimientos de tierra y avalanchas, entre otras.

Sin embargo el principal origen de daño estructural, reconocido en el diseño sísmico de edificios, es aquel debido a la respuesta dinámica de la construcción ante el movimiento del suelo sobre el cual se apoya la fundación.

Los suelos más afectados por los sismos son los arenosos con napa freática elevada. En el Perú estos tipos de suelos se presentan en las zonas costeras, entre las cuales debido al último terremoto, la ciudad de Pisco ha sido una de las más afectadas.

En la ciudad de Pisco una de las estructuras con mayores daños, fue el Hotel Embassy el cual soportaba cinco (05) pisos de los cuales los dos primeros desaparecieron tras el último sismo. La causa puede deberse al diseño en la cimentación y estructura de acuerdo a las características del suelo del lugar y a la zona altamente sísmica en la cual se ubica.

Para la construcción de edificaciones en lugares de estas características, es importante considerar el diseño de cimentaciones adecuadas, como lo son las cimentaciones profundas tipo pilotes.

# CAPITULO I

## RESEÑA HISTORICA Y DESCRIPCION GEOGRAFICA DE PISCO

### 1.1 Reseña Histórica:

La ciudad de Pisco comprende tanto el pueblo, conocido como "Pisco pueblo" como el puerto y el malecón, conocidos como "Pisco playa". Actualmente cuenta con actividad industrial desmotadora de algodón.

Pisco es un lugar que se encontró dentro del territorio de las culturas prehispánicas Paracas y Nazca, incluso hacia el 10.000 a.C. se produjo el primer asentamiento sedentario debido a las ingentes riquezas marinas que los antiguos habitantes recogían. En ese sentido, sus vestigios culturales e históricos son amplios.

La villa de Pisco, nombre quechua que significa "pájaro", fue fundada en 1640, en las inmediaciones del emplazamiento indígena del mismo nombre. Era un antiguo asiento relacionado con la extracción de guano de las islas, muy apreciado como fertilizante en el Perú prehispánico.

Pisco sufrió un fuerte terremoto en 1680, junto con el ataque de los piratas Clerck y David. Entonces el virrey Melchor Antonio Portocarrero Lazo de la Vega (1689-1705, durante el reinado de Carlos II de España, 1665-1700 de la Casa de Austria) trasladó la ciudad a su actual lugar y la refundó como "Nuestra Señora de la Concordia de Pisco". Con el establecimiento del Virreinato del Perú, el puerto de Pisco sirvió como punto de salida del azogue de Huancavelica y del pisco que se producía en los valles cercanos.

En 1820, José de San Martín desembarcó en una playa cercana (Paracas) al puerto de Pisco. En la ciudad destaca la casa donde el libertador creó la primera bandera del Perú.

En 1832 fue renombrada Villa de la Independencia, en honor a la Independencia del Perú pero al ser declarada ciudad en 1898, recuperó su antiguo nombre de origen quechua.

Actualmente, tanto su puerto como su agricultura y su industria vitivinícola y del pisco destacan desde los primeros años del período colonial. Esta ciudad peruana aparece en los primeros mapas conocidos del siglo XVI.

### 1.2 Descripción Geográfica:

Pisco es una ciudad peruana, capital de la provincia homónima en la Región Ica. Se extiende en el distrito litoral homónimo. Pisco se encuentra a 290 km al sur de Lima, capital del Perú.



Fig. 1.1 Vista Satelital de la Ciudad de Pisco

### 1.3 Condiciones de Sismicidad:

La actividad sísmica presente en el Perú tiene su origen en el proceso de convergencia de la placa de Nazca bajo la Sudamericana, el mismo que se produce con una velocidad promedio del orden de 7-8 cm/año. Este proceso es responsable de la ocurrencia de los sismos que con diversas magnitudes se producen frente a la línea de costa y a profundidades menores a 60 km, todos asociados al contacto sismogénico interplaca. Estos sismos son muy frecuentes en el tiempo y en un año es posible registrar la ocurrencia de hasta 60 sismos

con magnitudes  $M \geq 4.5$  y en general, todos sentidos en las localidades cercanas al epicentro. Los sismos de mayor magnitud ( $M_w > 7.0$ ) han producido importantes daños en áreas relativamente muy grandes como el ocurrido en la región Sur de Perú el 23 de Junio de 2001 ( $M_w = 8.2$ ) que afectó un área de  $370 \times 70$  km ubicada entre las localidades de Atico (Arequipa) e Ilo (Moquegua). En el interior del continente ocurren sismos con menor magnitud ( $M_w < 6.5$ ) y frecuencia, todos asociados directamente a la deformación de la corteza como producto de la convergencia de placas.

También debe considerarse, los sismos que ocurren a profundidades mayores a 61 km que deben su origen a la deformación interna de la placa de Nazca por debajo del continente y que muy raras veces son sensibles en superficie, siendo un ejemplo de estos sismos el ocurrido el 25 de Septiembre de 2005 ( $M_w = 7.2$ ).

El último gran sismo con origen en el proceso de convergencia de placas, ocurrió el día 15 de Agosto de 2007 con una magnitud de 7.0ML (escala de Richter) y 7.9Mw (escala Momento), denominado como “el sismo de Pisco” debido a que su epicentro fue ubicado a 60 km al Oeste de esta ciudad. El sismo produjo daños importantes en un gran número de viviendas de la ciudad de Pisco (aproximadamente el 80%) y menor en localidades aledañas, llegándose a evaluar una intensidad del orden de VII en la escala de Mercalli Modificada (MM). Este sismo presenta su epicentro y replicas entre las áreas de ruptura de los sismos ocurridos en Lima en 1974 (7.5Mw) e Ica en 1996 (7.7Mw). Asimismo, este sismo produjo un tsunami que se originó frente a las localidades ubicadas al sur de la península de Paracas.

#### **1.4 Parámetros Hipocentrales del Sismo de Pisco 15/08/2007:**

Los parámetros hipocentrales del sismo del 15 de Agosto fueron calculados utilizando información de las estaciones sísmicas de la “Red Sísmica Nacional – IGP” a cargo del Instituto Geofísico del Perú, siendo los valores obtenidos los siguientes (Figura 1.2):

Tiempo Origen: 23h 40m 58.0 seg. (GMT, Hora Universal)

18h 40m 58.0 seg. (Hora Local)

Latitud Sur:  $-13.67^\circ$

Longitud Oeste:  $-76.76^{\circ}$

Profundidad: 40 km

Magnitud: 7.0ML (Richter), 7.9Mw (magnitud momento)

Intensidad Máxima: VII (MM) en Pisco, Chincha, Cañete.

Momento Sísmico:  $1.2E+21$  N-m (NEIC)

En la Figura 1.2 se presenta la distribución espacial de los sismos con magnitudes mayores a 4.0ML ocurridos entre los años 1999 y 2007, tanto los de foco superficial (círculos=menor a 60 km) como los de foco intermedio (cuadrados=entre 61 y 350 km). En general, se observa que los sismos superficiales se distribuyen formando dos alineamientos importantes, el primero con epicentros entre la línea de fosa y la costa, estando asociados a la superficie de fricción de placas dentro del proceso de convergencia. El segundo, en el interior del continente alineado en dirección NO-SE con origen en la reactivación esporádica de los principales sistemas de fallas geológicas presentes en el continente. Los sismos de foco intermedio no muestran un patrón en su distribución, pero se observa una concentración de ellos entre la localidad de Chilca y Pisco, sugiriendo que en esta área se habría incrementando la deformación a niveles de profundidad del orden de 61 a 100 km. Dentro de este contexto, el epicentro del sismo del 15 de Agosto se ubica a 60 km al Oeste de la ciudad de Pisco (Ica), con foco localizado a una profundidad de 40 km; por lo tanto, el sismo tuvo su origen en el proceso de convergencia de las placas de Nazca y Sudamericana.(1)

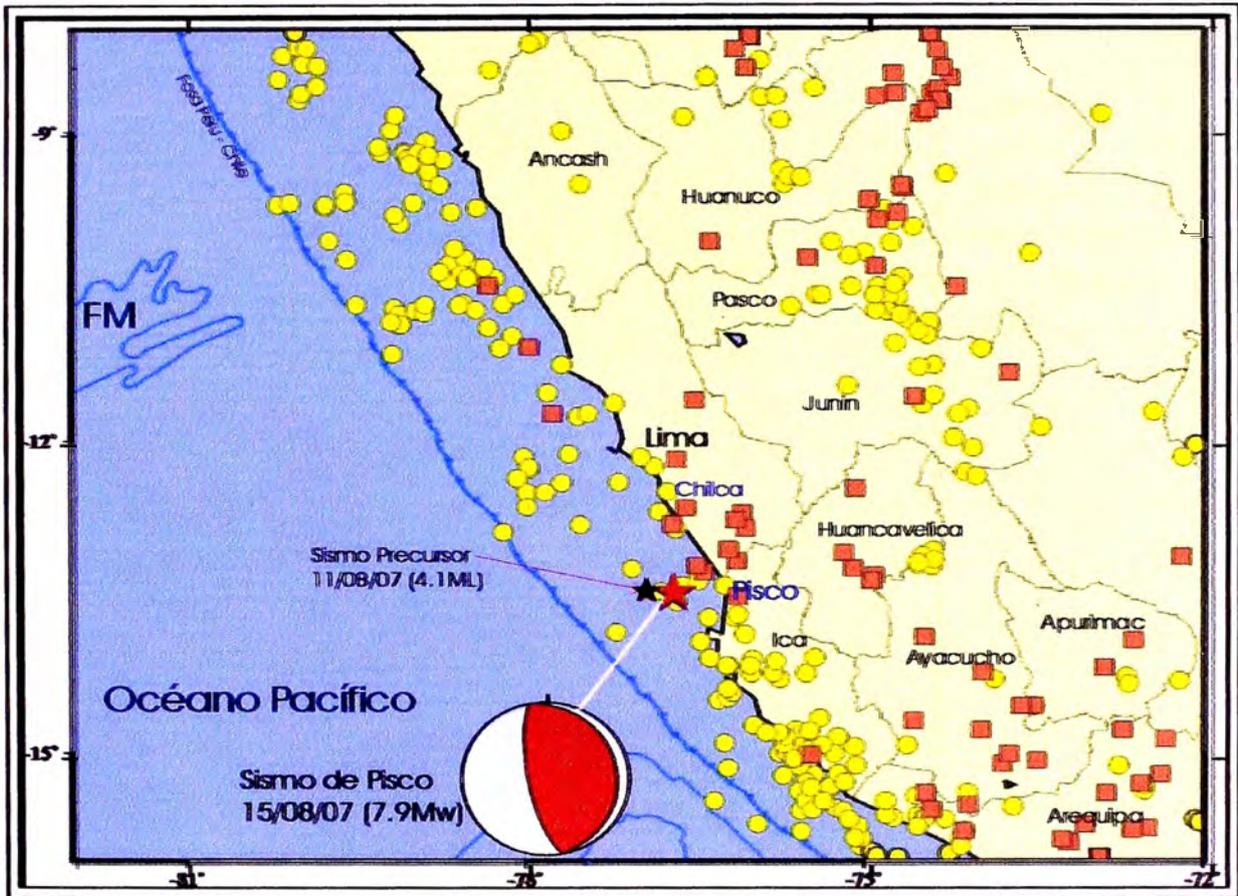


Fig. 1.2.- Distribución espacial de la sismicidad ocurrida en la región central de Perú entre los años 1999 y 2007 (ML>4.0).

Esta Distribución está clasificada en sismos con foco superficial (círculos=menor a 60 km) e intermedios (cuadrados, entre 61 y 350 km). Nótese la agrupación de sismos intermedios entre las localidades de Chilca y Pisco. La estrella en rojo indica el epicentro del sismo del 15 de Agosto y la negra el evento precursor del 11 de Agosto. La esfera representa el mecanismo focal de tipo inverso obtenido con las polaridades de la onda P (cuadrante en rojo indica compresión).

Este sismo de gran magnitud se caracterizó por presentar un evento precursor el día 11 de Agosto a horas 19 con 18 minutos con una magnitud de 4.1ML, el mismo que fue seguido por más de 40 réplicas. El sismo tuvo su epicentro a 77 km al Nor-oeste de Pisco; por lo tanto, no fue sentido por la población. Considerando que la zona es de gran potencial sísmico, la ocurrencia de este sismo precursor de magnitud moderada no puede ser considerado como eminente indicador de la ocurrencia de un sismo de mayor magnitud.

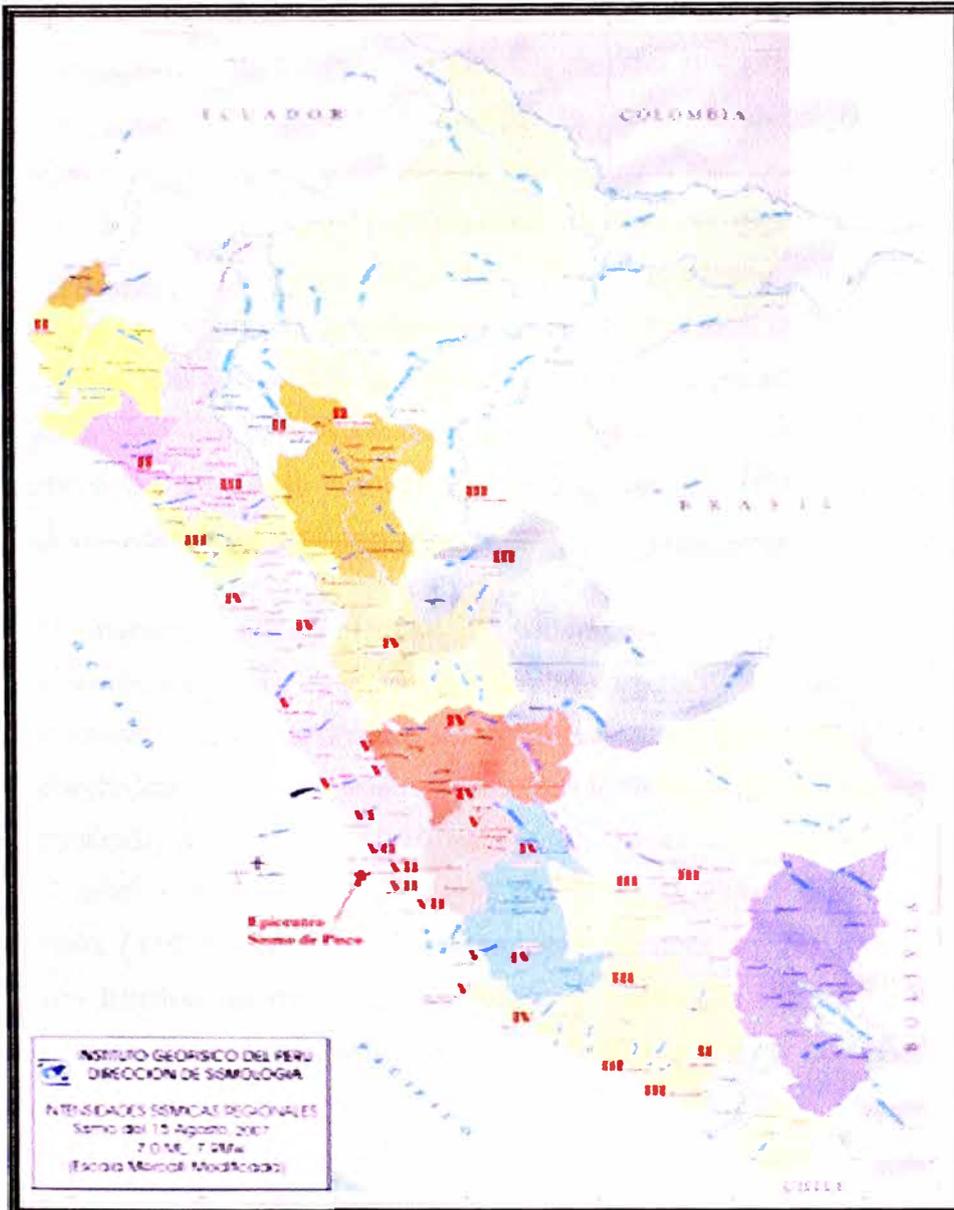


Fig. 1.3.- Mapa de intensidades regionales en la escala Mercalli Modificada para el sismo de Pisco del 15 de Agosto, 2007 (7.9Mw).

La figura 1.3 muestra la implicancia en daños en las ciudades del Perú debido al Sismo de Pisco del 15/08/2007, resaltando las intensidades según la escala de Mercalli Modificada.

El sismo de Pisco corresponde al de mayor magnitud ocurrido en la región central de Perú en los últimos 100 años (7.9Mw), y se caracterizó por presentar un proceso muy complejo de ruptura con evidente propagación unilateral en dirección SE. Los daños producidos por el sismo fueron mayores en la ciudad de Pisco y localidades aledañas afectando básicamente a viviendas de adobe y quincha, y viviendas de material noble con problemas estructurales. La intensidad máxima evaluada en la escala de Mercalli Modificada para la ciudad de Pisco fue de VII.

De acuerdo a la ubicación hipocentral, el sismo de Pisco tuvo su origen en el mecanismo de fricción de placas dentro del proceso de convergencia que se desarrolla en el borde occidental de Perú; es decir, proceso mediante el cual la placa de Nazca se introduce por debajo del continente generando sismos de diversas magnitudes a diferentes niveles de profundidad. La orientación de los planos de falla y ejes de presión (P) obtenidos a partir del mecanismo focal, son coherentes con la orientación de la fosa y con la dirección de convergencia de placas. De acuerdo a la Figura 1.4, el sismo de Pisco presenta su epicentro en el área definida anteriormente como laguna sísmica y que se encuentra ubicada entre las áreas de ruptura de los sismos de 1974 y 1996, el primero afecto a la ciudad de Lima y el segundo a Nazca.

El sismo de Pisco presento dos importantes características, primero su gran magnitud (7.9Mw) y la larga duración observada para su proceso de ruptura con evidencias de una propagación unilateral en dirección SE. El análisis de registros obtenidos a distancias regionales y telesísmicas sugiere para el sismo una duración del orden de 210 segundos, prácticamente el doble del observado para el gran sismo del 23 de junio del 2001 (8.2Mw) que afecto a la región sur del Perú (110 segundos). Durante este tiempo, se ha identificado la presencia de dos frentes de ruptura, el primero al inicio del sismo y el segundo 70 segundos después, siendo este último el que libero la mayor cantidad de energía.(1)

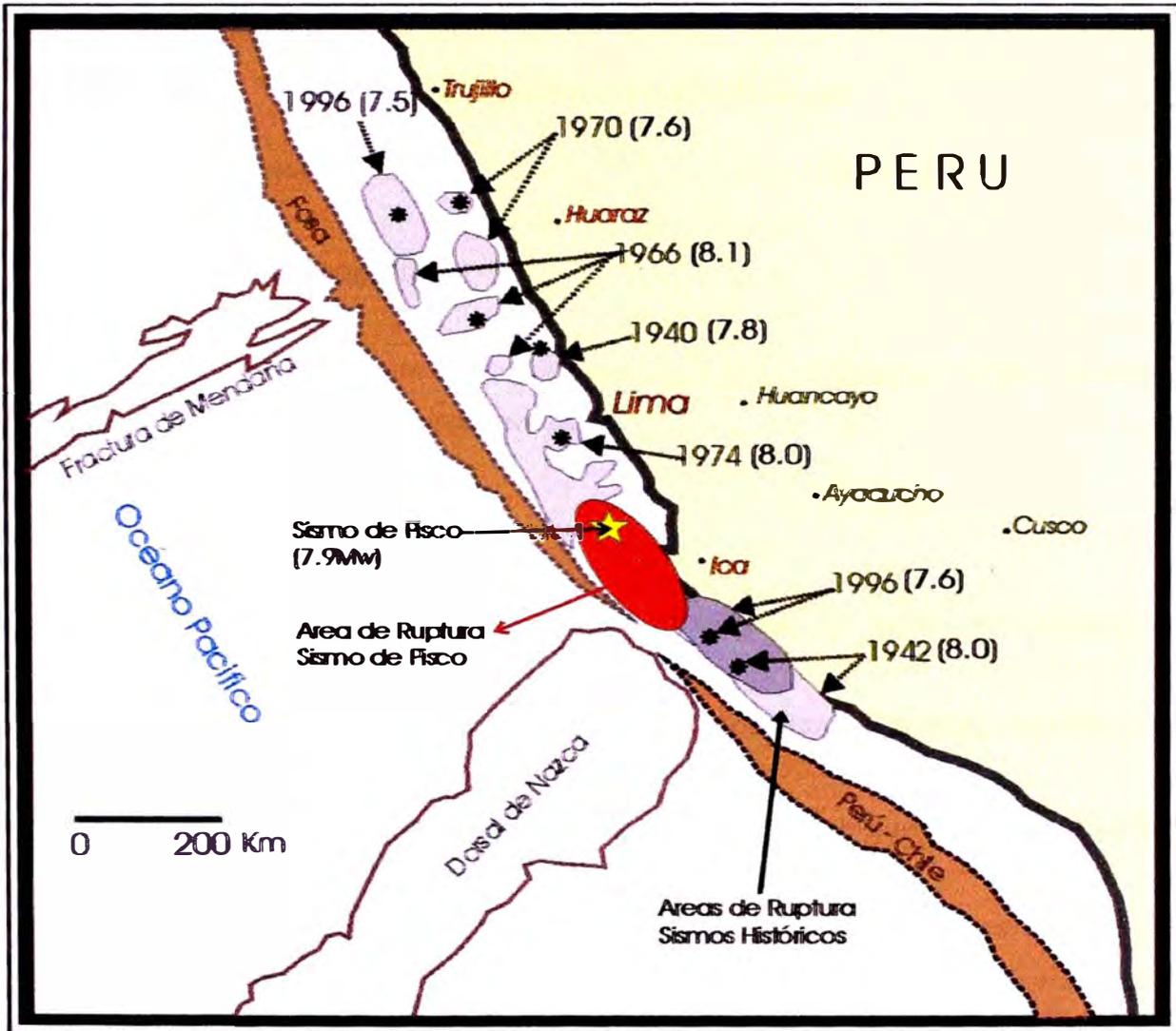


Figura 1.4.- Distribución de los epicentros y áreas de ruptura de grandes sismos ocurridos en la región central de Perú desde el año 1940 al 2007.

El sismo de Pisco y su serie de réplicas cubren completamente el gap sísmico que existía entre las áreas de ruptura de los sismos de 1974 (Lima) y 1996 (Nazca).

## CAPITULO II

### CONCEPTOS GENERALES

#### 2.1 Definiciones generales:

##### 2.1.1 Contacto geológico:

Es el plano o superficie que limita dos formaciones geológicas o dos unidades litológicas (masas rocosas) adyacentes.

##### 2.1.2 Formación geológica:

Es la unidad principal de todo mapa geológico y tiene las siguientes características:

- Es un grupo de rocas o estratos de composición litológica definida que tienen el mismo origen.
- Que sus contactos superior e inferior estén bien definidos y que pueden seguirse en el terreno.
- Que la formación tenga suficiente extensión (área) para poder ser representada en un mapa. Ejemplo: Formación Salto del Fraile, en el Morro Solar.

##### 2.1.3 Grupo litológico:

Es una unidad litológica que está conformada de dos o mas formaciones geológicas. Ejemplo: Grupo Morro Solar (Constituido por Formacion Salto del Fraile, Herradura, Marcavilca).

##### 2.1.4 Depósitos de suelos

Se denomina suelo a todo agregado natural de partículas minerales separables por medios mecánicos de poca intensidad, como agitación en agua.

Suelo se puede definir como el material no consolidado o semiconsolidado compuesto de la mezcla de partículas de diferentes tamaños, diferentes minerales y compuestos litológicos, y con diferentes cantidades y clases de

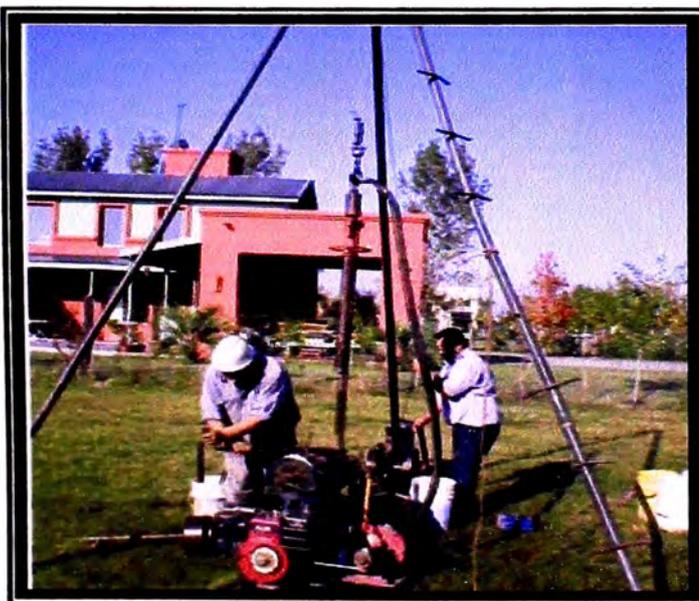
materias orgánicas. Los cuales se encuentran sobre la corteza terrestre como ser: quijarros, arenas, limos, arcillas, materiales turbosos, etc. La capa superficial de la tierra rica en material orgánico, se designa con el nombre de capa vegetal. Los suelos derivan de las rocas que por los procesos geológicos (tectonismo) originan que la roca sea fracturada o plegada luego por los procesos de alteración originan los suelos. Esta mutación no alcanza un estado de equilibrio permanente pues continuamente intervienen agentes o factores de formación que van modificando o cambiando las características físicas y químicas del suelo. La roca madre, que se convierte en suelo puede ser de origen ígneo, sedimentario o metamórfico.

### 2.1.5 Ensayo de penetración estándar

El ensayo de penetración estándar o SPT (del inglés standard penetration test), es un tipo de prueba de penetración dinámica, empleada para ensayar terrenos en los que queremos realizar un reconocimiento geotécnico.

Constituye el ensayo o prueba más utilizada en la realización de sondeos, y se realiza en el fondo de la perforación.

Consiste en medir el número de golpes necesario para que se introduzca una determinada profundidad una cuchara (cilíndrica y hueca) muy robusta (diámetro



exterior de 51 milímetros e interior de 35 milímetros, lo que supone una relación de áreas superior a 100), que permite tomar una muestra, naturalmente alterada, en su interior. El peso de la maza está normalizado, así como la altura de caída libre, siendo de 63'5 kilopondios y 76 centímetros respectivamente.

Fig.2.1 Dispositivo de perforación.

En la figura 2.1 se muestra el acondicionamiento del dispositivo de perforación para el ensayo de penetración estándar (standard penetration test)



Fig. 2.2 Cabeza de golpeo

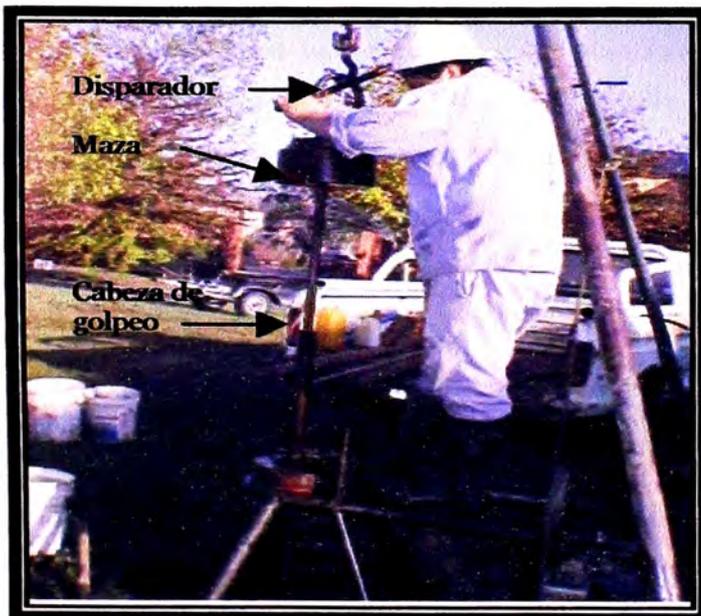


Fig. 2.3 Dispositivo para generar el SPT

En la figura 2.3 se muestran las partes del dispositivo de perforación para el Ensayo de Penetración Estándar. (standard penetration test)

### 2.1.6 Clasificación de los suelos

Los suelos se presentan como una variedad y complejidad prácticamente infinita. Así, cualquier intento de sistematización científica acompañada de la correspondiente tendencia generalizadora, debe ir precedido por otro, en que se procure clasificar a los suelos del modo más completo posible.

De hecho, los sistemas de clasificación de suelos son tan antiguos como la propia Mecánica de Suelos, pero por el escaso conocimiento que se tenía sobre los suelos, los sistemas que aparecieron en un principio estaban basados en características poco relevantes (olor, color, textura, etc), o muy difíciles de correlacionar con los fundamentales; estos sistemas están hoy superados y no conviene dedicarles atención, entonces dado el escaso conocimiento que sobre los suelos se tenía, fundándose en criterios puramente descriptivos nacieron así varios sistemas, de los cuales, los basados en las características granulométricas, ganaron popularidad rápidamente.

La granulometría ofrece un medio sencillo y evidente para clasificar suelos. En verdad, basta dividir un suelo en sus fracciones granulométricas para tenerlo "clasificado", si previamente se conviene en dar una denominación particular a las distintas fracciones según queden comprendidas en una determinada gama de tamaños. Los sistemas de clasificación granulométrica, tan populares en el pasado, tuvieron esa génesis tan simple y los términos grava, arena, limo y arcilla aún tienen para muchos un significado relacionado únicamente con el tamaño de las partículas constitutivas de esos suelos o fracciones.

Es evidente que un sistema de clasificación de suelos debe agruparlos de acuerdo con sus propiedades mecánicas básicas, por ser estas las que interesan para la aplicación en la construcción. A la vez, el criterio clasificador ha de ser preponderantemente de naturaleza cualitativa, puesto que un sistema que incluyera relaciones cuantitativas resultaría excesivamente engorroso y complicado.

Probablemente lo menos que puede esperar un técnico de un sistema de clasificación es que sirva, para formar su criterio respecto al suelo en cuestión,

antes de que adquiera conocimientos más profundos y extensos de las propiedades del mismo; así, al usar el sistema será posible, entre otras cosas, obtener criterios para saber en que direcciones es conveniente profundizar la investigación.

A pesar de su sencillez, los criterios de clasificación puramente granulométricos resultan hoy poco apropiados porque la correlación de la distribución granulométrica con las propiedades fundamentales (resistencia, compresibilidad, relaciones, esfuerzo, deformación, permeabilidad, etc.), resultan demasiado inseguros y sujetos a excepciones y casos especiales.

La naturaleza poco satisfactoria de la mayoría de la mayoría de los sistemas de clasificación condujo a una revisión crítica del problema (A. Casagrande 1948) y a la proposición del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, el que fue adoptado por el cuerpo de Ingenieros del ejercito de Estados Unidos, por el U.S. Bureau of

Reclamation y subsecuentemente por otras muchas organizaciones de aquel país y del resto del mundo. Según este sistema, los suelos se dividen en tres grupos principales: de grano grueso, de grano fino y altamente orgánico (suelos-turbas).

Para separar los suelos de granos gruesos de los de granos finos se adopta el tamiz 200(0.074 mm). En el terreno la separación se realiza observando si las partículas individuales pueden o no ser distinguidas a simple vista. Si se juzga que mas del 50% en peso del suelo consiste en granos que pueden distinguirse separadamente, aquel se considera de grano grueso.

Los suelos de grano grueso se dividen en gravas (G) y arenas (S) según tengan más o menos del 50% de granos visibles retenidos en el tamiz N°4 (mayores de 1 mm). A su vez, cada uno de estos tipos de suelos se divide en cuatro grupos:

**W:** Bien graduados (Coeficiente de uniformidad  $U > 4$ ); limpios ( $< 5\%$  que pasa el tamiz 200: partículas menores de 0.074 mm).

**P:** Pobremente graduados ( Con granulometría discontinua, o  $U < 4$  para gravas o 6 para arena) ; limpios ( $< 5\%$  que pasa el tamiz 200: partículas menores de 0.074 mm).

**G:** Bien Graduados; sucios ( $> 12\%$  de partículas menores de 0.074 mm); finos arcillosos o plásticos ( $l_w > 7$ , ubicado por encima de la línea A en el grafico de las plasticidades).

**F:** Pobremente graduados; sucios ( $> 12\%$  de partículas menores de 0.074 mm); finos limosos o no plásticos ( $l_w < 4$  ubicado por debajo de la línea A en el grafico de las plasticidades). (3)

### **2.1.7 Propiedades de los suelos**

Entre las propiedades de los suelos se encuentran: El color, distribución del tamaño de las partículas, consistencia, textura, estructura, porosidad, atmósfera, humedad, densidad, PH, materia orgánica, capacidad de intercambio iónico, sales solubles y óxidos amorfos-sílice alúmina y óxidos de fierro libres.

Las propiedades físicas de los suelos dependen de la composición mineralógica, de la forma y del tamaño de las partículas que lo forman y del ambiente que los rodea. El tamaño, la forma y la composición química de las partículas determinan la permeabilidad, la capilaridad, la tenacidad, la cohesión y otras propiedades resultantes de la combinación de todos los integrantes del suelo. Otra propiedad física de los suelos que hay que considerar es la temperatura, que tiene como fuente principal la irradiación solar.

Las propiedades físicas permiten conocer mejor las actividades agrícolas fundamentales como el laboreo, la fertilización, el drenaje, la irrigación, la conservación de suelos y agua, así como, el manejo adecuado de los residuos cosechas. Tanto las propiedades físicas como las químicas, biológicas y mineralógicas determinan, entre otras, a la productividad de los suelos.

### **2.1.8 Resistencia de los suelos**

El deslizamiento relativo entre las partículas constituye el mecanismo más importante de deformación en una masa de suelo. De aquí que la resistencia de un suelo a la deformación venga fuertemente influenciada por la resistencia tangencial en los contactos entre partículas. Para un buen dominio de la mecánica de suelos es fundamental conocer la posible magnitud de esta resistencia tangencial y de los factores que influyen sobre la misma.

Es necesario resaltar que la resistencia tangencial entre las superficies minerales constituye solamente una parte de la resistencia de un suelo al corte o compresión. También tiene gran importancia el acomodo entre partículas, el cual es función directa de la compacidad del sistema.

### **2.1.9 Compresibilidad de los suelos**

Un suelo puede considerarse como un esqueleto de partículas sólidas que encierran vacíos que pueden estar llenos de aire, de agua o de una combinación de ambos. Si una muestra de suelo es sometida a una sollicitación de forma tal que su volumen disminuya, esta disminución puede deberse a los tres factores siguientes:

- Una compresión de la materia sólida.
- Una compresión del agua y el aire que se encuentran dentro de los vacíos.
- Un escape del aire y agua de los vacíos.

Bajo las cargas aplicadas normalmente sobre la masa de los suelos, la materia sólida y el agua de poros no sufren un cambio apreciable en su volumen. Por lo tanto, puede considerarse con suficiente exactitud que la disminución en el volumen de una masa, si está completamente saturada, se debe totalmente al escape del agua contenida en los vacíos. Si la masa de suelo se encuentra parcialmente saturada el fenómeno es más complejo, puesto que la compresión de la misma puede ser resultado de una compresión del aire dentro de los poros, aun cuando no exista escape de agua.

La compresibilidad de los suelos no se encuentra gobernada en forma apreciable por la compresibilidad de los granos minerales de los cuales está compuesto. En realidad la compresibilidad es una función del espacio dentro del cual las partículas pueden cambiar su posición por rodamiento o deslizamiento. La compresibilidad de una masa de suelo depende de la rigidez del esqueleto del suelo, y ésta a su vez depende del arreglo estructural de las partículas. En general una estructura con porosidad alta, salvo que presente un cierto grado de cementación, es más compresible que una estructura bien empaquetada, y un suelo compuesto por partículas laminares es más compresible que otro que contenga partículas equidimensionales.

### **2.1.10 Consolidación de los suelos**

Se denomina consolidación de un suelo a un proceso de reducción de volumen de los suelos finos cohesivos (arcillas y limos plásticos), provocado por la actuación de solicitaciones (cargas) sobre su masa y que ocurre en el transcurso de un tiempo generalmente largo.

Frecuentemente ocurre que durante el proceso de consolidación permanece esencialmente igual la posición relativa de las partículas sólidas sobre un mismo plano horizontal. Así, el movimiento de las partículas de suelo puede ocurrir sólo en la dirección vertical, proceso denominado consolidación unidimensional.

La consolidación de un suelo es un proceso lento, puede durar meses y hasta años. Es un proceso asintótico, es decir, que al comienzo es más veloz, y se va haciendo cada vez más lento, hasta que el suelo llega a una nueva situación de equilibrio en la que ya no se mueve.

El no tomar en cuenta este posible movimiento del suelo al proyectar una estructura sobre él puede llevar a consecuencias catastróficas tales como la inclinación, fisuración e incluso el colapso de la misma. En muchos casos es necesario pre-consolidar el suelo antes de proceder a la construcción de una obra importante, como puede ser, por ejemplo, un edificio o una carretera. La preconsolidación se hace cargando el terreno con un peso semejante o mayor

que el que deberá soportar una vez construida la obra, para esto se deposita en la zona interesada una cantidad de tierra con el peso equivalente de la obra.

La consolidación es proceso natural, que ocurre en función de la carga aplicada en un suelo y el tiempo que transcurra soportando esta carga. Por el contrario, la compactación es un proceso mecánico llevado a cabo por el hombre, generalmente con apisonadoras, para la obtención de un estado mayor consistencia (solidez, más compacto) del suelo.

En estos casos y en otros similares, las características de la consolidación de los estratos de arcilla pueden investigarse cualitativamente, con aproximación razonable, realizando la prueba de compresión confinada o de consolidación unidimensional sobre especímenes representativos del suelo, extraídos en forma inalterada. Se puede así calcular la magnitud y la velocidad de los asentamientos probables a las cargas aplicadas.

#### **2.1.11 Nivel freático**

El nivel superior de la zona freática a presión atmosférica se conoce como nivel freático. El nivel freático puede encontrarse a muy diferentes profundidades, dependiendo de las circunstancias geológicas y climáticas, desde sólo unos centímetros hasta decenas de metros por debajo de la superficie. En la mayoría de los casos la profundidad varía con las circunstancias meteorológicas de las que depende la recarga de los acuíferos. El nivel freático no es horizontal, a diferencia del nivel superior de los mares o lagos, sino que es irregular, con pendiente monótonamente decreciente desde el nivel fijo superior al nivel fijo inferior. Por encima de la zona saturada, desde el nivel freático hasta la superficie, se encuentra la zona no saturada o zona vadosa, en la que la circulación es principalmente vertical, representada por la percolación, que es la circulación movida por la gravedad, del agua de infiltración.

Cuando el nivel freático no se encuentra a la presión atmosférica, sino que la supera, se dice que el acuífero no es libre, sino cautivo o confinado; en este caso, cuando realizamos un pozo o sondeo, el agua tiende a ascender traspasando el techo (semiimpermeable o impermeable) del acuífero. En estas

únicas condiciones, el nivel freático pasa a denominarse entonces nivel piezométrico; el cual podría llegar hasta la superficie del terreno o incluso superarla, provocando excepcionalmente lo que se conoce como surgencia o pozo artesianos. Pero por lo general, la mayoría de los pozos de acuíferos cautivos no son artesianos, sino que el agua asciende por el pozo, sin llegar a la superficie; pero que es ésta la

explicación física a este fenómeno. Muy raras veces, los niveles piezométricos pueden incluso descender dentro del pozo, fenómeno que se explica, por la existencia de dos acuíferos: un acuífero superior (confinado o no) pero a mayor presión, que recarga el existente inferior, proceso singular que habríamos

provocado nosotros mismos, a través de la conexión hidráulica por el pozo.

De este modo, la principal diferencia entre un nivel freático y otro piezométrico, es que, mientras el primero es "real" y prácticamente invariable (en función, principalmente, de la pequeña variación barométrica del lugar), el piezométrico es "virtual" y es función de la profundidad que alcancemos con la perforación o excavación de un pozo o sondeo; ascendiendo, en un sector de descarga (flujos subterráneos ascendentes); o descendiendo, en un sector de recarga (flujos subterráneos descendentes). También el nivel piezométrico puede ser independiente de la profundidad, en ciertas áreas denominadas "de tránsito" (flujos subterráneos horizontales).

### **2.1.12 Aguas subterráneas**

El agua subterránea se encuentra normalmente empapando materiales geológicos permeables que constituyen capas o formaciones a los que se le denominan acuíferos. Un acuífero es aquella área bajo la superficie de la tierra donde el agua de la superficie (p. ej. lluvia) percola y se almacena. A veces se mueve lentamente al océano por flujos subterráneos. Una formación acuífera viene definida por una base estanca (muro), y por un techo, que puede ser libre, semiimpermeable o impermeable; por lo que son los continentes de las masas de agua subterránea.

Si se excava o perfora la tierra para conectar con un acuífero, a través de pozos y/o galerías se puede explotar esta masa de agua para consumo humano, agrícola o industrial.

En lugares alejados de ríos, lagos o mares, los acuíferos son a menudo la única fuente de agua disponible, especialmente en extensas áreas como los desiertos de Atacama, Kalahari y Sahara. A veces este agua sale a la superficie por sí sola a través de encharcamientos, manantiales (oasis, en los desiertos), surgencias manantiales, rezumes, aguas termales, o géiseres. La zona del subsuelo en la que los huecos están llenos de agua se llama zona saturada.

### 2.1.13 Capacidad de infiltración

Se entiende por capacidad de infiltración, en hidrología, a la velocidad máxima con que el agua penetra en el suelo. La capacidad de infiltración depende de muchos factores, un suelo desagregado y permeable tendrá una capacidad de infiltración mayor que un suelo arcilloso y compacto.

Si una gran parte de los poros del suelo ya se encuentran saturados, la capacidad de infiltración será menor que si la humedad del suelo es relativamente baja.

Si los poros del suelo en las capas superiores del mismo ya se encuentran saturadas, la infiltración se hará en función de la permeabilidad de los estratos

inferiores. Una precipitación intensa podrá provocar la colmatación de los poros superficiales, con partículas finas del suelo, reduciendo la infiltración.

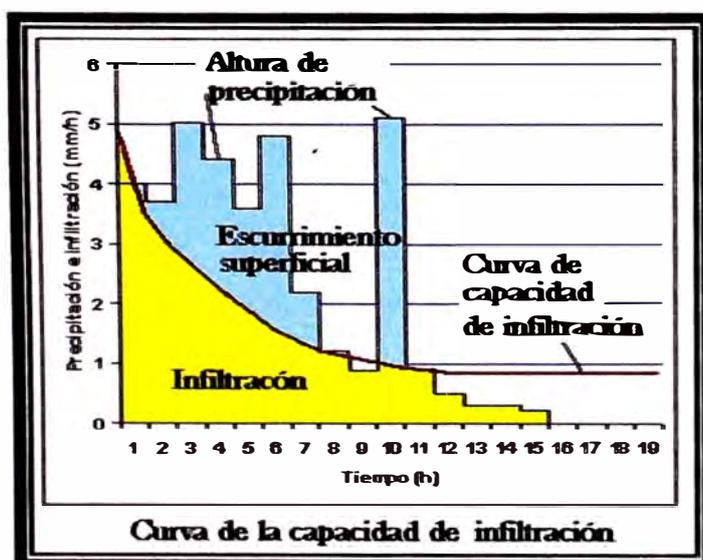


Fig 2.4 Curva de la capacidad de infiltración.

En la figura 2.4 se puede ver la curva de la capacidad de

infiltración, variable en el tiempo, sobrepuesta con a un pluviograma horario, gráficamente se muestra el escurrimiento superficial, también variable en el tiempo.

El índice de infiltración o capacidad media de infiltración es utilizado para calcular el escurrimiento en grandes áreas, donde sería difícil aplicar la curva de capacidad de infiltración. Este es equivalente a la velocidad media de infiltración.

#### **2.1.14 Resistencia de los suelos parcialmente saturados.**

La resistencia de los suelos parcialmente saturados esta controlada por los esfuerzos efectivos existentes en el terreno. Sin embargo, es más difícil aplicar el principio de esfuerzos efectivos a los suelos parcialmente saturados debido a que la relación entre el esfuerzo total y el esfuerzo efectivo tiene en cuenta las presiones en las fases líquida y gaseosas. El mejor método para estimar la resistencia es realizar pruebas que reproduzcan las condiciones in situ lo mas exactamente posible: un determinado grado de saturación, un cierto esfuerzo total y, si es posible, la misma presión en la fase líquida.

## CAPITULO III

### CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DE LA CIUDAD DE PISCO

#### **3.1 Formación geológica de la ciudad de Pisco:**

En el área en estudio y sus alrededores se identificaron grupos litológicos constituidos por rocas sedimentarias y depósitos cuaternarios.

La Formación geológica de la ciudad de Pisco consta de una secuencia litológica de color blanco, consistente en diatomitas, con intercalaciones de areniscas tobáceas y lutitas, que afloran desde el río Pisco hasta las vecindades de Camaná. Estructuralmente se caracteriza por estar poco perturbada. Es posible relacionar la existencia de este homoclinal con el hecho de que hacia el noroeste se encuentra la parte del basamento pre-terciario, que sufrió gran elevación después de la sedimentación terciaria, y que este homoclinal sea la charnela o zona de flexura, entre la región occidental que sufrió mayor levantamiento y la zona o bloque oriental, cuyo ascenso fue menor. (5)

#### **3.2 Depósitos Cuaternarios Recientes(Aluviales, Eluviales):**

Bajo este nombre se agrupa a los depósitos clásticos transportados por medio acuoso, y acumulados principalmente en las quebradas o a partir de las estribaciones andinas, constituyendo las amplias pampas aluviales características de la penillanura costera. Los depósitos acumulados en el fondo de las quebradas consisten en conglomerados gruesos intercalados con arena, limo y arcilla, están bien expuestos en los cortes de los ríos y al pie de las terrazas. En las quebradas tributarias, donde el drenaje es cíclico y a veces en forma violenta, los depósitos están constituidos por el material acarreado representado principalmente por lodolitas que contienen cantidades variables de fragmentos de roca de distintas dimensiones. Los depósitos aluviales tienen gran distribución en el área, siempre inmediatos a las formaciones rocosas que originaron los conos de deyección, así como los materiales de piedemonte y conos de escombros, que se acumularon sin mayor participación de un medio acuoso. (5)

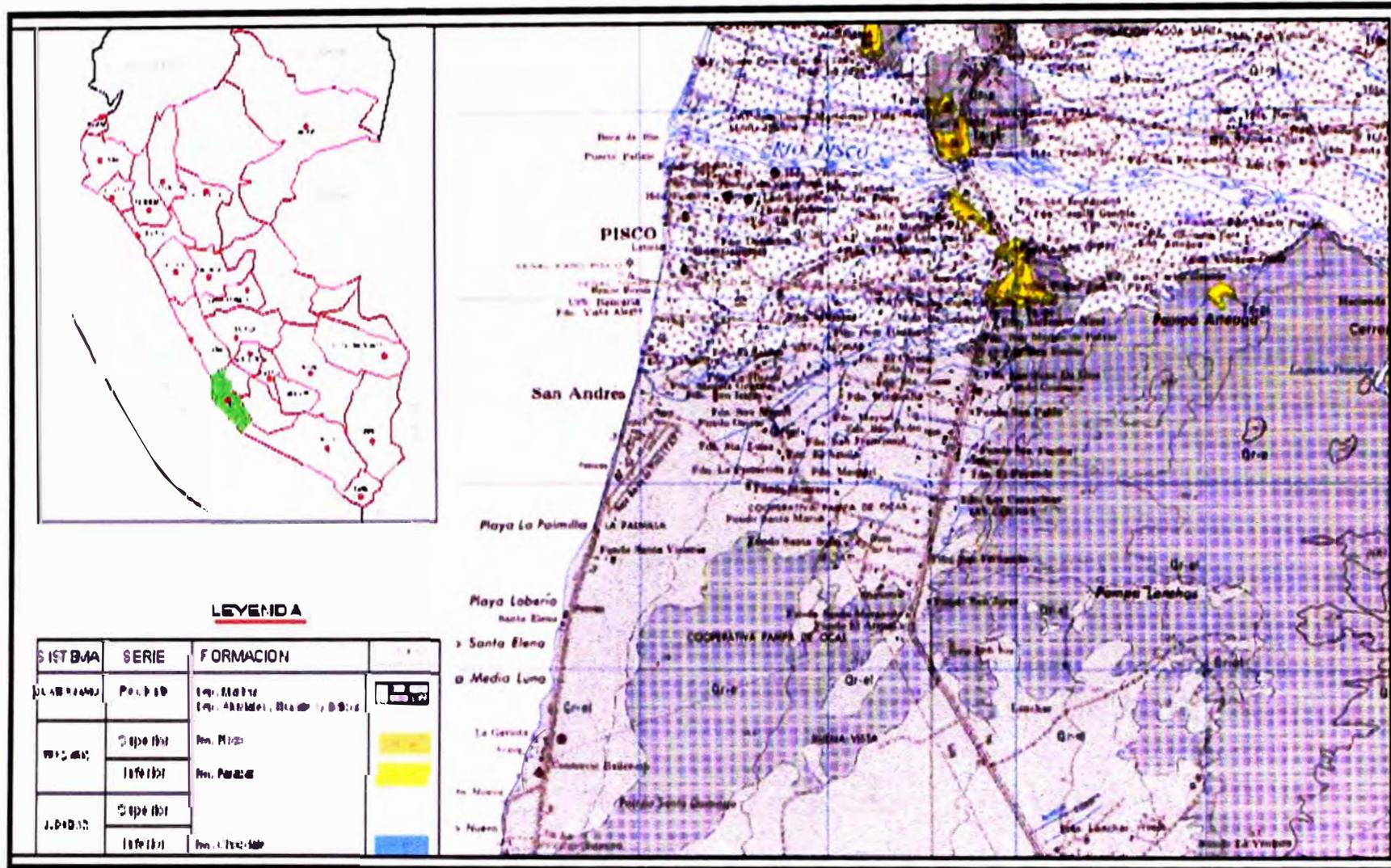


Fig. 3.1 Ubicación y Geología de Pisco (Referencia Boletín Geología y Minería INGEMET 1999) (2)

## **CAPITULO IV**

### **ZONIFICACION DE LOS SUELOS DE LA CIUDAD DE PISCO**

#### **4.1 Características estratigráficas de la ciudad de Pisco:**

Los trabajos de exploración de campo fueron realizados por el personal del Laboratorio Geotécnico del CISMID-UNI, durante los días del 6 al 14 de Mayo de 1999, habiéndose realizado un programa complementario durante los días 26 al 29 de Junio de 1999. Estos trabajos consistieron en la excavación manual de 25 calicatas (entre 2 y 3 m de profundidad) y 17 perforaciones, realizando en ellas ensayos de penetración estándar (SPT) y ensayos de penetración con Cono Peck. Durante los trabajos de exploración se obtuvieron un total de 43 muestras disturbadas y 3 muestras inalteradas. En la figura 4.1 se muestran la ubicación de las calicatas recopiladas y ejecutadas en la ciudad de Pisco.

Las perforaciones y calicatas, fueron convenientemente distribuidas en toda el área de la ciudad de Pisco. Con las muestras del suelo obtenidas de las perforaciones y excavaciones se realizaron ensayos estándar y especiales en el Laboratorio Geotécnico del CISMID-UNI, con los cuales se clasificaron los suelos (SUCS) y se determinaron sus propiedades de resistencia y compresibilidad.(5)

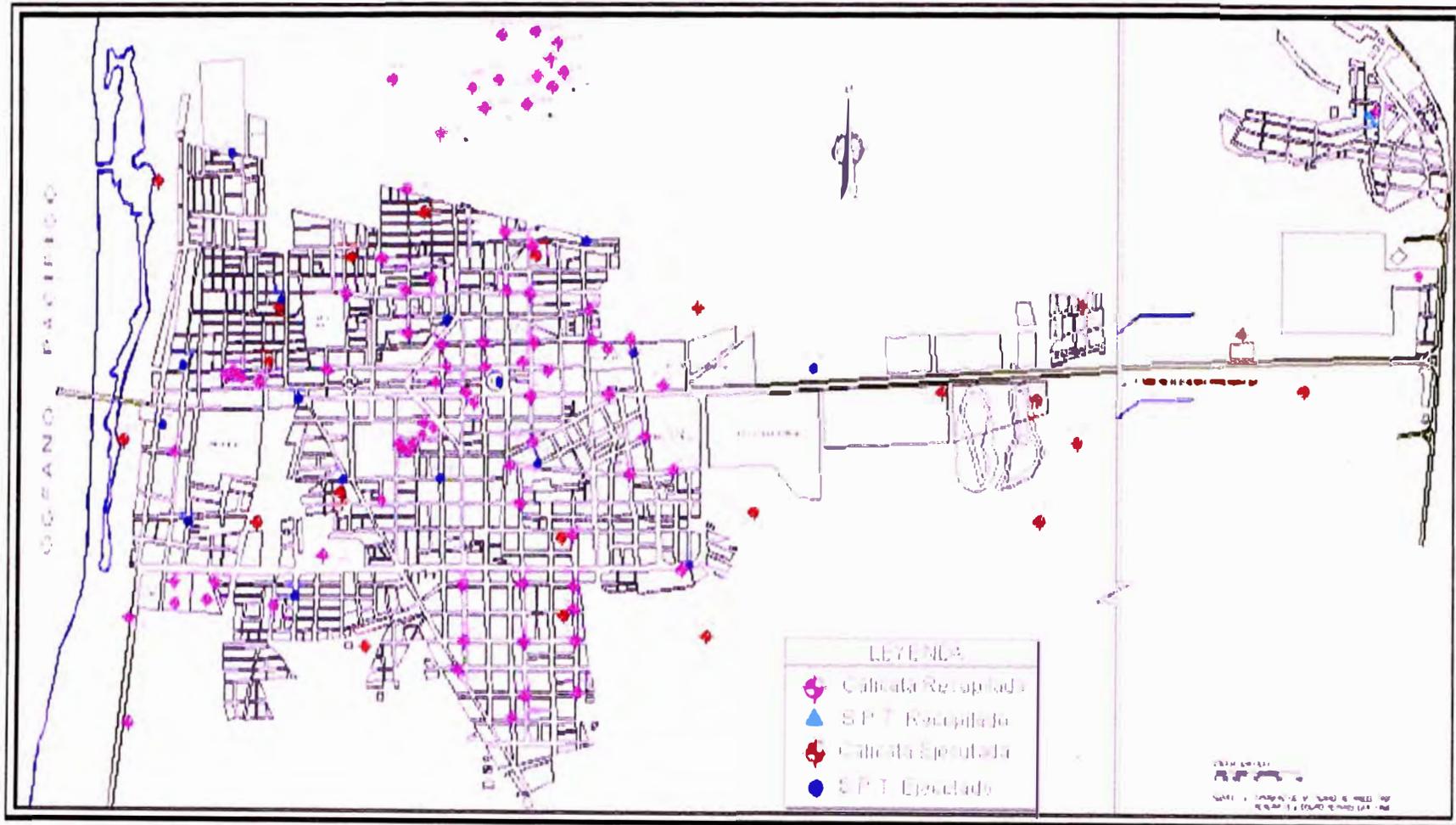


Fig 4.1 Ubicación de calicatas recopiladas y ejecutadas de la ciudad de Pisco.(5)

## **4.2 Zonificación de la ciudad de Pisco en base a sus características estratigráficas:**

Con la evaluación de las características estratigráficas, se delimitaron las zonas agrupando en ellas las áreas de la ciudad con similares características de los depósitos de suelos que la conforman. Se han considerado cuatro microzonas las cuales son ilustradas en la Figura N° 4.2. A continuación se presenta las características estratigráficas de las zonas consideradas.

### **4.2.1 Zona 1:**

Esta zona cubre la parte sur oeste de Pisco; está compuesta por una capa superficial de relleno teniendo un espesor de 0.20 m, este relleno está conformado por arcilla mezclada con grava redondeada color beige, seca y semi rígida. Por debajo del estrato superficial anterior se encuentra una grava pobremente gradada (GP) de formas redondeadas, color gris beige. Presenta boleos redondeados de T.M. 12" con 22% de arena y 1.5% de finos no plásticos, con ligera humedad. Su compacidad varía de semi compacta a compacta. Los valores de resistencia a la penetración (Cn) registrados con el Ensayo de Penetración con Cono Peck, varían de 25 a 36 golpes/pie para los primeros 0.60 m, alcanzando el rechazo a esta profundidad. Estos valores indican estados compactos de los suelos gravosos. En esta zona no se ha detectado la presencia de agua (nivel freático) hasta la profundidad investigada (2.00 m.).

### **4.2.2 Zona 2:**

Esta zona cubre parte norte y costera central de Pisco; está compuesta por una capa superficial de arcilla arenosa (CL), color marrón, que presenta raíces y porosidades, con gravillas sub angulosas aisladas de T.M. 3/4" y alrededor de 32% de arena. Esta arcilla se presenta húmeda, de baja plasticidad y semi rígida, alcanzando un espesor de 0.50 m. Por debajo del estrato anterior se presenta una arena limosa (SM) de grano fino, color beige oscuro, con aproximadamente 37% de finos no plásticos, húmeda y semidensa, alcanzando una profundidad de 1.10 m;

este estrato se pierde en la dirección este. Subyaciendo el depósito anterior se encuentra una grava pobremente gradada (GP), de formas redondeadas, color gris, que presenta boleos redondeados de T.M. 10", con aproximadamente 19%

de arena y 1% de finos no plásticos. Esta grava se presenta húmeda a saturada y su compacidad varía de semi compacta a compacta.

Para esta zona los valores de resistencia a la penetración ( $C_n$ ), registrados con el Ensayo de Cono Peck, varían de 10 a 20 golpes/pie en los primeros 1.75 m; dichos valores se reducen a 3 a 9 golpes/pie debido a la presencia del nivel freático, alcanzando el rechazo a la penetración a profundidades entre 1.55 a 2.00 m. En esta zona el nivel freático fue detectado a aproximadamente 1.40 m de profundidad en la parte norte de Pisco.

#### **4.2.3 Zona 3:**

Esta zona cubre la parte central de Pisco y la franja correspondiente a la zona industrial ubicada entre la carretera Panamericana y el límite del casco urbano. Esta zona está conformada por una capa superficial de arcilla arenosa (CL), color marrón, la que presenta porosidades y gravillas sub-angulosas de T.M. 3/8" con 30 a 45% de arena, húmeda, de baja plasticidad y semi rígida, alcanzando una profundidad de 1.20 m, mientras que en la zona industrial este estrato alcanza una profundidad variable entre 0.40-0.90 m. Por debajo del material anterior continúa una arena limosa (SM) color beige-oscuro, con menos de 40% de finos no plásticos, de húmeda a saturada (debido a la presencia del nivel freático), suelta a semidensa, alcanzando profundidades variables entre 2.00 a 4.25 m. En la zona industrial este material corresponde en algunos casos a limos arenosos (ML) o arenas limosas (SM), de características nulas de plasticidad, alcanzando profundidades entre 0.40 a 2.80 m- Continúa por debajo del estrato anterior la grava pobremente gradada (GP), de formas redondeadas, color gris, que presenta boleos redondeados. Se encuentra saturada y su compacidad varía de semidensa a compacta. Es necesario indicar que en la zona industrial el suelo gravoso fue detectado solo parcialmente en una calicata a 0.90 m de profundidad, presumiéndose que este suelo aparezca a mayores profundidades no investigadas en las otras calicatas excavadas en este lugar, debido a la presencia del nivel freático. En esta zona los valores de resistencia a la penetración ( $N$ ) registrados con el ensayo SPT varía entre 5 a 10 golpes/pie en los primeros 1.50 m, reduciéndose el valor de  $N$  a menos de 4 golpes/pie en el estrato saturado, hasta llegar al estrato gravoso en la cual se presenta el rechazo a la penetración a profundidades variables entre 2.00 y 4.15 m. El nivel freático fue localizado a profundidades de 1.50 a 1.70 m en la parte

oeste de la ciudad, mientras que en la dirección este, donde se localiza la zona industrial el freático se encuentra entre 1.00 a 1.80 m de profundidad. A partir del análisis de licuación se puede afirmar que se espera la ocurrencia de este fenómeno en los estratos arenosos saturados localizados hasta el oeste de esta zona, durante un terremoto severo.

#### **4.2.4 Zona 4:**

Esta zona cubre la parte este de Pisco; está compuesta por una capa superficial de relleno teniendo una profundidad variable de 0.80 a 1.20 m en la dirección este.

Este relleno está conformado por una arcilla mezclada con grava redondeada de color beige que presenta restos de desmonte y boleos redondeados de T.M. 8"; se presenta seco y semi rígido. Subyaciendo a este estrato se encuentra la grava (GP) pobremente gradada de formas redondeadas, color gris beige, presentando boleos redondeados de T.M. 12" con aproximadamente 22% de arena y 2% de finos no plásticos, con ligera humedad, variando su compacidad de semi compacta a compacta. En esta zona los valores de resistencia a la penetración (Cn) registrados con el Ensayo de Cono Peck varían de 6 a 27 golpes/pie, hasta alcanzar el rechazo a la penetración a profundidades variables entre 1.20 a 1.70 m. En esta zona no se detectó la presencia de agua (nivel freático) hasta la profundidad investigada (3.00 m). (5)

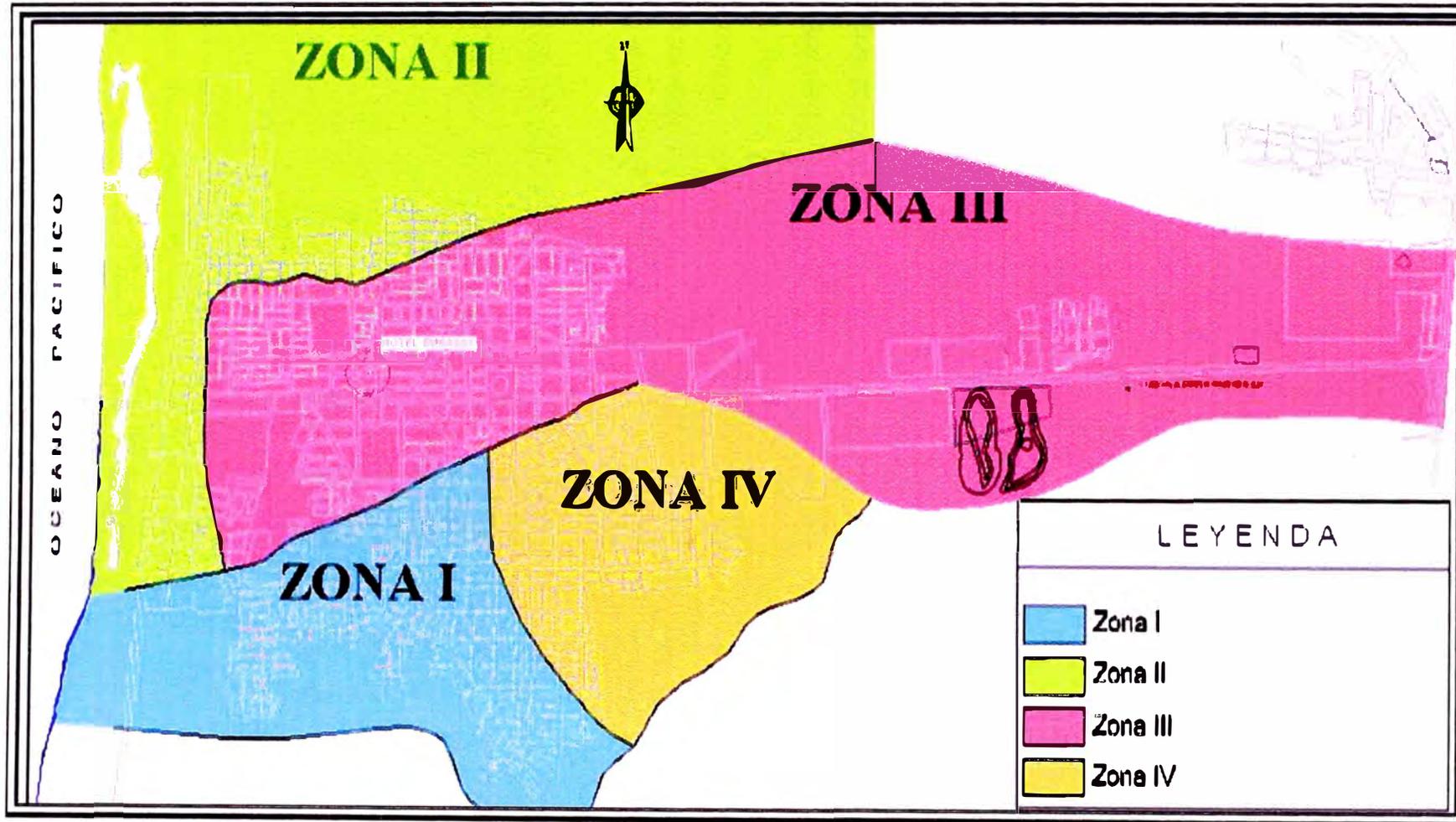


Fig. 4.2 Zonificación en base a las características estratigráficas de la ciudad de Pisco.

## CAPITULO V

PERFIL ESTRATIGRAFICO EN ZONA  
DEL HOTEL EMBASSY - PISCO

## 5.1 Programa de exploración en campo

El programa de exploración de campo llevado a cabo en el año 1999 por el personal del Laboratorio Geotécnico del CISMID-UNI en la Zona 3 dentro de la cual se encuentra el área en estudio comprendió los siguientes trabajos:

Perfilaje de calicatas excavadas hasta 2.00 de profundidad con respecto a la superficie del terreno en su mayoría, denominadas C-6, C-7, C-9, C-10, C-12, C-15, C-16, C-17, C-18, C-19, C-20, C-21, C-22 y C-23.

Ensayos de penetración estándar (SPT) y ensayos de penetración con Cono Peck., denominadas S-1, S-2, S-4, S-9, S-11, S-12, S-16 y S-17. Las cuales alcanzaron rechazo a profundidades promedios entre 3.50 y 4.50 m con respecto a la superficie del terreno.

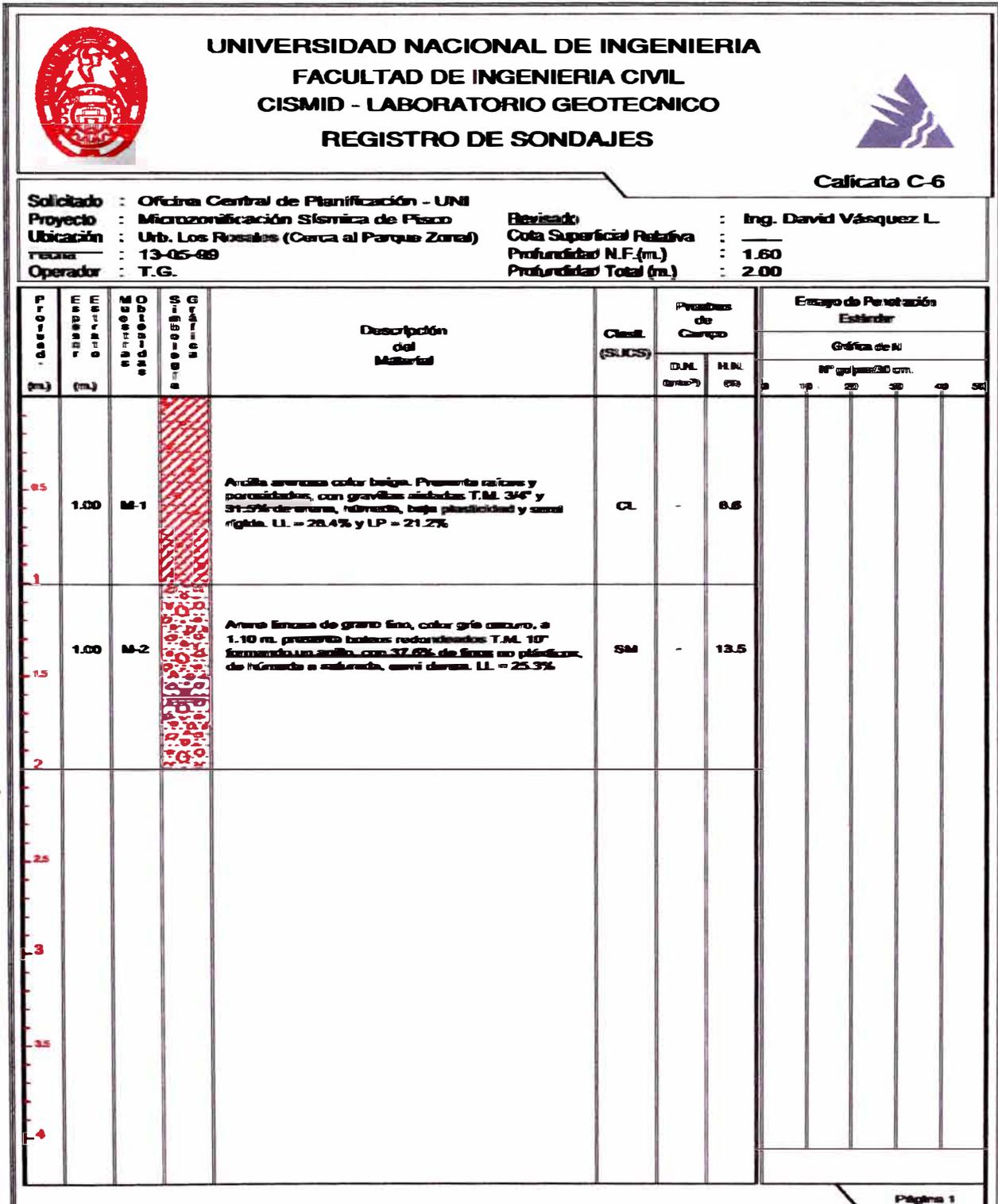
## 5.2 Ensayos de Laboratorio

Para determinar la estratificación y características del suelo del área en estudio se ha considerado las calicatas y Ensayos de penetración estándar mas próximos a dicha área, las cuales comprenden las calicatas C-6, C-7, y C-8 así como el ensayo de penetración estándar S-1. Cuyas características se resumen en el siguiente cuadro:

RESUMEN DE ENSAYOS								
ITEM	SONDA/E	PROFUNDIDAD (M)	NIVEL FREATICO (M)	% DE FINOS	% DE HUMEDAD NATURAL	LIMITES		SUCS
						LL	LP	
1	C-6	0.00-1.00	1.60	31.50	8.60	28.4	21.2	CL
2	C-6	1.00-2.00	1.60	37.60	13.50	25.3	-	SM
3	C-7	0.00-1.20	1.70	31.50	-	-	-	CL
4	C-7	1.20-2.00	1.70	39.30	16.2	28.4	16.8	SC
5	C-8	0.00-0.40	1.40	-	-	-	-	CL
6	C-8	0.40-1.00	1.40	37.10	-	20.6	-	SM
7	C-8	1.00-1.80	1.40	-	-	-	-	GP
8	S-1	0.00-0.90	2.20	-	-	-	-	CL
9	S-1	0.90-1.50	2.20	38.70	18.3	22.9	17.4	SC
10	S-1	1.50-2.80	2.20	48.20	25.2	23.0	19.1	SM
11	S-1	2.80-3.30	2.20	48.00	23.5	36.5	21.3	SC
12	S-1	3.30-4.50	2.20	-	-	-	-	GP

Cuadro 5.1.- Resumen de ensayos cercanos al área en estudio

5.2.1 Calicatas





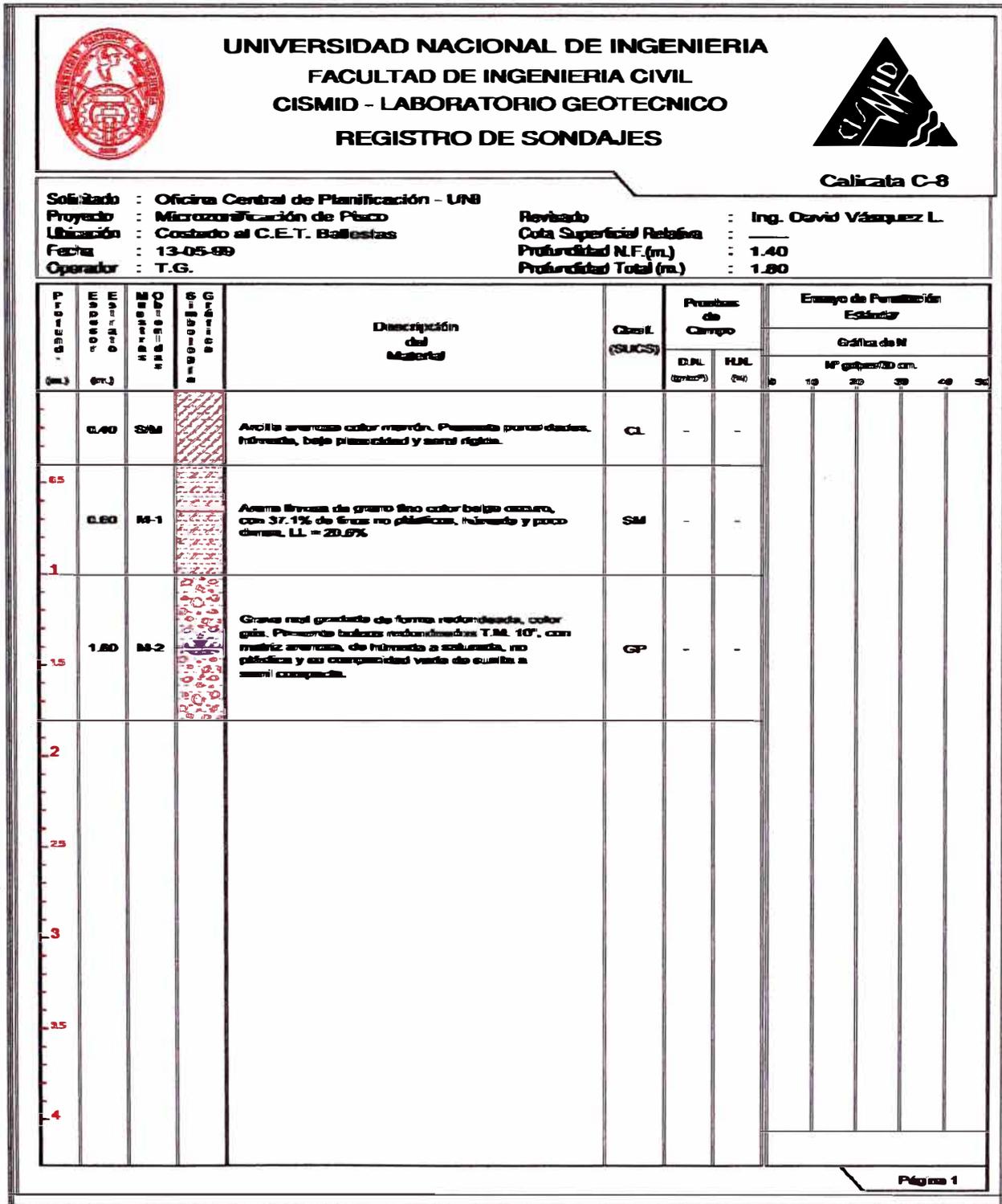
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**



**Caricata C-7**

<b>Solicitado</b> :	Oficina Central de Planificación - UNI	<b>Revisado</b> :	Ing. David Vásquez L.
<b>Proyecto</b> :	Microzonificación de Pisco	<b>Cota Superficial Relativa</b> :	—
<b>Ubicación</b> :	Frente al Hogar del Anciano	<b>Profundidad N.F.(m.)</b> :	1.70
<b>Fecha</b> :	12-05-99	<b>Profundidad Total (m.)</b> :	2.00
<b>Operador</b> :	T.G.		

Profundidad (m.)	Escala (m.)	Categoría	Descripción del Material	Clasif. (SUCSS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración Estándar				
					D.N.L. (cm <sup>2</sup> )	H.M.L. (kg)	Gráfica de N				
							Nº golpes/cm. 10 20 30 40 50				
0.5	1.20	SM	Arcilla arenosa color marrón. Presenta porosidades y bolitas redondeadas T.M. 6", húmeda, baja plasticidad y semi rígida. (Similar a M-1 de C-8).	CL	-	-					
1.5	0.60	MS-1	Arena arcillosa color marrón oscuro, con 3.5% de gravilla y 38.5% de finos, de húmedo a saturada, plástica y semi densa. LL = 28.4% LP = 16.8%	SC	-	16.2					
2.5											
3.5											
4.5											





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES



Calicata C-11

Solicitado : Oficina Central de Planificación - UNI  
Proyecto : Microzonificación de Pisco  
Ubicación : Cerca a SENATI  
Fecha : 14-05-89  
Operador : T.G.  
Revisado : Ing. David Vásquez L.  
Cota Superficial Relativa :  
Profundidad N.F.(m.) : N.A.  
Profundidad Total (m.) : 2.00

Profundidad (m.)	Elevación (m.)	S.M.	S.G.	Descripción del Material	Clasif. (S.U.C.S.)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración Estándar						
						D.M. (gr/cm <sup>3</sup> )	H.M. (%)	Gráfica de N						
								Nº golpes/30 cm.						
0.20		S.M		Refrío, arena mezclada con grava redondeada, seca y semi rígida.	R	-	-							
1.00		M-1		Grava mal graduada, de forma redondeada, color gris amarillento. Presenta bolsones redondeados T.M. 12", con 21.9% de arena y 1.4% de finos no plásticos, húmeda y su compactación varía de semi compacta a compacta.	GP	-	1.8							
0.5														
1														
1.5														
2														
2.5														
3														
3.5														
4														



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**CENTRO PERUANO JAPONÉS DE INVESTIGACIONES SISMICAS**  
**Y MITIGACION DE DESASTRES**



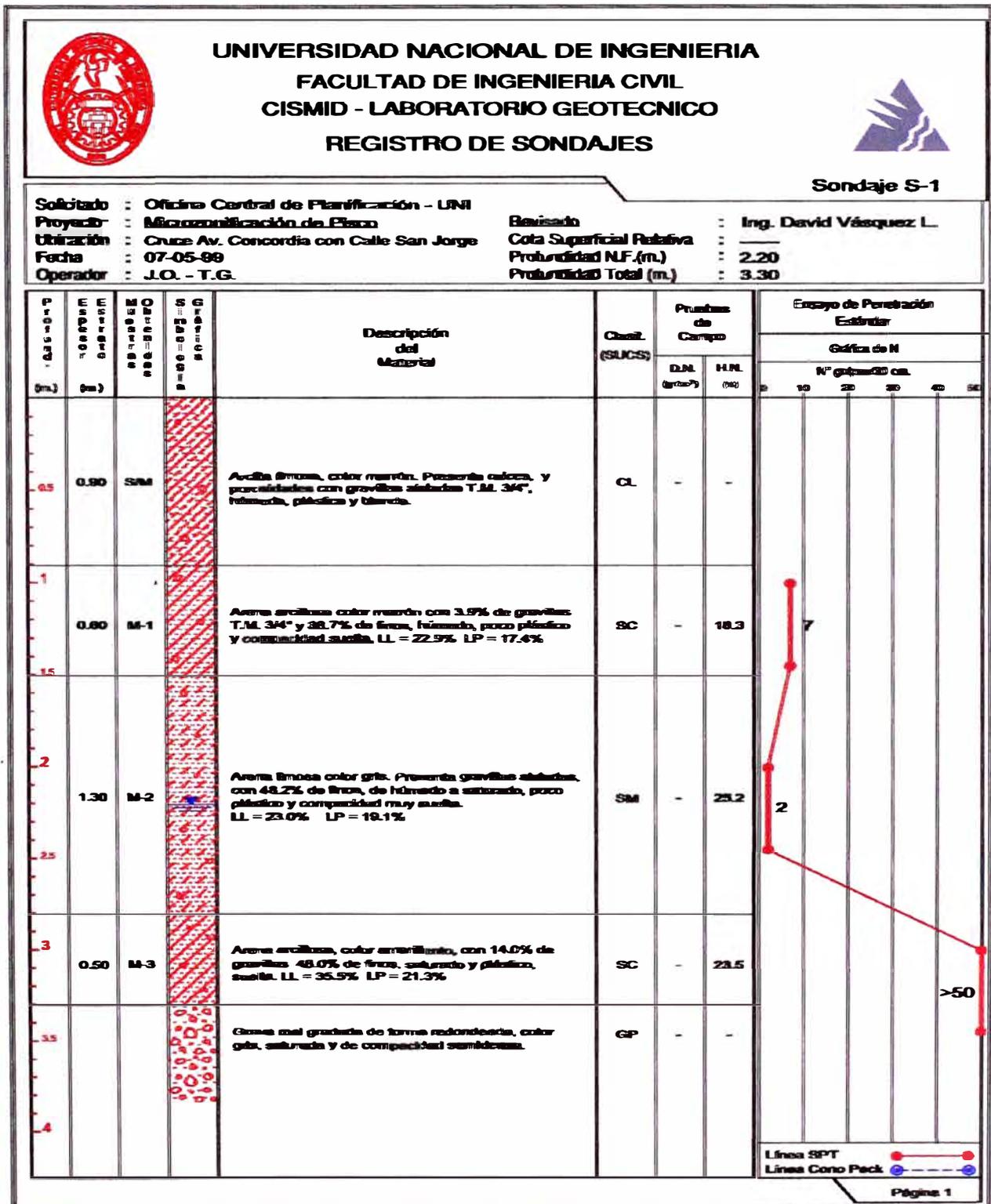
**REGISTRO DE SONDAJE**

Estudio :	IG07-410	Cota Relativa (m) :	33.00
Solicitado :	PRESIDENCIA DEL CONSEJO DE MINISTRO	Prof. Nivel Freat. (m) :	2.00
Proyecto :	Elaboración del Plan de Reconstrucción y Prevención de Desastres, para las Ciudades: Pisco	Prof. Total (m) :	2.00
Ubicación :	PISCO	Operador :	V.V.-L.Ch.
Fecha :	Octubre, 2007	Revisado :	Ingen. Luis Chang

**CALICATA : C-1**

Profundidad (m)	Espesor del estrato (m)	Muestra obtenida	Clasificación USCS	Simbología gráfica	Resultados de campo		Descripción	ENSAYO DE PENETRACION
					H. N. %	D. N. g/cm <sup>3</sup>		
0.0								Gráfica de N Número de golpes / 30 cm 10 20 30 40 50 — SPT — CP
0.45	M-1	SM					Arena limosa de color beige amarillento a marrón. Con gravas de bordes angulosos y redondeados T.M. 4". Compacidad media. Baja humedad. Presencia de castros calcáreos color blanquecinos y raíces aisladas.	
0.55	M-2	GP					Grava de T.M. 6" con matriz arenosa de grano fino. Compacidad medio suelta. Medianamente húmedo. Presencia de raíces aisladas.	
0.50	M-3	SM					Arena fina poco limosa de color beige amarillento. Compacidad medio densa. Húmedo. Presencia de raíces y gránulos aislados.	
0.50	M-4	GP					Grava con matriz arenosa de grano fino. Húmedo. Boloronías T.M. 9". Presencia de raíces aisladas.	
2.0								
2.5								

### 5.2.2 Ensayo de penetración estándar



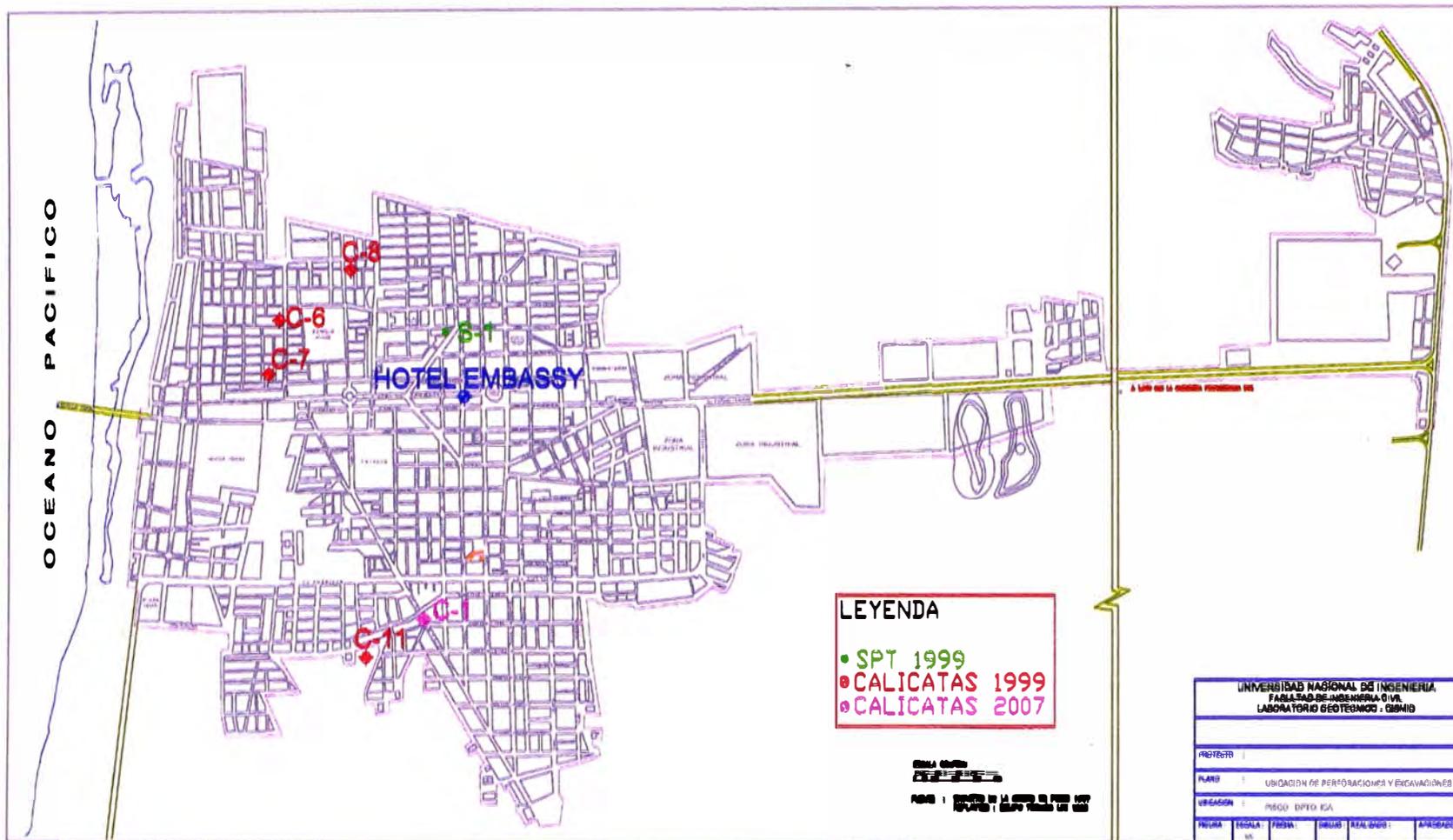


Fig. 5.1.- Calicatas tomadas como referencia para estratificación del área en estudio.

### 5.3 Resumen e interpretación de los ensayos

Tomando como referencia para la estratificación los registros de las calicatas C-6, C-7 y C-8 del año 99, así como el Ensayo de penetración estándar S-1 y comparando la calicata C-11 del año 99 con la calicata C-1 del año 2007 (después del sismo), donde podemos observar que el nivel freático se ha elevado. Se proponen las siguientes características del suelo en estudio:

CARACTERÍSTICAS DEL SUELO EN ESTUDIO									
ITEM	SONDAJE	PROFUNDIDAD (M)	NIVEL FREÁTICO (M)	% DE FINOS	% DE HUMEDAD NATURAL	LÍMITES		N (SPT)	SUCS
						LL	LP		
1	S-0	0.00-1.00	1.20	25.00	-	-	-	-	CL
2	S-0	1.00-1.80	1.20	20.00	25.2	22.9	18.8	7	SC
3	S-0	1.80-3.00	1.20	20.00	18.0	21.4	16.7	2	SM
4	S-0	3.00-4.00	1.20	20.00	17.8	21.2	16.4	2	SC
5	S-0	4.00-4.50	1.20	-	-	-	-	>50	GP

Cuadro 5.2.- Características del suelo

De donde se determina que el suelo en estudio está conformado por una primera capa de Arcilla arenosa (CL) color marrón la que presenta porosidades y gravillas sub angulosas de T.M 3/8" alcanzando una profundidad de 1.00m debajo de la superficie, seguida de una capa de arena arcillosa (SC) húmeda, la cual alcanza una profundidad de 1.80m, en donde se detecta el nivel freático a 1.20m de profundidad, continuamente seguido de un estrato de Arenas limosas (SM) el cual alcanza profundidades de 3.00m en donde empieza a desarrollarse nuevamente un estrato de arena arcillosa (SC) hasta una profundidad de 4.00 m seguido del estrato gravoso pobremente gradado (GP). En este suelo los valores de resistencia a la penetración (N) registrados con el ensayo SPT es de 7 hasta el nivel 1.80m desde el cual se reduce a 2 hasta el nivel 4.00 donde aparece el estrato gravoso y el valor de N cambia a 50.

De acuerdo a estas características el estrato a cimentar está a 4.00 m debajo del nivel de superficie.

## CONCLUSIONES

- La geología de Pisco está constituida por rocas sedimentarias y depósitos cuaternarios. Las rocas sedimentarias pertenecen a la Formación Pisco, la cual consiste de diatomitas, estructuralmente poco perturbadas, con intercalaciones de areniscas tobáceas y lutitas, que afloran desde el río Pisco hasta las vecindades de Camaná. Los depósitos cuaternarios recientes son de naturaleza aluvial y eluvial constituidos por depósitos clásticos transportados por medio acuoso y acumulados principalmente en las quebradas o a partir de las estribaciones andinas. Los depósitos acumulados en el fondo de las quebradas consisten en conglomerados gruesos intercalados con arena, limo y arcilla, expuestos en los cortes de los ríos y al pie de las terrazas. En las quebradas tributarias, estos depósitos están constituidos por el material acarreado (lodolitas) conteniendo cantidades variables de fragmentos de roca.
- La zonificación geotécnica de la ciudad de Pisco tomada como referencia fue realizada sobre la base de la recopilación de información de estudios de Mecánica de Suelos e investigaciones realizadas anteriormente en el área de la ciudad, así también a partir de la exploración de campo y resultados de ensayos de laboratorio. Se proponen cuatro microzonas, de las cuales se ha tomado como referencia principal aquella en donde se encuentra ubicado geográficamente el Hotel Embassy de Pisco.
- El suelo del área en estudio está comprendido por un primer estrato de 1.00 m de espesor de suelo Arcillo arenoso seguido de un estrato de 0.80m de suelo areno arcilloso húmedo, en donde se encuentra el nivel freático a 1.20m de profundidad, continúa un estrato de 1.20m de suelo Areno limoso seguido de un estrato de 1.00 m de suelo areno arcilloso para finalmente llegar al estrato gravoso pobremente gradado el cual se desarrolla a una profundidad de 4.00 m respecto a la superficie del terreno. En este suelo los valores de resistencia a la penetración (N) registrados con el ensayo SPT es de 7 hasta el nivel 1.80m desde el cual se reduce a 2 hasta el nivel 4.00 donde aparece el estrato gravoso y el valor de N cambia a 50.

- Se determina que el nivel freático en la zona en estudio se encuentra en el segundo estrato a 1.20 m de profundidad respecto a la superficie actual del terreno.

## RECOMENDACIONES

- Para poder determinar la estratificación de un área determinada en la ciudad de Pisco así como los otros parámetros de suelos que se encuentren dentro del límite de influencia correspondiente al área en estudio se deben considerar los ensayos más cercanos así correspondan a otra zona dentro de la zonificación. Además cuando no se tienen datos certeros es importante asumir algunos datos como lo fue en este caso el nivel freático actual, para lo cual nos basamos en el nivel freático de las calicatas C-6, C-7, C-8, C-11 (año 1999) y C-1 (año 2007) existentes.
- Es importante analizar la posible ocurrencia del fenómeno de licuación en la estratificación estudiada debido a que los estratos de arena saturada y el sismo del pasado 15-08-07 nos genera una posibilidad latente de la presencia del fenómeno en mención.
- Se debe tener en cuenta los ensayos de las calicatas realizadas durante el año 2007 (después del sismo) poder determinar cambios respecto a las calicatas realizadas durante el año 1999.
- Es necesario también considerar las calicatas en donde existe la presencia de napa freática de esta manera se puede tener un registro de la napa e identificar su pendiente.

## BIBLIOGRAFIA

1. Centro de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres, "Reporte preliminar: Sismo de Ica del 15.08.2007", CISMID, 2007.
2. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, "Boletín N°47 :Geología de los cuadrángulos de Pisco, Guadalupe, Punta Grande, Ica y Córdova", INGEMET 1993.
3. Lambe T.W. y Whitman R.V. "Mecánica de suelos", John Wiley. New York, 1967.
4. Parra Murrugarra Denys, "Tesis de grado: Evaluación del potencial de licuación de suelos de la ciudad de Chimbote", Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería, 1991.
5. Parra Murrugarra Denys, Vasquez López David y Alva Hurtado Jorge, "Ponencia del Congreso nacional de ingeniería civil: Microzonificación geotécnica de Pisco", Centro de Investigación Sísmica y Mitigación de Desastres ,1999.
6. Terzagui K. y Peck R.B, "Soil mechanics in engineering practice", John Wiley. New York 1967.

## PAGINAS WEB VISITADAS

Estas paginas fueron visitadas entre el 01/08/2007 y el 15/12/07.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto del Per%C3%BA de 2007](http://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_del_Per%C3%BA_de_2007)

<http://geomedios.byethost13.com/mecsuelos/>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Consolidaci%C3%B3n de suelos](http://es.wikipedia.org/wiki/Consolidaci%C3%B3n_de_suelos)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo de Penetraci%C3%B3n Est%C3%A1ndar](http://es.wikipedia.org/wiki/Ensayo_de_Penetraci%C3%B3n_Est%C3%A1ndar)

<http://www.carreras.frba.utn.edu.ar/civil/geotecnia/Informe%20sobre%20Consolidacion.PDF>

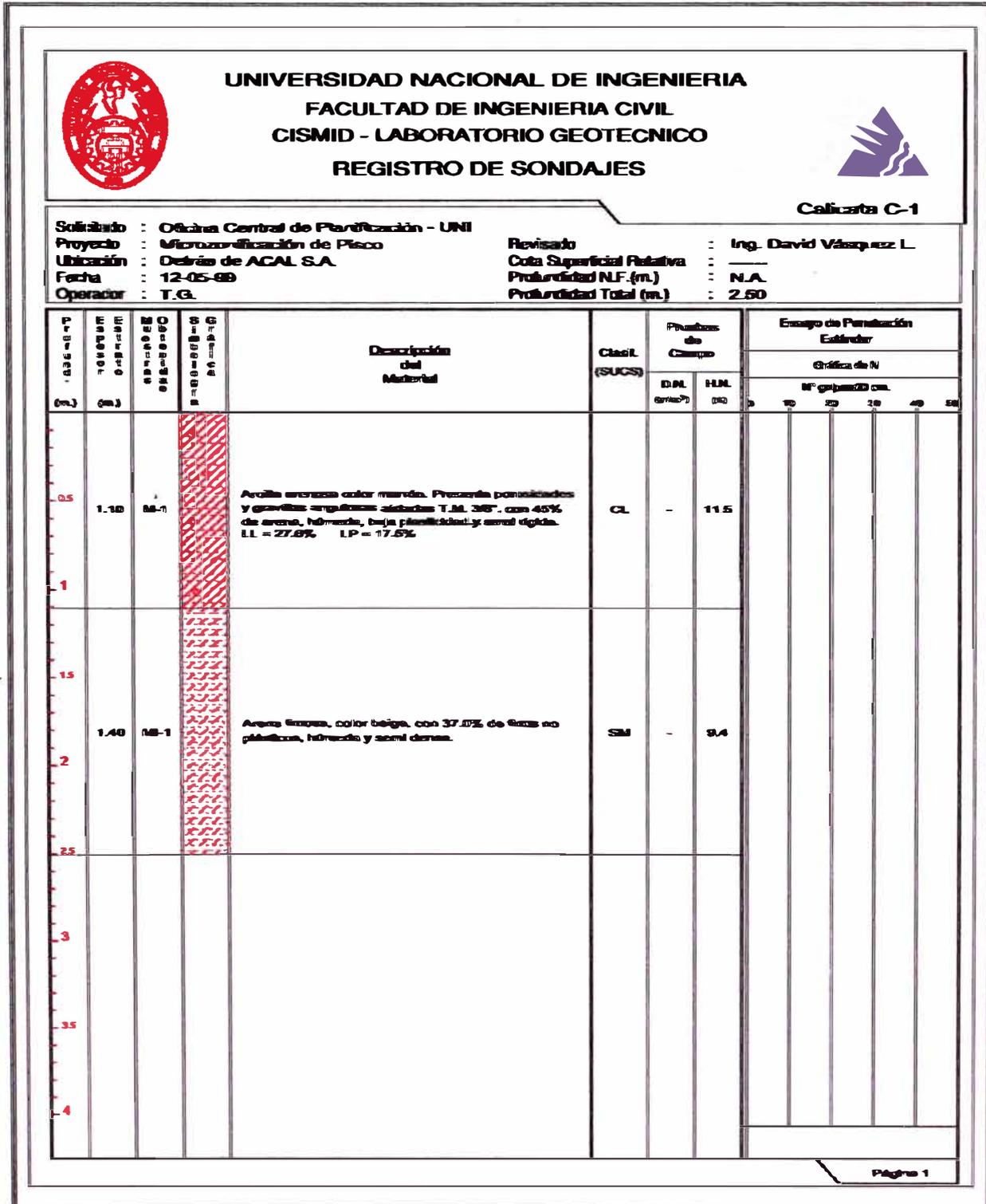
[http://es.wikipedia.org/wiki/Agua subterr%C3%A1nea](http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_subterr%C3%A1nea)

<http://www.cismid-uni.org/>

ANEXOS

CALICATAS EJECUTADAS EN PISCO EL AÑO 1999

ZONA 3:





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES



Calicata C-6

Solicitado : Oficina Central de Planificación - UNI  
 Proyecto : Microzonificación Sísmica de Pisco  
 Ubicación : Urb. Los Rosales (Cerca al Parque Zonal)  
 Fecha : 13-05-89  
 Operador : T.G.  
 Revisado : Ing. David Vásquez L.  
 Cota Superficial Relativa : \_\_\_\_\_  
 Profundidad N.F.(m.) : 1.60  
 Profundidad Total (m.) : 2.00

Profundidad (m.)	Escala de Sondeo (m.)	Muestra	Descripción del Material	Clasif. (S.M.C.S.S.)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración Estándar					
					D.M. (t/cm <sup>2</sup> )	H.M. (kg)	Gráfica de N					
							Nº golpes/30 cm.					
0	10	20	30	40	50							
0.5	1.00	M-1	Arcilla arenosa color beige. Presenta raíces y pedregalitos, con gránulos alveolados T.M. 34° y 31.6% de arena, hinchada, baja plasticidad y semi rígida. LL = 29.4% y LP = 21.2%	CL	-	8.6						
1.0	1.00	M-2	Arena limosa de grano fino, color gris oscuro, a 1.10 m. presenta bolitas redondeadas T.M. 10° formando un arillo, con 37.6% de finos no plásticos, de hinchada a saturada, semi dura. LL = 25.3%	SM	-	13.5						
1.5												
2.0												
2.5												
3.0												
3.5												
4.0												





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**



**Calicata C-9**

<b>Solicitado</b> :: Oficina Central de Planificación - UNI	<b>Revisado</b> :: Ing. David Vázquez L.
<b>Proyecto</b> :: Microzonación de Pisco	<b>Cota Superficial Relativa</b> ::
<b>Ubicación</b> :: A.A.H.H. Cinco de Diciembre	<b>Profundidad N.F.(m.)</b> :: N.A.
<b>Fecha</b> :: 13-05-99	<b>Profundidad Total (m.)</b> :: 2.00
<b>Operador</b> :: T.G.	

Profundidad (m.)	Muestra	Categoría	Descripción	Clasif. (SLICS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración Estándar				
					D.M. (cm²)	H.S. (kg)	Gráfica de M				
							Mf (kg/cm²)				
0.5	1.10	M-1	Limo color arenoso. Presenta tonos de arcilla, con 17.9% de arena fina, húmeda, no plástica y blanda.	ML	-	31.3					
1.6	0.80	M-2	Arena bien graduada, frías de grano medio, color beige amarillento, con 1.43% de finos no plásticos, húmeda y de consistencia suelta a semi densa.	SW-SM	-	14.6					
2.0											
2.5											
3.0											
3.5											
4.0											



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**



**Calicata C-9**

Solicitado	:: Oficina Central de Planificación - UNI	Revisado	:: Ing. David Vásquez L.
Proyecto	:: Microzonificación de Pisco	Cota Superficial Relativa	::
Ubicación	:: A.A.H.H. Cinco de Diciembre	Profundidad N.F. (m.)	:: N.L.A.
Fecha	:: 13-05-88	Profundidad Total (m.)	:: 2.00
Operador	:: T.G.		

Profundidad (m.)	Muestra (m.)	Categoría	Descripción del Material	Clasif. (SUSCS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración Estándar							
					D.M. (kg/cm <sup>2</sup> )	S.M. (%)	Cálculo de N							
							0	10	20	30	40	50		
0.5	1.10	M-1	Limo color marrón. Presenta hebras de arcilla, con 17.9% de arena fina, limada, no plástica y limada.	ML	-	31.3								
1.5	0.90	M-2	Arena limo granulada, frasca de grano medio, color beige amarillento, con 11.4% de limo no plástica, rubicunda y de compactación suelta a semi densa.	SM-SM	-	14.2								
2.0														
2.5														
3.0														
3.5														
4.0														



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**



**Calicata C-12**

<b>Solicitado</b> : Oficina Central de Planificación - UMI	<b>Revisado</b> : Ing. David Vásquez L.
<b>Proyecto</b> : Microzonificación de Pisco	<b>Cota Superficial Relativa</b> : _____
<b>Ubicación</b> : Urb. La Nueva Alameda (Campo Deportivo)	<b>Profundidad N.F. (m.)</b> : 1.00
<b>Fecha</b> : 14-05-89	<b>Profundidad Total (m.)</b> : 1.40
<b>Operador</b> : T.G.	

Profundidad (m.)	Elevación (m.)	Muestreo	Simbología	Descripción del Material	Clasif. (SUCS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración Estándar				
						ID PL (SUCS)	HUM (%)	Gólicia de N				
								NF golpes/30 cm.				
0							20	30	40	50		
0.05	0.80	SM		Refraso. Arena encostrada con yeso color escarlata. Presenta raíces, humedad, plástica y semi rígida.	R	-	-					
1	0.80	MS-1		Limo color negro. Presenta puntos blancos (yeso) y materia orgánica, con 6.4% de arena, limo húmedo e aptitud, estructura: plástica, semi rígida.	MS	-	65.6					
1.5												
2												
2.5												
3												
3.5												
4												



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**



Calicata C-15

Solicitud : Oficina Central de Planificación - UNI	Revisado : Ing. David Vésquez L.
Proyector : Microzonificación de Pisco	Cota Superficial Relativa : —
Utilización : Detrás del Depósito "Llanra Gas"	Profundidad N.F. (m.) : N.A.
Fecha : 28-08-88	Profundidad Total (m.) : 2.50
Operador : M.S.	

Profundidad (m.)	Escala de Muestras (m.)	Muestras	Descripción del Material	Clasif. (SUCS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración				
					D.M. (gr/cm <sup>3</sup> )	H.M. (%)	Gráfica de M				
							Nº golpes/30 cm.				
0	10	20	30	40	50						
0.60	SM		Arcilla gruesa, color beige. Presenta granitos albedos T.M. 38%. Baja humedad, plástica y semi rígida.	CL	-	-					
1.90	M-1		Limo arenoso, color beige, con 47.4% de arena fina. Baja humedad, no plástica y semirígida.	ML	-	1.4					
2.50											



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**



Calicata C-16

Solicitado	: Oficina Central de Planificación - UNI	Revisado	: Ing. David Vázquez L.
Proyecto	: Microzonificación de Pisco	Cota Superficial Relativa	: _____
Ubicación	: A unos 100 m. frente al depósito "Llama Gas"	Profundidad N.F. (m.)	: 1.00
Fecha	: 28-06-99	Profundidad Total (m.)	: 1.20
Operador	: M.S.		

Profundidad (m.)	Escala (m.)	Categoría	Descripción del Material	Clasif. (SUCS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración Estándar					
					D.N. (kg/cm <sup>2</sup> )	H.N. (kg)	Gráfica de R					
							N° golpes/30 cm.					
0	10	20	30	40	50							
0.40	S/M		Arcilla firme, color marrón. Presenta raíces y gravillas azules, húngaras, plásticas y blancas.	CL	-	-						
0.80	M-1		Arena limpia, de grano fino a medio, color marrón, con 24.5% de finos no plásticos, de número a saturada, suelta. LL=27.4% UP=25.6%	SM	-	27.0						
1.20												



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**



Calicata C-17

Solicitado	: Oficina Central de Planificación - UNI	Revisado	: Ing. David Vázquez L.
Proyecto	: Microzonificación de Pisco	Cota Superficial Relativa	: _____
Ubicación	: Fundo San Pedro	Profundidad NLF (m.)	: N/A.
Fecha	: 28-06-88	Profundidad Total (m.)	: 2.00
Operador	: M.S.		

Profundidad (m.)	Escala (cm)	Categoría Suelo	Descripción	Clasif. (SUCS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Resistencia Estática				
					D.R. (ton/cm <sup>2</sup> )	H.M. (kg)	Gráfica de M				
							Nº golpes/50 cm				
0.5	0.90	SM	Arcilla limosa, color marrón. Presenta raíces y gravillas aisladas, húmeda, plástica y blanda.	CL	-	-					
1.5	1.10	M-1	Grava predominantemente granulada limosa, de formas redondeadas, color gris. Presenta bolitas redondeadas T.M. 10", con 40.6% de arena y 0.6% de finos no plásticos, húmeda y de consistencia compacta.	GP-GM	-	5.0					
2.0											
2.5											
3.0											
3.5											
4.0											



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**



**Calicata C-18**

<b>Solicitado</b> : Oficina Central de Planificación - UNI	<b>Revisado</b> : Ing. David Vázquez L.
<b>Proyecto</b> : Microzonificación de Pisco	<b>Cota Superficial Relativa</b> : _____
<b>Ubicación</b> : Detrás de la Fábrica "Yambar"	<b>Profundidad N.F. (m.)</b> : N.A.
<b>Fecha</b> : 28-06-99	<b>Profundidad Total (m.)</b> : 2.80
<b>Operador</b> : M.S.	

P ro f u n d o r (m.)	E s t a d o s o c i o l o g i c o s (m.)	M o d o l o g i a s (m.)	S e c t o r e s (m.)	G r a d o s (m.)	Descripción del Material	Clasif. (SUCS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración Estándar						
							D.M. (kg/cm <sup>2</sup> )	H.M. (%)	Gráfica. detl.						
									Nº golpes/30 cm.						
									5	10	20	30	40	50	
0.5	0.60	S-M			Arcilla blanda, color beige. Presenta raíces y gravillas albedas, semi seca y semi rígida.	CL	-	-							
1															
1.5															
2	2.00	M-1			Arena pobremente graduada blanda, de grano fino, color marrón oscuro con 5.3% de finos no plástico, casi seca y semi densa.	SP-SM	-	0.9							
2.5															
3															
3.5															
4															



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**



Caficaba C-19

Solicitado : Oficina Central de Planificación - UNI	Realizado : Ing. David Vázquez L.
Proyecto : Microzonificación de Pisco	Cota Superficial Relativa : _____
Ubicación : P.P. J.J. "Pachinga"-Detrás del Colegio	Profundidad N.F.(m.) : 1.50
Fecha : 28-06-89	Profundidad Total (m.) : 1.80
Operador : M.S.	

Profundidad (m.)	Escala de Resistencia	Categoría de Suelos	Descripción del Material	Clasif. (SUCS)	Fuerzas de Campo		Ensayo de Penetración Estándar					
					D.M. (ton/cm <sup>2</sup> )	H.M. (kg)	Cálculo de N					
							Nº golpes/30 cm.					
0	10	20	30	40	50							
0.40	SM		Arcilla limosa, color beige oscuro. Presenta raíces cónicas, húmeda y blanda.	CL	-	-						
1.40	M-1		Arenas limosas de grano fino, color beige, con 1.3% de gravillas T.M. 3/4" y 10% de finos no plásticos, de humedad a estorceda y conl. densa a suelta.	SM	-	21.0						
2.00												
2.50												
3.00												
3.50												
4.00												



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**



**Calicata C-20**

<b>Solicitado</b> :	Oficina Central de Planificación - UNI	<b>Revisado</b> :	Ing. David Vásquez L.
<b>Proyecto</b> :	Microzonificación de Pisco	<b>Cota Superficial Relativa</b> :	—
<b>Ubicación</b> :	Detrás del Reservorio	<b>Profundidad NF.(m.)</b> :	N.A.
<b>Fecha</b> :	29-06-99	<b>Profundidad Total (m.)</b> :	2.0
<b>Operador</b> :	M.S.		

Profundidad (m.)	Estrato (m.)	Muestra	Descripción del Material	Clasif. (SUCS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración Estándar					
					D.M. (kg/cm <sup>2</sup> )	H.M. (%)	Gráfica de N					
							Nº golpes/30 cm					
0	10	20	30	40	50							
0.55	0.90	S/M	Arcilla limosa, color beige. Presenta raíces fibrosas, húmeda y blanda.	CL	-	-						
1	1.10	M-1	Limo con arena, color beige, con 21.5% de arena fina, de húmeda a saturada, semi compacto. LL = 42.2%.	ML	-	65.0						
2												
2.5												
3												
3.5												
4												



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES



Calicata C-21

Solicitado : Oficina Central de Planificación - UNI  
Proyecto : Microzonificación de Pisco  
Ubicación : Al pie del Reservoirio  
Fecha : 29-06-98  
Operador : M.S.

Revisado : Ing. David Vásquez L.  
Cota Superficial Relativa : —  
Profundidad N.F.(m.) : N.A.  
Profundidad Total (m.) : 2.0

P r o f u n d e z (m.)	E s p e s o r (m.)	M e t e r o s e s t r u c t u r a l	S e ñ a l e s	Descripción del Material	Clasif. (SUCS)	Planchas de Campo		Escala de Penetración Estándar						
						D.N. (grm <sup>2</sup> )	H.N. (%)	Gráfica de N						
								Nº golpes/30 cm						
						0 10 20 30 40 50								
0.50	SPM			Arena limosa, color beige. Presenta grava angulosas cilíndricas T.M. 1". casi seca y semi densa.	SM	-	-							
1.50	SM-1			Arena limosa, color beige. Presenta venas de coque en forma cilíndricas, con 29.5 % de grava angulosas T.M. 3/4" y 48% de fino no plásticas, con ligera humedad y semi densa a densa.	SM	-	1.5							
2.00														
2.50														
3.00														
3.50														
4.00														



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**



Celicata C-22

Solicitado : Oficina Central de Planificación - UNI	Revisado : Ing. David Vásquez L.
Proyecto : Microzonificación de Fisco	Cota Superficial Relativa : _____
Ubicación : Cerca a la Casata de Bombeo	Profundidad N.F.(m.) : N.A.
Fecha : 29-08-89	Profundidad Total (m.) : 2.0
Operador : M.S.	

Profundidad (m.)	Escala (m.)	Muestreo	Sondaje	Descripción del Material	Clasif. (SUCS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración - Estimación				
						D.N.L. (kg/cm <sup>2</sup> )	M.P.L. (kg)	Gráfica de H				
								Nº golpes/30 cm.				
						10	20	30	40	50		
0.5	0.60	SM		Arena fina, color beige. Presenta gravitas y está cementada, casi seca y densa.	SM	-	-					
1	0.60	M-1		Arena finosa de grano fino, color beige amarillento. Presenta un lente de sales cristalizadas de color blanco, con 48.3% de finos no plásticos, húmedo y denso.	SM	-	4.64					
1.5	0.60	SM		Arena predominantemente gruesa de grano fino, color beige oscuro, casi seca, no plástica, suelta.	SP	-	-					
2												
2.5												
3												
3.5												
4												



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES**

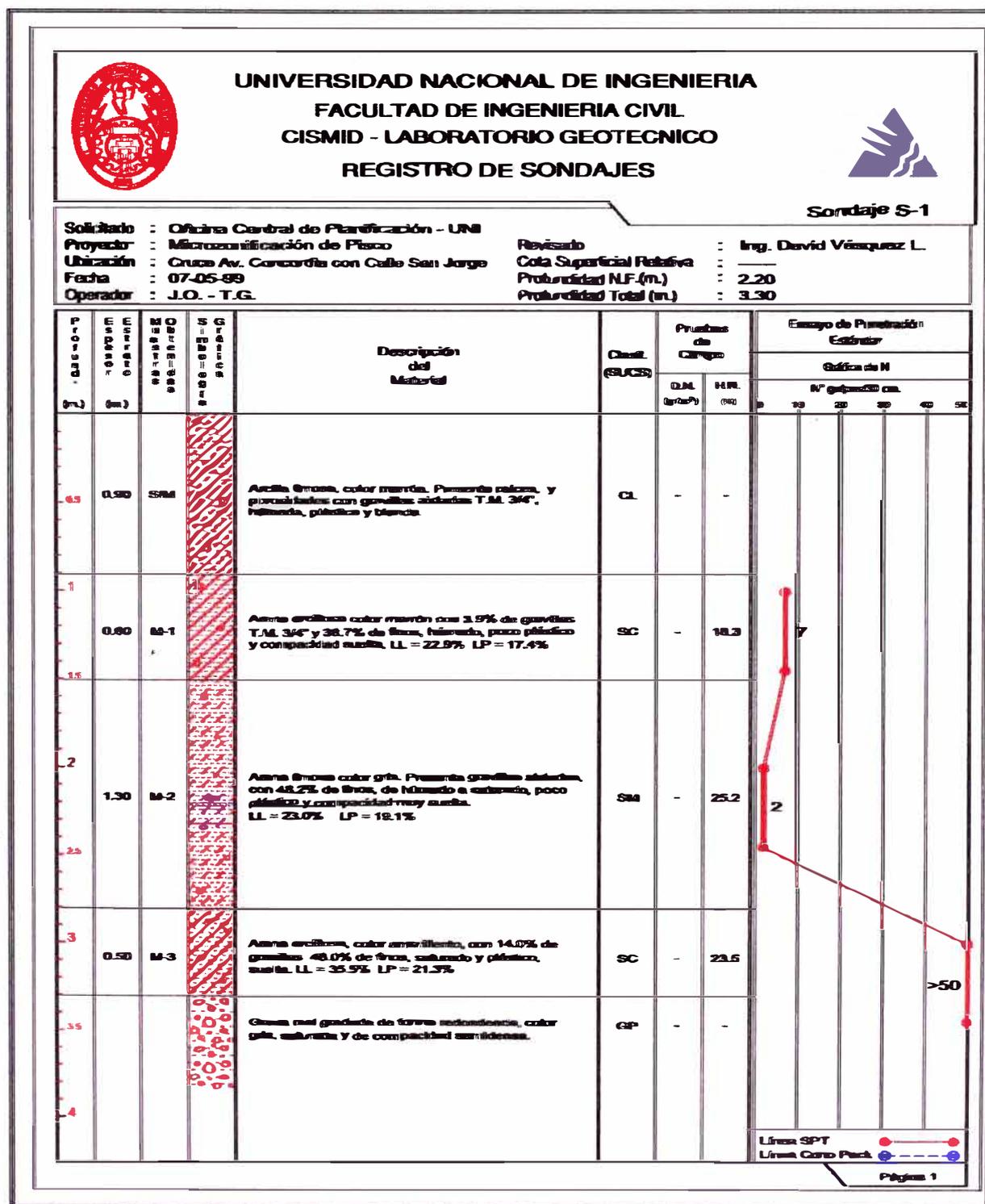


Calicata C-23

<b>Solicitado</b> : Oficina Central de Planificación - UMI	<b>Revisado</b> : Ing. David Vásquez L.
<b>Proyecto</b> : Microzonificación de Pisco	<b>Cota Superficial Relativa</b> : _____
<b>Ubicación</b> : A un costado de la pista a Pisco	<b>Profundidad NF.(m.)</b> : N.A.
<b>Fecha</b> : 29-06-99	<b>Profundidad Total (m.)</b> : 2.0
<b>Operador</b> : M.S.	

Profundidad (m.)	Elevación (m.)	Muestra	Gráfica	Descripción del Material	Clasif. (SUCS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración Estimador					
						DNL (kg/cm <sup>2</sup> )	H.M. (kg)	Cálculo de N					
								N <sub>60</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )					
0.40		S&e		arena fina, color beige, con ligera humedad y arení densa.	SM	-	-						
1.60		M-1		arena color beige claro. Presenta sales en forma aislada, con 13.6% de arena fina, referida, no plástica y en arení densa a densa.	ML	-	11.1						
2.00													

PERFORACIONES REALIZADAS EN PISCO EL AÑO 1999





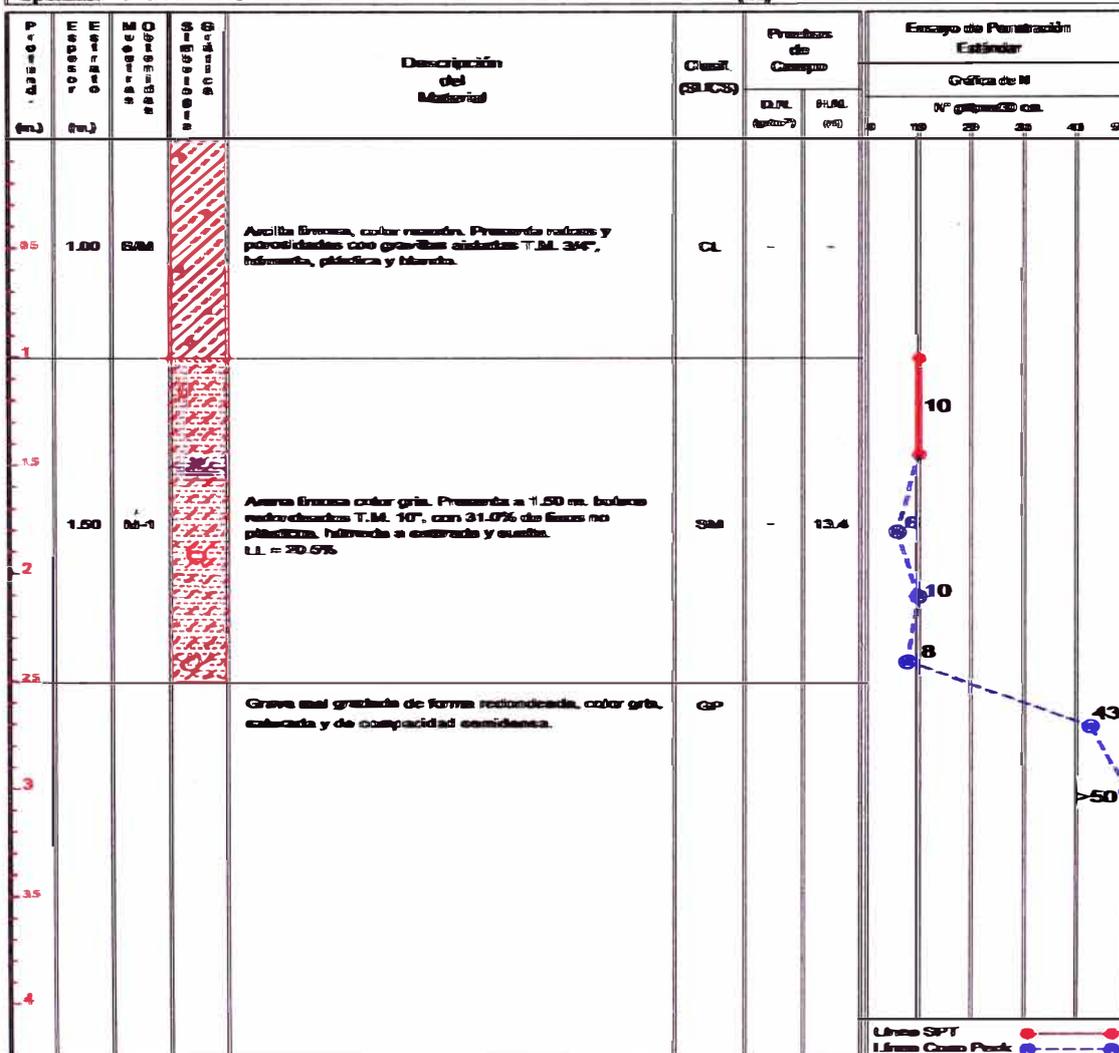
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO**  
**REGISTRO DE SONDAJES**



**Sondaje S-2**

**Solicitado:** : Oficina Central de Planificación - UNI  
**Proyecto:** : Modernización de Pisco  
**Ubicación:** : Urb. Los Rosales (Cerca al Parque Zonal)  
**Fecha:** : 07-05-89  
**Operador:** : J.O. - T.G.

**Revisado:** : Ing. David Vázquez L.  
**Cota Superficial Relativa:** : —  
**Profundidad N.F.(m.)** : 1.50  
**Profundidad Total (m.)** : 3.00





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO**  
**REGISTRO DE SONDAJES**



**Sondaje S-4**

**Solicitante** : Oficina Central de Planificación - UNI  
**Proyecto** : Microzonificación de Pisco  
**Ubicación** : LPI San Isidro (Final Av. San Clemente)  
**Fecha** : 08-05-99  
**Operador** : J.O. - T.G.

**Revisado** : Ing. David Vázquez L.  
**Cota Superficial Relativa** : ———  
**Profundidad N.F. (m.)** : 3.00  
**Profundidad Total (m.)** : 4.15

Profundidad (m.)	Elevación (m.)	Código SPT	Descripción del Material	Clasif. (SUCS)	Posición de Campo		Ensayo de Penetración Estándar							
					D.N.E. (gr/m <sup>3</sup> )	H.N.E. (%)	Gráfica de N							
							0	10	20	30	40	50		
0.5	0.90	SM	Arcilla limosa color rosado. Presenta raíces y plásticos y está rígida.	CL	-	-								
1	0.90	M-1	Arene limosa color rosado. Presenta grandes sílices, con 22.6% de finos no plásticos, húmeda y muy densa. LL = 20.5%	GM	-	7.7								
2	0.70	M-2	Arcilla limosa color rosado oscuro. Presenta colinas en forma abobada, con 40.7% de arena, muy húmeda y muy blanda. LL = 31.6% LP = 21.6%	CL	-	32.8								
3	1.10	M-3	Arene limosa de grano fino color gris amarillento, con 35.2% de finos no plásticos, bien húmeda y está densa. LL = 20.4%	SM	-	20.3								
4	0.55	M-4	Arene limosa color gris, con 17.7% de gramo T.M. 34" y 18.9% de finos no plásticos, saturada y semisólida.	SM	-	14.8								
4.5			Grava muy graduada de formas redondeadas, color gris, saturada y de compactación continua.	GP	-	-								

Línea SPT   
 Línea Como Peck

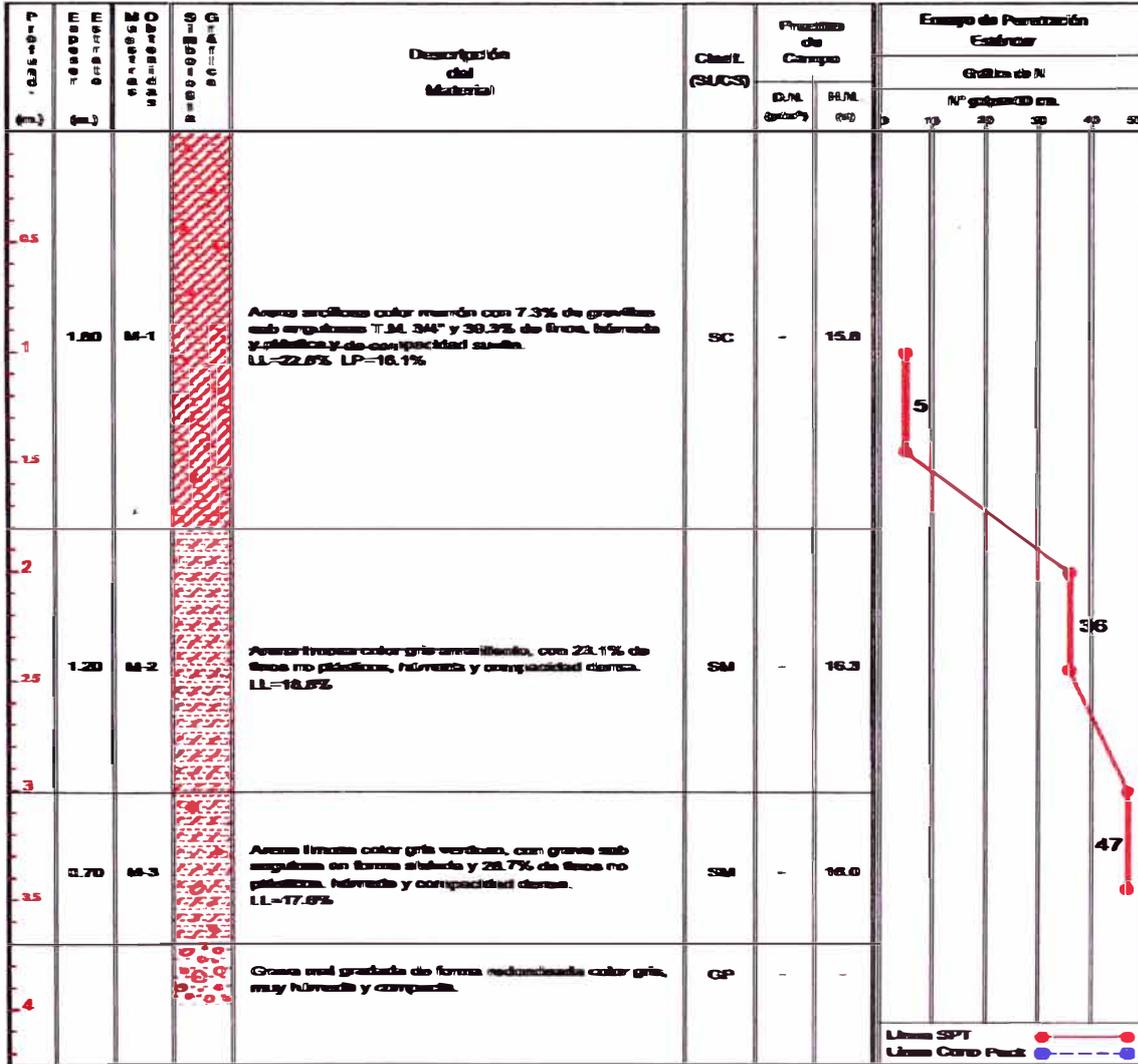


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO**  
**REGISTRO DE SONDAJES**



**Sondaje S-9**

<b>Solicitado</b> :	Oficina Central de Planificación - UNI	<b>Revisado</b> :	Ing. David Vásquez L.
<b>Proyecto</b> :	Microzonificación de Pisco	<b>Cota Superficial Relativa</b> :	---
<b>Ubicación</b> :	Av. Abraham Valdelomar	<b>Profundidad NLF (m.)</b> :	N.A.
<b>Fecha</b> :	08-05-99	<b>Profundidad Total (m.)</b> :	3.70
<b>Operador</b> :	J.O. - T.G.		





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
CISMID - LABORATORIO GEOTECNICO  
REGISTRO DE SONDAJES



Sondataje S-11

Solicitado : Oficina Central de Planificación - UNI  
Proyecto : Microzonificación de Pischo  
Ubicación : ACAL S.A. (Detrás del Cementerio)  
Fecha : 09-05-80  
Operador : J.O. - T.G.

Revisado : Ing. David Vásquez L.  
Cota Superficial Relativa :  
Profundidad N.F.(m.) : N.A.  
Profundidad Total (m.) : 2.40

Profundidad (m.)	Elevación (m.)	Muestra	Descripción del Material	Clasif. (USLCS)	Pruebas de Campo		Ensayo de Penetración Estándar					
					D.N. (kg/cm <sup>2</sup> )	H.M. (kg)	Cálculo de N					
							Nº golpes/30 cm.					
0.00	1.00	M-1	Arena limosa color marrón claro, con 21.5% de finos no plásticos, humedad y compacta. U=25.6%	SM	-	7.0						
1.00	0.00	M-2	Arena limosa color marrón con 19.1% de granillo subanguloso T.M. 34% y 20.9% de finos no plásticos, húmeda y compacta. U=18.6%	SM	-	7.4						
2.00			Grava mal graduada de forma redondeada, color gris-azul, húmeda, es compactada varía de casi compacta a muy compacta.	GP	-	-						