

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Ingeniería Civil**



**FORMULACION Y DISEÑO DEL PROYECTO DE
SANEAMIENTO UNIPAMPA - ZONA 8
"FORMULACION DEL ESTUDIO GEOTÉCNICO"**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de :

INGENIERO CIVIL

CARLOS ALVARADO VILCHEZ

Lima - Perú

2007

INDICE

	Página
RESUMEN	02
INTRODUCCION	04
CAPITULO 1 GENERALIDADES	05
1.1 Ubicación	05
1.2 Clima	05
1.3 Descripción del Sistema y Estructuras Componentes	07
CAPITULO 2 GEOLOGIA	08
2.1 Geología General	08
2.2 Geología Estructural	21
2.2.1 Provincia Estructural Costanera	22
2.2.2 Provincia Estructural Andina	22
CAPITULO 3 SISMICIDAD	28
3.1 Sismotectónica	28
3.1.1 Identificación de fuentes sismogénicas	28
3.1.2 Sismicidad Instrumental	29
3.1.3 Sismicidad histórica en el área	29
3.2 Evaluación del Peligro Sísmico	31
CAPITULO 4 INVESTIGACIONES GEOTECNICAS	34
4.1 Trabajos de Campo	34
4.2 Ensayos de Laboratorio	37
4.2.1 Ensayos de identificación de suelos	38
4.2.2 Ensayos de expansividad	40
4.2.3 Ensayos de cambio de volumen	42
4.2.4 Ensayos químicos	43
4.2.5 Ensayos de resistencia	44
4.2.6 Ensayos de inspección o control en obras de compactación	49
4.2.7 Ensayos de caracterización e identificación de rocas	49
4.2.8 Ensayos de evaluación de los macizos rocosos	51
4.3 Informaciones Complementarias	55
4.4 Perfil Estratigráfico	57
CAPITULO 5 CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE	58
5.1 Profundidad de Cimentación de las Estructuras	58
5.2 Capacidad Portante de las Estructuras	59
5.3 Asentamientos de cimentaciones	61
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFIA	67
ANEXOS	69

RESUMEN

La zona del proyecto "Unipampa Zona 8" se ubica entre las coordenadas UTM: E 360914.0 N 8641326.6, E 360649.3 N 8641616.4, E 360883.4 N 8641840.1 y E 369164.3 N 8641661.3 a una altitud promedio de 150 msnm. El área de 1.00 Km² es donde se van a desarrollar el proyecto de saneamiento. Situada a la altura del km 158 de la Panamericana Sur, esta ubicación es representativa de los 25 km de costa elevada entre los valles de Cañete y Chincha. La orilla está formada por un acantilado que fluctúa entre los 160 y 200 m de altura.

Presenta un patrón climático muy seco y semi-cálido, se caracteriza por su escasa o casi nula precipitación pluvial, aproximadamente 26.6 mm. Las temperaturas tienen un amplio rango de oscilación durante el año, con promedios mensuales que varían entre 23.6° C (en Febrero) y 16.3°C (en Agosto), con un promedio anual de 19°C. La estación invernal es fría, con un alto porcentaje de humedad atmosférica, su promedio varía de 81.0% en verano a 87.0% en invierno.

Las estructuras que componen el sistema son: pozo, línea de impulsión, reservorio, línea de aducción y red de distribución.

El Terciario-Plioceno está representado por la Formación Cañete, la cual se circunscribe a una pequeña área cercana al litoral, que forma parte de la denominada Pampa Clarita, al Sur del área agrícola del valle de Cañete.

Esta formación está constituida por conglomerados formados por cantos rodados de diversos tamaños e interdigitados con lentes de areniscas muy friables. Este conjunto reposa en forma discordante sobre rocas del Mioceno.

En el área del proyecto predominan conglomerados redondeados del tamaño de cantos a grava en matriz arenosa limosa. Hacia el sur, en los acantilados situados en el borde litoral de Jahuay existe una alternancia de conglomerados y sedimentos arenosos y limosos; capas de arena fina a gruesa, lentes arcillosos limosos y limo arcillosos color marrón claro y marrón amarillento; también se puede encontrar arena fina en horizontes y lentes con alguna estratificación cruzada.

En la zona del proyecto se puede diferenciar cuatro unidades geomorfológicas:

1) valle, 2) playas en acantilados, 3) pampas costaneras y 4) estribaciones del frente andino.

Por la naturaleza de los depósitos recientes que cubren la mayor parte del área del proyecto, no se han observado fallas en el área cartografiada.

Las fallas regionales aparecen al este de Pampa Clarita hacia los cerros Lúcumo.

En el área de influencia del proyecto la actividad sísmica está asociada principalmente al fenómeno de subducción de la placa de Nazca. La actividad sísmo-tectónica en la zona de la corteza continental también tiene influencia en el proyecto, aunque en menor proporción respecto a la actividad sísmica debido al fenómeno de subducción.

Los principales grandes eventos sísmicos cuyo epicentro se encuentra frente a la costa del departamento de Lima son los siguientes: 1586 ($M_s=8.0$), 1687 ($M_s=8.4$), 1746 ($M_s=8.4$), 1966 ($M_s=8.0$), 1940 ($M_s=8.0$) y 1974 ($M_s=8.1$). La aceleración máxima para el proyecto estará entre 0,40 – 0,55 g, para un evento sísmico de 475 años de tiempo de retomo, asociado al 10% de excedencia.

Con respecto a las investigaciones geotécnicas se realizaron trabajos de campo durante dos días. En el primer día se hizo un reconocimiento sobre la geología de la zona del proyecto, así como delimitación de la zona del proyecto y ubicación de las estructuras del proyecto de saneamiento. En el segundo día se hicieron calicatas de dos metros de profundidad, se extrajeron muestras de suelo para ser ensayadas y se determinó la profundidad de la cimentación de las estructuras. Los resultados de los ensayos indicaron que el suelo es una arena limosa pobremente graduada (SP-SM), con un ángulo de fricción interna de 32.3° y cohesión cero.

La capacidad portante del reservorio es de 1.34 Kg/cm² y de la caseta de bombeo es de 0.52 Kg/cm².

Los asentamientos diferenciales de las cimentaciones del reservorio y de la caseta de bombeo se encuentran dentro de los límites permisibles.

INTRODUCCION

El agua es un elemento vital para todo ser humano, que la necesita para su alimentación, aseo y riego de cultivos. El agua es un recurso limitado que debe captarse y distribuirse debidamente. La fuente esencial del agua potable es la lluvia, utilizada en pocas ocasiones como fuente directa. Cuando llueve en abundancia, el agua corre por arroyos, y si la lluvia es de menor intensidad, se filtra en el suelo a través de los estratos porosos hasta encontrar un estrato impermeable en el que el agua se acumula, formando depósitos subterráneos. El agua subterránea alimenta pozos, galerías filtrantes y manantiales, que a su vez proporcionan agua a ríos, arroyos y lagos. En su discurrir, el agua subterránea disuelve minerales solubles, y a menudo las aguas superficiales de lagos y ríos está contaminada por desechos industriales y actividades de depuración.

La calidad del agua de estas fuentes varía considerablemente. Las aguas superficiales suelen ser mas turbias y contener mayor cantidad de bacterias que las subterráneas, pero éstas tienen mayores concentraciones de productos químicos en disolución.

Para explotar las aguas subterráneas hacia la superficie son necesarios los pozos y las bombas, las cuales serán transportadas por tuberías de aducción hacia el reservorio donde quedará almacenada para luego ser distribuida a cada lote para el consumo de los habitantes.

Así mismo, es necesaria la construcción de una estructura como el reservorio que necesita estudios para su cimentación, así mismo se necesita analizar condiciones de geología y sismología en la zona donde se realizará el proyecto.

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 Ubicación

Esta área está ubicada en Pampa Clarita, en el Departamento de Lima, Provincia de Cañete, Distrito de San Vicente de Cañete. El acceso a la zona es la Carretera Panamericana Sur.

Situada a la altura del km 158 de la Panamericana Sur, esta ubicación es representativa de los 25 km de costa elevada entre los valles de Cañete y Chincha. La orilla está formada por un acantilado que fluctúa entre los 160 y 200 m de altura.

La zona del proyecto "Unipampa Zona 8" se ubica entre las coordenadas UTM: E 360914.0 N 8641326.6, E 360649.3 N 8641616.4, E 360883.4 N 8641840.1 y E 369164.3 N 8641661.3 a una altitud promedio de 150 msnm. El área de 1.00 Km² es donde se van a desarrollar el proyecto de saneamiento.

Sus límites son: por el Norte con terrenos de cultivo de La Arena y Chacarilla, sectores de la antigua Hacienda Herbay Bajo; por el Sur y Este con el centro poblado La Arena y la Carretera Panamericana Sur y por el Oeste con el Océano Pacífico (Punta Iguana, Playa Clarita y Playa Cóndor).

1.2 Clima

Presenta un patrón climático, muy seco y semi-cálido, se caracteriza por su escasa o casi nula precipitación pluvial, aproximadamente 26.6 mm. Las temperaturas tienen un amplio rango de oscilación durante el año, con promedios mensuales que varían entre 23.6° C (en Febrero) y 16.3°C (en Agosto), con un promedio anual de 19°C. La estación invernal es fría, con un alto

porcentaje de humedad atmosférica, su promedio varía de 81.0% en verano a 87.0% en invierno.

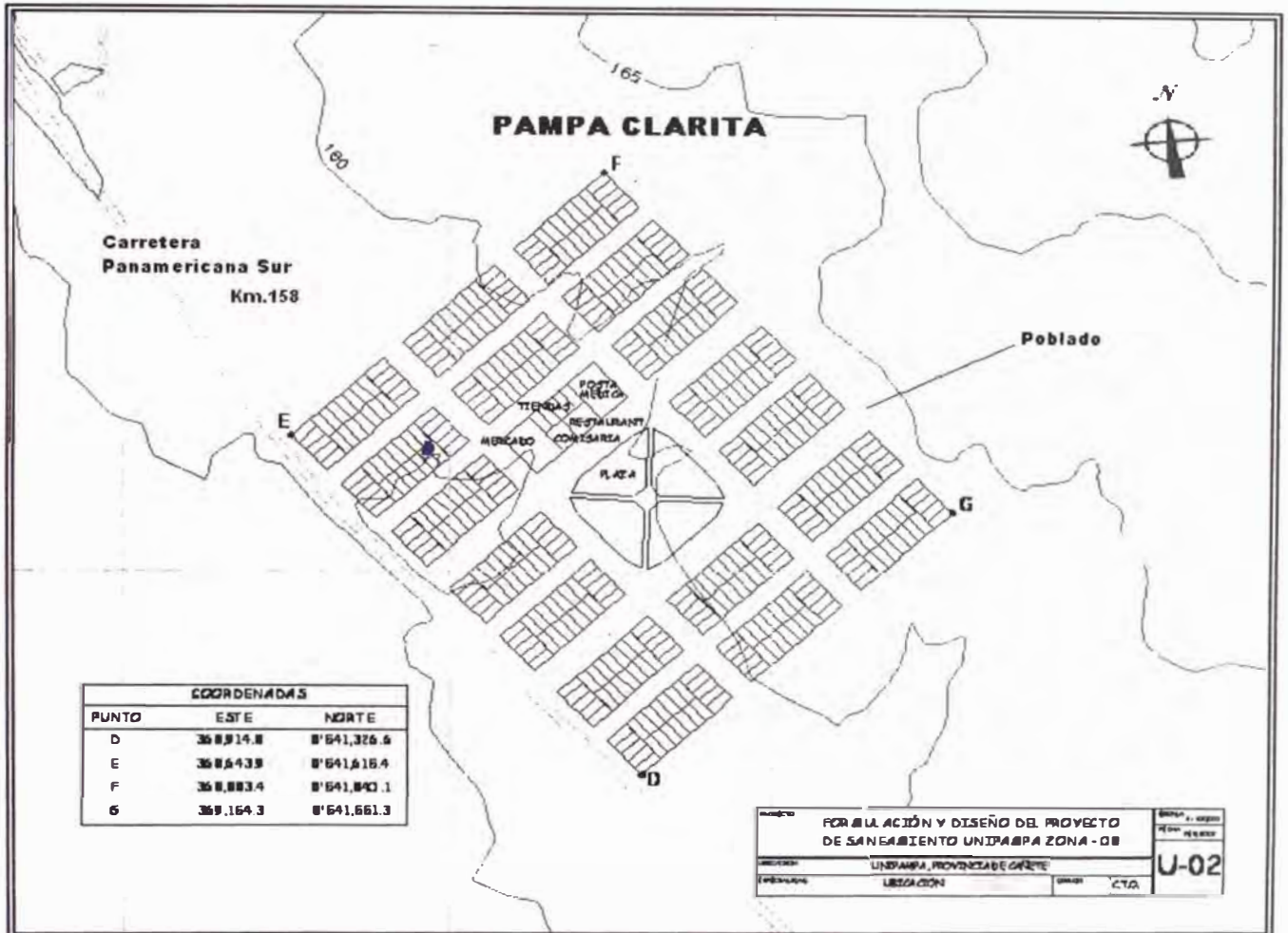


Figura N° 1: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.3 Descripción del Sistema y Estructuras componentes

Las estructuras que componen el sistema son:

- ❖ Pozo.
- ❖ Línea de Impulsión.
- ❖ Reservorio.
- ❖ Línea de Aducción.
- ❖ Red de Distribución.

CAPITULO 2

GEOLOGIA

2.1 Geología General

2.1.1 Generalidades

El estudio geológico, realizado a nivel de reconocimiento, ha tenido como objetivos principales proporcionar el conocimiento geológico integral de la cuenca del río Cañete como base para la interpretación y fundamentación de las diversas disciplinas conexas, como Suelos, Ecología, Agrostología, Vialidad e Hidrología.

Para lograr estos objetivos y por no existir información integral sobre la geología de la cuenca, se ha realizado estudios relativos a su constitución estratigráfica, litológica, estructural y minera.

Los únicos trabajos previos en los que se ha tratado, en forma parcial, los aspectos geológicos de algunas áreas de la zona en estudio, son los siguientes: " Geología del Área Quilmaná-Cañete", efectuado como trabajo de tesis por el Ing. Luis Reyes R.; "Informe Preliminar de la Faja Costanera del departamento de Ica", realizado por George Petersen y "Reconocimiento Geológico de la Región Pisco-Nazca", efectuado por Norman D. Newell. De estos trabajos, se ha tomado algunos fundamentos y su nomenclatura.

Desde el punto de vista geológico, originalmente el área de estudio constituye una gran cuenca de sedimentación en donde se depositaron unidades litológicas de orígenes marino y continental. Posteriormente, éstas fueron deformadas tanto por la intrusión ígnea de magnitud batolítica como por movimientos orogénicos y epirogenéticos, como queda evidenciado por el levantamiento de los Andes y por el desarrollo de diversas estructuras geológicas tales como fallas, pliegues, sobre-escurrimientos, etc., principalmente en el sector andino de la cuenca.

Las rocas que se encuentran en el área están representadas por una secuencia de sedimentos finos con intercalaciones volcánicas (andesitas, dacitas), calizas, areniscas, lutitas, etc., además de intrusiones ígneas de composición granitoide y efusiones volcánicas que cubren parcial o totalmente las estructuras y rocas más antiguas. La edad de las rocas comprende desde el Jurásico Inferior hasta el Cuaternario reciente.

En el aspecto metálico, la zona presenta tres áreas mineralizadas: Meridional, Central y Septentrional, habiéndose identificado especies minerales de plata, plomo, zinc y cobre. El área central tiene especial significado, ya que de ella se extrae la mayor parte de la producción minera de la cuenca, destacando en este sentido el asiento minero denominado Yauricocha.

En cuanto a los depósitos no-metálicos, cabe señalar que en la zona existe gran variedad de los mismos, entre los que destacan las calizas, los materiales de construcción, las arcillas, etc.

2.1.2 Metodología

El material cartográfico empleado consistió en fotografías aéreas verticales a la escala promedio de 1:50, 000, hojas topográficas de la Carta Nacional a la escala de 1:100, 000 (ampliación de 1:200, 000) y el mapa base a la escala de 1:200, 000, elaborado a partir de los mosaicos aerofotográficos de la parte baja de la zona y de las hojas topográficas de la Carta Nacional correspondientes a las partes media y alta.

2.1.3 Estratigrafía

En el área de estudio, se ha identificado rocas sedimentarias e ígneas cuyas edades abarcan desde el Jurásico Inferior hasta el Cuaternario reciente. Las formaciones sedimentarias más antiguas afloran principalmente en el sector más alto de la cuenca y se disponen en franjas que siguen una orientación general paralela a la Cordillera de los Andes. Los depósitos más recientes ocurren en el sector de la franja costanera. Las rocas ígneas intrusivas y extrusivas, forman un gran bloque en el sector central de la zona, existiendo también otros

afloramientos diseminados en toda la cuenca.

La secuencia estratigráfica de la zona ha sido establecida por la similitud litológica y posición estratigráfica equivalente con las de otras zonas del país.

La Tabla N° 01 muestra la sucesión estratigráfica del área estudiada, observándose que las rocas más antiguas corresponden a la denominada Formación Pucará, del Jurásico Inferior. En el sector que circunda el área agrícola del valle aflora, en forma de franja, una secuencia litológica perteneciente a la Formación Puente Piedra del Jurásico Superior-Cretáceo, la cual no ha sido reconocida en la cuenca alta. Descansando discordantemente sobre la Formación Pucará, aparece un conjunto litológico correspondiente al Grupo Goyllarisquizga, del Cretáceo Inferior, el que a su vez se encuentra debajo de las rocas del Grupo Mochoy, perteneciente al Cretáceo Medio. Cubriendo parcialmente a esta secuencia litológica, se encuentran los estratos de la Formación Casapalca. En forma discordante, sobreyace una serie de rocas de colores diversos correspondientes a la denominada Serie A bigarrada, cuya posición estratigráfica dentro del Terciario aún no está definida. Rocas más recientes, cuyas edades quedarían comprendidas entre el Terciario y el Cuaternario reciente, afloran en el sector del valle y en las áreas vecinas, así como en el sector de la cuenca alta, y están compuestas por rocas volcánicas, depósitos morrénicos y fluvio-glaciales, aluviales, fluvio-aluviales y eólicos.

A continuación se describen las Eras Geológicas de la zona:

A.- Mesozoico

Esta Era se encuentra representada por unidades litológicas dispuestas en franjas cuyo rumbo es paralelo al de la Cordillera de los Andes y cuyas edades oscilan entre el Jurásico Inferior y el Cretáceo, constituyendo las primeras, las rocas más antiguas identificadas en la región.

A.1.- Jurásico Inferior: Grupo Pucará (Ji)

Se considera tentativamente como correspondiente al Grupo Pucará, del Jurásico Inferior, a un conjunto de rocas que se hallan formando el núcleo de un anticlinal ubicado hacia el Sur de la estación ferroviaria de Chaucha. En general,

se trata de un afloramiento de reducida extensión.

TABLA N° 01
SECUENCIA ESTRATIGRAFICA

ERA	SISTEMA	FORMACION	LITOLOGIA	
ROCAS SEDIMENTARIAS				
CENOZOICO	CUATERNARIO	Depósitos Eólicos	Arena de grano fino principalmente.	
		Depósitos Marinos	Arenas, gravas y rodados.	
		Depósitos Fluvio-Aluviales	Arenas, gravas, arcillas, fragmentos de rocas subangulares y heterométricas.	
		Depósitos Fluviales	Arena, grava, limo y arcilla.	
		Depósitos Aluviales	Arena, grava, arcilla y conglomerado pseudoconsolidado.	
		Depósitos Morrénicos y Fluvio-Glaciales	Acumulaciones morrénicas: fragmentos rocosos dentro de una masa arenosa y arcillo-arenosa. Acumulaciones fluvioglaciales: arena, grava y arcilla	
		Serie Volcánica Superior	Derrames, tufos y lavas de composición riolítica y/o andesítica, cenizas volcánicas.	
	TERCIARIO	Formación Cañete	Conglomerados conformados por rodados heterométricos, interdigitados con lentes de areniscas friables.	
		Formación Huamani	Arcillas, lutitas, areniscas arcillosas y conglomerado fino.	
		Serie Abigarrada	Conglomerados, areniscas tufáceas, lavas, cenizas, volcánicas, lutitas, margas y ocasionalmente calizas.	
	CRETACEO SUPERIOR-TERCIARIO	Formación Casapalca	Conglomerados, lutitas calcáreas, margas, calizas, flujos de lava y tufos.	
	MESOZOICO	CRETACEO MEDIO	Grupo Machay	Calizas masivas, calizas silíceas, pseudobrechas calcáreas, lutitas carbonosas con areniscas finas interestratificadas con calizas margosas, sill basáltico.
		CRETACEO INFERIOR	Grupo Goyllarisquizga	Areniscas con lutitas carbonosas, cuarcitas y capas delgadas de carbón, arcilla y calizas.
JURASICO SUPERIOR CRETACEO		Formación Puente Piedra	Limonitas y areniscas interestratificadas con material volcánico, principalmente andesitas, capas delgadas de lutitas, aglomerados volcánicos, calizas y cuarcitas.	
JURASICO INFERIOR		Grupo Pucará	Calizas y calizas dolomíticas estratificadas en bancos gruesos intercalados con capas calcáreas de menor potencia.	
ROCAS IGNEAS INTRUSIVAS				
CRETACEO TERCARIO		Batólito Andino	Rocas plutónicas: granitos, granodioritas, dioritas, tonalitas. Intrusiones menores: Andesitas, microdioritas, etc.	

Otras exposiciones más pequeñas del Grupo Pucará han sido identificadas hacia el extremo Norte del área estudiada, uno de los cuales se continuó fuera de los límites de la cuenca del río Cañete. Estos afloramientos de menores dimensiones también se encuentran constituyendo núcleos de estructuras anticlinales. El Grupo Pucará se encuentra en contacto discordante debajo de las rocas que conforman el Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior.

Litológicamente, consiste de calizas de color bruno a gris claro y calizas dolomíticas macizas, dispuestas alternadamente en capas potentes y delgadas. El rumbo general de estos estratos es Noroeste-Sureste.

Las rocas que constituyen este grupo han generado suelos residuales-arcillosos principalmente, de reacción básica y de profundidad y permeabilidad variables.

A.2.- Jurásico Superior-Cretáceo: Formación Puente Piedra (Js-K)

Bajo la denominación de Formación Puente Piedra, se considera al conjunto de rocas que afloran en las estribaciones andinas que bordean las áreas planas del valle, en el Cerro Bandurria, ubicado hacia el Noreste de la localidad de Quilmaná, y en el Cerro denominado Loma Negra.

La Formación Puente Piedra está conformada por una secuencia de limolitas y areniscas de color amarillo violáceo, dispuestos en capas delgadas con intercalaciones de rocas volcánicas, principalmente de tipo andesítico, de color verde grisáceo a gris, de textura porfídica, lutitas intercaladas con calizas y cuarcitas.

La potencia de esta formación se considera superior a los mil metros y su rumbo general es sensiblemente paralelo al de la Cordillera de los Andes.

Las rocas de esta formación han dado origen a suelos residuales, principalmente arenosos y areno-arcillosos, que contienen a menudo restos de la roca madre; son ácidos, aunque por sectores se muestran básicos sobre todo cuando el suelo se ha desarrollado sobre material calcáreo. Su profundidad y permeabilidad son variables.

A.3.- Cretáceo Inferior: Grupo Goyllarisquizga (Ki)

En la parte alta de la cuenca en estudio, se ha identificado formaciones rocosas a las cuales se les ha considerado como pertenecientes al Grupo Goyllarisquizga del Cretáceo Inferior. Estas rocas se presentan en franjas que siguen una orientación general Noroeste-Sureste, cuya distribución geográfica se muestra en el Mapa Geológico adjunto.

Su constitución litológica comprende paquetes gruesos de areniscas intercaladas con lutitas carbonosas, cuarcitas y capas delgadas de carbón y arcilla; hay, además, inter-estratificaciones de calizas tanto en la base como en el tope de este grupo.

Estos estratos se disponen discordantemente sobre los del Grupo Pucara anteriormente descrito y se estima que su potencia puede ser superior a los mil metros.

Este conjunto litológico ha dado origen a suelos residuales poco desarrollados, fundamentalmente arenosos, ácidos por excelencia pero con cierta reacción básica cuando el suelo se ha generado sobre capas de material calcáreo.

A.4.- Cretáceo Medio: Grupo Machay (Km)

Las rocas del Grupo Machay, pertenecientes al Cretáceo Medio, se encuentran ampliamente distribuidas en la porción septentrional de la cuenca y ocurren en forma de franjas cuyo rumbo general es Noroeste-Sureste. Otros afloramientos menores han sido identificados en la parte céntrica oriental de la zona estudiada. Esta secuencia, que se encuentra suprayaciendo conformablemente a las rocas del Cretáceo Inferior, está constituida por capas de lutitas carbonosas con areniscas de grano fino, estratos de calizas margosas, sill tipo basáltico, calizas masivas dispuestas en bancos potentes, calizas silíceas en gruesos estratos; además, se ha encontrado pseudobrechas calcáreas. La potencia de este Cretáceo Medio se estima en 700 m. aproximadamente.

Este conjunto pétreo es de gran importancia, ya que en las calizas de este grupo está localizada la mejor mineralización de la zona, como lo evidencian las minas Yauricocha, Dinamarca y Lliplina.

Los suelos residuales a que han dado lugar estas rocas son arenosos y arcillo-arenosos, básicos principalmente y de permeabilidad y profundidad variables.

A.5.- Cretáceo Superior-Terciario Formación Casapalca (Ks-T)

A un conjunto litológico que yace conformablemente sobre las calizas del Cretáceo-Medio, se le ha considerado como perteneciente a la Formación Casapalca, a la cual se le supone como del Cretáceo Superior-Terciario, en virtud de su posición estratigráfica. Su distribución dentro del área estudiada es bastante amplia y a manera de franjas, cuyas capas siguen un rumbo general Noroeste-Sureste y se localizan principalmente hacia las partes Norte y Nororiental de la cuenca, como se muestra en el Mapa Geológico adjunto.

Este conjunto litológico consiste de conglomerados, lutitas de color rojo que acusan reacción calcárea, margas y calizas puras con inter-estratificaciones de calizas margosas; además, se ha identificado flujos de lava y tufos.

Todas las rosas de esta formación han generado suelos residuales arenosos y areno-arcillosos, con fragmentos de la roca madre; son parcialmente calcáreos, poco profundos y de permeabilidad variable.

A.6.- Rocas Ígneas Intrusivas (KT-I)

Por considerarse que el emplazamiento de las rocas ígneas intrusivas tuvo lugar durante el Cretáceo-Terciario, su descripción se incluye en esta parte del informe con el fin de conservar en lo posible la secuencia cronológica. Las rocas ígneas intrusivas constituyen uno de los conjuntos de rocas que cubren una gran extensión en la zona.

Sus afloramientos mayores forman una gran masa que se extiende desde los alrededores de Caltopa hasta unos 10 Km. al Norte de Puente Auco, constituyendo parte del batolito andino de la Costa que aflora desde la localidad de Trujillo, en el Norte, en forma ininterrumpida, hasta las cercanías de la quebrada de Pescadores, Arequipa, en el Sur del país.

Los afloramientos de esta masa ígnea, por el Sur-Oeste, aparecen en contacto con las rocas volcánicas sedimentarias de la Formación Puente Piedra. Por el Norte, estas rocas ígneas se encuentran en contacto con las rocas volcánicas del Terciario. Esta masa ígnea presenta intrusiones menores (stocks, filones, copas, etc.), algunas de las cuales fueron singenéticas con el batolito andino y otras posteriores a él.

Afloramientos menores de rocas ígneas aparecen en las áreas cercanas al litoral así como también en el sector superior de la cuenca alta, pareciendo que estas últimas tienen relación con la mineralización de la zona.

La composición de las rocas intrusivas es muy variada, predominando sin embargo, las de composición intermedia como granodiorita, diorita y tonalita. La gran masa ígnea que forma parte del batolito andino está constituida por una amplia gama de rocas de composición heterogéneo, entre las que destacan granitos, granodioritas, etc., pudiéndose apreciar además la gradación existente de un tipo de roca hacia otro, tal como ocurre entre Puente Auco y el cerro Puntahuasi, en donde se ha observado la presencia de tres tipos de rocas: cuarzolatita porfídica, diorita cuarcífera y granito potásico.

Una muestra representativa de la cuarzolatita porfídica, tomada a la altura de Puente Auco, presenta las siguientes características: color gris verdoso, grano afanítico y estructura maciza. El estudio microscópico reveló que los minerales esenciales están constituidos por ortosa, plagioclasas, que corresponde a la variedad de oligoclasa, y cuarzo; entre los minerales accesorios, se identificó esfena, apatita, biotita, piroxeno, magnetita y zircón y, finalmente, entre los minerales secundarios, se observó la presencia de epidota. La roca ha sido considerada de textura porfídica con pasta microgranular hornfésica.

Una muestra rocosa representativa de diorita cuarcífera fue extraída de un área cercana a la anterior, presentando las siguientes características: color gris, grano afanítico, estructura masiva y textura equigranular. El análisis microscópico señala que los minerales esenciales están representados por plagioclasas en una proporción de 75 por ciento y que corresponden a la variedad andesita; entre los minerales accesorios, se observó piroxeno, biotita, cuarzo y magnetita y, como mineral secundario se determinó la presencia de tremolita. La roca fue clasificada como de textura reticulada, granular idiomórfica.

Una muestra representativa del granito potásico, obtenida del Cerro Puntahuasi presenta las siguientes características: color gris pardo, grano fanerítico y textura granítica. Al microscopio, se identificó como minerales esenciales, cuarzo, ortosa y oligoclasa; como minerales accesorios, biotita, esfena, magnetita y zircón; y, como minerales secundarios, sericita y limonita. La textura de esta roca ha sido catalogada como granular senomórfica.

A la altura de Vitis y Huancaya, aflora un cuerpo ígneo intrusivo de gran dimensión que ha sido clasificado como granodiorita, la cual tiene un color gris, grano fanerítico, estructura maciza y textura granular. El estudio microscópico reveló que los minerales esenciales estaban constituidos por plagioclasas de la variedad oligoclasa, cuarzo y feldespato; entre los minerales accesorios, se identificó biotita y prehnita; y, como minerales secundarios, se observó sericita y clorita. La textura de esta roca ha sido catalogada como granular hipidiomórfica, granítica e intersticial.

En el límite Nororiental de la cuenca (Cerro Caja Real), aflora un stock de tonalita porfídica que tiene las siguientes características: color gris claro, grano fanerítico, estructura maciza y textura porfídica. Mediante el análisis microscópico, se identificó, como minerales esenciales, plagioclasas (variedad oligoclasa) y cuarzo; como minerales secundarios, tremolita y sericita. La textura de esta roca fue clasificada como porfídica con matriz granular. Otro afloramiento de tonalita ha sido reconocido en los alrededores del depósito mineral de Yauricocha.

Por otro lado, es notoria la presencia de intrusiones menores (stocks, diques y filones capas) de composición andesítica, microdiorítica y aplítica, que atraviesan el macizo batolítico. Asimismo, se ha observado un gran número de xenolitos dentro de dicho macizo, los cuales se han originado debido a segregaciones magmáticas durante el proceso de consolidación de la masa batolítica.

Es evidente que los cuerpos ígneos intrusivos principalmente las tonalitas, se encuentran estrechamente vinculados a procesos de mineralización ocurridos en la cuenca superior del río Cañete, lo cual queda testificado por los depósitos de Yauricocha y Lliplina.

Las rocas ígneas intrusivas de composición ácida (granitos) han generado suelos residuales arenosos y arcillo-arenosos, de profundidad variable que a menudo contienen restos de roca madre. Las rocas intermedias (dioritas, andesitas, etc.), han originado suelos residuales arcillosos y areno-arcillosos de profundidad variable, ricos en cal y álcalis y, por lo tanto, son más fértiles.

B.- Cenozoico

El Cenozoico se halla representado por unidades litológicas que comprenden desde el Terciario hasta el Cuaternario reciente, ocupando una mayor extensión superficial los afloramientos correspondientes al Terciario.

Las rocas que conforman el Cenozoico se encuentran cubriendo grandes extensiones, principalmente en los sectores medio occidental y oriental de la cuenca. Los afloramientos de la parte medio oriental no han sido todavía debidamente clasificados, de allí que para los efectos del presente estudio se les considere como Terciario Indiviso.

B.1.- Terciario

Las unidades estratigráficas que constituyen el Terciario están representadas por la Serie Abigarrada, la Formación Huamaní y la Formación Cañete.

B.1.1.- Terciario indiviso: Serie Abigarrada (T-sa)

La Serie Abigarrada se encuentra cubriendo una gran área de la porción céntrica oriental de la zona estudiada, observándose además que sus afloramientos se prolongan hacia las cuencas de los ríos San Juan y Mantaro.

En términos generales, se encuentra constituida por una secuencia de conglomerados areniscas tufáceas, lavas, cenizas volcánicas, lutitas, andesitas de color gris oscuro, interestratificadas con cenizas de color rojo oscuro y ocasionalmente calizas. La característica principal de esta secuencia es la gran variedad de colores que presenta, de donde deriva su nombre.

Las rocas de esta serie se disponen, en discordancia aparente, sobre las calizas cretáceas del Grupo Macha así como también sobre las unidades que constituyen el Cretáceo Superior-Terciario, Sus capas muestran un rumbo general de Norte-Sur y su potencia se estima superior a los mil metros.

En general, los suelos derivados de esta serie son de tipo residual, arenosos y areno-arcillosos, de profundidad y permeabilidad variables y parcialmente calcáreos.

B.1.2.- Mioceno: Formación Huamaní (T-h)

La Formación Huamaní presenta dos afloramientos de dimensiones reducidas. Uno de ellos se encuentra constituyendo la estructura del cerro Candela, ubicado entre las poblaciones de San Vicente e Imperial y la Hacienda La Quebrada; el otro formato cerros de Ungará en las inmediaciones de las Haciendas Montejato y Ungará.

Los estratos de esta formación se hallan conformados por arcillas, lutitas parcialmente silificadas y areniscas arcillosas que se presentan en capas bien estratificadas dispuestas en forma casi horizontal. En general, se trata de rocas que acusan una compactación pobre. En la base de este conjunto, yacen bancos de conglomerado, finos, de colores amarillento, verde y rojizo. Además, en el cerro Candela, se ha identificado la presencia de diques andesíticos los que probablemente sean la causa de la parcial silificación que presentan las lutitas en ese lugar.

Los suelos que han generado las rocas de esta formación son residuales, arenosos y areno-arcillosos, de profundidad y permeabilidad variables.

B.1.3.- Plioceno: Formación Cañete (T-c)

El Terciario-Plioceno está representado por la Formación Cañete, la cual se circunscribe a una pequeña área cercana al litoral, que forma parte de lo denominada Pampa Clarita, al Sur del área agrícola del valle de Cañete.

Esta formación se halla constituida por conglomerados formados por rodados de diversos tamaños e interdigitados con lentes de areniscas muy friables. Este conjunto reposa en forma discordante sobre rocas del Mioceno.

Los suelos generados a partir de las rocas que constituyen la formación Cañete son residuales, de composición heterogénea, pedregosos, permeables y de profundidad variable.

B.2.- Cuaternario

B.2.1.- Plio-Pleistoceno: Serie Volcánica Superior (TQ-V)

Un grupo de rocas de tipo volcánica, ampliamente distribuido en el sector central de la cuenca, ha sido identificado como Serie Volcánica Superior, por las semejanzas litológicas que presenta con las rocas descritas por Harrison en la región Central del Perú. Otros afloramientos de menores dimensiones se ubican en la cuenca alta, en las cercanías de las localidades de Carania y Miraflores y en los alrededores de Tanta, así como también en la cuenca baja, conformando los Cerros y Lomas de Pócoto.

Esta secuencia se presenta en forma casi horizontal disponiéndose discordantemente sobre unidades litológicas más antiguas y cubre además estructuras geológicas preexistentes. Litológicamente, la referida serie, está constituida por derrames, tufos y lavas de composición riolítica y andesítico, cenizas, etc., de colores gris, bruno y rosado.

Los suelos residuales originados a partir de estas rocas son areno-arcillosos y arcillosos, poco profundos, de permeabilidad variable y predominantemente ácidos.

B.2.2.- Pleistoceno: Depósitos Morrénicos (Q-mo)

El Pleistoceno está formado por depósitos morrénicos y fluvio-glaciales, ubicados, principalmente, en el sector noroccidental de la cuenca alta. Los primeros se encuentran en las inmediaciones de las lagunas Pilicocha, Paucarcocha, Pomacocha, Ticllacocha y Llongote, mientras que las acumulaciones fluvio-glaciales se sitúan en las partes bajas de los laderas de los cerros que bordean dichas lagunas, a manera de depósitos caóticos.

La constitución litológica de los depósitos morrénicos es variada y compleja, predominando fragmentos rocosos de composición volcánica, tanto sub-redondeados como angulosos, dentro de una masa aglutinante arcillosa o areno-arcillosa. Los materiales fluvio-glaciales consisten de grava, arena y arcilla.

Los depósitos morrénicos constituyen suelos transportados, arenosos y arcillo-arenosos, de profundidad y permeabilidad variables.

B.2.3.- Reciente

Los agentes del intemperismo que vienen actuando durante el Cuaternario reciente han dado como consecuencia una serie de depósitos clásticos que se les ha identificado como depósitos aluviales, depósitos fluviales, depósitos fluvio-aluviales, depósitos marinos y depósitos eólicos, los cuales pasamos a describir:

Depósitos Aluviales (Q-al)

Convencionalmente, se ha adoptado el término de depósitos aluviales para designar a las acumulaciones clásticas que se encuentran constituidas por conglomerados, grava, arena y arcilla. Estos depósitos constituyen el área agrícola del valle del río Cañete. Desde el punto de vista edáfico, conforman suelos transportados profundos, areno-arcillosos y en los cuales se desarrolla el mayor porcentaje de la actividad agrícola de la región.

Depósitos Fluviales (Q-f)

Se ha denominado así a un conjunto litológico heterogéneo e inconsolidado, constituido por gravas, rodados, arenas, limos y arcillas, que se vienen depositando principalmente a lo largo del cauce del río Cañete, al descender el poder de transporte del mismo. Los depósitos fluviales conforman suelos transportados heterogéneos, de extensión muy limitada y de potencia y permeabilidad variables.

Depósitos Fluvio-Aluviales (Q-fal)

Bajo esta denominación, se ha agrupado a las acumulaciones detríticas provenientes de la acción intermitente del agua y de la gravedad, las cuales han sido transportadas a través de cortas distancias. Estos depósitos, de diversa magnitud, han adquirido una mayor propagación en la parte inferior de la cuenca estudiada, en donde se les encuentra bordeando las áreas cultivadas de la Irrigación del Imperial.

Fallamiento □□te, están compuestos por una mezcla de componentes heterométricos, entre los que destacan: gravas, rodados, fragmentos de rocas sub-redondeadas, arenas y arcillas. Estas acumulaciones clásticas han dado origen a suelos transportados de composición heterogénea, de profundidad variable y de permeabilidad de moderada alta.

Depósitos Marinos (Q-ma)

Estos depósitos, que ocupan una extensión muy limitada, se localizan en la faja litoral consisten de grava, rodados y de arena de grano medio a fino. Dan origen a suelos principalmente arenosos, salobres, profundos y muy permeables.

Depósitos Eólicos (Q-e)

Estas acumulaciones eólicas están constituidas principalmente por arenas de grano fino. Se les encuentra preferentemente a lo largo de la faja costanera, habiendo adoptado formas diversas, tales como dunas, médanos, lomos de ballena, etc., las que cubren parcialmente formaciones rocosas más antiguas. Los depósitos eólicos dan origen a suelos transportados, arenosos y de profundidad y permeabilidad variables.

2.2 Geología Estructural

Desde el punto de vista regional, se puede indicar que en la cuenca del río Cañete han ocurrido eventos geológicos de diversa magnitud, tales como el emplazamiento de plutones y movimientos orogenéticos y epirogenéticos. Estos han intervenido, en mayor o menor grado, en la formación de un variado conjunto de estructuras geológicas, tanto simples como complejas, que se presentan con mucha mayor intensidad en la cuenca superior.

Por esta razón, la zona estudiada puede ser dividida, en términos generales, en dos provincias estructurales: la costanera y la andina, separadas por una gran masa ígnea que ha tenido una participación activa en el desarrollo tectónico y

estratigráfico de la cuenca.

2.2.1 Provincia Estructural Costanera

En esta provincia, han ocurrido, principalmente, esfuerzos de tensión que han dado lugar a la formación de fallas de menor intensidad que comprometen especialmente a las rocas que constituyen la Formación Puente Piedra del Jurásico Superior-Cretáceo. Otro rasgo característico de esta provincia, es la presencia de material volcánico del Terciario-Cuaternario que descansa, discordantemente en posición casi horizontal, sobre unidades litológicas más antiguas, lo que hace suponer que el disturbamiento ocurrido en esta área se ha producido con anterioridad a la depositación del material volcánico.

2.2.2 Provincia Estructural Andina

Esta provincia estructural está ubicada en la parte alta de la cuenca y comprende desde la divisoria continental hasta las localidades de Miraflores, Laraos y Lincha. Se caracteriza por la presencia de un gran número de plegamientos y fallamientos longitudinales (siguen el rumbo de los estratos) de diversa magnitud, originados, fundamentalmente, por esfuerzos de compresión, generados en dirección Noreste-Suroeste, que disturbaron unidades litológicas del Jurásico Inferior, Cretáceo y Terciario.

De acuerdo con las estructuras geológicas, identificadas principalmente por métodos foto-interpretativos, es factible suponer que probablemente ha ocurrido un solo ciclo de disturbamiento, el mismo que habría tenido lugar entre el Terciario medio y el superior. Algunos de los plegamientos y fallamientos están ligados o procesos de mineralización identificados en la cuenca alta, tal como sucede con las estructuras de las áreas de Yauricocha y Tomas.

Debido al nivel del estudio realizado, sólo se hará una descripción muy generalizada de los rasgos estructurales más característicos de esta provincia, los cuales son:

(1) Sinclinorio de Yupanca

Se ha denominado Sinclinorio de Yupanca a un plegamiento desarrollado en rocas del Cretáceo Superior-Terciario que se localiza hacia ambos lados de la quebrada de la cual recibe su nombre. Este sinclinorio está limitado, hacia el Oeste, por un sinclinal que ha deformado rocas del Cretáceo inferior y, hacia el Este, por el anticlinorio de Huishcapuclo, el cual se describe más adelante. Está constituido por una serie de pliegues longitudinales algunos de los cuales son difíciles de identificar sobre las fotografías aéreas. El rumbo general de los ejes que conforman esta estructura es Sureste-Noroeste.

(2) Anticlinorio de Huishcapuclo

En el área del nevado Huishcapuclo, se encuentra el anticlinorio que lleva su nombre; es una estructura constituida por una sucesión de pliegues longitudinales, cuya identificación estereoscópica. Sobre las fotografías aéreas es poco perceptible. Dichos pliegues han afectado rocas del Cretáceo medio y, de acuerdo con la magnitud de la deformación, es probable que este anticlinorio esté acompañado por fallas inversas y/o de sobre-escurrimiento. Esta estructura está limitada, por el Oeste, por el sinclinorio de Yupanca y, por el Este, por la falla denominada Vilca. Los ejes de las estructuras que constituyen el anticlinorio de Huishcapuclo tienen un rumbo general Sureste-Noroeste.

(3) Plegamiento Pampahuasi-Tullpa

Con este nombre, se ha denominado a una serie de anticlinales y sinclinales que ocurren hacia el extremo Norte de la cuenca alta, entre los cerros de los cuales deriva su nombre. La formación de estas estructuras geológicas ha producido un intenso disturbamiento en rocas del Jurásico Inferior, Cretáceo y Cretáceo Superior-Terciario. En general, el rumbo que presentan los ejes de estas estructuras es Sureste-Noroeste, con excepción del sinclinal ubicado en la quebrada Anquis, desarrollado en rocas del Cretáceo Superior-Terciario, cuyo eje presenta un rumbo Norte-Sur.

(4) Plegamiento Yauricocha-Laraos

Entre las localidades de Yauricocha y Laraos, se observa el desarrollo de estructuras plegadas dispuestas longitudinalmente y acompañadas por fallas inversas y/o sobreescurrecimientos, cuya génesis ha comprometido rocas de edad cretácea. Este plegamiento se caracteriza por presentar dos áreas estructuralmente definidos: una comprendida entre Laraos y Alis y, otra, entre Alis y Yauricocha. En la primera, ocurren pliegues apretados, posiblemente asociados con fallas inversas longitudinales y, en la segunda, se localizan pliegues un tanto más amplios que en conjunto vendrían a constituir un anticlinorio. En general, los pliegues son asimétricos y sus ejes tienen un rumbo general Sureste-Noroeste.

Es evidente que estas estructuras plegadas están estrechamente relacionadas con procesos de mineralización, como lo demuestra la presencia de depósitos mineros en Yauricocha que, en el momento actual, posee el mayor potencial minero de la cuenca.

(5) Plegamiento de Tomas

Bajo esta denominación, se considera a un grupo de pliegues que se han desarrollado hacia el Norte de la localidad de Tomas, los que en su formación han afectado intensamente unidades litológicas del Cretáceo medio. Estas estructuras se han generado en sentido longitudinal y sus ejes muestran un rumbo general similar al de las estructuras descritas anteriormente. Las evidencias de campo indican que este plegamiento está estrechamente vinculado con procesos de mineralización de la cuenca, como lo demuestran los depósitos ubicados en los alrededores de la localidad de Tomas (Mina Dinamarca),

(6) Anticlinal de Chaucha

Esta estructura anticlinal se encuentra aflorando hacia el Sur de la localidad de

Chaucha y durante su formación ha disturbado rocas pertenecientes al Mesozoico.

En general, se trata de un anticlinal erosionado cuyo núcleo está constituido por unidades litológicas correspondientes al Jurásico inferior y los flancos, por rocas del Cretáceo inferior y medio. El eje de esta estructura plegada presenta un rumbo general (Sureste-Noroeste).

(7) Anticlinal de Llacsá

Hacia las proximidades de la localidad de Llacsá, se ha identificado una estructura anticlinal que lleva su nombre, la cual durante su formación ha comprometido rocas del Cretáceo medio. Se trata de una estructura anticlinal erosionada cuyo eje sigue un rumbo general Sureste-Noroeste.

(8) Plegamiento Caja Real

Al Norte del cerro Caja Real, cercano a la divisoria continental, existe un grupo de pliegues longitudinales y apretados que se han desarrollado en rocas pertenecientes al Cretáceo superior-Terciario, cuyos ejes siguen un rumbo general Sureste-Noroeste. No se tiene conocimiento que este plegamiento se encuentre relacionado con algún proceso de mineralización; sin embargo, ello podría ser factible si se tiene en consideración que ocurre próximo a un stock de tonalita porfídica.

(9) Plegamiento Huascacocha-Tunahuasi

Esta estructura se desarrolla en las proximidades de la laguna Huascacocha y de la quebrada Tunahuasi, de las cuales toma su nombre. La formación de este plegamiento ha disturbado rocas de la Serie Abigarrada y está constituido por un conjunto de pliegues apretados asimétricos, cuyos ejes tienen rumbos Norte-Sur y Sureste-Noroeste. Más al Sur, se ha identificado una sucesión de pliegues que presentan características similares, lo que hace suponer que se trate de la

prolongación del plegamiento Huascacocha-Tunahuasi. Se desconoce su vinculación con proceso de mineralización alguno; sin embargo, será necesario realizar investigaciones geológicas más detalladas para establecer sus verdaderas posibilidades mineras.

(10) Fallamiento Alis-Huancachi

Los esfuerzos de compresión regional que ha soportado la cuenca alta del río Cañete han originado una serie de fallamientos que han afectado rocas del Cretáceo hasta el Terciario. Entre ellos, se puede señalar el grupo de fallas longitudinales invertidas y/o de sobre-escurrimiento que se desarrollan entre las localidades de Alis y Huancachi. Estas estructuras son las responsables de los desplazamientos hacia arriba de rocas del Cretáceo inferior sobre las del Cretáceo medio y de las del Cretáceo medio sobre las del Cretáceo superior-Terciario. Evidencias del primer caso se localizan al Este del pueblo de Alis y del segundo, en las proximidades de Yauricocha.

El rumbo general de las fallas es Sureste-Noroeste, es decir, paralelo a los plegamientos con los cuales están estrechamente relacionados. Por lo general, las superficies de falla tienen una inclinación hacia el Suroeste, con excepción de aquella ubicada al Este de Puncaraque, que se dirige hacia el Noreste. Este fallamiento está íntimamente ligado a los procesos de mineralización más importantes de la cuenca, como lo demuestra la calidad y el volumen de los minerales existentes en el área de Yauricocha.

(11) Fallamiento Vilca

Aproximadamente a un kilómetro al Norte de la localidad de Vilca, se ha identificado una falla longitudinal del tipo de sobreescurrecimiento, que, originada por esfuerzos de compresión, ha perturbado unidades litológicas correspondientes al Cretáceo medio, las que se han desplazado hacia arriba, sobre las rocas del Cretáceo Superior-Terciario. Esta estructura se extiende con un rumbo general Noroeste-Sureste, desde las proximidades del nevado Escalera hasta el Cerro Cochapata, ubicado al Norte de la localidad de Tomas.

Su superficie de falla presenta inclinaciones tanto hacia el Oeste como al Suroeste.

(12) Fallamiento de Tomas

A cuatro kilómetros aproximadamente al Norte de la localidad de Tomas, se desplaza una falla del tipo de sobreescurrimiento con dirección Noroeste-Sureste, que se une con la falla Vilca a la altura de la quebrada Tambomachay. En su formación, esta falla ha disturbado rocas del Cretáceo medio y del Cretáceo Superior-Terciario. Las primeras han sido desplazadas hacia arriba, sobre las segundas, a lo largo de la superficie de falla, la misma que presenta una inclinación hacia el Suroeste. Es de suponer que tanto el fallamiento como el plegamiento de Tomas estén íntimamente ligados a los procesos de mineralización de la cuenca, tal como lo demuestra la presencia de los depósitos de minerales identificados al Norte de la localidad de Tomas, en la mina Dinamarca y alrededores.

(13) Fallamiento Yanacocha-Quimsacocha

Esta falla de sobre-escurrimiento se extiende desde las inmediaciones de la laguna Yanacocha hasta el cerro Quimsacocha, en donde se une con la falla Vilca descrita anteriormente. En su formación, ha disturbado rocas del Cretáceo inferior, los que han sufrido un desplazamiento hacia arriba sobre las unidades litológicas del Cretáceo medio, las que también al ser disturbadas se desplazaron, en igual forma, sobre las rocas del Cretáceo Superior-Terciario. La falla conserva un rumbo general Este-Oeste.

CAPITULO 3

SISMICIDAD

El presente capítulo muestra los resultados de la revisión de la actividad sísmica histórica, sísmica instrumental y geotectónica en el área de influencia de Pampa Clarita. Asimismo se presentan rangos de valores de máximas aceleraciones sísmicas a las que estaría sometida el área del proyecto, de acuerdo a estudios regionales realizados en el Perú.

La sísmica es una de las manifestaciones de la dinámica del interior del globo terrestre y refleja el grado de actividad de las diferentes regiones del mundo, hasta profundidades de 700 Km. La distribución espacial de la actividad sísmica no es uniforme, pero sigue patrones bien definidos. Está principalmente concentrada en los el borde de los grandes bloques tectónicos, denominados placas tectónicas. Su estudio es muy importante para la evaluación del peligro sísmico potencial. El patrón de sísmica en el Perú y áreas vecinas es relativamente simple. Es el resultado de la interacción de las placas tectónicas Sudamericana y de Nazca, y de los reajustes que se producen en la corteza terrestre como consecuencia de esta interacción y la morfología alcanzada por el Aparato Andino.

3.1 SISMOTECTÓNICA

3.1.1 Identificación de Fuentes Sismogénicas

En el área de influencia del proyecto la actividad sísmica está asociada principalmente al fenómeno de subducción de la placa de Nazca. La actividad sísmo-tectónica en la zona de la corteza continental también tiene influencia en

el proyecto, aunque en menor proporción respecto a la actividad sísmica debido al fenómeno de subducción.

Los trabajos de regionalización sísmica realizados en el Perú (Casaverde y Vargas, 1980; Sharma y Candia, 1990; Castillo y Alva, 1993) han identificado fuentes sismógenicas que modelan la actividad sísmica de subducción y de corteza. En estos trabajos se determinaron los parámetros sismológicos de las fuentes (Gutenberg, B y Richter, 1965) con la finalidad de evaluar el peligro sísmico.

3.1.2 Sismicidad Instrumental

La distribución espacial de hipocentros de eventos sísmicos ocurridos en el periodo 1963 al 2000 muestra una concentración de eventos sísmicos con profundidad focal (hipocentro) menor a los 70 km y, al parecer, relacionada con la sismicidad ocurrida en la superficie de contacto o de Benioff. Siguiendo la dirección de subducción de esta superficie, la sismicidad es intermedia con los hipocentros ubicados entre los 70 a los 300 km de profundidad. Más aún, se observa actividad sísmica profunda entre los 500 y los 650 km, probablemente relacionada con el fenómeno de subducción.

En la zona de la corteza continental, y fuera del área de interfase de placas, se aprecia que los eventos sísmicos tienen una profundidad superficial. Se han asociado éstos a la falla potencialmente activa de Huaytapallana (Macharé et al., 1991), ubicada al noreste de la ciudad de Huancayo y a aproximadamente 175 km al este del área del proyecto.

3.1.3 Sismicidad Histórica en el Area

La descripción histórica sísmica del Perú (Silgado, 1978), nos muestra que la zona de la porción oceánica frente a las costas peruanas se han producido grandes sismos históricos, produciendo algunos de ellos tsunamis destructivos (Silgado E., 1974).

Los principales grandes eventos sísmicos cuyo epicentro se encuentra frente a la costa del departamento de Lima son los siguientes: 1586 (Ms=8.0), 1687 (Ms=8.4), 1746 (Ms=8.4), 1966 (Ms=8.0), 1940 (Ms=8.0) y 1974 (Ms=8.1).

De acuerdo la distribución de máximas intensidades (Escala Modificada de Mercalli o MMI) en el área de influencia del proyecto, se han observado intensidades sísmicas altas, hallándose entre los niveles XIII y IX (Alva et al., 1984).

TABLA N° 02 REGISTRO DE SISMOS EN EL PERU

Fecha	Intensidad	Observaciones
21.11.1901	No registrada	Fue sentido en Lima y ligeramente en Tarma. Tuvo gran duración.
04.03.1904	VII – VIII	Intenso movimiento sísmico en Lima, sentido en un área de percepción aproximada de unos 230,000 km ² .
23.02.1907	V	Sacudida percibida en un área aproximada de 106,000 km ² .
21.08.1915	No registrada	Acaeció un movimiento violento en Mala, que se sintió fuerte en Lima y Callao, leve en Ica.
11.03.1926	No registrada	Tembló la tierra en Lima con intensidad. Sentido con violencia en Chosica y Cañete.
19.01.1932	V-VII	La ciudad de Lima fue sacudida por un violento temblor.
05.08.1933	No registrada	Fuerte y prolongado temblor en Lima, Callao e Ica.
25.04.1939	VI	Fuerte temblor en las ciudades costeras de Pisco, Chincha y Lima.
24.05.1940	VI	La ciudad de Lima y poblaciones cercanas fueron sacudidas por un terremoto.
15.06.1945	No registrada	Temblor muy fuerte en Lima.
21.08.1945	No registrada	En las ciudades de la costa, entre Lima y Mala se sintió ligeramente estimándose un área de percepción de unos 210,000 km ² .
28.05.1948	VII	Fuerte sismo destructor en Cañete, el área de percepción fue de unos 90,000 km ² .
31.01.1951	VI-VII	Fuerte temblor experimentó la ciudad de Lima.
21.04.1954	VI	Movimiento ligeramente destructor en el Sur de Lima.
09.02.1955	No registrada	Temblor fuerte en Lima.
18.02.1957	IV-V	En Lima, el movimiento fue percibido de un fuerte ruido.
01.03.1958	VI	Intenso temblor en el Sur de Lima.
15.01.1960	No registrada	Fuerte temblor sacudió Lima.
27.01.1961	VI	Estremecimiento de tierra en las poblaciones costeras comprendidas entre Lima y Nazca.
17.09.1963	No registrada	Un movimiento prolongado y ruidoso a lo largo de toda la costa entre Cañete y Trujillo. En Lima despertó a los pobladores.

Fecha	Intensidad	Observaciones
17.10.1966	VI	La ciudad de Lima fue estremecida por un sismo que fue indudablemente uno de los más intensos que se habían producido desde 1940.
28.09.1968	< VI	Sentido fuertemente en Lima.
31.05.1970	VI	Uno de los más catastróficos terremotos ocurridos en el Perú.
10.06.1971	III-IV	Intenso movimiento sismo sacudió la parte Central. En Lima se sintió con la intensidad indicada.
05.01.1974	6.6 de magnitud en la escala de Richter	Fuerte en las provincias de Huarochirí, Yauyos y Cañete. Daños en los caseríos de la cuenca de los ríos Lurín y Mala.
03.10.1974	VII	Sismo fuerte en Lima (<i>Chorrillos y La Molina</i>). Efectos destructores en Mala, Chincha, Cañete y Pisco

3.2 EVALUACION DEL PELIGRO SISMICO

Aunque en la práctica no se ha llegado a la unanimidad en la terminología, se entiende por peligrosidad sísmica la probabilidad de que un parámetro elegido para medir el movimiento del suelo (desplazamiento, velocidad, aceleración, magnitud, intensidad, etc.) supere un nivel dado a lo largo del tiempo que se considera de interés. Es un concepto básicamente sismológico y constituye el dato de entrada para la evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico y sus aplicaciones en la planificación urbana o el diseño sismorresistente.

La consideración conjunta de la peligrosidad sísmica en el emplazamiento, la vulnerabilidad de las edificaciones y el valor económico de las mismas constituye el riesgo sísmico. En su estimación participan sismólogos, ingenieros, arquitectos, economistas, compañías de seguro, etc.

El primer tema que se plantea es elegir el parámetro que evalúa la excitación del suelo. Indudablemente el interés de los ingenieros se dirige a los parámetros que miden el daño producido por un sismo o que puede sufrir una estructura. Por ello, la intensidad y la aceleración máxima son los conceptos que más aceptación han recibido en los análisis de peligrosidad. El valor de esta última, correspondiente a una probabilidad dada en el emplazamiento o la zona de

estudio, será el dato fundamental para elaborar el espectro escalado de respuesta y el espectro de diseño.

De acuerdo a los trabajos regionales de evaluación del peligro sísmico (Sharma y Candia, 1990; Castillo y Alva, 1993), se ha estimado el rango de aceleraciones máximas, a las que estaría sometido el área del proyecto. Asimismo, se incluye los valores de aceleración máxima obtenidos del estudio de peligro sísmico para el trazo del gasoducto del proyecto Camisea (Vector, 2001).

El análisis de peligro sísmico presentado en estos trabajos aplicó la metodología desarrollada por A. Cornell (1968) en términos probabilísticos. La metodología de peligro sísmico integra información sismotectónica, parámetros sismológicos y leyes de atenuación regionales para los diferentes mecanismos de ruptura (McGuire R, 1974).

A continuación se resume los valores de máximas aceleraciones presentada por los autores mencionados. Estos valores fueron determinados para el 10% de excedencia de la aceleración máxima para 475 y 950 años de tiempo de retorno.

Referencia	Tiempo de Retorno de 475 años	Tiempo de Retorno de 950 años
Sharma y Candia (1990)	0.40 – 0.45	
Castillo y Alva (1993)	0.44 – 0.46	0.50 – 0.52
Vector (2001)	0.50 – 0.55	0.65 – 0.70

De acuerdo a estos resultados, la aceleración máxima para el proyecto estará entre 0,40 – 0,55 g, para un evento sísmico de 475 años de tiempo de retorno, asociado al 10% de excedencia.

El rango de valores de aceleraciones mostrados y de acuerdo al registro de la sismicidad, se concluye que el área del proyecto está ubicada en una zona de alta sismicidad. En consecuencia, la probabilidad de ocurrencia de terremotos y tsunamis destructivos es alta, tal como lo muestra el registro histórico.

Se recomienda realizar un estudio de peligro sísmico y amplificación sísmica específico, con la finalidad de determinar el nivel de aceleración máxima en superficie considerando el efecto de amplificación del suelo local.

Geodinámica Externa

En la Costa Sur se considera a la cuenca del río Cañete como una de las cuencas costeras con mayor incidencia de problemas geodinámicos como son: inundaciones, huaycos, aluviones, inestabilidad de taludes, sismo y tsunamis. Todos estos con graves repercusiones, pérdida de vidas, viviendas arrasadas, áreas de cultivo y obras de ingeniería destruidas.

En el área de estudio, los fenómenos de geodinámica externa están condicionados a factores hidrológicos en las subcuencas de sus quebradas paralelas situadas desde Herbay Alto en Cañete; hasta la Pampa de Vituc, por el sur.

En la zona costera o del borde litoral son los tsunamis los de mayor importancia. Se considera que en los cauces de las quebradas inicialmente señaladas (como depósitos aluviales desérticos) se producen reactivaciones de escorrentía como flujos de barro y huaycos durante el fenómeno de "El Niño".

Se considera que la zona de Pampa Clarita está libre de influencias de inundación por el río Cañete; ya que está ubicada en una terraza alta y antigua del mismo río.

La zona de estudio se localiza frente al eje de la fosa peruana, donde se encuentran la placa oceánica o de Nazca y la placa sudamericana constituyendo focos sísmicos de importancia. Como consecuencia de estos eventos han existido cuatro tsunamis con influencia en el litoral de Cañete (Julio, 1586; Octubre, 1687; Octubre, 1746; Diciembre, 1806).

CAPITULO 4

INVESTIGACIONES GEOTECNICAS

4.1 TRABAJOS DE CAMPO

Trabajos de campo y ensayos “in situ”.

De la amplia gama de trabajos y ensayos disponibles, a continuación serán descritos los más frecuentes:

Calicatas.

Se trata de excavaciones que permiten la observación del terreno hasta una profundidad variable dependiendo de la maquinaria utilizada para su apertura y del terreno a analizar, llegando a profundidades máximas de hasta 3 ó 4 metros. Además de observaciones de tipo litológico, se pueden obtener datos sobre la excavabilidad del material, la estabilidad de las paredes de la excavación, nivel freático, etc. También permiten la ejecución de algunos ensayos in situ a diferentes cotas, como el penetrómetro y el molinete de bolsillo. El tipo de muestra que normalmente se obtiene es alterada, en saco, muy útil para algunos ensayos de laboratorio que requieren gran cantidad de muestra (ensayos de apisonado Próctor y C.B.R.). También es frecuente la toma de una muestra en bote hermético para la determinación de la humedad natural en el laboratorio.

El número de calicatas a realizar dependerá de la homogeneidad del terreno, de la dimensión de la parcela de estudio, del grado de detalle que se pretenda alcanzar y de la disponibilidad de otros métodos de análisis.

Sondeos.

Mediante la ejecución de sondeos se puede investigar la composición del terreno en profundidad, así como instalar instrumentos y dispositivos en su interior y realizar mediciones de forma directa (nivel freático, diagráfias). También permiten la realización de ensayos in-situ y la toma de muestras. La toma de muestras de suelo se realiza mediante aparatos adecuados a las características del mismo, introduciéndolos en el interior del sondeo. Normalmente se emplean tubos toma muestras, que permiten la obtención de muestras inalteradas del suelo. Muchos ensayos de laboratorio necesarios para definir parámetros geotécnicos del terreno requieren la toma de muestras inalteradas y estas sólo pueden tomarse mediante la ejecución de sondeos. Estas no tienen carácter inalterado en sentido estricto, ya que el procedimiento de obtención modifica sustancialmente las propiedades intrínsecas del suelo.

Otros de los ensayos característicos realizados en sondeos son el ensayo de penetración (SPT), utilizado para estimar la capacidad portante de los materiales atravesados.

La profundidad final del sondeo dependerá del tipo de cimentación:

- _ Cimentaciones superficiales.
- _ Cimentaciones profundas.

Siempre que se realice un sondeo o una calicata debe medirse el nivel freático, mediante una sonda para detectar la presencia de agua y medir su profundidad respecto a la boca, en el caso de un sondeo, o medida directa en calicatas. Las medidas deben hacerse suficientemente espaciada en el tiempo como para garantizar que el agua utilizada en la perforación se ha disipado y para controlar la evolución de los niveles.

Ensayos penetrométricos.

Ensayos realizados con equipos capaces de introducir una puntaza en el terreno mediante golpeo o por empuje. Su objeto es medir la resistencia a la penetración a lo largo de una profundidad deseada. Es un ensayo idóneo para conocer de forma empírica la resistencia o la deformabilidad del terreno en arenas y limos

arenosos no teniendo ninguna utilidad en terrenos rocosos, bolos gravas compactas, etc.

Según la forma de introducirlos en el terreno se dividen en dinámicos y estáticos. El ensayo de penetración estandar (SPT) constituye el penetrómetro dinámico de uso más extendido.

Otro de los penetrómetros dinámicos que más se usan es el denominado Borros. El número de golpes necesario para hacer avanzar la puntaza 20 cm se va anotando, dando como resultado una gráfica golpeo/profundidad.

En cuanto a los penetrómetros estáticos, su característica fundamental es que el cono se introduce en el terreno por empuje, no por golpeo y a una velocidad constante, las resistencias de avance encontradas y que se leen en un manómetro. Los penetrómetros estáticos son muy útiles para determinar parámetros a corto plazo en arcillas y limos plásticos blandos.

Los penetrómetros tienen gran utilidad para diferenciar rellenos artificiales del terreno natural y obtener una estimación de las resistencias de los diferentes materiales que los componen.

Los ensayos de penetración, requieren de un conocimiento de los materiales del terreno que únicamente puede conseguirse con la ejecución de calicatas o sondeos para poder correlacionar los datos de golpeo de los penetrómetros con la columna estratigráfica.

Métodos geofísicos.

La investigación geofísica es de uso muy extendido en geotecnia. Existen numerosos métodos y sistemas de prospección geofísica, si bien los más utilizados son:

1. Métodos sísmicos, sísmica de refracción: se basa en el estudio de la transmisión de ondas sísmicas por el terreno, cuyas velocidades de transmisión están relacionadas con parámetros físicos del suelo como la litología, porosidad, grado de meteorización, saturación de agua, etc.
2. Métodos eléctricos, sondeos eléctricos verticales (S.E.V.): basados en la medición de la resistividad del terreno.
3. Métodos gravimétricos, se ha venido utilizando para la detección de huecos que pueden producir inestabilidades en infraestructuras.

4. Georradar: método electromagnético muy útil para la detección de huecos, zonas permeables con mayor contenido en agua, etc.

Otras investigaciones “in situ”.

Como complemento o alternativa de los reconocimientos descritos anteriormente, pueden realizarse otras investigaciones:

- Ensayo de carga con placa, con el que se obtiene la deformabilidad y capacidad portante de un suelo o una roca. Hay que realizarlo a cota de cimentación, por lo que su utilidad queda restringida a pocos casos.
- Ensayos de carga reales sobre terrenos blandos o sobre cimentaciones.

Los trabajos de campo realizados se desarrollaron durante dos días. En el primer día se realizó un reconocimiento de campo sobre la geología general y estructural de la zona del estudio. Así mismo, se realizó la toma de muestras de agua para ser ensayadas.

En el segundo día se realizaron los trabajos referentes a la mecánica de suelos, se ejecutaron 3 calicatas de 2.00 m. de profundidad en la zona del proyecto, donde se tomaron las muestras de suelo necesarias para los ensayos respectivos y se determinó la profundidad de los estratos que iban a conformar la cimentación de las estructuras componentes del proyecto de saneamiento. También se extrajeron muestras de canteras de afirmado.

4.2.- ENSAYOS DE LABORATORIO

Al igual que en el caso de los ensayos “in situ”, existe una gran variedad de ensayos de laboratorio disponibles, dependiendo de las características del terreno. Los ensayos más usuales son los de identificación, de resistencia y de deformabilidad.

La toma de muestras debe ser lo más representativa posible de la realidad a analizar y durante su envío hasta el laboratorio, se cuidará de que las no sufran

deterioros o mezclas de las mismas que nos puedan inducir errores en los resultados obtenidos.

Existe una gran variedad de ensayos realizados tanto en muestras alteradas como inalteradas, algunos de los cuales resumiremos en la siguiente tabla:

4.2.1.- Ensayos de identificación de suelos.

Análisis granulométrico por tamizado y sedimentación.

Este ensayo tiene por objeto especificar el método para determinar los diferentes tamaños de las partículas de un suelo y obtener la cantidad, expresada en tanto por ciento de éstas, que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el tamiz UNE 0,080 mm (ASTM 200).

Cuando se quiera conocer la distribución de tamaños de las partículas inferiores a dicho tamiz, se debe completar este procedimiento con el de sedimentación, que comentaremos en el siguiente apartado.

De la realización de este ensayo se obtendrá unos pesos de material retenido en los distintos tamices, cuya representación se denomina curva granulométrica en la que se colocarán en abscisas y en escala logarítmica los tamaños de partículas, y en ordenadas en escala aritmética los tantos por ciento en peso de suelo que pasa por los distintos tamices de ensayo empleados.

Los datos que obtenemos de la curva granulométrica son los siguientes:

1. Distribución granulométrica del suelo analizado.
2. Clasificación de los suelos granulares.
3. Se puede, en algunos casos, inferir su origen geológico.
4. Se pueden obtener parámetros como el diámetro eficaz, coeficiente de uniformidad, coeficiente de curvatura.

El ensayo es importante, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados.

Determinación de los Límites de Atterberg.

Es junto con la granulometría uno de los ensayos más usados debido a la información que se obtiene del mismo y la posibilidad de clasificar un suelo a partir de los datos obtenidos.

Los suelos que poseen algo de cohesión, según su naturaleza y cantidad de agua, pueden presentar propiedades que lo incluyan en el estado sólido, semi-sólido, plástico o semilíquido.

El contenido de agua o humedad límite al que se produce el cambio de estado varía de un suelo a otro.

El método usado para medir estos límites se conoce como método de Atterberg y los contenidos de agua o humedad con los cuales se producen los cambios de estados, se denominan límites de Atterberg. Ellos marcan una separación arbitraria, pero suficiente en la práctica, entre los cuatro estados mencionados anteriormente.

- ❖ Límite líquido (LL). Humedad de un suelo remoldeado, límite entre los estados líquido y plástico, expresado en porcentaje.
- ❖ Límite plástico (LP). Humedad de un suelo remoldeado, límite entre los estados plástico y semi-sólido, expresado en porcentaje.
- ❖ Índice de plasticidad (IP): la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico ($IP = LL - LP$).

Contenido en humedad.

Este ensayo tiene por finalidad, determinar el contenido de humedad de una muestra de suelo: formado por la suma de sus aguas libre, capilar e higroscópica.

La importancia del contenido de agua que presenta un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este (especialmente en aquellos de textura más fina), como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad mecánica.

El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, la relación (%) entre el peso agua / partículas sólidas.

Otros métodos para determinar el contenido de humedad: método del alcohol metílico, método del Speedy, método del picnómetro de aire diferencial, método nuclear o método de la aguja Proctor.

Densidad de un suelo.

Existen diferentes normas para determinar las diferentes densidades de un suelo, dependiendo el uso que se le vaya a dar a las mismas. Así podemos distinguir entre densidad aparente, densidad seca, densidad relativa, densidad máxima y densidad mínima de suelos granulares.

Densidad es la masa por unidad de volumen (g/cm³).

Ensayo de Colapsabilidad

La colapsabilidad es la tendencia que puede tener un terreno a reducir su volumen de forma rápida (colapso). Este fenómeno sucede en determinados tipos de suelos, como son los de granulometría tipo limo y los que pueden perder parte de sus componentes por lavado de finos (rellenos) o por disolución (yesos). La colapsabilidad de un suelo se puede investigar a partir del ensayo de laboratorio del mismo nombre. Éste reproduce el efecto de una saturación súbita del terreno cuando está sometido a una carga de magnitud prefijada.

En suelos naturales poco consolidados, rellenos y terrenos solubles es necesario estudiar su colapsabilidad de cara a poder diseñar las medidas correctoras en el proyecto de cimentación.

4.2.2.- Ensayos de expansividad.

La expansividad es una característica de determinados tipos de arcillas. que se manifiesta con cambios de volumen al modificarse las condiciones de humedad

del terreno. Los cambios de volumen pueden afectar de manera muy negativa a las cimentaciones si estas no han sido diseñadas para "absorber" estas deformaciones del terreno o quedar al margen de sus efectos.

Son diversos los ensayos a partir de los que se puede conocer la expansividad o potencial expansivo de un terreno, pudiendo agruparlos en directos e indirectos:

Ensayos directos: hinchamiento en edómetro, ensayo de Lambe o Ensayos

indirectos: correlaciones entre granulometría y límites de plasticidad. Siempre es

conveniente el realizar al menos un ensayo directo por cada tipo de terreno

investigado para poder comparar con los resultados obtenidos a partir de los ensayos indirectos.

Hinchamiento en edómetro

En suelos parcialmente saturados el agua está sometida a una presión negativa.

Ello hace que si este suelo se pone en contacto con agua libre se produzca un flujo de agua hacia el suelo, este flujo puede producir colapso o hinchamiento.

Para medir la expansividad de un suelo parcialmente saturado se recurre a dos tipos de ensayo, realizados en el edómetro, llamados hinchamiento libre y presión de hinchamiento.

1. Ensayo de hinchamiento libre en el ensayo de hinchamiento libre se monta la muestra en el edómetro, se inunda por abajo y se mide el hinchamiento, que se expresa en % del espesor de la muestra, y se designa por el nombre de hinchamiento libre.

2. Ensayo de presión de hinchamiento: en el ensayo de presión de hinchamiento se hace todo exactamente igual, pero en lugar de medir el hinchamiento de la muestra, se añaden cargas para no permitirlo.

Ensayo Lambe.

Es un ensayo de identificación rápida de suelos que puedan presentar problemas de expansividad, es de decir de cambio de volumen, como consecuencia de variaciones en su contenido de humedad. El método consiste

en valorar la expansividad que experimenta una probeta de suelo compactado en unas condiciones de humedad establecida.

El cambio potencial de un suelo queda comprendido dentro de uno de los siguientes grupos:

1. No crítico.
2. Marginal.
3. Crítico.
4. Muy crítico.

El suelo ensayado pertenecerá a uno u otro grupo según el **índice de hinchamiento**, que es el cociente entre el valor de la fuerza y la sección de la probeta (MPa).

4.2.3.- Ensayos de cambio de volumen.

Ensayo edométrico o de consolidación.

Se entiende como consolidación de un material la deformación o reducción de tamaño que sufre cuando es sometido a una carga. La finalidad de este ensayo es determinar la velocidad y grado de asentamiento que experimentará una muestra de suelo arcilloso saturado al someterla a una serie de incrementos de presión o carga.

El fenómeno de consolidación, se origina debido a que si un suelo parcial o totalmente saturado se carga, en un comienzo el agua existente en los poros absorberá parte de dicha carga puesto que esta es incompresible, pero con el transcurso del tiempo, escurrirá y el suelo irá absorbiendo esa carga paulatinamente. Este proceso de transferencia de carga, origina cambios de volumen en la masa de suelo, iguales al volumen de agua drenada. La consolidación del suelo produce asentamientos en las cimentaciones. Estos asentamientos pueden producirse más o menos rápidamente en función de la granulometría y de la facilidad con la que puede escapar el agua intersticial. Los suelos arcillosos asientan más y más lentamente que los arenosos.

La medida de la compresibilidad de un suelo se realiza mediante el ensayo de consolidación en edómetro. Se trata de un ensayo de laboratorio que debe realizarse sobre una muestra inalterada tomada en sondeo. Es un ensayo que

suele tardar varios días e incluso semanas en realizarse, ya que es necesario aplicar varios escalones de carga y de descarga.

4.2.4.- Ensayos químicos.

Ensayos destinados a determinar la agresividad del terreno con las estructuras proyectadas en el mismo, especialmente a las estructuras de hormigón. La agresividad de un suelo o de las aguas intersticiales presentes en él depende directamente de su composición química. Es un factor que puede condicionar la durabilidad de los elementos de hormigón, si a este no se le añade ningún aditivo que lo evite.

Contenido en materia orgánica.

El contenido en materia orgánica puede influir en la inestabilidad tanto de unidades de obra como de estructuras de hormigón, debido a que la descomposición de la materia orgánica produce una reducción de volumen.

Existen dos métodos para la realización de esta determinación:

1. Método del agua oxigenada: se obtiene solo una aproximación al valor del contenido en materia orgánica del suelo, puesto que el agua oxigenada ataca de forma parcial a la materia orgánica no descompuesta.
2. Método del permanganato potásico: método más preciso para determinar el contenido de materia orgánica oxidable en un suelo.

Contenido en sulfatos solubles en suelos.

La presencia de sulfatos en determinadas concentraciones puede provocar la inestabilidad de los suelos al producirse una excesiva retracción de los mismos por su desecación.

La determinación se puede realizar de forma cuantitativa o cualitativa, siendo la cuantitativa la más precisa y consistente en disolver los sulfatos en agua para provocar posteriormente su precipitación. Este método no hay que confundirlo con el contenido de sulfatos en agua.

Acidez del suelo.

Las condiciones ácidas o básicas que puede provocar la presencia de determinadas sustancias en un suelo, pueden causar la corrosión del acero y un importante deterioro del hormigón.

Existen diferentes métodos para determinar la acidez de un suelo entre los que podemos citar como principales:

1. La acidez de Baumann-Gully es una medida del contenido de iones hidrógeno intercambiables que el componente humus del suelo es capaz de liberar. Siendo la acidez Baumann-Gully el volumen de hidróxido de sodio requerido para neutralizar el acetato sódico en ml, por kg de suelo secado al aire.
2. Procedimiento habitual de laboratorio químico: A partir de una disolución en la que se ha procedido al agitado del suelo en agua desmineralizada se mide el pH de la disolución.

4.2.5.- Ensayos de resistencia.

Ensayo de corte directo.

La finalidad de los ensayos de corte, es determinar la resistencia de una muestra de suelo, sometida a fatigas y/o deformaciones que simulen las que existen o existirán en el terreno producto de la aplicación de una carga.

Para conocer una de estas resistencias en laboratorio se usa el aparato de corte directo, siendo el más típico una caja de sección cuadrada o circular dividida horizontalmente en dos mitades. Dentro de ella se coloca la muestra de suelo con piedras porosas en ambos extremos, se aplica una carga vertical de confinamiento-Pv (esfuerzo normal) y luego una carga horizontal-Ph (esfuerzo cortante) creciente que origina el desplazamiento de la mitad móvil de la caja originando el corte de la muestra.

La resistencia al corte depende de la cohesión y la fricción interna del suelo.

(Ver Figura 2)

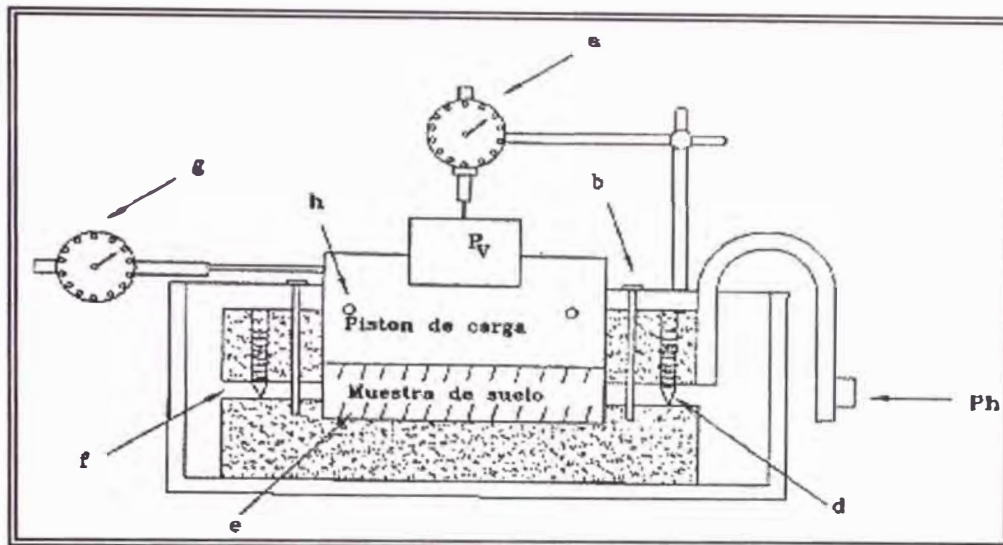


FIGURA Nº 2 DETALLES DEL ENSAYO Y LA CAJA DE CORTE DIRECTO

En la figura Nº 2 se aprecian los siguientes componentes: (a) Deformímetro para medir desplazamientos verticales (b) barra de carga (c) pasadores de alineación (d) tornillos para separar las partes de la caja de corte (e) bordes estriados para retener la muestra (f) espacio mayor que el tamaño de la máxima partícula en la muestra (g) Deformímetro (h) juego de tornillos para fijar en posición la cabeza de carga.

Ensayo compresión no confinada (CNC).

Tiene por finalidad, determinar la resistencia a la compresión no confinada (q_u), de un cilindro de suelo cohesivo o semi-cohesivo, e indirectamente la resistencia al corte (c), por la expresión:

$$c = q_u / 2 \text{ (kg/cm}^2 \text{)}$$

Este ensayo es ampliamente utilizado, ya que constituye un método rápido y económico.

Consiste en un ensayo uniaxial, en donde la probeta no tiene soporte lateral.

Ensayo triaxial.

Es un ensayo que se emplea para determinar los principales parámetros resistentes de un suelo, es decir, delimitar los estados de tensiones principales posibles de los no posibles. El umbral que separa ambos estados es una recta que viene definida por el ángulo de fricción interna del suelo (ϕ') y la cohesión (C).

Existen diferentes tipos de ensayos triaxiales que a continuación describiremos brevemente:

1. Consolidado drenado (C.D.): se trata de confinar las 3 probetas a presiones diferentes y a continuación romper la muestra a través del pistón vertical. La rotura se realiza lentamente para corregir cualquier variación intersticial que pudiera inducir a la rotura con la presión de agua del exterior.
2. Consolidado no Drenado (C.U.): se diferencia del anterior en que una vez terminada la consolidación se cierra el drenaje de agua exterior. Esto permite conocer las tensiones efectivas en la probeta en todo momento.
3. No Consolidado y No Drenado (U.U.): sirve para determinar la resistencia de un suelo en condiciones de resistencia a corto plazo. La densidad, la adherencia y unión entre partículas permanece intactas independientemente del nivel de carga.

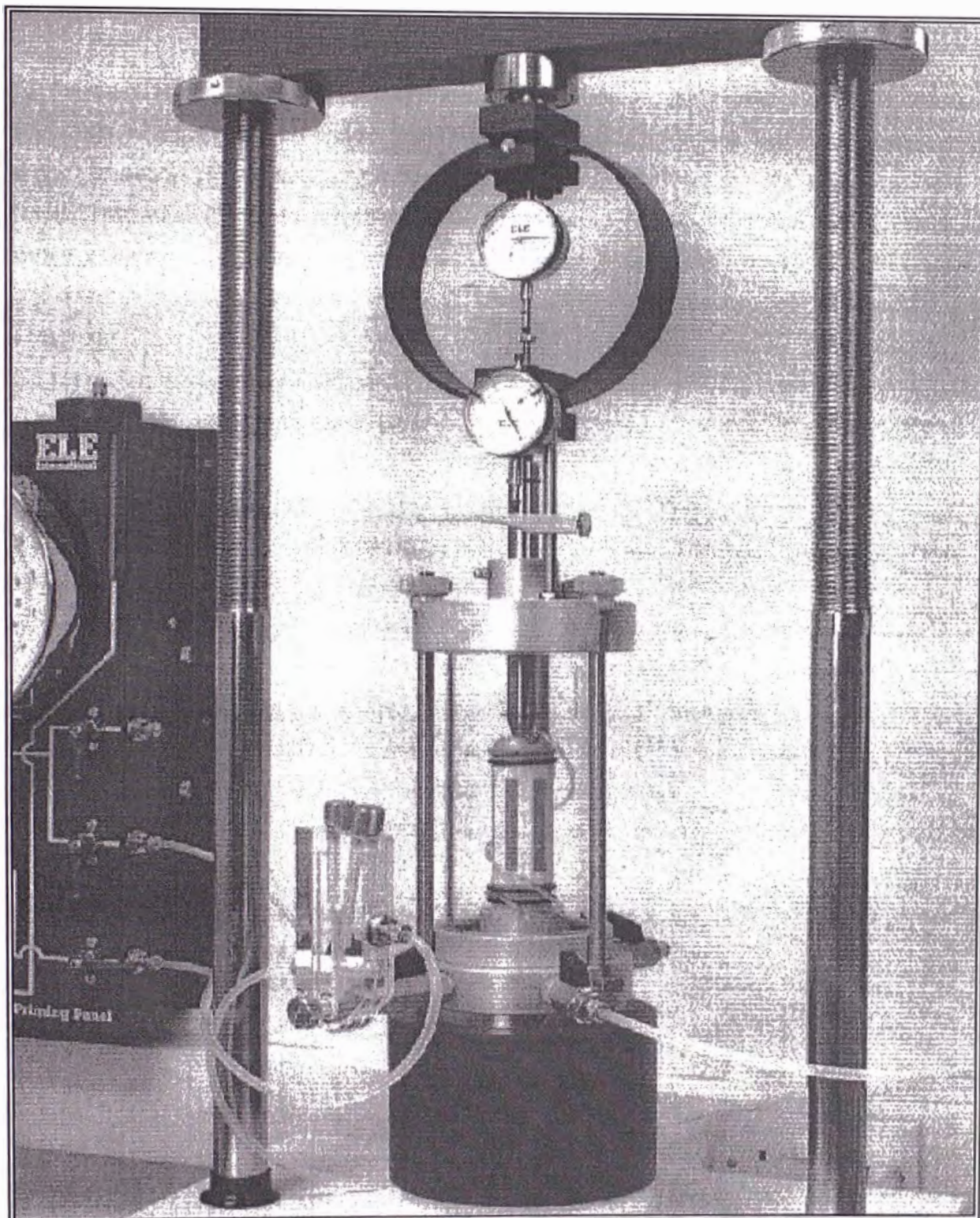


FIGURA N° 3 EQUIPO DE ENSAYO TRIAXIAL

Ensayo Próctor.

El ensayo Próctor es un ensayo de compactación de suelo que tiene como finalidad obtener la humedad óptima de compactación de un suelo para una determinada energía de compactación.

La humedad óptima de compactación es aquella humedad (%de agua) para la cual la densidad del suelo es máxima, es decir la cantidad de agua que hemos de añadir a un suelo para poderlo compactar al máximo con una energía concreta.

Existen dos tipos de ensayo próctor. La realización de un tipo u otro deberá estar de acorde con el material y el equipo de compactación que se utilizará en obra.

Determinación de la capacidad de soporte CBR del suelo.

El ensayo CBR (California Bearing Ratio) mide la carga necesaria para penetrar un pistón de dimensiones determinadas a una velocidad previamente fijada en una muestra de suelo, compactada según su próctor, formada por tres probetas (compactada a 15, 30 y 60 golpes/capa), después de haberla sumergido en agua durante cuatro días y de haber medido su hinchamiento.

El hecho de sumergir la muestra se debe a que así podemos prever la hipotética situación de acumulación de humedad en el suelo después de la construcción. Por tanto después de haber compactado el suelo y de haberlo sumergido, lo penetramos con un pistón.

Determinación del módulo de reacción (placa de carga).

Los ensayos de placa de carga permiten determinar las características resistencia deformación de un terreno. Consisten en colocar una placa sobre el suelo natural, aplicar una serie de cargas y medir las deformaciones. El resultado del ensayo se representa en un diagrama esfuerzo-deformación.

A partir de este ensayo se pueden obtener numerosos datos entre los que se destacan:

- Obtención de la capacidad de carga del suelo para un asentamiento determinado,
- Determinación del módulo de reacción ó coeficiente de Balasto (K),
- Determinación de las características de la curva carga contra deformación del suelo,
- Obtención del coeficiente de elasticidad del suelo (E)
- Realización de estudios sobre la estabilidad de pavimentos ó bases de caminos ya existentes.

4.2.6.- Ensayos de inspección o control en obras de compactación.

Determinación de la densidad “in situ”.

El ensayo permite obtener la densidad de terreno y así verificar los resultados obtenidos durante la compactación de suelos, en las que existen especificaciones en cuanto a la humedad y la densidad.

Entre los métodos utilizados, se encuentran el método del cono de arena y los instrumentos nucleares entre otros.

1. Método del cono de arena. Es un método en desuso, pero que debe utilizarse como calibración de otros métodos. Representa una forma indirecta de obtener el volumen del agujero utilizando para ello, una arena estandarizada compuesta por arena silícea normalizada.

2. Método con densímetro nuclear. La determinación de la densidad y humedad a través de este método, está basada en la interacción de los rayos gamma provenientes de una fuente radiactiva y los electrones de las órbitas exteriores de los átomos del suelo, la cual es captada por un detector gamma situado a corta distancia de la fuente emisora, sobre, dentro o adyacente al material a medir.

4.2.7.- Ensayos de caracterización e identificación de rocas.

Ensayos destinados a identificar y clasificar el tipo de roca presente en la obra. A partir de esta clasificación inicial se pueden aconsejar la realización de un tipo de ensayo u otros ya que el reconocimiento de una roca en si mismo nos va a dar gran información.

Análisis mineralógico y/o petrográfico.

Se realiza sobre fragmentos de rocas, minerales, sedimentos o materiales y también sobre productos molidos. El análisis se efectúa mediante la utilización de una o varias de las siguientes técnicas:

- 1) Observación macroscópica con lupa binocular: Se realiza a partir de la muestra tal cual es recibida empleando aumentos variables entre x10 y x63.
- 2) Observación microscópica con el microscopio óptico de polarización, con luz transmitida (para minerales translúcidos) o con luz reflejada (para minerales "opacos").
- 3) Observación con el microscopio electrónico y análisis con la microsonda electrónica.
- 4) DRX: se trata de una técnica de análisis cualitativo semicuantitativo que permite, entre otras, identificar los componentes cristalinos tanto minerales como sintéticos.

Ensayos de estado

Si bien es cierto que el comportamiento mecánico de las rocas depende básicamente del tipo de fuerzas al que están sometidas, también se debe tener presente que la estructura interna de las rocas juega un papel muy importante.

De todas las propiedades físicas de una roca, la que más afecta a sus propiedades mecánicas es la presencia de vacíos o espacios porosos, dado que éstos hacen disminuir la resistencia mecánica y aumentan su deformabilidad.

Los ensayos normalizados de este tipo, son principalmente ensayos para determinar las siguientes propiedades: contenido de humedad (humedad natural), densidad o peso específico (densidad seca), porosidad (método del picnómetro) y absorción de agua.

Resistencia a compresión en rocas.

Este tipo de ensayo es uno de los parámetros más comunes utilizados para caracterizar físico-mecánicamente las rocas. El ensayo de Compresión Simple

tiene por finalidad medir la resistencia de la roca a la compresión uniaxial, es decir, sin confinamiento; utilizando para ello testigos de una relación longitud / diámetro de 2 : 1. Es importante además la necesidad de asegurar el paralelismo de las caras expuestas en los platos de la prensa de ensayo.

Resistencia a la carga puntual

Es un ensayo que se realiza con frecuencia en mecánica de rocas debido a la facilidad en su realización y a las pocas exigencias a la hora de la preparación de la muestra de ensayo. Se puede realizar "in situ" con un equipo portátil o empleando una máquina de ensayo de laboratorio. Es un ensayo fiable en rocas cuyos valores de compresión uniaxial estén comprendidos entre 30 y 100 MPa. Consiste en la aplicación de una carga concentrada, usando un par de punzones cónicos truncados de forma esférica (60°), hasta conseguir la rotura de la muestra. Mediante la lectura de la carga de rotura se obtiene el Índice de Resistencia a carga puntual IS (50).

Se utiliza en la clasificación de materiales rocosos y para estimar otros parámetros de esfuerzo como por ejemplo: tracción o compresión uniaxial.

Por término medio la resistencia a compresión uniaxial es aproximadamente un 25% mayor que la resistencia a carga puntual.

4.2.8.- Ensayos de evaluación de los macizos rocosos.

Al evaluar la calidad y las propiedades de las rocas y de los macizos rocosos, se debe distinguir entre el comportamiento del material rocoso observado en muestras y el comportamiento de masas rocosas muchos mayores que incluyen discontinuidades estructurales tales como planos de estratificación, juntas, zonas de cizalla y cavidades formadas por disolución.

Si se trata de un afloramiento rocoso, se recomienda realizar mediciones con esclerómetro (martillo Schmidt) y tomar datos sobre las discontinuidades del macizo, interpretándolas mediante una clasificación geomecánica.

Se deben tener en cuenta las siguientes características de las juntas: espaciamiento, orientación, apertura, continuidad), impermeabilidad, rugosidad y rellenos de las mismas.

La calidad de la roca se puede cuantificar mediante un índice de calidad de roca (RQD), que es un indicador del macizo rocoso desde el punto de vista ingenieril. La estimación de las propiedades de la roca como un todo, tales como la resistencia y la deformabilidad, se puede obtener a partir de las clasificaciones geomecánicas desarrolladas originalmente en relación con la ingeniería de túneles.

La resistencia obtenida en los ensayos de compresión simple permite realizar una clasificación de las rocas, pero también se pueden usar procedimientos de ensayo más simples como el ensayo de carga puntual.

Se debe evaluar la sensibilidad de las rocas al clima, a los cambios tensionales, etc.

También se deben considerar las consecuencias de la degradación química sobre el comportamiento de las cimentaciones sobre roca.

A continuación se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados:

TABLA N° 03
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM – D422

Malla	(%) Acumulado que pasa
3"	
2"	100.0
1 ½"	92.4
1"	82.2
¾"	78.3
½"	73.0
⅜"	69.6
¼"	65.9
N° 4	64.3
N° 10	56.1
N° 20	47.6
N° 30	43.3
N° 40	38.5
N° 60	19.7
N° 100	13.1
N° 200	10.3
% de Grava	35.7
% de Arena	54.0
% de Finos	10.3

TABLA N° 04
LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO (%) ASTM – D4318	NP
LIMITE PLASTICO (%) ASTM – D4318	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP

CLASIFICACION SUCS
SP-SM

TABLA N° 05
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM – D3080

Espécimen N°	I	II	III
Diámetro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	1.580	1.580	1.580
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	1.534	1.534	1.534
Contenido de humedad inicial (%)	2.9	2.9	2.9
Altura de la muestra antes de Aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.0508	1.9187	1.8527
Altura final de muestra (cm)	1.9898	1.8730	1.7765
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	1.909	2.010	2.101
Densidad seca final (gr/cm ³)	1.666	1.770	1.866
Contenido de humedad final (%)	14.6	13.6	12.6
Esfuerzo normal (Kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo (Kg/cm ²)	0.3190	0.6324	0.9514
Angulo de fricción interna	32.3 °		
Cohesión (Kg/cm ²)	0.00		

TABLA N° 06
DENSIDAD MAXIMA Y DENSIDAD MINIMA ASTM – D4254

Densidad máxima (gr/cm ³)	1.65
Densidad mínima (gr/cm ³)	1.37

4.3.- INFORMACIONES COMPLEMENTARIAS

4.3.1.- Análisis de agua




Del mismo modo, en el caso de encontrarnos con agua de tipo freático habrá que analizar aspectos como el pH, concentración de amonio, sulfatos, CO₂, residuos secos, que junto con el Baumann-Gully y determinación de sulfatos en suelos, nos darán el ambiente en el que nos encontramos con lo que determinaremos el tipo de cemento a emplear.

A continuación se muestra los resultados de los ensayos físicos y químicos:

TABLA N° 07
ANALISIS DE MUESTRAS DE AGUA

ANALISIS DE:	SULFATOS ppm	CLORUROS ppm	SALES SOLUBLES ppm
MUESTRA: AGUA INICIO DE BOCATOMA	134	29	178
MUESTRA: AGUA RIO CAÑETE	186	35	253
MUESTRA: AGUA	223	36	269
MUESTRA: AGUA BUZON DE RECIPIENTE ALMINARES, IMPERIAL	216	20	243
MUESTRA: AGUA ENTRADA A BOCATOMA KM. 25 – IMPERIAL	130	27	176
MUESTRA: AGUA DE POZO ALMINARES, IMPERIAL	217	130	368
MUESTRA: AGUA	210	37	276
MUESTRA: AGUA ULTIMO FILTRO ALMINARES IMPERIAL	310	34	371
MUESTRA: AGUA BOCATOMA NUEVO IMPERIAL	143	27	182

4.4.- PERFIL ESTRATIGRAFICO

SISTEMA	PERIODO	POTENSA	ESQUEMA	DESCRIPCIÓN
CUATERNARIO	PLEISTOCENO	250 mt		Material Aluvional Conglomerado: Rodados, Arena y Arcilla
TERCEARIO	EOCENO SUPERIOR	200 mt		Lutitas Arenáceas y Margas
CRETACEO	NEOCOMIANO	680 mt		Calizas y Margas delgadas
	VALANGINIANO			Derrames Volcánicos
		270 mt		Areniscas Pizarras

CAPITULO 5

CALCULO DE LA CAPACIDAD PORTANTE

5.1 Profundidad de Cimentación de las Estructuras

Teniendo en cuenta las características del subsuelo mostradas en el perfil estratigráfico, y los resultados de los trabajos de campo y laboratorio se deduce que el estrato donde va a cimentarse el reservorio y donde se construirán la red de distribución, presenta buenas cualidades de resistencia y una casi nula capacidad de deformación.

El suelo, en toda el área del proyecto esta conformado por suelos arenosos en el primer estrato que pueden tener asentamientos y granulares en el segundo estrato que permite garantizar la estabilidad de las obras contempladas en el Proyecto.

La profundidad de cimentación del reservorio debe garantizar la estabilidad de la estructura y el mínimo asentamiento.

El reservorio se cimentará a una profundidad (D_f) de 2.00 m y ancho $B=3.50$ m.

Las redes de distribución se colocarán a una profundidad de 1.50 m.

La caseta de bombeo se cimentará mediante cimientos corridos a una profundidad de 1.00 m.

De preferencia se debe cimentar en un terreno granular, sin embargo se ha observado en los trabajos de campo realizados que el primer estrato está conformado por arena limosa mal graduada en espesores mayores a los explorados.

5.2 Capacidad Portante de las Estructuras

Considerando las propiedades geotécnicas de los suelos arenosos que conforman la mayor parte del área de estudio, la Capacidad Portante Admisible será calculada en base a parámetros referenciales de resistencia al Esfuerzo Cortante.

Para obtener la capacidad de carga última, del suelo de cimentación con respecto a la falla local o progresiva, que se produce en suelos similares, al formarse grietas alrededor de la cimentación o debajo de esta, es debido a esta condición que Karl Terzaghi, considera la corrección del ángulo de fricción (ϕ).

Para efectos de cálculo de corrección del ángulo de fricción (ϕ) y la cohesión (c), se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\phi' = \text{Arctg} (2/3 \text{ tg } \phi)$$

$$\phi = 32.3^\circ$$

$$\phi' = 21.05^\circ$$

$$c' = 2/3C$$

$$c' = 0$$

Para determinar la capacidad de carga última por corte se ha utilizado la fórmula de Karl Terzaghi (1943), para la condición de falla local, con los factores de capacidad de carga y de forma de cimentación tenemos la fórmula siguiente:

Para cimentaciones longitudinales:

$$q_u = \gamma D_f N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

Para cimentaciones circulares:

$$q_u = \gamma D_f N_q + 0.6 \gamma B N_\gamma$$

La capacidad portante admisible es:

$$Q_{adm} = q_u / FS$$

CAPACIDAD PORTANTE DEL RESERVORIO

Donde:

Variable	Símbolo	Valor
Capacidad de carga última	q_u	kg/cm^2
Angulo de fricción (falla local)	ϕ'	21.05°
Factores de capacidad de carga:	N_q	8.5
	N_γ	5.9
Peso volumétrico del suelo	γ	1.37 t/m^3
Profundidad de cimentación	D_f	2.00 m
Ancho de cimiento	B	3.50 m
Factor de Seguridad	FS	3.0

Así, se tiene que la capacidad portante admisible por corte para la profundidad de cimentación y dimensiones de la zapata resulta:

Capacidad Portante Admisible

Cimentación Circular B = 3.50m

D_f (m)	Capacidad Portante Admisible (kg/cm^2)
2.00	1.34

CAPACIDAD PORTANTE DE LA CASETA DE BOMBEO

Donde:

Variable	Símbolo	Valor
Capacidad de carga última	q_u	kg/cm^2
Angulo de fricción (falla local)	ϕ'	21.05°
Factores de capacidad de carga:	N_q	8.5
	N_γ	5.9
Peso volumétrico del suelo	γ	1.37 t/m^3
Profundidad de cimentación	D_f	1.00 m
Ancho de cimiento	B	1.00 m
Factor de forma:	S_γ	1.00
Factor de Seguridad	FS	3.0

Capacidad Portante Admisible

Cimentación Corrida B = 1.00 m

D_f (m)	Capacidad Portante Admisible (kg/cm^2)
1.00	0.52

5.3 Asentamientos de cimentaciones

En suelos granulares y muy permeables los asentamientos son básicamente instantáneos:

$$S_t = S_i$$

Donde:

S_t : Asentamiento Total

S_i : Asentamiento inicial o instantáneo

En suelos granulares, los asentamientos instantáneos vienen a ser los asentamientos totales que sufrirá la cimentación. Los asentamientos dependerán de los valores del Módulo de Elasticidad, que pueden ser asumidos de manera conservadora.

Según la teoría elástica podemos utilizar la siguiente expresión:

$$S = q \times \frac{1 - \mu^2}{E_s} \times l_w \times B$$

En caso de suelos granulares el asentamiento diferencial, se puede estimar como el 75 % del asentamiento total.

El asentamiento diferencial no debe ocasionar una distorsión angular ($\alpha = S/L$) mayor que la indicada en la tabla N° 03.

TABLA N° 03

$\alpha = S/L$	DESCRIPCION
1/150	Límite en que se debe esperar daño estructural en edificios convencionales
1/250	Límite en que la pérdida de verticalidad en edificios altos y rígidos puede ser visible
1/300	Límite en que se debe esperar dificultades con puentes grúas
1/300	Límite en que se debe esperar las primeras grietas en paredes
1/500	Límite seguro para edificios en los que no se permite grietas
1/500	Límite para cimentaciones rígidas circulares o para anillos de cimentación de estructuras rígidas, altas y esbeltas
1/650	Límite para edificios rígidos de concreto cimentados sobre un solado de espesor aproximado de 1.20 cm
1/750	Límite donde se espera dificultades en maquinaria sensible a asentamientos

ASENTAMIENTO DEL RESERVORIO

Variable	Símbolo	Valores
Asentamiento Elástico (cm)	S	
Presión admisible (Kg/cm ²)	q_{adm}	1.34
Coefficiente de Poisson	μ	0.30
Módulo de Elasticidad (Tn/m ²)	E_s	100
Ancho de la Cimentación (m)	B	3.50
factor de forma (cm/m) (Rígida y Flexible)	l_w	0.60

$$S = q \times \frac{1-u^2}{E_s} \times l_w \times B$$

Presión Admisible (kg/cm ²)	Asentamiento (cm)	Asentamiento Diferencial (75%) (cm)
1.34	1.70	1.20

DISTORSION ANGULAR PARA EL RESERVORIO (α)

Asentamiento Diferencial (m)	Longitud (m)	Distorsión Angular	Distorsión Angular Máxima
0.012	8.35	0.002	0.002

Por lo tanto, se observa que el asentamiento diferencial de la cimentación del reservorio se encuentra dentro de los límites tolerables.

ASENTAMIENTO DE LA CASETA DE BOMBEO

Variable	Símbolo	Valores
Asentamiento Elástico (cm)	S	
Presión admisible (Kg/cm ²)	q _{adm}	0.52
Coeficiente de Poisson	μ	0.30
Módulo de Elasticidad (Tn/m ²)	E _s	150
Ancho de la Cimentación (m)	B	1.00
factor de forma (cm/m) (Rígida y Flexible)	l _w	1.00

$$S = q \times \frac{1-u^2}{E_s} \times l_w \times B$$

Presión Admisible (kg/cm ²)	Asentamiento (cm)	Asentamiento Diferencial (cm)
0.52	0.30	0.20

DISTORSION ANGULAR PARA LA CASETA DE BOMBEO (α)

Asentamiento Diferencial (m)	Longitud (m)	Distorsión Angular	Distorsión Angular Máxima
0.002	10.30	0.0003	0.0067

Por lo tanto, se observa que el asentamiento diferencial de la cimentación de la caseta de bombeo se encuentra dentro de los límites tolerables.

CONCLUSIONES

- ❖ La zona del Proyecto de Saneamiento Unipampa - Zona 8, se encuentra ubicada a la altura del Km. 158 de la carretera Panamericana Sur, en la Región Lima, Provincia de Cañete y Distrito de San Vicente de Cañete.
- ❖ En el área del Proyecto de Saneamiento Unipampa - Zona 8, predominan conglomerados redondeados del tamaño de cantos a grava en matriz areno limosa.
- ❖ La zona del Proyecto de Saneamiento Unipampa - Zona 8, se localiza frente al eje de la fosa peruana, donde se encuentran la placa de Nazca y la placa sudamericana constituyendo focos sísmicos de importancia. Como consecuencia de estos eventos han existido cuatro tsunamis con influencia en el litoral de Cañete (Julio, 1586; Octubre, 1687; Octubre, 1746; Diciembre, 1806).
- ❖ De acuerdo con los registros de sismos en el Perú, la zona del Proyecto de Saneamiento Unipampa - Zona 8 es de alta sismicidad.
- ❖ Los ensayos de análisis granulométrico y límites de consistencia de la muestra de suelo del estrato donde se cimentarán las estructuras del Proyecto de Saneamiento Unipampa - Zona 8, determinaron que es una arena limosa mal graduada (SP-SM).
- ❖ La capacidad portante admisible del reservorio es de 1.34 Kg/cm².
- ❖ La capacidad portante admisible de la caseta de bombeo es de 0.52 Kg/cm².
- ❖ El asentamiento diferencial de la cimentación del reservorio se encuentra dentro de los límites tolerables.
- ❖ El asentamiento diferencial de la cimentación de la caseta de bombeo se encuentra dentro de los límites tolerables.

RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda colocar en el nivel de la cimentación del reservorio una base de material granular para disminuir el riesgo de asentamientos diferenciales.
- ❖ Se recomienda en el diseño estructural tener en cuenta los efectos del sismo ya que la zona es de alta sismicidad.
- ❖ Se recomienda humedecer las paredes de la excavación para cimientos, para evitar su desprendimiento por pérdida de tensión de los suelos arenosos ante elevadas temperaturas.

BIBLIOGRAFIA

- Agüero Pittman, Roger (2003). "Agua Potable para poblaciones Rurales - Sistemas de Abastecimiento por Gravedad sin Tratamiento". Editorial S.E.R. (Servicios Educativos Rurales).
- Berry, P (1993). Mecánica de Suelos. Editorial Mc. Graw – Hill.
- Bowles Joseph E. (1982). "Propiedades Geofísicas de los suelos". Colombia. Mc. Graw – Hill.
- CISMID (1992); Seminario Taller de Mecánica de Suelos y Exploración Geotécnica. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA.
- Herráiz Sarachaga, Miguel (1997). Conceptos Básicos de Sismología para Ingenieros. CISMID, Universidad Nacional de Ingeniería.
- INGEMMET (1985). Estudio Geodinámico de la Cuenca del Río Cañete. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima.
- Juárez Badillo, Eulalio - Rico Rodríguez (1984). Mecánica de Suelos. Tomo II: "Teoría y aplicaciones de la Mecánica de Suelos". México, Ed. Limusa.
- Lambe, T. William – Whitman, Robert V (1972). "Mecánica de Suelos". Mexico, Ed. Limusa – Wiley S.A.
- Leiva Ballenas, Walter (1997). "Proyecto de Abastecimiento de Agua para la Ciudad de Imperial - Cañete". Tesis profesional FIC-UNI.
- Ministerio de Salud, Dirección Regional de Salud Cajamarca (1994). "Manual para la Elaboración de Expedientes Técnicos-Saneamiento Básico Rural". Ministerio de Salud, Dirección Regional de Salud Cajamarca.
- Pérez Chaparro, José (1998). Estudio de alternativas para el mejoramiento y ampliación del abastecimiento de agua potable para el distrito de Villa el Salvador en la Provincia de Lima. Tesis profesional FIC-UNI.
- Salazar H. y Landa C. (1993). Geología de los Cuadrángulos de: Mala, Lunaguaná, Tupe, Conayca, Chincha y Castrovirreyna. INGEMMET.

- Sowers, George B. – Sowers, George F (1972). "Introducción a la mecánica de Suelos y Cimientos". México, Ed. Limusa - Wiley S.A.
- Terzaghi, Karl – Peck, Ralph (1975). "Mecánica de Suelos en la ingeniería práctica". España, Ed. El Ateneo S.A.
- Turpaud Angulo, Jean Edmundo (1991). Proyecto de abastecimiento de agua potable para el pueblo joven Ventanilla Alta. Tesis profesional FIC-UNI.

ANEXOS



LEYENDA

	X		VI
	IX		V
	VIII		IV
	VII	• VALOR EXTREMO DE CARACTER LOCAL	

Ref.: Alva et al, 1994

FORMULACION Y DISEÑO DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO UNIPAMPA – ZONA 8
"FORMULACION DEL ESTUDIO GEOTECNICO"

PLANO

MAPA DE DISTRIBUCION DE MAXIMAS INTENSIDADES SISMICAS

LAMINA N°

1/1

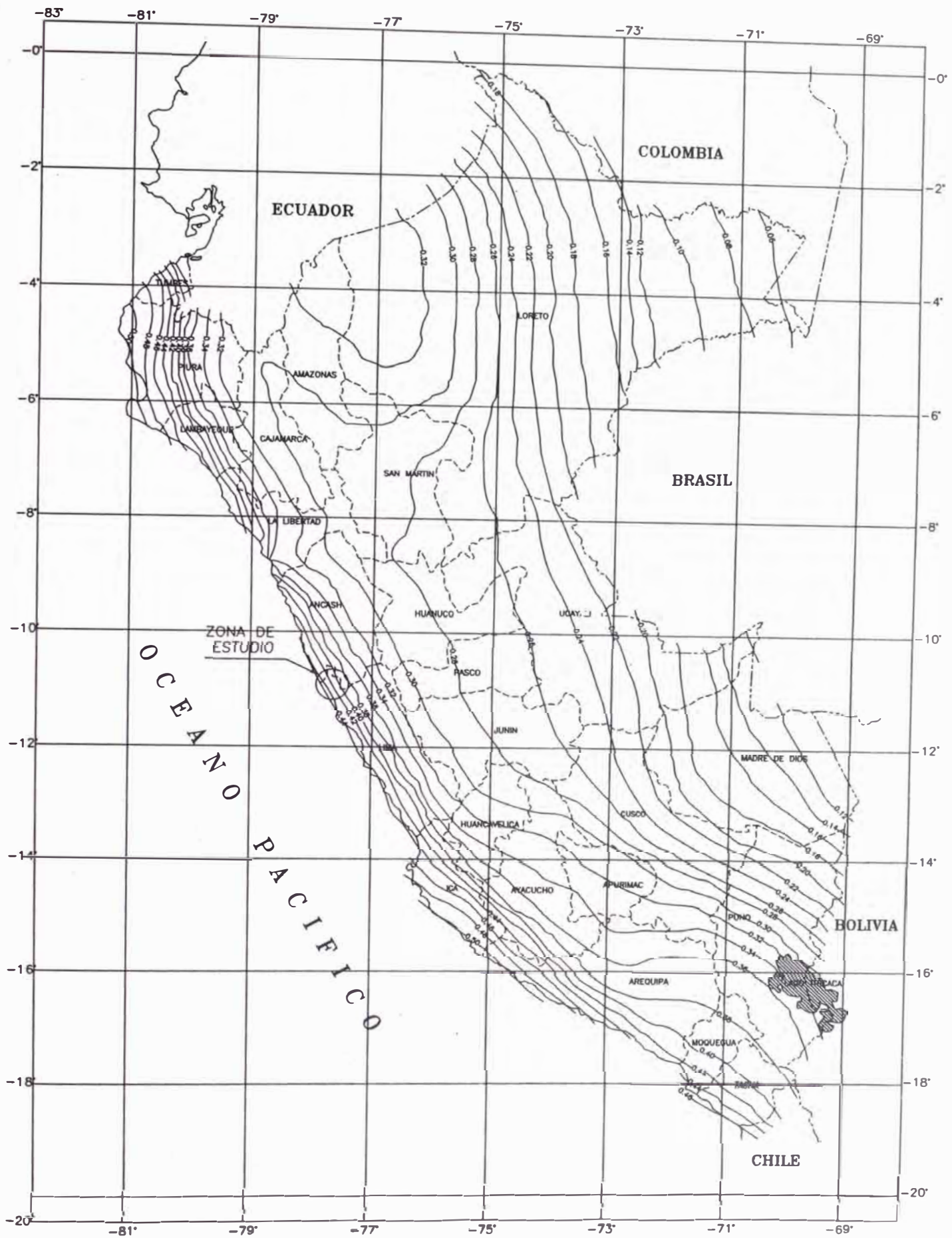
ESCALA

S/E
C.A.V.

FECHA ABRIL 2007

DIBUJO C.A.V.

COD



Ref.: Jorge Alva, Jorge Castillo, 1993

PROYECTO FORMULACION Y DISEÑO DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO UNIPAMPA – ZONA 8 "FORMULACION DEL ESTUDIO GEOTECNICO"

PLANO DISTRIBUCION DE ISOACELERACIONES PARA 10% DE EXCEDENCIA EN 50 AÑOS
 ESCALA S/E FECHA ABRIL 2007
 DISEÑO C.A.V. DIBUJO C.A.V.

LAMINA N°
1/1
 COD

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 311070 Anexo 308 - Telefax: 3313342

INFORME N° S07 - 157

SOLICITADO : DIRECCION DE ESCUELA PROFESIONAL - FAC. DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO : PROYECTO DE SANEAMIENTO - UNI PAMPA
UBICACIÓN : Km. 161 Panamericana Sur Distrito de San Vicente. Provincia de Cañete. Dpto. de Lima
FECHA : 09. Marzo del 2007

ENSAYOS ESTÁNDAR

I. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM - D422

Calicata : ***
Muestra : Unica
Prof. (m) : ***

Malla	(%) Acumulado que pasa
3"	
2"	100.0
1 1/2"	92.4
1"	82.2
3/4"	72.3
1/2"	72.0
3/8"	69.6
1/4"	65.9
N°4	64.3
N°10	53.1
N°20	47.6
N°30	43.3
N°40	38.5
N°60	19.7
N°100	13.1
N°200	10.3
% de Grava	35.7
% de Arena	54.0
% de Finos	10.3

LÍMITE LÍQUIDO (%) : NP

ASTM D4318

LÍMITE PLÁSTICO (%) : NP

ASTM D4318

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%) : NP

CLASIFICACION SUCS

SP - SM

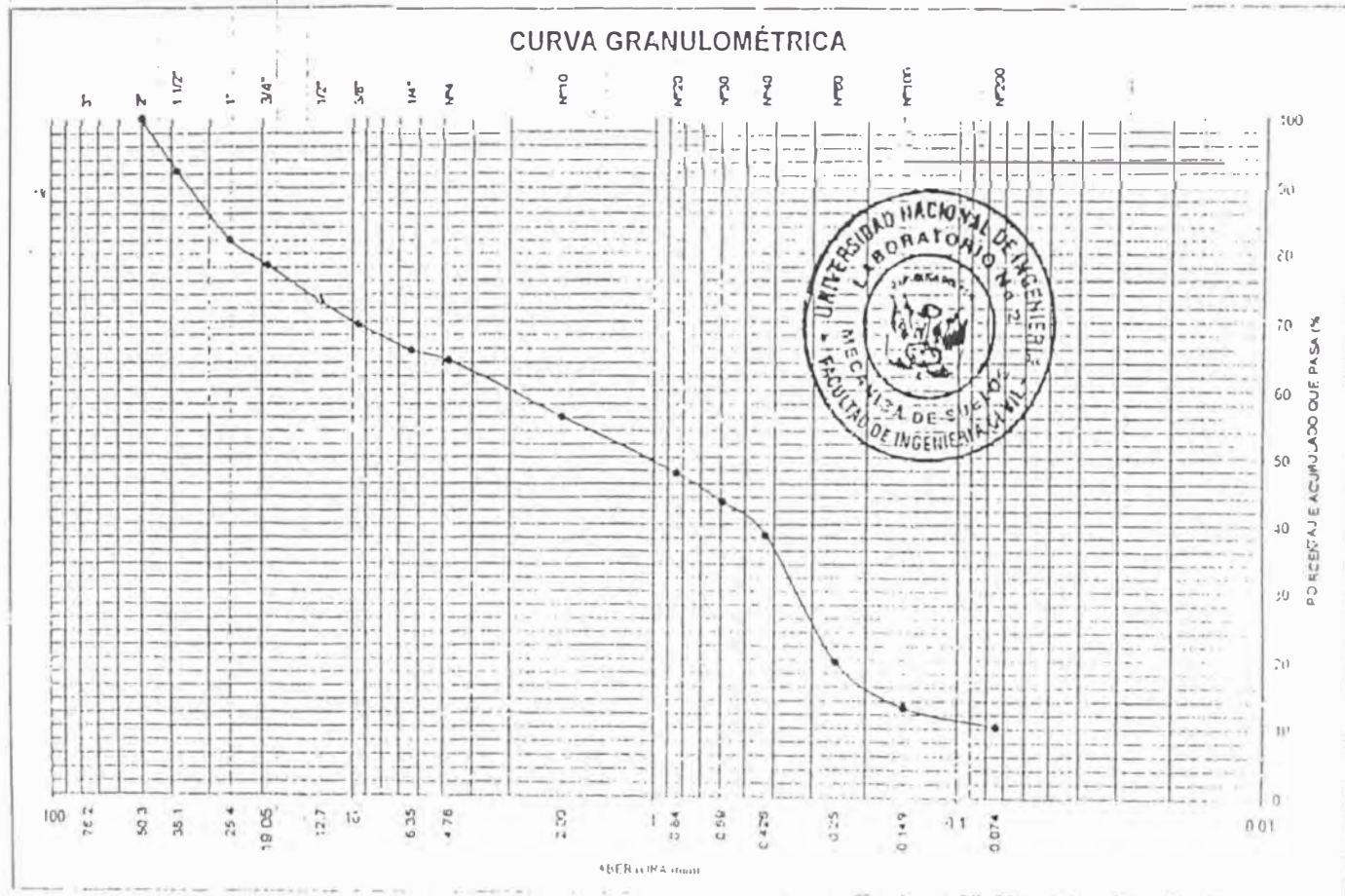


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO **INFORME N° S07 - 157**
ASTM D - 422

Calicata : ***
 Muestra : Unica
 Prof. (m) : ***

Solicitado : DIRECCION DE ESCUELA PROFESIONAL - FAC. DE INGENIERIA CIVIL
 Proyecto : PROYECTO DE SANEAMIENTO - UNI PAMPA
 Ubicación : Km. 161 Panamericana Sur Distrito de San Vicente, Provincia de Cañete, Dpto. de Lima
 Fecha : 09, Marzo del 2007

Tamiz	Abertura (mm)	(%) acumulado que pasa
3"	76.200	
2"	50.300	100.0
1 1/2"	38.100	92.4
1"	25.400	82.2
3/4"	19.050	78.3
1/2"	12.700	73.0
3/8"	9.525	69.6
1/4"	6.350	65.9
N°4	4.760	64.3
N°10	2.000	56.1
N°20	0.840	47.6
N°30	0.590	43.3
N°40	0.426	38.5
N°60	0.250	19.7
N°100	0.149	13.1
N°200	0.074	10.3



V°B°



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Laboratorio N° 2 - Mecánica de Suelos

Lima 100 - Perú Teléfono: (51-14) 811070 Anexo 308 - Telefax: 3813242

Viene de informe N° :

S07 - 157

II. ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
Muestra : Unica
Calicata : ***
Prof.(m) : ***

Especimen N°	I	II	III
Diametro del anillo (cm)	6.36	6.36	6.36
Altura Inicial de muestra (cm)	2.16	2.16	2.16
Densidad húmeda inicial (gr/cm ³)	1.580	1.580	1.580
Densidad seca inicial (gr/cm ³)	1.534	1.534	1.534
Cont. de humedad inicial (%)	2.9	2.9	2.9
Altura de la muestra antes de aplicar el esfuerzo de corte (cm)	2.0508	1.9187	1.8527
Altura final de muestra (cm)	1.9898	1.8730	1.7755
Densidad húmeda final (gr/cm ³)	1.909	2.010	2.101
Densidad seca final (gr/cm ³)	1.666	1.770	1.866
Cont. de humedad final (%)	14.6	13.6	12.6
Esfuerzo normal (kg/cm ²)	0.5	1.0	1.5
Esfuerzo de corte máximo (kg/cm ²)	0.3190	0.3324	0.9514
Angulo de fricción interna :	32.3 °		
Cohesion (Kg/cm ²) :	0.00		

III DENSIDAD M. AXIMAY DENSIDAD MINIMA ASTM D-4254

Densidad maxima (gr/cm³) : 1.65
Densidad minima (gr/cm³) : 1.37

Muestra remitida e identificada por el solicitante:

Realizado por: Tec. Julio Chávez U.

Revisado por: Bach. Ing. N. Noraña V



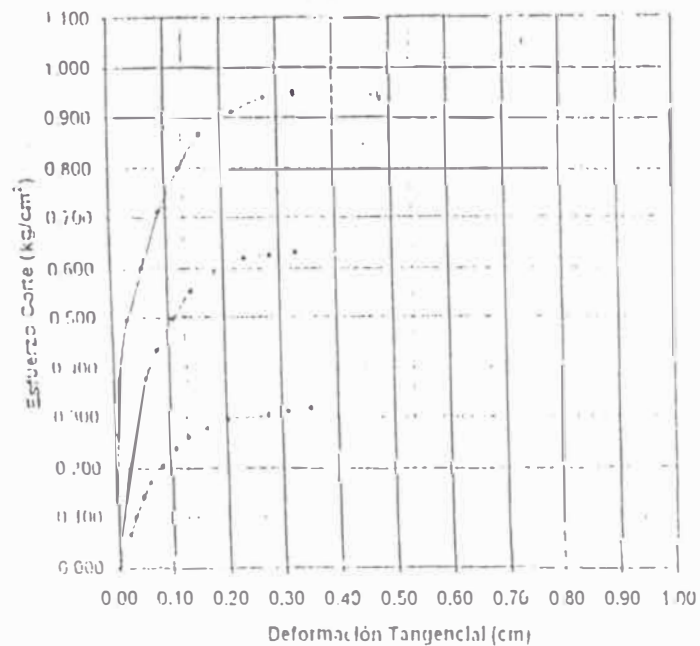
ENSAYO DE CORTE DIRECTO ASTM D3080

INFORME N° S07 - 157

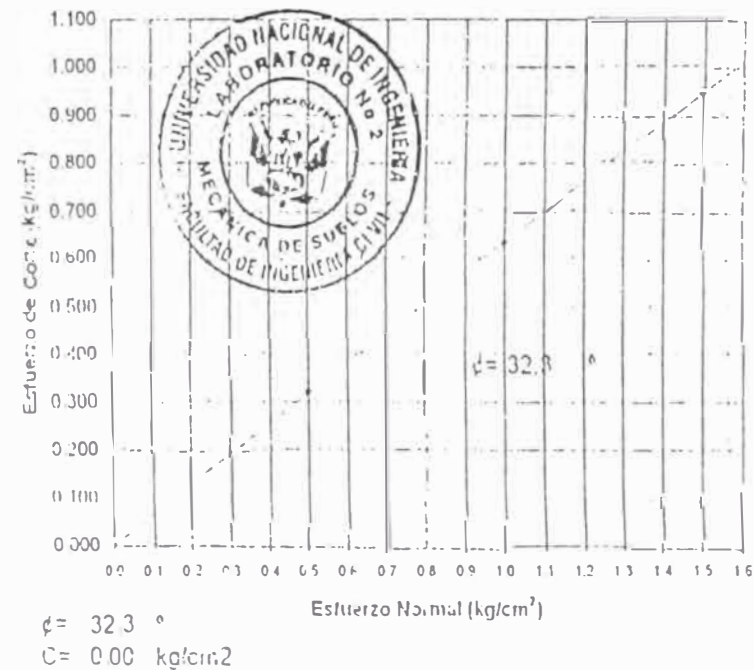
ESTADO : Remoldeado (material < Tamiz N° 4)
MUESTRA : Unica
CALICATA : ***
Prof.(m) : ***

SOLICITADO : DIRECCION DE ESCUELA PROFESIONAL - FAC. DE INGENIERIA CIVIL
PROYECTO : PROYECTO DE SANEAMIENTO - UNI PAMPA
UBICACIÓN : Km. 161 Panamericana Sur Distrito de San Vicerle, Provincia de Cañete, Dpto. de Lima
FECHA : 09. Marzo del 2007

DEFORMACION TANGENCIAL vs. ESFUERZO DE CORTE



ESFUERZO NORMAL vs. ESFUERZO DE CORTE



FORME DE LABORES REALIZADAS EN EL LABORATORIO QUÍMICO
DE LA FIC

: Ing. Ricardo Terreros Lazo (Jefe del Laboratorio de Química de la FIC)

Dr. Javier Arrieta Freire (Director de la Escuela Profesional de la FIC
(Curso Actualizacion de Conocimientos)SERVICIO DE ANÁLISIS DEL LABORATORIO QUÍMICO DE LA F I C
PARA ESCUELA PROFESIONAL-CURSO DE ACTUALIZACION DE
CONOCIMIENTOS—TITULACION
MUESTRAS DEL RIO CAÑETE-MALA
ENERO-2007

FECHA	REGISTRO	MUESTRA	ANALISIS
23-01-07	LQ07-02	Agua de Río	Cl, SO4, STD
23-01-07	LQ07-02	Agua	Cl, SO4, STD
23-01-07	LQ07-02	Agua-Ultimo Filtro	Cl, SO4, STD
23-01-07	LQ07-02	Agua de Pozo	Cl, SO4, STD
23-01-07	LQ07-02	Suelo	Cl, SO4, STD
23-01-07	LQ07-03	Agua	Cl, SO4, STD
23-01-07	LQ07-03	Agua Inicio Bocatoma	Cl, SO4, STD
23-01-07	LQ07-03	Agua Río Cañete	Cl, SO4, STD
23-01-07	LQ07-03	Agua	Cl, SO4, STD
23-01-07	LQ07-03	Agua	Cl, SO4, STD

LABORATORIO DE QUIMICA DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICOS

SOLICITANTE :ESCUELA PROFESIONAL FIC-UNI

REGISTRO : LQ07-02

OBRA : CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS-
TITULACION-FIC

UBICACIÓN: IMPERIAL-MALA-CAÑETE

TIPO DE MUESTRA: SUELO

RECEPCION DE MUESTRA: 23 -01-07

ANALISIS DE :	SULFATOS	CLORUROS	SALES SOLUBLES TOTALES	PH
	ppm	ppm	ppm	
MUESTRA:				
SUELO ALMINARES, IMPERIAL	16 723	8 325	32 676	8.6

Lima 25 de Enero del 2007



LABORATORIO DE QUIMICA DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICOS

SOLICITANTE :ALTAVISTA

REGISTRO : LQ07-03

OBRA : CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS-
TITULACION-FIC

UBICACIÓN: IMPERIAL-MALA-CAÑETE

TIPO DE MUESTRA: AGUA

RECEPCION DE MUESTRA: 23 -01-07

ANALISIS DE :	SULFATOS	CLORUROS	SALES SOLUBLES TOTALES
	ppm	ppm	ppm
MUESTRA : AGUA INICIO DE BOCATOMA	134	29	178

Lima 25 de Enero del 2007

LABORATORIO DE QUIMICA DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICOS

SOLICITANTE :J.C

REGISTRO : LQ07-03

OBRA : CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS-
TITULACION-FIC

UBICACIÓN: IMPERIAL-MALA-CAÑETE

TIPO DE MUESTRA: AGUA RIO CAÑETE

RECEPCION DE MUESTRA: 23 -01-07

ANALISIS DE :	SULFATOS	CLORUROS	SALES SOLUBLES TOTALES
	ppm	ppm	ppm
MUESTRA : AGUA RIO CAÑETE	186	35	253

Lima 25 de Enero del 2007

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax: (511) 481-9845

LABORATORIO DE QUIMICA DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICOS

CITANTE :LOS CASTORES

ISTRO : LQ07-03

: CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS-
TITULACION-FIC

CACIÓN: IMPERIAL-MALA-CAÑETE

DE MUESTRA: AGUA

REPCION DE MUESTRA: 23 -01-07

ANALISIS DE :	SULFATOS	CLORUROS	SALES SOLUBLES TOTALES
	ppm	ppm	ppm
MUESTRA : AGUA	223	36	269

25 de Enero del 2007

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax: (511) 481-9845

LABORATORIO DE QUIMICA DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICOS

SOLICITANTE :GRUPO DE TITULACION

REGISTRO : LQ07-02

OBRA : CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS-
TITULACION-FIC

UBICACIÓN: IMPERIAL-MALA-CAÑETE

TIPO DE MUESTRA: AGUA

RECEPCION DE MUESTRA: 22 -01-07

ANALISIS DE :	SULFATOS	CLORUROS	SALES SOLUBLES TOTALES
	ppm	ppm	ppm
MUESTRA : AGUA BUZON DE RECIPIENTE ALMINARES, IMPERIAL	216	20	243

Lima 25 de Enero del 2007



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax: (511) 481-9845



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax: (511) 481-9845

LABORATORIO DE QUIMICA DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICOS

SOLICITANTE :GRUPO Nº 1

REGISTRO : LQ07-02

OBRA : CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS-
TITULACION-FIC

UBICACIÓN: IMPERIAL-MALA-CAÑETE

TIPO DE MUESTRA: AGUA DE RIO

RECEPCION DE MUESTRA: 22 -01-07

ANALISIS DE :	SULFATOS	CLORUROS	SALES SOLUBLES TOTALES
	ppm	ppm	ppm
MUESTRA : AGUA ENTRADA A, BOCATOMA KIL.25 - IMPERIAL	130	27	176

Lima 25 de Enero del 2007

ING. RICARDO TERREROS LAZO
JEFE DEL LABORATORIO QUIMICO DE LA FIC

LABORATORIO DE QUIMICA DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICOS

SOLICITANTE :GRUPO DE TITULACION

REGISTRO : LQ07-02

OBRA : CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS-
TITULACION-FIC

UBICACIÓN: IMPERIAL-MALA-CAÑETE

TIPO DE MUESTRA: AGUA DE POZO

RECEPCION DE MUESTRA: 23 -01-07

ANALISIS DE :	SULFATOS	CLORUROS	SALES SOLUBLES TOTALES
	ppm	ppm	ppm
MUESTRA : AGUA DE POZO ALMINARES, IMPERIAL	217	130	368

Lima 25 de Enero del 2007

ING. RICARDO TERREROS LAZO
JEFE DEL LABORATORIO QUIMICO DE LA FIC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax: (511) 481-9845



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax: (511) 481-9845

LABORATORIO DE QUIMICA DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICOS

SOLICITANTE :GRUPO DE TITULACION

REGISTRO : LQ07-02

OBRA : CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS-TITULACION-FIC

UBICACIÓN: IMPERIAL-MALA-CAÑETE

TIPO DE MUESTRA: AGUA

RECEPCION DE MUESTRA: 22 -01-07

ANALISIS DE :	SULFATOS	CLORUROS	SALES SOLUBLES TOTALES
	ppm	ppm	ppm
MUESTRA : AGUA ULTIMO FILTRO ALMINARES IMPERIAL	310	34	371

Lima 25 de Enero del 2007

LABORATORIO DE QUIMICA DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICOS

SOLICITANTE :TIGRES

REGISTRO : LQ07-03

OBRA : CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS-TITULACION-FIC

UBICACIÓN: IMPERIAL-MALA-CAÑETE

TIPO DE MUESTRA: AGUA

RECEPCION DE MUESTRA: 23 -01-07

ANALISIS DE :	SULFATOS	CLORUROS	SALES SOLUBLES TOTALES
	ppm	ppm	ppm
MUESTRA : AGUA BOCA TOMA NUEVO IMPERIAL	143	27	182

Lima 25 de Enero del 2007

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Apartado Postal 1301 Lima 100 - Perú Telefax: (511) 481-9845

LABORATORIO DE QUIMICA DE LA FIC

ANALISIS FISICO QUIMICOS

SOLICITANTE : COSTRUCCION

REGISTRO : LQ07-03

OBRA : CURSO DE ACTUALIZACION DE CONOCIMIENTOS-
TITULACION-FIC

UBICACIÓN: IMPERIAL-MALA-CAÑETE

TIPO DE MUESTRA: AGUA

RECEPCION DE MUESTRA: 23-01-07

ANALISIS DE :	SULFATOS	CLORUROS	SALES SOLUBLES TOTALES
	ppm	ppm	ppm
MUESTRA :			
AGUA	216	37	276

Lima 25 de Enero del 2007


ING. RICARDO FERREROS LAZO
JEFE DEL LABORATORIO QUIMICO DE LA FIC