

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**CIMENTACIÓN Y DISEÑO DE LOS DIQUES Y FONDOS  
DE LA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN “SAN JOSÉ”,  
CON SUELO SALINO SÓDICO-CHICLAYO**

**TESIS**

**Para optar el Título Profesional de**

**INGENIERO CIVIL**

**CÉSAR AUGUSTO FRANCIA LEÓN**

**LIMA – PERÚ**

**2008**

Mi agradecimiento profundo y de todo corazón a nuestro buen Dios, por su Gran Misericordia, Bondad, Gracia y Generosidad en mantener vivo el anhelo de culminar, lo que había empezado.

**Dedicatoria**

Mi agradecimiento a mis Padres José y Bárbara, por su gran apoyo, al Dr. Jorge E. Alva H. por ser un ejemplo de Magisterio para la profesión y a esta casa de estudio que ha tenido paciencia para formarme. Gracias Señor.

## Dedicatoria

## RESUMEN

La presente tesis trata de la aplicación de la mecánica de suelos al diseño de los elementos estructurales de la laguna de estabilización de "San José" en y con suelo salino sódico en la ciudad de Chiclayo. Los aspectos geométricos y hidráulicos de la laguna son definidos por el ingeniero sanitario. La seguridad estructural de los bordos o cuerpos de diques y del fondo de la laguna y de los materiales componentes son diseñados y establecidos por el ingeniero geotecnista.

El suelo de la zona de estudio tiene componentes salino sódico, el cual, al contacto con el agua, ocasiona una disminución de su capacidad portante (por lixiviación y reblandecimiento). Dado la necesidad de su uso para formar los bordos y fondos de la laguna se hace necesario un tratamiento del material in situ. Se discute cinco (05) alternativas y se concluye para su mejoramiento, estabilizarlo con cemento Pórtland tipo I. Se hace una referencia a los orígenes del suelo salino sódico, puesto que sus componentes son sales (carbonatos, sales solubles, cloruro de sodio, etc) con una preponderancia del sodio, mediante los estudios de la química del suelo, se mencionan también, la aplicación de la mecánica de suelos como: la elección del nivel de la cimentación, el diseño de la capa impermeable del fondo de la laguna, la protección de los bordos o cuerpo del dique, tratamiento o mejoramiento del material in situ, el grado de compactación, y debido a la existencia de una pequeña laguna y del nivel freático cercano a la superficie, se hace el diseño del subdrenaje y su filtro.

En resumen, se muestran las diversas herramientas de la mecánica de suelos para dar solución al problema de la cimentación y al tratamiento del suelo salino sódico .

### LISTA DE SIGLAS

Arena arcillosa .....	SC
Arena limosa.....	SM
Arena pobremente gradada.....	SP
Arcilla de alta plasticidad.....	CH
Arcilla de baja plasticidad.....	CL
Densidad húmeda.....	$\gamma$

Densidad seca.....	$\gamma_d$
Grava arcillosa bien gradada.....	GC-GW
Grava limosa pobremente gradada.....	GP-GM
Grado de compactación en porcentaje.....	GC (%)
Humedad.....	$\omega$
Limo plástico.....	MH
Peso específico de sólidos.....	Ss
Permeabilidad.....	$\kappa$

Los Cuadros.....Presentan valores de diseño referenciales

Las Tablas .....Presentan datos del estudio

## ÍNDICE

### RESUMEN

ÍNDICE.....	6
INTRODUCCIÓN.....	9

### CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Descripción de la Zona de Estudio.....	13
1.2. Consideraciones de las Lagunas de Estabilización.....	13
1.3. Las Lagunas y sus Condiciones Climáticas.....	17
1.4. Ubicación, Acceso y Topografía.....	18

### CAPÍTULO II: GEOLOGÍA y GEOTECNIA

2.1. Geología Regional.....	19
2.2. Geología Local.....	20
2.3. Geomorfología.....	20
2.4. Exploración de Campo.....	22
2.4.1 Excavaciones Abiertas-calicatas.....	23
2.4.2 Ensayos de Percusión tipo S. P. T y C.P.....	25
2.4.3 Ensayos de Permeabilidad de Campo.....	34
2.4.4 Exploración de Canteras.....	37
2.5. Ensayos de Laboratorio.....	38
2.5.1 Ensayos Estándar.....	39
2.5.2 Ensayos Especiales.....	40
2.5.3 Ensayos Químicos.....	42
2.6. Perfil Estratigráfico.....	47

### CAPÍTULO III: QUÍMICA DEL SUELO

3.1. Conceptos Básicos.....	50
3.1.1. Capacidad de Intercambio Catiónico.....	52
3.1.2. Intemperismo y formación del Suelo.....	54
3.1.3. Contenido de Materia Orgánica en los suelos.....	54
3.1.4. Tratamiento con Ácido Clorhídrico.....	56
3.2. Suelos Salinos Sódicos.....	57
3.2.1. Origen de las Sales Solubles.....	57

3.2.2. Origen de los Suelos Salinos y Sódicos.....	59
3.2.3. Origen del Sodio en los Suelos.....	60
3.3. Suelos Dispersivos.....	63
3.3.1. Ensayos Propuestos.....	64

#### **CAPÍTULO IV: ANÁLISIS e INGENIERÍA**

4.1. Cimentación.....	67
4.1.1 Capacidad Admisible de Carga.....	67
4.1.2 Capacidad Portante por Asentamiento.....	71
4.2. Análisis Unidimensional de Flujo Establecido.....	75
4.2.1 Espesor de Fondo.....	76
4.2.2 Ancho de la Corona.....	76
4.2.3 Altura del Tirante de Agua.....	77
4.2.4 Borde Libre.....	77
4.2.5 Altura del Dique.....	81
4.3. Diseño del Filtro. ....	81
4.3.1 Análisis del Filtro.....	83
4.4. Subdrenaje.....	84
4.5. Análisis de Estabilidad.....	92
4.6. Compactación.....	96
4.6.1 Compactación del Cuerpo del Dique.....	97
4.6.2 Compactación del Fondo de laguna.....	99

#### **CAPÍTULO V: ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO**

5.1. Geomembranas.....	101
5.2. Revestimiento de Concreto.....	104
5.3. Revestimiento de Mampostería.....	106
5.4. Revestimiento de Asfalto.....	106
5.5. Estabilización del Suelo.....	108
5.5.1 Estabilización con Yeso.....	109
5.5.2 Estabilización con Cemento.....	110
5.5.2.1 Procedimiento para la Estabilización.....	115
5.5.2.2 Evaluación de la Estabilización.....	117
5.6. Características del Diseño.....	118

## RECOMENDACIONES

Geotecnia.....	123
Diseño.....	125
Tratamiento.....	125

## CONCLUSIONES

Geotecnia.....	126
Ecología.....	126

## BIBLIOGRAFÍA

Anexo	Registro de Sondajes
Anexo II	Ensayos de Laboratorio
Anexo III	Ensayos Especiales
Anexo IV	Ensayos Mezcla Suelo – Cemento
Anexo V	Ensayos de Permeabilidad de Campo
Anexo VI	Gráficos
Anexo VII	Fotos
Anexo VIII	Secciones - Diques
Anexo IX	Planos



## INTRODUCCIÓN

La presente tesis tiene como objetivo principal el estudio de la cimentación, y el diseño geotécnico de los diques y el fondo de la laguna de estabilización de "San José" con y en un suelo salino sódico, ubicada en la ruta a la caleta de San José, en la ciudad de Chiclayo. Lambayeque.

La Ingeniería Geotécnica como fundamento del avance constructivo del País, se relaciona con diversas disciplinas de la ingeniería, brindando soluciones acordes con la muy variada realidad geotécnica de nuestro territorio nacional.

En América Latina se tiene una cobertura del 49% del sistema de alcantarillado y con más de 40 millones de metros cúbicos por día de aguas servidas se conducen y se vierten a los ríos, lagos y mares. En el presente milenio el 90% de la población, se beneficiará con este servicio y en consecuencia, estaríamos arrojando, más de 100 millones de metros cúbicos por día de aguas servidas a los ríos, lagos, mares, etc. En el pasado, la baja densidad demográfica, hacía que las aguas servidas sean de baja carga orgánica y por ello fácilmente digeridas por las bacterias de la naturaleza; sin embargo hoy, vemos que esto es insuficiente y se necesita ayuda técnica para depurar el agua servida y luego enviarla a los ríos, lagos y mares. El satisfacer las necesidades de agua potable en las diversas regiones de América hispana, ha ocasionado una explotación masiva de los acuíferos y fuentes de agua, produciendo disminuciones de ellos, conllevando, a una escasez del recurso y en consecuencia presentándose como un problema para el desarrollo futuro. En el siglo XX el consumo de agua aumentó a un ritmo superior al doble de la tasa de crecimiento de la población, las Naciones Unidas estiman que para el 2025, no menos de los dos tercios de la población mundial estimada en 5,500 millones de personas, vivan en países con escasez grave de agua. De acuerdo a las estimaciones de la F.A.O. nuestro país, se encuentra en el listado de naciones que dentro de los próximos años tendrá una crisis de agua, principalmente en la zona costera. En nuestro país los técnicos prevén que para el 2025 las cumbres de los nevados de los Andes se habrían descongelado, debido al efecto invernadero, ocasionando con ello una reducción en

el uso del agua, Por otro lado, la migración hacia las grandes ciudades en el Perú, ha originado que aprox. 4,000 ha. sean regadas con agua de desagües.

Los ríos y lagos contaminados con aguas residuales también ocasionan situaciones endémicas debido a los agentes patógenos contenidos en sus aguas. En este contexto hay una necesidad de usar bien el recurso agua y en sobremanera el agua servida, el desafío constructivo es proponer soluciones dentro de un marco económico y técnico, que reduzcan la contaminación del agua servida, con la reutilización del agua y que generen beneficios adicionales en la agricultura y piscicultura. La opción tecnológica que permite alcanzar tales objetivos y salubridad son las Lagunas de Estabilización.

El desarrollo de las primeras Lagunas de Estabilización se inician por la década del 1960 en los Estados Unidos de América, los intentos por racionalizar la construcción de los diques o bordos con material de tierra llevaron en México a hacer los primeros diseños en distintos materiales usados como cuerpo del dique o bordo orientados básicamente hacia la construcción de lagunas para contener aguas limpias para riego y residuos químicos industriales.

Las Lagunas de Estabilización (mal llamadas en el pasado Lagunas de Oxidación, dado que el proceso de oxidación es parte de otros procesos de estabilización de la laguna) en nuestro país, desde los años 1970 se ha realizado investigaciones en convenio con el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias (CEPIS). Se han construido lagunas a manera de ensayos y como laboratorios de investigación a tamaño natural, como es el caso de las lagunas de "San Juan", en el distrito de San Juan de Miraflores en Lima, en su mayor parte estas lagunas han sido excavadas y sin ningún tipo de impermeabilización dado que en sus inicios no era preocupante la infiltración, en años recientes, debido al tratamiento y reutilización de aguas servidas básicamente con fines agrícolas, al aumento de caudales recibidos y a las cargas orgánicas, conllevan a usar en muchos casos cargas hidráulicas que han originado fallas en la estructura de retención, tales como grandes infiltraciones como en el caso de la laguna Serena en Chile en donde no se hizo ningún tipo de compactación al fondo de laguna, observándose después de la filtración, grietas en el fondo de laguna. También en las lagunas de San Juan de Miraflores, en donde se registró una infiltración de 2.5

cm/día (Ricardo Rojas, 1980) y falló un cuerpo de dique como una canalización. En Cochabamba, los diques de la laguna fueron construidos con material de arcilla de mediana plasticidad, originándose falla a manera de una canalización abierta por el cuerpo del dique. Por ello, es necesario hacer estudios mas detallados del diseño de los diques de tierra y del fondo de la laguna, mediante métodos prácticos. Por otro lado las zonas donde se ubican estas lagunas, algunas veces los suelos están constituidos por componentes no recomendables en la Mecánica de Suelos, tales como altos contenidos de sales, como en la laguna de Pisco o medianos contenidos de sales sódicas, como en la laguna de "Santa Rosa" y de "Pampa de Perros" en Chiclayo, se ha soslayado este aspecto de los agentes químicos presentes en los materiales para ser usados en los diques, lo cual ha llevado a que en los inicios del funcionamiento haya problemas de erosión por el lavado o reblandecimiento de los diques.

Los materiales usados como cuerpo del dique y fondo, en la laguna de "San José", tienen altos contenidos de sales solubles y medianos contenidos de sales sódicas, gran parte de la discusión de la presente tesis, trata de las alternativas para la solución del suelo salino sódico, con fines de ser usado como elemento estructural del terraplén. Es donde se unen esfuerzos para intercambiar criterios de diseño y experiencia y obtener resultados acordes con nuestra realidad geotécnica y económica.

La Empresa de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) ha medido la cantidad 1'500,000 m<sup>3</sup>/día de aguas servidas en Lima que se depositan en el Océano Pacífico por el Emisor Surco (conocido como La Chira), en el distrito de Chorrillos, estas aguas llevan una alta tasa de contaminación, con una carga de 290'000,000 de coliformes totales<sup>1</sup> y 210'000,000 de coliformes fecales<sup>2</sup> siendo los términos tolerables por la OMS de 5,000 coliformes totales y de 1,000 coliformes fecales; por ello SEDAPAL con ayuda del Plan Japonés de Ultramar con

---

<sup>1</sup> Los coliformes son bacterias de forma alargada llamadas gran negativas que al fermentar producen lactosa con expulsión de gas, se clasifican en coliformes totales (realizan la producción de gas a los 35° C)

<sup>2</sup> Los coliformes fecales (realizan esta producción de gas a los 44.5 °C pero en 24 horas) llamadas también Coliformes Termotolerantes.

un financiamiento de 135 millones de dólares, ha impulsado el Proyecto Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado de la zona Sur (PROYECTO MESIAS) de Lima metropolitana, construyendo, Lagunas de Estabilización ubicadas en el distrito de Lurín en la zona llamada, los arenales de San Bartolo, compuestas por lagunas aereadas y con 38 unidades de operación cuyas aguas serán reutilizadas en Agricultura y Piscicultura, también SEDAPAL reemplazará el actual emisor Chira con un emisor subacuático que penetra al mar unos 3,000 m. con un diámetro de 2.40 m y una profundidad de 60 m. con ello se logrará descontaminar totalmente las aguas marinas frente al Emisor Chira.

El país tiene una responsabilidad de usar adecuadamente sus recursos y tratar con los usos de ellos. Las aguas de desagüe tratándose adecuadamente en las lagunas de estabilización se pueden usar para muchos requerimientos, su tratamiento dependerá de su fin último, para regadío, piscicultura y recientemente esta siendo usado para reciclar aguas industriales en la minería y fábricas pesqueras.

## CAPÍTULO I

### GENERALIDADES

La presente tesis de grado tiene como objetivo presentar el estudio geotécnico de la cimentación y del diseño de los diques y el fondo de la Laguna de Estabilización "San José", en y con suelo salino sódico. Debido a la naturaleza del suelo natural, se propone diversas alternativas para su uso en los diques y fondo de la laguna de Estabilización de "San José", en Chiclayo, departamento de Lambayeque.

Actualmente en el país existen 1,800 Municipios que tienen muchos problemas con el destino final de sus aguas servidas, por ello el Programa Nacional de Agua y Saneamiento Rural PRONASAR con recursos propios y con financiamiento exterior del BIRF y del Banco Mundial ha emprendido un programa de mejoramiento del servicio de agua y saneamiento financiado hasta el año 2008.

Dado que las áreas ocupadas por las Lagunas de Estabilización son relativamente grandes y debido que en su gran mayoría este sistema trabaja por gravedad y para que el proyecto sea de bajo financiamiento, las áreas son donadas por los Municipios involucrados o expropiadas por el Estado mediante resolución y/o algún tipo de negociación, esto conlleva a que las zonas destinadas para el tratamiento de aguas servidas sean en su mayor parte, áreas de terrenos baldíos, cauces secos, terrenos eriazos y cuya ubicación es casi invariable y por lo tanto con un comportamiento geotécnico variable.

La actual ubicación de las lagunas de San José, es una zona de terrenos baldíos y eriazos, donada por la Comunidad de San José mediante convenio de cesión en uso de tierras del 13 de Mayo de 1993. Este convenio incluye 40 hectáreas correspondientes a la laguna de la Ciudad de Dios en donde están funcionando las actuales lagunas de Pampa de Perros. Para este propósito, el Gobierno Alemán por intermedio de la GTZ<sup>1</sup>, cedió una donación al Municipio de la

---

<sup>1</sup> Entidad alemana que da ayuda a los países en vías de desarrollo

ciudad de Chiclayo para la renovación de sus redes principales de alcantarillados y la construcción de lagunas de tratamiento de aguas servidas.

## 1.1 Descripción de la zona de estudio

La zona de estudio se encuentra bordeada por pequeñas colinas, que encierran una depresión casi plana, esta depresión presenta emanaciones salinas, debido al alto nivel freático manifestado por la presencia de una laguna natural, cuyas aguas provenientes de los regadíos vecinos alimentan la estanqueidad. Las zonas de emanación salina, están formadas por costras salinas en algunos casos de 0.10 m de espesor, en sus zonas más bajas. Las colinas están formadas por material aluvial con matriz de arena arcillosa, que se pueden apreciar visualmente. En la dirección Nor Oeste, se presenta la parte más baja de toda la zona de estudio y está formada por arena eólica. La zona de estudio, es parte del abanico aluvial generado por el cono de deyección del río Reque y de los ríos de cauce corto, que se activan en los meses de lluvias, así como por la penetración de las arenas eólicas de las playas, originadas por los fuertes vientos de la zona. La abundante agua de la zona se debe a que existen gran número de riachuelos que nacen en la vertiente occidental cuyas aguas se pierden por percolación al llegar a estas llanuras debido a la escasa pendiente existente, esta pendiente suave origina que las partículas finas sedimenten, haciendo con ello que el conglomerado se encuentre con matriz limosa o arcillosa. La topografía de la zona se muestra en el Plano G-01

## 1.2 Consideraciones de las Lagunas de Estabilización

Dado que las lagunas de Estabilización son estanques formados por diques o bordos del suelo formante y dependerá del área, profundidad y clima, y puesto que la altura del dique y su área es función del tipo de laguna a usar, presentamos un alcance básico de la operación de una laguna de estabilización.

Básicamente las condiciones de operatividad de una laguna de estabilización, vienen dadas por el diseño del ingeniero sanitario. La terminología laguna de oxidación, fué usada en el pasado para referirse a plantas de tratamiento de aguas residuales, sin embargo, en las lagunas no solo se oxida la materia orgánica, sino que ocurren otros procesos de estabilización del agua residual, de aquí el nombre

de Lagunas de Estabilización<sup>2</sup>, que involucra la función real del proceso así como las lagunas aeróbicas y anaeróbicas, diseñado para el tratamiento de aguas residuales mediante procesos biológicos naturales por medio de la interacción de la Biomasa (algas, bacterias, protozoarios, etc.) con la materia orgánica contenida en el agua residual y otros procesos naturales (factores físicos, químicos y meteorológicos) el uso de este tipo de tratamiento está recomendado cuando existe un alto grado de organismos patógenos. La finalidad de estos procesos es entregar un efluente de características normadas de acuerdo al uso del agua a tratar.

La estabilización que sufre el efluente en las lagunas de estabilización, está controlado por la etapa en que se encuentran, dado que el uso de estas lagunas es para altas cargas orgánicas, es necesario procesos secundarios y terciarios de estabilización, de acuerdo a lo propuesto por el diseñador. Las lagunas de San José, reciben las altas cargas del emisor, en seis (06) lagunas primarias, las cuales son estanques de forma cuadrada y aereadas mediante paletas mecánicas, por ello en el fondo y los diques se ha colocado una losa de concreto, para soportar la aeración, posteriormente el efluente pasa a lagunas facultativas y finalmente a lagunas de maduración si es el caso. Las lagunas son construidas con material de préstamo (suelo seleccionado y compactado). Debido a su función las lagunas trabajan de distinta manera y tienen distintas características tanto en área como en altura. Mencionamos las partes de una laguna de estabilización: En función de su operación, si se regula de acuerdo al contenido de oxígeno: pueden ser anaeróbicas, aeróbicas y facultativas. Si el oxígeno es suministrado artificialmente con aeración mecánica o aire comprimido se denominan lagunas aereadas.

Las lagunas anaeróbicas son estanques de profundidad variable (2.5 - 5.0 m) y están diseñadas para recibir altas cargas orgánicas, se les llama anaerobias por que operan en ausencia de oxígeno. Debido a las altas cargas orgánicas de operación, el efluente contiene un alto porcentaje de materia orgánica y requiere de otro proceso de tratamiento, por esta razón están orientadas al pretratamiento de desechos industriales y domésticos con una alta carga industrial, de aquí que su funcionalidad es básicamente disminuir las altas cargas orgánicas para el siguiente proceso.

---

<sup>2</sup> El término técnico, Laguna de Estabilización involucra de manera general a estanques construidos de tierra de profundidad reducida (< 5 m)

Las lagunas aeróbicas, son estanques de profundidad reducida (0.3 a 0.5 m) lo cual permite la penetración de luz hasta el fondo y son diseñadas para la reducción de materia orgánica por organismos aeróbicos. Estas unidades son adecuadas para zonas residenciales, fábricas, minería, y se adaptan fácilmente a áreas reducidas, frecuentemente son usadas en zonas residenciales. Debido a su baja carga orgánica, son adecuadas para zonas frías.

Las lagunas facultativas tienen como características que el contenido de oxígeno varía de acuerdo con la profundidad y hora del día, en el estrato superior existe una simbiosis (comensalismo entre algas y bacterias) y la descomposición anaeróbica de los sólidos sedimentados en el fondo (biodegradación anaerobia), por consiguiente su ubicación como unidad de tratamiento en un sistema de lagunas puede ser, como laguna primaria única o como una unidad secundaria después de lagunas anaeróbicas o aereadas.

De acuerdo con el lugar que ocupan en relación a otros procesos, las lagunas pueden clasificarse como primarias o de aguas residuales crudas, secundarias si reciben efluentes de otros procesos de tratamiento y de maduración si su propósito fundamental es reducir el número de microorganismos.

De acuerdo con la secuencia de las unidades pueden clasificarse como lagunas en serie o en paralelo pudiéndose encontrar combinaciones de varios tipos. El número de unidades en serie tiene relación primordial con la topografía del terreno y en menor grado con el nivel de calidad requerido en el efluente del sistema.

En cambio el número de lagunas en paralelo, tiene relación con otros factores como las etapas de implementación de las unidades, la topografía del terreno, las condiciones de operación y mantenimiento de la instalación.

Las Lagunas de "San José" están conformadas por doce (12) lagunas, de las cuales seis (06) lagunas son aereadas y otras seis (06) facultativas. Las lagunas aereadas están ubicadas en paralelo y reciben las aguas residuales directamente del emisor sur de la ciudad de Chiclayo, derivando sus efluentes a otras seis (06) lagunas facultativas y de aquí el efluente es destinado parte al mar y parte a los



cultivos agrícolas de la comunidad de San José. La distribución de las lagunas se encuentra en el Plano G-02.

Puesto que las aguas residuales tratadas de la laguna de "San José", serán usadas en parte para uso agrícola, presentamos un Cuadro de los usos de las aguas tratadas, de la cual los efluentes de la laguna de "San José" se encuentran en la categoría C, especificado en la Ley General de Aguas. (1969) Capítulo VIII, con la cual se estableció el diseño.

**CUADRO N° 1.1**  
**Clasificación de Usos de Agua (1969)**

Tipo	Categoría	Descripción
Agrícola	A	Productos de consumo crudo
	B	Hortalizas y frutas para envasados. Cultivos industriales procesados por calor, árboles frutales tubérculos. Forraje de consumo fresco. Consumo con cáscara y consumo crudo o cocido.
	C	Algodón, maíz, caña de azúcar. Producción de fibras y forraje desecado.
Municipal	A	Riego de campos de Golf. Parques, prados de libre acceso al público y lavado de calles.
	B	Riego de parques cerrados y acantilados.
Acuícola		Crianza de Tilapia y /o Carpas.
Recreación	A	Contacto primario. Pastos y natación
	B	Navegación
Forestal		Selvicultura
Industrial		Refrigeración

El Reglamento Nacional de Edificaciones en su acápite OS-090, ítem 4.3.13 (2006) presenta los niveles de tolerancia para el tratamiento de lagunas de aguas residuales.

**CUADRO N° 1.2**  
**Clasificación de los Procesos de tratamiento de aguas residuales (2006)**

Proceso de tratamiento	Remoción (%)		Remoción ciclos log <sub>10</sub>	
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helmintos
Sedimentación primaria	25-30	40-70	0-1	0-1
Lodos activados(a)	70-95	70-95	0-2	0-1
Filtros percolantes (a)	50-90	70-90	0-2	0-1
Lagunas aereadas(b)	80-90	(c)	1-2	0-1
Zanjas de oxidación (d)	70-95	80-95	1-2	0-1
Lagunas de Estabilización(e)	70-85	(c)	1-6	1-4

(a) precedidos y seguidos de sedimentación

- (b) incluye laguna secundaria
- (c) dependiente del tipo de laguna
- (d) seguidas de sedimentación
- (e) dependiendo del número de lagunas y otros factores como: temperatura, periodo de retención y forma de las lagunas.

Del Cuadro N° 1.1 y Cuadro N° 1.2 se puede apreciar que mientras el Cuadro N° 1.1 trabaja con el uso del agua residual tratada, el Cuadro N° 1.2 establece los parámetros más importantes así como su concentración para diferentes tipos de aprovechamientos.

### 1.3 Las Lagunas y sus Condiciones Climáticas

El clima predominante en la zona de estudio, es del tipo desértico subtropical de 19° a 23°C, con variaciones de tipo seco y cálido a semicálido. Las condiciones climáticas influyen en el comportamiento del tipo de lagunas puesto que gran parte de la estabilización del agua residual, es originada por radiación solar y temperaturas medias de 20°C que facilitan la fotosíntesis de las algas ocasionando la oxigenación, en otros casos el diseño está gobernado por procesos anaeróbicos, con ausencia de oxígeno, el cual es regulado como una componente de la temperatura. La ubicación con respecto a los vientos es fundamental, La Norma Técnica de Edificaciones OS-090, en su acápite "Plantas de tratamiento de aguas residuales" en el ítem 5.5.1 norma la distancia mínima de las lagunas anaeróbicas de los poblados a 500 m de distancia, puesto que éstas operan generando microorganismo que degluyen la materia orgánica formando natas que orientados por los vientos hacia una zona específica de la laguna, se acumulan generando malos olores. Por otro lado, la nata acumulada es un caldo de cultivo para la proliferación de parásitos.

### 1.4 Ubicación, Acceso y Topografía

La laguna de "San José" se ubica al Noroeste de la ciudad de Chiclayo, su acceso está en la margen izquierda de la carretera a la caleta de "San José" a una distancia de 6.5 km. medidos desde el cruce de la vía circunvalación con la vía al Puerto Pimentel y a 1000 m. de la laguna "Pampa de Perros". La laguna de San José se encuentra a unos 2000 m del poblado de Ciudad de Dios, la Norma Técnica

de Edificaciones OS-090, recomienda la ubicación de la laguna a una distancia mínima de 500 m de cualquier poblado cercano.

Este terreno fue cedido a La Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPAL) de Chiclayo, por la Comunidad Campesina de San José mediante Convenio de cesión de tierras.

La Topografía esta gobernada por una depresión casi plana de forma sinuosa, rodeada por pequeñas colinas de superficie ondulada con una extensión de 125 ha. En la parte mas baja de la depresión se encuentra una laguna salina de aprox. 800 m<sup>2</sup> de espejo de agua que aumenta en épocas de regadío hasta cubrir toda la zona de depresión elevando su tirante con respecto a este nivel, en 0.50 m. En la depresión se aprecian costras salinas que ocupan la parte central del terreno. En la dirección Nor-Oeste se encuentra la salida natural del área de depresión.

## CAPÍTULO II

### GEOLOGÍA

La Geología Regional indica el origen y procedencia de los suelos en estudio; fallas, contactos, rocas predominantes, mineralizaciones. La Geología Local revisa la evidencia de la geología regional en el área de estudio comprobando localmente y minuciosamente variaciones geomorfológicas, tectónicas e hidrogeológicas. Tener una idea a priori de la geología regional y saber las condiciones de la geología local facilitan el conocimiento de los equipos y ensayos de campo a ser usados en el estudio y nos facilitan una mejor comprensión de la zona de estudio.

#### 2.1 Geología Regional

La zona de estudio geológicamente, pertenece a la zona costanera donde destacan las pampas aluviales y las dunas próximas al litoral. La Cordillera Occidental constituye la divisoria de aguas, las cuales son cortadas profundamente por ríos de corto recorrido y se dirigen hacia la costa en forma de corrientes dendríticos, la mayor parte no llega al mar y se filtran al llegar a la llanura costera. En el camino de Chiclayo hacia Puerto Pimentel y en las afueras de Chiclayo se encuentran afloramientos rocosos a manera de peñascos, al sur del puerto Pimentel también se ha apreciado ligeros salientes, ambos afloramientos pertenecientes al cretáceo inferior denominado Neocomiano-Apiano que tiene una facies mas gruesa con mayor contenido lutáceo en esta zona, es interesante notar que en el cretáceo superior han sucedido hechos trascendentes como la desaparición de los grandes reptiles, separación del continente afro-brasilero y al final del cretáceo se inicia el levantamiento de los Andes, el Aptiano-Neocomiano reúne al Grupo Goyllarisquizga y la Formación Tinajones, La Formación Goyllarisquizga, es una serie sedimentaria del cretáceo inferior, consta de areniscas y lutitas asociadas con lentes de carbón; su potencia de 100 a 900 m y aflora en Goyllarisquizga, Jatunhuasi, Tarma, también aflora en la Cordillera Occidental (norte y centro del Perú). Durante el Neocomiano-Aptiano se depositaron lutitas, areniscas y algunas calizas que se agrupan en la formación Tinajones en dirección de la costa. (Ver Grafico N°1 Anexo VI).

## 2.2 Geología Local

La zona involucrada, está formada por: Pampas Aluviales a lo largo de la faja costanera y provenientes de las estribaciones andinas, abundan los depósitos aluviales y fluviales constituidos por conglomerados, gravas, arenas, limos hacia la línea costanera se encuentran los depósitos mas finos y tierra adentro, los mas gruesos formando, en muchos casos, conos de deyección, sobre éstos se encuentran mantos irregulares de arenas eólicas que se originan en las amplias playas existentes a lo largo del litoral y son transportadas por los vientos que soplan constantemente. Las perforaciones evidenciaron muestras de arenitas, muy compactas con presencia de rasgos de arcillas y algo de limos. La arenita es formada por la diagenización de las arenas (sedimentación de la arena que se convierte en arenisca por efectos de esfuerzos compresionales y térmicos). El basamento esta formado por rocas areniscas de color marrón o verdoso en estratos delgados.

## 2.3 Geomorfología

Las pampas aluviales, forman una franja continua e interrumpida, a lo largo de la costa. El río Reque hace una diferenciación estratigráfica, las que se ubican al sur del río Reque tienen características algo diferentes. Al norte del río Reque (zona de estudio) se nota un cambio en las características aluviales, se encuentran formadas por los antiguos conos de deyección de los ríos andinos. Cerca a la línea costera, los valles prácticamente se pierden como entidades geomorfológicas y los ríos se dividen en canales menores que comúnmente no llegan al mar, el contraste en las pampas que yacen al norte y sur del río Reque, se debe al mayor desarrollo de los antiguos conos de deyección en el sector meridional este rasgo controla la morfología del lugar, las pampas bajas de esta área pasan sin mayor interrupción topográfica a playas anchas y abiertas. El límite entre la playa y la pampa, está representado por bancos de grava que forman lomas bajas y paralelas, sobre una franja de aproximadamente un kilómetro de ancho. Estos, están interpretados como líneas de playas antiguas alejadas del mar por pequeños levantamientos progresivos de la costa. En términos de clasificación geomorfológica, se puede decir que el área del norte del río Reque, tiene una costa que muestra señales de crecimiento y construcción mientras que más al sur se nota la erosión progresiva de

los barrancos esto se debe que en la costa norte, la costa está ligeramente emergente y contiene playas levantadas, al sur del río Reque la costa se halla en proceso de sumersión y por lo tanto está cortando barrancos en los potentes abanicos de conglomerado que caracterizan este sector. Un fenómeno común en toda la costa de la zona en estudio es el desarrollo de barreras de arena que obstaculizan y cierran por completo las desembocaduras de los ríos, la barrera se ha formado por la migración de arena desde el sur la que se ha depositado en los vacíos formados por las bocas de los ríos, los cuales no han tenido suficiente caudal para limpiar la obstrucción de sus cauces. Las barreras de arenas han funcionado como represas llegando a formar pequeñas lagunas detrás de ellas, tal como se puede apreciar cerca de la desembocadura del río Reque, en otros casos las lagunas se han llenado de sedimentos hasta convertirse en zonas pantanosas o en tierra firme. El movimiento eólico de material clástico genera dunas y acumulaciones irregulares de arena, se establecen dos grupos de depósitos eólicos de edades diferentes, las dunas modernas están activas todavía, mientras que las antiguas están siendo erosionadas y retrabajadas. Los vientos en la zona son fuertes. Los pilotos del aeropuerto de Chiclayo estiman la velocidad promedio del viento en la zona de 13 km/hora. Las dunas y las corrientes de arenas indican que el viento sopla predominantemente de sur o suroeste. Sin embargo sufre inflexiones por efectos topográficos y por efectos meteorológicos locales, la deposición del material eólico, se inicia donde encuentra obstáculos en su avance. Las barreras principales son los cerros de las estribaciones andinas y los valles principales, en cuanto a los primeros la arena se acumula sobre los flancos del barlovento y forma depósitos extensos y gruesos y alcanza alturas apreciables sobre el nivel de las pampas, en algunos casos parte de la arena logra pasar cuellos o partes bajas para luego depositarse sobre los flancos de sotavento.

## **GEOTECNIA**

La geotecnia estudia la interacción entre la mecánica de suelos, la mecánica de rocas y la geología aplicada. Dado que las cargas transmitidas por los diques es menor de  $1.0 \text{ kg/cm}^2$  la cimentación de los diques es básicamente superficial, por lo cual el estudio se orientará específicamente al estudio del suelo sustentante. El estudio de suelos verificó capas de conglomerado con matriz de arena arcillosa con intercalaciones de arcillas con arenas limosas, seguidamente debajo de esta capa se encontró la roca madre muy alterada (arenita) de color blanquizco con lentes de

arcillas plásticas, también se encontró debajo de las zonas de empantanamiento, bancos de material turboso y costras salinas.

Para el correspondiente estudio se ha ejecutado el siguiente programa de trabajo:

- Exploración de Campo
- Ensayos de Laboratorio
- Perfiles Estratigráficos

Se presenta una descripción cualitativa de las correcciones de campo así como su uso en el análisis de los ensayos de penetración estándar S.P.T. y permeabilidad de campo.

## **2.4 Exploración de Campo**

Las investigaciones de campo fueron ejecutadas por el Ing. Barturén de la ciudad de Chiclayo, las perforaciones fueron realizadas por la Empresa Brasileña Geotécnica S.A. con barrenos de 2" y de 4" con obtención de muestra inalterada "in situ". Posteriormente se realizó en los sectores considerados problemáticos (zona de empantanamiento) una mayor exploración con ensayos de penetración tipo Cono Peck a cargo del Ing. Huertas Polo docente de la Universidad Particular Antenor Orrego de Trujillo.

Para Las Lagunas de "San José", se ejecutaron en las 125 hectáreas:

- 27 calicatas a cielo abierto con profundidades comprendidas entre 1.2 y 5.0 m,
- 5 sondajes de penetración estándar tipo SPT con profundidades entre 7 y 11 m,
- 10 sondajes, tipo Cono Peck con profundidades 5.0 m en promedio.

Se obtuvieron muestras alteradas e inalteradas en las cuales se determinaron la humedad, la densidad, por el método de la parafina, límite líquido, límite plástico y clasificación del suelo por el método del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

### **2.4.1 Excavaciones Abiertas-Calicatas**

Para conocer la estratigrafía del suelo se ejecutan excavaciones abiertas o calicatas, las cuales se ejecutan manualmente con pico y pala y son de forma

circular, cuadrada y rectangular, la forma circular presenta una mejor estabilidad geométrica a derrumbes internos que otras formas, debido a su menor perímetro, menor área expuesta y menor inercia, se recomienda para calicatas profundas (>5m) y suelos sueltos, las calicatas rectangulares se deben a condiciones de campo y de operatividad tales como instrumentos muy grandes, presencia de bolonería etc.

En la laguna de "San José" se ejecutaron 27 calicatas, de las cuales la denominada calicata L-5 fue realizada con maquinaria (tractor D-8) a manera de una trinchera.

El presente cuadro muestra una relación empírica entre la consistencia de campo y los valores de laboratorio.

**CUADRO N° 2.1**

Consistencia	Campo	Campo	Campo	Laboratorio
	Examen cualitativo (método hindú)	Examen cualitativo (ASTMD2488-75)	SPT N°golpes/pie	Resistencia a la Compresión simple (kg/cm <sup>2</sup> )
Muy blanda	El puño puede ser hundido	Se escapa entre los dedos cuando se aprieta	<2	0.25
Blanda	El dedo pulgar puede hundirse fácilmente	Se moldea con una ligera presión de los dedos	2-4	0.25-0.50
Mediana	El pulgar puede ser hundido con algún esfuerzo	Se moldea con una presión fuerte de los dedos	4-8	0.5-1.0
Compacta	El pulgar deja una huella pero se requiere mucha presión para hundirlo en el suelo	Se deja penetrar con una presión de los dedos pero con gran esfuerzo	8-15	1.0-2.0
Muy compacta	Fácil de rayar con la uña	Se marca con la uña	15-30	2.0-4.0
Dura	Casi no se raya con la uña	Se marca con dificultad con la uña	>30	>4.0



Presentamos las calicatas ejecutadas.

**TABLA N° 2.1**

<b>CALICATA</b>	<b>PROFUNDIDAD (m)</b>	<b>COTA DE TERRENO (m.s.n.m.)</b>	<b>NIVEL FREÁTICO (m)</b>
C-1	4.10	9.67	NA
C-2	3.10	6.96	2.00
C-3	4.50	12.57	3.00
C-4	3.80	6.92	3.80
C-5	5.00	11.32	N.A.
C-6	3.00	7.16	1.00
C-7	3.00	8.66	2.00
C-8	3.10	4.02	2.70
C-9	5.00	9.11	3.00
C-10	3.10	10.62	1.70
C-11	2.70	11.37	1.20
C-12	2.40	11.66	N.A.
C-13	3.00	10.27	N.A.
C-14	1.50	10.18	N.A.
C-15	1.50	10.47	N.A.
C-16	1.00	8.03	N.A.
C-17	2.50	7.99	N.A.

**TABLA N° 2.2**

<b>CALICATA</b>	<b>PROFUNDIDAD (m)</b>	<b>COTA DE TERRENO (m.s.n.m.)</b>	<b>NIVEL FREÁTICO(m)</b>
C-1A	1.50	11.88	N.A.
C-2A	2.00	8.88	1.20
C-3A	3.50	9.43	N.A.
C-4A	1.20	6.85	0.30
C-5A	2.00	8.89	2.00
C-6A	2.00	6.81	1.30
C-7A	3.00	7.71	1.70
C-8A	3.00	7.78	1.50
C-9A	4.00	12.00	N.A.
C-10A	3.10	9.23	1.65
<b>TOTAL</b>	<b>77.60</b>		

#### 2.4.2 Ensayos de Percusión tipo S. P. T. y C.P.

Los ensayos de penetración estándar tienen como finalidad obtener un registro continuo de la resistencia del suelo a medida que el ensayo se profundiza, así como la realización de ensayos especiales en la perforación; los equipos que se usan para tal fin son diversos desde los mas complejos como la perforación diamantina, con equipo incorporado de S.P.T. hasta los más simples como el ensayo de penetración ligera que correlaciona con el

S.P.T., dependiendo del tipo de suelo y de los alcances del proyecto, se elige el equipo a usar. El Ensayo de Penetración Estándar en sus inicios se le especificó para evaluar arenas sueltas, sin embargo se ha extendido su uso para tener una idea del comportamiento del suelo fino, suelos arcillosos, suelos residuales, etc.

El ensayo consiste en penetrar por percusión 18" mediante un martillo de 140 lb (64 kg) de peso y una caída de 30", espaciadas cada 6" y se registra el número de golpes para penetrar cada 6", el primer tramo se anula por encontrarse el suelo disturbado por la limpieza y luego se suma los últimos dos tramos siendo, este el valor de campo, se define la condición de "rechazo" para las siguientes opciones:

Cuando en un tramo se tiene más de 50 golpes

Cuando se tiene un acumulado de mas de 100 golpes

Cuando dado 10 golpes no se aprecia descenso en la penetración

El procedimiento de ensayo fue estandarizado en 1958 por la ASTM en la normativa ASTM -1586. El valor de campo varia de acuerdo al procedimiento usado en campo, a la pericia del operador, el valor es sensible a estas variaciones y el valor de N no es repetible como seria lo deseado, por ello se establece un rango de valores pero si es reproducible, las principales variaciones son las siguientes (7):

- método de perforación
- proceso de limpieza del hoyo de ensayo por lavado
- diámetro del hoyo
- altura de caída del martillo
- tipo de martillo
- número de vueltas de la soga alrededor del tambor
- altura de caída del martillo (la caída del martillo manualmente, tiene un error del 25%).
- la masa del cabezal que transmite la energía
- la fricción de la soga en el tambor y en la polea
- deterioro de la zapata de la caña partida
- la deficiente verticalidad de los tubos de penetración

- presencia o ausencia de líneas en el interior del muestreador zapata (este insignificante detalle puede alterar los resultados en un 10 a 30%)
- la razón de golpeteo del martillo

Estas variaciones fueron estudiadas meticulosamente entre los años 1970 y 1980 obteniéndose una normativa “prueba de penetración estándar” (De Mello, 1971. Nixon, 1982). Basado en estos estudios Seed et al. (1985) recomendaron el siguiente criterio adicional:

- Usar un método de lavado rotatorio para realizar el hoyo de perforación con un diámetro entre 100 mm a 125 mm.
- Si el muestreador es hecho con ranuras, estas pueden ser usadas como diámetro interno (35 mm).
- Usar tuberías de perforación de diámetro A o AW para profundidades menores de 15 m y N o NW para mayores profundidades.
- Usar un martillo que tenga una eficiencia de 60%
- Aplicar el golpeteo del martillo a una razón de 30 a 40 golpes por minuto.
- Usar dos (2) vueltas de la soga en el tambor del motor para ejecutar el ensayo

En lo que respecta a la obtención de la calidad de muestra, es decir con un mínimo grado de perturbación de la muestra se recomienda un índice de área de 10% a 15% para que una muestra se considere inalterada, el tubo shelby tiene un índice de área de 9%, comúnmente los sacamuestras tienen un índice de área de 100% a 112%, un índice de área de 180% nos indica demasiada perturbación en la muestra.

El ensayo presenta hasta tres bondades muy útiles y necesarias para el ingeniero geotecnista.

- Se obtiene muestra del nivel de ensayo lo cual permite una clasificación directa del suelo, esto permite hacer la correlación entre tipo de suelo y el valor de campo.

- Es muy rápido y económico, por que puede ser ejecutado en cualquier zona de acceso.
- todos los equipos de perforación tipo plataforma para exploración de suelos son equipados con este ensayo.

#### Correcciones de los datos de campo

Es posible disminuir los efectos mencionados con las correcciones propuestas por **Skempton, (1986)**.

$$N_{60} = \frac{E_m C_B C_s C_R N}{0.60}$$

Donde:

$N_{60}$  = SPT N valor corregido

$E_m$  = Eficiencia del martillo (ver Tabla 1)

$C_B$  = Corrección por diámetro del Hoyo de ensayo (ver Tabla 2)

$C_s$  = Corrección por muestreador (ver Tabla 2)

$C_R$  = Corrección por longitud de perforación (ver Tabla 2)

$N$  = Valor medido en campo de SPT N.

En los ensayos de perforación ejecutados por la Empresa Geotécnica S.A. en la laguna de "San José", se usó diámetros de zapata de 2" y de 4". Los datos de SPT también pueden ser ajustados por corrección, por sobrecarga, que compensa los efectos del esfuerzo efectivo. Se ha verificado en pruebas profundas en un mismo depósito de suelo, tienen grandes valores de N que pruebas superficiales en el mismo suelo. La corrección por sobrecarga en suelos homogéneos ajusta las medidas de N a la que ella tendría si el esfuerzo vertical fuese de 100Kpa. Para suelos heterogéneos se recomienda usar los valores de campo. El profesor Skempton (1986) plantea la siguiente corrección por sobrecarga:

$$N'_{60} = C_N N_{60}$$

Donde:

$$C_N = \sqrt{\frac{\sigma_r}{\sigma_v}}$$

- $N'_{60}$  = SPT N valor corregido por profundidad de sobrecarga  
 $\sigma_v$  = esfuerzo vertical efectivo a nivel de ensayo (Kpa)  
 $\sigma_r$  = esfuerzo referencial 100 Kpa

El ensayo presenta correcciones por tipo de martillo, por el diámetro de la abertura del hoyo de ensayo (recomendable 100 mm a 250 mm).

### CUADRO N° 2.2

#### Eficiencias del martillo S.P.T.

País	Tipo de martillo	Tipo de mecanismo	Eficiencia del martillo (Em)
Argentina	Donut	Tambor	0.45
Brasil	Pin Weight	Manual	0.72
China	Automático	Trip	0.60
China	Donut	Manual	0.55
China	Donut	Tambor	0.50
Colombia	Donut	Tambor	0.50
Japón	Donut	Tombi trigger	0.78-0.85
Japón	Donut	Tambor con 2 vueltas +Motor	0.65-0.67
UK	Automático	Trip	0.73
USA	Safety	Tambor con 2 vueltas	0.55-0.60
USA	Donut	Tambor con 2 vueltas	0.45
Venezuela	Donut	Tambor	0.43

Adaptado de Clayton (1990)

### CUADRO N° 2.3

#### Diámetro del hoyo, tipo de muestreador Longitud de la tubería

Factor	Equipamiento Variable	Valor
$C_B$ Diámetro del hoyo	2.5"-4.5" (65 - 115 mm)	1.00
	6 " (150mm)	1.05
	8" (200mm)	1.15
$C_S$ Tipo de muestreador	Muestreador estándar	1.00
	Muestreador sin líneas (no recomendado).	1.20
$C_R$ Longitud de la tubería	3-4 m	0.75
	4-6 m	0.85
	6 - 10 m	0.95
	> 10 m	1.00

Adaptado de Skempton (1986)

$$N_{60} = \frac{Em C_B C_s C_R N}{0.60}$$

Donde:

N = Mediciones de SPT de Campo

N<sub>60</sub> = SPT N Valor corregido por procedimientos de campo

Em = Eficiencia del martillo (ver tabla 1)

C<sub>B</sub> = Corrección por diámetro del hoyo (ver tabla 2)

C<sub>s</sub> = Corrección por muestreador (ver tabla 2)

C<sub>R</sub> = Corrección por longitud de tubería (ver tabla 2)

A continuación presentamos los sondajes S.P.T. realizados.

**TABLA N° 2.3**

SONDAJE S.P.T.	PROFUNDIDAD (m)	COTA DE TERRENO (m.s.n.m.)	NIVEL FREÁTICO (m)
S-1	10.50	9.23	1.90
S-2	9.40	7.78	2.60
S-3	7.00	7.30	0.80
S-4	8.00	7.50	0.60
S-5	11.00	11.66	9.00
TOTAL	45.90		

Se ejecutaron los ensayos S-1, S-2, S-3, S-4, y S-5 y también un sondaje al costado de la calicata L-2.

En los sondajes S-1 y S-2 se utilizó los siguientes implementos

Un martillo de peso 60 Kg.

Un penetrómetro cuyos diámetros son:

Diámetro interno: 10.7 cm.

Diámetro externo: 12.7 cm.

Altura de caída fue de 35" (pulgadas).

En los restantes sondajes se uso el penetrómetro estándar

Caña partida de 2" de diámetro externo

Martillo de 64 kg. de peso

Altura de caída 30 pulgadas.

En los sondajes S-1 y S-2 se hizo la corrección necesaria a los ensayos, se obtuvo una constante de 1.40 de la siguiente manera:

$$N_{60} = \frac{E_m C_B C_s C_R N}{0.60}$$

$E_m=0.72$ ;  $C_B=1.00$ ;  $C_s=1.20$ ;  $C_R=0.90$  (valor medio)

$$N_{60}=1.30N$$

Si el ensayo se ejecutó con martillo de peso 60kg, luego por tres simples:

$$\text{De donde } N_c=1.40N$$

Puesto que el perfil estratigráfico del sondaje S-1 (capa superficial de arena arcillosa y en profundidad capas intercaladas de arenas cementadas y gravas arcillosas) y del sondaje S-2 (capa superficial de arena arcillosa y debajo una arcilla plástica, continua la grava arcillosa y subyace la arenita) son variados, solo hacemos la corrección del profesor Terzaghi para valores de N de campo por debajo del nivel freático:

$$N_d = (N_c+15)/2$$

en donde  $N > 15$ :

En los dos primeros sondajes S-1 y S-2 se efectuó con una altura de caída de  $h = 35"$  y una  $m = 60$  kg y no según la norma de  $h = 30"$  y  $m = 64$  kg. Para efectuar la corrección por altura de caída se evaluó la energía dinámica de caída conforme a:

$$E_k = mh/2$$

Obteniéndose para ambas alturas un diferencia del 10% a disminuir a los valores de campo. Dado los altos valores de campo en estos dos ensayos se ha desestimado esta corrección.

**TABLA N° 2.4**

Sondaje S-1				
Prof. (m)	Nivel freático (m)	N campo	Nc corregido	N <sub>d</sub> diseño
3.23	1.90	47	66	41
4.23	1.90	115	162	89
5.23	1.90	119	167	91
6.23	1.90	97	137	76

**TABLA N° 2.5**

<b>Sondaje S-2</b>				
<b>Prof. (m)</b>	<b>Nivel freatico (m)</b>	<b>N campo</b>	<b>N corregido</b>	<b>N<sub>d</sub> diseño</b>
1.78	-	34	48	48
2.78	2.60	90	127	71
3.78	2.60	81	114	65
4.78	2.60	106	149	82

**TABLA N° 2.6**

<b>Sondaje S-3</b>			
<b>Prof. (m)</b>	<b>Nivel freatico (m)</b>	<b>N campo</b>	<b>Nd diseño</b>
0.20	NA	17	17
1.20	0.50	11	11
2.00	0.50	20	18
3.00	0.50	100	>100

**TABLA N° 2.7**

<b>Sondaje S-4</b>			
<b>Prof. (m)</b>	<b>Nivel freatico (m)</b>	<b>N campo</b>	<b>N<sub>d</sub> diseño</b>
2.40	0.60	163	89
4.00	0.60	191	>100

**TABLA N° 2.8**

<b>Sondaje S-5</b>			
<b>Prof. (m)</b>	<b>Nivel freatico (m)</b>	<b>N campo</b>	<b>N<sub>d</sub> diseño</b>
4.66	NA	>100	>100
5.66	NA	>100	>100
6.66	NA	>100	>100
7.66	NA	>100	>100

**TABLA N° 2.9**

<b>Sondaje al costado de L-2</b>			
<b>Prof. (m)</b>	<b>Nivel freatico (m)</b>	<b>N campo</b>	<b>N<sub>d</sub> diseño</b>
0.50	0.50	7	7
1.90	0.50	5	5



**TABLA N° 2.10**

<b>Sondaje Cono Peck</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Cota (msnm)</b>
CP-1	5.40	8.72
CP-2	5.40	7.82
CP-3	5.40	8.00
CP-4	5.40	7.50
CP-5	5.40	7.51
CP-6	5.10	7.16
CP-7	5.10	7.00
CP-8	5.40	7.00
CP-9	5.40	6.86
CP-10	2.10	6.97
<b>TOTAL</b>	<b>50.10</b>	

Para suelos gravosos tipo canto rodados de tamaño máximo hasta 2", muy sueltos a sueltos con matriz arenosa y ligero contenido de limos (<5%), es posible usar el Cono Peck (punta cónica de 2" sin extracción de muestras y cuyo registro es de manera similar al ensayo de S.P.T.) a medida que la punta penetra empuja el material hacia sus costados abriéndose paso. Para suelos arenosos finos muy sueltos y arcillas muy blandas se usa Ensayos de Penetración Estática tipo Cono Holandés que mide la penetración por punta y la fricción lateral, es decir la cohesión y la fricción, actualmente la geotecnia de campo se está inclinando a una instrumentación computarizada con dispositivos eléctricos que auscultan con mayor acuciosidad los parámetros del suelo.

En el Anexo I se presenta los registros de sondajes.

### **2.4.3 Ensayos de Permeabilidad de Campo**

El ensayo de Permeabilidad de Campo mide la dificultad del paso del agua por el medio poroso .Si el agua desciende rápidamente el nivel original de ensayo se dice que es permeable. Si demora más de 3 horas en descender su nivel original se dice que es semi impermeable y si demora más de 24 horas se dice que es impermeable, se debe verificar cual es la capa por donde el agua infiltra, esto se logra con un detallado registro de los estratos de suelo.

Existe una gama de métodos de ensayos propuestos por diversos autores, el criterio básico es simular en campo las condiciones del ensayo a usar.

El método de carga constante se puede aplicar a cualquier tipo de suelo sin embargo por cuestiones de operación y tiempo de ejecución, se acostumbra usarlo en suelos relativamente permeables, no así en suelos impermeables en donde el gasto de infiltración es pequeño y no pueden registrarse fácilmente las mediciones exactas de sus valores.

Para la ejecución del ensayo en materiales semipermeables ( $k < 10^{-4}$  cm/s) se vierte agua en el pozo de ensayo hasta un nivel referido (marcado previamente), se observa que en un inicio el agua fluye por absorción y en el registro de campo se verifica un crecimiento del flujo de agua con respecto del tiempo. en esta etapa el agua empieza a ocupar los vacíos del suelo hasta saturarlos, la saturación se extiende por debajo del nivel de agua de ensayo y se debe esperar hasta tener una buena área de saturación es aquí cuando empieza el flujo sostenido (flujo establecido) en las zonas próximas al pozo de ensayo, en el registro de campo se verifica que en un mismo intervalo de tiempo absorbe el mismo volumen de agua, es en esta etapa donde se debe medir la permeabilidad, esto ocurre a la hora o hora y media de iniciado el ensayo, para tomar lecturas adecuadas se recomienda que el ensayo dure como mínimo tres horas. En las zonas donde el clima es frígido, en los Andes, las primeras horas del día el suelo se encuentra congelado, por ello se recomienda que el agua de ensayo esté a una temperatura algo mayor que la del suelo para evitar que las burbujas de aire entren en solución y con ello se reduzca el flujo de agua a través del suelo, en las zonas andinas en las primeras horas el agua tiene una temperatura (5°C a 8°C) menor que la del suelo superficial (10°C a 13°C) por ello para ensayos próximos a la superficie es recomendable ejecutar el ensayo al medio día, también es posible calentar el agua a una temperatura dada y luego hacer la corrección por temperatura. Para ensayos próximos al nivel freático o debajo de ella, el agua de ensayo ya encuentra saturado el medio a fluir y por ello el tiempo de ensayo es muy corto.

Factores que afectan la permeabilidad de campo:

- 1- Dependerá de las propiedades del fluido intersticial
- 2- Dependerá de la relación de vacíos, la permeabilidad se incrementa con el incremento de la relación de vacíos.
- 3- Dependerá de la forma, ancho y disposición de los granos o de la estructura del suelo, los suelos de grano fino con estructura floculada tienen un alto coeficiente de permeabilidad que los de estructura dispersa
- 4- Dependerá de la cantidad de aire no disuelto dentro del agua intersticial
- 5- Efectos de forma del espejo de agua en el ensayo
- 6- La permeabilidad se incrementa con el grado de saturación, esto es cierto hasta que el agua ocupe todos los vacíos del suelo, cualquier incremento adicional desflocula el suelo y por lo tanto lo vuelve más dispersivo.
- 7- Composición de las partículas de suelo, en las arenas y limos esto no es relevante, sin embargo para suelos con minerales arcillosos este es uno de los más importantes factores, la permeabilidad en este caso depende del espesor del agua que se adhiere a la película de suelo, la cual es función de la capacidad de intercambio catiónico, valencia de los cationes, también la permeabilidad decrece con el incremento de la doble capa difusa.

8-

Se presenta en el Anexo V los cálculos de la permeabilidad de campo por el método de carga variable. Los métodos de carga variable se limitan a suelos permeables y suelos saturados.

Se presenta un cuadro resumen de los valores calculados

**TABLA N° 2.11**

Sondaje	Tramo a ensayar (m)	Tipo Suelo/Roca	Nivel Freático(m)	Permeabilidad (cm/seg)
S-1	3.23-4.73	Arenita	1.9	$4.7 \times 10^{-6}$
	4.73-6.23	Arenita	1.9	$9.1 \times 10^{-6}$
S-2	1.78-3.28	SP*	2.6	$2.6 \times 10^{-5}$
S-3	1.20-3.00	CH	0.8	$1.2 \times 10^{-5}$
S-4	1.20-2.30	CH	0.6	$6.3 \times 10^{-5}$
S-5	4.66-6.16	Arenita	9.0	$1.0 \times 10^{-6}$

\*Arena fina cementada

Para la mayoría de los propósitos de la ingeniería civil es suficientemente aproximado despreciar los cambios en el valor de K, debidos a la temperatura u otros cambios que afecten la densidad y la viscosidad.

**CUADRO N° 2.4**  
**CLASIFICACION DE LOS SUELOS SEGÚN SU**  
**COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (10)**

<b>Clasificación</b>	<b>Permeabilidad (Cm./seg.)</b>
<b>ELEVADA</b>	$>10^{-1}$
<b>MEDIA</b>	$10^{-1}$ a $10^{-3}$
<b>BAJA</b>	$10^{-3}$ a $10^{-5}$
<b>MUY BAJA</b>	$10^{-5}$ a $10^{-7}$
<b>PRACTICAMENTE IMPERMEABLE</b>	$< 10^{-7}$

Según Terzaghi y Peck (1967)

De la Tabla N° 3.11 se concluye para la Arenita una permeabilidad muy baja de  $10^{-6}$  cm/seg y para las arenas cementadas y arcillas una permeabilidad baja de  $10^{-5}$  cm/seg.

#### **2.4.4 Exploración de Canteras**

Para la construcción de los diques y del fondo de laguna es conveniente usar el mismo material de corte. Dado que el movimiento de suelos en este tipo de obras está por el 80% del presupuesto, por ello se trata en lo posible de construir los terraplenes y fondo de laguna con el mismo material del sitio, de tal manera de hacer una compensación entre el corte y relleno con el fin de disminuir los costos. Por otro lado dado los requerimientos de impermeabilidad o mejora del cuerpo del dique se necesita material de préstamo.

Se han estudiado y visitado algunas canteras de la zona y se presenta en la Tabla 2.12 un resumen:

**TABLA N° 2.12**  
**Canteras estimadas**

N°	Cantera	Material	Volumen (m <sup>3</sup> )	Distancia (km)	Ubicación
1	Mochumi	Arcilla	>300,000	50	Mochumi
2	Reservorio Chiclayo	Arena limo arcillosa	<100,000	20	Lambayeque
3	Pampa de Perros	Arenas arcillosas	>200,000	1	Pampa de Perros Ciudad de Dios
4	Tres tomas	Arenas limosas	>300,000	36	A 5 km de ferreñafe
5	Cruce San José-Lambayeque	Grava limosa	>100,000	1.5	Ciudad de Dios
6	La Victoria	Arenas	>300,000	38	Carretera a Chongoyape km3 y km5

**TABLA N° 2.13**  
**Canteras analizadas**

Cantera	SUCS	Gravas (%)	Arenas (%)	Finos (%)	O.C.H (%)	$\gamma_d$ max (gr/cc)
Tres Tomas	SP-SM	34.4	56.4	9.2	6.9	2.22
Cruce San José y Lambayeque	GM	56.4	23.4	17.7	9.0	2.07
La Victoria (Km.3)	SP	35.7	61.6	2.7	9.5	2.02
La Victoria (Km5)	SP	43.8	51.4	4.8	10.3	2.08

**TABLA N° 2.14**

Cantera	SUCS	LL (%)	IP (%)	Gravas (%)	Arenas (%)	Finos (%)
Tres Tomas	SP-SM	20.7	6.0	34.4	56.4	9.2
Cruce San José y Lambayeque	GM	39.7	15.2	56.4	23.4	17.7
La Victoria (Km3)	SP	---	---	35.7	61.6	2.7
La Victoria (Km5)	SP	---	---	43.8	51.4	4.8

Estas canteras fueron escogidas a priori por no presentar comportamiento salinos y dispersivos sin embargo dada la distancia se ha preferido trabajar con el material producto del corte tomando la decisión de un mejoramiento o protección del suelo.

## 2.5 Ensayos de Laboratorio

Los ensayos de laboratorio se realizan con las muestras disturbadas e inalteradas obtenidas en el campo, es conveniente que los ensayos de laboratorio estén corroborados con la apreciación de campo, para ello es necesaria una comunicación entre el técnico y el Consultor. Teniendo en cuenta, el perfil estratigráfico encontrado. Se realizaron ensayos estándar y especiales de laboratorio. Los ensayos realizados fueron los siguientes:

Contenido de Humedad	ASTM-D-2216
Análisis Granulométrico por Tamices	ASTM-D-422
Limite Líquido	ASTM- D-4318-95a
Limite Plástico	ASTM-D-4318-95a
Limite de Contracción	ASTM-D-427
Clasificación de Suelos SUCS	ASTM-D-2487 -93
Peso Específico de Sólidos	ASTM-D-854
Proctor Estándar	ASTM-D-698
Ensayos de Penetración Estándar SPT	ASTM-D -1586-97
Ensayos de Permeabilidad-Carga Variable	USBR-E-19
Corte Directo	ASTM-D-3080
Consolidación	ASTM-D-4546 -90
Densidad in situ	ASTM-D-1556
Sales Solubles Totales	ACI-201-2R-77
	Comité 318-83 ACI
Método estándar para la Evaluación de la estabilización química de suelos	ASTM-D-4609-943.22
Ensayo de dispersión tipo Pin hole	ASTM D-4647

### 2.5.1 Ensayos Estándar

Los Ensayos estándar sirven para clasificar los suelos y obtener los límites de Atterberg conocidos como valores índices. La ejecución de ensayos estándar se hizo teniendo en cuenta el perfil estratigráfico encontrado.

Se realizaron los siguientes ensayos:

Ensayos de contenido de humedad: veintinueve (29).

Ensayos de análisis granulométrico vía humedad: veintiséis (26).

Límites Líquidos: veinticuatro (24).

Límites plásticos: veinticuatro (24).

Límites de contracción: dos (02).

Los Ensayos se presentan en el Anexo II.

En la Tabla N° 3.15 se presenta un resumen de los resultados.

**TABLA N° 2.15**

Calicata	Prof. (m)	L.L. (%)	L.P. (%)	I.C. (%)	I.P. (%)	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)	SUCS
C-1	0.20-3.10	49.60	37.80	—	11.8	53.36	25.37	16.15	GM
	3.10-4.10	68.20	34.60	20.47	33.6	24.58	10.78	64.64	MH
C-2	0.50-1.90	61.70	29.40	17.67	32.3	—	7.8	92.20	CH
	1.90-3.10	52.90	24.40	15.38	28.5	—	17.65	82.35	CH
C-3	1.90-4.50	49.10	30.40	21.46	18.7	7.0	23.92	69.08	ML
C-4	0.00-0.60	—	—	—	NP	—	95.33	4.67	SP
	0.60-1.45	57.10	27.90	18.35	29.2	—	9.77	90.23	CH
	1.45-1.90	18.10	15.60	—	2.60	—	81.39	18.61	SM
	1.90-3.80	64.40	31.00	17.96	35.4	—	9.56	90.44	CH
C-5	0.00-1.20	31.10	17.80	—	13.3	—	57.1	42.90	SC
	1.20-3.80	64.60	44.80	—	19.80	29.14	36.85	27.69	SM
	3.80-5.00	59.30	39.80	—	19.50	5.24	57.32	37.44	SM
C-6	0.00-0.80	17.90	15.10	—	2.80	—	86.77	13.23	SM
	1.10-2.05	37.00	23.30	17.74	13.70	0.92	55.90	43.18	SC
	2.40-3.00	36.10	23.80	—	12.30	0.70	56.09	43.21	SC
C-7	0.60-1.90	66.20	44.30	—	21.90	11.16	54.98	33.86	SM
C-8	0.00-1.50	—	—	—	NP	—	98.46	1.54	SP
	1.50-2.70	58.30	26.5	16.03	31.80	—	18.46	81.54	CH
	2.75-3.10	28.10	24.5	—	3.60	—	62.24	37.76	SM
C-9	0.90-5.00	49.10	27.3	18.81	21.8	6.5	22.92	70.59	CL
C-10	0.85-1.40	39.5	23.7	—	15.8	1.7	74.27	24.03	SC
C-3A	0.75-1.70	78.4	45.4	26.53	33.0	2.5	18.27	79.25	MH
C-7A	1.50-3.00	46.9	34.9	—	12.0	1.92	44.45	53.63	ML
C-8A	0.20-1.50	37.5	22.5	15.11	15.0	—	53.25	46.75	SC
C-10A	0.60-1.80	59.4	22.6	—	33.8	—	8.64	91.36	CH
	1.80-3.10	55.9	27.5	—	28.4	52.76	27.21	10.08	GW-GC

## 2.5.2 Ensayos Especiales

Los ensayos especiales evalúan comportamientos específicos del suelo, suponiendo estados de carga en la vida útil, para ello se usan muestras inalteradas del suelo. Estos ensayos califican el o los parámetros que gobiernan la estructura del suelo, los parámetros que gobiernan generalmente al suelo son la resistencia, la permeabilidad y la compresibilidad, sin embargo estos están ligados a la geología e hidrogeología local y regional. Para extraer la muestra inalterada, de un suelo uniforme y homogéneo, se obtiene una muestra representativa en su profundidad promedio, cuando es un suelo de diferentes estratos conviene tomar de cada uno de los estratos sin embargo esto podría encarecer el proyecto por lo que se sugiere tomar muestras inalteradas del estrato predominante, el estrato predominante no necesariamente es el de mayor potencia, debemos considerar los estratos de poca potencia que se

ubiquen dentro del bulbo de presiones. Estas muestras se obtienen manualmente de las calicatas o mediante perforaciones tipo ensayo de penetración estándar con obtención de muestra mediante tubo shelby.

Se realizaron los siguientes ensayos especiales, Los análisis de los ensayos se presentan en el Anexo III:

- Ensayos de corte directo: tres (03)
- Ensayos de consolidación: tres (03).
- Ensayos de gravedad específica: nueve (09).
- Ensayos de Proctor modificado: cuatro (04).

**TABLA N° 2.16**

**ENSAYO DE CONSOLIDACIÓN**

N°	Calicata	Prof. (m)	Gs	%Vacios	SUCS
1	C-2	1.10	2.73	0.866	CH
2	C-6	1.25	2.83	0.549	SC
3	C-10A	1.40	2.66	0.988	CH

**TABLA N° 2.17**

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO**

N°	Calicata	Prof.(m)	C(kg/cm <sup>2</sup> )	φ°	SUCS
1	C-2	1.10	0.33	10°	CH
2	C-6	1.25	0.43	11°	SC
3	C-10A	1.40	0.44	11°	CH

**TABLA N° 2.18**

**ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECÍFICA**

N°	Calicata	Prof.(m)	Gs	SUCS
1	C-1	0.20-3.10	2.643	GP-GM
2	C-2	0.50-1.90	2.747	CH
3	C-3	1.90-4.50	2.632	ML
4	C-4	1.90-3.80	2.722	CH
5	C-5	0.0-1.20	2.660	SC
6	C-6	1.10-2.05	2.651	SC
7	C-8	1.50-2.70	2.716	CH
8	C-9	0.90-2.60	2.623	CL
9	C-10	0.85-1.40	2.665	SC

Como se puede apreciar los valores del corte directo son bajos y los valores del Proctor modificado nos dan valores razonables.



**TABLA N° 2.19**  
**ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO**

Cantera	O.C.H. (%)	Dmax (gr/cc)	SUCS
Tres Tomas	6.9	2.22	SP-SM
Cruce. San José y Lambayeque	9.0	2.07	GM
La Victoria km 3	9.5	2.02	SP
La Victoria km 5	10.3	2.08	SP

**TABLA N° 2.20**

Calicata	Prof. (m)	W(%)	P. U. (gr/cc)	Peso Seco (gr/cc)	SUCS
C-2	1.10-1.25	30.45	1.902	1.458	CH
C-6	1.25-1.40	19.84	2.109	1.760	SC
C-10A	1.40-1.55	36.08	2.110	1.550	CH

### 2.5.3 Ensayos Químicos

Los ensayos químicos son ejecutados básicamente cuando la estructura va a ser cimentada en suelos que van a erosionar la cimentación. Se realizaron quince (15) ensayos de Sales Solubles Totales.

Se presenta un cuadro resumen de los ensayos realizados:

**TABLA N° 2.21**

N°	Calicata	Prof.(m)	%Sales
1	C-1	0.20-3.10	3.754
2	C-2	0.50-1.90	0.615
3	C-3	0.40-1.90	0.255
4	C-4	1.90-3.80	1.114
5	C-5	0.0-1.20	2.037
	C-5	1.20-3.80	1.190
6	C-6	0.0-0.80	3.020
	C-6	1.10-2.05	3.261
	C-6	2.40-3.00	0.197
7	C-7	0.60-1.90	0.717
8	C-8	0.0-1.50	0.503
	C-8	1.50-2.70	1.100
9	C-9	0.90-3.80	0.583
10	C-10	0.85-2.25	0.302
11	C-11	0.60-3.00	0.219

Se presenta los ensayos físico químico de las muestras de agua servidas que va estar expuesto el terraplén:

**TABLA N° 2.22**

Muestra	Hora	T°C	Ph	DT ppm	ALC ppm	CL2 ppm	CL ppm	CO2 ppm
Efluente Ciudad Dios	12.00M	21	7.41	240	325	0	37	20

**TABLA N° 2.23**

Muestra	Hora	Turbidez Unt	Cond Ohms	O2D mg/lt	DQO mg/lt
Efluente Ciudad Dios	12.00M	70	1346	1.72	8.6

**TABLA N° 2.24**

Muestreo de aguas subterráneas (11/11/95)

Lugar	Conduc- tividad	Ph	T°C	Sulfatos (SO <sub>2</sub> ) mg/lt	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) mg/lt	Sólidos Totales Disueltos (TDS)
C-6	96100μ	7.12	24.2	9670	0.001	67.3ppm
C-8	54700μ	7.06	24.1	12339	0.023	38.7ppm

### Ensayos Químicos – Canteras

El análisis químico se realizó para los suelos que servirán de cantera para la capa impermeable (arena arcillosa) material in situ. Material excedente de las excavaciones de la laguna Pampa de los Perros , las muestras analizadas se excavaron de 0.80 a 1.00 m en corte de los taludes del material acumulado en Pampa de los Perros.

El departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, sección de investigaciones sobre conservación de suelos y agua, tipifica, siguiendo la denominación del profesor Sigmond como un suelo Salino-Sódico aquel cuyo CE > 4 mmhos/cm. a 25°C y el porcentaje de sodio intercambiable PSI >15 y el valor de Ph < 8.5 y con altas cantidades de sales solubles.

Se ejecutaron los siguientes ensayos:

Porcentaje de Sodio Intercambiable (PSI)  
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)  
Conductividad Eléctrica (CE)  
pH

Las definiciones de estos términos se desarrollan en el ítem, Química del Suelo (Capítulo IV).

Se presenta los siguientes ensayos químicos. (2)

**TABLA N° 2.25**

Material de Corte\_Pampa de Perros

CE mmhos/cm	pH	SALES SOLUBLES							CaCO3 (%)	PSI (%)	CIC meq/100gr
		Cationes (meq/litro)			Aniones (meq/litro)						
		Ca	Mg	Na	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>			
27.12	7.8	56.	40.4	177.18	0.30	3.65	261.0	62.17	8.1	31.8	14

**TABLA N° 2.26**

Análisis Químicos (lavado), Cantera Pampa de Perros (R4) Prof.=1.0 m

CE mmhos/cm	mg/lt	pH	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	Ca	Mg	Na	PSI
2.69	1.808	8.0	0.0	1.1	8.3	16.6	9.6	6.1	12

**TABLA N° 2.27**

Análisis Químicos en el agua de las calicatas y afluente de la laguna

Lugar	Ubicación	C.E.		TEMP °C	FECHA
		ms/cm	mg/lt		
San José	C-2	9.51	6.47	23	18.05.96
San José	C-6	9.75	6.63	25	18.05.96
Pampa de perros	Salida de agua	1.47	1.00	21.5	18.05.96

**TABLA N° 2.28**

Análisis químicos de la Cantera San José\_Material excedente de las excavaciones de la construcción de la laguna de Pampa de los Perros

Lugar	CE		pH	SALES SOLUBLES					
	ms/cm	mg/lt		Aniones (meq/litro)			Cationes (meq/litro)		
				CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	CL	Ca	Mg	Na
R1	13.6	9146	7.7	0	1.85	105.75	31	57	75.2
R2	99.6	66981	7.8	0	1.45	931.25	168	347	680.2
R3	37.4	25151	8.1	0	1.30	896.00	113	74	261.8
R4	55.9	37593	7.8	0	1.25	1900.25	95	173	402.8
R5	14.4	9684	8.3	0	1.00	85.50	17	56	99.8
R6	17.1	11500	7.8	0	5.00	100	16	16	173.2

R7	74.0	49765	7.9	0	3.50	925	172	104	612.0
R8	19.5	13113	8.4	0	3.40	260	42	31	161.0
R9	69.8	46940	8.2	0	2.70	640	97	57	683.6
R10	48.5	32616	7.6	0	3.00	570	84	39	459.0
CRUCE SAN JOSÉ	78.8	52943	8	2.6	14.9	895	234	57	654.6

**TABLA N° 2.29**

Lugar	CaCO <sub>3</sub> (%)	PSI	CIC meq/100g de suelo
R1	0.6	3.57	18.97
R2	0.01	30.96	17.99
R3	0.15	27.91	18.13
R4	0.14	33.36	19.01
R5	0.52	18.77	18.78
R6	0.20	38.5	18.95
R7	0.50	43.05	19.01
R8	0.20	27.56	18.41
R9	0.22	53.19	18.25
R10	0.02	45.97	18.13
CRUCE SAN JOSÉ	6.54	44.1	20.10

La ubicación de muestras se presenta en el Grafico N°2 del Anexo VI

**TABLA N° 2.30**

CE mmhos/cm	pH	SALES SOLUBLES							
		Cationes (meq/litro)			Aniones (meq/litro)				
		Ca	Mg	Na	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	Cl	SO <sub>4</sub>	
34.34	7.81	53.2	33.65	470	0.20	2.40	508.2 5	285.1	

**TABLA N° 2.31**

CE mmhos/cm	% CaCO <sub>3</sub>	PSI	CIC meq/100g de suelo
34.34	12.54	50.60	17.25

Cantera Ciudad de Dios (pampa de perros)

**Material de Corte in situ**

CE = 30.55 mmhos/cm > 4 mmhos/cm

PSI = 48.07

pH = 7.65

CIC = 18meg/ 100 de muestra de suelo

El material de corte in situ se tipifica como un suelo salino sódico de salinidad clase V-VI excesiva muy fuertemente salino, medianamente alcalino y de capacidad de intercambio catiónico (CIC) media. Dado que el material de corte se usará como cantera para la capa impermeable del cuerpo del dique y del fondo de laguna, y por lo tanto siempre se encontrará sumergido bajo aguas residuales, con la consecuencia de ser atacado químicamente a mediano plazo. El sodio actúa en presencia de humedad, rompiendo la estructura de la capa compactada y dispersándola, de aquí la necesidad de hacer un tratamiento a esta capa, mediante un mejoramiento o una protección.

## 2.6 Perfil Estratigráfico

El perfil estratigráfico nos da información ordenada de las diferentes capas o estratos que componen el depósito del suelo, la resistencia, permeabilidad y compresibilidad, para una mejor aproximación están en función de la cuantía de ensayos de campo (calicatas, trincheras y sondajes), adicionalmente ensayos geofísicos. Para su obtención se registra de manera sistemática los ensayos y se van uniendo las capas o estratos afines de acuerdo al ensayo de laboratorio. Cuando el suelo está compuesto de uno o dos materiales (homogéneo) es fácil determinar el perfil estratigráfico. Por otro lado, cuando el suelo está compuesto de varios materiales y de ubicación errática (heterogéneo), el unir las capas o estratos tiene algo de aleatorio. Para tener una idea espacial de la zona en estudio, el geotecnista, en el campo debe unir los estratos afines y con los estratos que no son afines, se recomienda rastrearlos con sondajes ligeros tipo posteadora, piques o calicatas para poder zonificar la zona de estudio. En el Plano G-04 se presentan los perfiles estratigráficos. De acuerdo a los perfiles podemos establecer dos zonas estratigráficas

### Zona 1

Está conformada por las colinas que bordean la Zona 2, se caracterizan por presentar capas gravosas con matriz limosa o arcillosa compacta. Debajo de ella se presentan intercalaciones de arenas finas y limos, muy densas con

capas de gravas arcillosas. Se ejecutaron los sondajes S-5 (11.0m), C-12 (2.40m), C-5 (5.0m), C-1A (1.50m), C-2A (2.0m) y C-11 (2.70m).

La conformación es típica en esta zona, presentándose tres capas muy definidas, Si seguimos la secuencia de formación, establecemos, un depósito de formación marina, la roca arenisca, como la arena sedimentada han sufrido esfuerzos compresionales y térmicos se presenta de color verdusco luego la siguiente capa superior siguiendo los procesos de sedimentación marina la misma arena en proceso de convertirse en roca de color blanquizco llamada, Arenita, la cual tiene incrustaciones de lentes de limos, arcillas y seguidamente hasta la superficie intercalaciones de gravas areno arcillosas y arenas limosas y arcillas, es así que en la zona de las colinas existe escasa turba, concentrándose gravas arcillosas con intercalaciones de arenas y limos.

## Zona 2

Zona casi plana, la más baja, donde el nivel freático aflora a la superficie y asciende en épocas de verano, en planta presenta una forma sinuosa, el nivel freático se encuentra en S-1 a 1.90m de la superficie y en S-3 en 0.80m. En esta zona se ejecutaron los sondajes S-1(10.50 m), S-3(7.0 m) y S-4(8.0 m), C-4 (3.10 m). Se aprecia una cobertura de suelo cultivable y/o eólico de unos 0.20m prosigue con una capa de arenas arcillosas o arcillas arenosas que van desde 0.60 a 1.20m, luego subyace una arcilla muy plástica proveniente de las sedimentaciones hasta una profundidad de 1.80 a 2.30 m. Seguidamente aparece una capa de grava arcillosa, compacta de gravas subredondeadas de tamaño medio 2" que van desde 1.80m a 5.0m .Seguidamente encontramos intercalaciones de arenas cementadas con algo de limos llamadas arenitas, en el sondaje S-4, la arenita se encuentra posterior a la capa de grava arcillosa que va de 6.0m a 6.70m, estas arenitas tienen contacto con el basamento rocoso en S-1 a los 8.50m en S-2 a los 8.20m.el basamento esta formado por rocas areniscas de color verduzco moteado. Próximo a C-2 se ha encontrado costras salinas, seguidas de capas de arcillas orgánicas presencia de turbas con raíces recientes en una

profundidad de hasta 3.0m debajo de esto se encuentra una capa de material gravoso con arcillas.

En la Zona 2 también se presenta esta secuencia debajo de la arcilla plástica y la turba y en ambas varían solo en el espesor de las capas y en su buzamiento. Pero la secuencia estratigráfica se mantiene. En el Plano G-03 se presenta La Zonificación Geotécnica.

## CAPÍTULO III

### QUÍMICA DEL SUELO

Este capítulo se orienta a estudiar los orígenes y la tipificación del suelo Salino Sódico y su influencia en la estructura del suelo.

#### 3.1 Conceptos Básicos

El suelo es una mezcla de sólidos orgánicos e inorgánicos, aire, agua y microorganismos, por lo cual la Química del Suelo estudia las interacciones de la fase sólida, líquida y gaseosa todas estas fases influyen entre sí, las reacciones de los sólidos afectan la calidad del aire y del agua, estos desgastan los sólidos y los microorganismos, catalizan muchas de estas reacciones. La química del suelo estudia todas estas reacciones aunque hace énfasis en la solución del suelo constituida por la fina película acuosa que rodea las partículas del suelo.

Es sabido que los suelos y las plantas absorben los gases que son extraños a la atmósfera, los suelos también liberan gases entre los cuales están el vapor del agua, el anhídrido carbónico en la descomposición orgánica y la desnitrificación ( $N_2$  y  $N_2O$ ).

La Química del Suelo se relaciona estrechamente con la química de los coloides (química superficial), la geoquímica, la fertilidad, la mineralogía, la microbiología o bioquímica del suelo. Se ha observado que la estabilidad física de las estructuras hechas de suelo depende en parte del estado químico del suelo, la longevidad de las casas en la Europa medieval y de las construcciones de adobe de los Indios del Suroeste norteamericano depende de las concentraciones de calcio y bajas concentraciones de sal de los suelos, los templos en el sureste de Asia aun se mantienen en pie después de muchos siglos depende de las altas concentraciones de óxido de hierro y aluminio presentes en los suelos con los cuales construyeron los templos, estos materiales de laterita ahora llamados plinthita, procedentes del suelo secan irreversiblemente y resisten de esta manera el deleznamiento y el intemperismo aun en clima tropical húmedo. Las reacciones microbianas y bioquímicas son principalmente procesos catalíticos afectados por las variables



independientes de la composición mineral del suelo, clima, intercambio de gas con la atmósfera y la energía de la fotosíntesis.

En 1850 en Rothamsted, Inglaterra, los investigadores Hay y Laves descubrieron el intercambio de cationes, al hacer pasar por una columna de suelo, sulfato de amonio y extrayendo sulfato de calcio mostrando como el amonio es intercambiado por el calcio. Aceptándose el estudio de los procesos químicos del suelo.

Se ha aceptado recientemente que para la civilización pueda continuar es necesario eliminar de manera segura los desperdicios que hay en el ambiente. Si se quiere reducir la contaminación los desechos se deben devolver rápidamente a sus ciclos naturales. El suelo constituye un medio sin paralelo de reciclaje, su capacidad de absorber, intercambiar, oxidar y precipitar la materia es tan importante en la eliminación de desechos como lo es para la nutrición de las plantas.

La complejidad de las interacciones de los iones con la fase sólida del suelo, se incrementa en gran medida por las propiedades coloidales de la arcilla y las fracciones orgánicas. Los Coloides son sustancias formadas por partículas cuyas dimensiones son aproximadamente de 1 a 1000 nm cuando están mezcladas con otras sustancias, tales partículas no sedimentan completamente y ni se mezclan de manera homogénea, se encuentran presentes en la niebla, humo, aerosol, espuma, emulsión, suelo y arcilla todos ellos son partículas pequeñas (suspendidas en un fluido). Las propiedades coloidales de la arcilla forman la mezcla íntima de los sólidos, líquidos y gases del suelo, las partículas coloidales interactúan fuertemente con el fluido, estas generan propiedades importantes que las arcillas imparten a los suelos, incluyen la retención e intercambio iónico y molecular, la adsorción de gases y agua, la contracción y la expansión.

Existe prioridad al intercambiarse elementos, el orden de composición catiónica en los suelos es aproximadamente ( $Ca > Mg > K = Na$ ), en muchas plantas y animales ( $Ca > K > Na = Mg$ ) y completamente diferente al agua de mar ( $Na > Mg > Ca = K$ ).

Por otro lado la materia orgánica del suelo es una acumulación de materia de plantas muertas, parcialmente descompuesta y residuos de animales y plantas resintetizados parcialmente. La hojarasca y las raíces secas se descomponen y sus residuos forman parte del humus, también los productos de la degradación de materiales no húmicos sufren reacciones enzimáticas y químicas para formar

nuevos polímeros coloidales llamados humus. El humus se define como el material orgánico que los microorganismos del suelo han transformado en una forma estable es una mezcla de sustancias amorfas y coloidales de color café a casi negro, resistentes a los microorganismos modificada a partir de tejidos originales de las plantas o sintetizadas nuevamente por los organismos del suelo, unido a ello la creciente acidez de la solución que está en contacto con las partículas del suelo aceleran su intemperismo.

### 3.1.1 Capacidad de Intercambio Catiónico

Los suelos finos se cargan eléctricamente y absorben y retienen cationes a consecuencia de las cargas eléctricas que existen en su superficie. Una vez que los cationes absorbidos se han combinado químicamente con las partículas del suelo, pueden ser reemplazados por otros cationes que se encuentran en la solución del suelo. Esta reacción, según la cual un catión en solución reemplaza a un catión absorbido, se llama intercambio de cationes. Los cationes de  $(Ca > Mg > K = Na)$  Sodio, Calcio y Magnesio son rápidamente intercambiables, existen cationes que quedan retenidos en determinada posición sobre las partículas del suelo como el potasio y amonio en este caso se dice que se han fijado. El intercambio de cationes es un fenómeno de superficie y como tal, se identifica principalmente con partículas de suelos finos como el limo fino, la arcilla y otras fracciones de materia orgánica de los suelos. La capacidad de un suelo para absorber e intercambiar cationes, se puede medir y expresar en equivalentes químicos y se denomina capacidad de intercambio catiónico, generalmente se expresan en mili equivalentes por 100 gramos de suelo.

La elevación del pH del suelo cambia también la selectividad catiónica por que incrementa la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) del suelo y de esta manera aumenta también la preferencia por iones polivalentes contra los monovalentes. En suelos secos por la acción del aire, se puede considerar que los iones intercambiables residen directamente sobre la superficie del coloide, las cargas negativas de las arcillas del suelo y la capa correspondiente de cationes intercambiables forman una doble capa en esta configuración, denominada "doble capa de Helmholtz". Cuando el agua se encuentra presente, la superficie ya no retiene tan fuertemente a los cationes la atracción

electrostática de los cationes es contrarrestada un poco por la difusión que tiende a igualar las diferencias de concentración en la fase acuosa.

La concentración del catión disminuye con la distancia a partir de la superficie. La carga negativa del coloide es neutralizada por una multitud de iones positivos presentes en la solución, que constituyen la doble capa difusa. El espesor de la capa difusa se define vagamente como la distancia en la que la concentración de la solución queda influenciada por la carga del coloide. La solución que queda afuera de la doble capa difusa se denomina solución global.

La teoría de la doble capa difusa fue propuesta por Guoy –Chapman en 1900, esta supone:

- 1- los cationes intercambiables existen como cargas puntuales
- 2- la superficies de los coloides son planares y esencialmente infinitas en magnitud
- 3- la carga superficial se encuentra distribuida uniformemente sobre la superficie completa del coloide, estas suposiciones describen de manera inexacta los sistemas reales, sin embargo, la teoría de la doble capa difusa funciona muy bien para los coloides del suelo.

### 3.1.2 Intemperismo y Formación del Suelo

Durante el proceso de intemperización química de la roca que comprende hidrólisis, hidratación, solución, oxidación y carbonatación se resumen como sigue:

El intemperismo libera cationes alcalinos y alcalinotérreos en una cantidad considerable durante la transición de roca a suelo, el suelo no pierde inmediatamente todos estos cationes debido a que existe un intercambio y retención de éstos.

El intemperismo libera una cantidad apreciable de sílice a la solución del suelo, parte de la sílice es lixiviada del suelo inmediatamente. La que queda reacciona para formar los minerales secundarios (caolinitas, esmectitas, cloritas) comunes en los suelos, aunque transitorios a escala de tiempo geológico.

El aluminio es insoluble y tiende a acumularse en los suelos

El intemperismo produce inicialmente alcalinidad

La segunda etapa de intemperización o de formación del suelo produce acidez

### 3.1.3 Contenido de materia Orgánica en los suelos

Un suelo de praderas puede contener de 5 a 6 % de materia orgánica por unidad de masa en su superficie, considerados los 15 cm. de profundidad, un suelo desértico arenoso puede contener menos de 1%, los suelos con drenaje insuficiente tienen contenidos mayores del 10% y algunos suelos turbosos se aproximan al 100%, aunque la mayoría de los suelos minerales contienen de 0.5 a 5 % de materia orgánica, el comportamiento coloidal activo de la fracción orgánica, determina un comportamiento en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Según las normas Húngaras el suelo ha de considerarse como orgánico, si la pérdida de peso inicial por calcinación es mayor del 10%.

Es necesario afirmar que el tipo de formación de suelo orgánico en la laguna de "San José" es por carbonización es decir descomposición de la materia orgánica en ausencia de aire bajo nivel freático.

Se presenta una tabla de suelos orgánicos según Biczok (1955).

CUADRO N° 3.1

Tipo de suelo	Pérdida de peso por calcinación (%)	Contenido de materia orgánica (%)	Limite liquido (%)	Índice de plasticidad (%)
Limo gris negruzco	17.4	9.1	66	24.7
Arcilla con humus	7.4	1.7	43	19
Limo con humus	7.7	1.8	34	13
Arcilla orgánica	10.8	6.3	74	38
Arena limosa con humus	6.4	4.5	25	3.8
Arena con humus	3.9	2.3	-	-

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) considera a un suelo orgánico si cumple la siguiente relación:

$$\frac{\text{Limite Líquido (secado – horno)}}{\text{Limite Líquido (sin secar – horno)}} < 0.75$$

Donde:

Límite líquido (sin-secar-horno): Límite líquido de la muestra natural

Limite líquido (secado-horno): Límite líquido de la muestra secada en horno a 110°C de temperatura durante 24 horas.

Si el límite líquido es menor de 50 entonces se clasifica como OL

Si el límite líquido es mayor de 50 entonces se clasifica como OH

Para un suelo orgánico  $LL(\text{ambiente}) > LL(\text{secado al horno})$

El glosario de la Norma Técnica de Edificaciones E050. En su Anexo I, califica a un suelo orgánico aquel de color oscuro que presenta una variación mayor de 25% entre los límites líquidos de la muestra secada al aire y la muestra secada al horno a una temperatura de 110 °C durante 24 horas.

### 3.1.4 Tratamiento con Acido Clorhídrico

Se refiere a la reacción de los suelos con presencia de carbonatos a la acción del ácido clorhídrico. En consecuencia una herramienta útil de campo, es exponer a la muestra de suelo al goteo de ácido clorhídrico.

La dosificación del ácido clorhídrico diluido es del 20% para suelos y de 50% para rocas, al dejarse caer algunas gotas en la muestra esta efervece, denotando la presencia de cal, de la intensidad y duración de la efervescencia se puede estimar el contenido aproximado de carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ). La Sociedad Suiza de Ensayo de Materiales, considera la tabla siguiente para medir la intensidad de carbonatos en los suelos:

CUADRO N° 3.2

Grado de efervescencia	% $\text{CaCO}_3$
No efervescencia	<1%
Efervescencia débil de poca duración	1 a 2 %

Efervescencia fuerte de poca duración	2 a 4 %
Efervescencia fuerte de larga duración	>5%

Si la resistencia en estado seco de una arcilla es considerable y la muestra no indica efervescencia al tratarla con ácido clorhídrico diluido, el suelo es una arcilla con una cohesión apreciable; contrariamente, si se observa efervescencia, puede ser que la resistencia en su mayor parte se deba al contenido de cal.

En la tabla N° 3.1 se presentan los resultados de los ensayos químicos del contenido de carbonato de calcio en muestras del material impermeable (material excedente de las excavaciones de la laguna de Pampa de los Perros).

**TABLA N° 3.1**

Lugar	CaCO <sub>3</sub> (%)
R1	0.60
R2	0.01
R3	0.15
R4	0.14
R5	0.52
R6	0.20
R7	0.50
R8	0.20
R9	0.22
R10	0.02
CRUCE SAN JOSÉ	6.54

Se observa que las muestras del material impermeabilizante son bajas en contenido de carbonato de calcio, sin embargo la muestra del cruce hacia San José, contiene un alto porcentaje de carbonato de calcio.

Se presenta en el Anexo VI el plano de Ubicación de las muestras.

### 3.2 Suelos Salinos-Sódicos

El presente resumen trata de explicar por qué la excesiva salinidad en la laguna de "San José" y los daños que ocasionó a la laguna en funcionamiento de "Pampa de los Perros".

### 3.2.1 Origen de las Sales Solubles

El Océano es una fuente de sales en los suelos que se encuentran próximos al litoral, a veces la sal se traslada tierra adentro como consecuencia de la brisa (Teakle, 1937 ). En Cañete, Provincia de Lima en el Km. 105 de la Panamericana sur, se ubica el balneario "Las Lomas", en donde los análisis químicos del suelo dieron porcentajes de sales del orden del 70% en promedio, este lugar tiene una geomorfología muy abrupta lo cual ayuda a la acumulación de sales transportadas por la brisa. De común se tiene que la fuente directa de estas sales sean las aguas superficiales y también las subterráneas ya que en ellas se encuentran disueltas y de las formaciones geológicas que han estado en contacto con estas aguas. Básicamente la fuente original del cual provienen las sales son los minerales primarios que se encuentran en los suelos y en las rocas aflorantes. Clare (1924) ha estimado que el contenido medio de cloro y azufre es de 0.05 y 0.06 por ciento, mientras que el **sodio, calcio y magnesio** casi se encuentran en un promedio de 2 a 3 %. Durante el proceso de intemperización química de la roca que comprende hidrólisis, hidratación, solución, oxidación y carbonatación, estos constituyentes gradualmente son liberados adquiriendo mayor solubilidad.

Los suelos salinos se encuentran principalmente en zonas de clima árido o semiárido, en condiciones húmedas, las sales solubles originalmente presentes en los materiales del suelo y las formadas por la intemperización de minerales, generalmente son llevadas a las capas inferiores, hacia el agua subterránea depositada en las depresiones y zonas bajas de la costa (San José) y finalmente transportadas a los océanos, por lo que los suelos salinos no existen en las zonas húmedas, excepto cuando el suelo ha estado expuesto al agua del mar en los deltas de los ríos y otras tierras bajas cercanas al mar. En las regiones áridas el lavado es de naturaleza local y las sales solubles no pueden ser transportadas muy lejos. Esto ocurre no solamente por que hay menos precipitación adecuada para lavar y transportar las sales, sino también a consecuencia de la elevada evaporación característica de clima árido, que tiende a concentrar las sales en los suelos y en el agua superficial, el drenaje restringido es un factor que frecuentemente contribuye a la salinización de los suelos y que puede llevar consigo la presencia de una capa freática poco profunda o una baja permeabilidad del suelo. La capa freática poco profunda

casi siempre guarda estrecha relación con la topografía del terreno. Debido a la baja precipitación de las regiones áridas, las corrientes del drenaje superficial están poco desarrolladas y en consecuencia existen depresiones sin drenaje por no tener salida a corrientes permanentes. El drenaje de las aguas con sales arriba de la depresión puede elevar el nivel freático hasta la superficie en las tierras bajas, causar un flujo temporal o formar lagos salados permanentes. Bajo tales condiciones del agua subterránea o la evaporación del agua superficial da origen a la formación de suelos salinos. La baja permeabilidad puede deberse a textura o estructura desfavorables o a la presencia de capas endurecidas que pueden estar constituidas por arcilla compacta, por caliche o una capa silícea dura. Cuando el nivel freático se eleva hasta 1.50 o 1.80 m de la superficie del suelo, el agua subterránea se mueve hacia arriba, llegando a la superficie del suelo; en tales condiciones, el agua del suelo y la de riego contribuyen a la salinización del suelo. Los suelos salinos corresponden al tipo descrito por Hilgard (1906) como suelos "álcali blanco" y a los "Solonchaks" de la bibliografía rusa. En estos suelos el establecimiento de un drenaje adecuado, permite eliminar por lavado las sales solubles. *Se le reconocen por tener una Conductividad Eléctrica del extracto de saturación mayor de 4 mmhos/cm. a 25°C, y con un porcentaje de sodio intercambiable menor de 15 y con un pH menor de 8.5.*

Las tres principales causas naturales de la salinidad del suelo son el intemperismo de los minerales, la precipitación atmosférica y las sales fósiles (las que quedan de los primeros medios lacustres y marinos). Entre las actividades humanas que también propician la formación de sales en el suelo esta el uso del agua de riego y salmueras con alta salinidad y los desechos industriales.

En la Tabla N° 3.2 se muestra los resultados de los ensayos de Conductividad Eléctrica y Sales Solubles realizadas por el Ing. Eleazar Rufasto Campos para la cantera del material impermeable.



TABLA N° 3.2

Lugar	CE		pH	SALES SOLUBLES					
	Ms/cm	mg/lt		Aniones (meq/litro)			Cationes (meq/litro)		
				CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	CL	Ca	Mg	Na
R1	13.6	9146	7.7	0	1.85	105.75	31	57	75.2
R2	99.6	66981	7.8	0	1.45	931.25	168	347	680.2
R3	37.4	25151	8.1	0	1.30	896.00	113	74	261.8
R4	55.9	37593	7.8	0	1.25	1900.25	95	173	402.8
R5	14.4	9684	8.3	0	1.00	85.50	17	56	99.8
R6	17.1	11500	7.8	0	5.00	100	16	16	173.2
R7	74.0	49765	7.9	0	3.50	925	172	104	612.0
R8	19.5	13113	8.4	0	3.40	260	42	31	161.0
R9	69.8	46940	8.2	0	2.70	640	97	57	683.6
R10	48.5	32616	7.6	0	3.00	570	84	39	459.0
CRUCE SAN JOSÉ	78.8	52943	8	2.6	14.9	895	234	57	654.6

En la Tabla N°3.2 se aprecia la alta conductividad eléctrica (CE) de las muestras, mayor de 13 Ms/cm, en correspondencia con la suma del total de sales disueltas ( $TDS = Ca + Mg + Na + k$ ), la cual varía desde 163 a 1195.2 me/lt (>1.5%) lo que nos indica la alta cantidad de sales solubles presentes en las muestras del material impermeable, el pH se encuentra 7.7 y 8.4 (mediana alcalinidad).

### 3.2.2 Origen de los Suelos Salinos Sódicos

Se les llaman así debido al alto contenido de Sales y de Sodio Intercambiable. Las Sales Solubles presentes en el suelo al aumentar su contenido, generan una aparente resistencia que al ser saturados, se lavan las sales (lixiviación) y pierden su capacidad portante, por otro lado el exceso de sodio intercambiable aumenta el grado de saturación del suelo y con ello se ocasiona un reblandecimiento del suelo, debido a que estas sales de sodio persisten después de ser lavadas. Las sales solubles merecen ser debidamente estudiadas. El profesor De Sigmond (1938), denomina "Suelos Salinos - Sódicos" cuando se presentan ambos efectos antes mencionados, con una conductividad eléctrica  $CE > 4$  mmhos/cm a 25°C, con un porcentaje de sodio intercambiable  $PSI > 15$ , con  $ph < 8.5$  y con altas cantidades de sales solubles.

Kearney y Scofield (1936) consideran que un suelo es salino cuando la solución de una pasta saturada del suelo tiene una Conductividad Eléctrica mayor o igual a 4, considera también que el porcentaje de Sales Solubles tolerable en el suelo es de 1%. (La norma ACI 318-83 establece que para un porcentaje mayor de 1.5 % se originan problemas de pérdida de resistencia mecánica por lixiviación)

Para tener una idea de la conductividad eléctrica es menester decir que ella es la inversa de la resistividad eléctrica, la resistividad eléctrica se determina numéricamente por la resistencia a la corriente eléctrica que se obtiene en un centímetro cúbico de la sustancia muestra, tomado en forma de cubo, esta corriente es dirigida perpendicularmente a una de las aristas del cubo muestra, la unidad usada es el  $1/\text{ohm}\cdot\text{m} = \text{Siemens}/\text{m}$ , citamos algunos ejemplos:

La resistividad del petróleo es siempre grande, alcanza  $10^{16}\text{ohm}\cdot\text{cm}$ . es decir el petróleo es casi un aislante.

Los minerales muy buenos conductores oscilan  $10^{-5}$  a  $10^{-1}$  ohm-cm.

Las aguas subterráneas varían en función del grado de mineralización alcanza  $10^{-2}$  y  $10^2$  ohm-m.

Las aguas de lluvia están 1500 ohm-m esta es una resistencia muy alta a causa de su escasa mineralización.

**CUADRO N° 3.3**

Clasificación de los Suelos por su Salinidad ( $\text{CE}\cdot 10^3$ )

<b>C.E.mmhos/cm</b>	<b>Clase salinidad</b>	<b>Clase de suelo</b>
0-2	Baja	No Salinos
2-4	Media	Ligeramente salinos
4-8	Alta	Medianamente salinos
8-16	Muy Alta	Fuertemente salinos
>16	Excesiva	Muy Fuertemente salinos

**CUADRO N° 3.4**

CLASE DE SODICIDAD	PSI
Ligera	7-15
Media	15-20
Fuerte	20-30
Extrema	>30

**CUADRO N° 3.5**

Suelos	Normales	Salinos	Sódicos	Salinos sódicos
CE	<4	>4	<4	>4
PSI	<15%	<15%	>15%	>15%
PH	6<PH<7	<8.5	>8.5	<8.5%

**CUADRO N° 3.6**

Clasificación del Suelo por su pH (11)

RANGOS (pH)	CLASE DE SUELO
7.0-7.5	Ligeramente alcalino
7.5-8.0	Medianamente alcalino
8.0-8.5	Fuertemente alcalino
>8.5	Muy fuertemente alcalino

Relaciones:

Si CE varía de 0.1 a 5 dSm<sup>-1</sup>

La suma de cationes o aniones (mmol/l) = CE (dSm<sup>-1</sup>) x 10

TDS (mg/l) = CE (dSm<sup>-1</sup>) x 640

### 3.2.3 Origen del Sodio en los Suelos

El calcio y el magnesio son los principales cationes que se encuentran en la solución del suelo y en el complejo catiónico de los suelos normales de las regiones áridas. Cuando en estos suelos se acumula un exceso de sales solubles, generalmente es el catión sodio el que predomina en la solución del suelo y, en esta forma, el sodio puede ser el catión predominante al cual está sujeto el suelo, debido a la precipitación de los compuestos de calcio y magnesio. A medida que la solución del suelo se concentra más a consecuencia de la evaporación del agua, los límites de solubilidad del sulfato y carbonato de magnesio casi siempre se exceden, por lo cual se precipitan,

causando el correspondiente aumento en las proporciones relativas del sodio. Bajo tales condiciones, una parte del calcio y del magnesio intercambiable son reemplazados por el sodio y en un proceso cíclico se acumulan y se manifiestan por la presencia de costras blancas de sal en su superficie.

El sodio puede acumularse en cantidades del 5% al 15% o mayores en zonas inundadas por agua de mar, en zonas áridas donde las sales se acumulan en forma natural y en suelos regados con alto contenido de sodio, es entonces cuando las arcillas y la materia orgánica se defloculan conforme las capas dobles eléctricas de las partículas adyacentes se sobreponen provocando el rompimiento de los agregados del suelo y la consecuente impermeabilidad al agua y al aire, cuando el sodio intercambiable excede del 5 al 10% de la capacidad de intercambio catiónico del suelo, se impide el movimiento del agua hacia adentro y a través de muchos suelos. El valor más bajo se aplica a suelos de textura fina especialmente aquellos con altos contenidos de limos y arcillas expansibles cuando se humedecen con la lluvia. Por otro lado un contenido alto de sodio intercambiable beneficia la infiltración del agua en suelos fuertemente expansibles si las inmensas grietas que se forman sobre su superficie al secarse el agua permiten la penetración considerable de esta.

El manual de laboratorio de salinidad de E.U.A.. Diagnostico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos en su pag. 5, se transcribe lo siguiente:

*. "Si el exceso de sales solubles es lavado, las propiedades de estos suelos pueden cambiar, llegando a ser idénticos a suelos sódicos no salinos, a medida que la solución de sales disminuye en la solución, parte del sodio intercambiable se hidroliza para formar hidróxido de sodio, que a su vez puede cambiar a carbonato de sodio, por lo cual, el lavado del suelo puede hacerlo mucho mas alcalino (pH >8.5) . Los suelos salinos sódicos al añadirse yeso ( o pueden tener yeso en su composición) y cuando son lavados el calcio se disuelve reemplazando al sodio intercambiable, esto tiene lugar con la eliminación simultanea del exceso de sales."*

En la Tabla N° 3.3 se presentan resultados de los ensayos químicos del porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y de la capacidad de intercambio cationico (CIC) del material impermeable (material excedente de las excavaciones de la laguna de Pampa de los Perros).

**TABLA N° 3.3**

Lugar	PSI	CIC meq/100g de suelo
R1	3.57	-
R2	30.96	17.99
R3	27.91	18.13
R4	33.36	19.01
R5	18.77	18.78
R6	38.5	18.95
R7	43.05	19.01
R8	27.56	18.41
R9	53.19	18.25
R10	45.97	18.13
CRUCE SAN JOSÉ	44.1	20.10

De las tablas N° 3.2 y N° 3.3 se concluye lo siguiente:

$$CE=13.6 > 4$$

$$PSI=18 > 15$$

$$PH=7.7 - 8.4 < 8.5$$

En consecuencia se tipifica al suelo como Salino Sódico ( Sodicidad fuerte)

Se presenta en el Anexo VI el plano de Ubicación de muestras.

### 3.3 Suelos Dispersivos

Se ha afirmado que las arcillas tienen una fuerte afinidad con los cationes divalentes de calcio y magnesio que del sodio monovalente, esto es debido a la presencia de las dobles capas eléctricas que rodean dos partículas de arcilla adyacentes aproximadamente paralelas que se repelen entre si con una intensidad que depende en gran parte de la naturaleza y concentración de los iones existentes en el agua, además de las repulsiones existentes con las capas dobles ,otros campos de fuerzas rodean las partículas cargadas. La repulsión neta entre partículas ocurre cuando las fuerzas repulsivas (doble capa eléctrica) exceden a las

fuerzas atractivas (fuerzas de van der Waals). Este fenómeno es atribuido a la existencia de un alto contenido de iones de sodio con respecto a la concentración total de sales en el agua de poros originándose la dispersión del suelo. El grado de dispersión de los suelos o la resistencia a la erosión interna es un fenómeno en el cual el suelo dispersivo erosiona fácilmente con poco movimiento de agua o aun cuando ésta se encuentra en reposo. Durante el proceso de erosión, partículas individuales de arcilla entran en suspensión y son arrastradas por el agua, en suelos no dispersivos se requiere que el flujo de agua se mueva a velocidades considerables para que se produzca la erosión. En 1970 la U.S. Soil Conservation Service, realizó estudios en diques de arcilla que han fallado por dispersión, estos concluyeron:

- 1- La dispersión o desfloculación ocurre cuando las fuerzas eléctricas de repulsión entre partículas de arcilla exceden a las fuerzas atractivas (van der Waals), cuando la masa de arcilla esta en contacto del agua.
- 2- La principal propiedad que gobierna la susceptibilidad a la dispersión es la actividad de cationes de sodio disueltos en el agua de poros, relativa a la cantidad total de cationes.
- 3- Las arcillas dispersivas no pueden ser diferenciadas de las arcillas resistentes a la erosión, por ninguno de los ensayos de identificación previamente usados por el ingeniero civil. Por otro lado la evidencia que las arcillas de sodio son dispersivas es dado por observaciones de erosión en formaciones naturales

De lo expuesto se concluye que la dispersión de los suelos es un fenómeno en el cual el suelo erosiona fácilmente en presencia de agua, cuando las fuerzas repulsivas exceden a las fuerzas atractivas entonces las partículas progresivamente se separan de la superficie y van entrando en suspensión coloidal. Por ello se les llaman, desfloculados, dispersivos o erosionables.

Presas construidas con arcillas dispersivas han fallado por tubificación o han sido fuertemente dañadas por agrietamientos verticales erosionados por la lluvia.

### 3.3.1 Ensayos Propuestos

La experiencia de terceros propone que todas las arcillas con más del 60% (13) de sodio disuelto en el agua de poros son altamente dispersivas. Una forma adecuada para controlar las fugas en arcillas dispersivas son los filtros de arena como una línea de defensa principal contra el sifonaje y tratamientos con cal hidratada o con sulfato de aluminio que transforman al suelo en no dispersivo o resistente a la erosión. La U.S. Soil Conservation Service, Nebraska recomienda para una identificación completamente confiable los siguientes dos ensayos de laboratorios :El Pin hole test y El Ensayo de Sales Solubles disueltas en el agua de poros:

#### *Pin hole Test o ensayo de tubificación*

Se hace fluir agua a través de un orificio 1mm, para arcillas dispersivas, el agua escurriendo a través del orificio, emerge coloreada con una suspensión coloidal y el orificio ha sido erosionado en dos o tres veces su diámetro original. Para las arcillas resistentes a la erosión, el agua que pasa a través es completamente clara y no se produce erosión, este ensayo mide la fuerza requerida para separar las partículas. Presentamos factores que influyen en el ensayo:

El grado de compactación

El tiempo de curado del suelo en estado compactado

La pureza del agua que actúa como flujo erosivo.

El secado del suelo por debajo del contenido natural de humedad.

Se presenta en el Cuadro N° 3.7 la clasificación de suelos dispersivos

En donde:

D1: Altamente dispersivo

D2: Dispersivo

PD1: Potencialmente dispersivo

PD2: Potencialmente dispersivo

ND2: No dispersivo

ND1: Completamente resistente a la erosión

**CUADRO N° 3.7**

<b>Clasificación</b>	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>PD1</b>	<b>PD2</b>	<b>ND2</b>	<b>ND1</b>
Carga de terminación del ensayo (mm)	50	50	50	175 a 350	1000	1000
Tiempo de la carga del ensayo (min.)	10	10	10	5	5	5
Visibilidad del color del flujo al final del ensayo	Muy distinto	Distinto a leve	Leve pero fácilmente visible	Leve	Claro o descubierto visible	Muy distinto a distinto a leve pero fácil
Flujo final a través del espécimen (ml/s)	>1.5	>0.9	<0.9	>2.5	>3.5	<5.0
Relación del diámetro del agujero Final /inicial luego del ensayo cercano a 0.5	>=2	2.0	1.5	2.0	2.0	1.0

Se realizó un (01) ensayo de pin hole de acuerdo a la norma ASTM D-4647, para la cantera impermeable de Pampa de los Perros, los resultados indican una clasificación **ND1**, mostraron una ligera a ninguna erosión coloidal. El ensayo fue realizado por la Pontificia Universidad Católica del Perú. (expdiente 97-041). Este ensayo mide la dispersión y el fenómeno de tubificación de las arcillas en presas de tierra, para el caso del material impermeable de Pampa de los Perros, una arena arcillosa, su evaluación será menor y indicativa de un proceso erosivo.

*Ensayo de Sales Solubles disueltas en el agua de poros*

Verifica las cantidades de Calcio, Magnesio, Sodio y Potasio y se basa en la doble capa de interacción entre flóculos.



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS e INGENIERÍA

El alcance de este capítulo es presentar un método racional para diseñar las capas impermeables del fondo de laguna y la pared del dique y los elementos para un buen funcionamiento de la laguna a la estanqueidad, erosión y meteorización.

#### 4.1 Cimentación

La zonificación geotécnica es una ayuda adecuada para elegir el nivel de cimentación conveniente. Los diques cuya cimentación cruzan la Zona 2 en el plano de zonificación geotécnica, tienen buena fundación, están constituidos por arenas cementadas, gravas arcillo-limosas y con un bajo nivel freático, sin embargo los diques que cruzan la Zona 1, se encuentran en zonas de suelo de baja a mediana compresibilidad formados en sus primeros metros por suelos arenosos sueltos o arcillas blandas y con presencia alta del nivel freático. Las cargas que transmiten los terraplenes son para las lagunas aereadas ( $H = 4.2 \text{ m}$ ) y para las lagunas facultativas ( $H = 2.5\text{m}$ ) de  $0.9 \text{ kg/cm}^2$  y  $0.6 \text{ kg/cm}^2$  respectivamente, siendo en promedio menores de  $1\text{kg /cm}^2$  a niveles de cimentación, por lo cual las condiciones de cimentación son buenas por resistencia a  $D_f = 1.0 \text{ m}$ , sin embargo en aquellas zonas de suelos sueltos y compresibles es conveniente bajar el nivel de cimentación a  $D_f = 2.0 \text{ m}$  del nivel natural del terreno de conformidad a los ensayos de SPT y Cono Peck. Dado que el nivel freático se encuentra próximo a la superficie en las épocas de crecidas, las condiciones de permeabilidad serán gobernadas por el drenaje subsuperficial.

##### 4.1.1 Capacidad Admisible de Carga

Se ha determinado la capacidad admisible de carga en base a la fórmula de Terzaghi-Peck (1967). Se ha seguido la correlación propuesta por el ing. Michelena:

Suelos Friccionantes  $N_{spt} = N_{cp}/2$

Suelos Cohesivos  $N_{spt} = N_{cp}$

Obtenido el valor N a partir de los ensayos del Cono Peck y/o SPT se ha correlacionado con los ábacos de Therzaghi - Peck Versus el valor de N del SPT, Dr y  $\phi$  Angulo de fricción:

Se obtiene la capacidad portante con la siguiente ecuación:

$$q_u = ScC N_c + \frac{1}{2} S_\gamma B \gamma_t N_\gamma + S_q \gamma_f D_f N_q$$

$$q_{ad} = q_u / F_s$$

Donde:

$q_u$  = Capacidad ultima de carga

$q_{ad}$  = Capacidad admisible de carga

$F_s$  = Factor de seguridad = 3

$\gamma_t$  = Peso unitario del cuerpo de dique = 1.8 tn/m<sup>3</sup>

$\gamma_f$  = Peso unitario de la cimentación:

Suelo Arenoso  $\gamma_f = 1.8 \text{ tn/m}^3$

Suelo Arcilloso  $\gamma_f = 1.9 \text{ tn/m}^3$ ,

Para la arcilla: Humedad  $W = 29.56\%$ , relación de vacíos,  $e = 2.73$

$\gamma_t = (1+W/1+e) G_s \gamma_w = (1+0.2892/1+0.866)2.73 = 1.886$  luego  $1.9 \text{ tn/m}^3$

$D_f$  = Profundidad de cimentación (m)

$N_c, N_\gamma, N_q$  = Parámetros de capacidad portante en función de  $\phi$

$Sc, S_\gamma, S_q$  = Factores de forma (Vesisc 1979)

Cimentación Corrida:

$Sc = 1; S_q = 1; S_\gamma = 1.$

Se ha considerado el cálculo de capacidad admisible de carga para una cimentación corridas de ancho  $B = 4.50\text{m}$  y  $B = 6.00\text{m}$ . La Tabla N° 5.1 presenta los cálculos de las capacidades admisibles.

Para la Zona de arenas finas cementadas:

Del CP-1 se tiene  $N_{cp} = 30$  por correlación  $N_{spt} = 15$  se obtiene de las correlaciones Terzaghi y Peck:

$\phi = 32^\circ$  y para  $C = 0 \text{ Kg/cm}^2$

$N_c = 35.49, N_\gamma = 30.22, N_q = 23.18$

$q_u = ScC N_c + \frac{1}{2} S_\gamma B \gamma_t N_\gamma + S_q \gamma_f D_f N_q$

Para B = 4.50m y Df= 1.0m

$$q_u = \frac{1}{2} 1 \times 4.5 \times 0.8 \times 30.22 + 1 \times 1.8 \times 1.0 \times 23.18$$

$$q_u = 96.12 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{ad} = q_u / F_s = 96.12 / 30 = 3.2 \text{ Kg/cm}^2$$

Para B = 6.00m y Df = 1.0m

$$q_u = \frac{1}{2} 1 \times 6.0 \times 0.8 \times 30.22 + 1 \times 1.8 \times 1.0 \times 23.18$$

$$q_u = 114.25 \text{ ton/m}^2$$

$$q_{ad} = q_u / F_s = 114.25 / 30 = 3.8 \text{ Kg/cm}^2$$

TABLA N° 4.1

TIPO DE CIMENTACIÓN	B (m)	D <sub>f</sub> (m)	q <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>ad</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
CORRIDA	4.5	1.00	9.612	3.2
	6.0	1.00	11.425	3.8

Para la Zona de arcillas blandas:

De los ensayos de corte directo se escoge los valores mas conservadores, sé tiene para:  $\phi = 11^\circ$  y para  $C=0.44 \text{ kg/cm}^2$  y para el nivel freático en la superficie.

$$N_c = 8.8, N_\gamma = 1.44, N_q = 2.71$$

$$q_u = S_c C N_c + \frac{1}{2} S_\gamma B \gamma_t N_\gamma + S_q \gamma_t D_f N_q$$

Para B = 4.50 m y Df= 2.0 m

$$q_u = 1 \times 4.4 \times 8.8 + \frac{1}{2} 1 \times 4.5 \times 0.9 \times 1.44 + 1 \times 0.9 \times 2.0 \times 2.71$$

$$q_u = 43.0 \text{ tn/m}^2$$

$$q_{ad} = q_u / F_s = 43.0 / 30 = 1.4 \text{ kg/cm}^2$$

Para B = 6.00m y Df = 2.0m

$$q_u = 1 \times 4.4 \times 8.8 + \frac{1}{2} 1 \times 6.0 \times 0.9 \times 1.44 + 1 \times 0.9 \times 2.0 \times 2.71$$

$$q_u = 47.5 \text{ tn/m}^2$$

$$q_{ad} = q_u / F_s = 47.5 / 30 = 1.6 \text{ kg/cm}^2$$

**TABLA N° 4.2**

TIPO DE CIMENTACIÓN	B (m)	D <sub>f</sub> (m)	q <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>ad</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
CORRIDA	4.5	2.00	4.30	1.4
	6.0	2.00	4.75	1.6

De los ensayos de corte directo se escoge los valores mas conservadores, sé tiene para:  $\phi=11^\circ$  y para  $C=0.44 \text{ Kg/cm}^2$  y para el nivel freático en la superficie.

$$N_c = 8.8, N_\gamma = 1.44, N_q = 2.71$$

$$q_u = S_c C N_c + \frac{1}{2} S_\gamma B \gamma_t N_\gamma + S_q \gamma_f D_f N_q$$

Para  $B = 4.50 \text{ m}$  y  $D_f = 2.0 \text{ m}$

$$q_u = 1 \times 4.4 \times 8.8 + \frac{1}{2} 1 \times 4.5 \times 0.9 \times 1.44 + 1 \times 0.9 \times 2.0 \times 2.71$$

$$q_u = 43.0 \text{ tn/m}^2$$

$$q_{ad} = q_u / F_s = 43.0 / 30 = 1.4 \text{ kg/cm}^2$$

Para  $B = 6.00 \text{ m}$  y  $D_f = 2.0 \text{ m}$

$$q_u = 1 \times 4.4 \times 8.8 + \frac{1}{2} 1 \times 6.0 \times 0.9 \times 1.44 + 1 \times 0.9 \times 2.0 \times 2.71$$

$$q_u = 47.5 \text{ tn/m}^2$$

$$q_{ad} = q_u / F_s = 47.5 / 30 = 1.6 \text{ kg/cm}^2$$

**TABLA N° 4.3**

TIPO DE CIMENTACIÓN	B (m)	D <sub>f</sub> (m)	q <sub>u</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	q <sub>ad</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
CORRIDA	4.5	2.00	4.30	1.4
	6.0	2.00	4.75	1.6

### 4.1.2 Capacidad Portante por Asentamiento

1. Para la Zona de arenas finas cementadas:

Con la capacidad portante para cimientos corridos se verifica el asentamiento inicial, mediante la teoría de elasticidad.

Para el asentamiento admisible se considera el **asentamiento total** del cuerpo del dique como el 2% de la altura (18):

H = altura de la cimentación a la corona.

H = 420 cm

$\delta = 0.02 \times (420) = 8.4 \text{ cm}$

$\delta = 8.4 \text{ cm}$  (laguna aereada)

Se admite  $\delta = 8.4 \text{ cm}$  como asentamiento admisible.

$$S_i = \Delta q_s B (1 - \mu^2) I_w / E_s$$

Donde:

$S_i$  = Asentamiento probable inicial (cm)

$\Delta q_s$  = Carga de trabajo = 10.0 tn/m<sup>2</sup>

B = Ancho de cimentación = 6.0 m

Dado que el suelo sustentante se califica como una arena media:

$E_s$  = Modulo de Elasticidad = 4000 tn/m<sup>2</sup>

= Relación de Poisson = 0.25

$I_w$  = Factor de influencia que depende de la forma y la rigidez de la cimentación (Bowles, 1977). = 127

Las propiedades elásticas del suelo de cimentación fueron asumidas a partir de tablas publicadas con valores para el tipo de suelo existente donde se ubicara el fondo de cimentación.

Los cálculos de asentamiento se han realizado considerando cimentación flexible, en la tabla siguiente se presenta las evaluaciones:

TABLA N° 4.4

TIPO CIMENTACION	$\Delta q_s$ (kg/cm <sup>2</sup> )	B(m)	lw(cm/m)	Si (cm)	Sadm (cm)
corrida	1.0	4.5	127	1.34	8.40
	1.0	6.0	127	1.78	8.40

Del análisis anterior considerando la capacidad admisible de carga y el asentamiento, se establece el nivel de cimentación  $D_f = 1.00\text{m}$  a partir del nivel del terreno natural, con un valor de capacidad portante  $q_{ad} = 1.00 \text{ kg/cm}^2$  para cimientos corridos.

2. Para la Zona de arcillas blandas: (próximo a C-2)

Con la capacidad portante se verifica el asentamiento primario mediante la teoría de consolidación.

Para el asentamiento admisible del calculo anterior se considera el **asentamiento total** del cuerpo del dique como asentamiento admisible  $\delta = 8.40 \text{ cm}$

$$\Delta e = C_r \log (P_c / \sigma_o) + C_c \log (\sigma_o + \Delta \sigma / P_c)$$

Donde:

$$C_r = \text{Índice de recompresión} = 0.03$$

$$C_c = \text{Índice de compresión virgen} = 0.045$$

$$\Delta q_s = \text{Carga de trabajo} = 10.0 \text{ tn/m}^2$$

$$P_c = \text{Presión de consolidación} = 7 \text{ tn/m}^2$$

$$\Delta \sigma = \text{Carga por Bousineq} = 0.95 \times 10 = 9.5 \text{ tn /m}^2$$

$$\sigma_o = 1.75\text{m} \times 0.9 \text{ ton/m}^2 = 1.57 \text{ tn/ m}^2$$

$$e_o = 0.866$$

$$H = \text{es pesor a consolidar} = 2.5 \text{ m}$$

$$\Delta H = \text{asentamiento (m)}$$

$$\Delta e = 0.03 \times \log (7/1.57) + 0.045 \times \log (1.57+9.5/7)$$

$$\Delta e = 0.028$$

$$\Delta H = (\Delta e / 1 + e_o) H = (0.028 / 1 + 0.866) \times 2.5\text{m} = 0.037\text{m} = 3.7 \text{ cm}$$

En el Tabla N° 4.5 se presenta las conclusiones.

**TABLA N° 4.5**

<b>TIPO CIMENTACION</b>	<b><math>\Delta q_s</math> (kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Si(cm)</b>	<b>Sadm(cm)</b>
corrida	1.0	3.7	8.4

El asentamiento se encuentra dentro de lo permitido, sin embargo próximo a ésta zona se encuentra la calicata C-4A, constituido por arenas finas ,saturadas y sueltas, además el sondaje del Cono Peck CP-9, ejecutada en la zona blanda, indica valores <5 hasta 1 m de profundidad, esta observación nos lleva a recomendar *un mejoramiento (enrocado)* en las zonas blandas y sueltas.

Las siguientes condiciones gobiernan el diseño de la cimentación:

La cimentación debe proporcionar apoyo estable para el cuerpo del dique en condiciones de saturación y diferentes cargas actuantes (peso del dique, empuje del agua almacenada, componente horizontal del sismo).

En el encuentro de las lagunas F3, F4, F5 y F6 existe una zona de suelo muy blando (CH). Se ha delimitado la zona de reemplazo de material en el plano de zonificación geotécnica. Se recomienda un reemplazo de material de la misma granulometría que el núcleo a una profundidad de 2.00 m y a una compactación de 60% de densidad relativa (ver plano de zonificación geotécnica).

Para el cuerpo del dique, el nivel de cimentación es  $D_f=1.0$  m por debajo del nivel natural del terreno, de manera que al ejecutar el corte sirva como apoyo buscando un nivel de resistencia adecuada de acuerdo a lo inferido del ensayo de penetración estándar, cono peck y registro de calicatas.

Solo en los casos de reemplazo de material el nivel de cimentación será de  $D_f= 2.0$  m.

En la dirección Nor oeste y bordeando el nivel de la cota 7.50 m.s.n.m. se encuentra en la superficie del terreno una zona salina con cristalizaciones y

carbonatos lixiviados por debajo de este nivel se encuentra el nivel freático que fluctúa desde la cota 6.50 m.s.n.m. a la de 7.50 m.s.n.m. y llegando en las crecidas a la cota 8.00 m.s.n.m. por lo que en toda esta zona se encuentra el nivel freático cerca de la superficie.

Una alternativa, en la zona de reemplazo de material, sería relleno con material de enrocado (rocas de diámetro 0.8 a 1.0 m). Se ha estimado de acuerdo a los ensayos de penetración la profundidad de enrocado como de 3.00 m.

En la zona de la laguna natural (ubicada en la laguna aerada A6) se recomienda un enrocado, complementado con un relleno del material aluvial extraído de los cortes.

Se recomienda antes de ejecutar los movimientos de tierra hacer drenes para que capten esta agua y se canalicen en la dirección mas baja.

Se recomienda la colocación de subdrenes para evitar el empuje del agua sobre el fondo de la laguna en época de limpieza.

Se ha tomado en cuenta la posibilidad de la licuación de los suelos, se ha seguido la siguiente recomendación: si el contenido de partículas que pasan la malla N°200 es > 20% se considera que el suelo no es licuable. Se presenta el registro de las calicatas con esta condición:

**TABLA N° 4.6**

Calicata	Prof. (m)	% < 20%	N. F. (m)	SUCS
L-4	0.00 – 0.60	4.67	3.80	SP
	0.60 – 1.45			
	1.45 – 1.90	18.61		SM
	1.90 – 3.80			
L-6	0.00 – 0.80	13.23	1.00	SM
L-8	0.00 – 1.50	1.54	2.70	SP
L-10A	1.80 – 3.10	10.08		GW-GC

De Tabla anterior la calicata L-4 y L-8 no se encuentran en la zona de trabajo, la calicata L-10A está conformada en el espesor de estudio por gravas arcillosas y la Calicata L-6 es la única potencialmente licuable dado que nivel freático se encuentra cercano al estrato licuable. Según el Perfil Estratigráfico



debajo de esta arena limosa se encuentra una arena arcillosa con finos mayor del 40%, por lo que esta capa de espesor 0.80 m se compactará en el proceso de construcción solamente por el movimiento de máquinas.

## 4.2 Análisis Unidimensional de Flujo Establecido

Los efectos nocivos del flujo de agua pueden ser la causa directa de colapso, cuando producen tubificación, reblandecimiento o subpresión excesiva en alguna parte de la estructura o de la cimentación y pueden provocar la falla indirectamente cuando el agua actúa como agente erosivo.

Se realizó el análisis por flujo unidimensional aplicando la fórmula de Darcy. (16)

$$Q = K i A$$

Donde:

Q = Caudal admisible 2.5cm/día

K = permeabilidad de la arcilla compactada  $2.0 \times 10^{-6}$ cm/día

I = gradiente hidráulico

A = área de flujo

### 4.2.1 Espesor de Fondo

$$K_{lab} = 1.9 \times 10^{-8} \text{ cm/s}$$

$$K_{campo} = 1.6 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$$

$$K_{diseño} = 2.0 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$$

$$Q = kiA \rightarrow Q=KA(t+e)/e \rightarrow VA = KA(t+e)/e \rightarrow V = K(t+e)/e$$

$$e = Kxt/(V-K)$$

$$t = \text{tirante de agua } t = 1.80 \text{ m}$$

$$V = \text{velocidad de filtración } V = 2.5 \text{ cm/día} = 2.89 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$$

$$K = \text{permeabilidad } K = 2.0 \times 10^{-6} \text{ cm/s}$$

$$e = 2.0 \times 10^{-6} \times 180 / (2.89 \times 10^{-5} - 2.0 \times 10^{-6}) = 13.38 \text{ cm}$$

Por razones constructivas se considera

$e = 0.20$  m espesor de fondo de laguna.

#### 4.2.2 Ancho de la Corona

El ancho de corona debe ser aquel con el que se obtenga una pendiente segura de filtración a través del terraplén, para poder bajar la carga hidráulica cuando el reservorio este lleno. El Bureau of Reclamación, recomienda la siguiente formula empírica para la determinación del ancho de la corona:

$$B = H/5 + 3 \text{ m.}$$

H = Altura del dique en m.

Por razones constructivas y la necesidad de tener acceso a las estructuras del reservorio se ha optado por un ancho mínimo de 3.0m. Esta parte de la obra debe cubrirse con un material semejante al revestimiento usado en caminos con el objeto no solo de proporcionar una superficie de rodamiento transitable en todo tiempo sino también proteger del secado al núcleo. El espesor de dicha cubierta suele ser de unos 0.15m. o mayor y con un bombeo transversal, para facilitar el escurrimiento de agua de lluvia hacia el exterior.

$$B = 3 + H/5$$

Donde:

B = ancho de corona en m.

H = altura del dique en m.

Para nuestro caso  $H = 4.20$  m       $B = 3 + 0.84$        $B = 3.84$  m

Por razones de operatividad (limpieza de la laguna) el ancho de corona varía de 4.50 a 8.0 m.

#### 4.2.3 Altura del Tirante de Agua

La altura del tirante (T) de agua o nivel del embalse viene dado por el diseño del Ingeniero Sanitario lo cual establece tirantes constantes para cada caso de la funcionalidad de la laguna.

Laguna Aereada T = 3.50 m

Laguna Facultativa T = 1.80 m

#### 4.2.4 Borde Libre

El borde libre (Hbl) es la distancia vertical entre la corona del terraplén y la superficie de agua del dique en un nivel máximo. En este concepto se incluye: (17)

Hv = la amplitud del oleaje generado por el viento (m)

Hr = altura de rodamiento de las olas sobre el talud aguas arriba

$\Delta H$  = asentamiento máximo de la corona

hs = altura del oleaje debido a sismos

Hs = margen de seguridad

De modo:

$$Hbl = Hv + Hr + \Delta H + hs + Hs$$

**Hv: Para el cálculo de la altura de ola debido al viento**

Se tiene la formula empírica:

$$Hv = 0.00086 V^{1.1} F^{0.45}$$

Donde:

V = velocidad promedio para 10 minutos en m/s.

V = 10 m/s

F = máxima distancia desde el dique hasta el otro extremo del embalse (m)

F = 460 m (laguna facultativa)

$$Hv = 0.00086 \times 10^{1.1} \times 460^{0.45} = 0.17 \text{ m}$$

**Hr: El ascenso del oleaje sobre el talud**

El ascenso del oleaje sobre el talud aguas arriba en el dique depende de las características del oleaje generado y de la inclinación y rugosidad de la superficie expuesta. La altura del rodamiento de la ola Hr para taludes usuales en diques de tierra y enrocado (1.5:1 a 4:1) varia de 0.33 Hv a Hv dependiendo de la rugosidad de la superficie del dique. Se ha colocado una

protección de mampostería frente al oleaje. Esto sugiere una superficie semirugosa por donde deslizará las olas por lo tanto se estima:

$$H_r = 0.4 H_v \quad H_r = 0.40 \times 0.17 = 0.07 \text{ m}$$

### $\Delta H$ : El asentamiento máximo

El asentamiento máximo de la corona es función de la compresibilidad de la propia masa y de la cimentación y la altura del terraplén según se puede apreciar en:

$$\Delta H = KH^2$$

El valor de K se puede obtener de la siguiente tabla:

**CUADRO N° 4.1**

Material del dique	S.U.C.S.	K(CM <sup>-1</sup> )
Arcillas y limos de alta compresibilidad	CH,MH	0.40x10 <sup>-4</sup>
Arcillas y limos de baja compresibilidad	CL,ML	0.25x10 <sup>-4</sup>
Arenas con limo y arcilla	SC	0.20x10 <sup>-4</sup>
Arenas limosas y arenas con pocos finos	SP,SW	0.12x10 <sup>-4</sup>
Mezcla con gravas con arenas y finos	GC,GM y GP	0.08x10 <sup>-4</sup>

La altura máxima de la cimentación a la corona del dique es de 2.40m siendo la cimentación de gravas limosas a un limo compacto (arenita) donde no se considera que la cimentación sufra deformación. El núcleo del dique esta formado GM: GC

H = altura de la cimentación a la corona.

H = 420 cm

$$\Delta H = 0.08 \times 10^{-4} \times (420)^2 = 1.4 \text{ cm}$$

$$\Delta H = 1.4 \text{ cm (laguna aereada)}$$

### hs: la altura del oleaje debido al sismo

Esta es la formula de SEICHI donde:

$$h_s = \frac{K \tau}{2 \times \pi} \sqrt{gH}$$

**K** = coeficiente sísmico de diseño en base al nivel máximo del agua

**K** = 0.25 para un  $M_s = 7.8$

**$\tau$**  = ciclo del terremoto

**$\tau$**  = 0.6seg

**g** = aceleración de la gravedad

**g** = 9.81m/seg<sup>2</sup>

$$h_s \equiv \frac{0.25 \times 0.6}{2 \times 3.1416} \sqrt{9.81 \times 2.40}$$

$$h_s = 0.116 \text{ m}$$

### **H<sub>s</sub>: el margen de seguridad**

Se recomienda que se tome igual al mayor de

a) altura de ola  $H_v = 0.17 \text{ m}$

b) un tercio de la diferencia entre el nivel de operación normal y el nivel de máxima operación

$$1/3 (10\text{cm}) = 3.3\text{cm}$$

Luego se asume:

$$H_s = 0.17 \text{ m}$$

Por lo tanto el borde libre será:

$$H_{bl} = H_v + H_r + \Delta H + h_s + H_s$$

$$H_{bl} = 17 + 7 + 1.4 + 11.6 + 17 = 54.0 \text{ cm}$$

Las recomendaciones mexicanas sugieren un borde libre no menor de 0.60m

Se optó por un borde libre no menor de:

$$H_{bl} \geq 0.70 \text{ m}$$

#### 4.2.5 Altura del Dique

Viene dado por el tirante de agua mas el borde libre:

$$H_{\text{dique}} = T + H_{\text{bl}}$$

Para  $T = 1.80 \text{ m}$

$H_{\text{mínima del dique}} = 1.80 + 0.70 = 2.50 \text{ m}$

Para  $T = 3.50 \text{ m}$

$H_{\text{máxima del dique}} = 3.50 + 0.70 = 4.20 \text{ m}$

#### Espesor de los taludes del dique (Espaldón)

Se propone una capa impermeable de espesor 0.20 m de la parte inferior del talud hasta la corona del dique.

#### 4.3 Diseño del Filtro

El filtro como elemento de protección de la capa impermeable del cuerpo del dique y del subdren de los materiales finos de la cimentación.

Según el profesor Terzaghi los filtros tienen dos (02) funciones (18)

- 1.-Prevenir la migración de los finos del suelo (erosión interna)
- 2.-Dejar que el agua fluya. (Criterio de permeabilidad)

El laboratorio de ensayos de la U.S. Soil Conservación Service ha ejecutado por 5 años, ensayos para diferentes tipos de materiales con diferentes tipos de filtros, clasificando los materiales impermeables en 4 recomendaciones. Presentamos sus conclusiones:

#### Grupo G1 Arcillas y Limos Finos

Son los suelos que tienen mas del 85% de materiales que pasan por el tamiz N°200 el filtro ha de cumplir la siguiente condición:

$$D_{15} \leq 9d_{85}$$

Los filtros son de arena o grava arenosa y sean afinado con  $D_{15}$  de 0.2 a 0.7 mm

### **Grupo G2 Arcillas o Limos arenosos y Arenas arcillosas o Limosas**

Son los suelos con un 40% a 85% más fino que el tamiz N°200 el filtro debe cumplir la condición:

$$D_{15} \leq 0.7 \text{ mm}$$

En este grupo se incluyen los materiales obtenidos de morrenas glaciares.

### **Grupo G3 Arenas y Gavas Arenosas impermeables con bajo contenido de finos**

Son suelos con menos del 15 % mas fino que el tamiz N°200 de la norma A.S.T.M. (0.074mm), el filtro debe cumplir la condición:

$$D_{15} \leq 4d_{85}$$

En este caso, el criterio debe aplicarse a la totalidad del suelo sin excluir las gravas. Pudiéndose llegar a diámetros  $D_{15}=30\text{mm}$  o más.

Los resultados de laboratorio da un limite de rotura (hidráulica) para el filtro  $D_{15}= (7.5 \text{ a } 9) d_{85}$ , por lo cual el coeficiente 4 propuesto tiene un coeficiente de seguridad del orden de 2 y esta bastante conforme con la practica común.

### **Grupo G4 Suelos intermedios entre los grupos 2 y 3**

Son los que dan entre el 15% y el 40% de elementos que pasan por el tamiz N°200, el filtro ha de cumplir también unas condiciones intermedias que pueden obtenerse por interpolación lineal, si el porcentaje de elementos que pasan por el tamiz N°200 ha de tenerse:

$$D_{15} \leq \frac{40 - p}{40 - 15} (4d_{85} - 0.7) \text{ mm}$$

Siendo p el porcentaje de suelo que pasa por la malla N°200 entre 15% y 40%.

Los cuatro grupos de suelos incluyen los materiales más usados en los diques impermeables. Los grupos 1 y 2 se aplican con independencia de la forma de la

curva granulométrica. Para los grupos 3 y 4 se aplican a suelos con una curva de distribución razonablemente graduada, sin embargo cuando está presenta fuertes discontinuidades es aconsejable dimensionar el filtro para la porción mas fina de la curva.

#### 4.3.1 Análisis del Filtro

##### Para el cuerpo del dique

##### 1- Método estándar (método de Terzaghi)

$$\frac{D_{15f}}{D_{85s}} \leq 4 - 5 \quad \text{prevención de la erosión interna}$$

De las curvas granulométricas del material a usarse en el cuerpo del dique, se tiene del Grafico N°3 (Anexo VI) :

$$\begin{aligned} D_{85s} &= 28 \text{ (GP-GM)} \\ D_{15f} &\leq 4 \times D_{85s} = 4 \times 28 = 112 \\ D_{15f} &\leq 112 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{D_{15f}}{D_{15s}} \geq 4 - 5 \quad \text{criterio de permeabilidad}$$

$$\begin{aligned} D_{15s} &= 0.05 \text{ mm ( dato extrapolado)} \\ D_{15f} &\geq 4 \times 0.05 = 0.20 \end{aligned}$$

De lo anterior se tiene:  $0.20 \leq D_{15f} \leq 112$  ,el  $D_{15}$  del material del cuerpo del dique varia de 0.025 a 0.05, siendo valores menores de  $D_{15} = 0.20$ , por lo que se concluye que el cuerpo del dique trabaja como filtro.

#### Método propuesto por la U.S. Soil Conservation Service

La Clasificación SUCS nos indica el Grupo 4 (con 15% a 40% que pasan la malla N° 200) tipificado como gravas arcillosas o gravas limo arenosas.

Para un porcentaje de finos de 18, 29, 20 se tiene el  $D_{15f}$  como 63, 97, 110, de donde se tiene  $D_{15f} \leq 63$ , y dado que los valores del  $D_{15}$  del cuerpo del dique son menores que 63, el material del cuerpo del dique trabaja como filtro.



### Para el material de subdrenaje

$$D_{85s} = 0.25 \text{ mm (SC)}$$

$$D_{15s} = 0.08 \text{ mm (SM)}$$

$$D_{15f} \leq 4 \times D_{85s} = 4 \times 0.25 = 1$$

$$D_{15f} \geq 4 \times D_{15s} = 4 \times 0.08 = 0.32$$

El  $D_{15}$  del filtro se encuentra  $0.32 \leq D_{15f} \leq 1$ , el cual cumple con la granulometría de una *arena media*.

Es conocido que el mecanismo de trabajo de las lagunas de aguas servidas originan una gran sedimentación, ayudando con ello a un taponamiento de la capa impermeable y en consecuencia no hay la necesidad de un filtro de protección de la capa impermeable, sin embargo se debería tomar en cuenta para los procesos posteriores del tratamiento del agua servida, tal como en la última etapa del tratamiento en donde las aguas se encuentran sin o casi con ninguna presencia de sedimentos.

### 4.4 Subdrenaje

Debido a la presencia de la laguna natural y a la presencia de nivel de agua próxima a la superficie en la zona 2 del plano de zonificación geotécnica se ha hecho el análisis de subdrenaje mediante la ecuación de Glover – Dumn que toma en cuenta la variación del nivel freático a abatir:

$$L^2 = \frac{\pi^2 K D t}{\phi \text{Ln} (1.16 h_o / h_t)}$$

Donde:

- L : Distancia entre tuberías drenantes (m)
- K : Permeabilidad del espesor del estrato donde ocurre flujo horizontal (m/día)
- D : Espesor del estrato donde ocurre flujo horizontal (m)
- t : Tiempo necesario para que N.F. baje de  $h_o$  a  $h_t$  (días)
- $\phi$  : Espacio poroso drenaje

El espacio poroso ( $\emptyset$ ) o el rendimiento específico, se define como el volumen de agua liberado de una muestra de suelo de volumen conocido solamente con la acción de la fuerza de la gravedad y tensiones internas del suelo.

El rango adecuado del suelo óptimo de drenaje  $6\% < \emptyset < 10\%$

Para un suelo gravoso se tiene  $\emptyset = 16\%$  y para un suelo arcilloso  $\emptyset = 3\%$

La descarga en los drenes está gobernada por la ecuación siguiente. Calcula el valor de la descarga en función del tiempo para un valor de  $h_t$

$$q = \frac{2\pi kDh_t \text{ (m/día)}}{L^2}$$

El siguiente cuadro muestra las diferencias entre la cota final del fondo de laguna y la cota del nivel freático:

TABLA N° 4.7

Laguna	Cota del fondo Lag: A m.s.n.m.	Cota del N.F. m.s.n.m.	$\Delta H = A - B$ (m)
A1	7.16	7.58	- 0.42
A2	7.29	7.58	- 0.29
A3	7.46	6.28	+ 1.18
A4	7.46	6.16	+ 1.30
A5	7.29	6.16	+ 1.13
A6	7.16	6.50	+ 0.66
F1	7.89	6.16	+ 1.73
F2	7.82	—	—
F3	8.19	6.80	+ 1.39
F4	7.91	—	—
F5	7.86	7.68	+ 0.18
F6	7.47	6.90	+ 0.57

De la Tabla expuesta se aprecia que el fondo de las lagunas A1 y A2 se encuentran 0.42 m y 0.29 m por debajo del nivel freático en consecuencia analizaremos para esta condición y se extienden a toda la zona 2 del Plano de zonificación geotécnica.

Cálculos:

$$L^2 = \frac{\pi^2 K D t}{\emptyset \ln(1.16h_0 / h)}$$

Dada la baja permeabilidad del suelo drenante los cálculos se harán para  $\emptyset = 0.03$  y  $\emptyset = 0.04$

Donde:

$$K = 0.6 \text{ m/día}$$

$$D = 0.77 \text{ m}$$

$$t = 3 \text{ días}$$

$$\emptyset = 0.03$$

$$h_t = 0.90 \text{ m}$$

$$h_0 = 1.58 \text{ m}$$

$$L^2 = \frac{\pi^2 \times 0.60 \times 0.77 \times 3}{0.03 \times \ln(1.16 \times 1.58 / 0.90)}$$

$$L = 25.0 \text{ m}$$

En la siguiente Tabla se presentan las evaluaciones:

**TABLA N° 4.8**

$\emptyset$	t (días)	L (m)
0.03	4	29
	3	25
0.04	4	25
	3	22

Puesto que el Dren N° 3 (ver plano G-05) gobierna el diseño, éste cruza un espaciamiento topográfico en forma de garganta (ver plano G-01) de una distancia de 46 m entre la zona 1 y la zona 2 (ver plano de zonificación geotécnica G-03) es decir la zona 1 compuesto por gravas con material fino. Esto nos limita la distancia entre drenes, por lo que se ha optado por un solo dren.

Las pendientes de diseño se muestran en la siguiente Tabla:

**TABLA N° 4.9**

Tubería	Diámetro (")	Pendiente
Dren N°1	6	0.002
Dren N°2	6	0.002
Dren N°3	6	0.002
Desagüe N°1	8	0.002
Desagüe N°2	9	0.0012

Calculo del caudal de descarga en los drenes:

$$q = \frac{2\pi kD h_t}{L^2}$$

Donde:

$$K = 0.6 \text{ m/día}$$

$$D = 0.77 \text{ m}$$

$$t = 3 \text{ días}$$

$$\varnothing = 0.03$$

$$L = 25 \text{ m}$$

$$h_t = 0.90 \text{ m}$$

$$q = \frac{2\pi \times 0.77 \times 0.90}{25^2}$$

$$q = 0.00418 \text{ m/día}$$

Calculo del caudal permisible en las tuberías:

Para una tubería corrugada:

$$q = 38 \times 86400 \times d^{2.667} \times i^{0.5} \times R / L_0 \times E$$

Para el Dren N° 1

Donde:

$$d = 6'' = 0.15 \text{ m}$$

$$i = 0.002$$

$$L_0 = 457 \text{ m}$$

$$E = 46 \text{ m}$$

$$R = 0.5 \text{ medio tubo}$$

$$q = 38 \times 86400 \times 0.15^{2.667} \times 0.002^{0.5} \times 0.5 / 457 \times 46$$

$$q = 0.02216 \text{ m/día} > q_d = 0.00418 \text{ m/día} \quad \text{es conforme}$$

$$q = 0.02216 \times 457 \times 46 / 86400 = 0.0054 \text{ m}^3/\text{s}$$

De manera similar se calcula para al Dren N° 2 y Dren N° 3

Se presenta una tabla resumen:

**TABLA N° 4.10**  
**Caudal para una tubería corrugada**

Dren N°	q adm (m³/s)	q adm (lt/s)	q adm (m/día)	q drenable (m/día)	Observación
1	0.0054	5.4	0.02216	0.00418	Conforme
2	0.0054	5.4	0.01100	0.00418	Conforme
3	0.0054	5.4	0.02310	0.00418	Conforme
Qtotal	0.0162	16.2			

Caudal en el Desagüe N° 1

Para un tirante al 90% del diámetro  $Y=0.90D$

$$d = 8'' = 0.20 \text{ m}$$

$$i = 0.002$$

$$n = 0.012$$

$$Y/D = 0.90 \quad A = 0.7445D^2 \quad R = 0.2980 D$$

De la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} i^{0.5}$$

$$Q = \frac{1 \times 0.7445D^2 \times (.2980 D)^{2/3} \times 0.002^{0.5}}{0.012}$$

Para  $D = 0.20 \text{ m}$

$$Q = 0.0169 \text{ m}^3/\text{s} = 16.9 \text{ lt/s}$$

Caudal en el Desagüe N° 2

Para un tirante al 90% del diámetro  $Y = 0.90D$

$$d = 9'' = 0.225 \text{ m}$$

$$i = 0.0012$$

$$n = 0.012$$

$$Y/D = 0.90 \quad A = 0.7445D^2 \quad R = 0.2980 D$$

De la ecuación de Manning:

$$Q = 1/n A R^{2/3} i^{0.5}$$

$$Q = \frac{1 \times 0.7445 D^2 \times (.2980 D)^{2/3} \times 0.012^{0.5}}{0.012}$$

Para  $D = 0.225$  m

$$Q = 0.0179 \text{ m}^3/\text{s} = 17.9 \text{ lt/s}$$

Para una tubería lisa:

Para el Dren N°1

Donde:

$$d = 6'' = 0.15 \text{ m}$$

$$i = 0.002$$

$$L_0 = 457 \text{ m}$$

$$E = 46 \text{ m}$$

$$R = 0.5 \text{ medio tubo}$$

$$q = 89 \times 86400 \times .15^{2.714} \times 0.002^{0.572} \times 0.5 / 457 \times 46$$

$$q = 0.02216 \text{ m/día} > q_d = 0.00418 \text{ m/día} \text{ es conforme}$$

$$q = 0.02216 \times 457 \times 46 / 86400 = 0.0054 \text{ m}^3/\text{s}$$

De manera similar se calcula para al Dren N° 2 y Dren N° 3

Se presenta una tabla resumen:

**TABLA N° 4.11**  
**Caudal para una tubería lisa**

Dren N°	q adm (m³/s)	q adm (lt/s)	q adm (m/día)	q drenable (m/día)	Observación
1	0.00446	4.45	0.01837	0.00418	Conforme
2	0.00738	7.38	0.01507	0.00418	Conforme
3	0.00738	7.38	0.03160	0.00418	Conforme
Qtotál	0.01922	19.2			

Caudal en el Desagüe N°1

Para un tirante al 90% del diámetro  $Y = 0.90D$

$$d = 8'' = 0.20 \text{ m}$$

$$i = 0.002$$

$$n = 0.010$$

$$Y/D = 0.90 \quad A = 0.7445D^2 \quad R = 0.2980 D$$

De la ecuación de Manning:

$$Q = 1/n A R^{2/3} i^{0.5}$$

$$Q = \frac{1 \times 0.7445D^2 \times (.2980 D)^{2/3} \times 0.002^{0.5}}{0.010}$$

Para  $D=0.20$  m

$$Q = 0.0203 \text{ m}^3/\text{s} = 20.0 \text{ lt/s}$$

Se aprecia que lo que llega es  $q=19.2 \text{ lt/s} < q_{adm}=20 \text{ lt/s}$  es conforme

Caudal en el Desagüe N°2

Para un tirante al 90% del diámetro  $Y = 0.90D$

$$d=9" = .225\text{m}$$

$$i = 0.0012$$

$$n = 0.010$$

$$Y/D = 0.90 \quad A = 0.7445D^2 \quad R = 0.2980 D$$

De la ecuación de Manning:

$$Q = 1/n A R^{2/3} i^{0.5}$$

$$Q = \frac{1 \times 0.7445D^2 \times (.2980 D)^{2/3} \times 0.0012^{0.5}}{0.010}$$

Para  $D=0.225$  m

$$Q = 0.0215 \text{ m}^3/\text{s} = 21.5 \text{ lt/s}$$

**TABLA N° 4.12**

**Balance de Caudales para una tubería de desagüe lisa  $n=0.010$**

Tubería	Diametro	pendiente	Qllega (lt/s)	Qadm (lt/s)	Observ.
Drenes	6"	0.002	19.2	-	conforme
Desague N°1	8"	0.002	19.2	20	conforme
Desague N°2	9"	0.0012	19.2	21.5	conforme

De la Tabla anterior se concluye:

El balance de caudales es conforme

Para las tuberías de desagüe se usará tubería lisa ( $n=0.010$ ).

Para una mejor captación del agua, se ha colocado las tuberías dentro de una capa de hormigón de  $TM=2''$  y recubierto por un filtro de arena media de 0.20 m de espesor. Se ha colocado tres (03) buzones de limpieza. Las cotas y detalles de la distribución de las tuberías de subdrenaje y de los buzones se presentan en el plano G-05.

*Análisis de la flotabilidad de la losa de concreto*

Del Grafico N°4 del Anexo VI, se tiene lo siguiente:

F1: Peso de la losa = 2.7 ton

F2: Peso del agua = 17.6 ton

F3: Presión del agua = 8.8 ton

F4: Peso de la cimentación = 0.2 ton

F5: Fuerza de supresión o empuje del agua = 19.7 ton

Puesto que suponemos que la losa esta en una posición de empezar a flotar el empuje pasivo no es considerado en el análisis, de lo que se trata es verificar que los momentos resistentes son mayores que los actuantes:

$$Mr=2.7 \times 4.22 + 17.6 \times 2.8 + 8.8 \times 1.4 + 0.2 \times 0.11 = 73 \text{ tonxm}$$

$$Ma=0.5 \times 4.2 \times 9.4 \times 3.13 = 61.8 \text{ ton}$$

Se tiene  $Mr/Ma = 1.18 > 1$  conforme

Se concluye que el peso de la losa es adecuada para evitar la flotabilidad



#### 4.5 Análisis de Estabilidad

El estudio de la estabilidad de taludes se refiere a la estabilidad del terraplén y la cimentación contra el deslizamiento. En las últimas décadas en donde el uso de la computadora ha beneficiado usos de métodos complejos de análisis, en las cuales se puede introducir o no, restricciones de cálculo. El uso de los métodos a elegir, así como las diferentes maneras en que las resistencias al corte pueden seleccionarse, pueden producir un amplio intervalo de factores de seguridad. De aquí que Johnson (1974) refiere como más importante la elección de los parámetros que la elección del método utilizado para analizar la estabilidad.

Al analizar la estabilidad de taludes, se consideran dos casos de estudios: a corto plazo y a largo plazo, de lo cual pasamos a mencionar. (19)

**CUADRO N° 4.2**

Corto plazo o sin drenaje	Largo plazo o drenados
Suelo con baja permeabilidad .Suelo saturado o parcialmente saturado	
Al experimentar un cambio de esfuerzos ocasiona como consecuencia un cambio en la presión de poros, el tiempo en que actúa la sobrepresión se la ha llamado condición a corto plazo.	Las sobrepresiones se distribuyen hasta alcanzar el equilibrio de estado constante, esta etapa final se denomina a largo plazo
Implican carga sin drenaje	Implican carga con drenaje
Esfuerzos totales con resistencia sin drenaje o Esfuerzos efectivos con resistencias drenadas y con medición de poros	Esfuerzos efectivos

Un suelo trabaja en condiciones de baja permeabilidad. Para un material bien graduado, un 5% que pasa la malla N°200 producirá impermeabilidad. Con un material mal graduado se necesitará hasta 30%, antes que alcance la impermeabilidad. Si un suelo contiene más de 40% a 50% de material que pasa la malla N°4, los finos no podrán ser compactados lo suficiente como para proporcionar una permeabilidad baja, para algunas granulometrías este porcentaje limite puede ser como 20% a 25%.

Se presenta una tabla resumen de los métodos más usuales

**CUADRO N° 4.3**  
**Método de Análisis de Estabilidad más usados**

Método	Tipo de falla	Condición	Observación del método
Ordinario o de Fellenius (1927)	Circulares	De fuerzas	Este resultado no tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas y no satisface equilibrio de fuerzas, tanto para la masa deslizada como para dovelas individuales. Factores de seguridad bajos. Impreciso para taludes con alta presión de poros, tiene errores por defecto del 50%, también puede producirse errores cuando la relación de poros es alta ( $ru$ ) y el círculo es profundo o su radio es bastante pequeño.
Bishop simplificado (1955)	Circulares	De momentos	Se asume que las fuerzas de cortante son cero. Se reduce el número de incógnitas. Otorga una solución sobredeterminada debido a que no se establecen condiciones de equilibrio para una dovela. El factor de seguridad es subestimado pero el error no excede de 3%.
Janbú Simplificado (1968)	Cualquier forma de superficie de falla	De fuerzas	Asume que no hay fuerza cortante entre dovelas. La solución es sobredeterminada y no satisface el equilibrio de momentos. Pero Janbú utiliza el factor de corrección $F_0$ . Los factores de seguridad son bajos. El factor de seguridad subestima en un 13%.
Sueco Modificado. U.S. Army Corps	Cualquier forma de la superficie de falla	De fuerzas	Supone que las fuerzas tienen la misma dirección que la superficie del terreno. Los factores de seguridad son generalmente altos.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma de la superficie de falla	De fuerzas	Asume que las fuerzas entre partículas están inclinadas a un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas. No satisface el equilibrio de momentos. Está considerado como el más preciso de los métodos de equilibrio de fuerzas.
Spencer (1967)	Cualquier forma de la superficie de falla	Momentos y fuerzas	La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada. Satisface rigurosamente el equilibrio estático asumiendo que la fuerza resultante entre tajadas tiene una inclinación constante pero desconocida.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma de la superficie de falla	Momentos y fuerzas	Asume que las fuerzas siguen un sistema predeterminado. La inclinación de la resultante de las fuerzas entre dovelas varía de acuerdo a una función arbitraria.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas	Asume que las fuerzas laterales siguen un sistema predeterminado. utiliza el método de las dovelas para calcular la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla. Esto permite desarrollar una relación entre el coeficiente sísmico y el factor seguridad. El factor estático corresponde al caso de cero coeficientes sísmico. Satisface todas las condiciones de equilibrio, sin embargo la superficie de falla es muy diferente a la determinada utilizando otros métodos más convencionales.

Elementos Finitos	Cualquier forma de la superficie de falla	Esfuerzo-deformacion	Satisface todas las condiciones de esfuerzos obtienen esfuerzos y deformaciones en los nudos de los elementos, pero no se obtiene un factor de seguridad, lo cual es un calculo a posteriori.
Espiral Logaritmico	Espiral logaritmico	Momentos y fuerzas	Existen diferentes métodos con diversas condiciones de equilibrio.

Se analizó para los tres periodos de vida del Bordo. Para el análisis se efectuó el uso del programa GEOSLOPE versión 5 de la Universidad de Purdue, Indianápolis U.S.A, que utiliza el método de Bishop Modificado, la cual asume una superficie de falla circular, el método de Bishop modificado se refiere a la fuerza estática horizontal asumida para simular efectos dinámicos de la versión original presentada por Alan Bishop (1955). Emplea la teoría de equilibrio limite, se asume que los parámetros de resistencia son independientes del comportamiento esfuerzo deformación de los suelos.

Las corridas se efectuaron para los casos críticos, es decir para aquellos taludes que tienen mayor pendiente y mayor altura.

En el siguiente cuadro se presentan los factores de seguridad mínimos normados por el comité de Grandes Presas, las cuales son usadas para terraplenes de mediana altura.

#### CUADRO N° 4.4

##### Factores de Seguridad

Condición	Talud Aguas Arriba	Talud Aguas Abajo
I Al final de la construcción	1.3	1.3
II En Operatividad Embalse lleno Embalse parcial	— 1.5	1.5 -----
III Desembalse	1.0	-----
IV Sismo Solo condiciones I,II	1.0	1.0

**TABLA N° 4.13**

**Parámetros usados C (ton/m<sup>2</sup>),  $\phi$  (°)**

Dique	Espaldón	Núcleo	Cimentación
Peso unitario	2.0	2.1	1.6
Final de la construcción	Cu = 0.8 $\phi_u = 25^\circ$	Cu = 0.5 $\phi_u = 33^\circ$	C = 0.4 $\phi = 10^\circ$
Operatividad	C = 0.5 $\phi = 30^\circ$	C = 0.3 $\phi = 35^\circ$	C = 0.4 $\phi = 10^\circ$
Desembalse rápido (limpieza de laguna)	C = 0.6 $\phi = 28^\circ$	C = 0.3 $\phi = 33^\circ$	C = 0.4 $\phi = 10^\circ$

**TABLA N° 4.14**

**Factores de seguridad del Dique**

Condiciones	Altura : 3.085	Talud: 2:1
	Estático	Dinámico
Al final de la construcción	4.865	2.998
En operatividad	4.386	2.612
Limpieza de las lagunas	3.657	2.448

**TABLA N° 4.15**

**Coefficiente Sísmico propuesto para Pequeñas y Medianas Presas**

Zona	Presa de Tierra
I	0.15 – 0.25
II	0.10 – 0.15
III	0.05 – 0.10

Ruestas,Diaz & Alva, 1988

Los métodos pseudo estáticos reemplazan la fuerza de inercia y la presión de poros inducidos por el sismo por una fuerza estática horizontal que es proporcional al coeficiente sísmico, considera que la acción sísmica se puede reemplazar por una fuerza horizontal proporcional al peso de la masa deslizante. Para el calculo de la estabilidad pseudo-estático se ha escogido el valor de coeficiente sísmico de K=0.25 conforme al valor usado en la zona

Como se puede apreciar los altos valores del factor de seguridad son evidentes por la altura pequeña del dique, con esto se satisface la estabilidad exterior.

Se recomienda en los casos de limpieza de las lagunas por bombeo, una velocidad de desembalse menor de 15 cm/día.

#### 4.6 Compactación

La Compactación es un procedimiento de mejoramiento de suelos (20) que consiste en ejercer una acción mecánica mediante equipos llamados compactadores en un tiempo de corta duración sobre una masa de suelo a un estado parcialmente saturado logrando aumentar la resistencia y disminuir la capacidad de deformación volumétrica, la permeabilidad y mejorar su durabilidad. Se presenta en el Cuadro N° 5.4 el tipo de suelo a compactar y las maquinas adecuadas a usar según Broms y Forsslad (1975).

**CUADRO N° 4.4**

**Clasificación de Suelos para fines de Compactación Mecánica (20)  
Broms y Forsslad, 1975**

Tipo de Suelo	Características	Equipo mecánico
I	Enrocado y suelos granulares con piedras grandes y bolonería (1)	Rodillo vibratorio autopropulsados o Tándem pesados de 9 a 15 ton
II	Arenas y gravas A: Granulometría favorable B: Granulometría uniforme	Rodillo vibratorio de mediano a pesado autopropulsado
III	Limo y suelos limosos A: Arenas limosas, gravas limosas B: Limo y limo arenoso, arena arcillosa, Grava arcillosa.	Rodillo liso estático o vibratorio
IV	Arcilla A: Arcilla con resistencia baja a media (2) B: Arcilla con resistencia alta (3)	IVA: Rodillos neumáticos IVB: Rodillos de Pata de cabra

(1) Con menos de 5 a 10% de material menor a 0.06 mm o de la malla N°200

(2) Resistencia a la compresión no confinada < 20 tn/m<sup>2</sup>

(3) Resistencia a la compresión no confinada > 20 tn/m<sup>2</sup>

#### 4.6.1 Compactación del Cuerpo del Dique

Al material del cuerpo del dique se le denomina Material grueso con finos el cual consta de material IN SITU, grava limosa o grava arcillosa o la mezcla de las gravas de escasa matriz de la zona con los finos del lugar. Se recomienda como material del cuerpo del Dique la siguiente granulometría:

**TABLA N° 4.16**

Malla	% que Pasa
2"	100
1½"	98-90
¾"	88-60
3/8"	72-45
N°4	60-30
N°10	55-25
N°20	50-19
N°40	42-21
N°60	35-15
N°140	30-10
N°200	20-5

Se tipifica conforme al cuadro de Broms y Forsslad, rodillos liso estático o vibratorio de peso entre 10 a 15 tn. Se compactará en espesores de 0.20 m. y con taludes 2:1 . H: V y con humedecimiento del material durante el colocado. Esto es recomendable para acelerar la ocurrencia de asentamientos durante la construcción y disminuir al máximo la deformación del cuerpo del dique, consiguiendo la compactación especificada. Las primeras dos pasadas del rodillo reacomodan los fragmentos mientras que la tercera y cuarta permiten usualmente alcanzar la densidad deseada.

#### Control de Densidad

Con la finalidad de conocer el espesor de las capas, el N° de pasadas del rodillo y el contenido de humedad ideal para el compactado se realiza sobre un tramo de relleno que permite evaluar la compactación en términos del porcentaje de disminución del espesor de una capa bajo repetidas pasadas de rodillo. El decremento de la capa rodillada es obtenido midiendo topográficamente el asentamiento vertical en 25 a 30 puntos localizadas sobre mallas cuadradas de 1.5m x 1.5m que abarcan una superficie de ensayo de 12m x 12m.

Las pasadas del rodillo pueden ser efectuadas desde uno a otro lado del relleno. Cada pasada del rodillo deberá traslapar la pasada anterior aproximadamente 0.30m los datos de compactación provenientes del ensayo de relleno. Se presentan en formas de curvas, en donde el asentamiento de la capa en porcentaje, es ploteado contra el número de pasadas. Se realizan pruebas de densidad y contenidos de humedad de campo para conocer el grado de compactación de cada zona.

La curva obtenida permitirá determinar el número de pasadas del rodillo, que obtiene la densidad apropiada para la capa de material que se está trabajando.

Para el resto del relleno, el control se verifica comprobando exclusivamente estas variables, espesor de capa, tipo de rodillo y número de pasadas, se recomienda realizarlo en un cuerpo de dique típico.

#### 4.6.2 Compactación del Fondo de Laguna

Constituido por material impermeable formado por arena arcillosa libre de material vegetal y terrones de tierra. Los materiales de tamaño excesivo serán extraídos.

El espesor de la capa impermeable será de 0.20 m

El material del fondo de laguna debe cumplir con las siguientes características geotécnicas que se indican a continuación:

Limite liquido (ASTM D-423)	LL>30%
Índice plástico (ASTM D-424)	IP>15%
Porcentaje de compactación del Proctor Modificado (ASTM D-1556)	Mínimo 100%
Variación en el contenido de humedad en la compactación	+2%.

Se procederá a compactar este con un rodillo pata de cabra de tipo vibratorio. El número de pasadas que se dará al terraplén será de 8 pasadas y en ambos sentidos dejando una capa con incrustaciones, los cuales permitirán tener un mejor engrampe con la capa que se colocará posteriormente, es recomendable controlar la calidad de la construcción midiendo los valores de contenido de humedad, peso volumétrico seco de campo y grado de

compactación. El contenido de humedad se determina en las pruebas de compactación y en cada tramo tendido, se debe comparar la humedad del material colocado con la humedad correspondiente a la óptima del Proctor modificado determinada por el laboratorio o bien seleccionada por el terraplén de prueba. En caso que esto no suceda se debe proporcionar un riego muy ligero por medio de sistema de mangueras o regadera. El riego también es necesario en aquellos casos en que por cualquier circunstancia durante la construcción se ha dejado interrumpida ésta por algún periodo de tiempo y que se halla secado la superficie del terraplén.

### Control del Grado de Compactación

El grado de compactación es un número que expresa en porcentaje la relación entre el peso volumétrico seco alcanzado en obra y el peso volumétrico seco óptimo de ese mismo material obtenido en el laboratorio mediante la prueba del Proctor modificado mediante la siguiente expresión:

$$GC (\%) = \frac{\gamma_d (\text{in situ}) \times 100\%}{\gamma_d (\text{Lab})}$$

- GC (%)            Grado de compactación en porcentaje
- $\gamma_d$  (in situ)        Densidad seca de campo
- $\gamma_d$  (Lab)            Máxima densidad seca de laboratorio

Se establece el control de campo con un 90% del grado de compactación.

**CUADRO Nº 4.5**

Grado de Compactación	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
GC (%)	35	35-70	50-70	70-90	>90



## CAPITULO V

### ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO

Las canteras estudiadas han sido descartadas debido a su lejanía de la obra y al encarecimiento del transporte, Por esta razón la cantera a ser usada para la construcción de los diques y fondos de la laguna, son los sobrantes del corte de la laguna de Pampa de Perros más los del corte de la laguna San José. El comportamiento Salinos Sódicos de estos suelos al estar expuesto al contacto con agua, ocasiona lixiviación de las sales solubles y reblandamientos ocasionados por la sodicidad y en consecuencia pérdida de la capacidad portante. Debido a estas características de estos suelos se ha optado por alternativas de mejoramiento o protección del suelo, presentamos las siguientes alternativas:

- Geomembranas
- Revestimiento de concreto
- Revestimiento de Mampostería
- Revestimiento de Asfalto
- Estabilización del suelo

#### 5.1 Geomembranas

Las geomembranas pertenecen a las familias de los geosintéticos que se orientan al mejoramiento de las propiedades físicas, hidráulicas o mecánicas del suelo como a la protección del medio ambiente.

Los geosintéticos (21) se dividen en geomallas, geomembranas, geotextiles y geoproductos. Para el presente caso se propuso el uso de una geomembrana (impermeabilizante) de alta densidad colocada sobre una cama de arena fina, recubriendo los 2/3 de la cara de los taludes. Con las siguientes características:

**Geomembrana de polietileno de alta densidad.**

**Impermeabilidad.** Tiene un coeficiente de absorción de agua menor a 0.001% este valor es mucho menor a la geomembrana de PVC pues esta permite hasta el 0.35% de absorción de agua. (la geomembrana de polietileno absorbe 350 veces menos agua que la geomembrana de PVC).

**Elasticidad.** El polietileno HDPE de la SLT North América, tiene una elongación de 800% en contra del PVC que solo tiene de 300%, por ello se recomienda en las instalaciones de impermeabilización de estanques y su mejor desenvolvimiento en el caso de las variaciones y movimientos que se pueden producir en la actividad sísmica (sin sufrir daño alguno, debido a que acompaña los movimientos y los transmite a la tierra, liberando energía que podría dañar la membrana.)

**Resistencia.** La geomembrana de polietileno de alta densidad tiene una alta resistencia a los rayos ultravioletas. El polietileno contiene solo el 2.5% de negro de humo y otros aditivos, esto ocasiona que se comporte ante los cambios del medio ambiente como un solo cuerpo, a diferencia del PVC flexible que contiene 55% de PVC, 40% de aditivo plastificante, 5% mas de coagulante, adhesivos, protectores y otros, que hacen que esta mezcla, no se comporte como un todo ante los cambios del medio ambiente, siendo que los plastificantes son los primeros en dañarse con los rayos ultravioletas, haciendo el PVC flexible, quebradizo y frágil, esto comienza a ocurrir a los 10 años de expuesto a los rayos ultravioletas.

La geomembrana de polietileno tiene una resistencia al desgarre de 33 lbs. Mientras que el valor para el PVC flexible bajo la misma norma ASTM D1004 es de 10 a 13 lbs., este es uno de los pocos datos comparables entre el PVC flexible y el polietileno ya que se realizaron bajo la misma norma de prueba. La geomembrana de polietileno de alta densidad tiene una óptima resistencia al ácido sulfúrico con concentraciones del 10%, del 50% y hasta del 98%, lo mismo ocurre con cualquier solución ferrosa de zinc, cobre, cadmio o plomo.

**Durabilidad.** Existen muchas formas de degradación, como las mecánicas, abrasión, fatiga, fluencia, desgarre, ataques químicos (ácidos bases, disolventes orgánicos) hidráulicos, colmatación y humedad. Dada la exposición del geosintético (aguas cloacales) es menester el ensayo por ataque biológico, bacterias que degradan el material como la Pseudo mona aeruginosa. (22)

Presentamos sugerencias para su colocación:

- el material debe ser de buena calidad y manufactura
- el recubrimiento no puede ser colocado sobre suelos naturales, blandos, sensitivos a la humedad o a la congelación
- el lecho debe ser cuidadosamente preparado para evitar la proyección de rocas y otros materiales que pueden perforar el recubrimiento.
- debe evitarse las tuberías u otros implementos que se proyectan a través del recubrimiento y que requieren de un sellado.
- para pegar o soldar en el campo los paneles individuales del recubrimiento debe contarse con supervisión experimentada, utilizando procedimientos apropiados para el material de recubrimiento y teniendo en cuenta las condiciones de temperatura durante la instalación.
- La instalación de recubrimientos y su soldadura en el campo deben ser inspeccionadas, probadas y documentadas cuidadosamente.
- Para la instalación del recubrimiento puede ser utilizada realizando labor sin mucha capacitación, siempre que el personal esté adecuadamente entrenado.

Debido a las dudas en la integridad de los recubrimientos, en relación con la instalación y el efecto de los terremotos, no debe confiarse en los recubrimientos sintéticos para el mantenimiento estructural del dique o elemento estructural, debe ser diseñado como si los recubrimientos no estuvieran presentes, con taludes estables bajo las condiciones freáticas correspondientes, y con provisiones adecuadas de filtros internos y de drenaje.

Presentamos los ensayos básicos hacer usados:

**CUADRO N° 5.1**

Resistencia a la traccion "Grab test"	ASTM D-4632
Elongacion a la traccion "Grab test"	ASTM D-4833
Resistencia al punzonamiento	ASTM D-4833
Permisividad (k/e)	ASTM D-4491
Resistencia al desgarre trapezoidal	ASTM D-4533
Resistencia a los rayos UV	ASTM D- 4355
Espesor	ASTM D-5199
Gramaje	ASTM D-5261

Dado que su costo es alto (U\$ 4.00 /m<sup>2</sup>) para este tipo de proyectos se desestimo su uso.

## 5.2 Revestimiento de Concreto

Para lagunas anaeróbicas en donde se colocarán equipos aeromecánicos con fines de acelerar el proceso de estabilización y debido a la erosión generada por la turbulencia del equipo en los fondos y costados del dique, se colocarán losas de concreto en los taludes y fondo de la laguna con las siguientes características:

- Espesor de losa 0.12 m
- Juntas de expansión (verticales) cada 6.0 m
- Juntas de contracción, para losas sumergidas no son necesarias (18)
- Concreto de bajo contenido de agua para evitar la contracción y el agrietamiento del concreto
- La resistencia del concreto por durabilidad será de 245 kg/cm<sup>2</sup> (concreto expuesto a aguas cloacales) con una relación a/c: 0.45.
- Cemento Andino tipo II, los sulfatos que llegan a la laguna son de 460 a 580 ppm.
- De consistencia seca a semiseca, slump de 2"
- Refuerzo de acero 3/8" para evitar las contracciones cada 0.25 m en ambas direcciones.
- Las juntas de expansión serán selladas con un sellador de juntas que soporte la exposición a aguas cloacales (tipo lgas negro u otro de las mismas condiciones).

El siguiente cuadro nos muestra niveles de índices de agresividad de los elementos químicos presentes en el agua.

**CUADRO N° 5.2**

**Valoración de la agresividad de las aguas (DIN4030)  
Para revestimiento e impermeabilización**

Factores perjudiciales	Grado de agresividad		
	Débil	Fuerte	Muy fuerte
Factor pH	6.5 a 5.5	5.5 a 4.5	<4.5
Anhídrido carbónico (mg/lt)	15 a 30	30 a 60	>60
Amonios (mg/lt)	15 a 30	30 a 60	>60
Magnesio(mg/lt)	100 a 300	300 a 1500	>1500
Sulfato(mg/lt)	200 a 600	600 a 3000	>3000

**CUADRO N° 5.3**

Sustancia disuelta	Limites perjudiciales	
	Concreto(mg/lit)	Acero(mg/lit)
Sulfatos	>200	>300
Nitratos	>50	>50
Anhídrido Carbónico	Cantidades mínimas	Cantidades mínimas
Ácido Sulfhídrico	>1	-----
Cloros	-----	>100
Aceite y grasas	-----	>5 a 10
Oxígeno	-----	>4
Magnesio	>100	-----
Fenoles	Muy perjudicial	Muy perjudicial

Fuente Rivas J.L. (1995)

### 5.3 Revestimiento de Mampostería

Es un adoquinado de piedras perfiladas y unidas por un mortero, las rocas pueden ser granito, sienita, basalto, areniscas, gneis etc. Estas rocas tienen una resistencia a la compresión que oscilan entre los 800 y 3000 kg/cm<sup>2</sup>. (27) Las areniscas varían entre los 300 y los 1500 kg/cm<sup>2</sup> siendo de las indicadas la de menor resistencia a la compresión, Por la manera en que van a trabajar estas rocas, tienen una buena resistencia a los agentes químicos. El acomodamiento se hace mediante un perfilado con cincel y comba cuya dimensión no debe ser mayor de 0.5 m<sup>2</sup> de cara expuesta ni menor de 0.25 m<sup>2</sup>, las piedras se unirán con lechada densa de cemento y mortero de una proporción de cemento: arena gruesa 1:2 (recomendación de Cementos Lima para impermeabilizar tanques).

La alternativa es viable siempre que se encuentre rocas próxima al lugar de trabajo básicamente el tipo de la mampostería es el de uso en canales, esta protección se ubicará en la parte superior del talud, el mortero debe emplear cemento tipo II y la calidad de la roca debe ser buena verificados mediante ensayos de abrasión y al desgaste, como los taludes son 2:1 es conveniente hacer una cuña de empotramiento ante el posible deslizamiento de este elemento de protección.

Se descartó la alternativa por el proceso laborioso de la mano de obra.

## 5.4 Revestimiento de Asfalto

Básicamente es realizar una imprimación en las caras de los diques y fondo de laguna, teniendo en cuenta el tipo de material y la inclinación del talud y buscando la impermeabilización basada en la penetración del asfalto líquido en el talud y fondo de laguna.

El riego de imprimación (23) es la aplicación de un asfalto líquido de baja viscosidad que puedan conservarla durante un tiempo, con el objeto que puedan penetrar por capilaridad a una superficie con capacidad de absorción para impermeabilizarla, se suele utilizar para preparar la base no tratada que va a ser cubierta con revestimiento asfáltico (pavimentos). La imprimación penetra en la base y llena los vacíos, endurece la superficie y ayuda a adherirla a la carpeta superior. considerando el objetivo de este riego, los ligantes a emplear deberán cumplir entre otros los siguientes requisitos: fluidez y curado medio serán de baja viscosidad con el objeto que puedan aplicarse fácilmente penetren por capilaridad e impregnen la superficie (fondo de laguna) deberán ser de curado medio para favorecer el proceso de penetración, al ser de curado rápido el ligante quedaría en la superficie y la penetración sería escasa o nula, obteniéndose una especie de alfombra ( que en el caso de carreteras bastaría el paso de un vehículo para que el ligante se adhiera a los neumáticos y se levante) . Se recomienda la utilización de los siguientes ligantes.

CUADRO N° 5.4

Material	Norma	Uso
Textura abierta	MC-70	RC-250+15% kerosene Ind.
Textura cerrada	MC-30	RC-250+25% kerosene Ind.

Sobre bases granulares, con cierto grado de porosidad, es posible el empleo de emulsiones de rompimiento lento del tipo CRL o CSE diluida con agua hasta una concentración de ligante 30%-40%, para mejorar la penetración de las emulsiones es conveniente el previo mojado de la base mediante riego ligero con agua, a fin de obtener un humedecimiento de la superficie, pero sin llegar a la saturación.

Estas exigencias varían según el tipo de base a tratar pudiendo las bases mas permeables ser imprimadas con mayor facilidad que las mas impermeables o de textura mas cerrada.

En particular presenta una cierta dificultad imprimir capas de material granular con alto contenido de finos, sobre todo si estos son arcillosos (San José), siendo mas aconsejable la utilización de asfaltos cortados tipo MC-30 (RC-250+25k Ind.) que por el elevado contenido y tipo de fluidificante penetrará por capilaridad en la base estabilizada.

Las cantidades normalmente empleadas oscilan alrededor de 0.32 a 0.53 gls/m<sup>2</sup> dependiendo de la absorción de la base siendo aconsejable rectificar de acuerdo al resultado obtenido. La cantidad de ligante necesaria se puede considerar como la que es capaz de absorber la base en un periodo de 24 horas, después de ese periodo, las zonas con exceso de ligante se cubrirán con arena o árido fino, para absorber el exceso, sobre las zonas porosas o con deficiencia de ligante, se aplicara un nuevo riego de imprimación.

En un riego de asfalto diluido ,se coloca sobre la superficie del talud a fin de impermeabilizarla, de uso común los tipos de asfaltos diluidos MC ( curado medio) para que demore en fraguar y tenga tiempo de penetrar en los poros del afirmado (MC-0).En nuestro país se acostumbra imprimir con RC-250, agregándosele un 10% de kerosene. También se pueden usar alquitranes (RT) o emulsiones (RS). Se aplica con un tanque regador a lo largo de su barra esparcidora en una cantidad de 1 a 2 lt/m<sup>2</sup>.

La alternativa fue descartada por GKW debida a la naturaleza abiótica del asfalto.

## 5.5 Estabilización del Suelo

Dado la naturaleza fisico química del suelo de la cantera, se ha optado por soluciones que no involucren procedimientos costosos y procesos laboriosos de ejecución en obra, por lo cual se opto por la estabilización del suelo, presentamos las siguientes alternativas:

- Estabilización con yeso

- Estabilización con cemento

### 5.5.1 Estabilización con Yeso

El material a ser usado es una arena arcillosa, arena limosa, arcilla arenosa o mezclas de ellas, para su mejoramiento se adiciona yeso al suelo (9), el cual tiene la propiedad de reaccionar con el sodio intercambiable, mejorando la permeabilidad y estructura del suelo. Luego al suelo tratado con yeso se le verificará las propiedades de resistencia y compresibilidad.

Se presenta el siguiente programa para estabilizar un suelo salino sódico:

- El yeso debe ser lo mas fino, para acelerar la reacción se recomienda que el 85% pase la malla N° 100, el grado de reacción del yeso para sustituir al sodio, está limitado únicamente por su solubilidad en el agua, la cual es de 0.25% a temperaturas ordinarias.
- Se usará aproximadamente 11.5 Kg de yeso/m<sup>3</sup> de suelo. (Práctica agrícola)
- Se mezcla el yeso adicionado con el suelo hasta conseguir una mezcla uniforme.
- Se incorpora agua limpia a una carga de 0.50 m de agua por 0.30 m de espesor de suelo mezclado. La presencia de iones de sodio y cloro en el agua aumenta la solubilidad del yeso en tanto que los iones calcio y sulfato la disminuyen.
- Este proceso con un conveniente drenaje lavará rápidamente las sales solubles y posteriormente el sodio existente hasta obtener una conductividad eléctrica menor de 4 y un porcentaje de sodio intercambiable menor o igual a 10.
- El suelo mejorado se coloca como capa impermeable

Dadas la necesidad de mantener un flujo constante de agua para el lavado, la entidad de Chiclayo que suministra el agua EMAPAL solo podía dar un caudal de 10lts/seg, se estimó que el tiempo de lavado de los 200,000 m<sup>3</sup> de material impermeable era de aproximadamente 2 a 3 meses operando todo el día.



Se presenta un ensayo de lavado del suelo con yeso realizado en los laboratorios de EMAPAL:

**TABLA N° 5.1**

Condición	CEmmhos/cm	PSI	pH
Sin lavar	27.12	31.80	7.8
Con lavado	2.69	12.00	8.0

**TABLA N° 5.2**

Clase de suelo	CE mmhos/cm	PSI	pH
Normal	<4	<15	<8.5
Salino	>4	<15	<8.5
Salino-Sodico	>4	>15	<8.5

Se aprecia la reducción de valores de PSI de 31.80 a 12.00 en un tiempo de 4 días (esto es función de las dimensiones de los lagares de lavado pueden ser de 50 m x 50 m con arrocetas de 5 m x 5 m y una altura de 0.5 m y de la permeabilidad del suelo sustentante en este caso arena). Por otro lado, el organismo Municipal de Administración del agua indicó, que no podía abastecer de agua continua para efectuar el lavado y por tener agua limitada, prolongaría el tiempo del lavado con la consecuente demora en la ejecución de la obra, con lo que se descartó su uso.

### 5.5.2 Estabilización con cemento

La Estabilización con cemento se emplea cuando el material es de baja resistencia. se usa en suelos areno limosos, limos arenosos, arenas arcillosas, arcillas arenosas, en suelos que tengan un porcentaje de arena mayor del 15%, la adición de cemento mejora las condiciones físico químicas (24) transmitiéndole una mayor resistencia, menor compresibilidad y disminuyendo su permeabilidad. Se hizo ensayos para conocer cual es el valor con el objeto de disminuir el costo del estabilizador, se hicieron ensayos adicionales para determinar el óptimo contenido de cemento en base a su resistencia cortante y al control de dispersión y expansión de las muestras de suelo para ello se tomaron muestras de suelo para la ejecución de los siguientes ensayos:

- - Ensayos estándar de clasificación de suelos
- - Ensayos de compresión no confinada

- - Ensayos de expansión libre
- - Ensayos de consolidación unidimensional
- - Ensayos físico químicos.

Se presenta un resumen de resultados obtenidos

**TABLA N° 5.3**

**Ensayos estándar de clasificación de suelos**

Muestra	S.U.C.S.	%gravas	%arenas	%finos	L.L.	I.P
M-1	SC	4.42	62.14	33.44	35.95	27.32
M-2	SC	3.29	56.14	40.57	30.10	18.16
M-3	SC	5.90	54.38	39.72	39.40	28.61
M-4	SC	14.51	51.53	33.96	43.21	28.76
M-5	SC	00.45	57.10	42.45	31.91	18.08
M-6	SC	11.61	53.50	34.89	35.02	18.36
M-7	SC	02.75	52.07	45.18	53.78	30.74
M-8	GC	58.32	28.20	13.48	43.04	25.07
M-9	GP-GM	70.47	19.15	10.38	73.28	32.79
M-10	SC	00.88	63.78	35.34	33.04	16.67

**TABLA N° 5.4**

Núcleo	S.U.C.S.	% gravas	% arenas	% finos	L.L. (%)	I.P (%)
M-1	GC	48.11	34.37	17.52	43.04	25.07

**TABLA N° 5.5**

Proctor Modificado cantera impermeable	O.C.H. (%)	M.D.S. (tn/m <sup>3</sup> )
M-10	SC	9.9
		2.04

**TABLA N° 5.6**

**Evaluación suelo cemento**

**Esfuerzo axial promedio (kg/cm<sup>2</sup>)**

Cemento (%)	0 días	7 días	14 días	28 días
0	5.65	---	---	---
3	---	12.80	16.40	11.20
5	---	15.05	18.20	18.60
7	---	15.55	18.20	18.40

**TABLA N° 5.7**

**Ensayo de Compresión no confinada (M-10) Pampa de perros**

Cemento (%)	0	3	5	7								5
Tiempo de curado	0	7	14	28	7	7	14	28	7	14	28	28
Esfuerzo axial (curado aire)	5.65	12.8	16.4	11.2		15.0	18.2	18.6	15.5	18.2	18.4	
Esfuerzo axial (curado sumergido)					4.86							9.9

**TABLA N° 5.8**

**Ensayo de Expansión libre Pampa de Perros**

Porcentaje de expansión después de 12755min (8 días) de observación				
Cemento (%)	0	3	5	7
Expansión (%)	15.44	1.36	1.2	1.17

**TABLA N° 5.9**

**Ensayo de Colapso**

<b>Gravedad específica</b>	<b>Altura (mm)</b>	<b>Incremento (mm)</b>
2.70	20	0.03

Al echarle el agua para que la muestra colapse está se expandió en una diferencia de 0.03mm

**TABLA N° 5.10**

**Ensayo de Consolidación con 5% de cemento**

<b>Gravedad específica</b>	<b>Altura (mm)</b>	<b>Decremento(mm)</b>
2.70	20	0.02

**TABLA N° 5.11**

**Ensayos físicos químicos**

<b>Ensayo de Campo</b>	<b>San José (núcleo )</b>	<b>Pampa de Perros (impermeable)</b>
C.E. x 103 a 25°C	52.00	21.00
pH	7.2	7.6
Calcio	145.00	48.00
Magnesio	28.00	26.00
Sodio	430.00	152.00
Potasio	8.00	4.30
Cloruros	540.00	187.20

Sulfatos	69.80	44.00
Carbonatos	0.00	0.00
Bicarbonatos	0.70	1.30
Nitratos	0.00	0.00
RAS	46.22	24.99
PSI	17.80	11.60

**TABLA N° 5.12**

PIN HOLE TEST (ASTM D-4647)	
Cantera impermeable	
Prof. (m)	2.00-2.30
Densidad seca (tn/m <sup>3</sup> )	1.85
Humedad inicial (%)	9.8
resultado	ND1

Los ensayos nuevamente muestran la naturaleza salino sódica del suelo ya sea para el material impermeable como la del núcleo, el ensayo dispersivo indica que la muestra tiene de muy ligera a ninguna erosión coloidal (muy lenta.).

También se ejecutaron ensayos de colapso de las muestras con saturación, este ensayo consiste en inundar las muestras compactadas al ensayo de consolidación unidimensional en seco cuando soporta una carga de 2 kg/cm<sup>2</sup>, con ello se determina un asentamiento debido a la saturación. Los resultados de colapso fueron pequeños, sin embargo se observó expansión de la muestra en la cantera impermeable esto es el aumento de volumen con la inundación. Debido a esta observación se programaron ensayos de expansión libre con las muestras impermeables compactadas, con diferentes porcentajes de cemento. Con 3% o mas de cemento, la cual verificó una disminución del 10% de expansión. Estos ensayos se ejecutaron en el laboratorio geotécnico del CISMID de la UNI y se presentan en el Anexo IV.

Los ensayos de pin hole para la cantera impermeable tenía una muy ligera a ninguna erosión coloidal, debe indicarse que el ensayo pin hole fue establecido para determinar la dispersidad de arcillas en presas de tierra y evaluar la tubificación o "piping", en nuestro caso las mezclas arena arcillosas los resultados son menores.

Clasificación de la Dispersión de Pin hole. Criterios para la evaluación de los resultados

**CUADRO N° 5.5**

Clasificación		Carga de terminación del ensayo (mm)	Tiempo de la carga del ensayo (min.)	Visibilidad del color del flujo al final del ensayo	Flujo final a través del Espécimen (ml/s)	Relación del diámetro del agujero final / inicial luego del ensayo cercano a 0.5
D1	Altamente dispersivo	50	10	Muy distinto	>1.5	>=2
D2	Dispersivo	50	10	Distinto a leve	>0.9	2.0
PD1	Potencialmente dispersivo	50	10	Leve pero fácilmente visible	<0.9	1.5
PD2	Potencialmente dispersivo	175 a 350	5	Leve	>2.5	2.0
ND2	No dispersivo	1000	5	Claro o descubierto visible	>3.5	2.0
ND1	Completamente resistente a la erosión	1000	5	Muy distinto, distinto a leve, leve pero fácil.	<5.0	1.0

### 5.5.2.1 Procedimiento para la Estabilización

La Estabilización del suelo con cemento es una alternativa viable y de fácil operatividad, para ello se ejecutó un programa de investigación utilizando el cemento como agente estabilizador en proporciones variables, en primer lugar se fabricaron especímenes compactados con el equipo de Harvard Miniatura, a densidades equivalentes a la máxima densidad seca del ensayo Proctor Modificado realizado originalmente para ejecutar más ensayos con menos número de muestras.

Es de mencionar que la compactación mediante el equipo de Harvard Miniatura es mediante un efecto de amasado (25) esto es, ocasiona en la muestra rápidamente grandes deformaciones angulares y es un método que mayor se aproxima a las condiciones de compactación de campo. Los métodos mas comunes de compactación en laboratorio son: por impactos, por amasado y por carga estática. Independientemente del método, el suelo se coloca en cierto número de capas dentro de un molde metálico rígido. En el caso de compactación por impactos los métodos más usuales son

Proctor estándar o modificado y de la U.S. Bureau of Reclamation mencionamos sus características.

Características de las Pruebas de compactación por impactos de uso común

**CUADRO N° 5.6**

Prueba	Molde			Martillo		Altura de caída (pulg)	N° capas	Golpes por capa	Energía (pie-lb/pie <sup>3</sup> )
	D	H	V	D	W				
	(pulg)	(pulg)	(pie <sup>3</sup> )	(pulg)	(lb)				
Proctor estándar	4	4.584	1/30	2	5.5	12	3	25	12,375
U.S.B.R.	4.281	6	1/20	2	5.5	18	3	25	12,375
Proctor modificado	4	4.584	1/30	2	10	18	5	25	56,250

En la compactación por **amasado** cada capa se compacta mediante cierto número de aplicaciones de carga con un pisón que produce presiones que varían gradualmente de cero a cierto valor máximo y luego en sentido contrario. En este caso la energía de compactación no puede cuantificarse en la forma simple de compactación por impactos, pero puede hacerse variar a voluntad introduciendo cambios en uno o más de los siguientes factores: fuerza máxima de apisonado, número de capas, número de pisadas por capa, área del pisón y tamaño del molde. Las bondades del ensayo consisten: si se selecciona apropiadamente las variables puede reproducirse más fielmente que con la prueba de impactos, las curvas de compactación y las propiedades mecánicas de los suelos compactados en el campo, particularmente las relacionadas con el rodillo pata de cabra, el equipo de mayor uso es el Harvard Miniatura.

En la compactación por **presión estática** a cada capa se la aplica durante cierto tiempo una presión específica mediante un pisón que cubre todo el área del cilindro de compactación, la energía de compactación se puede modificar haciendo variar el tamaño del molde, el número de capas, la presión aplicada a cada capa y el tiempo de aplicación. Este tipo de compactación no reproduce las condiciones de compactación de campo usuales en presas.

Una vez compactadas las muestras fueron sumergidas en agua apreciándose su desintegración inmediata denotando la sodicidad del suelo. Se prepararon muestras con porcentaje en peso de cemento de 3,5 y 7% verificándose la estabilización del suelo conforme aumenta el contenido de cemento. Las muestras fueron sometidas a curado a humedad controlada y a sumergencia para determinar el efecto de agua de contacto.

Se programó la ejecución de ensayos de compresión a 0, 7, 14 y 28 días de curado con diferentes porcentajes de cemento en 0, 3, 5 y 7%. El curado por inundación disminuye la resistencia en comparación al curado con aire. Una vez alcanzado la estabilización de los suelos se ejecutan los ensayos por resistencia.

### 5.5.2.2 Evaluación de la Estabilización

Se ha evidenciado para la cantera de Pampa de Perros aumentos de 3 veces su resistencia a la compresión, también se ha notado que a partir del 5% el aumento en la resistencia no es significativo para incrementos de porcentaje de cementos referidos aun curado al aire, es comprensible que el curado por inundación aumenta la resistencia, aunque en menor proporción, para un 5% de cemento en peso se ha logrado un aumento de 1.7 veces la resistencia a la compresión en 28 días.

El ensayo de colapso y consolidación indican características expansivas para las muestras compactadas de la cantera impermeable de Pampa de los Perros. Para la muestra sin cemento, el porcentaje de expansión libre es de 15%, por porcentajes de cemento en peso de 3,5 y 7% este porcentaje disminuye a 1.4, 1.2 y 1.15% respectivamente. Esto significa una reducción de 10 veces la expansión de las muestras.

**CUADRO N° 5.7**  
**Tablas de suelos expansivos (26)**

Porcentaje que pasa la malla N°200	Limite Liquido (%)	S.P.T. (golpes/pie)	Probable Expansión (%Total Volumen de Cambio)	Grado de Expansión
<30	<30	<10	<1	Baja
30-60	30-40	10-20	1-5	Media
60-95	40-60	20-30	3-10	Alta
>95	>60	>30	>10	Muy alta

Alter Chen (1965) (4)

Dado lo satisfactorio de los valores y la facilidad de la mano de obra se optó por este método. Esto es construir bloquetas con la arena estabilizada para ser colocadas como protección de los taludes del cuerpo del dique.

## 5.6 Características del Diseño

El diseño definitivo tiene las siguientes características:

Para el Cuerpo del Dique:

- El cuerpo del dique será de material gravoso, compactado al 95% del grado de compactación, y protegido por una losa hecha de bloquetas.
- Las bloquetas son (como ladrillos) hechos de arena, cemento, son de forma tubular tiene perforaciones paralelas a la cara del asiento y sin limitaciones de área.
- La arena para construir estas bloquetas serán de las arenas sobrantes de la construcción de la laguna Pampa de los Perros y de las excavaciones de la laguna de San José, mezcladas con más del 5% de cemento en peso. Presentamos la recomendación de ITINTEC para la construcción de bloquetas

CUADRO N° 5.8

Tipo	USO	Espesor (mm)	Tolerancia max. (mm)	Alabeo* max (mm)	Resistencia mínima $f'_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Absorción max (%)	Densidad min (gr/cc)
I	Cargas	15	-+3	4	60	12	1.7
II	Tabiques	13	-+3	8	20	12	1.6

\* Opcional

- La Resistencia de cada bloqueta  $f'_b$  (kg/cm<sup>2</sup>) puede alcanzar como mínimo para cada bloqueta del Tipo I y el Tipo II como 50 kg/cm<sup>2</sup> y 10 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente.
- La bloqueta debe curarse por lo menos 7 días
- La bloqueta no debe usarse antes de los 28 días de la fabricación.
- La absorción máxima es una medida normalizada de la cantidad de agua absorbida por un ladrillo sumergido en agua mantenida en ebullición durante 5 horas. Esta propiedad es un índice de la impermeabilidad de la bloqueta, a mayor absorción máxima menos impermeabilidad, las unidades de ladrillo de arcilla (tipo IV y V) tienen como absorción máxima 22%. Las verificaciones en obra han registrado mas de este valor (>25%).



- Usar solamente cemento tipo II o 1P y cal hidratada.
- La arena deberá ser limpia y libre de materia orgánica, sin sales solubles y con la siguiente granulometría:

**CUADRO N° 5.9**

Malla ASTM N°	% que pasa
4	100
8	95-100
100	Max 25
200	Max 10

- El agua será fresca limpia y bebible, no se usará agua de acequia que contenga materia orgánica.
- El tipo de mortero será P1-C o P2-C conforme:

**CUADRO N° 5.10**

Tipo	Cemento	Cal	Arena
P1-C	1	1	4
P2-C	1	1	5

La resistencia  $f'm$  (kg/cm<sup>2</sup>) mide el esfuerzo a compresión de un prisma de ladrillos. El Reglamento Nacional de Edificaciones presenta los siguientes Valores de  $f'm$  (kg/cm<sup>2</sup>) para bloquetas con respecto a los morteros usados:

**CUADRO N° 5.11**  
**Valores de  $f'm$  (kg/cm<sup>2</sup>)**

Tipo	Mortero	
	P1-C	P2-C
Bloque I	45	40
Bloque II	25	25

- La resistencia ( $f'm$ ) a la compresión define no solo el nivel de su calidad estructural, sino también el nivel de su resistencia a la intemperie (durabilidad) o cualquier otro deterioro.
- Las bloquetas deben asentarse secas, si se mojan no succionarán al mortero impidiendo la adhesión.
- Los niveles de cimentación se encuentran en el Anexo VI. Secciones Diques.

Para el fondo de laguna:

- El espesor del fondo de laguna será de 0.20 m.
- El material del fondo de laguna será de la arena arcillosa o limosa de los cortes y rellenos compactada al 95% del proctor modificado y estabilizada con 5% de cemento tipo I, en un espesor de 0.05m. . capa en contacto con el agua residual.
- Se colocara el subdrenaje conforme al plano G-05
- Los niveles de cimentación se encuentran en el Anexo VI. Secciones Diques.

## CONCLUSIONES

### Geotecnia

- La zona de Estudio, tiene una conformación geotécnica muy variable. Con zonas de suelo muy blandas, arcillosas, turbosas y/o turbas recientes (ZONA 2) con costras salinas en su superficie y presencia de nivel de agua superficial en las zonas bajas. Esta zona esta circundada por colinas conformadas (ZONA 1) por gravas de forma subredondeada en matriz areno limo arcillosa intercaladas con capas de arena densa y /o arenita.
- En la ZONA 1. Se efectuaron sondajes en su mayoría de calicatas tales como C-2A, C-3, C-16, C-5 y C-1A encontrándose en sus primeros metros la grava arcillosa seguida de la arena cementada o arenita mostrando con ello la continuidad del perfil típico. Es de mencionar que la calicata C-5 fue realizada con un cargador frontal evidenciando una cementación en el estrato. En esta zona se encuentran las lagunas F2, F4, F6, F5 y los lados perimetrales de toda la laguna.
- En la ZONA 2. Los sondajes efectuados, tales como S-1 y S-2 se efectuaron con penetrometros de 4", haciéndose la corrección para penetrometros de 2". Los sondajes indican, suelo blando y suelo suelto verificada por los sondajes CP-9 (3.0 m), P-3 (1.20 m) y C-2 (3.0 m), S-4 (2.30 m) y S-3(2.30 m) seguido de una capa de gravas arcillosas y luego una roca intemperizada tipo arenita. (suelo en proceso de diagenización) subyace la roca madre (arenisca). En toda esta zona se efectuaron diez (10) sondajes tipo Cono de Peck en los ejes y centros de los diques.
- El alto valor de la cohesión, en el Ensayo Triaxial ( $c=1.37 \text{ kg/cm}^2$ ), se debe a que fue realizado con la humedad natural y no en condiciones saturadas.
- Las correcciones al penetrometro de 4" por efectos de operación no son significativos.
- El perfil estratigráfico que gobierna la ZONA 2, de acuerdo a lo encontrado en los sondajes es posible dividirlo en dos zonas de fundación, para fines de exposición la llamaremos "hacia el norte" y "hacia el Sur". Hacia el sur (lagunas A1, A2, A3, A4, y F1) fundadas en arenas densas y arenas cementadas. Hacia el norte (lagunas F3, A6 y F6) se encuentran a niveles de fundación arcillas blandas (3.0 m) con turbas recientes y arenas sueltas (2.30 m) seguido con intercalaciones de capas con gravas arcillosa luego subyace las arenas

cementadas y/o arenita y posteriormente la roca madre, La laguna A1, en la esquina sur oeste se encuentra una capa de arcilla compacta de 0.60 a 1.80 m.

- Los ensayos de permeabilidad fueron de escaso tiempo debido a que el suelo ya se encontraba saturado. Los valores promedios se tiene: para las arenas cementadas y arcillas una permeabilidad baja del orden de  $10^{-5}$  cm/seg. y para la Arenita del orden de  $10^{-6}$  cm/seg.
- Al observar la laguna construida de "Pampa de los Perros" ubicada a un (01) km de la laguna "San José". se apreció un reblandecimiento de los taludes evidenciado por el hundimiento de un empedrado de protección asimismo las zonas desprotegidas fueron horadadas fácilmente por las olas originadas por el viento, la capilaridad puso de manifiesto el arrastre de sales mostrándose como eflorescencia entre los límites del contacto del nivel de agua y talud mostrando cristalizaciones y costras salinas, este comportamiento inusual para una estructura de retención, de pequeña altura nos llevó a estudiar el suelo del lugar, químicamente. Los ensayos químicos indicaron una presencia alta de sales solubles y de una mediana a alta presencia de sodicidad tipificando al suelo que conforma la estructura de retención como suelo salino sódico.
- Los ensayos de pin hole para la cantera impermeable muestra una muy ligera a ninguna erosión coloidal, se concluye que el material para impermeabilización para la laguna de San José en Chiclayo no es tubificable, dado que fueron realizados en suelos areno arcilloso y el ensayo de pin hoile es para medir la dispersión de las arcillas para cuerpos de presas, el ensayo es referencial
- En la zona de trabajo la presencia de sales se evidencia en la cristalización superficial y la presencia de sodio se muestra en las costras a manera de lajas de espesor 1 mm que al ser pisadas suenan como "galletas" que se rompen.
- El sodio presente en proporciones del 5% al 15% desflocculan el suelo generando dispersión, esto ocasiona reblandecimiento y impermeabilización del suelo.

### Diseño

- Se concluye que el suelo a servir de cantera para la capa impermeable y el cuerpo del dique es de naturaleza Salino Sódico.
- Se diseño la capa impermeabilizante del fondo de laguna siguiendo el método del flujo unidimensional con las condiciones de Darcy. El espesor del fondo de laguna es de 0.20 m. y compactada al 90% del proctor modificado.

- El cuerpo del dique es material de gravas con finos y su granulometría la hace trabajar como filtro, compactada al 90% del proctor modificado y protegidas en todo su talud por bloquetas.
- El método usado para el cálculo de estabilidad de los taludes es el método modificado de Bishop en condiciones de equilibrio límite.
- En las zonas blandas y sueltas en condiciones saturadas se hace necesario un enrocamiento, mostrado en el Plano de Zonificación Geotécnica G-03
- Las lagunas de arranque (anaerobias) están conformadas por losas de concreto separadas por juntas verticales de expansión cada 6m
- Los suelos licuables son de menor presencia y en espesores del corte de la fundación por lo cual no son dañinos a la cimentación
- Dado la forma de operación de las lagunas de tratamiento de aguas servidas no es necesario la colocación de filtros, salvo en las lagunas que realizan la última etapa del proceso.

### Tratamiento

- Debido a las condiciones locales del suelo se decidió mejorar el suelo salino sódico con la adición en porcentajes en peso del cemento Pórtland Tipo I.
- Se realizó la estabilización con 3%, 5% y 7 % de cemento en peso, verificándose la mejora de la resistencia uniaxial no confinada al aumentar el porcentaje de cemento
- Se concluye para el diseño suelo cemento, añadir 5% en peso de cemento Pórtland Tipo I al suelo salino sódico y el porcentaje de agua de diseño (OCH=8.88%) obtenido del ensayo del proctor modificado.

## RECOMENDACIONES

### Geotecnia

- Se recomienda ejecutar estudios geotécnicos para la fundación de la laguna, debido a la percolación que puede afectar a lugares vecinos y diseños específicos para cada construcción debido a la naturaleza del suelo y a su estabilidad en la ejecución de los taludes.
- Se recomienda impermeabilizar las paredes y fondos de las lagunas de Estabilización

## Diseño

- Se recomienda impermeabilizar el fondo de las lagunas de Estabilización mediante una capa impermeable de 0.20 m y los taludes con la colocación de bloquetas unidas con mortero
- La ejecución de las bloquetas se realiza del material excedente de las excavaciones de la laguna de Pampa de los Perros como de San José con la adición del 5% en peso de cemento Pórtland Tipo I y la cantidad de agua, el del óptimo del proctor modificado.
- Dada la existencia natural de una laguna y la presencia de nivel de agua próximo a la superficie, se recomienda el subdrenaje.

## Ecología

- La necesidad imperativa de la construcción de lagunas de estabilización para preservar condiciones ecológicas en nuestro país y a la reutilización de las aguas residuales (ricas en nutrientes) teniendo en cuenta las condiciones locales de la zona.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **REPINDEX.** “Lagunas de Estabilización”. 1993 2ª Edición. Organización Mundial de la Salud. Organización Panamericana de la Salud. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. N° 47
2. **Servicios de Consultaría para el Proyecto de Alcantarillado de Chiclayo** (1996). “Diseño detallado de la planta de tratamiento de aguas servidas, Lagunas de Estabilización. San José”. Tomo 1. Diseños Definitivos.
3. **REPUBLICA DEL PERÚ.** Empresa Municipal de agua Potable y Alcantarillado de Lambayeque. Emopal. GKW CONSULT. Saniplan.
4. **Fabián Yanez Cossio** (1993) “Lagunas de Estabilización, Teoría, Evaluación y Mantenimiento”. Empresa Pública Municipal de Teléfonos, Agua Potable y Alcantarillado de Cuenca. Ecuador.
5. **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento** (Jueves 8 de junio 2006) “Norma Técnica de Edificaciones”. El Peruano. Lima. Perú.
6. **Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET** (1984) “Boletín N°38”. Editado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. Lima Perú.
7. **Arpad Kezdi** (1975) “Manual de la Mecánica de Suelos” .Tomo I. Física del Suelo, Techn. Universidad Central de Venezuela, Ediciones de la Biblioteca. Caracas.
8. **Peter L. Berrig-David Reid** (1993) “Mecánica de Suelos”. McGraw-Hill Interamericana S.A.
9. **Roy Whitlow** (1994) “Fundamentos de la Mecánica de Suelos” 2da Edición
10. **Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. CISMID.** (1992) “Seminario Taller de Mecánica de Suelos y

Exploración Geotécnica”. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Lima. Perú.

11. **T. William Lambe & Robert V. Whitman (1972)** “Mecánica de Suelos” Editorial Limusa-Wiley, S.A. Primera Edición. Versión en Español. México.
12. **Laboratorio de Salinidad de los E.U.A. (1962)** “Diagnostico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos”. Editorial Limusa. México.
13. **Bohn Hinrich L. (1993)** “Química del Suelo”. Editorial Limusa. Mexico.
14. **Hilda Garay Porteros (2000)** “Identificación y Ensayos en Suelos Dispersivos” Tesis Universidad Nacional de Ingeniería. Lima Perú.
15. **American Concrete Institute. ACI (1993)** “Cimentaciones de Concreto Armado en Edificaciones”. Capítulo de Estudiantes de la Universidad Nacional de Ingeniería. Segunda Edición. Lima. Perú.
16. **Gabriel Auvinet. Raúl Esquivel (1985)** “Impermeabilización de Lagunas Artificiales”. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos A.C.
17. **Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. CISMID. (1990)** “Memoria del Seminario Diseño de Presas de Tierra”. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima. Perú.
18. **Eugenio Vallarino (1998)**. “Tratado Básico de Presas” Tomo I. Colegio de Ingenieros de Caminos y Puertos. Nº 11. Servicio de Publicaciones de la Escuela de Ingenieros de Caminos. Madrid.
19. **H.D. Sharma. (1991)** “Embankment Dams”. Oxford & IBH Publishing CO. PVT.LTD. New Delhi.
20. **Colegio de Ingenieros del Perú (1997)** “Programa de Actualización Profesional. Estabilización de Taludes”. Consejo Departamental de Lima. Capítulo de Ingeniería Civil. Lima. Perú.



21. **Comité Peruano de Mecánica de Suelos, fundaciones y Mecánica de Rocas** (1993) "Seminario Proyectos de Carretera". Ponencias. Lima. Perú.
22. **Braja M. Das** (1985) "Advanced Soil Mechanics". McGraw-Hill Book Co.
23. **Ernesto Parra.** (1998) "Geosintéticos: Clasificación. Características, Aplicaciones y Control de Calidad". Colegio de Ingenieros del Perú CIP. Seminario Forum Internacional. Lima. Perú.
24. **Ángel Leiro López, Manuel Blanco Fernández.** (1990) "Los Geotextiles como nuevos Materiales Orgánicos en la Obra Pública". CEDEX. Madrid.
25. **Jorge L. Yamunaque Miranda** (1999). "El Asfalto y su Aplicación en la Ingeniería Vial", Miano Asesores y Consultores en Recursos Humanos E.I.R.L.
26. **Norman W. Mcledo** (1964). "Asfaltos", Petróleos del Perú. Departamento Comercial. Diseño de Mezclas de Concreto Asfáltico densamente graduadas. Recopilado por el Ing. Ramón del Pozo Rincón. Córdoba. Argentina.
27. **Arnaldo Carrillo G. y Néstor Huaman G.** (1999). "Pavimentos Flexibles". Colegio de Ingenieros del Perú Consejo Departamental de Lima. Capitulo de Ingeniería Civil.
28. **Alva Hurtado Jorge Elías D.** (1997). "Informe Geotécnico". Estabilización de los suelos a utilizarse en las lagunas de oxidación. GKW CONSULT\_SANIPLAN.
29. **R. J. Marsal. D. Reséndiz.** (1968) "Compactación de Suelos Arcillosos". Propiedades Mecánicas de Suelos Arcillosos Compactados. Capítulo 8 del libro "Fundamentos del Diseño y Construcción de Presas de Tierra y Enrocamiento" N° 187.
30. **John D. Nelson. Debora J. Miller.** (1992) "Expansive Soils. Problems and Practice in Foundation and Pavement Engineering". Department of Civil Engineering. Colorado State University.

- 31. José Barros. (1994) "Muros de Contención". Item 11.8 Mampostería. Ediciones CEAC. Barcelona. España.**



**ANEXO I**  
**REGISTRO DE SONDAJES**

**CALICATAS**

## CONSULT SANIPLAN

## REGISTRO

## CALICATA

CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie						
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50		
SP				Relleno. Arenas finas de origen eolico.	S/M									
GP-GM		Grava limosa con arenas. De color blanquesino verdoso con motas amarillentas. De regular humeda. Muy densa. Gravas de forma subredondeadas. Gravas aisladas mayor de 4". Con 53% gravas, 28.5% arenas medias y 18.2% de finos.	M-1	6.13	49.6		11.8							
		Roca caliza intemperizada de estratificaciones delgadas deformadas y fracturadas con meteorización diferenciada de limos plásticos. De color marrón verdoso. Muy densa. Con 24.6% gravas. 10.8% arenas y 64.6% finos. La muestra clasificada MH. Es el limo incrustado en la caliza.	M-2	16.44	68.2		33.6							

CTO

Alcantarillado de Chiclayo

CALICATA

C-1

ION

Departamento Lambayeque

ELEVACION

9.67 msnm

CTURA

Laguna San Jose

NIVEL FREATICO

N.A.

O

Samuel Rufasto

FECHA

Nov-Dic . 95

CLASIFICACION

SIMBOLO (SUCS)

SIMBOLO GRAFICO

DESCRIPCION DEL MATERIAL

MUESTRA

HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA

S.P.T. golpes/pie

SP

Relleno. Arenas finas de origen eolico.

S/M

GP-GM

Grava limosa con arenas. De color blanquesino verdoso con motas amarillentas. De regular humeda. Muy densa. Gravas de forma subredondeadas. Gravas aisladas mayor de 4". Con 53% gravas, 28.5% arenas medias y 18.2% de finos.

M-1

6.13

49.6

11.8

Roca caliza intemperizada de estratificaciones delgadas deformadas y fracturadas con meteorización diferenciada de limos plásticos. De color marrón verdoso. Muy densa. Con 24.6% gravas. 10.8% arenas y 64.6% finos. La muestra clasificada MH. Es el limo incrustado en la caliza.

M-2

16.44

68.2

33.6

**CONSULT SANIPLAN**

**REGISTRO**

**CALICATA**

CTO	Alcantarillado de Chiclayo	CALICATA	C-2
ION	Departamento Lambayeque	ELEVACION	6.96msnm
TURA	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	2.00m
PO	Samuel Rufasto	FECHA	Nov-Dic . 95

CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie				
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SM		Relleno. Arena limosa. De color gris oscuro. Humedad suelta. Con abundancia de sales.	S/M	25.71								
CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad. Color oscuro Humedad. De consistencia compacta. Con 7.8% arenas y 95.2% finos.	M-1	28.92	61.70		32.3					
CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad con intercalaciones de limos plásticos. Color marrón oscuro con motas verdosas. Sumergida. Con 17.6% arenas y 82.4% de finos.	M-2	29.56	52.9		28.5					

**CONSULT SANIPLAN**

**REGISTRO**

**CALICATA**

D Alcantarillado de Chiclayo  
 N Departamento Lambayeque  
 URA Laguna San Jose  
 Samuel Rufasto

CALICATA C-3  
 ELEVACION 12.57msnm  
 NIVEL FREATICO 3.00m  
 FECHA Nov-Dic . 95

**CLASIFICACION**

SIMBOLO: SIMBOLO  
 UCS) GRAFICO

**DESCRIPCION DEL MATERIAL**

**MUESTRA**

**HUMEDAD NATURAL Y  
LIMITES DE CONSISTENCIA**

**S.P.T.  
golpes/pie**

W L.L. L.C. I.P.  
 (%) (%) (%) (%)

10 20 30 40 50

C Grava arcillosa. De color marrón  
 anaranjado. Seco. Medianamente Densa.

S/M

GM Grava limosa con arenas. De color gris  
 blanquesino con motas amarillentas. Muy  
 densa. Arenas medias a finas en un %.  
 Grava subredondeadas. Gravas aisladas  
 mayor de 5" en un 1%. igual C1:0.20-3.10.

S/M

ML Limos con arenas finas cementadas. De  
 color gris blanquesino Humeda a saturada.  
 De consistencia compacta. Con 4.6%  
 gravillas, 24.5% arenas y 70.9% finos.

M-1

13.74 49.1 21.46 18.7

## CONSULT SANIPLAN

## REGISTRO

## CALICATA

TO		Alcantarillado de Chiclayo		CALICATA				C-4						
DN		Departamento Lambayeque		ELEVACION				6.92msnm						
LURA		Laguna San Jose		NIVEL FREATICO				3.80m						
		Samuel Rufasto		FECHA				Nov-Dic . 95						
CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie						
MBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50		
SP		Arena fina mal gradada. color gris claro. Ligeramente humeda. Suelta. Presencia de sales. Con 95.3% arenas y 4.7% finos.	M-1	6.5			NP							
CH		Arcilla inorgánica. De color gris oscuro. Humedad. Compacta. Presencia de sales. Con 9.8% arenas y 90.2% finos.	M-2	24.1	57.1	18.35	29.2							
SM		Arena limosa. De color gris oscuro. Humedad. Suelta. Presencia de sales. Con 81.4% arenas y 18.6% finos.	M-3	26.42	18.1		2.6							
CH		Arcilla inorgánicas de alta plasticidad. Color marrón claro con motas pardas verdosas. Humedad. Compacta. Con 9.6% arenas y 90.4% finos.	M-4	33.07	64.4		35.4							



**CONSULT SANIPLAN**

**REGISTRO**

**CALICATA**

TO Alcantarillado de Chiclayo  
 JN Departamento Lambayeque  
 TURA Laguna San Jose  
 Samuel Rufasto

CALICATA C-5  
 ELEVACION 11.32msnm  
 NIVEL FREATICO N.A.  
 FECHA Nov-Dic . 95

CLASIFICACION

SIMBOLO SIMBOLO  
 (SUCS) GRAFICO

DESCRIPCION DEL MATERIAL

MUESTRA

HUMEDAD NATURAL Y  
 LIMITES DE CONSISTENCIA

S.P.T.  
 golpes/pie

W L.L. L.C. I.P.  
 (%) (%) (%) (%)

10 20 30 40 50

SC Arena arcillosa. De color rojizo. Ligeramente humeda. Densa. Con 57.1% arenas y 42.9% finos. M-1 7.44 31.1 13.3

P-GM Grava limosa. De color marrón blanquesino. Humedad. Muy densa. Grava subredondeada. Presencia de sales. Con 37.5% gravas, 33.1% arenas y 29.4% finos. M-2 12.99 64.6 19.8

SM Arenas limosas cementada. De color blanquesino. Muy humeda. Muy densa. Con 5.2% gravas, 57.4% arenas y 37.4% finos. (Arenita). M-3 19.81 59.3 19.5

## CONSULT SANIPLAN

## REGISTRO

## CALICATA

CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie						
IMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50		
SM				Arena fina limosa. Color gris claro. Humedad. Medianamente densa. Con 86.8% arenas y 13% finos.	M-1	18.73	17.9		2.8					
SC		Arena fina arcillosa mal gradada. Color oscuro. Saturada y suelta. Con 0.9% gravillas, 55.9% arenas y 43.2% finos.	M-2	24.17	37.0		13.7							
SC		Arena arcillosa. De color marrón claro verdoso. Arena de grano fino. Sumergida. Densa. Con 0.7% gravillas, 56.1% arenas y 43.2% finos.	M-3	26.32	36.1	17.74	12.3							
SM		Arena limosa. De color gris claro. Sumergida. Suelta.	S/M											
SC		Arena fina arcillosa. De color marrón claro verdoso. Sumergida. Densa.	S/M											

PUNTO Alcantarillado de Chiclayo

CALICATA

C-6

REGION Departamento Lambayeque

ELEVACION

7.16msnm

LOCALIDAD Laguna San Jose

NIVEL FREATICO

1.0m

OPERADOR Samuel Rufasto

FECHA

Nov-Dic . 95



## CONSULT SANIPLAN

## REGISTRO

## CALICATA

UBICACION	Alcantarillado de Chiclayo		CALICATA				C-8					
PROVINCIA	Departamento Lambayeque		ELEVACION				4.02msnm					
LOCALIDAD	Laguna San Jose		NIVEL FREATICO				2.70m					
PROYECTO	Samuel Rufasto		FECHA				Nov-Dic . 95					
CLASIFICACION			HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie					
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SP		Arena mal gradada. Color gris claro. Humedad. Suelta presencia de sales. Con 98.4% arenas y 1.6% finos.	M-1	8.75			NP					
CH		Arcilla inorganica de alta plasticidad. De color marrón claro con motas gris verdosas. Humedad. Blanda. Con presencia de sales. Con 18.5% arenas y 81.5% finos.	M-2	25.14	58.3		31.8					
SM	▽	Arena fina limosa mal gradada. De color gris amarillento. Sumergida. Suelta. Con 62.2% arenas y 37.8% finos.	M-3	26.29	28.1		3.6					



**CONSULT SANIPLAN**

**REGISTRO**

**CALICATA**

TO	Alcantarillado de Chiclayo			CALICATA	C-10							
ON	Departamento Lambayeque			ELEVACION	10.62msnm							
TURA	Laguna San Jose			NIVEL FREATICO	1.70m							
	Samuel Rufasto			FECHA	Nov-Dic . 95							
CLASIFICACION				HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA	S.P.T. golpes/pie							
MBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	W (%)	LL. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SP		Arena fina a media. De color amarillento rojizo. Regular humeda. Densa.	S/M	7.11								
SC		Arena arcillosa. Color marrón anaranjado. Regular humeda. Densa. Arena media a fina. Con 1.7% gravas, 74.3% arenas. y 24% finos.	M-1	8.52	39.5		15.8					
SM		Arena limosa. Color marrón claro. Humedad. Medianamente densa.	S/M	10.56								
SP		Arena media a fina. De color marrón anaranjado. De saturada a sumergida. Densa. Con gravas en un 10%.	S/M	S/M								
		Arenitas calcareas con estratos de arenas cementadas. De color gris claro. Sumergida. Muy densa. (igual a L5:3.80-5.00 m.)	S/M	20.6								







## CONSULT SANIPLAN

## REGISTRO

## CALICATA

CTO	Alcantarillado de Chiclayo			CALICATA				C-13				
ION	Departamento Lambayeque			ELEVACION				10.027msnm				
ATURA	Laguna San Jose			NIVEL FREATICO				N.A.				
ON	Samuel Rufasto			FECHA				Diciembre 95				
CLASIFICACION				HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie				
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SC		Arena arcillosa. Color amarillento. Humedad Densa. Gravas aisladas.	S/M									

Arenitas calcareas con intercalaciones de arenas cementadas con impurezas de limos y arenas finas de color gris blanquesino. Muy densa. (igual a C5: 0.20 a 3.10 m.).

S/M







**CONSULT SANIPLAN**

**REGISTRO**

**CALICATA**

CTO	Alcantarillado de Chiclayo			CALICATA	C-17								
ION	Departamento Lambayeque			ELEVACION	7.99msnm								
CTURA	Laguna San Jose			NIVEL FREATICO	N.A.								
PO	Samuel Rufasto			FECHA	Diciembre 95								
CLASIFICACION				HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie					
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL		MUESTRA	W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50

SP

Arena fina mal gradada. De color gris claro. Seca en los primeros metros mayor profundidad humedad. De suelta a ligeramente densa. Presencia de sales.

S/M

**CALICATAS  
COMPLEMENTARIAS**






OBJETO	Alcantarillado de Chiclayo		CALICATA			C-1A					
UBICACION	Departamento Lambayeque		ELEVACION			11.88msnm					
ACTIVIDAD	Laguna San Jose		NIVEL FREATICO			N.A.					
OPERARIO	Samuel Rufasto		FECHA			Diciembre 95					
CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T golpes/pie				
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SP		Arenas finas de origen eolico.	S/M								
SM		Arenas limosas. Color marrón blanquesino. Seca. Muy densa con arenas medias y finas. Gravas en un 35%. Con presencia de sales. (igual al C5: 1.20-3.80 m.)	S/M								
		Arenitas calcareas con incrustaciones de limos. Color blanquesino. Muy densa. Humedad.	S/M								






OBJETO	Alcantarillado de Chiclayo
REGION	Departamento Lambayeque
UBICACION	Laguna San Jose
PROYECTISTA	Samuel Rufasto

CALICATA	C-3A
ELEVACION	9.43msnm
NIVEL FREATICO	N.A.
FECHA	Diciembre 95

CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL		HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T. golpes/pie				
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SC				Arenas arcillosa. De color rojizo. Ligeramente humeda. Densa. Con presencia de sales y carbonatos.	S/M						
		Grava limosa con arenas. Color amarillento. Densa. Ligera humeda. (igual a C1 .20 a 3.10 m.).	S/M								
MH		Limo de alta plasticidad con arenas finas. Color marrón claro. Humedad. Compacta.	M-1	45.4	78.4	33.0					
SP		Arenas cementadas con arenas muy finas y lentes de arcillas de plasticidad media. Presencia de yeso en forma de talco.	S/M								
		Arenita calcarea. Color gris blanquesino. Humedad. Muy densa. Empacadas con arcillas de mediana plasticidad.	S/M								

LECTO	Alcantarilalo de Chiclayo			CALICATA	C-4A							
ACION	Departamento Lambayeque			ELEVACION	6.85msnm							
UCTURA	Laguna San Jose			NIVEL FREATICO	0.30m							
CO	Samuel Rufasto			FECHA	Diciembre 95							
CLASIFICACION				HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T. golpes/pie					
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SM		Arena limosa con lentes organicos. Raices y sales.										
SP		Arena fina. De color gris oscuro. Sumergida y Suelta.										



OBJETO	Alcantarillado de Chiclayo		CALICATA	C-5A						
REGION	Departamento Lambayeque		ELEVACION	8.89msnm						
LOCALIDAD	Laguna San Jose		NIVEL FREATICO	2.00.m						
PROYECTANTE	Samuel Rufasto		FECHA	Diciembre 95						
CLASIFICACION			HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T. golpes/pie				
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SP		Relleno. Arena fina. Color gris claro. Suelta. Raices								
SP		Arena fina cementada con inclusiones de limos. De color gris amarillento. Humedad. Muy densa.								

## CONSULT SANIPLAN

## REGISTRO DE LA CALICATA

## CALICATA

COTO : Alcantarillado de Chiclayo

REGION : Departamento Lambayeque

LOCALIDAD : Laguna San Jose

PROYECTO : Samuel Rufasto

## CLASIFICACION

SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL		HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T. golpes/pie							
				W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50			
SM		Relleno. Arena limosa. Color gris oscuro. Cultivos	S/M											
GP-GM		Grava limosa con arenas de grano medio a fino. De color blanquesino amarillento. Humeda. Densa. (igual a C1: 0.20 a 3.10 m.)	S/M											
SC		Arena cementada con arcilla. Color gris blanquesino. Humedad. Muy densa.	S/M											
SM		Arena limosa cementada. De color gris blanquesino. Saturada a humedad. Muy densa. (igual a C-7A: 1.50-3.00 m.).	S/M											

CALICATA

C-6A

ELEVACION

6.81msnm

NIVEL FREATICO

1.30m.

FECHA

Diciembre 95

HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA

S.P.T. golpes/pie

W (%)

L.L. (%)

I.P. (%)

10 20 30 40 50

## CONSULT SANIPLAN

## REGISTRO DE LA CALICATA

## CALICATA

ECTO Alcantarillado de Chiclayo  
 CION Departamento Lambayeque  
 JCTURA Laguna San Jose  
 CO Samuel Rufasto

CALICATA C-7A  
 ELEVACION 7.71msnm  
 NIVEL FREATICO 1.70m.  
 FECHA Diciembre 95

## CLASIFICACION

HUMEDAD NATURAL Y  
LIMITE DE CONSISTENCIAS.P.T.  
golpes/pie

SIMBOLO SIMBOLO  
 (SUCS) GRAFICO

## DESCRIPCION DEL MATERIAL

W L.L. I.P.  
 (%) (%) (%)

10 20 30 40 50

SP Arena fina a media. Incrustaciones de limos y raices finas. S/M

ML Limo con arena fina. De color marrón oscuro. Compacto. S/M

SC Arena arcillosa. De color marrón claro a verdoso. Humedad. Densa. Arena de grano fino a medio. (igual a C-8A : 0.20 a 1.50 m.). S/M

ML Limo cementado con arenas finas y medias. De color marrón claro verdoso. Saturada a sumergida. Muy compacta. Con arena 44%. finos 54% y gravillas 2%. M-1 34.9 46.9 12.0

OBJETO		Alcantarillado de Chiclayo		CALICATA		C-8A					
REGION		Departamento Lambayeque		ELEVACION		7.78msnm					
LOCALIDAD		Laguna San Jose		NIVEL FREATICO		1.50m.					
DISEÑADOR		Samuel Rufasto		FECHA		Diciembre 95					
CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL		HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T. golpes/pie				
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SP-SM		Arena fina con limos orgánicos. Color gris claro. Cultivo.		S/M							
SP-SM		Arena fina y media con gran porcentaje de fino. De color marrón claro. Humedad. Densa. De plasticidad media.		S/M							
SC		Arena fina arcillosa cementada. De color marrón oscuro con motas verdosas. Saturadas. Muy densa.		M-1	22.5	37.5	15.0				
ML		Limo cementado con arena finas y medias. De color marrón claro verdos. Sumergida. Muy compacto. Con arenas 44% finos 54% y gravillas 2%.		S/M							

PROYECTO	Alcantarillado de Chiclayo			CALICATA			C-9A							
REGION	Departamento Lambayeque			ELEVACION			12.0msnm							
LOCALIDAD	Laguna San Jose			NIVEL FREATICO			N.A.							
PROYECTISTA	Samuel Rufasto			FECHA			Diciembre 95							
CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL		HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T. golpes/pie							
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50			
SM		Arenas finas con organicos.	S/M											

SC

Arena arcillosa. De color rojizo. Ligeramente humeda. Densa (igual a C5:0.00-1.20 m.).

S/M

SP

Arena media y fina cementada. Color gris verdoso. Humedad. Con gravas aisladas. (igual a C7:0.60-1.90m).

S/M

## CONSULT SANIPLAN

## REGISTRO DE LA CALICATA

## CALICATA

UBICACION: Alcantarillado de Chiclayo  
 DEPARTAMENTO: Departamento Lambayeque  
 LOCALIDAD: Laguna San Jose  
 PROYECTO: Samuel Rufasto

CALICATA: C-10A  
 ELEVACION: 9.23msnm  
 NIVEL FREATICO: 1.65m  
 FECHA: Diciembre 95


CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL		HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T. golpes/pie				
SIMBOLO SUCS	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SC				Relleno.Arena arcillosa. Cultivos.	S/M						
		Arenas arcillosa. De color marrón claro. Humedad. Densa. (igual a C10:0.85-1.40 m.).	S/M								
		Arcilla inorganica de alta plasticidad. De color marrón oscuro blanquesino. Medianamente compacta. Con 8% de arenas finas a medias.	M-1	25.6	59.4	33.8					
GW-GC		Grava arcillosa bien gradada con arenas. De color marrón gris amarillento. Saturada. Densa. Grava subredondeadas de textura lisa.	M-2	27.5	55.9	28.4					



**CALICATAS  
CANTERAS**

**CONSULT SANIPLAN | REGISTRO DE LA CALICATA**

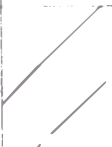
**CALICATA**

OBJETO	Alcantarillado de Chiclayo			CALICATA	M-1							
UBICACION	Departamento Lambayeque			ELEVACION								
ACTUACION	Canteras - Laguna San Jose			NIVEL FREATICO	N.A.							
PROYECTISTA	Samuel Rufasto			FECHA	Nov-Dic . 95							
CLASIFICACION				HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie				
SIMBOLO	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SC		Ligeramente humeda. Suelta. Con 2.7% gravas, 60.2% arenas y 37.1% finos. (Material sobrante de las excavaciones de la laguna Pampa de perros.).	M-1	6.10	37.45		22.07					

**CONSULTA SANIPLAN REGISTRO DE LA CALICATA**

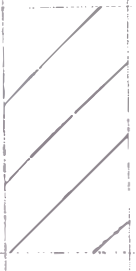
**CALICATA**

OBJETO	Alcantarillado de Chiclayo	CALICATA	M-2
REGION	Departamento Lambayeque	ELEVACION	
LOCALIDAD	Canteras - Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	N.A.
PROYECTISTA	Samuel Rufasto	FECHA	Nov-Dic . 95

CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie					
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50	
SC		Relleno. Arena arcillosa. Color marrón. Ligeramente húmeda. Suelta con 3.3% gravas. 56.1% arenas y 40.6% finos. (Material sobrante de las excavaciones de la laguna Pampa de perros.).	M-1	4	23	30.10	18	16					

**CONSULT SANIPLAN REGISTRO DE LA CALICATA**

**CALICATA**

OBJETO	Alcantarillado de Chiclayo		CALICATA		M-3							
REGION	Departamento Lambayeque		ELEVACION									
LOCALIDAD	Canteras - Laguna San Jose		NIVEL FREATICO		N.A.							
PROYECTISTA	Samuel Rufasto		FECHA		Nov-Dic . 95							
CLASIFICACION			HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie					
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SC		Relleno. Arena arcillosa. Color marrón Ligera humeda Suelta con 4.4% gravas, 62.2% arenas y 33.4% finos. (Material sobrante de las excavaciones de la laguna Pampa de perros.)	M-1	2.52	35.95		27.32					

# CONSULT SANIPLAN REGISTRO DE LA CALICATA

# CALICATA

OBJETO	Alcantarillado de Chiclayo
UBICACION	Departamento Lambayeque
ACTIVIDAD	Canteras - Laguna San Jose
PROYECTISTA	Samuel Rufasto

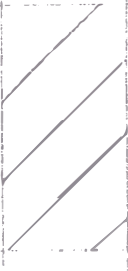
CALICATA	M- 4
ELEVACION	
NIVEL FREATICO	N.A.
FECHA	Nov-Dic . 95

CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie					
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50	
SC		Relleno. Arena arcillosa. Color marrón. Ligera húmeda. Suelta con 14.5% gravas, 51.5% arenas y 34% finos. (Material sobrante de las excavaciones de la laguna Pampa de perros.).	M-1	5.44	43.21		28.76						




**CONSULT SANIPLAN REGISTRO DE LA CALICATA**

**CALICATA**

CTO	Alcantarillado de Chiclayo		CALICATA	M-6									
REGION	Departamento Lambayeque		ELEVACION										
ACTIVIDAD	Canteras - Laguna San Jose		NIVEL FREATICO	N.A.									
PROYECTO	Samuel Rufasto		FECHA	Nov-Dic . 95									
CLASIFICACION			HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie						
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	W	L.L.	L.C.	I.P.						
				(%)	(%)	(%)	(%)	10	20	30	40	50	
SC		Relleno. Arena arcillosa. Color marrón. Ligera húmeda. Suelta. Con 11.6% gravas, 53.5.% arenas y 34.9% finos. (Material sobrante de las excavaciones de la laguna Pampa de perros.)	M-1	3.37	35.02		18.36						

**CONSULT SANIPLAN REGISTRO DE LA CALICATA**

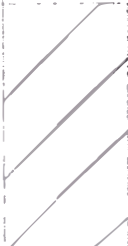
**CALICATA**

CTO	Alcantarillado de Chiclayo		CALICATA	M-7							
PROV	Departamento Lambayeque		ELEVACION								
ESTRUC	Canteras - Laguna San Jose		NIVEL FREATICO	N.A.							
PROY	Samuel Rufasto		FECHA	Nov-Dic . 95							
CLASIFICACION			HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie				
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	W	L.L.	L.C.	I.P.				
				(%)	(%)	(%)	(%)	10	20	30	40
SC		Relleno. Arena arcillosa. Color marrón. Ligera humeda. Suelta. Con 2.7% gravas, 52.1.% arenas y 45.2% finos. (Material sobrante de las excavaciones de la laguna Pampa de perros.).	M-1	8.16	53.78		30.74				




# CONSULT SANIPLAN REGISTRO DE LA CALICATA

## CALICATA

CTO	Alcantarillado de Chiclayo		CALICATA	M-8								
	Departamento Lambayeque		ELEVACION									
STURA	Canteras - Laguna San Jose		NIVEL FREATICO	N.A.								
0	Samuel Rufasto		FECHA	Nov-Dic . 95								
CLASIFICACION	DESCRIPCION DEL MATERIAL		HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA									
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO		MUESTRA	W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	S.P.T. golpes/pie				
								10	20	30	40	50
GC		Relleno. Grava arcillosa. Color marrón. Ligera húmeda. Suelta. Con 68.3% gravas, 18.2.% arenas y 13.5% finos. (Material sobrante de las excavaciones de la laguna Pampa de perros.).	M-1	1.29	43.04		25.07					

**CONSULT SANIPLAN REGISTRO DE LA CALICATA**

**CALICATA**

ESTADO	Alcantarillado de Chiclayo		CALICATA				M-9					
REGION	Departamento Lambayeque		ELEVACION									
CIUDAD	Canteras - Laguna San Jose		NIVEL FREATICO				N.A.					
PROYECTO	Samuel Rufasto		FECHA				Nov-Dic . 95					
CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie				
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	LL (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
GP-GM		Relleno. Grava limosa mal gradada. Color marrón. Ligeramente húmeda. Suelta. Con 70.5% gravas, 19.1% arenas y 10.4% finos. (Material sobrante de las excavaciones de la laguna Pampa de Perros.).	M-1	3.32	73.28		32.79					

**CONSULT SANIPLAN REGISTRO DE LA CALICATA**

**CALICATA**

CTO	Alcantarillado de Chiclayo		CALICATA	M-10								
PROVINCIA	Departamento Lambayeque		ELEVACION									
ESTRUCTURA	Canteras - Laguna San Jose		NIVEL FREATICO	N.A.								
PROYECTO	Samuel Rufasto		FECHA	Nov-Dic . 95								
CLASIFICACION			HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA				S.P.T. golpes/pie					
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	W (%)	L.L. (%)	L.C. (%)	I.P. (%)	10	20	30	40	50
SC		Relleno. Arena arcillosa. Color marrón. Ligera humeda. Suelta. Con 0.9% gravas, 63.8% arenas y 35.3% finos. (Material sobrante de las excavaciones de la laguna Pampa de perros.).	M-1	4.71	33.04		16.67					

**CONO PECK**

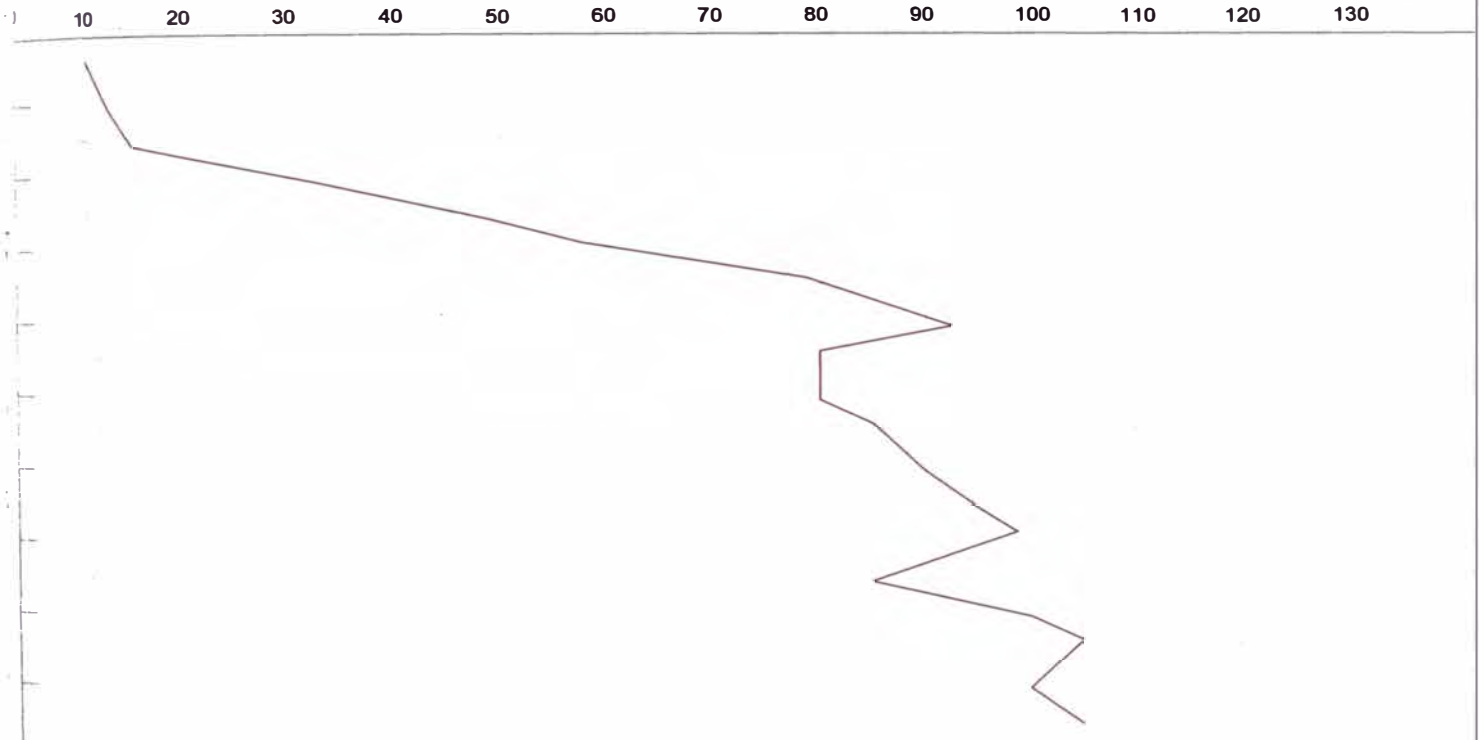
W CONSULT SANIPLAN

CONO PECK

CP - 1

OBJETO	Alcantarillado de Chiclayo	SONDAJE	CONO PECK 1
UBICACION	Departamento Lambayeque	ELEVACION	9.0 msnm
CONSTRUCCION	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	N.A.
PROYECTADO POR	Ing. Huertas Polo	FECHA	Enero 96

Numero de Golpes /0.30m



**CONSULT SANIPLAN**

**CONO PECK**

**CP - 2**

Alcantarillado de Chiclayo

**SONDAJE**

CONO PECK 2

Departamento Lambayeque

**ELEVACION**

8.5 msnm

Laguna San Jose

**NIVEL FREATICO**

N.A.

Ing. Huertas Polo

**FECHA**

Enero 96

Numero de Golpes /0.30m

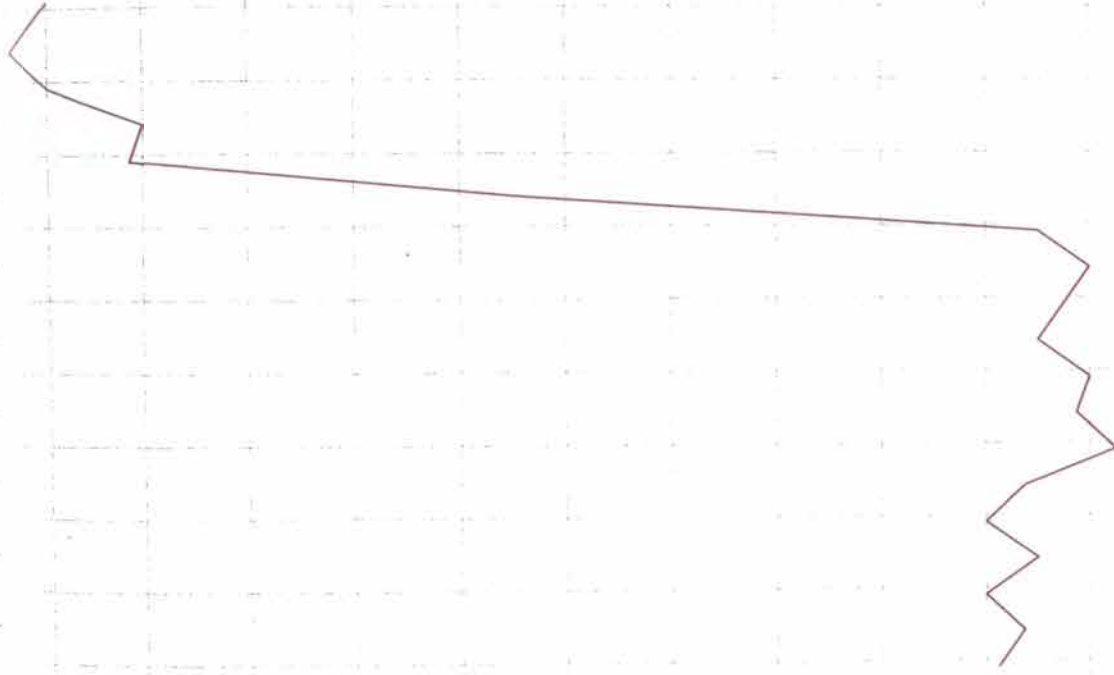
10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130



<b>CONSULT SANIPLAN</b>		<b>CONO PECK</b>		<b>CP - 3</b>	
CTO	Alcantarillado de Chiclayo	SONDAJE	CONO PECK 3		
ION	Departamento Lambayeque	ELEVACION	8.0msnm		
CTURA	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	N.A.		
ADO	Ing. Huertas Polo	FECHA	Enero 96		

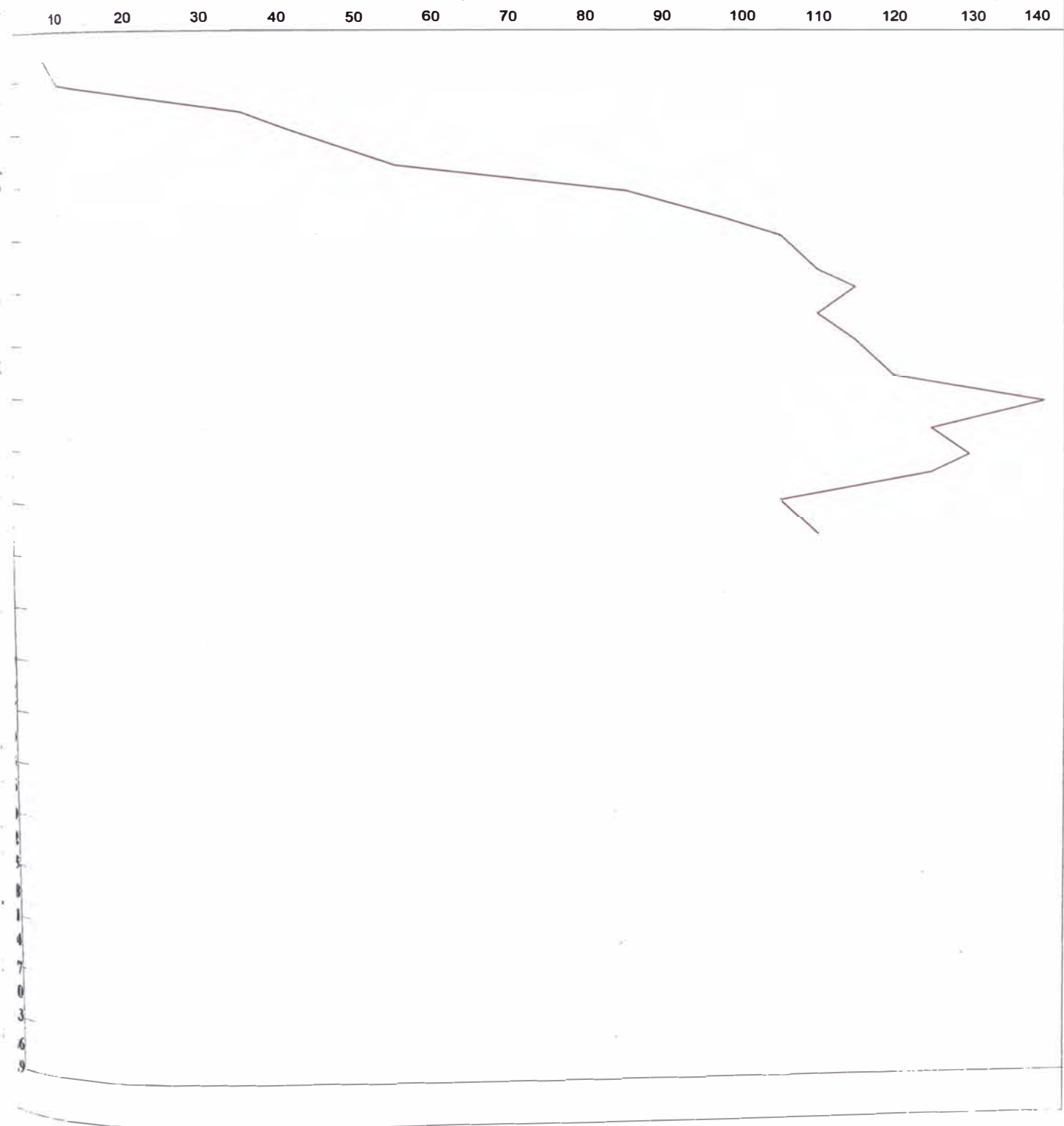
Numero de Golpes /0.30m

10    20    30    40    50    60    70    80    90    100    110    120    130



<b>IN CONSULT SANIPLAN</b>		<b>CONO PECK</b>		<b>CP - 4</b>	
OBJETO	Alcantarillado de Chiclayo	SONDAJE	CONO PECK 4		
UBICACION	Departamento Lambayeque	ELEVACION	7.5msnm		
ESTRUCTURA	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	N.A.		
PROYECTADO	Ing. Huertas Polo	FECHA	Enero 96		

Numero de Golpes /0.30m





**CONSULT SANIPLAN**

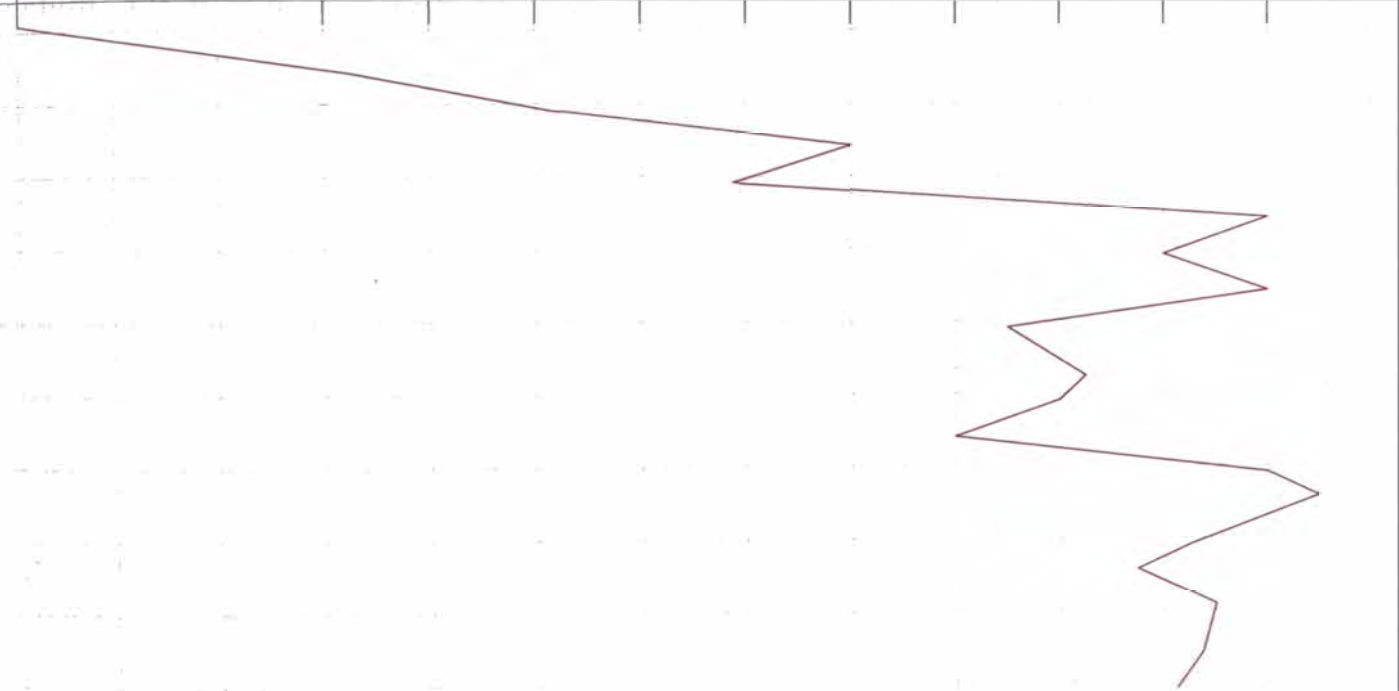
**CONO PECK**

**CP - 5**

OBJETO	Alcantarillado de Chidayo	SONDAJE	CONO PECK 5
REGION	Departamento Lambayeque	ELEVACION	8.5msnm
LOCALIDAD	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	N.A.
PROYECTO	Ing. Huertas Polo	FECHA	Enero 96

Numero de Golpes /0.30m

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140

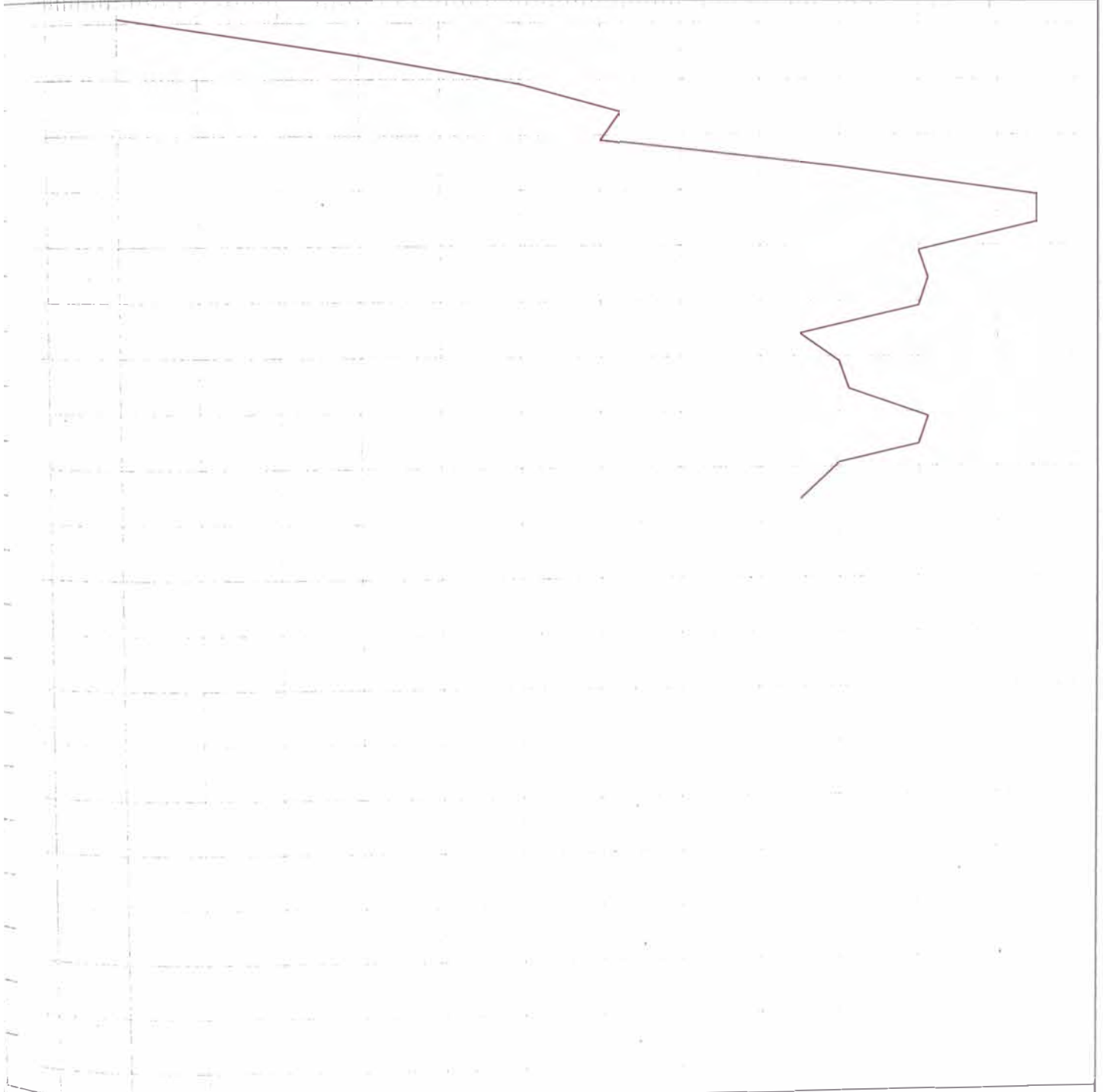


<b>CONSULT SANIPLAN</b>	<b>CONO PECK</b>	<b>CP - 6</b>
-------------------------	------------------	---------------

<b>OBJETO</b>	Alcantarillado de Chiclayo	<b>SONDAJE</b>	CONO PECK 6
<b>REGION</b>	Departamento Lambayeque	<b>ELEVACION</b>	7.5msnm
<b>CIUDAD</b>	Laguna San Jose	<b>NIVEL FREATICO</b>	N.A.
<b>PROYECTADO</b>	Ing. Huertas Polo	<b>FECHA</b>	Enero 96

Numero de Golpes /0.30m

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140



W CONSULT SANIPLAN

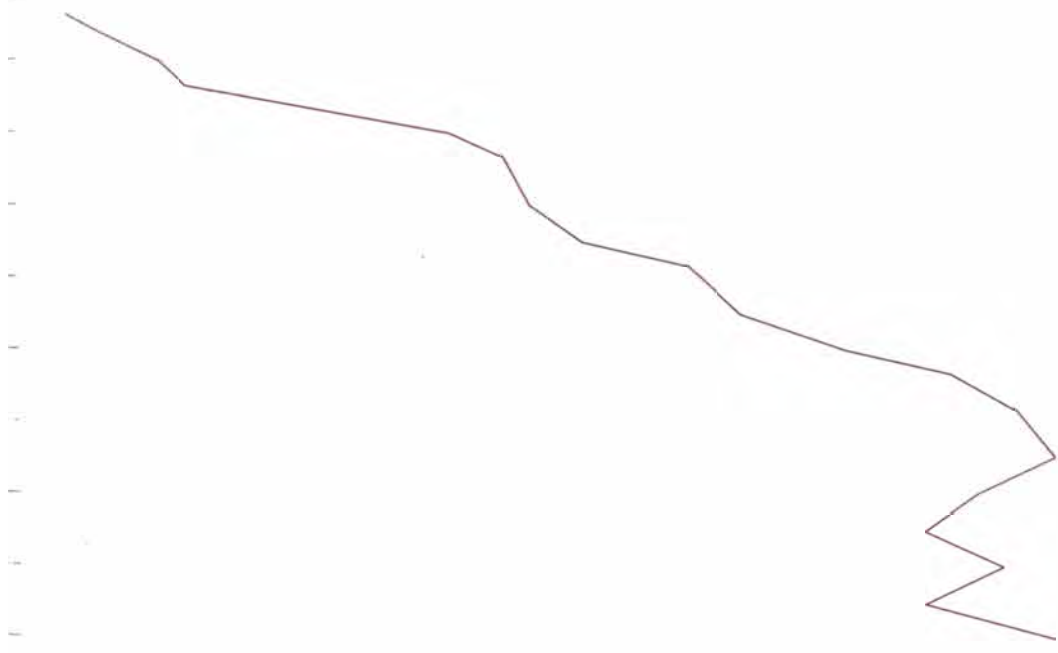
CONO PECK

CP - 7

ECTO	Alcantarillado de Chiclayo	SONDAJE	CONO PECK 7
CION	Departamento Lambayeque	ELEVACION	7.0msnm
ICTURA	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	N.A.
ITADO	Ing. Huertas Polo	FECHA	Enero 96

Numero de Golpes /0.30m

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130



W CONSULT SANIPLAN

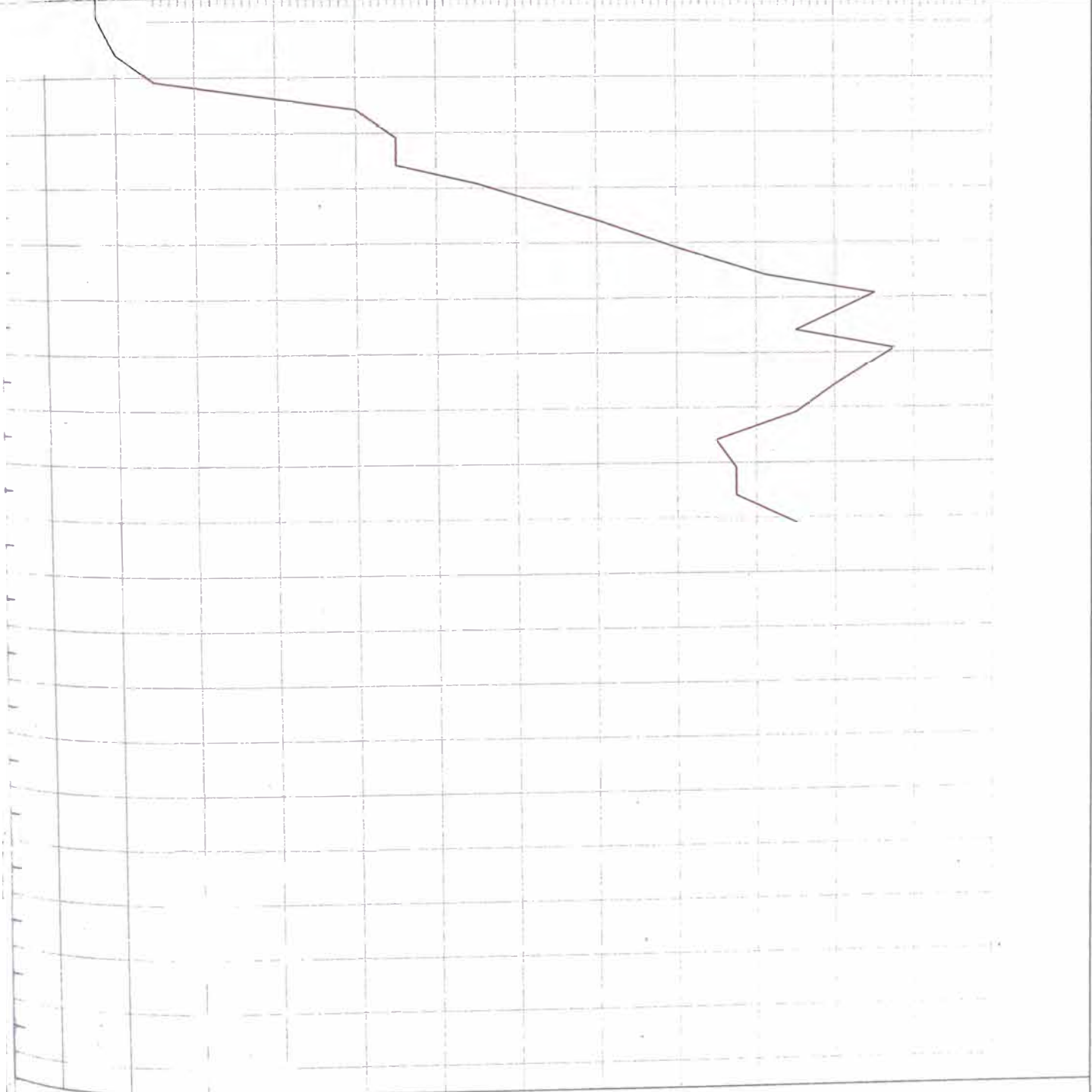
CONO PECK

CP - 8

OBJETO	Alcantarillado de Chiclayo	SONDAJE	CONO PECK 8
UBICACION	Departamento Lambayeque	ELEVACION	7.0msnm
ESTRUCTURA	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	N.A.
ELABORADO	Ing. Huertas Polo	FECHA	Enero 96

Numero de Golpes /0.30m

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130



**W CONSULT SANIPLAN**

**CONO PECK**

**CP - 9**

CTO	Alcantarillado de Chiclayo	SONDAJE	CONO PECK 9
PROVINCIA	Departamento Lambayeque	ELEVACION	6.9msnm
LOCALIDAD	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	N.A.
PROYECTADO POR	Ing. Huertas Polo	FECHA	Enero 96

Numero de Golpes /0.30m

10      20      30      40      50      60      70      80      90      100      110      120      130



**N CONSULT SANIPLAN**

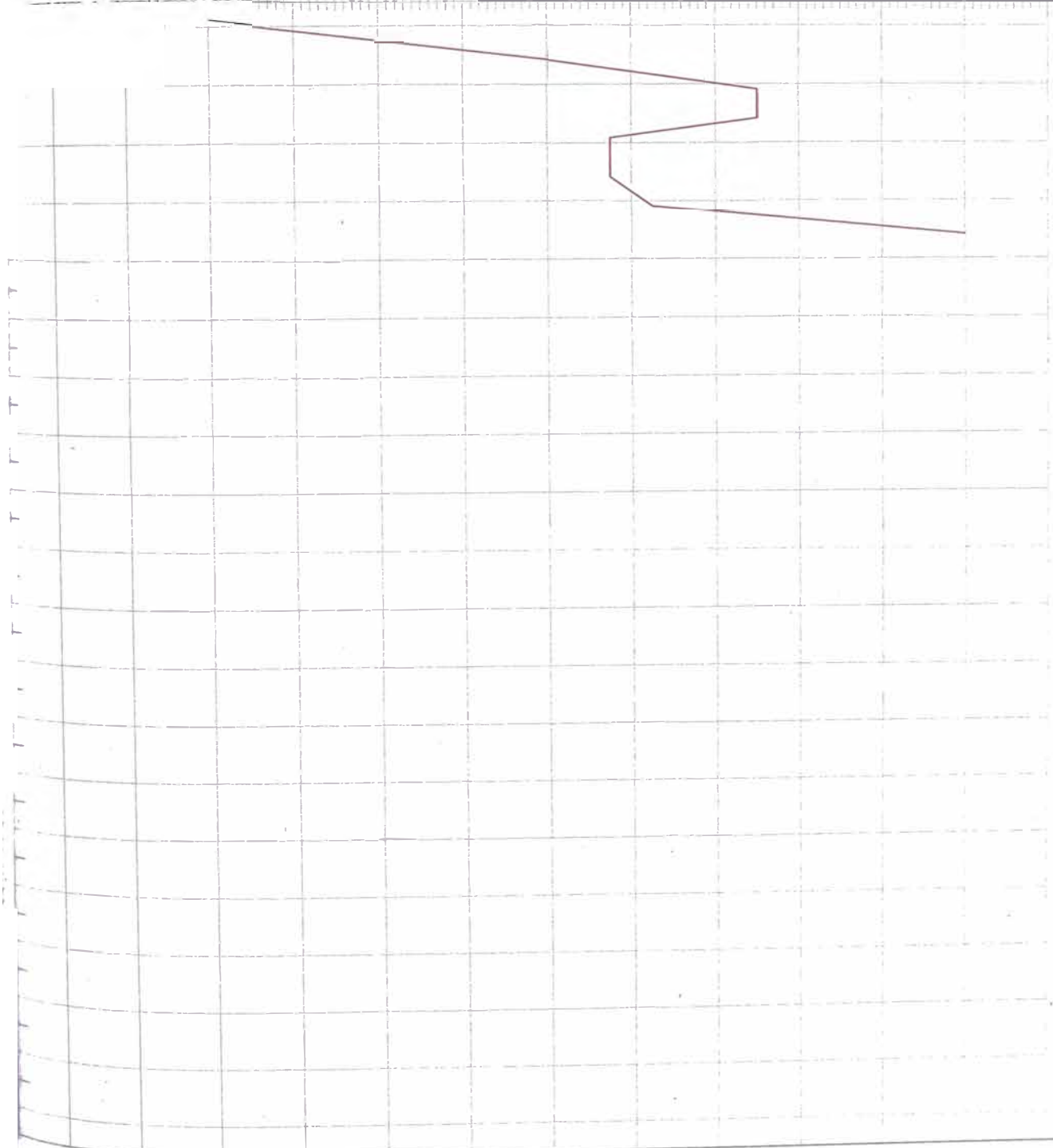
**CONO PECK**

**CP - 10**

CTO	Alcantarillado de Chiclayo	SONDAJE	CONO PECK 10
REGION	Departamento Lambayeque	ELEVACION	7.50msnm
ESTRUCTURA	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	N.A.
PROYECTO	Ing. Huertas Polo	FECHA	Enero 96

Numero de Golpes /0.30m

10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130



**S.P.T.**

PROYECTO	Alcantarillado de Chiclayo		SONDAJE	S-1			
DIRECCION	Departamento Lambayeque		ELEVACION	9.23msnm			
UBICACION	Laguna San Jose		NIVEL FREATICO	1.90m			
PROYECTISTA	Samuel Rufasto		FECHA	Enero 96			
CLASIFICACION			HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T. golpes/pie	
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA:	W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	40 80 120 160 200
SC		Relleno. Arena arcillosa. Cultivos. Arena arcillosa. Color marrón claro. Humedad. Densa.					
CH		Arcilla inorganica de alta plasticidad. Color marrón oscuro blanquesino. Humedad. Compacta. Presencia de sales.					
SW-GC		Grava arcillosa con arenas. Grava bien gradada. Color gris amarillento. Sumergida. Densa.	M-2	44.42	68.12	31.51	Na=41 N=66
CL		Arcilla limosa con arenas. Color marrón verdoso. Saturada. Densa. De mediana plasticidad.					Na=89 N=162
		Rocas arenitas calcareas de grano medio a fino. Gran concentración de carbonatos (reacción HCL) con inscrustaciones de areniscas o arenas cementadas. Muy densa y competente. Color pardo a blanquesino.					Na=91 N=167
		Rocas areniscas de grano medio. Origen de fondos marinos. Color pardo con moteados verdosos.					Na=76 N=137
		<p>Nota. El ensayo se inicio desde los 3.23 m con un valor de N = 66 Martillo de 60 kg. Con penetrometros de diametro exterior de 12.7 cm. Corrección por instrumentación de 1.4 Valores de SPT.</p> <p>in situ (valores corregidos) N ———                  correccion por nivel freatico Na ———</p>					

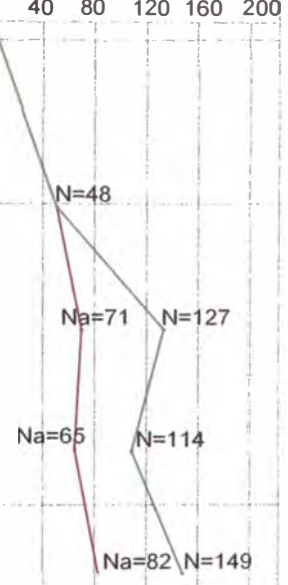


**CONSULT SANIPLAN | REGISTRO DEL SONDAJE**

**SONDAJE S.P.T.**

TO	Alcantarillado de Chiclayo	SONDAJE	S-2
ON	Departamento Lambayeque	ELEVACION	8.40 msnm
TURA	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	2.60m
)	Samuel Rufasto	FECHA	Enero 96

CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T. golpes/pie							
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	40	80	120	160	200			
		Relleno de cultivo. Color gris oscuro.	S/M											
SC		Arena fina y media con arcilla de mediana plasticidad. Color marrón claro. Humedad. Densa.	M-1											
SP		Arena fina y media. Cementada de color marrón oscuro con motas verdosas. Saturada a sumergida. Muy densas. Con carbonatos. (igual a C-10A:1.80 m.).	M-2											
GW-GC		Grava arcillosa con arena. Color gris amarillento. Saturada. Densa. Grava bien graduada.	M-3											
		Rocas arenita calcarea. Gran concentración de carbonatos con inscrustaciones de arenas cementadas en forma de placas. De color pardo blanquesino.	M-4											
		Roca arenisca de grano medio a fino con inscrustaciones de arenitas calcarea. Color marrón claro a gris. Ligera humedad. Muy densa.	M-5											
		<p>Nota: El ensayo se inicio desde los 1.78 con un valor de N = 48 Martillo de 60 kg. Con penetrometros de diámetro exterior de 12.4 cm. Corrección por instrumentación de 1.4 valores de spt.</p> <p>in situ (valores corregidos) N ———</p> <p>correccion por nivel freático Na ———</p>												



CONSULT SANIPLAN | REGISTRO DEL SONDAJE

SONDAJE S.P.T.

CTO	Alcantarillado de Chiclayo	SONDAJE	S-3
REGION	Departamento Lambayeque	ELEVACION	7.30msnm
ESTRUCTURA	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	0.50m
PROYECTO	Samuel Rufasto	FECHA	Enero 96

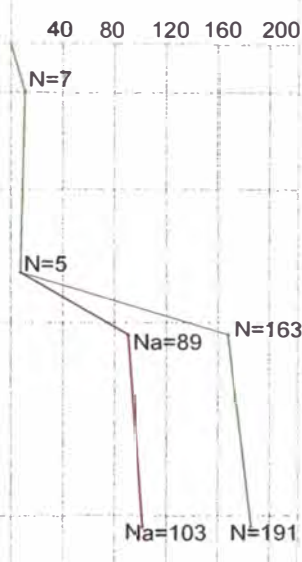
CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T. golpes/pie					
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	20	40	60	80	100	
SP		Arena fina. Con material organico. Raices.	S/M									
SP		Arena fina gradada. De color gris claro. Humeda y Suelta.	S/M									
CH		Arcilla inorgánica de alta plasticidad. Color marrón claro. Humedad. De consistencia medianamente compacta.	S/M									
GW-GC		Grava arcillosa con arenas. Color marrón claro verdoso. Humedad. Densa. Gravas bien gradadas.	S/M									
		Rocas arenita calcarea de grano medio a fino con gran concentración de carbonatos. Color blanquesino verdoso. Densa. Competente. Con presencia de oxidos.	S/M									

Nota: El ensayo a los 3.0 m. tiene un valor N = 103 para una pulgada de hincado.  
 Valores de SPT.  
 in situ N ———  
 corrección por nivel freático Na - - -

CTO	Alcantarillado de Chiclayo	SONDAJE	S-4
REGION	Departamento Lambayeque	ELEVACION	7.50msnm
ESTRUCTURA	Laguna San Jose	NIVEL FREATICO	0.60m
PROYECTO	Samuel Rufasto	FECHA	Enero 96

CLASIFICACION		DESCRIPCION DEL MATERIAL	MUESTRA	HUMEDAD NATURAL Y LIMITES DE CONSISTENCIA			S.P.T. golpes/pie														
SIMBOLO (SUCS)	SIMBOLO GRAFICO			W (%)	L.L. (%)	I.P. (%)	40	80	120	160	200										
SP		Relleno.	S/M																		
CL		Arcilla limosa con arenas. De plasticidad. Color marrón claro. Sumergida. Medianamente compacta.	M-1																		
CH		Arcilla inorganica de alta pasticidad. Color oscuro Saturada. Compacta.	M-2																		
GW-GC		Grava arcillosa con arenas. Grava bien gradada. De color marrón amarillento verdosa. Humedad. Densa. (igual a C-10A:1.80-3.10 m.).	M-3																		
		Rocas (areniscas de grano fino) con incrustaciones de arenita calcarea. Presencia de carbonatos de color gris blanquesino. Humedad. Dura.	M-4																		
GW-GC		Rocas arcillosa con arenas. Grava bien gradada. De color amarillento verdosos. Humedad. Muy densas.	M-5																		
		Rocas arenita calcarea de grano medio a fino con incrustación de areniscas o arenas cementadas. Color gris claro. Humedad y Dura.	M-6																		



Nota: El ensayo se inicio desde los 2.40 m con un valor de N = 163. Valores de SPT.

in situ N \_\_\_\_\_  
 corrección por nivel freático Na \_\_\_\_\_



**ANEXO II**  
**ENSAYOS DE LABORATORIO**

**CALICATAS**

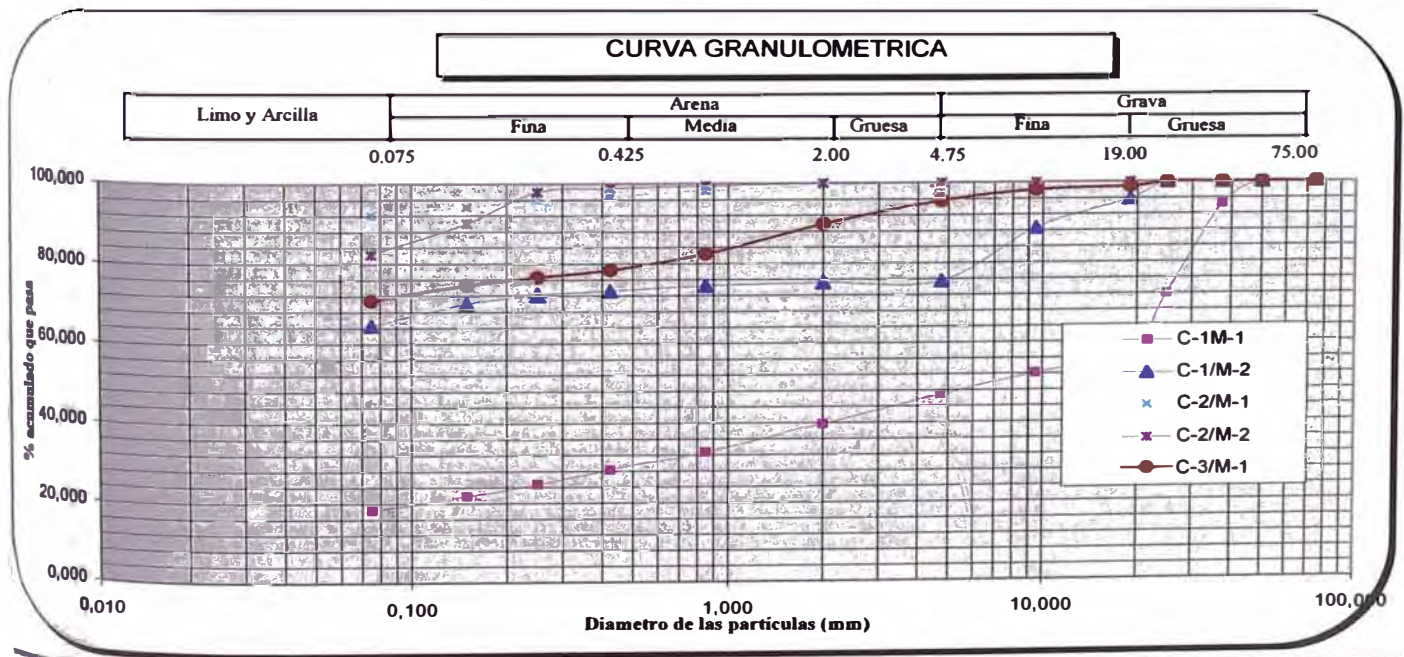
# ANALISIS GRANULOMETRICOS

## LABORATORIO GEOTECNICO

### ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

**FORME** :  
**SOLICITANTE** :  
**PROYECTO** : Lagunas de Estabilizacion "San Jose"  
**UBICACION** : Chiclayo  
**FECHA** : 18/06/05

Sondaje		C-1	C-1	C-2	C-2	C-3
Muestra		M-1	M-2	M-1	M-2	M-1
Profundidad (m)	1	0.20-3.10	3.10-4.10	0.50-1.90	1.90-3.10	1.90-4.50
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3 "	75,000	100,00	100,00	100,00	100,00
	2 "	50,000	100,00	100,00	100,00	100,00
	1 1/2 "	37,500	94,23	100,00	100,00	100,00
	1 "	25,000	71,84	100,00	100,00	100,00
	3/4 "	19,000	56,72	95,71	100,00	98,85
	3/8 "	9,500	52,13	88,57	100,00	98,07
	N° 004	4,750	46,73	75,42	100,00	95,44
	N° 010	2,000	39,55	75,09	99,34	100,00
	N° 020	0,850	32,68	74,39	98,20	99,47
	N° 040	0,425	28,28	73,16	96,61	98,88
	N° 060	0,250	24,76	72,26	95,77	97,95
	N° 140	0,150	21,61	69,98	94,18	90,08
N° 200	0,075	18,18	64,64	92,20	82,35	70,89
Contenido de Humedad (%)		6,13	16,44	28,92	29,56	13,74
Límite Líquido (LL) (%)		49,60	68,20	61,70	52,90	49,10
Límite Plástico (LP) (%)		37,80	34,60	29,40	24,40	3,40
Límite Contracción (LC) (%)						
Índice Plástico (IP) (%)		11,80	33,60	32,30	28,50	18,70
Clasificación (S.U.C.S.)		GP-GM	MH	CH	CH	ML
Clasificación (AASHTO)						
Descripción (AASHTO)						



# ANALISIS GRANULOMETRICOS

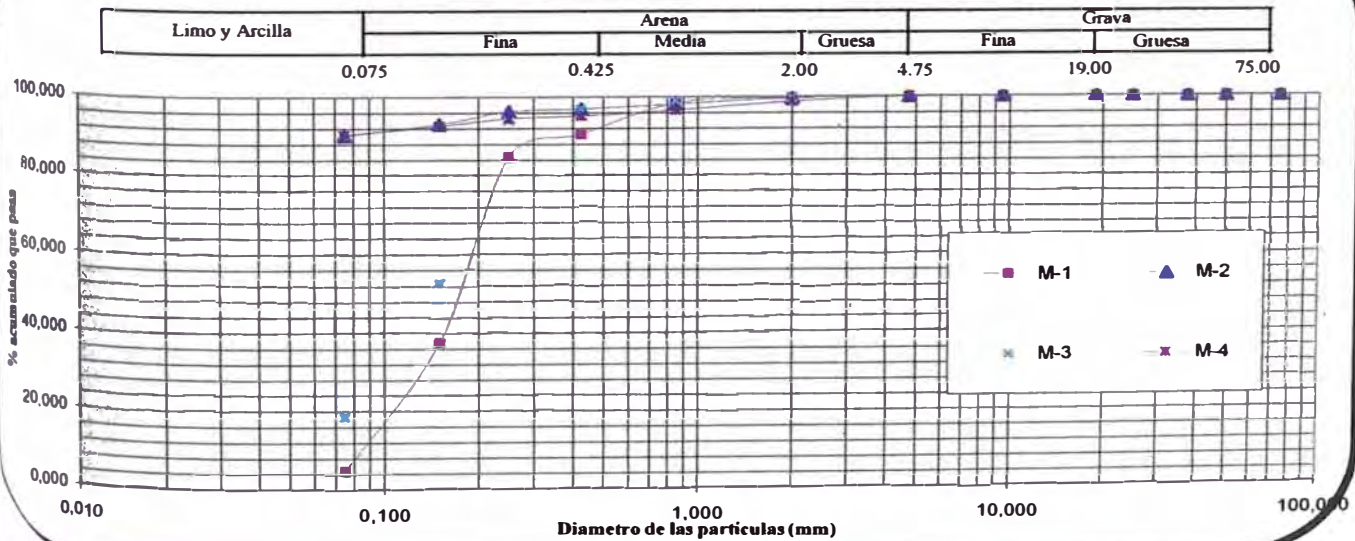
## LABORATORIO GEOTECNICO

### ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

**INFORME** :  
**SOLICITANTE** :  
**PROYECTO** : Lagunas de Estabilizacion "San Jose"  
**UBICACION** : Chiclayo  
**FECHA** : 25/11/95

Muestra		C-4	C-4	C-4	C-4	
Profundidad (m)		M-1	M-2	M-3	M-4	
1		0.00-0.60	0.60-1.45	1.45-1.90	1.90-3.80	
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	75,000	100.00	100.00	100.00	
	2"	50,000	100.00	100.00	100.00	
	1 1/2"	37,500	100.00	100.00	100.00	
	1"	25,000	100.00	100.00	100.00	
	3/4"	19,000	100.00	100.00	100.00	
	3/8"	9,500	100.00	100.00	100.00	
	Nº 004	4,750	100.00	100.00	100.00	
	Nº 010	2,000	99.75	99.60	99.66	98.70
	Nº 020	0,850	98.40	98.20	99.04	96.67
	Nº 040	0,425	90.56	96.96	97.04	95.24
	Nº 060	0,250	84.69	96.35	93.97	94.55
	Nº 140	0,150	37.60	93.09	52.94	92.72
	Nº 200	0,075	4.67	90.23	18.62	90.44
Contenido de Humedad (%)		6.50	24.10	26.42	33.07	
Límite Líquido (LL) (%)		-	57.10	18.10	64.40	
Límite Plástico (LP) (%)		NP	27.90	15.60	31.00	
Límite Contracción (LC) (%)						
Índice Plástico (IP) (%)		-	29.20	2.60	35.40	
Clasificación (S.U.C.S.)		SP	CH	SM	CH	
Clasificación (AASHTO)						
Descripción (AASHTO)						

### CURVA GRANULOMETRICA





# ANALISIS GRANULOMETRICOS

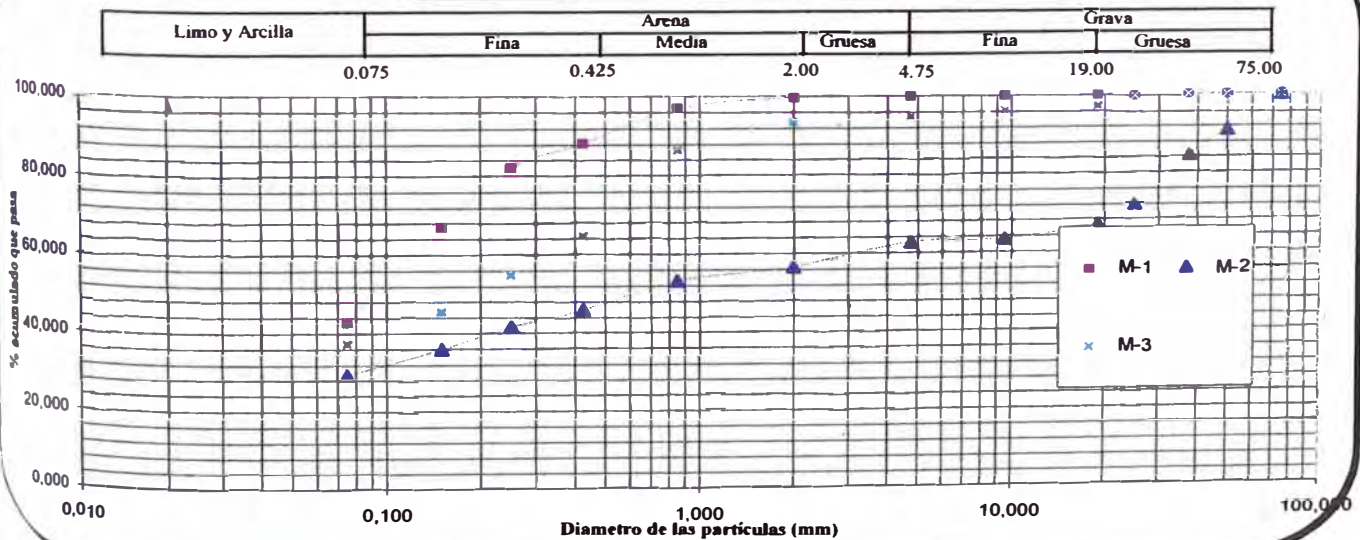
## LABORATORIO GEOTECNICO

### ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

INFORME :  
 SOLICITANTE :  
 PROYECTO : Lagunas de Estabilizacion "San Jose"  
 UBICACION : Chiclayo  
 FECHA : 25/11/95

Fondaje		C-5	C-5	C-5
Muestra		M-1	M-2	M-3
Profundidad (m)		0.0-1.20	1.20-3.80	3.80-5.00
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	75,000	100.00	100.00
	2"	50,000	100.00	100.00
	1 1/2"	37,500	100.00	84.30
	1"	25,000	100.00	71.77
	3/4"	19,000	100.00	66.81
	3/8"	9,500	100.00	63.26
	N° 004	4,750	100.00	62.55
	N° 010	2,000	99.68	56.65
	N° 020	0,850	97.05	53.29
	N° 040	0,425	88.45	45.97
	N° 060	0,250	82.17	41.65
	N° 140	0,150	67.08	35.95
N° 200	0,075	42.90	29.40	37.44
Contenido de Humedad (%)		7.44	12.99	19.81
Límite Líquido (LL) (%)		31.10	64.60	59.30
Límite Plástico (LP) (%)		17.80	44.80	39.80
Límite Contracción (LC) (%)				
Índice Plástico (IP) (%)		13.30	19.80	19.50
Clasificación (S.U.C.S.)		SC	GP-GM	SM
Clasificación (AASHTO)				
Descripción (AASHTO)				

### CURVA GRANULOMETRICA



# ANALISIS GRANULOMETRICOS

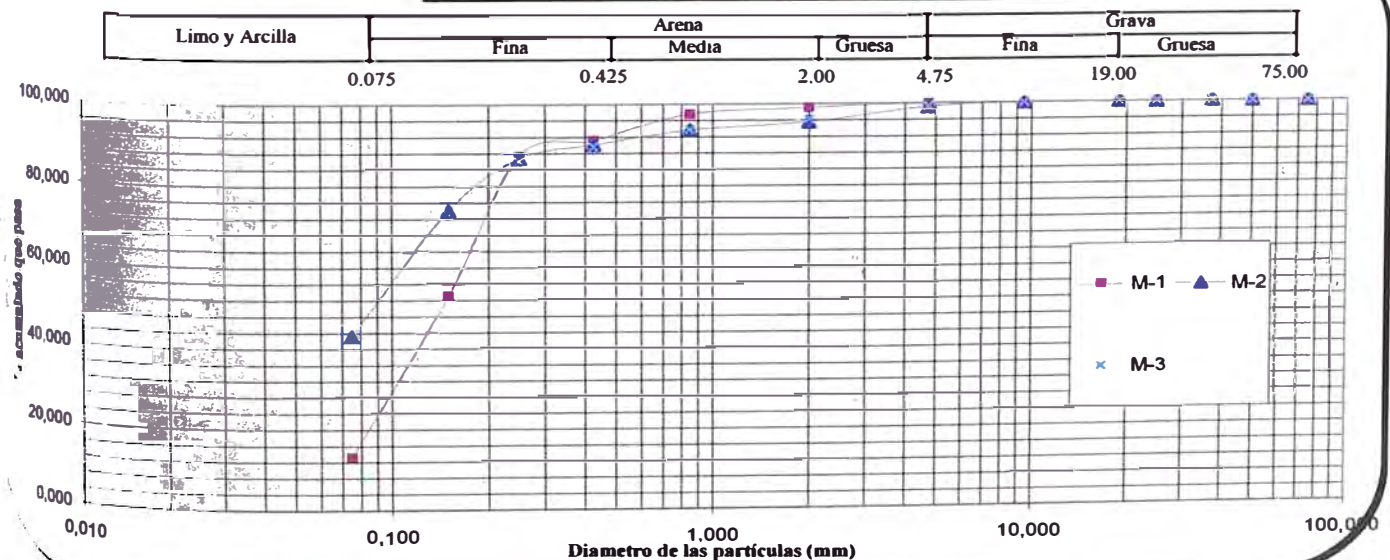
## LABORATORIO GEOTECNICO

### ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

**FORME** :  
**OLICITANTE** :  
**PROYECTO** : Lagunas de Estabilizacion "San Jose"  
**UBICACION** : Chiclayo  
**FECHA** : 25/11/95

Profundidad (m)		C-6	C-6	C-6
		M-1	M-2	M-3
		0.0-0.80	1.10-2.05	2.40-3.00
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	75,000	100.00	100.00
	2"	50,000	100.00	100.00
	1 1/2"	37,500	100.00	100.00
	1"	25,000	100.00	100.00
	3/4"	19,000	100.00	100.00
	3/8"	9,500	100.00	100.00
	N° 004	4,750	100.00	99.08
	N° 010	2,000	99.05	95.55
	N° 020	0,850	97.61	93.63
	N° 040	0,425	91.17	90.10
	N° 060	0,250	87.34	86.78
N° 140	0,150	53.04	74.02	
N° 200	0,075	13.23	43.18	
Contenido de Humedad (%)		18.73	24.17	26.32
Límite Líquido (LL) (%)		17.90	37.00	36.10
Límite Plástico (LP) (%)		15.10	23.30	23.80
Límite Contracción (LC) (%)				
Índice Plástico (IP) (%)		2.80	13.70	12.30
Clasificación (S.U.C.S.)		SM	SC	SC
Clasificación (AASHTO)				
Descripción (AASHTO)				

### CURVA GRANULOMETRICA



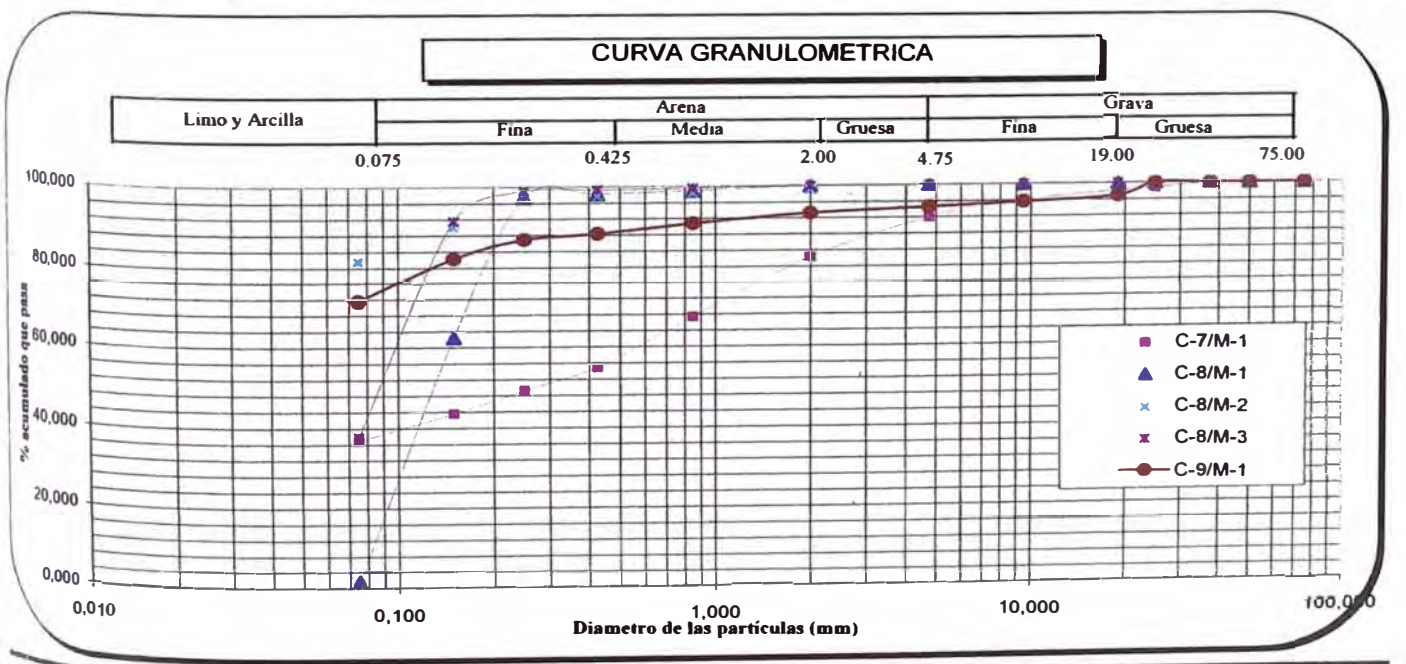
# ANALISIS GRANULOMETRICOS

## LABORATORIO GEOTECNICO

### ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

INFORME :  
 SOLICITANTE :  
 PROYECTO : Lagunas de Estabilizacion "San Jose"  
 UBICACION : Chiclayo  
 FECHA : 18/06/05

Muestreo		C-7	C-8	C-8	C-8	C-9
Muestra		M-1	M-1	M-2	M-3	M-1
Profundidad (m)	1	0.6-1.9	0-1.50	1.50-2.70	2.70-3.10	0.9-2.60
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	3"	75,000	100.00	100.00	100.00	100.00
	2"	50,000	100.00	100.00	100.00	100.00
	1 1/2"	37,500	100.00	100.00	100.00	100.00
	1"	25,000	98.72	100.00	100.00	100.00
	3/4"	19,000	98.13	100.00	100.00	96.85
	3/8"	9,500	96.01	100.00	100.00	95.56
	N° 004	4,750	91.84	100.00	100.00	94.53
	N° 010	2,000	82.19	100.00	99.04	93.22
	N° 020	0,850	67.36	98.91	98.30	99.60
	N° 040	0,425	55.03	98.17	97.72	99.23
	N° 060	0,250	49.29	97.38	97.28	98.91
N° 140	0,150	43.59	62.48	90.17	91.51	
N° 200	0,075	36.86	1.55	81.54	37.76	
Contenido de Humedad (%)		25.13	8.75	25.14	26.29	19.06
Límite Líquido (LL) (%)		66.20	-	58.30	28.10	49.10
Límite Plástico (LP) (%)		44.20	NP	26.50	24.50	27.30
Límite Contracción (LC) (%)						
Índice Plástico (IP) (%)		21.90	-	31.80	3.60	21.80
Clasificación (S.U.C.S.)		SM	SP	CH	SM	CL
Clasificación (AASHTO)						
Descripción (AASHTO)						



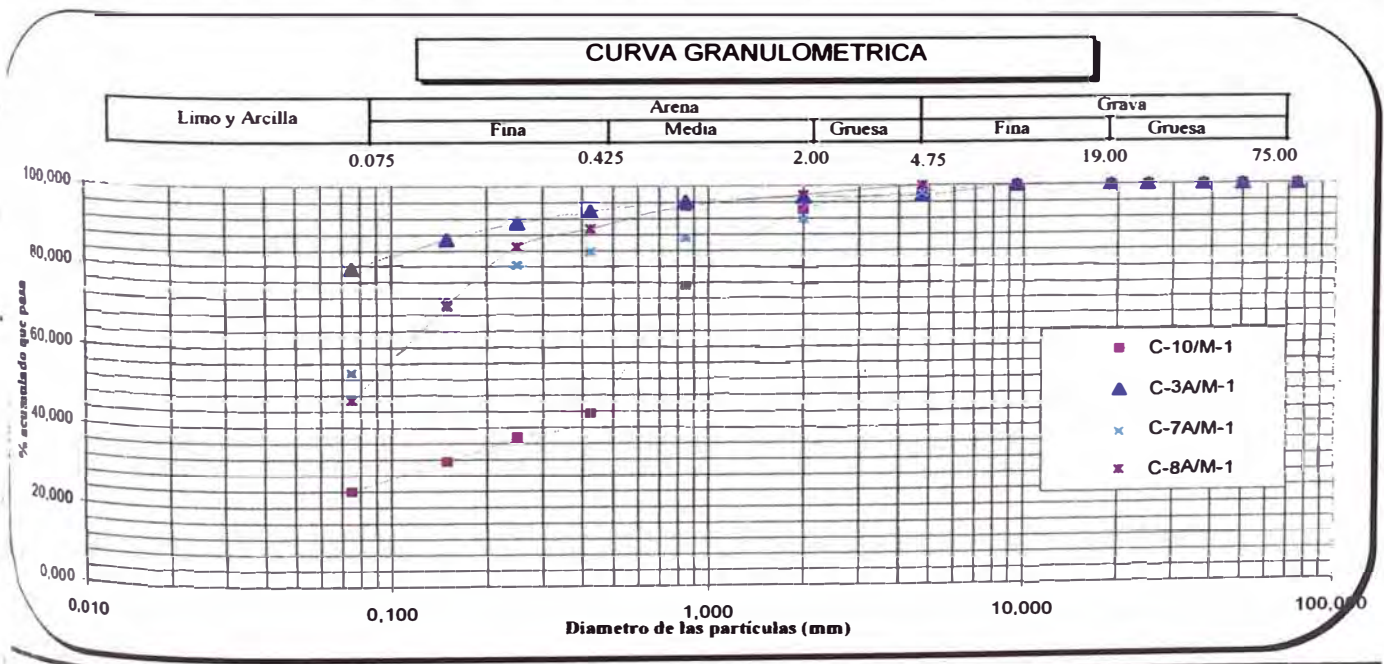
# ANALISIS GRANULOMETRICOS

## LABORATORIO GEOTECNICO

### ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

INFORME :  
 SOLICITANTE :  
 PROYECTO : Lagunas de Estabilizacion"San Jose"  
 UBICACION : Chiclayo  
 FECHA : 18/06/05

Muestra		C-10	C-3A	C-7A	C-8A	
Profundidad (m)		0.85-1.40	0.75-1.70	1.50-3.00	0.80-1.50	
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	3"	75,000	100.00	100.00	100.00	
	2"	50,000	100.00	100.00	100.00	
	1 1/2"	37,500	100.00	100.00	100.00	
	1"	25,000	100.00	100.00	100.00	
	3/4"	19,000	100.00	100.00	100.00	
	3/8"	9,500	100.00	100.00	100.00	
	Nº 004	4,750	98.30	97.52	98.08	100.00
	Nº 010	2,000	94.01	97.17	91.75	97.72
	Nº 020	0,850	75.23	96.17	87.21	95.02
	Nº 040	0,425	43.44	93.82	83.84	89.53
	Nº 060	0,250	37.42	90.89	80.33	85.11
Nº 140	0,150	31.50	86.86	71.15	70.26	
Nº 200	0,075	24.03	79.25	53.63	46.75	
Contenido de Humedad (%)		8.52	23.64	24.07		
Límite Líquido (LL) (%)		39.50	78.40	46.90	37.50	
Límite Plástico (LP) (%)		23.70	45.40	34.90	22.50	
Límite Contracción (LC) (%)						
Índice Plástico (IP) (%)		15.80	33.00	12.00	15.00	
Clasificación (S.U.C.S.)		SC	MH	ML	SC	
Clasificación (AASHTO)						
Descripción (AASHTO)						



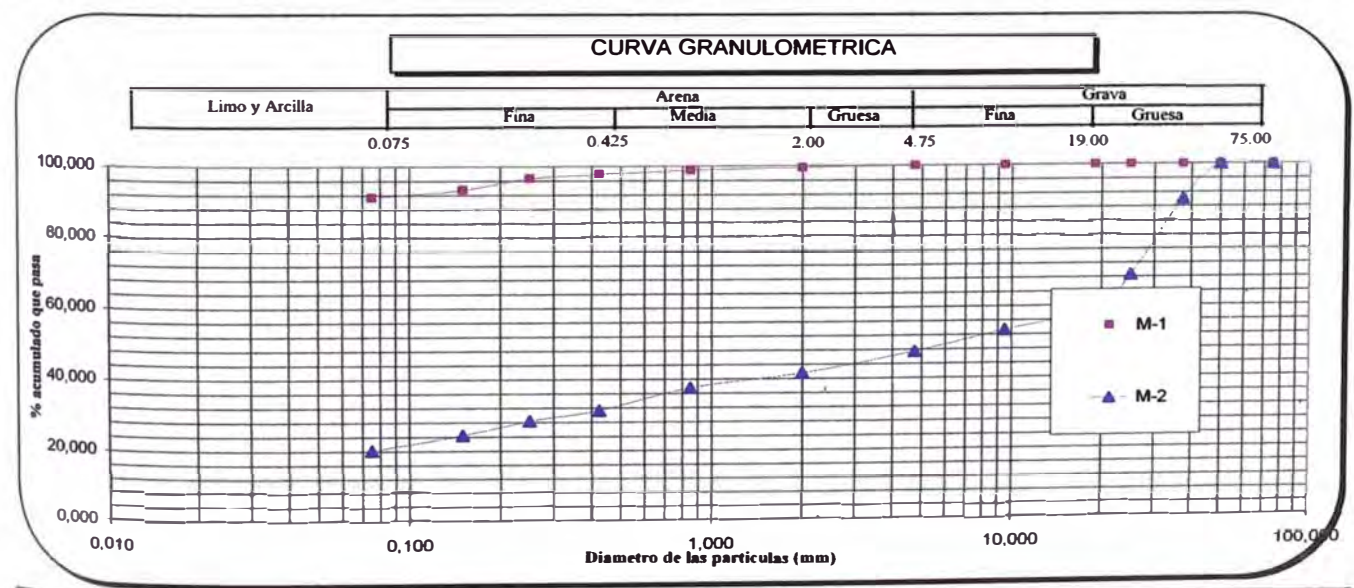
# ANALISIS GRANULOMETRICOS

## LABORATORIO GEOTECNICO

### ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

**INFORME** :  
**SOLICITANTE** :  
**PROYECTO** : Lagunas de Estabilizacion "San Jose"  
**UBICACION** : Chiclayo  
**FECHA** : #

Sondaje		C-10A	C-10A		
Muestra		M-1	M-2		
Profundidad (m)	<b>0,5</b>	0.60-1.80	1.80-3.10		
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMEZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)</b>	3 "	<b>75,000</b>	100,00	100,00	
	2 "	<b>50,000</b>	100,00	100,00	
	1 1/2 "	<b>37,500</b>	100,00	90,05	
	1 "	<b>25,000</b>	100,00	68,49	
	3/4 "	<b>19,000</b>	100,00	58,84	
	3/8 "	<b>9,500</b>	100,00	53,19	
	N° 004	<b>4,750</b>	100,00	47,38	
	N° 010	<b>2,000</b>	99,58	41,46	
	N° 020	<b>0,850</b>	98,89	37,55	
	N° 040	<b>0,425</b>	97,66	31,31	
	N° 060	<b>0,250</b>	96,74	28,44	
N° 140	<b>0,150</b>	93,51	24,38		
N° 200	<b>0,075</b>	91,36	20,16		
Contenido de Humedad (%)		30,39			
Límite Líquido (LL) (%)		59,40	55,90		
Límite Plástico (LP) (%)		22,60	27,50		
Límite Contracción (LC) (%)					
Índice Plástico (IP) (%)		33,80	28,40		
Clasificación (S.U.C.S.)		CH	GP-GC		
Clasificación (AASHTO)					
Descripción (AASHTO)					



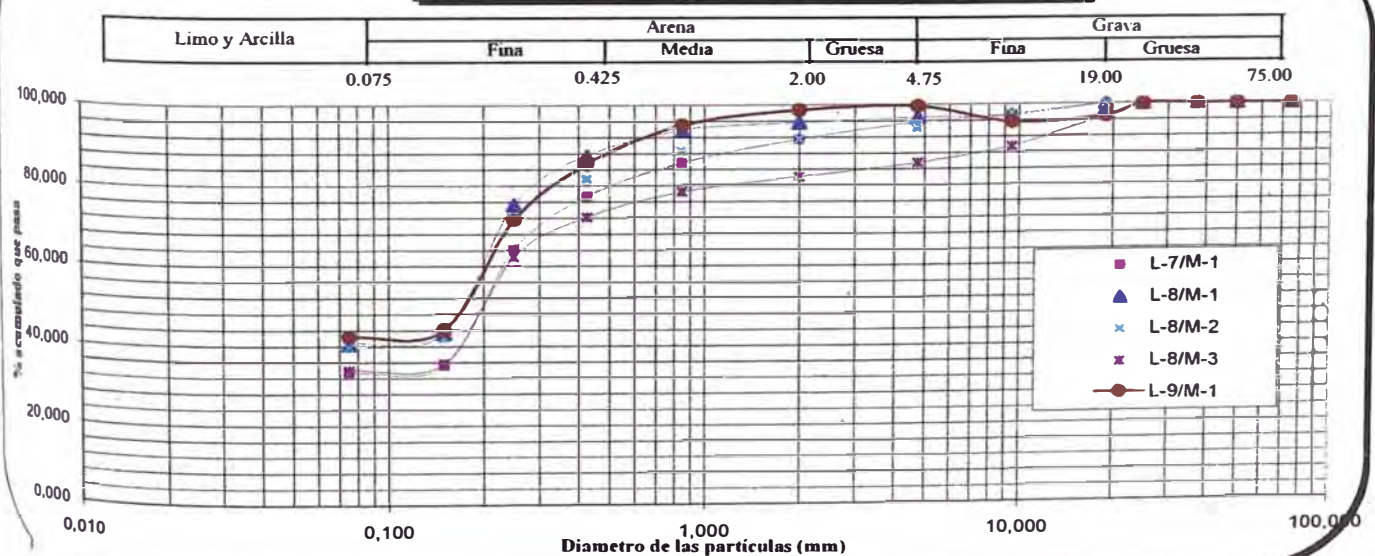
**CANTERAS**

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION**  
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

LG97-008  
GKW - SANIPLAN  
Lagunas de Estabilizacion "San Jose"  
Chiclayo\_Cantera impermeable  
FEBRERO, 1997

Muestreo		Cant Imper	Cant Imper	Cant Imper	Cant Imper	Cant Imper
Muestra		M-01	M-02	M-03	M-04	M-05
Profundidad (m)		0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO	3"	75,000	100,00	100,00	100,00	100,00
	2"	50,000	100,00	100,00	100,00	100,00
	1 1/2"	25,000	100,00	100,00	100,00	100,00
	1"	25,000	100,00	100,00	100,00	100,00
	3/4"	12,000	100,00	100,00	100,00	97,00
	3/8"	9,500	97,36	97,17	97,82	89,42
	N° 004	4,750	95,58	96,71	94,10	85,49
	N° 010	2,000	91,41	95,60	91,58	82,10
	N° 020	0,850	85,58	93,77	88,57	78,50
	N° 040	0,425	77,35	87,39	81,75	72,21
	N° 060	0,250	64,11	75,30	71,20	62,21
N° 140	0,150	35,24	43,29	42,08	35,74	
N° 200	0,075	33,44	40,57	39,72	33,96	
Contenido de Humedad (%)		2,52	4,23	5,01	5,44	3,19
Límite Líquido (L.L.) (%)		35,95	30,10	39,40	43,21	31,91
Límite Plástico (L.P.) (%)		8,63	11,94	10,79	14,45	13,83
Límite Contracción (L.C.) (%)						
Índice Plástico (I.P.) (%)		27,32	18,16	28,61	28,76	18,08
Clasificación (S.U.C.S.)		SC	SC	SC	SC	SC
Clasificación (AASHTO)						
Descripción (AASHTO)						

**CURVA GRANULOMETRICA**

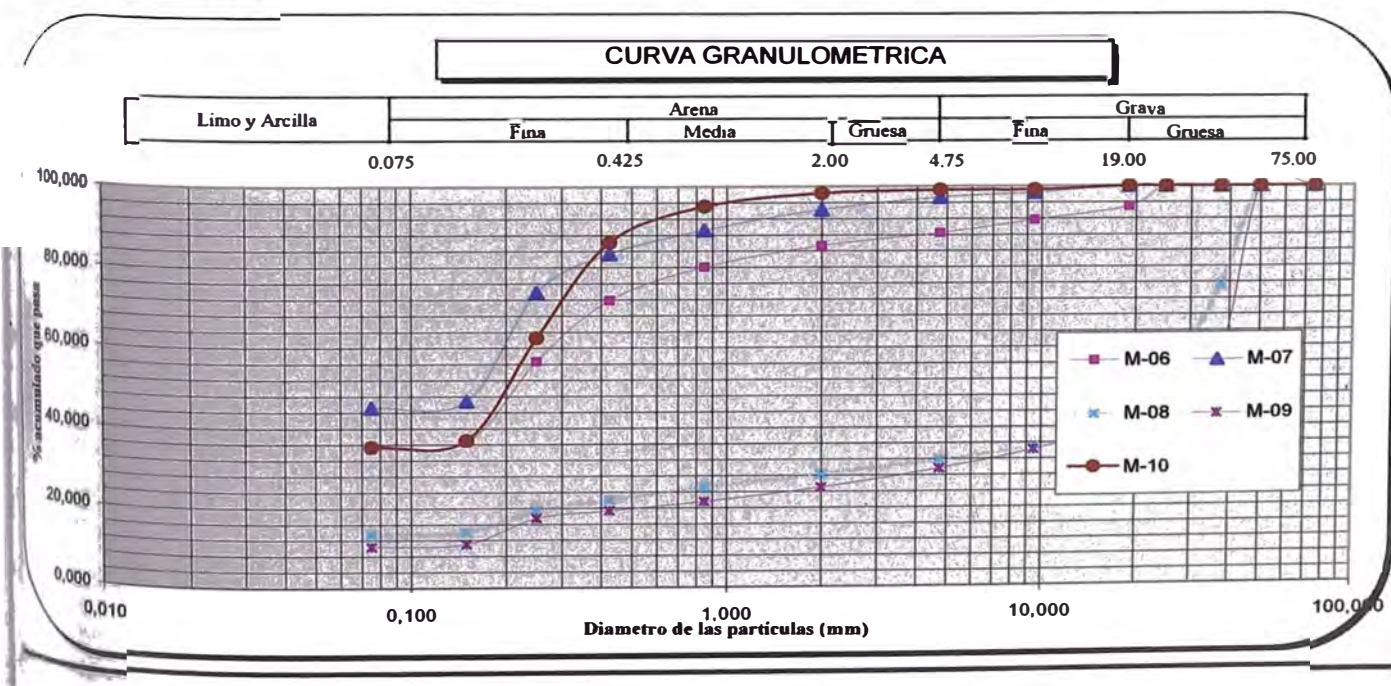


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**

**ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION**  
**(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)**

INFORME : LG97-008  
 SOLICITANTE : GKW - SANIPLAN  
 PROYECTO : Lagunas de Estabilizacion"San Jose"  
 UBICACION : Chiclayo\_Cantera impermeable  
 FECHA : FEBRERO,1997

Sondaje		Cant Imp	Cant Imp	Cant Imp	Cant Imp	Cant Imp
Muestra		M-06	M-07	M-08	M-09	M-10
Profundidad (m)	1	0.0-1.00	0.0-1.00	0.0-1.00	0.0-1.00	0.0-1.00
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3"	75,000	100,00	100,00	100,00	100,00
	2"	50,000	100,00	100,00	100,00	100,00
	1 1/2"	37,500	100,00	100,00	75,25	58,55
	1"	25,000	100,00	100,00	50,56	47,12
	3/4"	19,000	94,90	100,00	41,11	40,47
	3/8"	9,500	91,54	98,34	34,99	34,22
	N° 004	4,750	88,40	97,25	31,68	29,53
	N° 010	2,000	85,23	94,16	28,36	25,02
	N° 020	0,850	80,01	89,23	25,14	21,50
	N° 040	0,425	71,82	83,34	22,06	19,36
	N° 060	0,250	56,64	73,80	19,47	17,56
	N° 140	0,150	36,51	46,82	14,10	11,07
N° 200	0,075	34,89	45,18	13,48	10,38	
Contenido de Humedad	(%)	3,37	8,16	1,29	3,32	4,71
Límite Líquido (LL)	(%)	35,02	53,78	43,04	73,28	33,04
Límite Plástico (LP)	(%)	16,66	23,04	17,97	40,49	16,37
Límite Contracción (LC)	(%)					
Índice Plástico (IP)	(%)	18,36	30,74	25,07	32,79	16,67
Clasificación (S.U.C.S.)		SC	SC	GC	GP-GM	SC
Clasificación (AASHTO)						
Descripción (AASHTO)						





# ANALISIS GRANULOMETRICOS

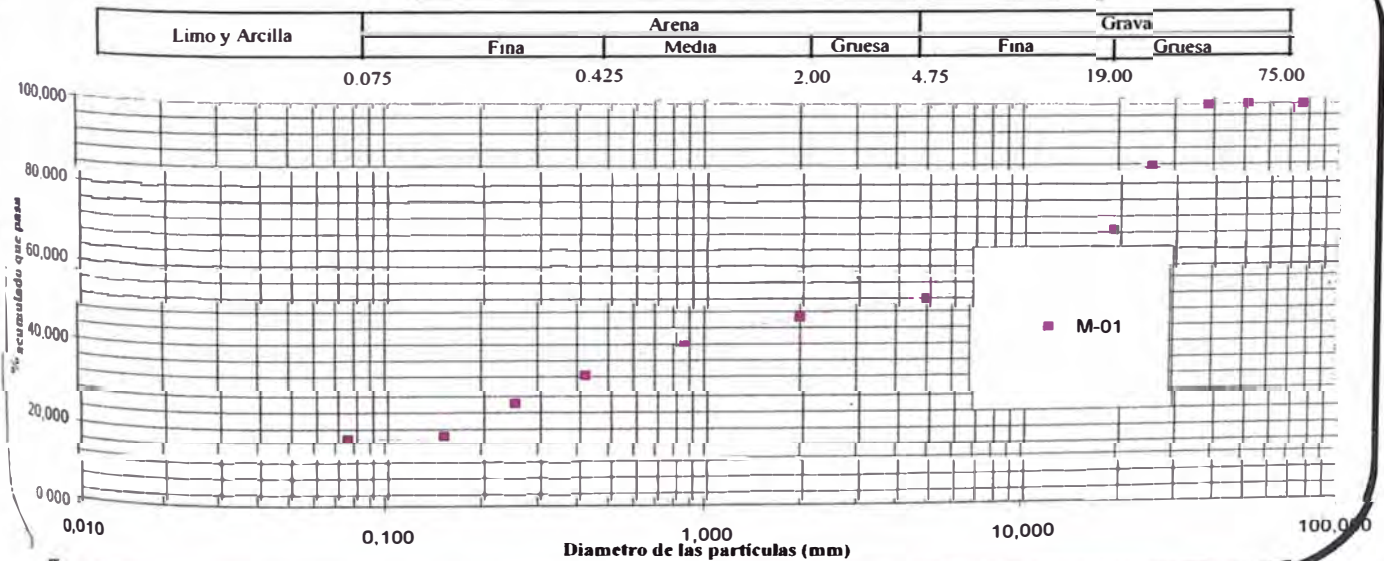
## LABORATORIO GEOTECNICO

### ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

**FORME** : I.G97-008  
**SOLICITANTE** : GKW - SANIPLAN  
**PROYECTO** : Lagunas de Estabilizacion "San Jose"  
**UBICACION** : Chiclayo  
**FECHA** : FEBRERO.1997

Muestreo		Nucleo				
Muestra		M-01				
Profundidad (m)		1				
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	3 "	75,000	100.00			
	2 "	50,000	100.00			
	1 1/2 "	37,500	100.00			
	1 "	25,000	84.32			
	3/4 "	19,000	68.54			
	3/8 "	9,500	56.07			
	N° 004	4,750	51.89			
	N° 010	2,000	46.55			
	N° 020	0,850	40.63			
	N° 040	0,425	32.38			
	N° 060	0,250	26.28			
N° 140	0,150	18.36				
N° 200	0,075	17.52				
Contenido de Humedad (%)		5.42				
Límite Líquido (LL) (%)		NP				
Límite Plástico (LP) (%)		NP				
Límite Contracción (LC) (%)						
Índice Plástico (IP) (%)		NP				
Clasificación (S.U.C.S.)		GC				
Clasificación (AASHTO)						
Descripción (AASHTO)						

### CURVA GRANULOMETRICA



# **ENSAYOS DE PROCTOR ESTANDAR**

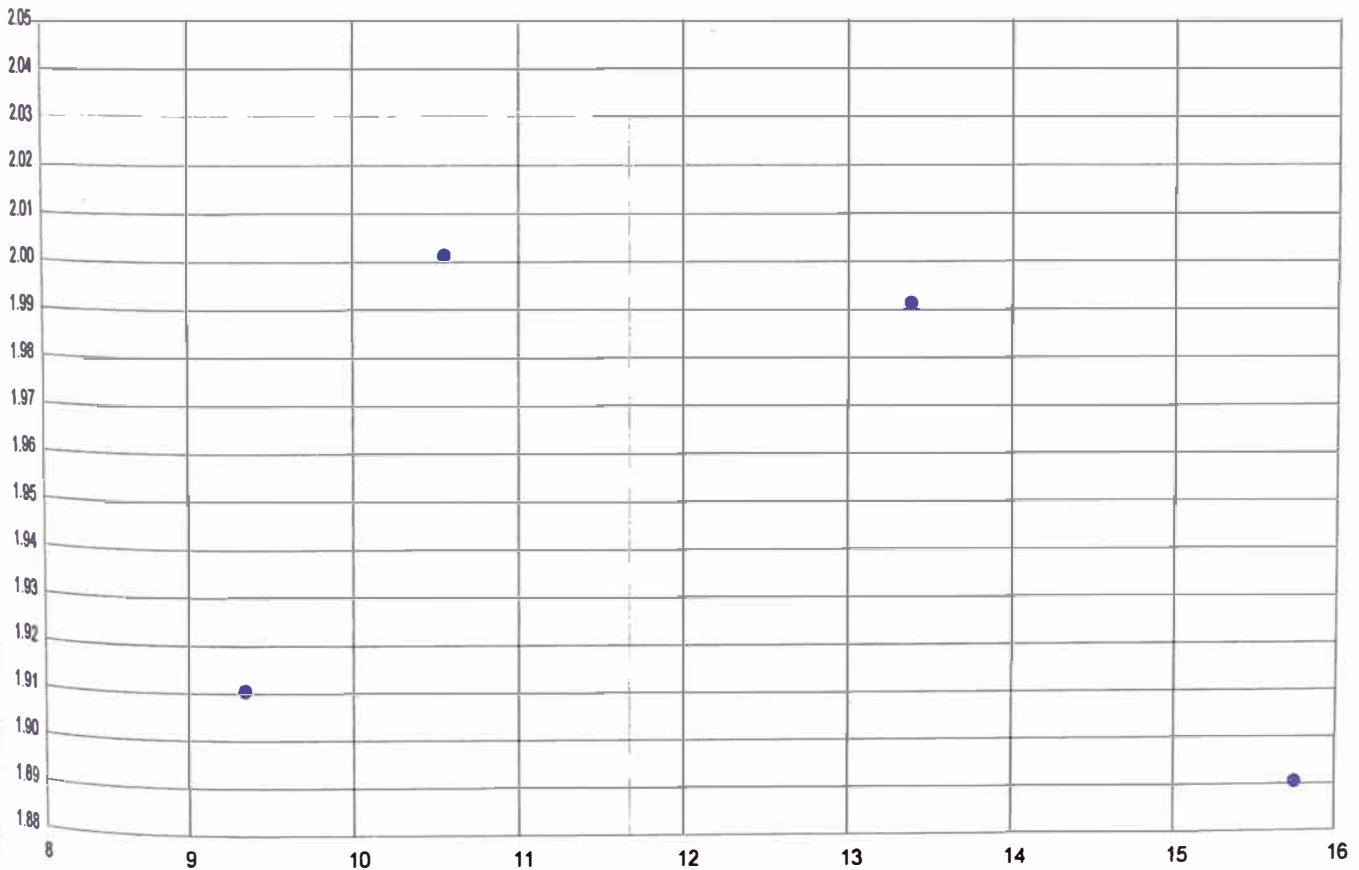
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**

FORMEN	:	LG97-006
PROYECTO	:	Lag de oxid
CLIENTE	:	GKW-SANIP
UBICACIÓN	:	CHICLAYO

ALICATA	:	Capa Impermeable	ENSAYO	:	PROCTOR MODIFICADO
MUESTRA	:	M-1	METODO	:	METODO A
GRASA	:	5	NORMA	:	ASTM D 1557 Y ASTM D1883

**Próctor Modificado ASTM D1557**

Molde	I	II	III	IV	
D. Seca	2,00	1,99	1,89	1,91	
Humedad	10,54	13,34	15,68	9,34	
$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> ) =	2,030			OCH (%) =	11,64



**ANEXO III**  
**ENSAYOS ESPECIALES**

# **ENSAYO TRIAXIAL**

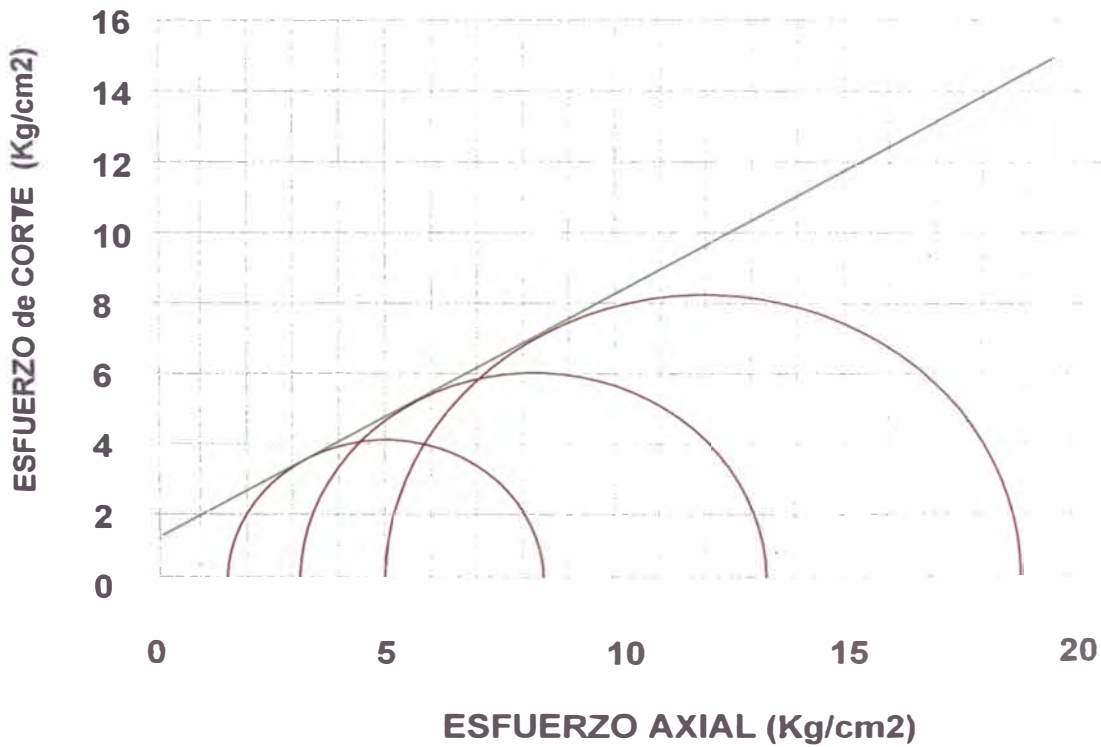
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
LABORATORIO GEOTECNICO-CISMID

INFORME N° LG-011

PROYECTO : LAGUNA DE ESTABILIZACION DE CHICLAYO  
LUGAR : CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
TIPO DE ENSAYO : UU  
CALICATA :  
MUESTRA : CANTERA 1  
PROF. :  
CLASIFICACION (SUCS) : SC  
FECHA : FEBRERO 1996

$$C=1.37 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\phi=34.5^\circ$$

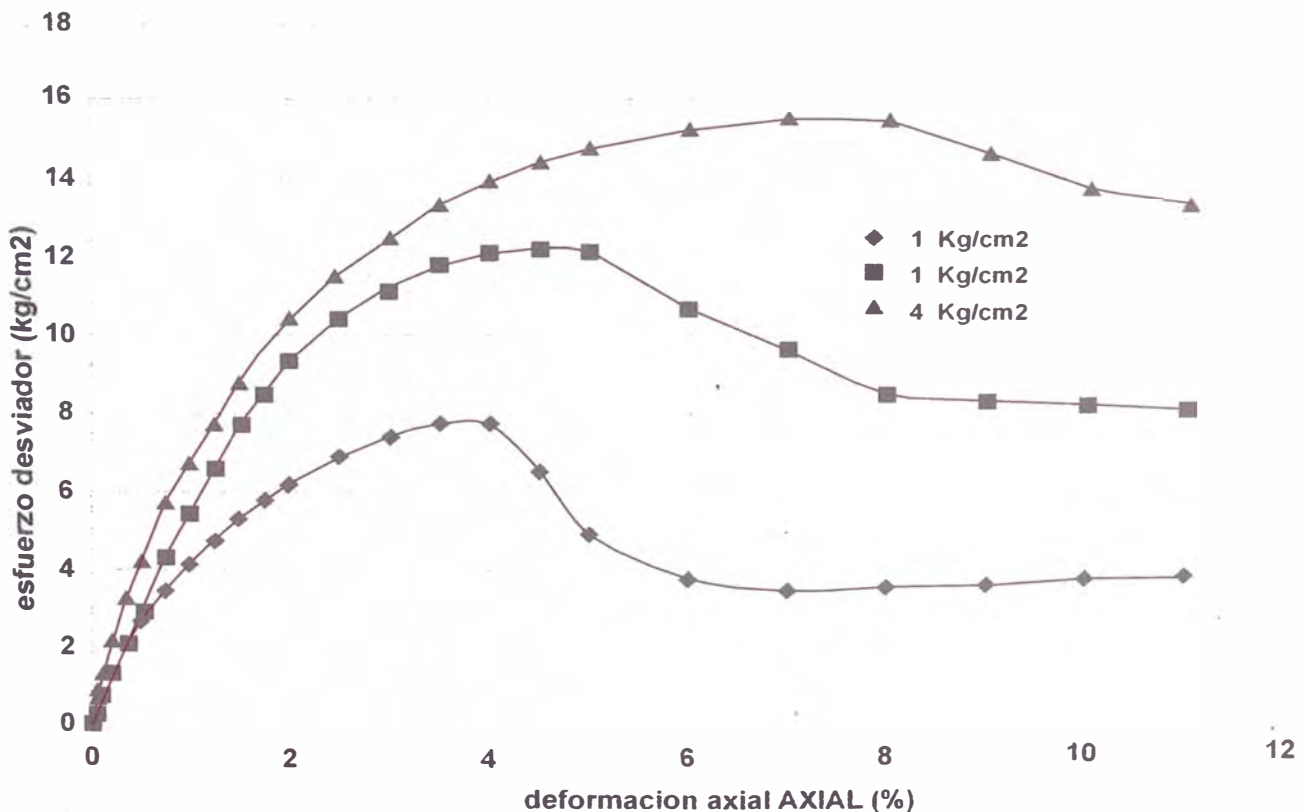


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
LABORATORIO GEOTECNICO-CISMID

INFORME N° LG-011

PROYECTO : LAGUNA DE ESTABILIZACION DE CHICLAYO  
LUGAR : CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
TIPO DE ENSAYO : UU  
CALICATA :  
MUESTRA : CANTERA 1  
PROF. : SUPERFICIAL  
CLASIFICACION (SUCS) : SC  
FECHA : FEBRERO 1996

ESFUERZO DESVIADOR vs DEFORMACION AXIAL

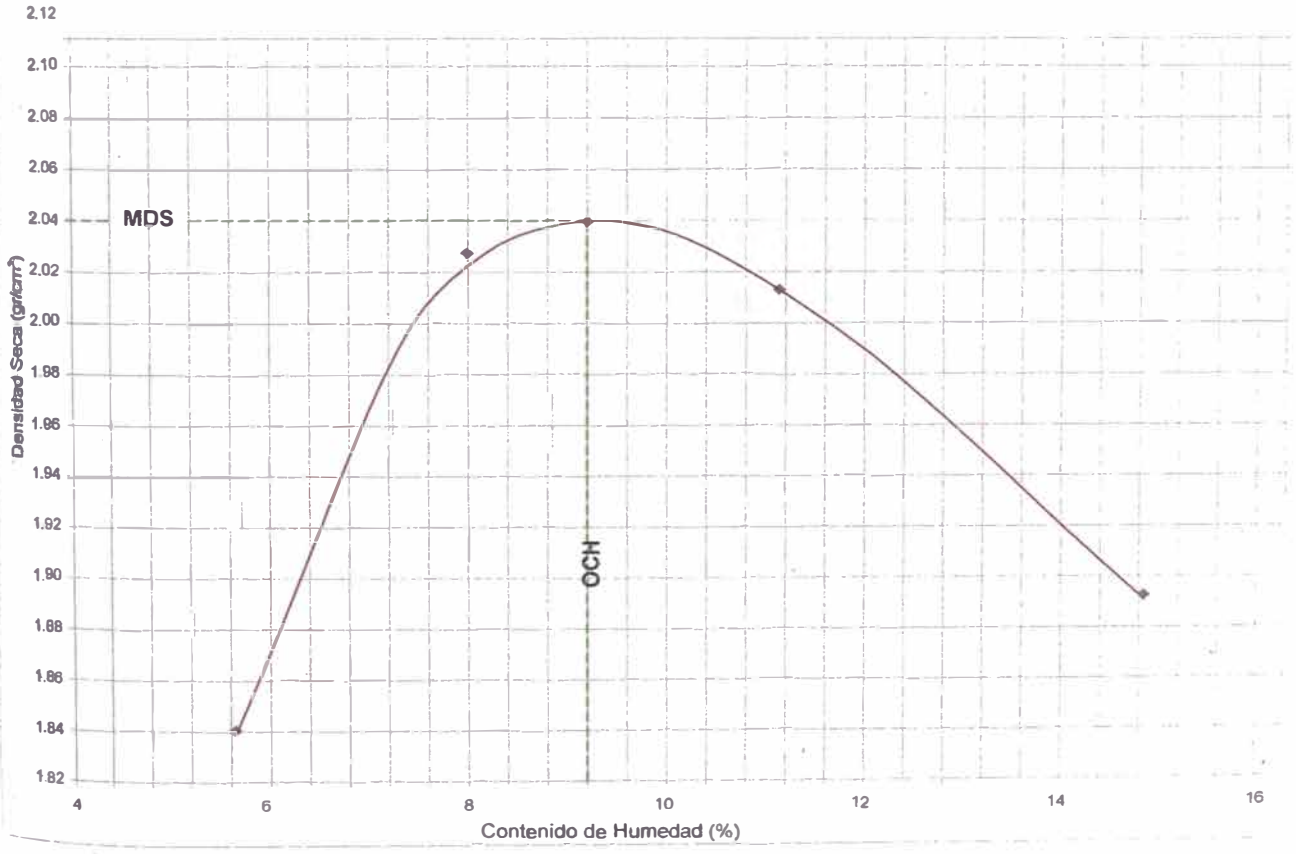


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL-CISMI**  
**PROCTOR MODIFICADO**  
 LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : LAGUNA DE ESTABILIZACION  
 SOLICITANTE : SANIPLAN  
 UBICACIÓN : CHICLAYO - LAMBAYEQUE

GALICATA : CANTERA 1  
 MUESTRA : M-1  
 CAPA : 5  
 ENSAYO : PROCTOR MODIFICADO  
 METODO : METODO A  
 NORMA : ASTM D 1557

Próctor Modificado ASTM D1557					
Molde	I	II	III	IV	
D. Seca	1.84	2.01	2.01	1.89	
Humedad	5.64	7.57	11.13	14.75	
MDS (g/cm3) =	2.04		OCH (%) = 9.20		



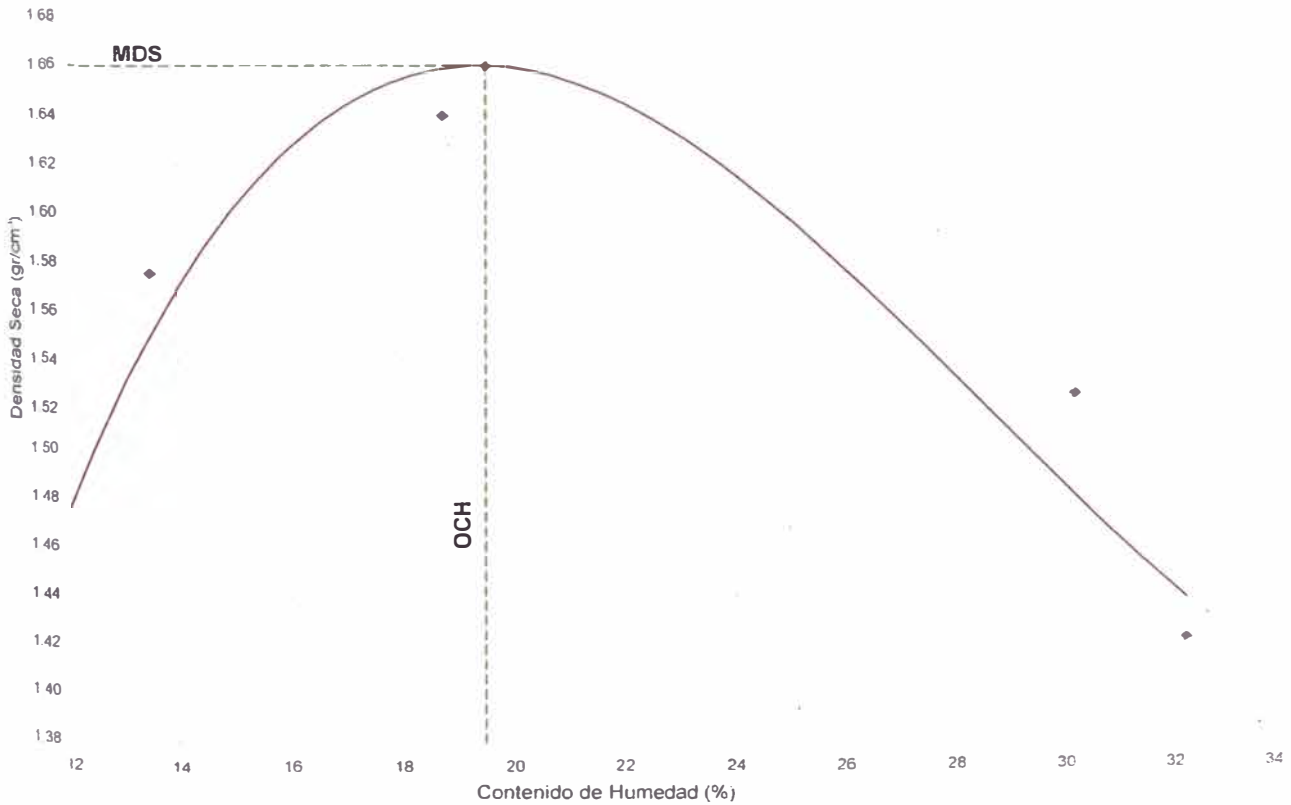


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL-CISMID**  
**PROCTOR MODIFICADO**  
 LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO	LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"	FECHA	FEB 1996
SOLICITANTE	SANIPLAN	EJECUTADO	CISMID
UBICACIÓN	CHICLAYO	CLASIFICACION:	MH

CALICATA	CANTERA 2	ENSAYO	PROCTOR MODIFICADO
MUESTRA	M-1	METODO	A
CAPA	5	NORMA	ASTM D 1557

Próctor Modificado ASTM D1557				
Molde	I	II	III	IV
D. Seca	1.57	1.66	1.52	1.42
Humedad	12.24	18.73	27.53	32.05
MDS (g/cm <sup>3</sup> ) =	1.660		OCH (%) =	19.50



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID  
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL**

MUESTRA	CANTERA 1
PROFUNDIDAD (m)	
CLASIFICACION (SUCS)	SC
ESTADO	REMOLDEADO (Proctor Modificado)
TIPÒ DE ENSAYO	UU NO CONSOLIDADO-NO DRENADO
VELOCIDAD DE CARGA	0,50 mm/min
FECHA	FEBRERO_96

especimen	1
diametro	4,96 cm
altura :	9,99 cm
densidad seca	2,05 gr/cm <sup>3</sup>
humedad inicial	9,17%
humedad final	9,17%
presion de celda inicial	1,0 kg/cm <sup>2</sup>
contra presion inicial	0,0 kg/cm <sup>2</sup>
esf. Efectivo sigma 3 inicial	1,0 kg/cm <sup>2</sup>

Def (%)	Esf. Desv kg/cm <sup>2</sup>	P,P, kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1$ kg/cm <sup>2</sup>	P kg/cm <sup>2</sup>	Q kg/cm <sup>2</sup>	2Q kg/cm <sup>2</sup>	Q/P	OBLIC $\sigma_1/\sigma_3$
0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00
0,05	0,57	0,00	1,00	1,57	1,29	0,29	0,57	0,22	1,57
0,10	0,85	0,00	1,00	1,85	1,43	0,43	0,85	0,30	1,85
0,20	1,45	0,00	1,00	2,45	1,73	0,73	1,45	0,42	2,45
0,35	2,18	0,00	1,00	3,18	2,09	1,09	2,18	0,52	3,18
0,50	2,71	0,00	1,00	3,71	2,36	1,36	2,71	0,58	3,71
0,75	3,52	0,00	1,00	4,52	2,76	1,76	3,52	0,64	4,52
1,00	4,21	0,00	1,00	5,21	3,11	2,11	4,21	0,68	5,21
1,25	4,83	0,00	1,00	5,83	3,42	2,42	4,83	0,71	5,83
1,50	5,36	0,00	1,00	6,36	3,68	2,68	5,36	0,73	6,36
1,75	5,81	0,00	1,00	6,81	3,91	2,91	5,81	0,74	6,81
2,00	6,24	0,00	1,00	7,24	4,12	3,12	6,24	0,76	7,24
2,50	6,93	0,00	1,00	7,93	4,47	3,47	6,93	0,78	7,93
3,00	7,46	0,00	1,00	8,46	4,73	3,73	7,46	0,79	8,46
3,50	7,80	0,00	1,00	8,80	4,90	3,90	7,80	0,80	8,80
4,00	7,77	0,00	1,00	8,77	4,89	3,89	7,77	0,80	8,77
4,50	6,59	0,00	1,00	7,59	4,30	3,30	6,59	0,80	7,59
5,00	4,97	0,00	1,00	5,97	3,49	2,49	4,97	0,77	5,97
6,00	3,82	0,00	1,00	4,82	2,91	1,91	3,82	0,71	4,82
7,00	3,52	0,00	1,00	4,52	2,76	1,76	3,52	0,66	4,52
8,00	3,60	0,00	1,00	4,60	2,80	1,80	3,60	0,64	4,60
9,00	3,61	0,00	1,00	4,60	2,81	1,81	3,61	0,64	4,60
10,00	3,73	0,00	1,00	4,73	2,87	1,87	3,73	0,65	4,73
11,00	3,76	0,00	1,00	4,76	2,88	1,88	3,76	0,65	4,76
12,00	3,90	0,00	1,00	4,90	2,95	1,95	3,90	0,66	4,90

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID  
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL**

MUESTRA

CANTERA 1

PROFUNDIDAD (m)

CLASIFICACION (SUCS)

SC

ESTADO

REMOLDEADO (Proctor Modificado)

TIPO DE ENSAYO

U,U, NO CONSOLIDADO-NO DRENADO

VELOCIDAD DE CARGA

0,50 mm/min

FECHA

FEBRERO\_96

especimen

2

diametro

4,92 cm

densidad seca

9,978 cm

humedad inicial

2,04 gr/cm<sup>3</sup>

humedad final

9,18%

presion de celda inicial

9,18%

contra presion inicial

2,0 kg/cm<sup>2</sup>

esf. Efectivo sigma 3 inicial

0,0 kg/cm<sup>2</sup>

2,0 kg/cm<sup>2</sup>

Def	Esf. Desv	P,P,	$\sigma_3$	$\sigma_1$	P	Q	2Q	Q/P	OBLIC
(%)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		$\sigma_1/\sigma_3$
0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	2,00	0,00	0,00	0,00	1,00
0,05	0,27	0,00	2,00	2,27	2,14	0,14	0,27	0,06	1,14
0,10	0,80	0,00	2,00	2,80	2,40	0,40	0,80	0,17	1,40
0,20	1,35	0,00	2,00	3,35	2,68	0,68	1,35	0,25	1,68
0,35	2,08	0,00	2,00	4,08	3,04	1,04	2,08	0,34	2,04
0,50	2,98	0,00	2,00	4,98	3,49	1,49	2,98	0,43	2,49
0,75	4,32	0,00	2,00	6,32	4,16	2,16	4,32	0,52	3,16
1,00	5,49	0,00	2,00	7,49	4,75	2,75	5,49	0,58	3,75
1,25	6,64	0,00	2,00	8,64	5,32	3,32	6,64	0,62	4,32
1,50	7,78	0,00	2,00	9,78	5,89	3,89	7,78	0,66	4,89
1,75	8,50	0,00	2,00	10,50	6,25	4,25	8,50	0,68	5,25
2,00	9,38	0,00	2,00	11,38	6,69	4,69	9,38	0,70	5,69
2,50	10,47	0,00	2,00	12,47	7,24	5,24	10,47	0,72	6,24
3,00	11,16	0,00	2,00	13,16	7,58	5,58	11,16	0,74	6,58
3,50	11,84	0,00	2,00	13,84	7,92	5,92	11,84	0,75	6,92
4,00	12,15	0,00	2,00	14,15	8,08	6,08	12,15	0,75	7,08
4,50	12,26	0,00	2,00	14,26	8,13	6,13	12,26	0,75	7,13
5,00	12,19	0,00	2,00	14,19	8,10	6,10	12,19	0,75	7,10
6,00	10,73	0,00	2,00	12,73	7,37	5,37	10,73	0,73	6,37
7,00	9,69	0,00	2,00	11,69	6,85	4,85	9,69	0,71	5,85
8,00	8,57	0,00	2,00	10,57	6,29	4,29	8,57	0,68	5,29
9,00	8,36	0,00	2,00	10,36	6,18	4,18	8,36	0,68	5,18
10,00	8,26	0,00	2,00	10,26	6,13	4,13	8,26	0,67	5,13
11,00	8,11	0,00	2,00	10,11	6,06	4,06	8,11	0,67	5,06
12,00	7,97	0,00	2,00	9,97	5,99	3,99	7,97	0,67	4,99

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID  
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL**

MUESTRA	CANTERA 1
PROFUNDIDAD (m)	
CLASIFICACION (SUCS)	SC
ESTADO	REMOLDEADO (Proctor Modificado)
TIPÒ DE ENSAYO	U,U, NO CONSOLIDADO-NO DRENADO
VELOCIDAD DE CARGA	0,50 mm/min
FECHA	FEBRERO_96

especimen	3
diametro	4,96 cm
densidad seca	10,01 cm
humedad inicial	2,04 gr/cm3
humedad final	9,21%
presion de celda inicial	9,21%
contra presion inicial	4,0 kg/cm2
esf. Efectivo sigma 3 inicial	0,0 kg/cm2
	4,0 kg/cm2

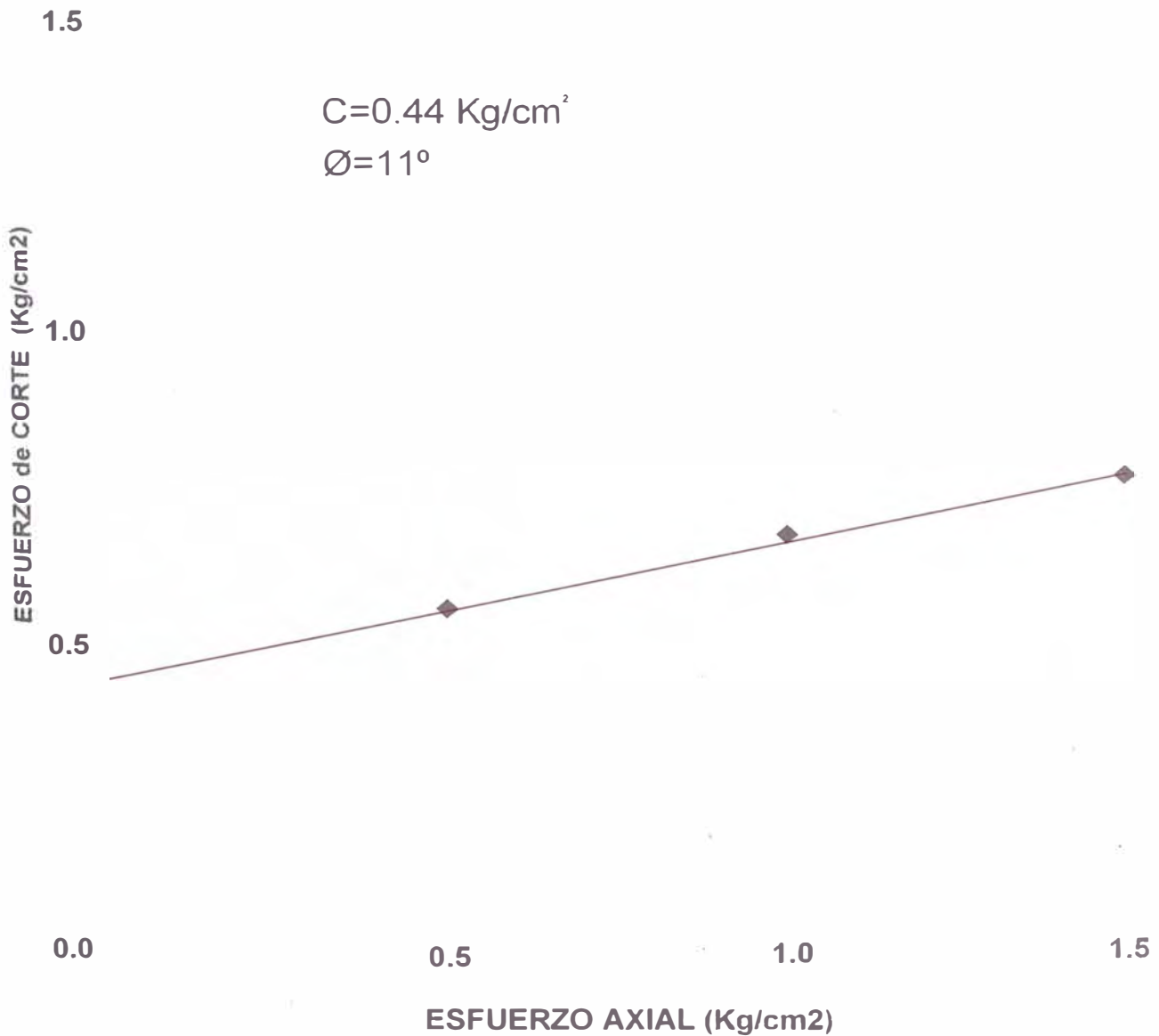
Def	Esf. Desv	P,P,	$\sigma_3$	$\sigma_1$	P	Q	2Q	Q/P	OBLIC
(%)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		$\sigma_1/\sigma_3$
0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	0,00	0,00	0,00	1,00
0,05	0,91	0,00	4,00	4,91	4,46	0,46	0,91	0,10	1,23
0,10	1,36	0,00	4,00	5,36	4,68	0,68	1,36	0,15	1,34
0,20	2,21	0,00	4,00	6,21	5,11	1,11	2,21	0,22	1,55
0,35	3,31	0,00	4,00	7,31	5,66	1,66	3,31	0,29	1,83
0,50	4,27	0,00	4,00	8,27	6,14	2,14	4,27	0,35	2,07
0,75	5,79	0,00	4,00	9,79	6,90	2,90	5,79	0,42	2,45
1,00	6,76	0,00	4,00	10,76	7,38	3,38	6,76	0,46	2,69
1,25	7,78	0,00	4,00	11,78	7,89	3,89	7,78	0,49	2,95
1,50	8,81	0,00	4,00	12,81	8,41	4,41	8,81	0,52	3,20
1,75	9,47	0,00	4,00	13,47	8,74	4,74	9,47	0,54	3,37
2,00	10,47	0,00	4,00	14,47	9,24	5,24	10,47	0,57	3,62
2,50	11,46	0,00	4,00	15,46	9,73	5,73	11,46	0,59	3,87
3,00	12,53	0,00	4,00	16,53	10,27	6,27	12,53	0,61	4,13
3,50	13,39	0,00	4,00	17,39	10,70	6,70	13,39	0,63	4,35
4,00	14,01	0,00	4,00	18,01	11,01	7,01	14,01	0,64	4,50
4,50	14,52	0,00	4,00	18,52	11,26	7,26	14,52	0,64	4,63
5,00	14,87	0,00	4,00	18,87	11,44	7,44	14,87	0,65	4,72
6,00	15,35	0,00	4,00	19,35	11,68	7,68	15,35	0,66	4,84
7,00	15,64	0,00	4,00	19,64	11,82	7,82	15,64	0,66	4,91
8,00	15,60	0,00	4,00	19,60	11,80	7,80	15,60	0,66	4,90
9,00	14,76	0,00	4,00	18,76	11,38	7,38	14,76	0,65	4,69
10,00	13,86	0,00	4,00	17,86	10,93	6,93	13,86	0,63	4,47
11,00	13,49	0,00	4,00	17,49	10,75	6,75	13,49	0,63	4,37
12,00	13,21	0,00	4,00	17,21	10,61	6,61	13,21	0,62	4,30

# **CORTE DIRECTO**

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

INFORME N° 111- LMS-FICSA-95

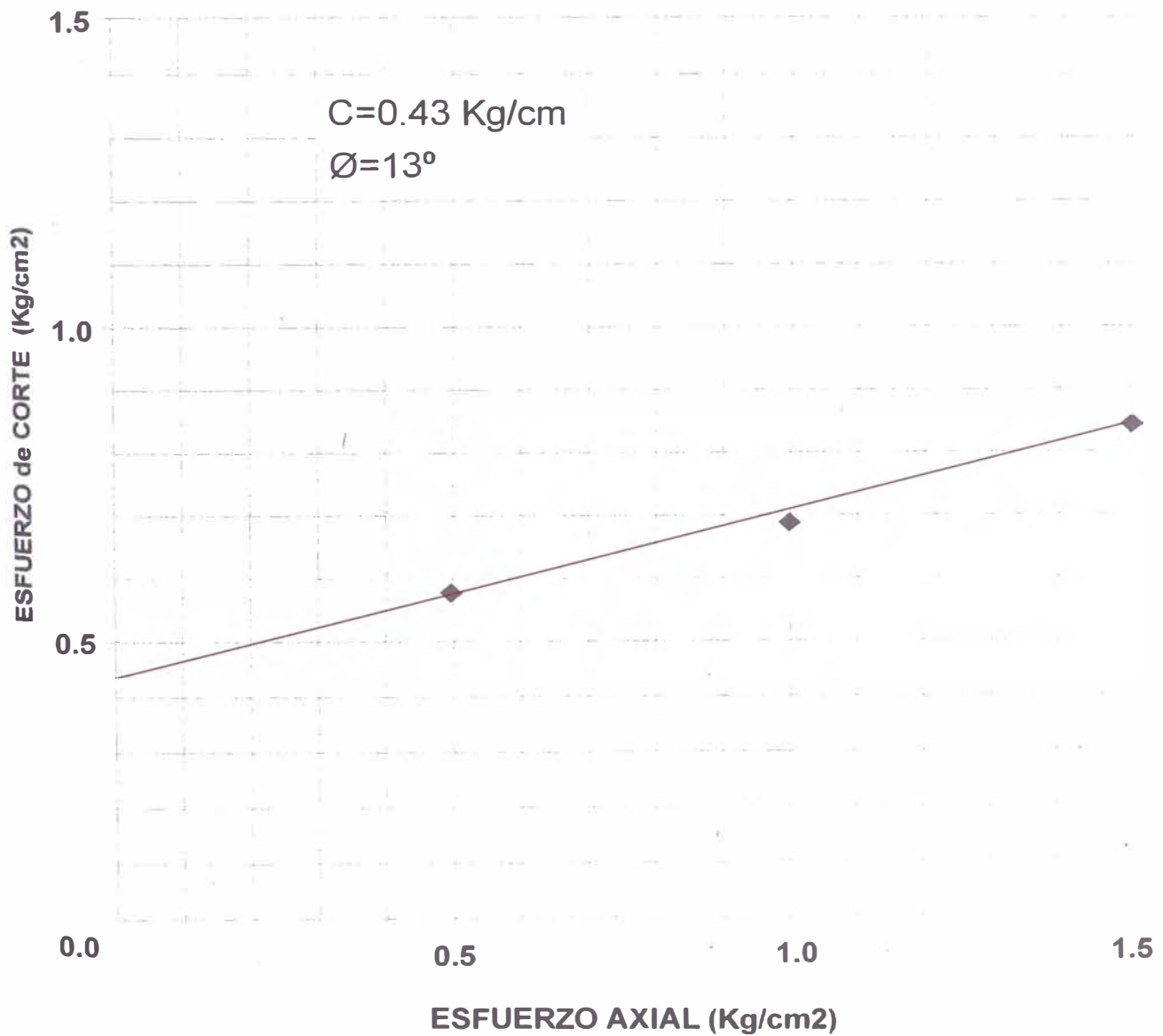
PROYECTO : LAGUNA DE ESTABILIZACION DE CHICLAYO  
LUGAR : CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
TIPO DE ENSAYO : CORTE DIRECTO  
CALICATA : L-10A  
MUESTRA :  
PROF. : 1.40 m  
CLASIFICACION (SUCS) : CH  
FECHA : DIC 1995



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

INFORME N° 111- LMS-FICSA-95

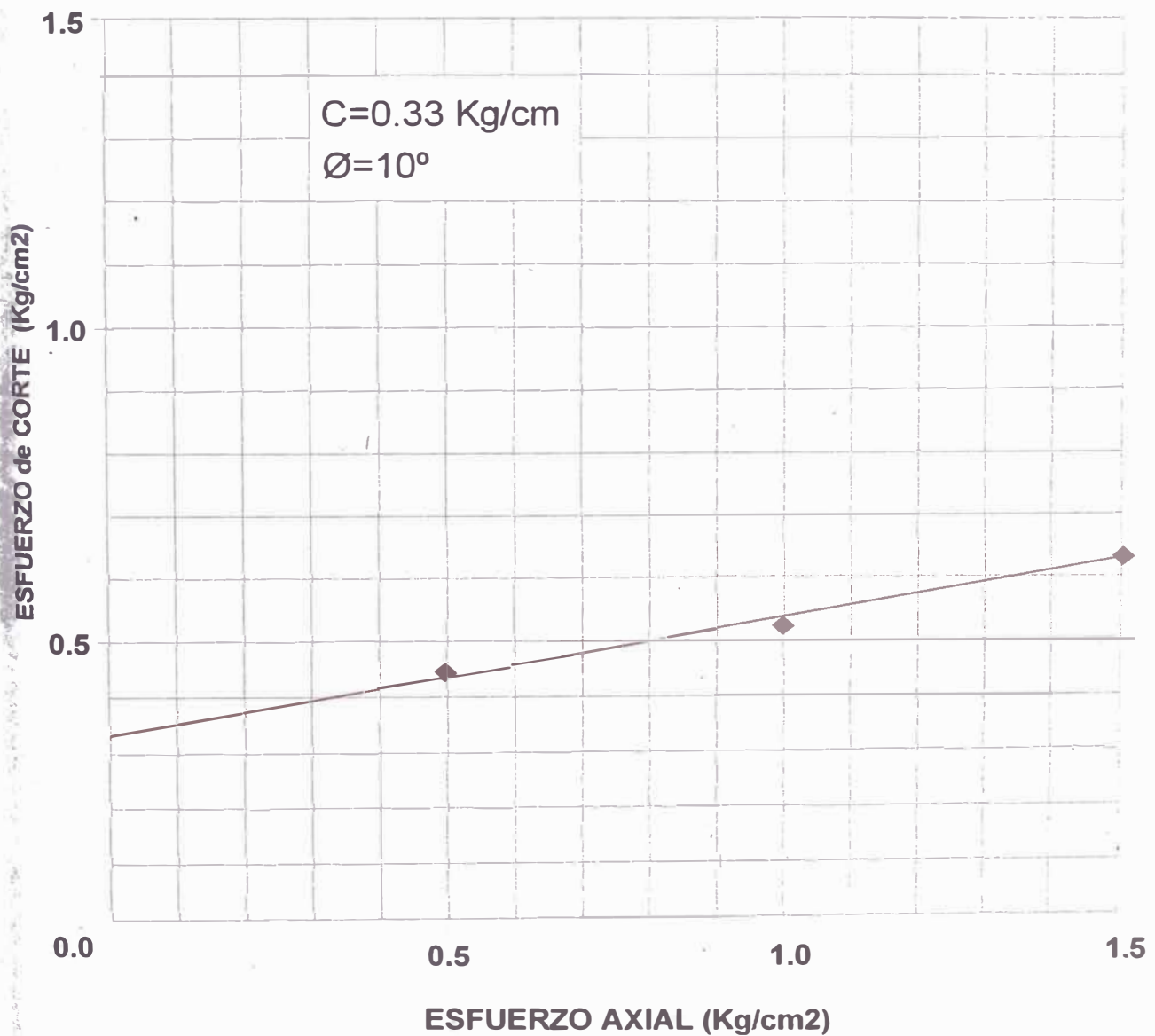
PROYECTO : LAGUNA DE ESTABILIZACION DE CHICLAYO  
LUGAR : CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
TIPO DE ENSAYO : CORTE DIRECTO  
CALICATA : L-6  
MUESTRA :  
PROF. : 1.25 m  
CLASIFICACION (SUCS) : SC  
FECHA : DIC 1995



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

INFORME N° 111- LMS-FICSA-95

PROYECTO : LAGUNA DE ESTABILIZACION DE CHICLAYO  
LUGAR : CHICLAYO - LAMBAYEQUE  
TIPO DE ENSAYO : CORTE DIRECTO  
CALICATA : L-2  
MUESTRA :  
PROF. : 1.10m  
CLASIFICACION (SUCS) : CH  
FECHA : DIC 1995



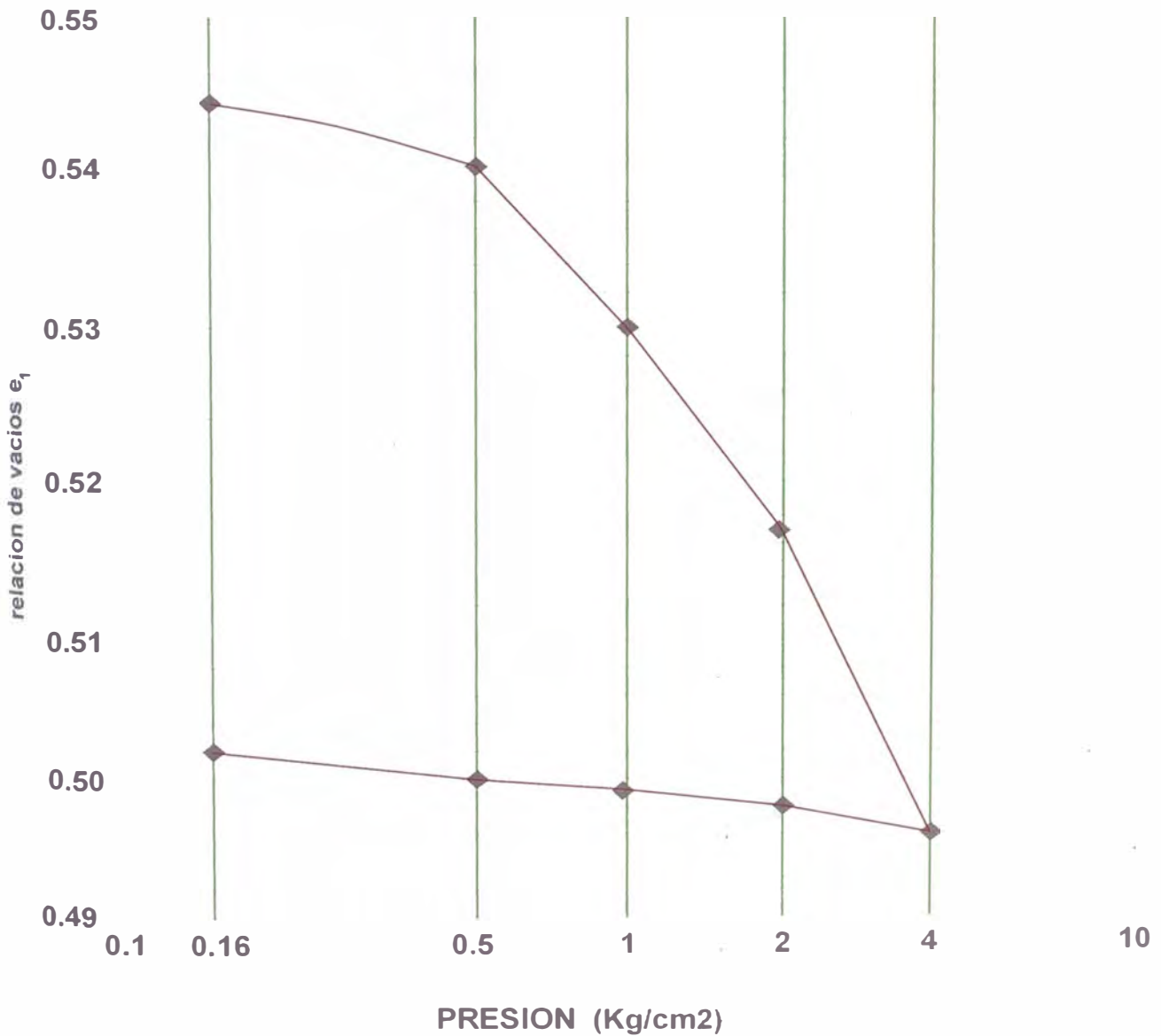


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

INFORME N° 111- LMS-FICSA-95

PROYECTO : LAGUNA DE ESTABILIZACION DE CHICLAYO  
SOLICITADO : SANIPLAN  
LUGAR : PAMPA DE PERROS  
CALICATA : C-6  
PROF. : 1.25 m  
CLASIFICACION (SUCS) : SC  
FECHA : DIC 1995

$e_s = 0.549$   
 $G_s = 2.83$

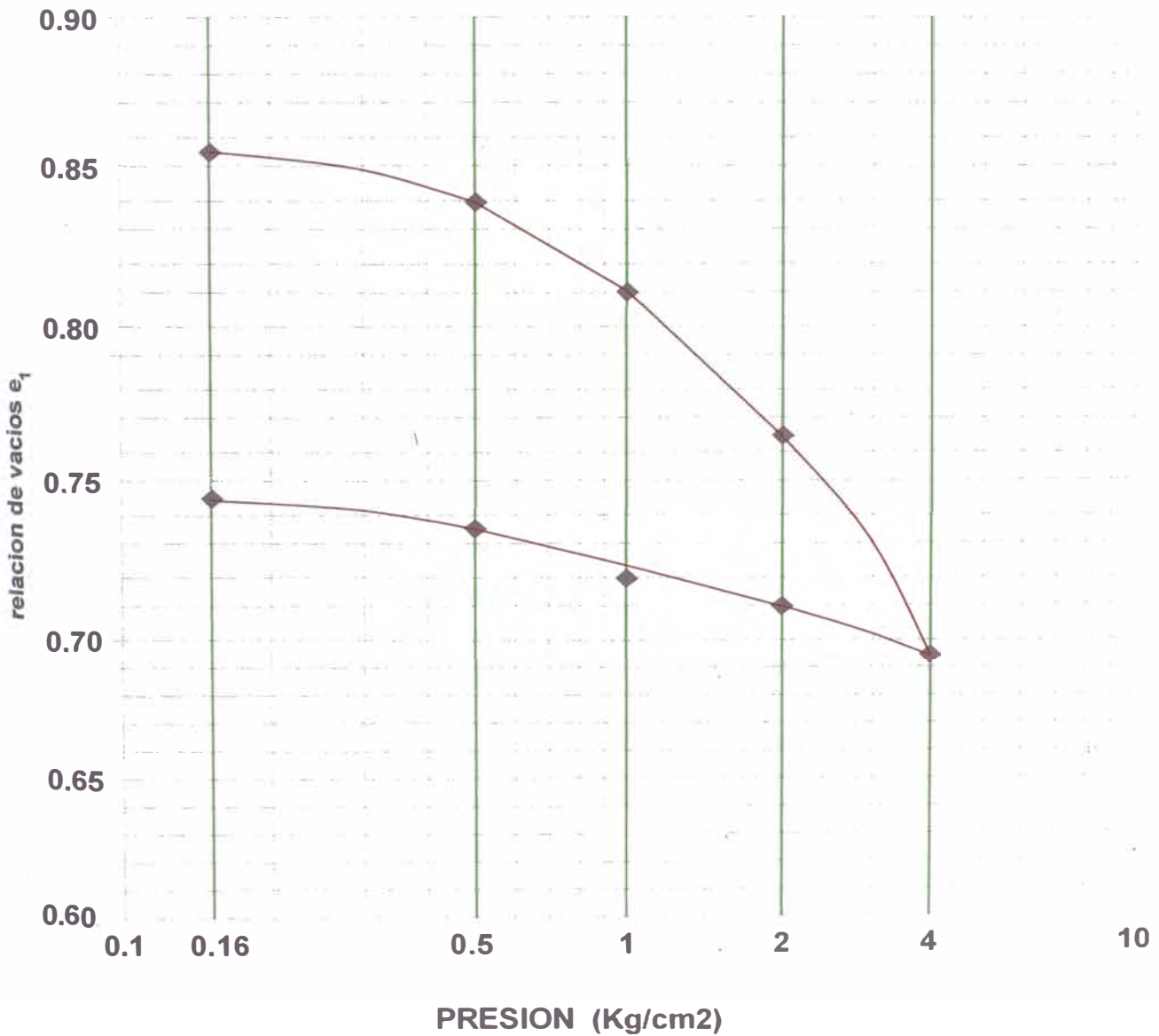


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

INFORME N° 111- LMS-FICSA-95

PROYECTO : LAGUNA DE ESTABILIZACION DE CHICLAYO  
SOLICITADO : SANIPLAN  
LUGAR : PAMPA DE PERROS  
CALICATA : C-2  
PROF. : 1,10 m  
CLASIFICACION (SUCS) : CH  
FECHA : DIC 1995

$e_1 = 0.866$   
 $G_s = 2.73$

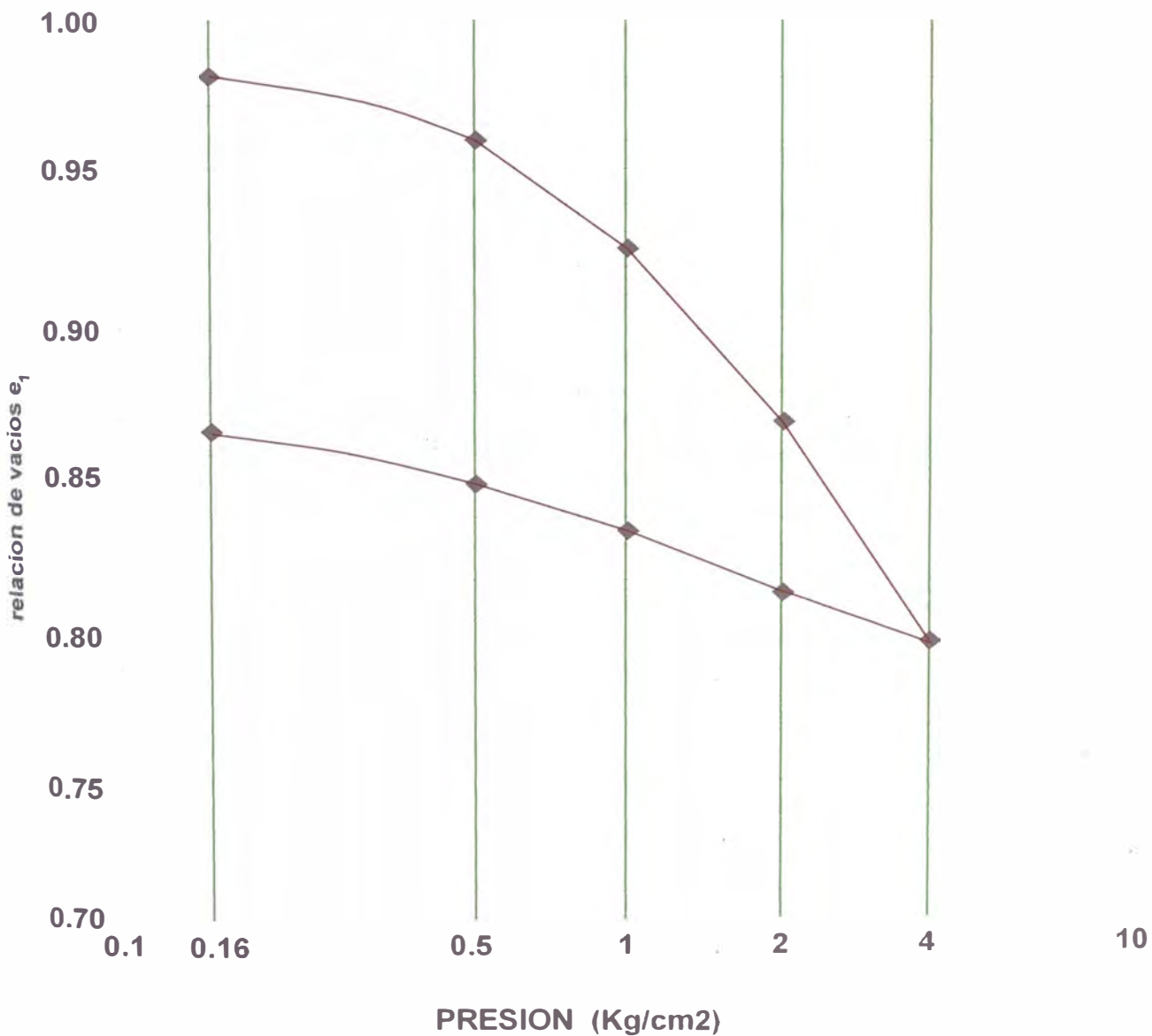


UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

INFORME N° 111- LMS-FICSA-95

PROYECTO : LAGUNA DE ESTABILIZACION DE CHICLAYO  
SOLICITADO : SANIPLAN  
LUGAR : PAMPA DE PERROS  
CALICATA : C-10A  
PROF. : 1.40 m  
CLASIFICACION (SUCS) : CH  
FECHA : DIC 1995

$e_c = 0.988$   
 $G_c = 2.66$



**ANEXO IV**  
**ENSAYOS MEZCLA SUELO**  
**CEMENTO**

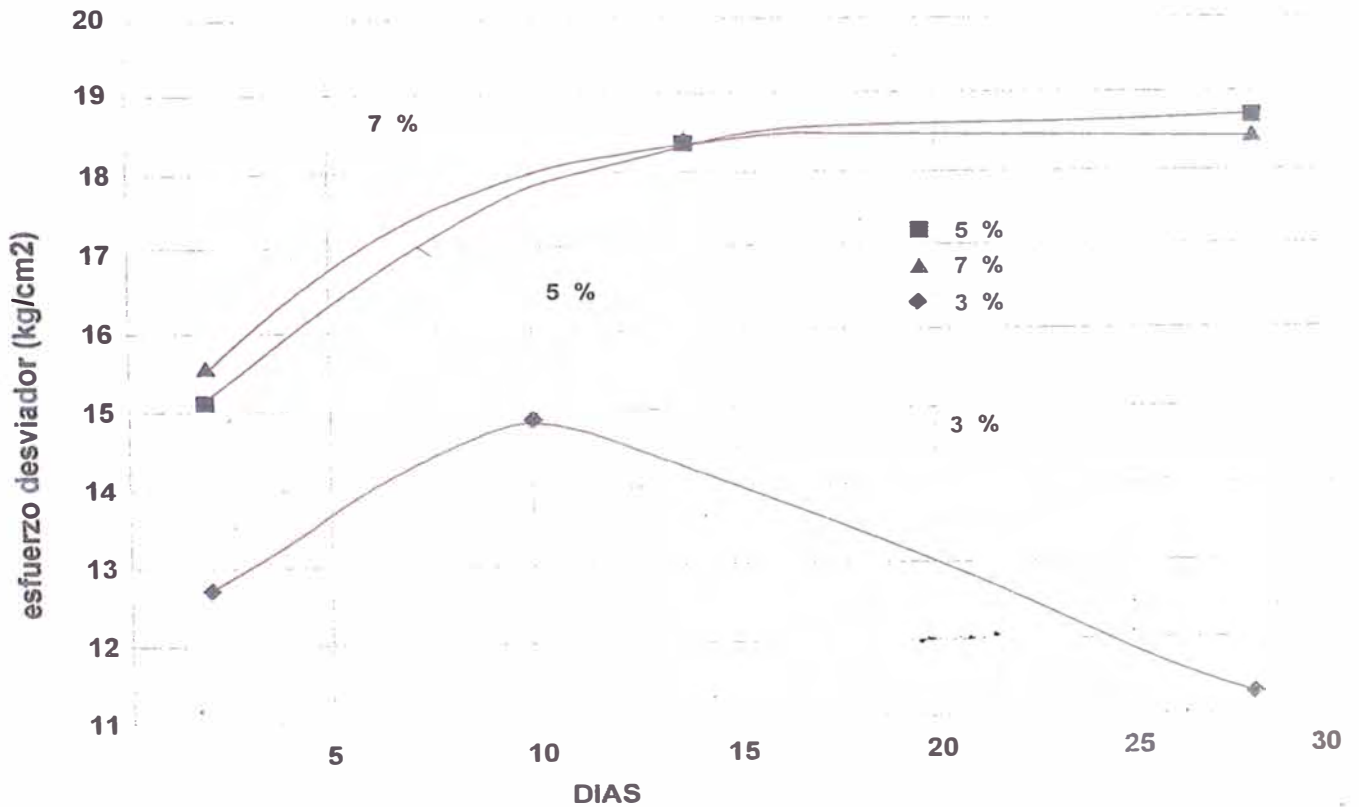
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO GEOTECNICO-CISMID  
 EVALUACION : MEZCLA SUELO - CEMENTO**

**INFORME : LG-011**  
**PROYECTO : GKW - SANIPLAN**  
**UBICACION : CHICLAYO - LAMBAYEQUE**  
**TIPO DE ENSAYO : UU**  
**CALICATA : CANTERA IMPERMEABLE**  
**MUESTRA : M - 11**  
**PROF. : 1.00**  
**CLASIFICACION (SUCS) : SC**  
**FECHA : FEBRERO 1997**

**ESFUERZO AXIAL PROMEDIO (kg/cm<sup>2</sup>)**

% CEMENTO EN PESO	0 dias	7 dias	14 dias	28 dias
0 %	5.65			
3 %		12.80	16.4	11.2
5 %		15.05	18.2	18.6
7 %		15.55	18.2	18.4

**-ESFUERZO DESVIADOR vs DEFORMACION AXIAL**



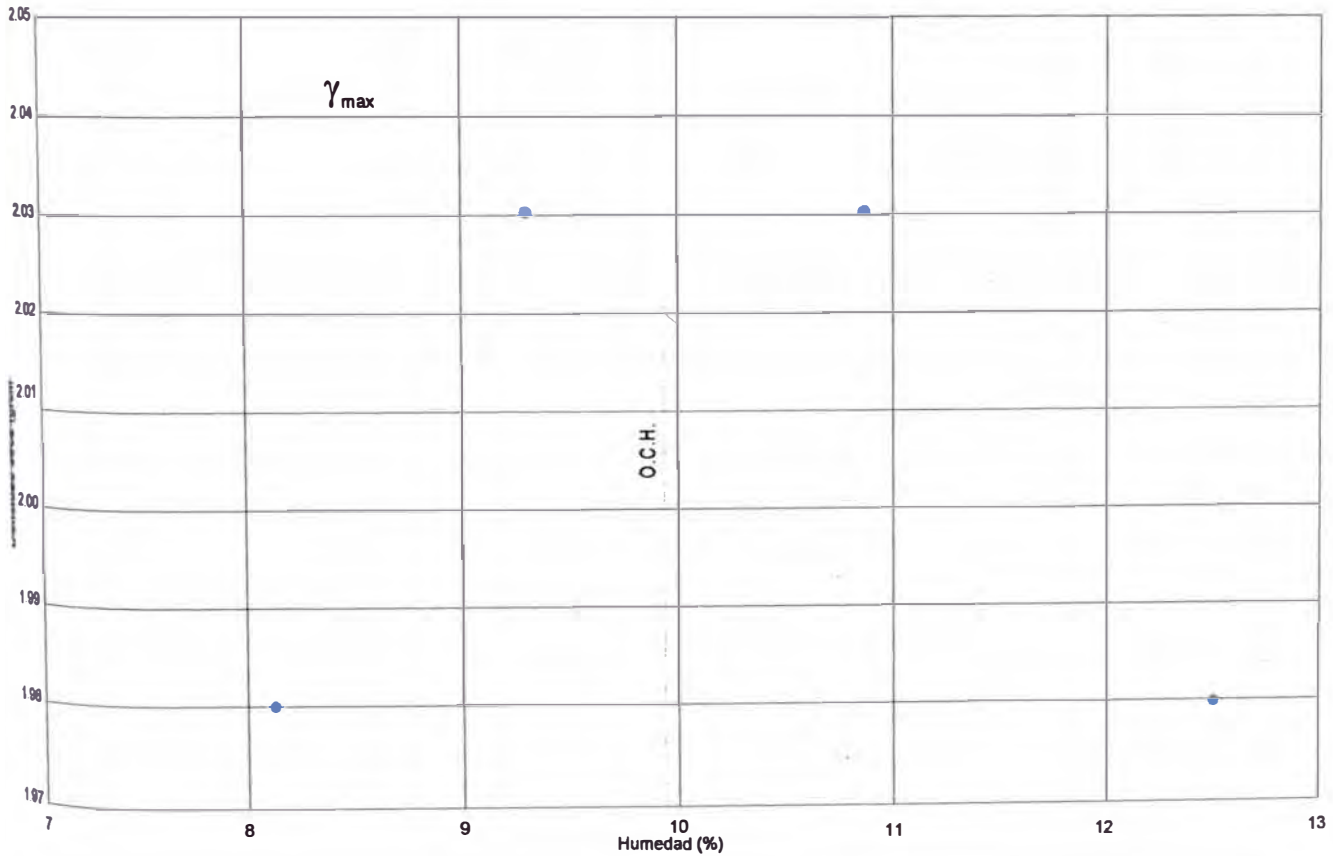
**ENSAYOS DE COMPACTACION  
PROCTOR MODIFICADO  
CON 0% de CEMENTO**

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

FORMEN	: LG97-006		
OBJETO	: Lag de oxid		
YANTE	: GKW-SANIP		
UBICACIÓN	: CHICLAYO		
CATEGORIA		: Capa Impermeable	ENSAYO : PROCTOR MODIFICADO
ESTRATA		: M-1	METODO : METODO A
		: 5	NORMA : ASTM D 1557 Y ASTM D1883

**Próctor Modificado ASTM D1557**

Molde	I	II	III	IV
D. Seca	2.03	2.03	1.98	1.98
Humedad	9.27	10.82	12.44	8.11
$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> ) =	2.038		OCH (%) = 9.88	



**ENSAYOS DE COMPRESION NO CONFINADA  
CON 0% de CEMENTO**



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**

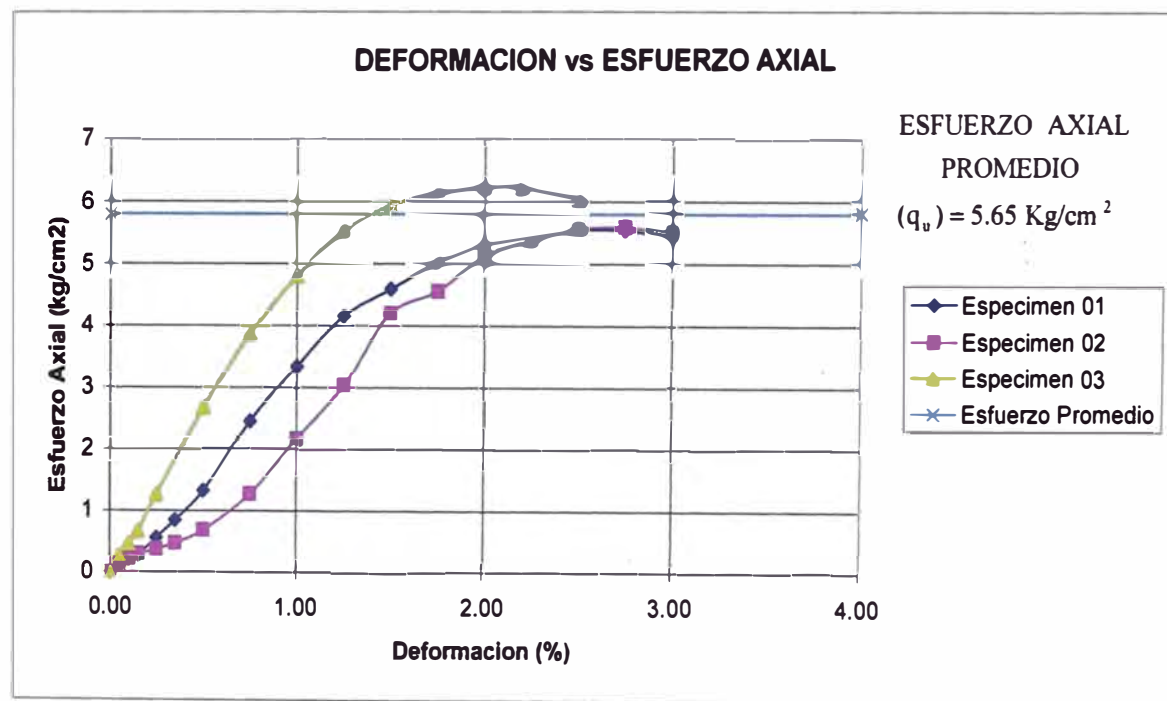
**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM- D2166)**

INFORME N : LG97-006  
 SOLICITANTE : GKW-SANIP  
 PROYECTO : Lag de oxid  
 UBICACIÓN : CHICLAYO  
 FECHA : ENERO DE 1997

CALICATA : Capa Impermeable  
 MUESTRA : M-10  
 CLASIFICACION SUCS : SC  
 ESTADO : Remoldeado(Proctor Modificado)  
 CLASIFICACION SUCS : SC  
 % DE CEMENTO : 0  
 DIAS DE CURADO : 0

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ALTURA (cm)	7.09	7.12	7.09	7.13	7.09	7.15
DIAMETRO (cm)	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.02	2.04	2.02	2.04	1.97
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.85	10.39	9.85	10.07	9.85	12.2

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0	0.00	0	0.00	0
0.05	0.13	0.05	0.14	0.05	0.27
0.10	0.21	0.10	0.22	0.10	0.47
0.15	0.28	0.15	0.3	0.15	0.67
0.25	0.56	0.25	0.38	0.25	1.26
0.35	0.85	0.35	0.48	0.50	2.68
0.50	1.33	0.50	0.69	0.75	3.87
0.75	2.46	0.75	1.28	1.00	4.8
1.00	3.35	1.00	2.18	1.25	5.53
1.25	4.16	1.25	3.04	1.50	5.94
1.50	4.6	1.50	4.21	1.75	6.13
1.75	5.01	1.75	4.56	2.00	6.22
2.00	5.3	2.00	5.13	2.20	6.22
2.50	5.54	2.25	5.37	2.50	6.03
2.75	5.54	2.50	5.56		
3.00	5.44	2.75	5.59		
		3.00	5.5		



**ENSAYOS DE COMPRESION NO CONFINADA  
CON 3% de CEMENTO**

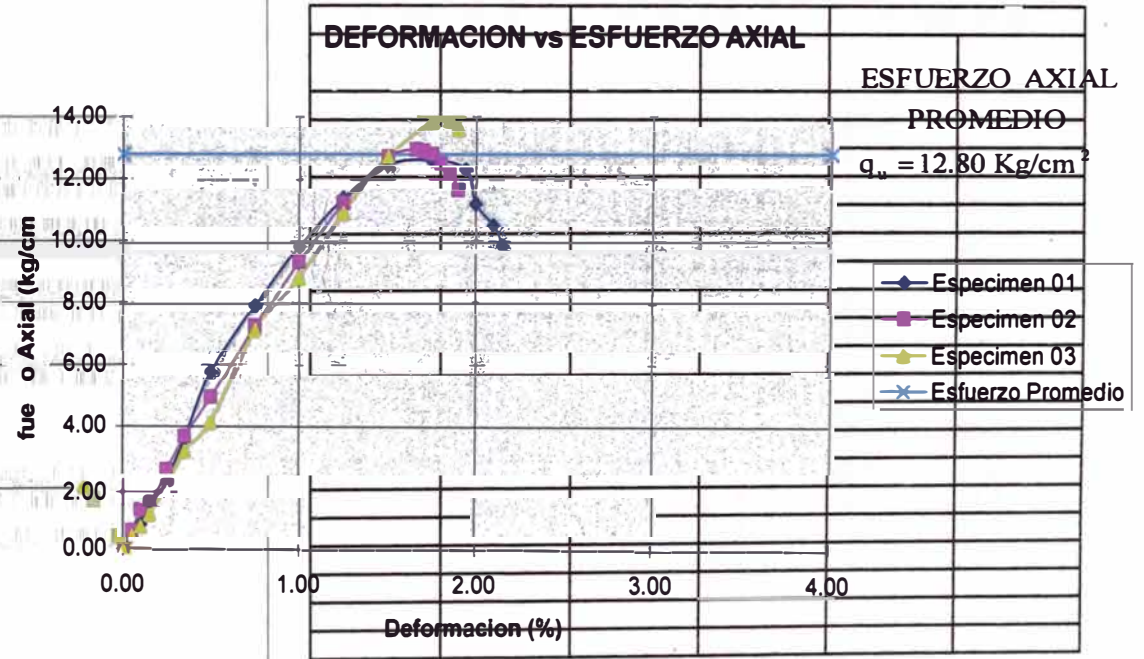
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**

**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM - D2166)**

INFORME N            LG97-006  
SOLICITANTE        GKW-SANIP  
PROYECTO            Lag de oxid  
UBICACIÓN          CHICLAYO  
FECHA                ENERO DE 1997

CALICATA	Capa Impermeable	MUESTRA	M-10	DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
					Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
CLASIFICACION SUCS	SC	ESTADO	Remoldeado (100% Proctor Modificado)	ALTURA (cm)	7.09	7.13	7.09	7.13	7.09	7.12
CLASIFICACION SUCS	SC	% DE CEMENTO	3	DIAMETRO (cm)	3.35	3.36	3.35	3.37	3.35	3.36
DIAS DE CURADO	7			DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2.04	1.99	2.04	1.98	2.04	1.99
				CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.85	11.49	9.85	11.32	9.85	11.36

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.39	0.05	0.61	0.05	0.43
0.10	0.82	0.10	1.28	0.10	0.76
0.15	1.54	0.15	1.66	0.15	1.14
0.25	2.34	0.25	2.62	0.25	2.05
0.35	3.6	0.35	3.69	0.35	3.22
0.50	5.78	0.50	4.95	0.50	4.13
0.75	7.93	0.75	7.25	0.75	7.14
1.00	9.84	1.00	9.34	1.00	8.83
1.25	11.4	1.25	11.25	1.25	10.93
1.50	12.48	1.50	12.72	1.50	12.73
1.75	12.61	1.66	12.96	1.75	13.83
1.94	12.33	1.70	12.91	1.85	13.88
2.00	11.23	1.75	12.82	1.90	13.60
2.10	10.55	1.80	12.52		
2.15	9.87	1.85	12.22		
		1.90	11.67		



**LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**

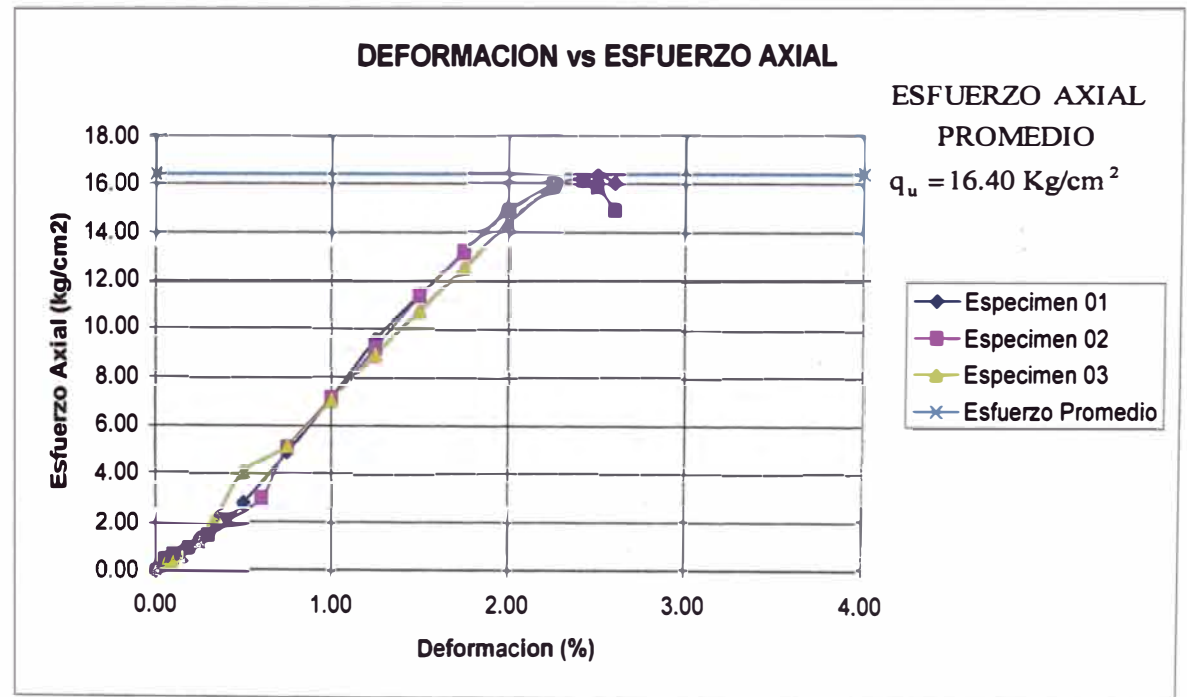
**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM - D2166)**

INFORME N : LG97-006  
 SOLICITANTE : GWK-SANIP  
 PROYECTO : Lag de oxid  
 UBICACIÓN : CHICLAYO  
 FECHA : ENERO DE 1997

CALICATA : Capa Impermeable  
 MUESTRA : M-10  
 CLASIFICACION SUCS : SC  
 ESTADO : Remoldeado(100% Proctor Modificado)  
 CLASIFICACION SUCS : SC  
 % DE CEMENTO : 3  
 DIAS DE CURADO : 14

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ALTURA (cm)	7.09	7.10	7.09	7.08	7.09	7.10
DIAMETRO (cm)	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.02	2.04	2.01	2.04	2.02
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.82	10.93	9.82	11.89	9.82	10.71

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.36	0.05	0.48	0.05	0.32
0.10	0.60	0.10	0.70	0.10	0.40
0.15	0.82	0.19	0.97	0.15	0.60
0.25	1.37	0.30	1.50	0.25	1.23
0.35	1.88	0.40	2.11	0.35	2.23
0.50	2.80	0.60	2.99	0.50	4.08
0.75	4.92	0.75	5.09	0.75	5.18
1.00	7.15	1.00	7.14	1.00	7.06
1.25	9.57	1.25	9.25	1.25	8.96
1.50	11.43	1.50	11.40	1.50	10.75
1.75	13.22	1.75	13.20	1.75	12.56
2.00	14.89	2.00	14.87	2.00	14.40
2.25	15.94	2.25	15.97	2.25	15.90
2.50	16.36	2.42	16.16	2.50	16.19
2.60	16.06	2.50	15.89	2.60	13.49
2.70	15.14	2.60	14.93	2.7	6.75
2.80	13.60				



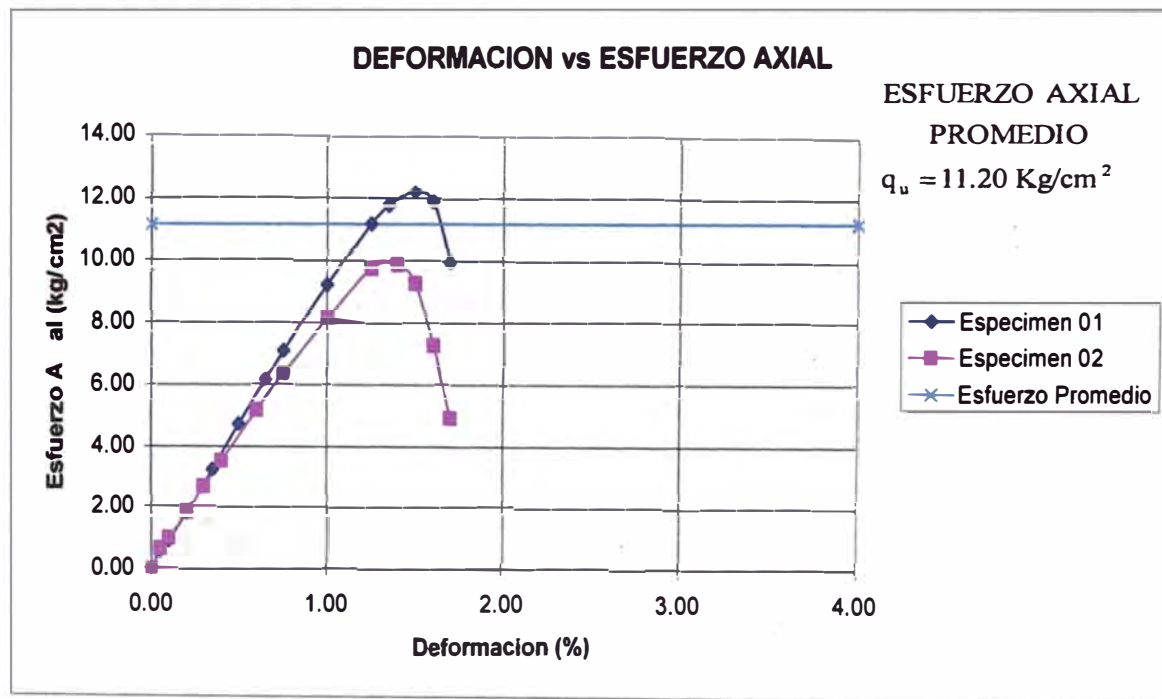
**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM - D2166)**

INFORME N : LG97-006  
SOLICITANTE : GKW-SANIP  
PROYECTO : Lag de oxid  
UBICACIÓN : CHICLAYO  
FECHA : ENERO DE 1997

CALICATA : Capa Impermeable  
MUESTRA : M-10  
CLASIFICACION SUCS : SC  
ESTADO : Remoideado(100% Proctor Modificado)  
CLASIFICACION SUCS : SC  
% DE CEMENTO : 3  
DIAS DE CURADO : 28

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ALTURA (cm)	7.09	7.19	7.09	7.14		
DIAMETRO (cm)	3.35	3.35	3.35	3.36		
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.04	2.01	2.04		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.85	8.26	11.6	8.46		

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00		
0.05	0.58	0.05	0.66		
0.10	0.92	0.10	1.01		
0.20	1.81	0.20	1.84		
0.35	3.26	0.30	2.71		
0.50	4.73	0.40	3.54		
0.65	6.15	0.60	5.19		
0.75	7.11	0.75	6.37		
1.00	9.25	1.00	8.17		
1.25	11.21	1.25	9.76		
1.35	11.8	1.40	9.88		
1.50	12.21	1.50	9.29		
1.60	11.91	1.60	7.28		
1.70	9.96	1.70	4.93		



**ENSAYOS DE COMPRESION NO CONFINADA  
CON 5% de CEMENTO**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

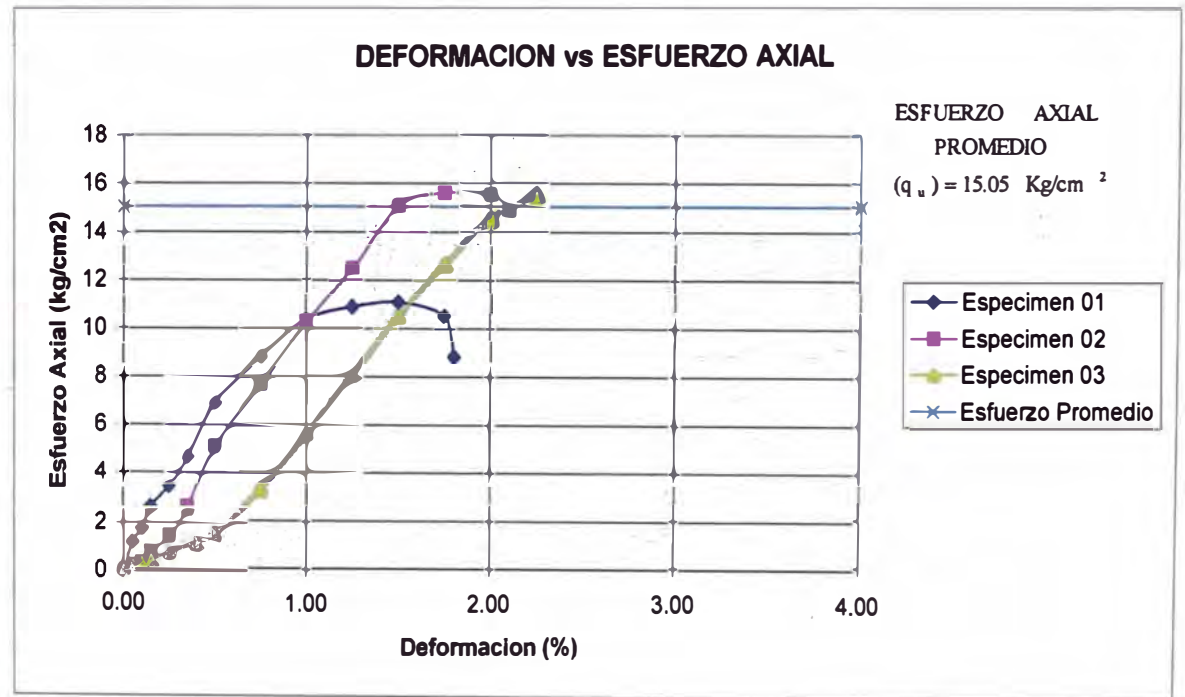
**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM- D2166)**

INFORME N : LG97-006  
SOLICITANTE : GKW-SANIP  
PROYECTO : Lag de oxid  
UBICACIÓN : CHICLAYO  
FECHA : ENERO DE 1997

CALICATA : Capa Impermeable  
MUESTRA : M-10  
CLASIFICACION SUCS : SC  
ESTADO : Remoldeado(Proctor Modificado)  
CLASIFICACION SUCS : SC  
% DE CEMENTO : 5  
DIAS DE CURADO : 7

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ALTURA (cm)	7.09	7.13	7.09	7.10	7.09	7.13
DIAMETRO (cm)	3.35	3.35	3.35	3.36	3.35	3.35
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.01	2.04	1.99	2.04	2.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.85	10.94	9.85	11.89	9.85	11.46

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
0.05	1.18	0.05	0.21	0.05	0.21
0.10	1.77	0.10	0.32	0.10	0.32
0.15	2.6	0.15	0.78	0.15	0.44
0.25	3.42	0.25	1.45	0.25	0.79
0.35	4.65	0.35	2.58	0.40	1.15
0.50	6.92	0.50	5.13	0.50	1.54
0.75	8.82	0.75	7.73	0.75	3.30
1.00	10.41	1.00	10.27	1.00	5.58
1.25	10.93	1.25	12.51	1.25	8.09
1.50	11.11	1.50	15.09	1.50	10.52
1.75	10.55	1.75	15.63	1.75	12.67
1.80	8.87	2.00	15.54	2.00	14.54
		2.10	14.89	2.25	15.50
				2.35	15.18
				2.40	14.67
				2.5	11.21



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

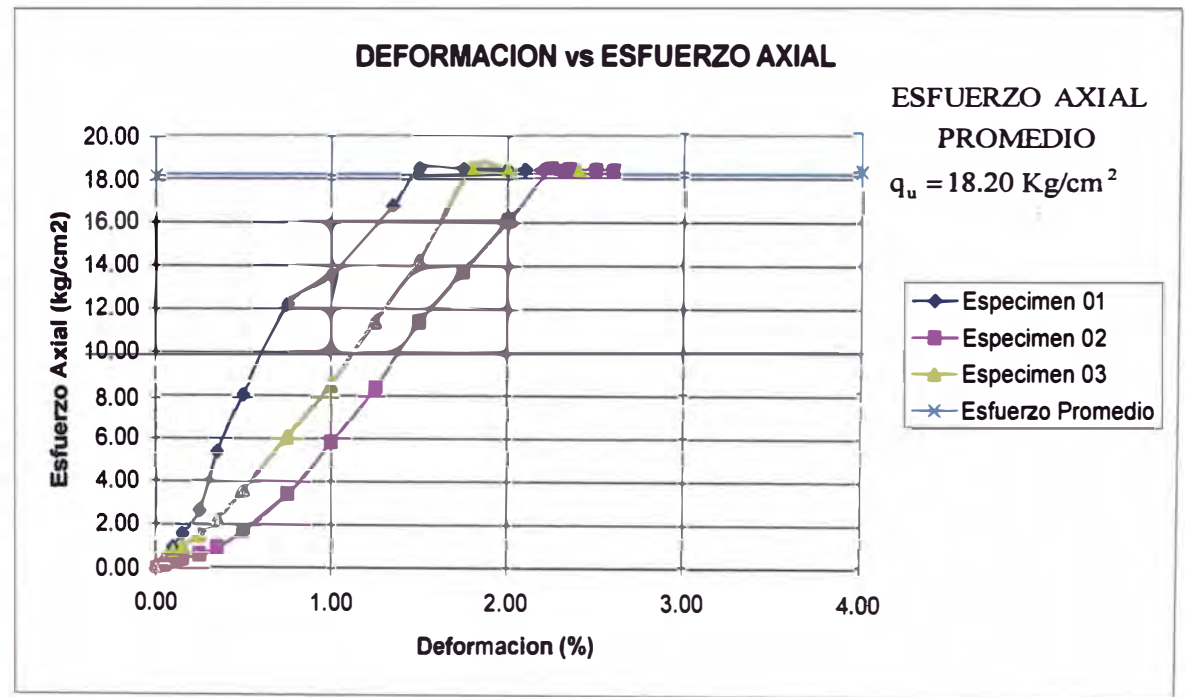
ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM - D2166)

INFORME N : LG97-006  
SOLICITANTE : GKW-SANIP  
PROYECTO : Lag de oxid  
UBICACIÓN : CHICLAYO  
FECHA : ENERO DE 1997

CALICATA : Capa Impermeable  
MUESTRA : M-10  
CLASIFICACION SUCS : SC  
ESTADO : Remoldeado(100% Proctor Modificado)  
CLASIFICACION SUCS : SC  
% DE CEMENTO : 5  
DIAS DE CURADO : 14

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ALTURA (cm)	7.09	7.11	7.09	7.11	7.09	7.14
DIAMETRO (cm)	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.04	2.04	2.02	2.04	2.01
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.85	9.37	9.85	10.61	9.85	10.62

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.36	0.05	0.16	0.05	0.45
0.10	0.95	0.10	0.31	0.10	0.79
0.15	1.58	0.15	0.45	0.15	0.97
0.25	2.63	0.25	0.65	0.25	1.53
0.35	5.40	0.35	0.95	0.35	2.2
0.50	8.15	0.50	1.71	0.50	3.64
0.75	12.2	0.75	3.44	0.75	6.1
1.00	13.57	1.00	5.84	1.00	8.57
1.35	16.77	1.25	8.38	1.25	11.41
1.50	18.49	1.50	11.4	1.50	14.25
1.75	18.47	1.75	13.75	1.80	18.52
2.00	18.43	2.00	16.07	2.00	18.49
2.10	18.40	2.25	18.45	2.40	18.39
2.20	18.38	2.35	18.41	2.60	18.35
2.30	18.32	2.50	18.39	2.80	18.30
2.40	18.27	2.60	18.36	3	18.26
		2.70	18.34		
		2.80	18.31		
		3.00	18.27		





FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

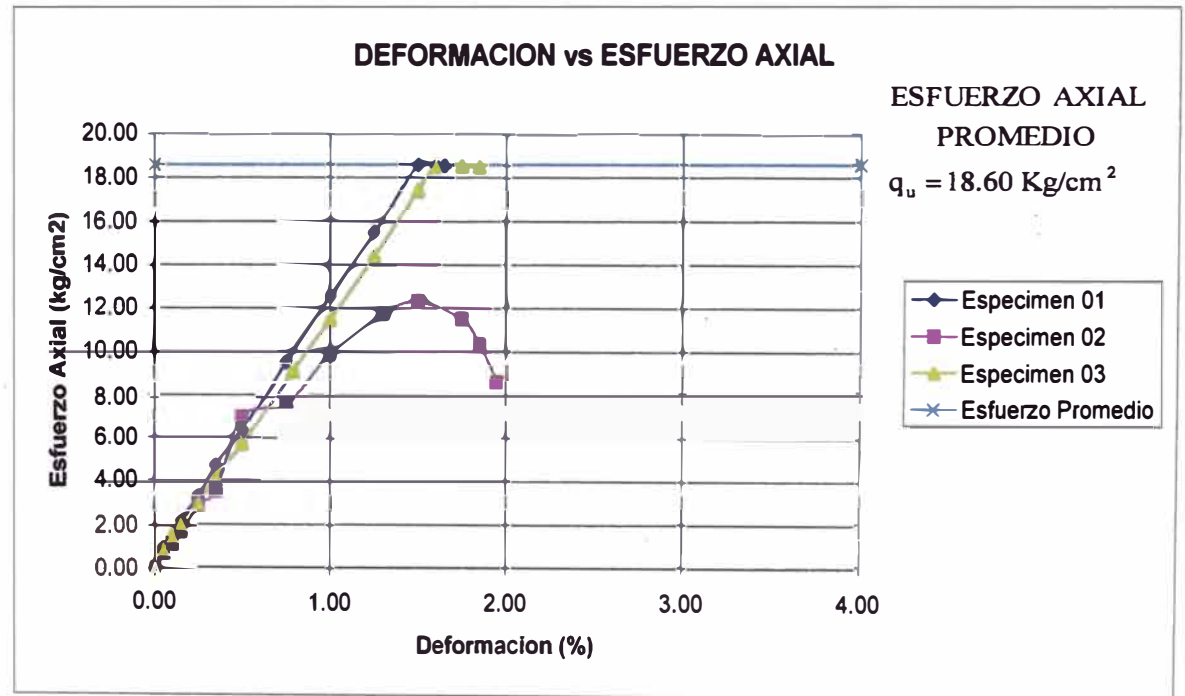
ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM - D2166)

INFORME N : LG97-006  
SOLICITANTE : GWK-SANIP  
PROYECTO : Lag de oxid  
UBICACIÓN : CHICLAYO  
FECHA : ENERO DE 1997

CALICATA : Capa Impermeable  
MUESTRA : M-10  
CLASIFICACION SUCS : SC  
ESTADO : Remoldeado(100% Proctor Modificado)  
CLASIFICACION SUCS : SC  
% DE CEMENTO : 5  
DIAS DE CURADO : 28

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ALTURA (cm)	7.09	7.12	7.09	7.12	7.09	7.12
DIAMETRO (cm)	3.35	3.36	3.35	3.36	3.35	3.36
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.07	2.04	2.07	2.04	2.07
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.85	7.39	9.85	7.18	9.85	7.11

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.95	0.05	0.69	0.05	0.92
0.10	1.32	0.10	1.13	0.10	1.48
0.15	2.19	0.15	1.70	0.15	2.07
0.25	3.30	0.25	2.91	0.25	2.98
0.35	4.71	0.35	3.56	0.35	4.21
0.50	6.41	0.50	6.99	0.50	5.74
0.75	9.51	0.75	7.68	0.79	9.14
1.00	12.56	1.00	9.87	1.00	11.50
1.25	15.48	1.30	11.76	1.25	14.40
1.50	18.60	1.50	12.30	1.50	17.44
1.60	18.56	1.75	11.51	1.60	18.57
1.65	18.57	1.85	10.37	1.75	18.54
		1.95	8.64	1.85	18.52
				1.95	18.49
				2.10	18.47
				2.20	18.44



**ENSAYOS DE COMPRESION NO CONFINADA  
CON 7% de CEMENTO**

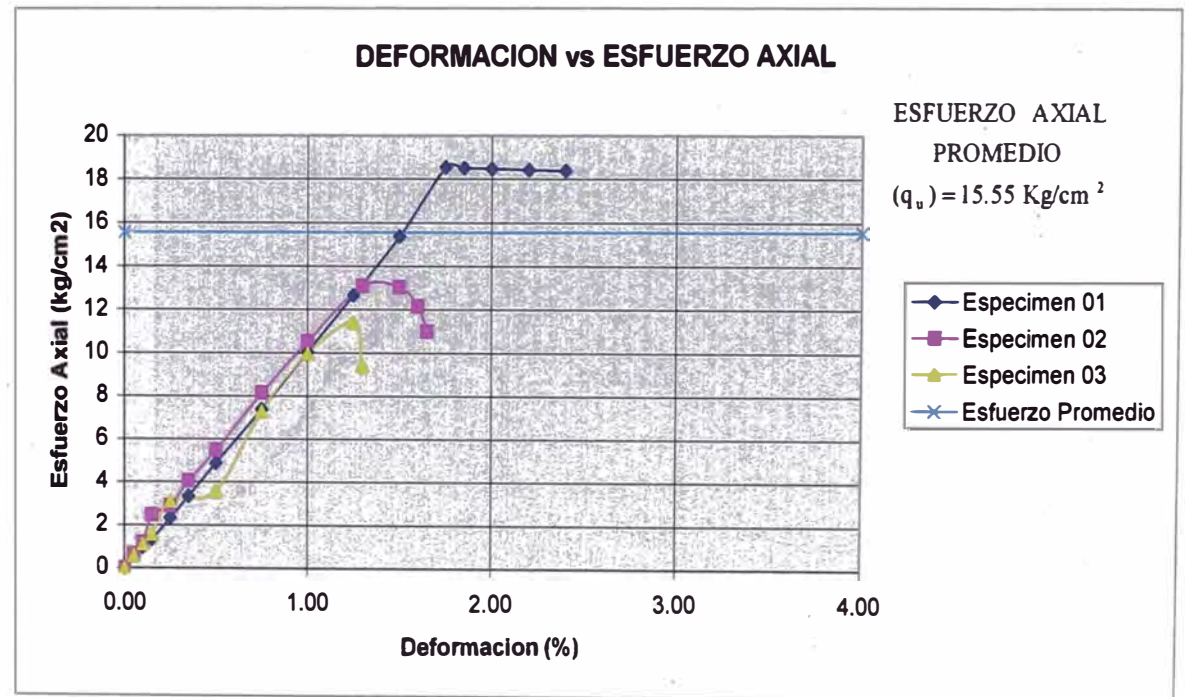
**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM- D2166)**

INFORME N : LG97-006  
SOLICITANTE : GKW-SANIP  
PROYECTO : Lag de oxid  
UBICACIÓN : CHICLAYO  
FECHA : ENERO DE 1997

CALICATA : Capa Impermeable  
MUESTRA : M-10  
CLASIFICACION SUCS : SC  
ESTADO : Remoldeado(Proctor Modificado)  
CLASIFICACION SUCS : SC  
% DE CEMENTO : 7  
DIAS DE CURADO : 7

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ALTURA (cm)	7.09	7.1	7.09	7.10	7.09	7.11
DIAMETRO (cm)	3.35	3.39	3.35	3.36	3.35	3.36
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2.04	1.96	2.04	2.01	2.04	1.99
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.85	11.34	9.85	11.15	9.85	11.60

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0	0.00	0	0.00	0.00
0.05	0.61	0.05	0.66	0.05	0.57
0.10	0.97	0.10	1.2	0.10	1.11
0.15	1.33	0.15	2.47	0.15	1.57
0.25	2.34	0.25	2.89	0.25	3.11
0.35	3.35	0.35	4.05	0.50	3.58
0.50	4.88	0.50	5.49	0.75	7.30
0.75	7.38	0.75	8.15	1.00	9.98
1.00	10.04	1.00	10.54	1.25	11.41
1.25	12.67	1.30	13.08	1.30	9.40
1.50	15.36	1.50	13.03		
1.75	18.54	1.60	12.16		
1.85	18.52	1.65	11.01		
2.00	18.48				
2.20	18.43				
2.40	18.39				
2.60	18.34				
2.80	18.30				
3.00	18.26				
3.30	18.18				



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**

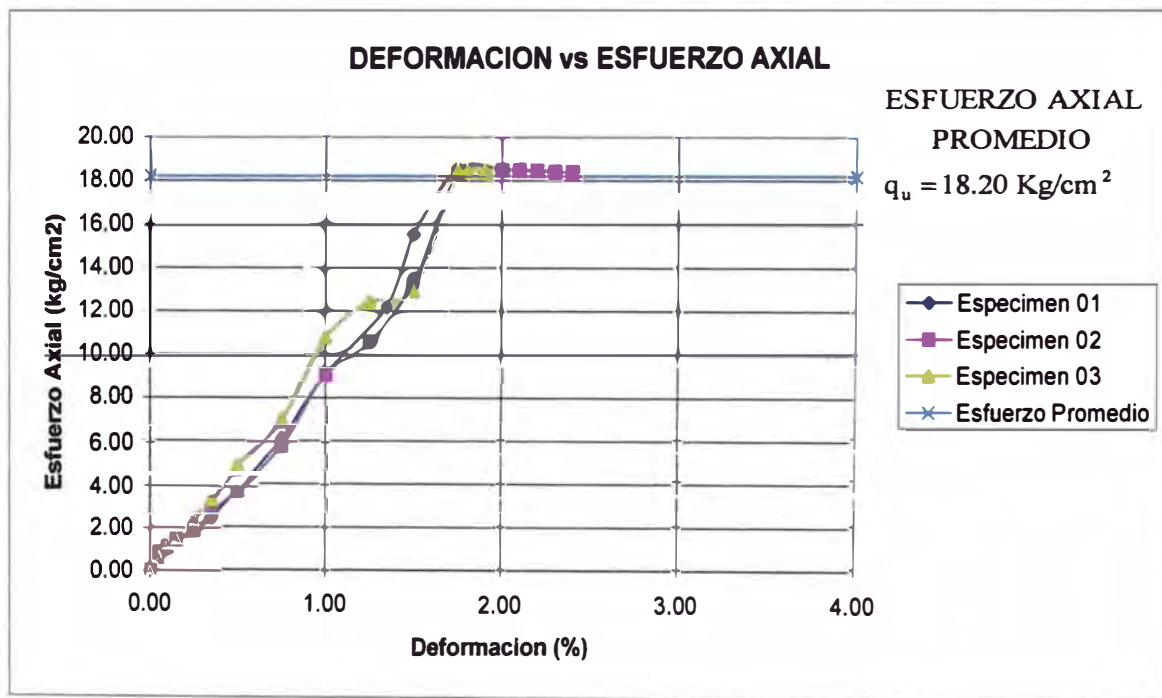
**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM - D2166)**

INFORME N : LG97-006  
 SOLICITANTE : GWK-SANIP  
 PROYECTO : Lag de oxid  
 UBICACIÓN : CHICLAYO  
 FECHA : ENERO DE 1997

CALICATA : Capa Impermeable  
 MUESTRA : M-10  
 CLASIFICACION SUCS : SC  
 ESTADO : Remoldeado(100% Proctor Modificado)  
 CLASIFICACION SUCS : SC  
 % DE CEMENTO : 7  
 DIAS DE CURADO : 14

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ALTURA (cm)	7.09	7.11	7.09	7.11	7.09	7.14
DIAMETRO (cm)	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35	3.35
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.04	2.04	2.02	2.04	2.01
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.85	9.37	9.85	10.61	9.85	10.62

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.84	0.05	0.84	0.05	0.62
0.10	1.01	0.10	1.11	0.10	1.27
0.15	1.37	0.15	1.45	0.15	1.50
0.25	1.83	0.25	1.88	0.25	2.37
0.35	2.47	0.35	2.71	0.35	3.25
0.50	3.76	0.50	3.68	0.50	4.83
0.75	6.13	0.75	5.84	0.75	6.97
1.00	9.09	1.00	9.08	1.00	10.75
1.35	12.21	1.25	10.57	1.25	12.41
1.50	15.53	1.50	13.38	1.50	12.95
1.75	18.56	1.75	18.32	1.75	18.58
2.00	18.53	2.00	18.49	1.80	18.54
2.10	18.52	2.10	18.48	1.90	18.51
2.20	18.48	2.20	18.44	2.00	18.48
2.30	18.44	2.30	18.41	2.20	18.44
2.40	18.39	2.40	18.39	2.40	18.39
		2.60	18.35	2.50	18.36
				2.60	18.34
				2.75	18.32



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

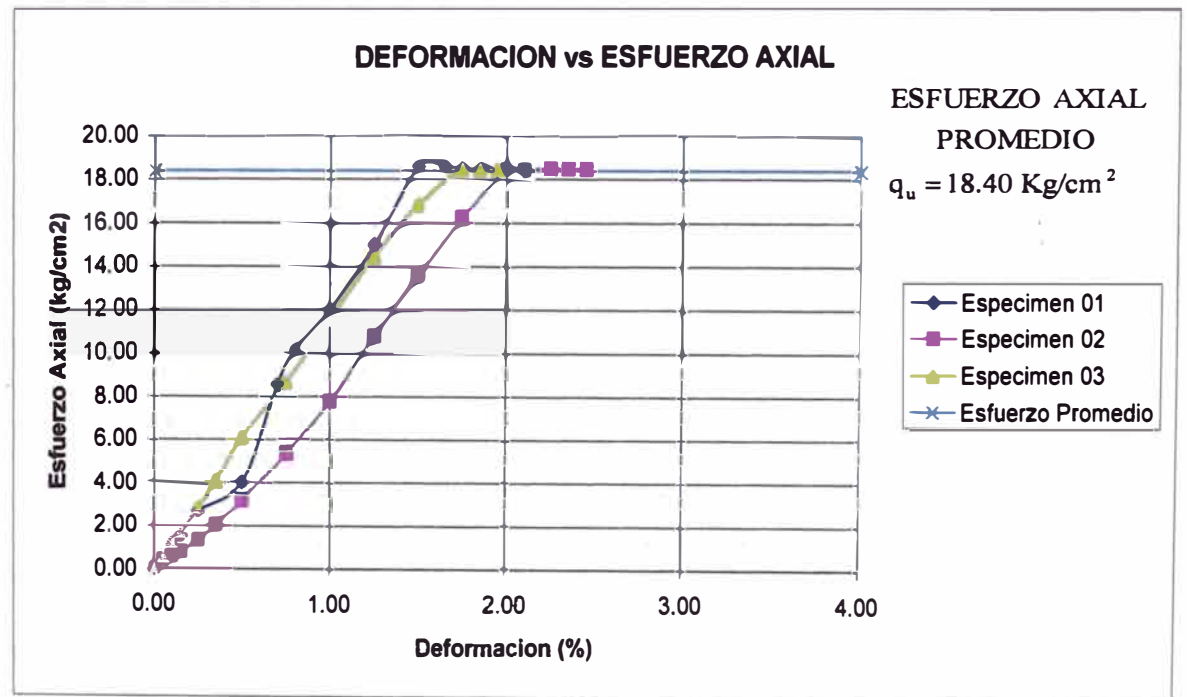
**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM - D2166)**

INFORME N : LG97-006  
SOLICITANTE : GWK-SANIP  
PROYECTO : Lag de oxld  
UBICACIÓN : CHICLAYO  
FECHA : ENERO DE 1997

CALICATA : Capa Impermeable  
MUESTRA : M-10  
CLASIFICACION SUCS : SC  
ESTADO : Remoldeado(100% Proctor Modificado)  
CLASIFICACION SUCS : SC  
% DE CEMENTO : 7  
DIAS DE CURADO : 28

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ALTURA (cm)	7.09	7.14	7.09	7.14	7.09	7.12
DIAMETRO (cm)	3.35	3.35	3.35	3.36	3.35	3.36
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2.04	2.06	2.04	2.05	2.04	2.06
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.85	7.95	9.85	7.86	9.85	7.99

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.52	0.05	0.40	0.05	0.57
0.10	0.97	0.10	0.58	0.10	1.24
0.15	1.55	0.15	0.80	0.15	1.70
0.25	2.73	0.25	1.36	0.25	2.82
0.50	4.03	0.35	2.05	0.35	4.05
0.70	8.55	0.50	3.22	0.50	6.10
0.80	10.17	0.75	5.36	0.75	8.68
1.00	12.04	1.00	7.80	1.00	11.54
1.25	15.01	1.25	10.80	1.25	14.48
1.50	18.60	1.50	13.60	1.50	16.84
1.65	18.60	1.75	16.24	1.75	18.52
1.75	18.53	2.00	18.49	1.85	18.49
1.85	18.51	2.10	18.47	1.95	18.47
2.00	18.48	2.25	18.52	2.10	18.44
2.10	18.45	2.35	18.49	2.25	18.39
		2.45	18.47		
		2.65	18.44		
		2.75	18.39		



**ENSAYOS DE COMPRESION NO CONFINADA  
CON 5% de CEMENTO  
EN ESTADO SUMERGIDO**

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

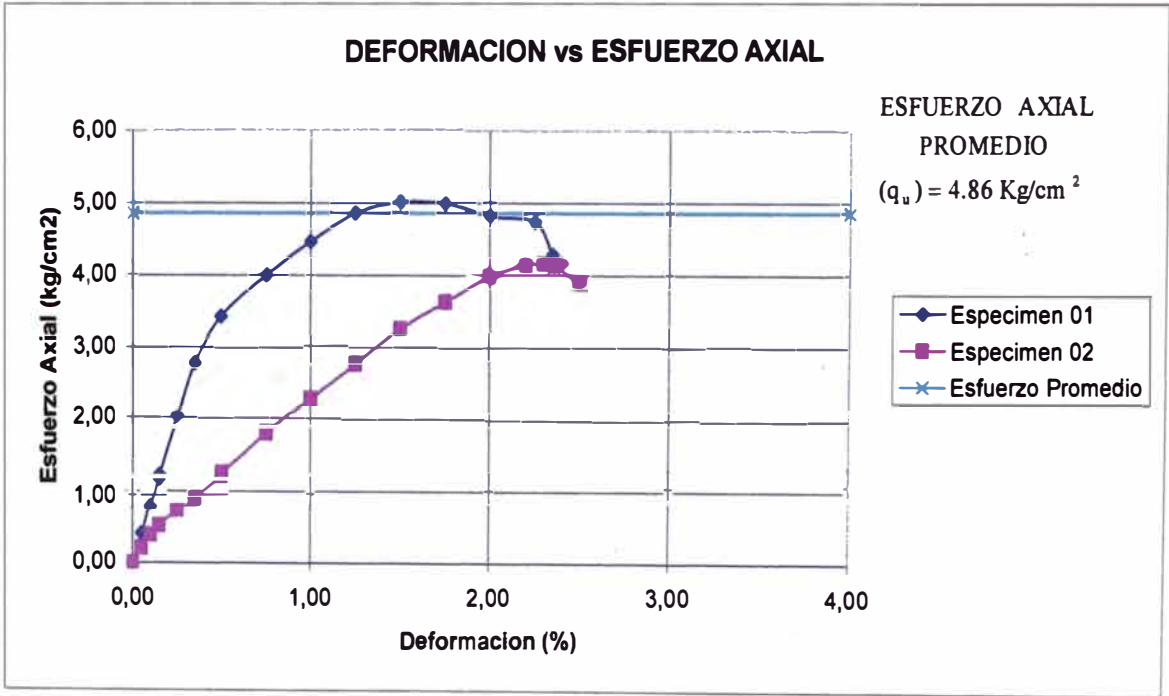
**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM- D2166)**

INFORME N : LG97-006  
SOLICITANTE : GKW-SANIP  
PROYECTO : Lag de oxid  
UBICACIÓN : CHICLAYO  
FECHA : ENERO DE 1997

CALICATA : Capa Impermeable  
MUESTRA : M-10  
CLASIFICACION SUCS : SC  
ESTADO : Remoldeado(Proctor Modificado)  
CLASIFICACION SUCS : SC  
% DE CEMENTO : 5  
DIAS DE CURADO : 7 (sumergido)

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ALTURA (cm)	7,09	7,4	7,09	4,45	7,09	7,41
DIAMETRO (cm)	3,35	3,45	3,35	3,45	3,35	3,46
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2,04	1,69	2,04	2,78	2,04	1,69
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9,85	20,14	9,85	20,63	9,85	20,60

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0,00	0,00	0,00	0,00		
0,05	0,41	0,05	0,21		
0,10	0,84	0,10	0,39		
0,15	1,23	0,15	0,52		
0,25	2,02	0,25	0,74		
0,35	2,78	0,35	0,95		
0,50	3,43	0,50	1,26		
0,75	4,00	0,75	1,80		
1,00	4,47	1,00	2,29		
1,25	4,86	1,25	2,77		
1,50	5,01	1,50	3,26		
1,75	4,99	1,75	3,63		
2,00	4,82	2,00	3,98		
2,25	4,74	2,20	4,14		
2,35	4,29	2,30	4,16		
2,40	4,17	2,36	4,13		
		2,50	3,89		
		2,60	3,30		



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**

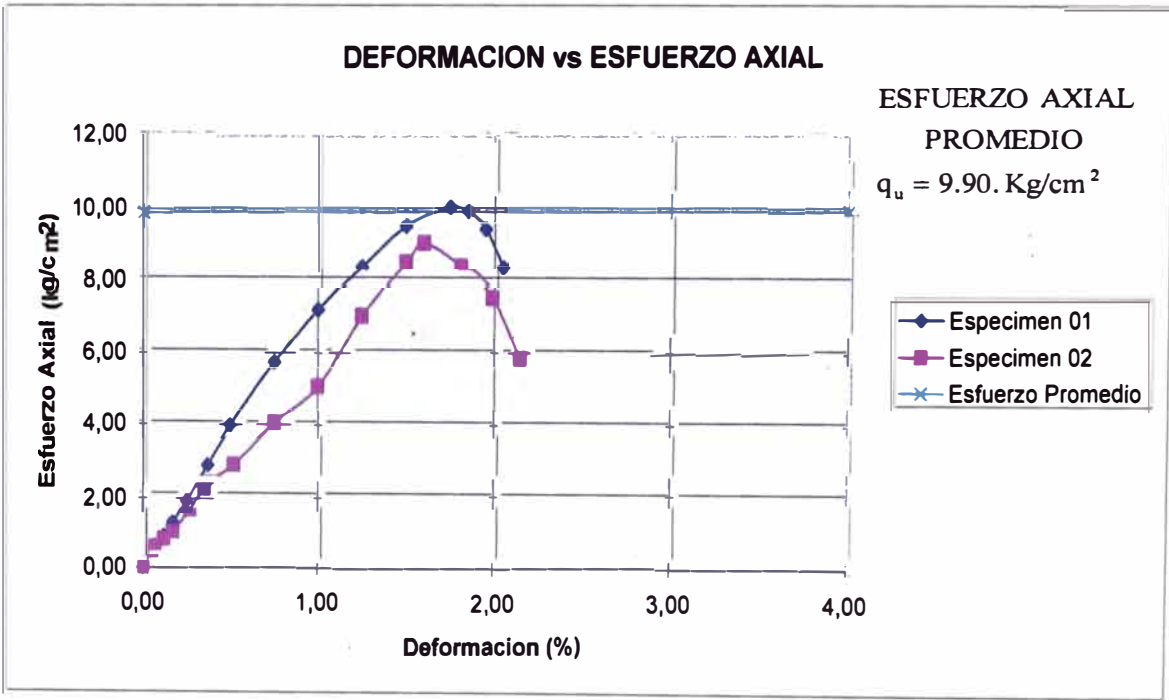
**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA  
(ASTM - D2166)**

INFORME N : LG97-006  
 SOLICITANTE : GKW-SANIP  
 PROYECTO : Lag de oxid  
 UBICACIÓN : CHICLAYO  
 FECHA : ENERO DE 1997

CALICATA : Capa Impermeable  
 MUESTRA : M-10  
 CLASIFICACION SUCS : SC  
 ESTADO : Remoldeado(100% Proctor Modificado)  
 CLASIFICACION SUCS : SC  
 % DE CEMENTO : 5  
 DIAS DE CURADO : 28 (sumergido)

DATOS DEL ESPECIMEN	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
ALTURA (cm)	7,09	7,32	7,09	7,33		
DIAMETRO (cm)	3,35	3,45	3,35	3,45		
DENSIDAD SECA (kg/cm <sup>3</sup> )	2,04	1,74	2,04	1,74		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9,85	18,14	9,85	18,50		

ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )	Deform (%)	Deform (kg/cm <sup>2</sup> )
0,00	0,00	0,00	0,00		
0,05	0,52	0,05	0,49		
0,10	0,79	0,10	0,71		
0,15	1,17	0,15	0,91		
0,25	1,94	0,25	1,53		
0,35	2,77	0,35	2,27		
0,50	3,99	0,50	2,78		
0,75	5,74	0,75	4,05		
1,00	7,19	1,00	5,06		
1,25	8,40	1,25	7,03		
1,50	9,51	1,50	8,53		
1,75	10,02	1,60	9,05		
1,85	9,91	1,81	8,42		
1,95	9,43	1,99	7,52		
2,05	8,39	2,15	5,83		





# **ENSAYO PIN HOLE**

## **LABORATORIOS "LASA" INGENIEROS**

---

### **ANALISIS DE SUELOS**

PROCEDENCIA : CANTERA IMPERMEABLE

INFORMADO A : HIDROENERGIA CONSULTORES EN INGENIERIA

FECHA : 28 DE ENERO DE 1997

Nº DE CAMPO	Pampa de los Perros			
C.E.x103 a 25°C	21.00			
Ph	7.6			
Calcio me/lt	48.00			
Magnesio me/lt	26.00			
Sodio me/lt	152.00			
Potasio me/lt	4.30			
Cloruros me/lt	187.20			
Sulfatos me/lt	44.00			
Carbonatos me/lt	0.00			
Bicarbonatos me/lt	1.30			
Nitratos me/lt	0.00			
RAS	24.99			
PSI	11.60			

# PONTICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

## PINM HOLE TEST

<b>Expediente</b>	<b>97-041</b>
<b>Solicitante</b>	<b>HIDROENERGIA</b>
<b>Proyecto</b>	<b>LAGUNA DE OXIDACION</b>
<b>Muestra</b>	<b>CANTERA IMPERMEABLE</b>
<b>Profundidad</b>	<b>2,00-3,00</b>
<b>Fecha</b>	<b>10-Feb-97</b>

Densidad seca                      1,85 gr. /cm<sup>3</sup>  
Humedad inicial                      9,8%

<b>Resultado</b>	<b>ND1</b>
------------------	------------

**ENSAYO DE EXPANSION LIBRE CON  
0%, 3%, 5% y 7% de CEMENTO**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**

**ENSAYO DE EXPANSION LIBRE**

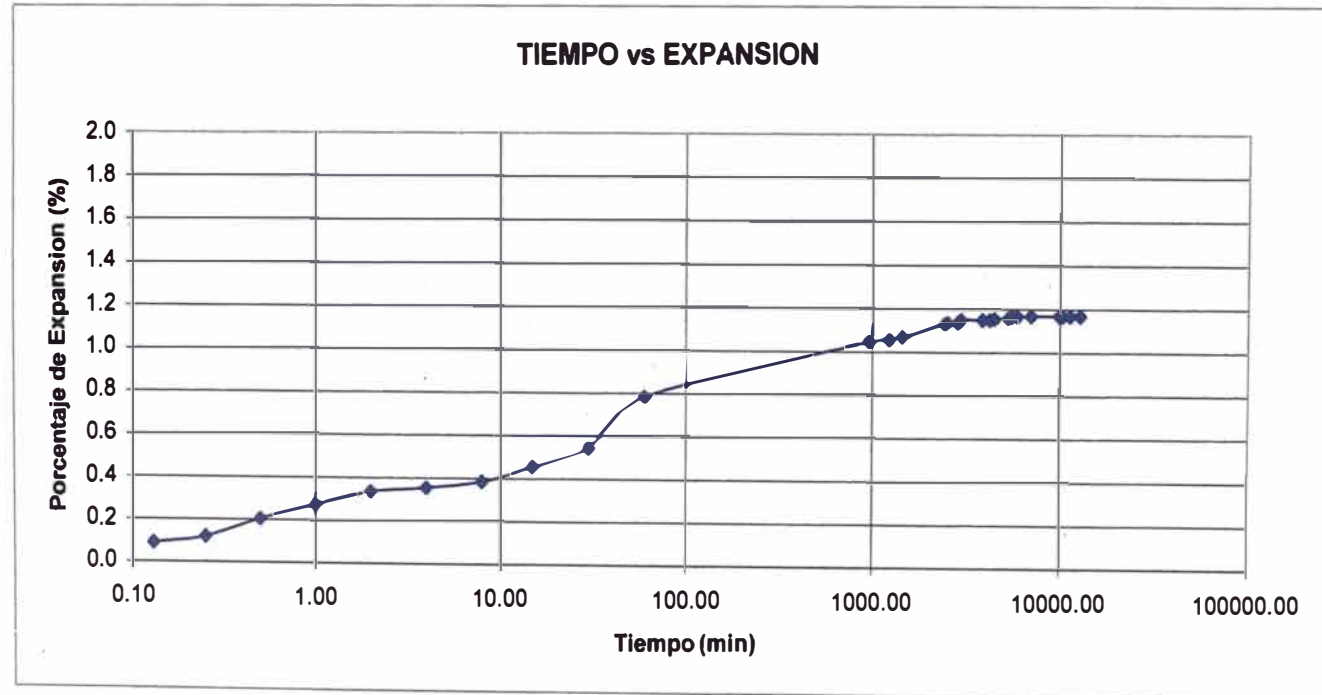
INFORME N : LG97-008  
 SOLICITANTE : GKW-SANIPLAN  
 PROYECTO : LAGUNAS DE OXIDACION  
 UBICACIÓN : CHICLAYO  
 FECHA : FEBRERO\_1997

CALICATA : CANTERA IMPERMEABLE  
 MUESTRA : M-10  
 CLASIFICACION SUCS : SC  
 ESTADO : REMOLDEADO ( Proctor Modificado)  
 PROFUNDIDAD :

TIEMPO (min)	EXPANSION (%)
0.00	0.000
0.13	0.090
0.25	0.120
0.50	0.205
1.00	0.270
2.00	0.335
4.00	0.355
8.00	0.385
15.00	0.455
30.00	0.545
60.00	0.785
960.00	1.045
1230.00	1.055
1440.00	1.070
2430.00	1.130
2520.00	1.135
2850.00	1.135
2970.00	1.150
3870.00	1.150
4230.00	1.150
4470.00	1.155
5310.00	1.160
5565.00	1.165
5910.00	1.165
7015.00	1.170
9875.00	1.170
10175.00	1.170
10355.00	1.170
11315.00	1.170
12755.00	1.170

DATOS DEL ESPECIMEN		
Porcentaje de Cemento (%)		7
Peso Especifico Relativo de Solidos (Ss)		2.70
Diametro de la muestra (φ) (cm)		6.00
Altura de la muestra (h) (cm)		2.00

RESULTADOS	INICIAL	FINAL
Contenido de humedad (ω)	9.88	11.32
Grado de Saturacion (Gw)	90.26	100.00
Relacion de vacios (ee)	0.30	0.31
Densidad Seca (γ <sub>d</sub> )	2.08	2.06



FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID

ENSAYO DE EXPANSION LIBRE

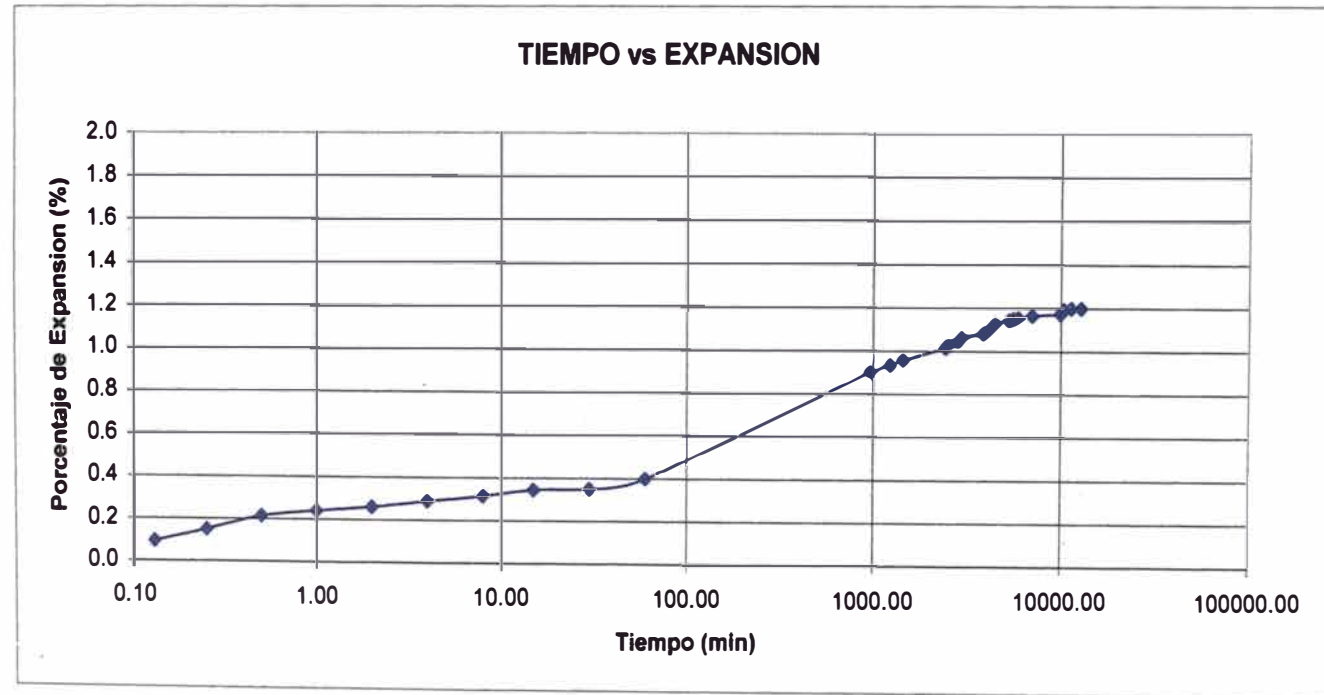
INFORME N : LG97-008  
SOLICITANTE : GW-SANIPLAN  
PROYECTO : LAGUNAS DE OXIDACION  
UBICACIÓN : CHICLAYO  
FECHA : FEBRERO\_1997

CALICATA : CANTERA IMPERMEABLE  
MUESTRA : M-10  
CLASIFICACION SUCS : SC  
ESTADO : REMOLDEADO ( Proctor Modificado)  
PROFUNDIDAD :

TIEMPO (min)	EXPANSION (%)
0.00	0.000
0.13	0.095
0.25	0.150
0.50	0.215
1.00	0.240
2.00	0.260
4.00	0.290
8.00	0.315
15.00	0.345
30.00	0.350
60.00	0.400
960.00	0.900
1230.00	0.935
1440.00	0.960
2430.00	1.015
2520.00	1.030
2850.00	1.045
2970.00	1.065
3870.00	1.085
4230.00	1.105
4470.00	1.130
5310.00	1.145
5565.00	1.150
5910.00	1.155
7015.00	1.165
9875.00	1.175
10175.00	1.185
10355.00	1.195
11315.00	1.200
12755.00	1.200

DATOS DEL ESPECIMEN		
Porcentaje de Cemento (%)		5
Peso Especifico Relativo de Solidos (Ss)		2.70
Diametro de la muestra ( $\phi$ ) (cm)		6.00
Altura de la muestra (h) (cm)		2.00

RESULTADOS	INICIAL	FINAL
Contenido de humedad ( $\omega$ )	9.85	11.54
Grado de Saturacion (Gw)	90.10	100
Relacion de vacios (ee)	0.30	0.31
Densidad Seca ( $\gamma_d$ )	2.08	2.06



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

**ENSAYO DE EXPANSION LIBRE**

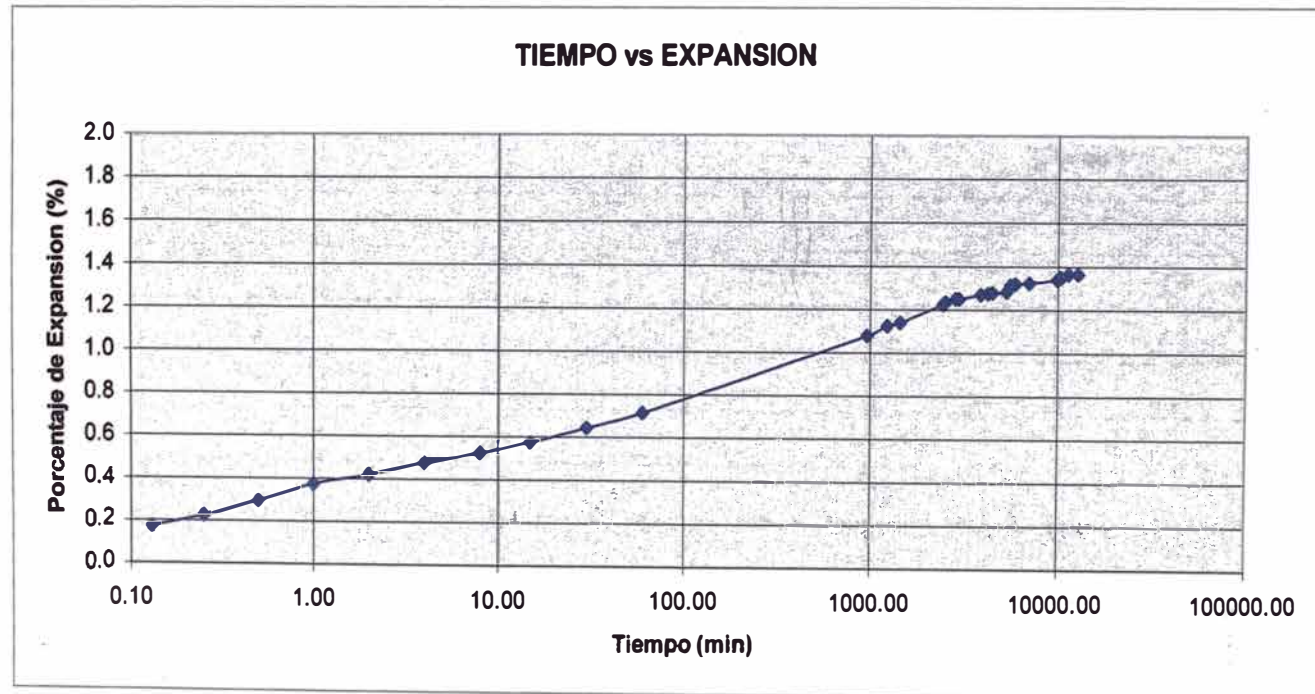
INFORME N : LG97-008  
 SOLICITANTE : GW-SANIPLAN  
 PROYECTO : LAGUNAS DE OXIDACION  
 UBICACIÓN : CHICLAYO  
 FECHA : FEBRERO\_1997

CALICATA : CANTERA IMPERMEABLE  
 MUESTRA : M-10  
 CLASIFICACION SUCS : SC  
 ESTADO : REMOLDEADO ( Proctor Modificado)  
 PROFUNDIDAD :

TIEMPO (min)	EXPANSION (%)
0.00	0.00
0.13	0.175
0.25	0.225
0.50	0.300
1.00	0.375
2.00	0.420
4.00	0.475
8.00	0.525
15.00	0.575
30.00	0.645
60.00	0.715
960.00	1.080
1230.00	1.125
1440.00	1.140
2430.00	1.225
2520.00	1.235
2850.00	1.250
2970.00	1.250
3870.00	1.270
4230.00	1.275
4470.00	1.280
5310.00	1.285
5565.00	1.315
5910.00	1.320
7015.00	1.325
9875.00	1.340
10175.00	1.350
10355.00	1.350
11315.00	1.365
12755.00	1.365

DATOS DEL ESPECIMEN		
Porcentaje de Cemento (%)		3
Peso Especifico Relativo de Solidos (Ss)		2.70
Diametro de la muestra ( $\phi$ ) (cm)		6.00
Altura de la muestra (h) (cm)		2.00

RESULTADOS	INICIAL	FINAL
Contenido de humedad ( $w$ )	9.85	11.32
Grado de Saturacion ( $G_w$ )	90.26	97.6
Relacion de vacios ( $e_e$ )	0.30	0.31
Densidad Seca ( $\gamma_d$ )	2.08	2.06



**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**

**ENSAYO DE EXPANSION LIBRE**

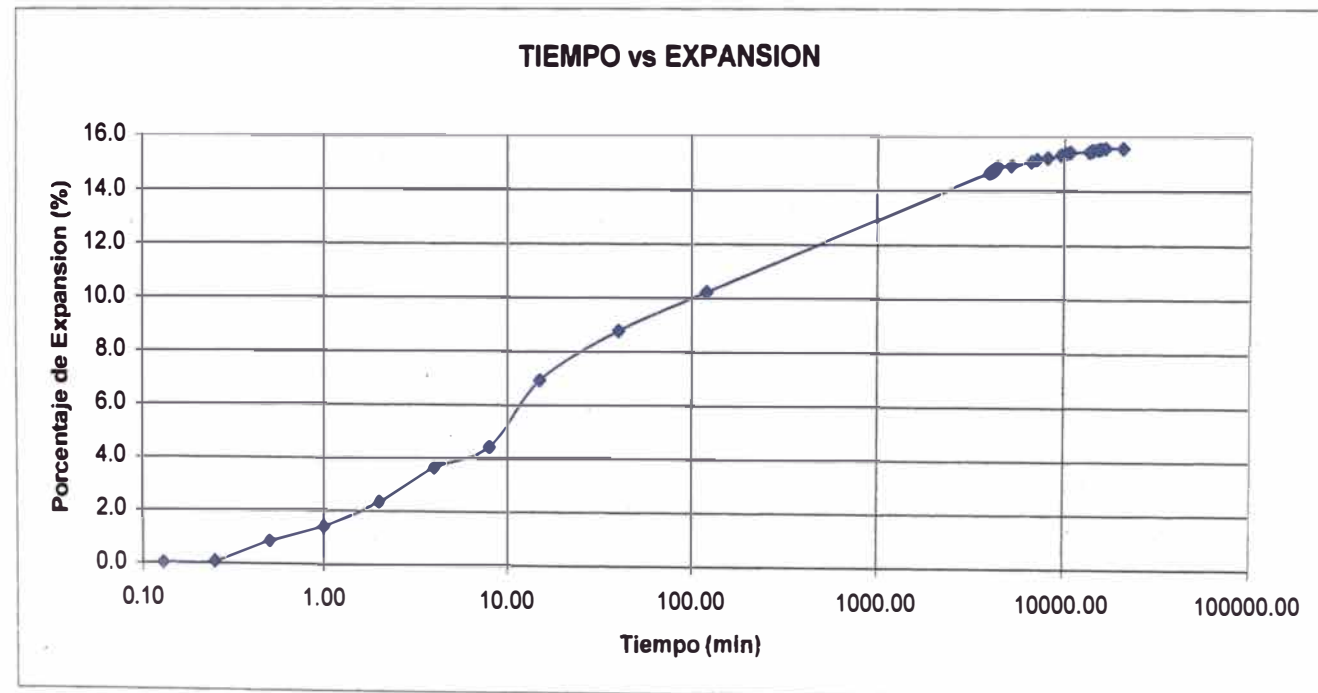
**INFORME N :** LG97-008  
**SOLICITANTE :** GKW-SANIPLAN  
**PROYECTO :** LAGUNAS DE OXIDACION  
**UBICACIÓN :** CHICLAYO  
**FECHA :** FEBRERO\_1997

**CALICATA :** CANTERA IMPERMEABLE  
**MUESTRA :** M-10  
**CLASIFICACION SUCS :** SC  
**ESTADO :** REMOLDEADO ( Proctor Modificado)  
**PROFUNDIDAD :**

TIEMPO (min)	EXPANSION (%)
0.00	0.00
0.13	0.03
0.25	0.085
0.50	0.835
1.00	1.410
2.00	2.340
4.00	3.635
8.00	4.435
15.00	6.935
40.00	8.785
120.00	10.235
3980.00	14.655
4150.00	14.72
4270.00	14.745
4330.00	14.825
4390.00	14.885
5230.00	14.925
6700.00	15.075
7120.00	15.16
8140.00	15.225
9580.00	15.335
10180.00	15.39
10725.00	15.425
13585.00	15.45
13885.00	15.49
14185.00	15.5
15145.00	15.525
15625.00	15.56
16585.00	15.575
20562.00	15.575

DATOS DEL ESPECIMEN		
Porcentaje de Cemento (%)		0
Peso Especifico Relativo de Solidos (Ss)		2.70
Diametro de la muestra (φ) (cm)		6.00
Altura de la muestra (h) (cm)		2.00

RESULTADOS	INICIAL	FINAL
Contenido de humedad (ω)	9.85	17.00
Grado de Saturacion (Gw)	90.10	92.38
Relacion de vacios (ee)	0.30	0.50
Densidad Seca (γ <sub>d</sub> )	2.08	1.80





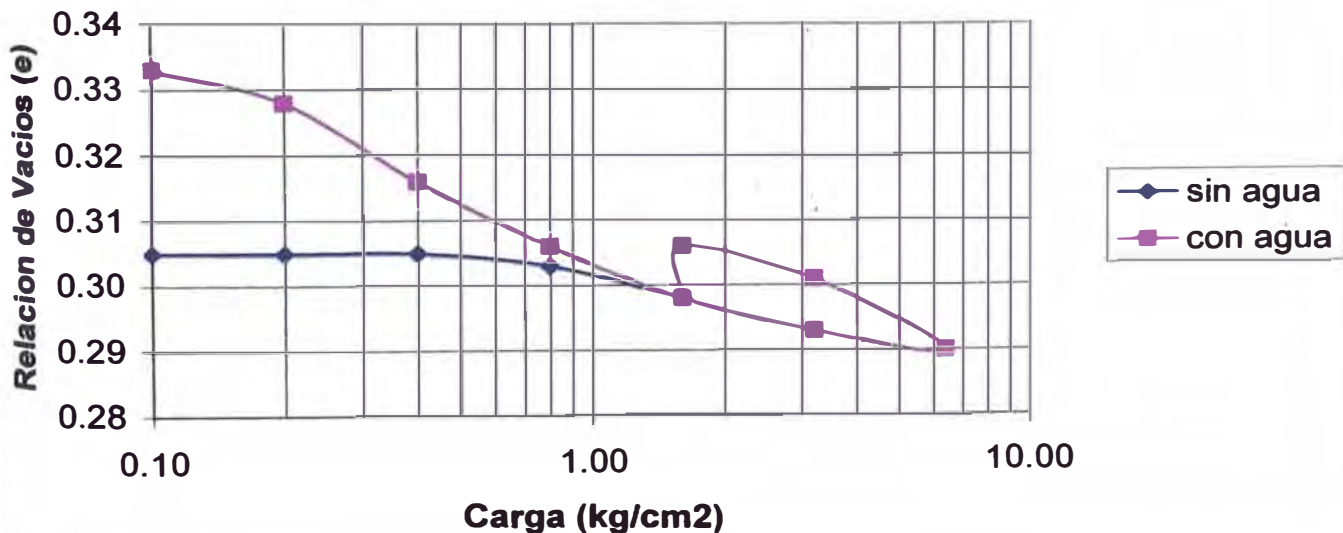
**ENSAYO DE CONSOLIDACION CON 5% DE  
CEMENTO  
ENSAYO DE COLAPSO CON 0% DE CEMENTO**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**  
**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA**  
**(ASTM- D2166)**

INFORME N :	LG97-008	Gravedad Esp. Rel Sol ( $S_s$ ) :	2.70
SOLICITANTE :	GKW-SANIPLAN	Diametro	6.00
PROYECTO :	LAGUNA DE OXIDACION	Altura	2.00
UBICACIÓN :	CHICLAYO	Humedad Inicial	9.78
FECHA :	ENERO DE 1997	Humedad final	11.93
ALICATA :	CAPA IMPERMEABLE	Grado de Sat. Inicial ( $G_{\omega_0}$ )	75.00
MUESTRA :	M-10	Grado de Sat. final ( $G_{\omega_1}$ )	100.00
CLASIFICACION SUCS	SC		
ESTADO :	Remoldeado(Proctor Modificado)		
CLASIFICACION SUCS	SC		
CONTENIDO DE CEMENTO :	0		

CARGA (mm)	LEC FINAL (mm)	ASENT (mm)	ALTURA PROMEDIO (mm)	RELACION DE VACIOS (e)	DENSIDAD SECA ( $q/cm^3$ )	CONSOLID (%)	ALTURA DRENADA (mm)
0.000	8.651	0.000	19.300	0.306	2.067	0.000	9.650
0.100	8.630	0.021	19.290	0.305	2.069	0.110	9.640
0.200	8.630	0.021	19.290	0.305	2.069	0.110	9.640
0.400	8.626	0.025	19.290	0.305	2.069	0.130	9.640
0.800	8.605	0.046	19.280	0.303	2.072	0.240	9.640
1.600	8.530	0.121	19.240	0.298	2.080	0.630	9.620
1.600	8.65	0.001	19.300	0.306	2.067	0.010	9.650
3.200	8.578	0.073	19.260	0.301	2.075	0.380	9.630
6.400	8.413	0.218	19.180	0.290	2.093	1.230	9.590
3.200	8.450	0.201	19.200	0.293	2.088	1.040	9.600
1.600	8.530	0.121	19.240	0.298	2.080	0.630	9.620
0.800	8.642	0.009	19.300	0.306	2.068	0.650	9.650
0.400	8.795	0.144	19.370	0.316	2.051	-0.750	9.690
0.200	8.973	0.322	19.460	0.328	2.033	-1.670	9.730
0.100	9.041	0.39	19.5	0.333	2.06	-2.02	9.75

**CARGA vs RELACION DE VACIOS**

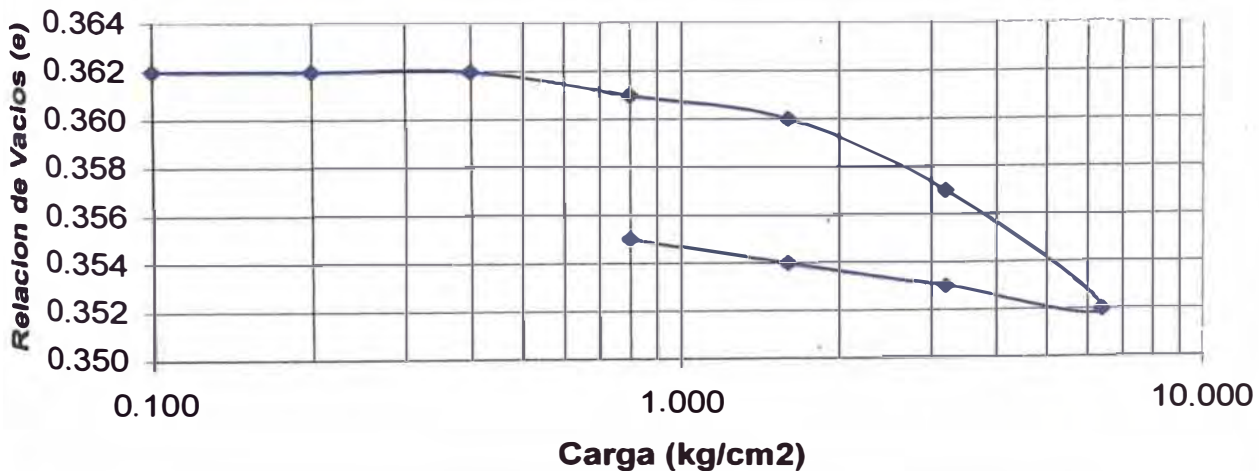


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LABORATORIO GEOTECNICO - CISMID**  
**ENSAYO DE COMPRESION NO CONFINADA**  
**(ASTM- D2166)**

FORME N :	LG97-008	Gravedad Esp. Rel Sol ( $S_g$ ) :	2.70
ALICITANTE :	GKW-SANIPLAN	Diametro	6.00
PROYECTO :	LAGUNA DE OXIDACION	Altura	2.00
UBICACION :	CHICLAYO	Humedad Inicial	9.75
FECHA :	ENERO DE 1997	Humedad final	15.00
CLASIFICACION SUCS :	CAPA IMPERMEABLE	Grado de Sat. Inicial ( $G_{\omega_0}$ )	78.23
REGISTRO :	M-10	Grado de Sat. final ( $G_{\omega_1}$ )	100.00
ESTADO :	Remoldeado(Proctor Modificado)		
CLASIFICACION SUCS :	SC		
CONTENIDO DE CEMENTO :	5		

CARGA (mm)	LEC FINAL (mm)	ASENT (mm)	ALTURA PROMEDIO (mm)	RELACION DE VACIOS (e)	DENSIDAD SECA ( $\rho/cm^3$ )	CONSOLID (%)	ALTURA DRENADA (mm)
0.000	0.865	0.025	19.990	0.362	1.982	0.130	9.990
0.100	0.867	0.023	19.990	0.362	1.982	0.120	9.990
0.200	0.868	0.220	19.990	0.362	1.982	0.110	9.990
0.400	0.860	0.300	19.990	0.362	1.983	0.150	9.990
0.800	0.848	0.420	19.980	0.361	1.984	0.210	9.990
1.600	0.828	0.062	19.970	0.360	1.986	0.310	9.980
3.200	0.788	0.102	19.950	0.357	1.990	0.510	9.970
6.400	0.718	0.172	19.910	0.352	1.997	0.860	9.960
3.200	0.726	0.164	19.920	0.353	1.996	0.820	9.960
1.600	0.741	0.149	19.930	0.354	1.994	0.750	9.960
0.800	0.754	0.136	19.930	0.355	1.993	0.680	9.970

**CARGA vs RELACION DE VACIOS**



**ANEXO V**  
**PERMEABILIDAD DE CAMPO**

# Analisis de permeabilidad por carga variable

U.S. Navy 1971

## SONDAJE S-1

DATOS DE CAMPO		
i	t <sub>i</sub> (seg)	h <sub>i</sub> (cm)
1	600	1.7
2	1200	3.3

Para  $\frac{L}{R} > 8$

$$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln \frac{L}{R} \ln \frac{H_1}{H_2}$$

R = 6.85 cm  
 L = 150.0 cm  
 H<sub>1</sub> = 273.3 cm  
 H<sub>2</sub> = 271.7 cm  
 t<sub>1</sub> = 600 seg  
 t<sub>2</sub> = 1200seg

$$K = \frac{6.85^2}{2 \times 150 (1200 - 600)} \ln \frac{150}{6.85} \ln \frac{273.3}{271.7}$$

$$K = 4.7 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$$

DATOS DE CAMPO		
i	t <sub>i</sub> (seg)	h <sub>i</sub> (cm)
1	600	3.0
2	1200	5.9

Para  $\frac{L}{R} > 8$

$$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln \frac{L}{R} \ln \frac{H_1}{H_2}$$

R = 6.85 cm  
 L = 150.0 cm  
 H<sub>1</sub> = 257.0 cm  
 H<sub>2</sub> = 254.1 cm  
 t<sub>1</sub> = 600 seg  
 t<sub>2</sub> = 1200seg

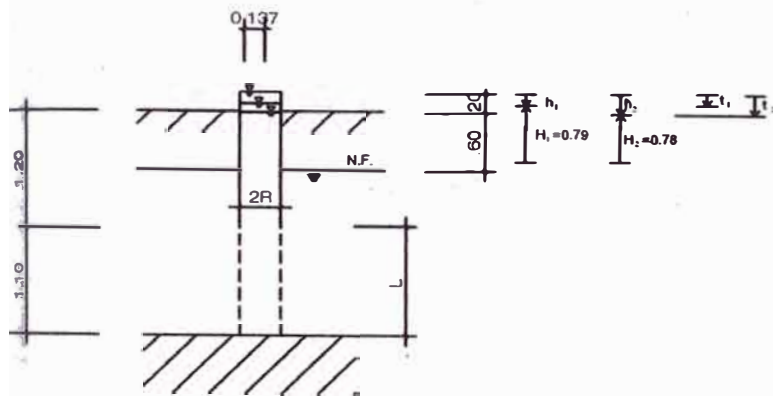
$$K = \frac{6.85^2}{2 \times 150 (1200 - 600)} \ln \frac{150}{6.85} \ln \frac{257}{254.1}$$

$$K = 9.1 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$$

# Analisis de permeabilidad por carga variable

U.S. Navy 1971

## SONDAJE S-4



DATOS DE CAMPO		
i	t <sub>i</sub> (seg)	h <sub>i</sub> (seg)
1	120	1.0
2	240	2.0

Para  $\frac{L}{R} > 8$

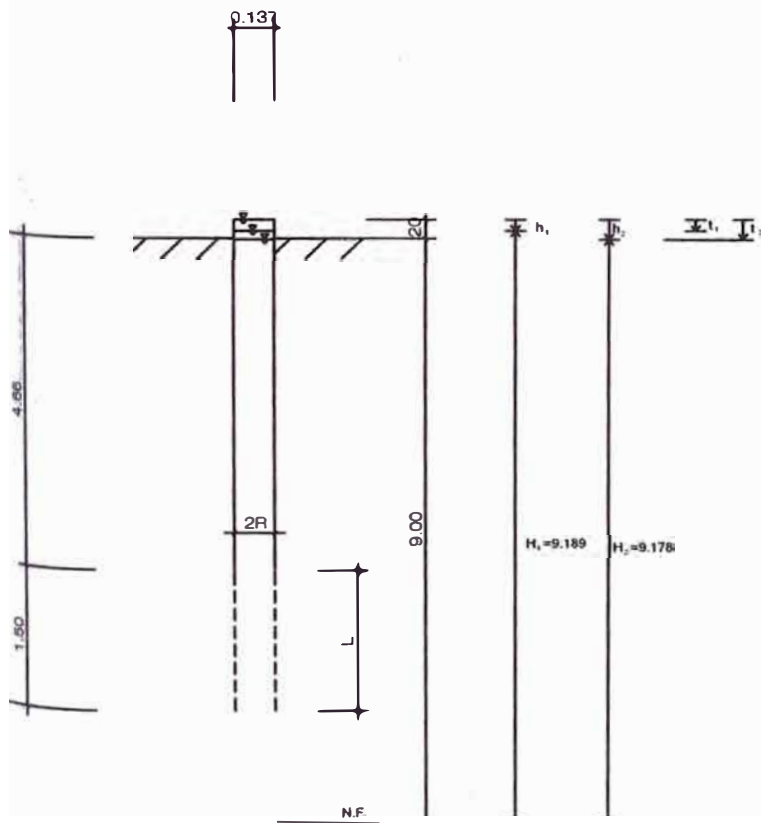
$$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln \frac{L}{R} \ln \frac{H_1}{H_2}$$

R = 6.85 cm  
 L = 110.0 cm  
 H<sub>1</sub> = 79.0 cm  
 H<sub>2</sub> = 78.0 cm  
 t<sub>1</sub> = 120 seg  
 t<sub>2</sub> = 240 seg

$$K = \frac{6.85^2}{2 \times 110 (240 - 120)} \ln \frac{110}{6.85} \ln \frac{79}{78}$$

$$K = 6.3 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$$

## SONDAJE S-5



DATOS DE CAMPO		
i	t <sub>i</sub> (seg)	h <sub>i</sub> (seg)
1	60	1.1
2	120	2.2

Para  $\frac{L}{R} > 8$

$$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln \frac{L}{R} \ln \frac{H_1}{H_2}$$

R = 6.85 cm  
 L = 150.0 cm  
 H<sub>1</sub> = 918.9 cm  
 H<sub>2</sub> = 917.8 cm  
 t<sub>1</sub> = 600 seg  
 t<sub>2</sub> = 1200 seg

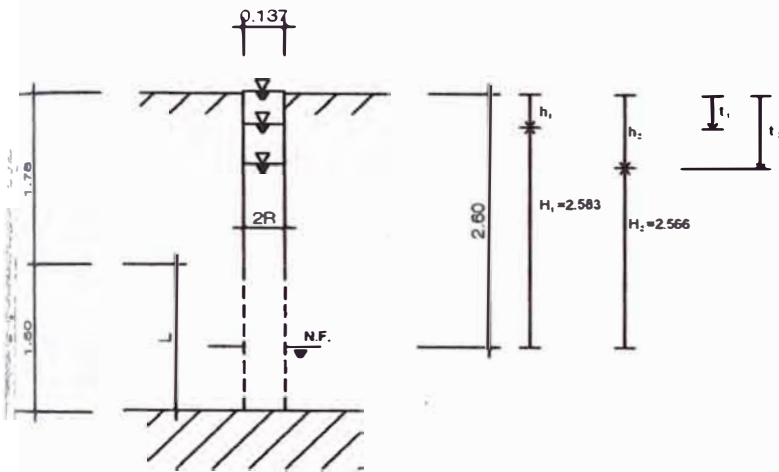
$$K = \frac{6.85^2}{2 \times 150 (1200 - 600)} \ln \frac{150}{6.85} \ln \frac{918.9}{917.8}$$

$$K = 9.6 \times 10^{-7} \text{ cm/seg}$$

# Analisis de permeabilidad por carga variable

U.S. Navy 1971

## SONDAJE S-2



DATOS DE CAMPO		
i	t <sub>i</sub> (seg)	h <sub>i</sub> (seg)
1	120	1.7
2	240	3.4

Para  $\frac{L}{R} > 8$

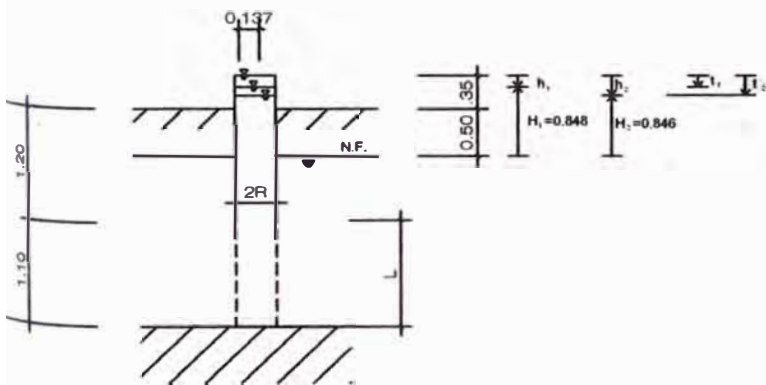
$$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln \frac{L}{R} \ln \frac{H_1}{H_2}$$

- R = 6.85 cm
- L = 150.0 cm
- H<sub>1</sub> = 258.3 cm
- H<sub>2</sub> = 256.6 cm
- t<sub>1</sub> = 120 seg
- t<sub>2</sub> = 240 seg

$$K = \frac{6.85^2}{2 \times 150 (240 - 120)} \ln \frac{150}{6.85} \ln \frac{258.3}{256.6}$$

$$K = 2.6 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$$

## SONDAJE S-3



DATOS DE CAMPO		
i	t <sub>i</sub> (seg)	h <sub>i</sub> (seg)
1	120	0.2
2	240	0.4

Para  $\frac{L}{R} > 8$

$$K = \frac{R^2}{2L(t_2 - t_1)} \ln \frac{L}{R} \ln \frac{H_1}{H_2}$$

- R = 6.85 cm
- L = 110.0 cm
- H<sub>1</sub> = 84.8 cm
- H<sub>2</sub> = 84.6 cm
- t<sub>1</sub> = 120 seg
- t<sub>2</sub> = 240 seg

$$K = \frac{6.85^2}{2 \times 110 (240 - 120)} \ln \frac{110}{6.85} \ln \frac{84.8}{84.6}$$

$$K = 1.2 \times 10^{-4} \text{ cm/seg}$$

# **ANEXO VI**

## **GRAFICOS**



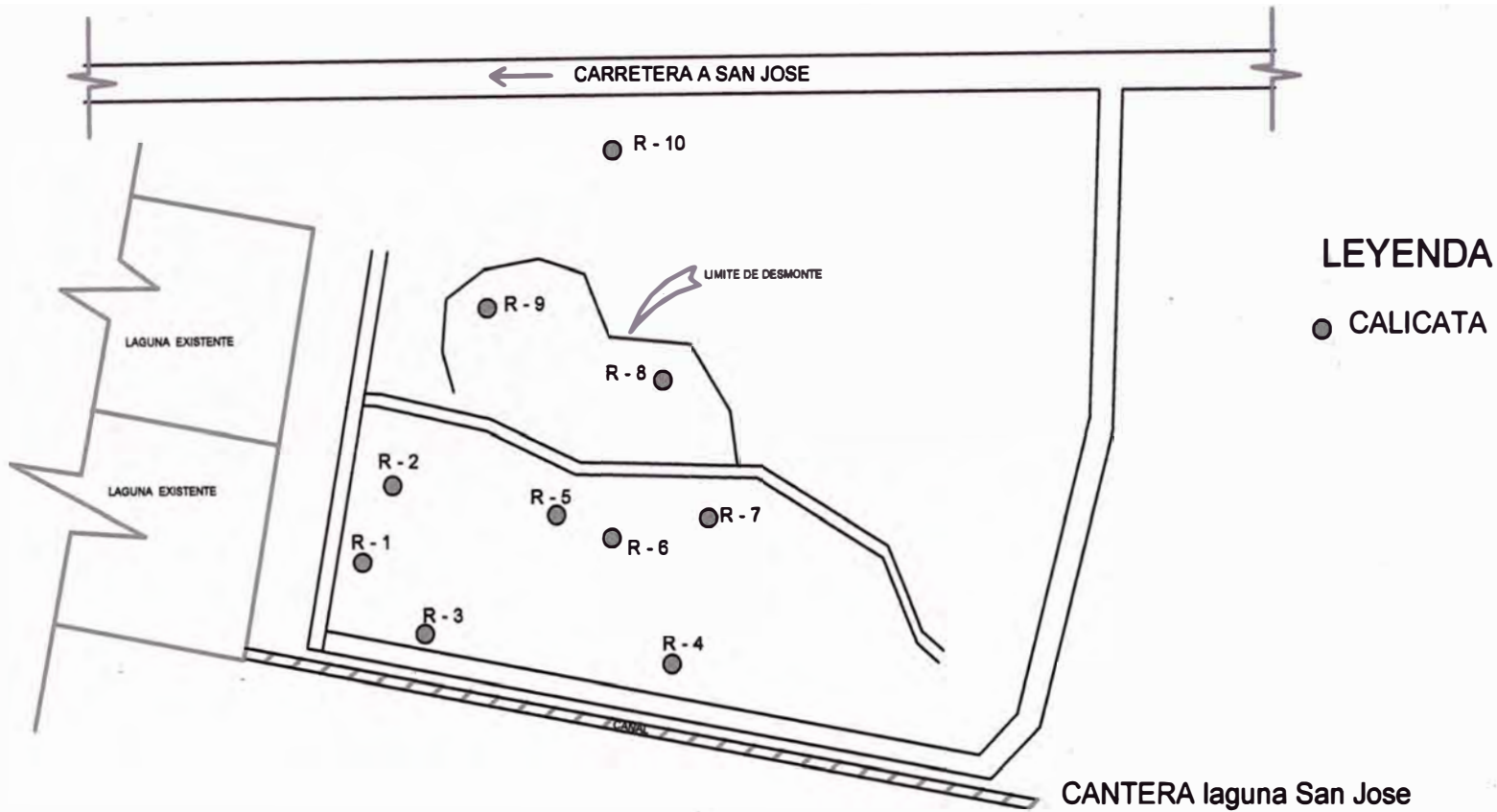


CRONOESTRATIGRAFIA		LITOSTRATIGRAFIA		
ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos aluviales	Or-al
		PLEISTOCENO	Depósitos eólicos	Or-e
MESOZOICO	CRETÁCEO	INFERIOR	Gpo. Goyllarisquiza	Ki-g

## MAPA GEOLOGICO DE CHICLAYO

(INGEMMET, 1984), Boletín N°38

### GRAFICO N° 1

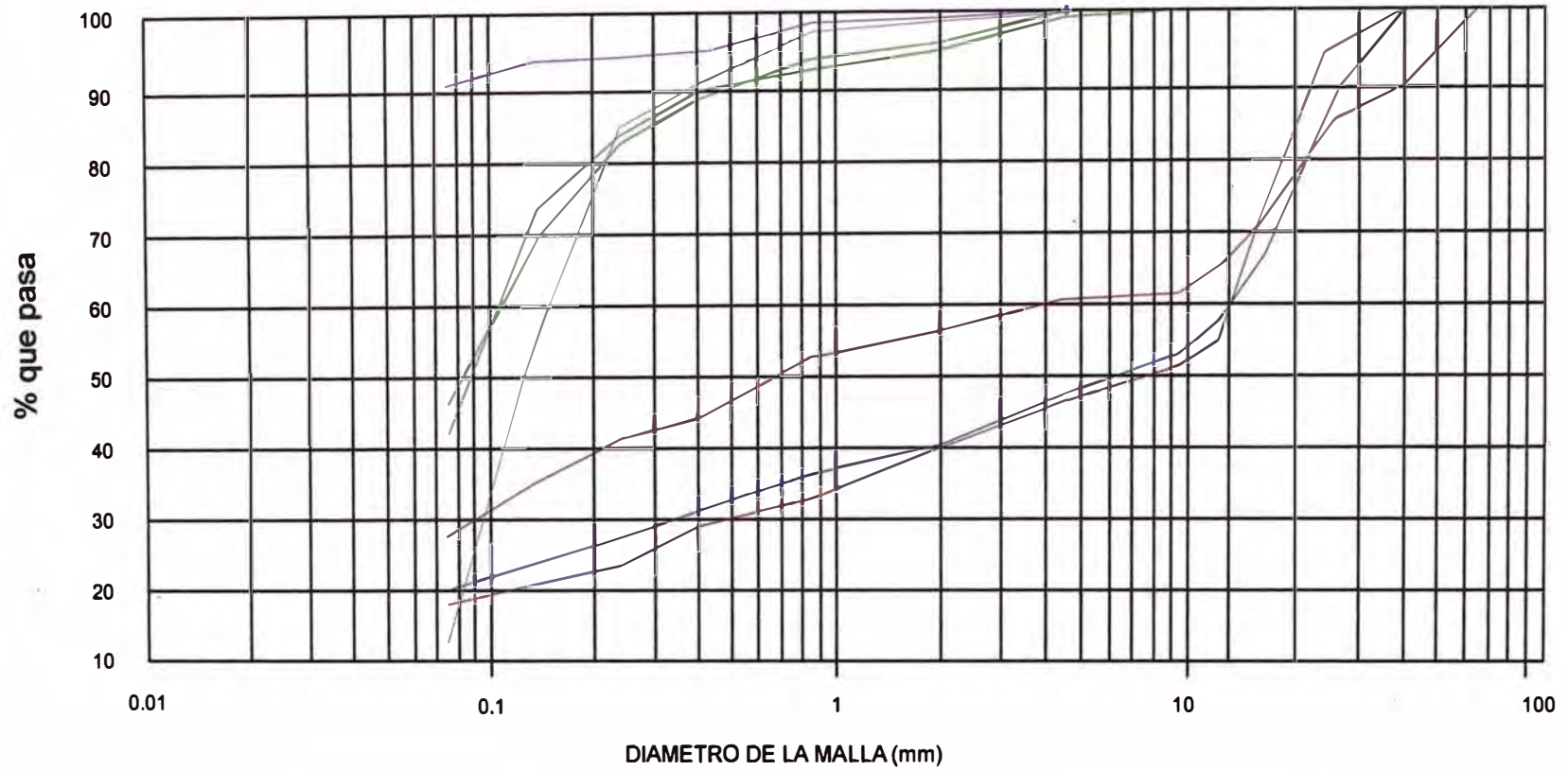


CANTERA laguna San Jose

Del suelo movilizado (desmonte) por la construccion de la laguna "San Jose" quedo 200 metros cubicos., del cual se muetreo mediante piques no mas 1.0m de profundidad diez (10) muestras llamadas R-1 hasta R-10.

GRAFICO Nº 2

## DISEÑO DE FILTRO - HUSO GRANULOMETRICO



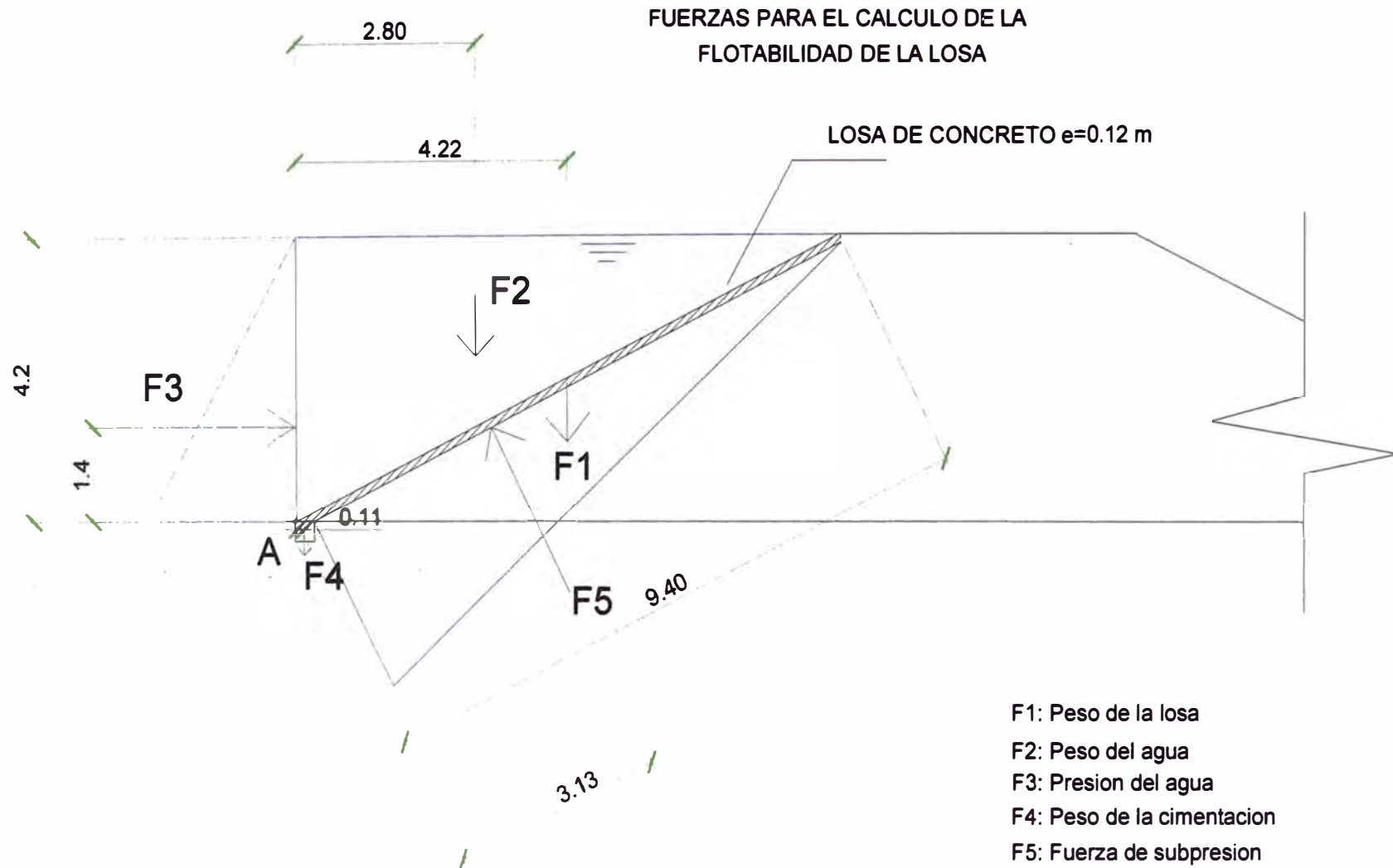
### SUBDRENAJE

- SC
- SM
- CH

### CUERPO DE DIQUE

- GP-GC
- GP-GM

**GRAFICO Nº 3**

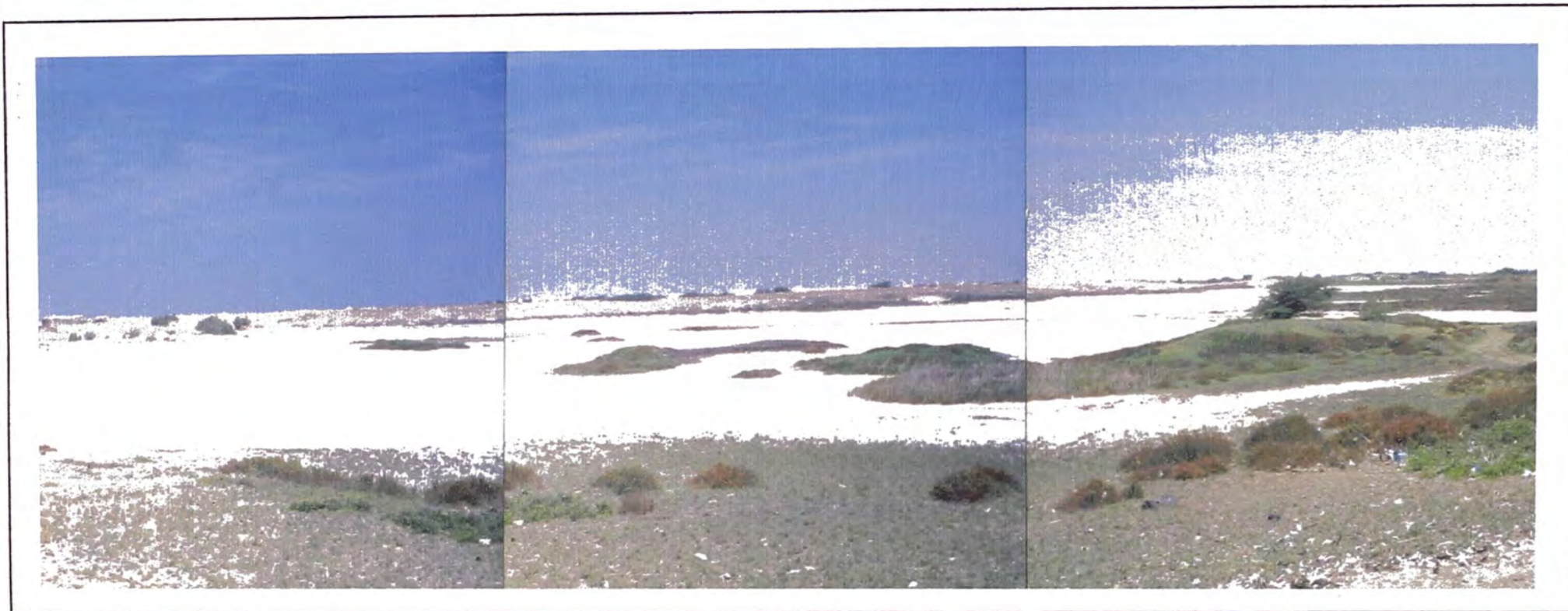


**GRAFICO N° 4**

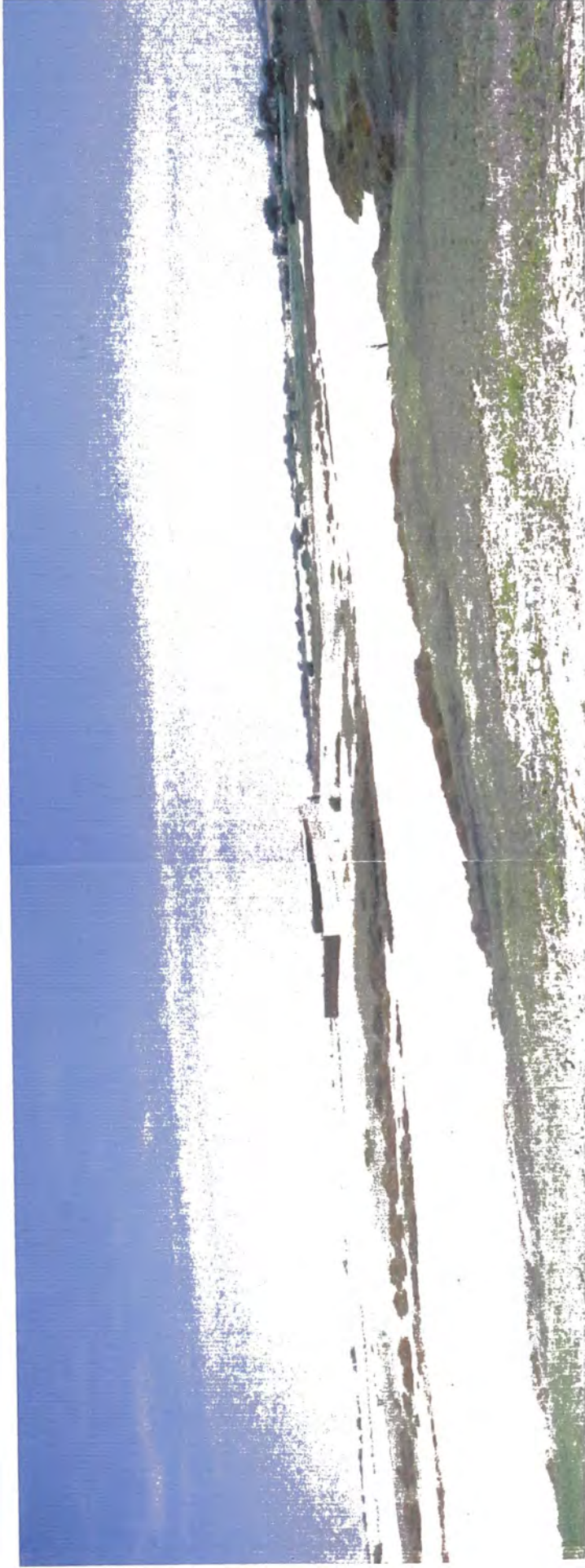
**ANEXO VII**  
**FOTOS**



**FOTO N°1 Vista desde la Carretera a la Caleta de San José (Lado Norte). Se aprecia la Zona 2 como leves colinas bordeando la Zona 1**

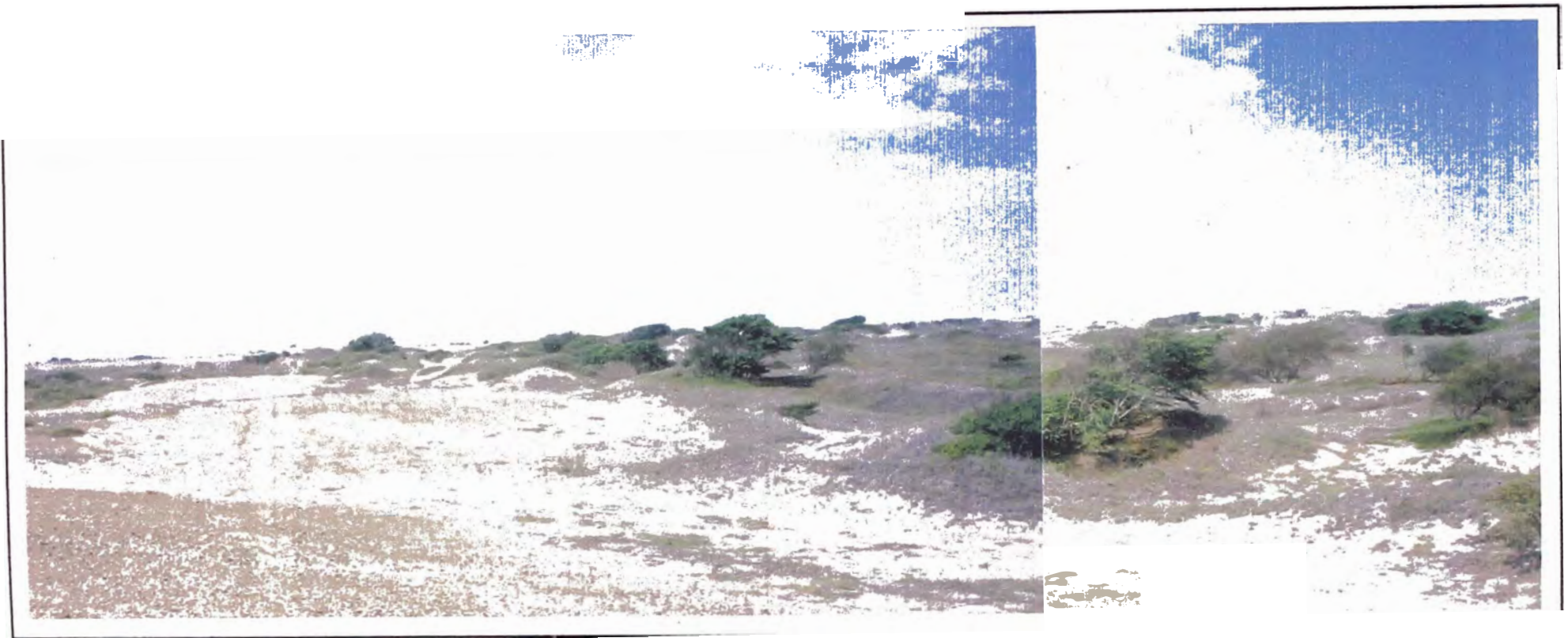


**FOTO N° 2 Vista desde el lado Este. Se aprecia las costras blancas de salinidad. Zona 1. Estanqueidad Salina.**



**FOTO N° 3** Vista hacia el lado Oeste. Se aprecia la estanquedad salina.





**FOTO N° 4 Se aprecia La Zona 2. Colinas de leves variaciones topográficas.**



**FOTO N°5 Calicata C-5A. Vista desde el lado Este. Se aprecia una pequeña isla.**



**FOTO N° 6 Zona a construir la laguna A1. se aprecia el material arenoso.**



**FOTO N° 7 Se aprecia el material gravoso de la zona 1.**



**FOTO N° 8 Vista de la laguna Pampa de perros. Se aprecia la erosión y el Enrocado**

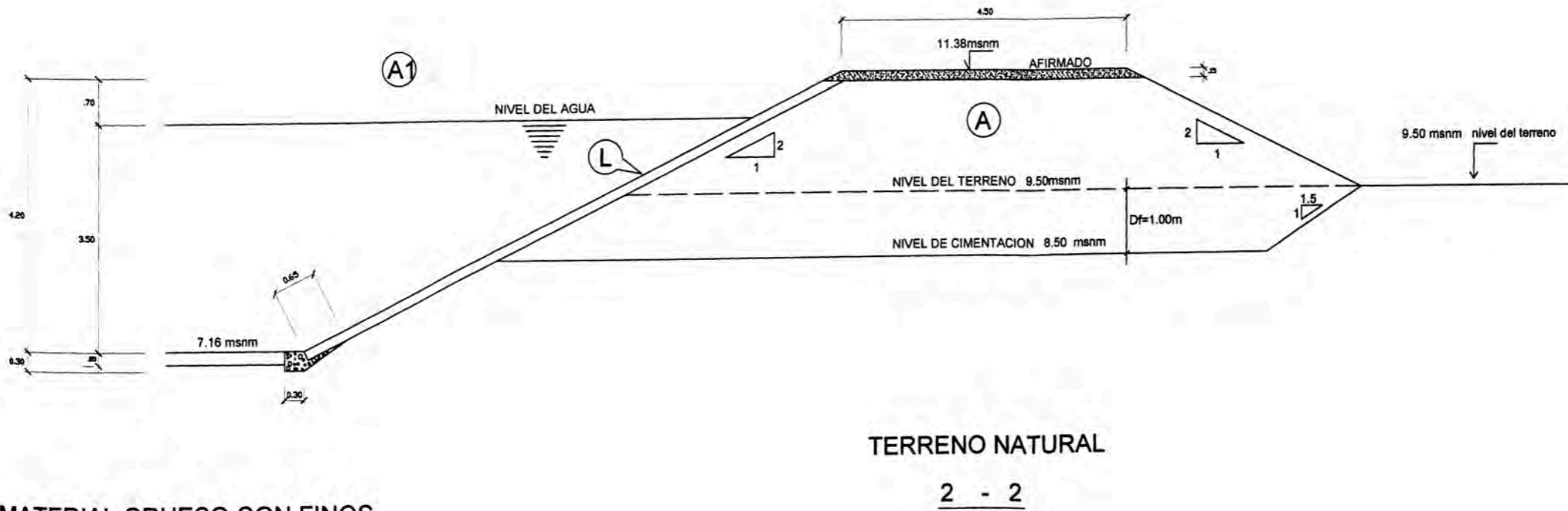
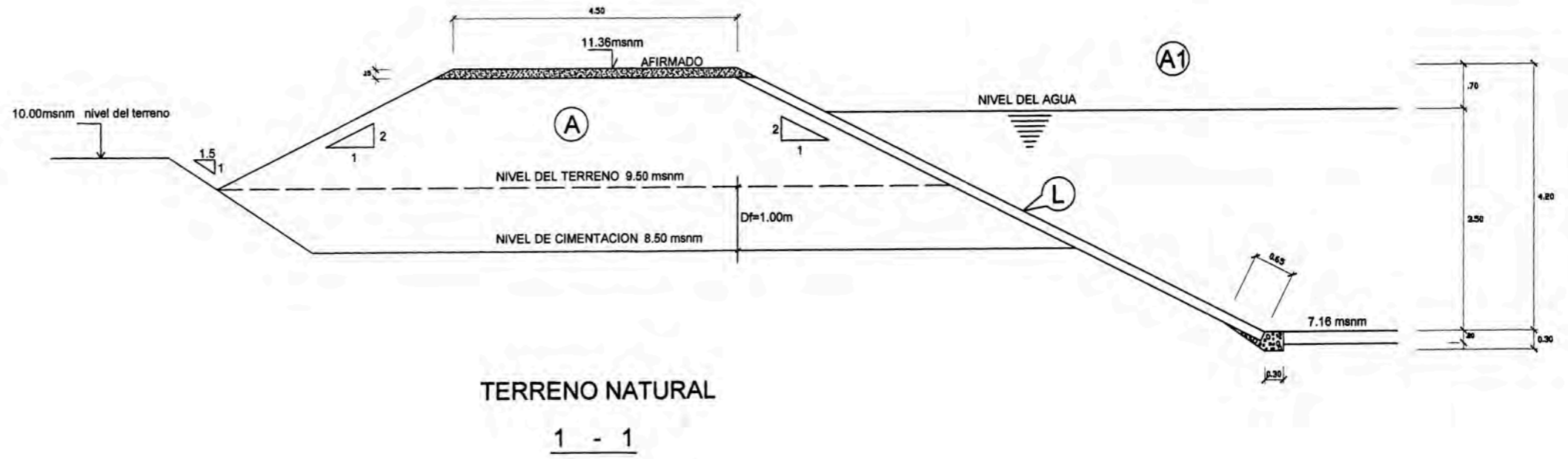


**FOTO N°9** Vista del dren próximo a la zona de estudio. Se aprecia el material deleznable, con la humedad se va erosionando (carcomiendo) y deslizando.



**FOTO N° 10** Vista desde del mismo canal, donde la zona deleznable es mas Pronunciada.

**ANEXO VIII**  
**SECCIONES DIQUES**

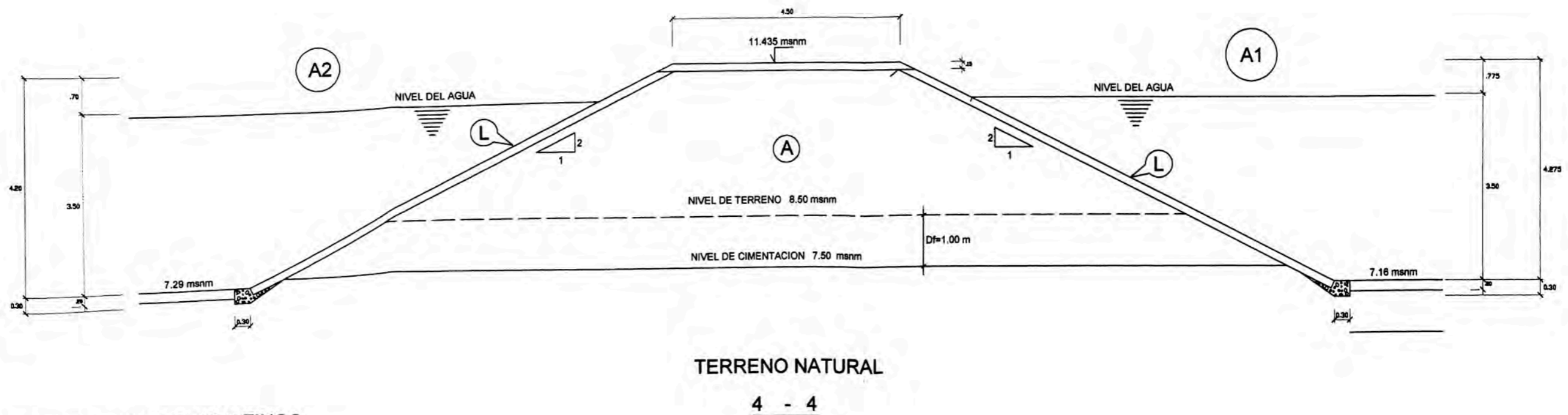
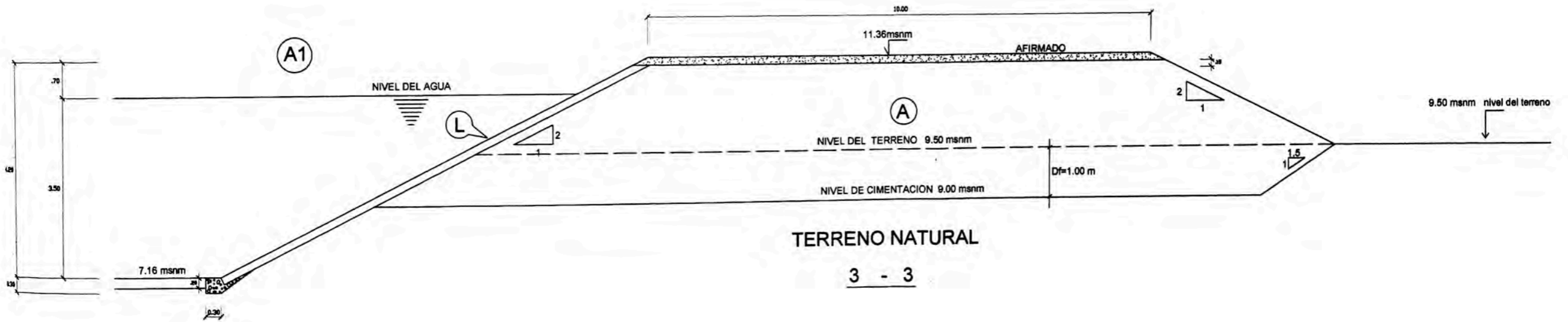


Ⓐ MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%

Ⓛ LOSA ARMADA DE 0.12 m DE ESPESOR  
 $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$

ESC 1 : 125

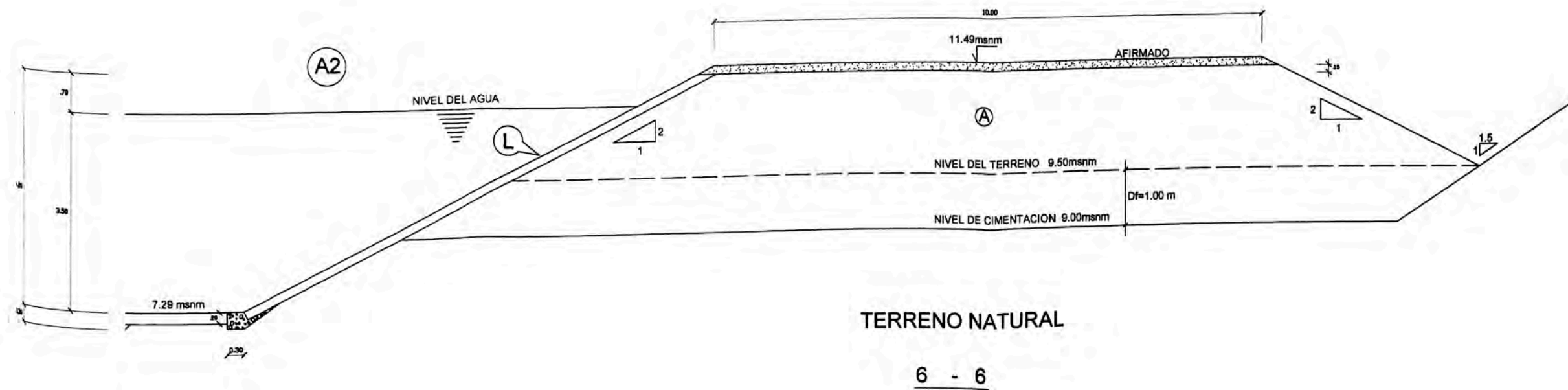
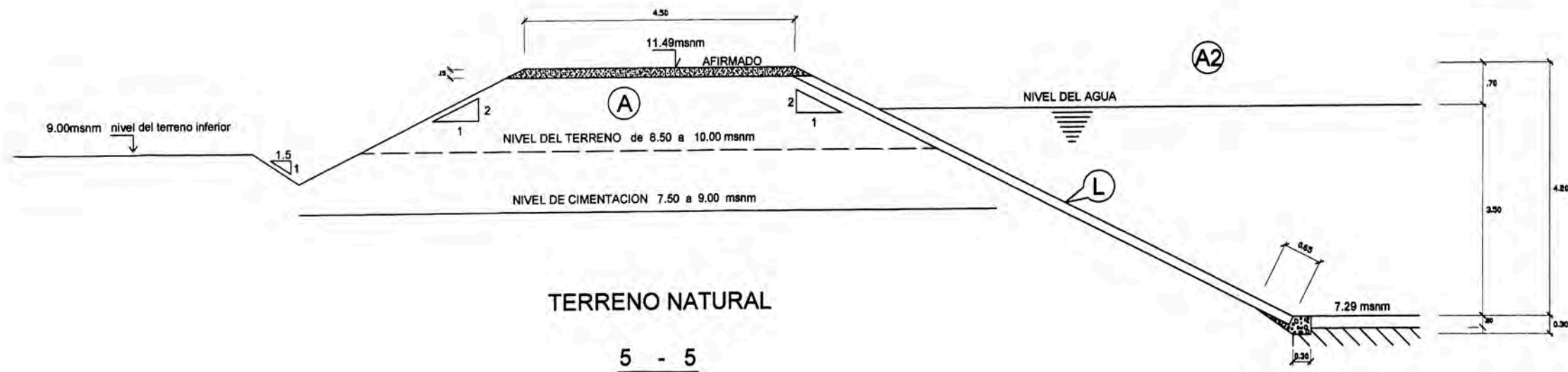
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES**



- (A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%
- (L) LOSA ARMADA DE 0.12 m DE ESPESOR  
 $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$

ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES



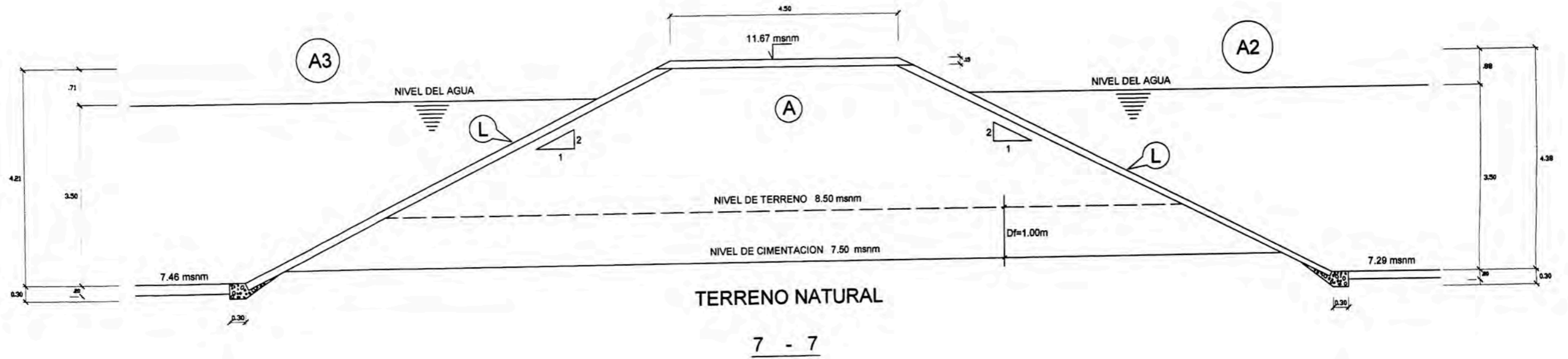
(A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%

(L) LOSA ARMADA DE 0.12 m DE ESPESOR  
 $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$

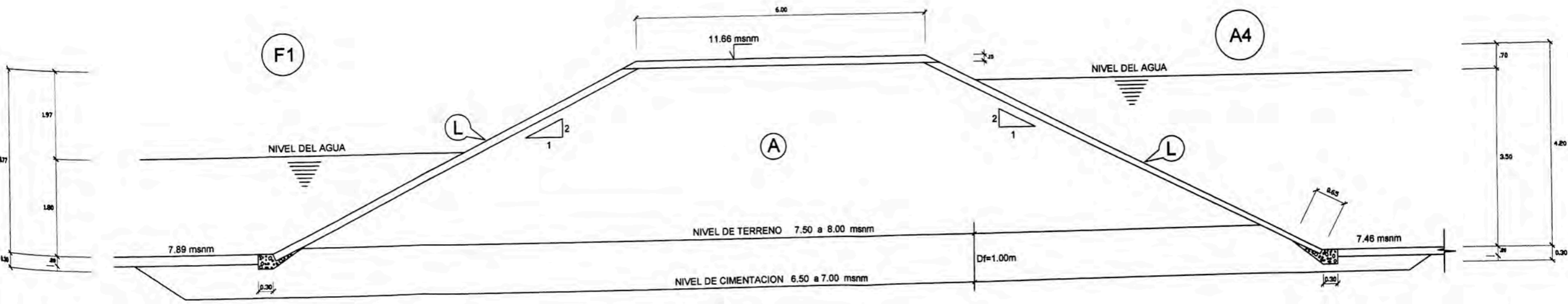
ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES





TERRENO NATURAL  
7 - 7

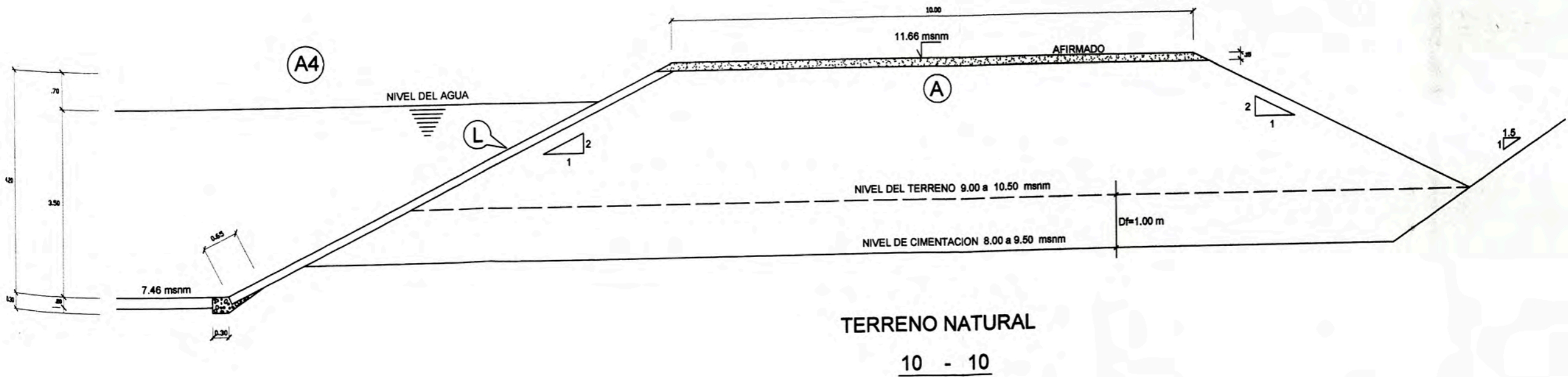
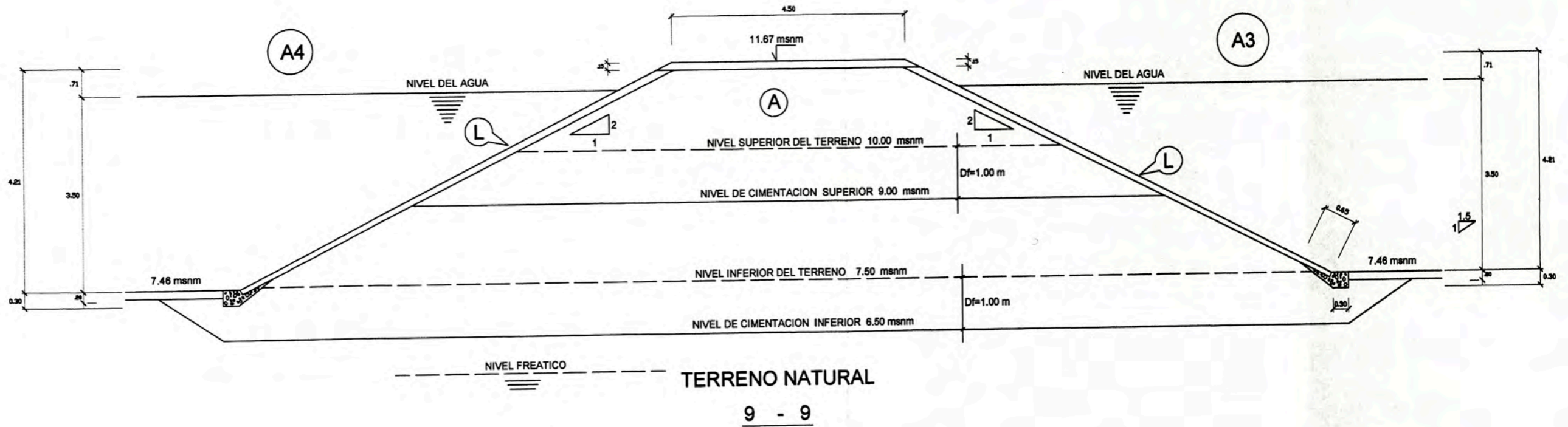


TERRENO NATURAL  
8 - 8

- Ⓐ MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%
- Ⓛ LOSA ARMADA DE 0.12 m DE ESPESOR  
 $f_c=245 \text{ kg/cm}^2$

ESC 1 : 125

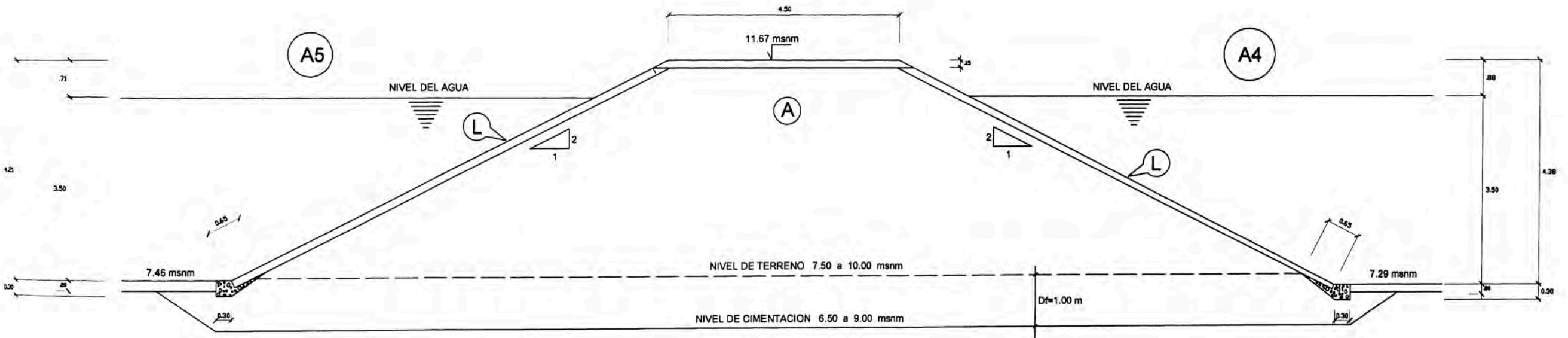
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES



- (A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%
- (L) LOSA ARMADA DE 0.12 m DE ESPESOR  
 $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$

ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES



TERRENO NATURAL

11 - 11



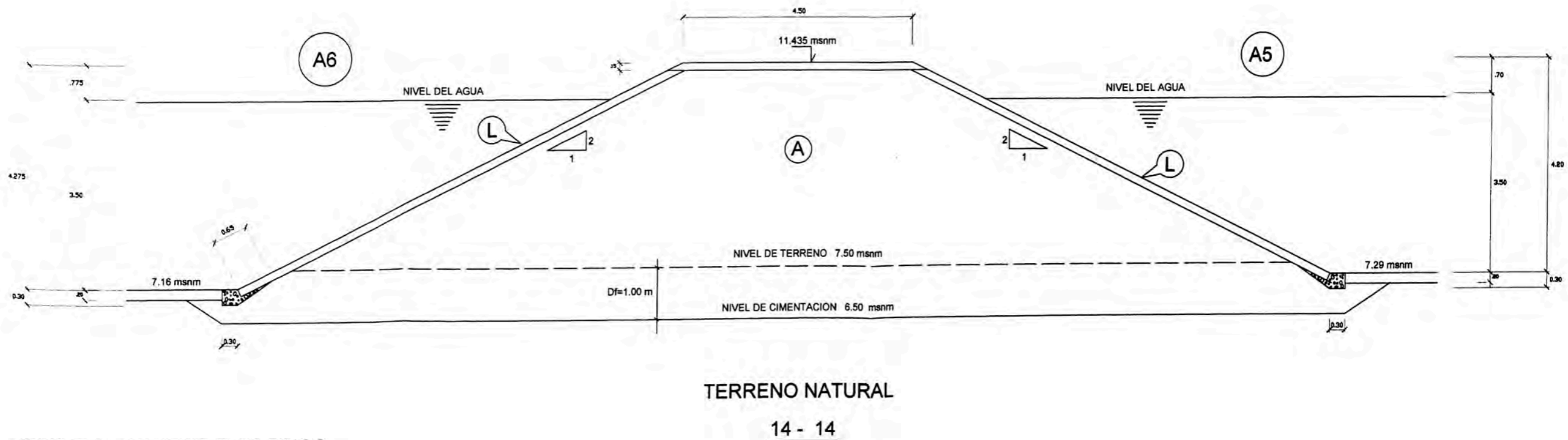
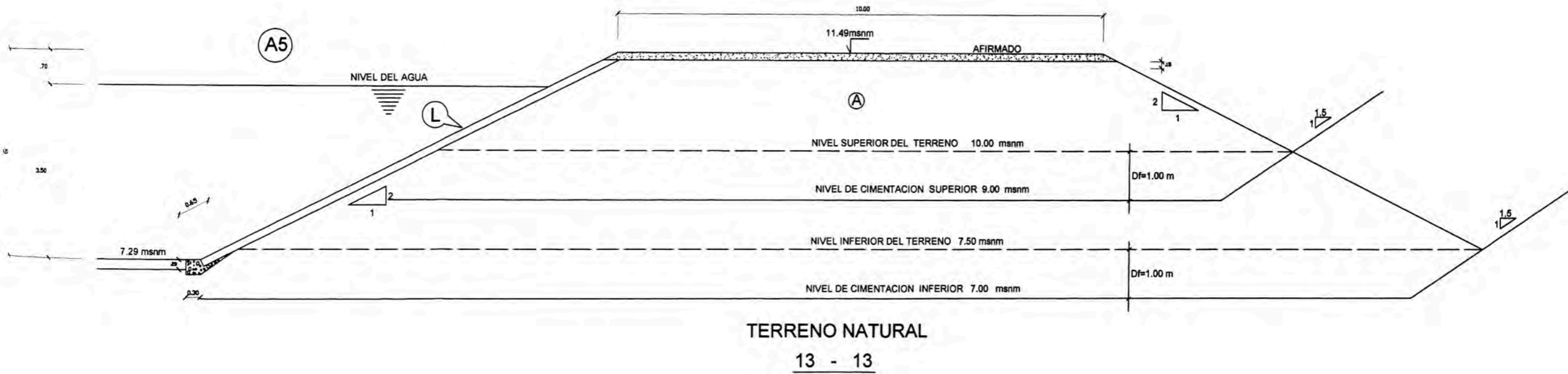
TERRENO NATURAL

12 - 12

- (A) MATERIAL GRUESO CON FINOS COMPACTADO CON GC = 90%
- (L) LOSA ARMADA DE 0.12 m DE ESPESOR  $f_c=245 \text{ kg/cm}^2$

ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES

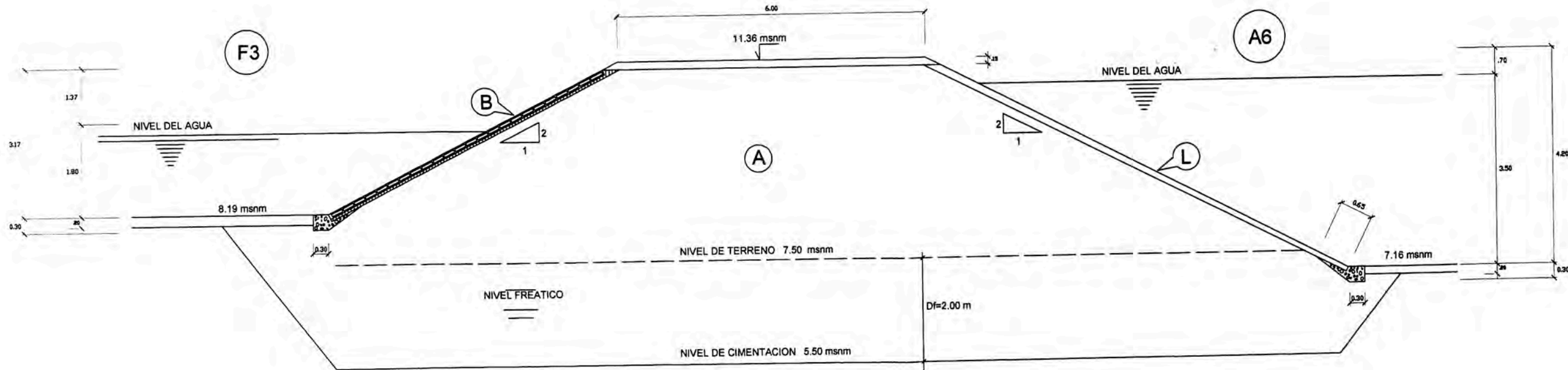


(A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%

(L) LOSA ARMADA DE 0.12 m DE ESPESOR  
 $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$

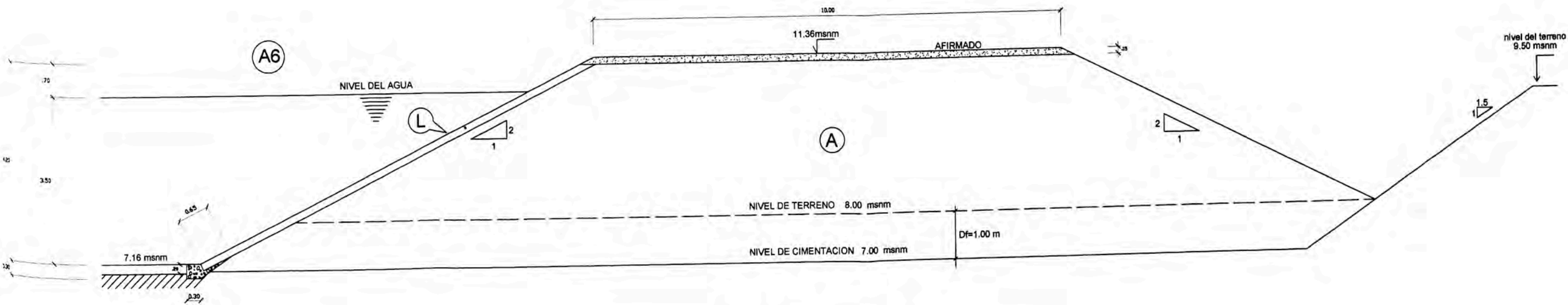
**ESC 1 : 125**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"**  
SECCIONES TRANSVERSALES



TERRENO NATURAL

15 - 15



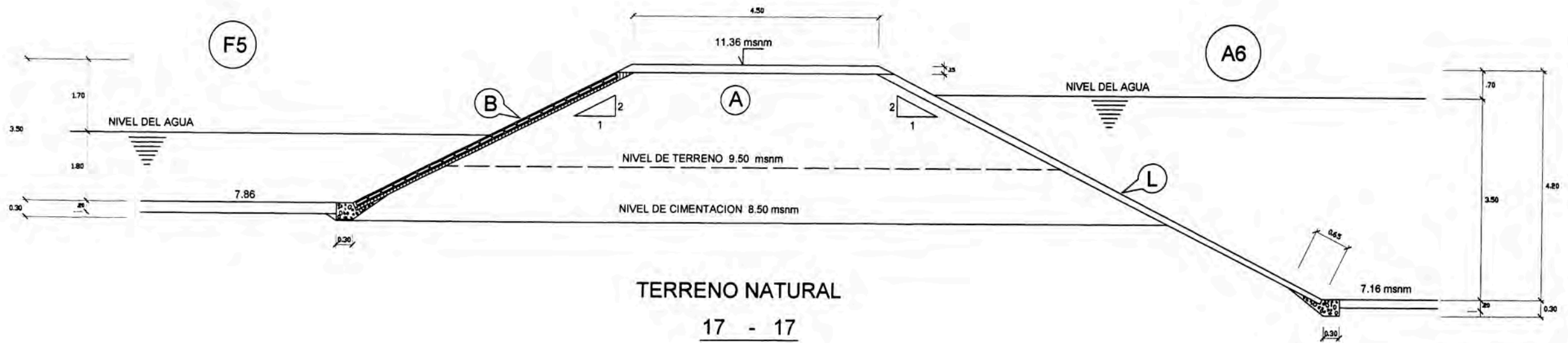
TERRENO NATURAL

16 - 16

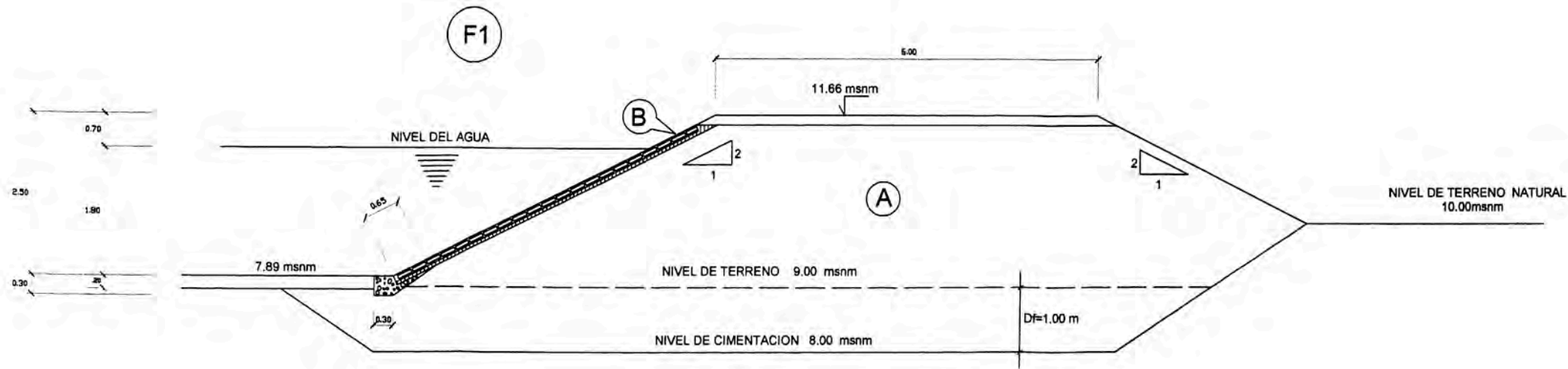
- (A) MATERIAL GRUESO CON FINOS COMPACTADO CON GC = 90%
- (L) LOSA ARMADA DE 0.12 m DE ESPESOR  $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$

ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES



TERRENO NATURAL  
17 - 17

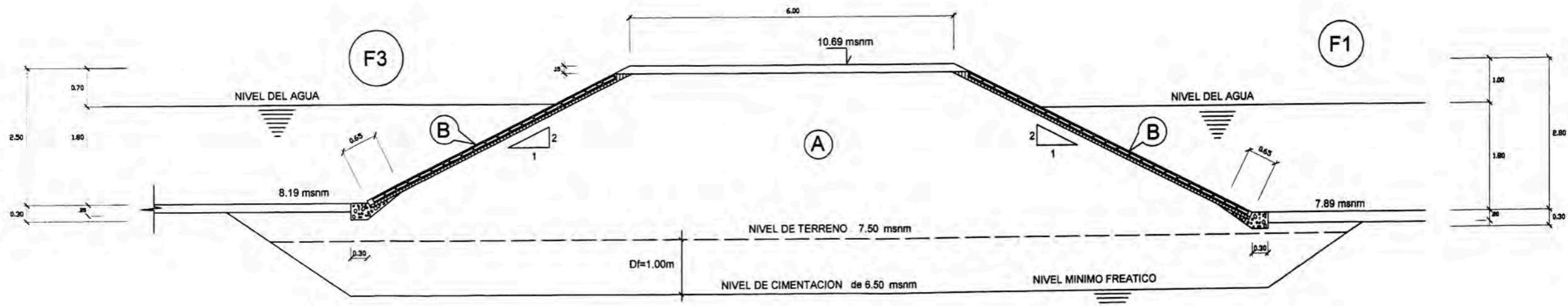


TERRENO NATURAL  
18 - 18

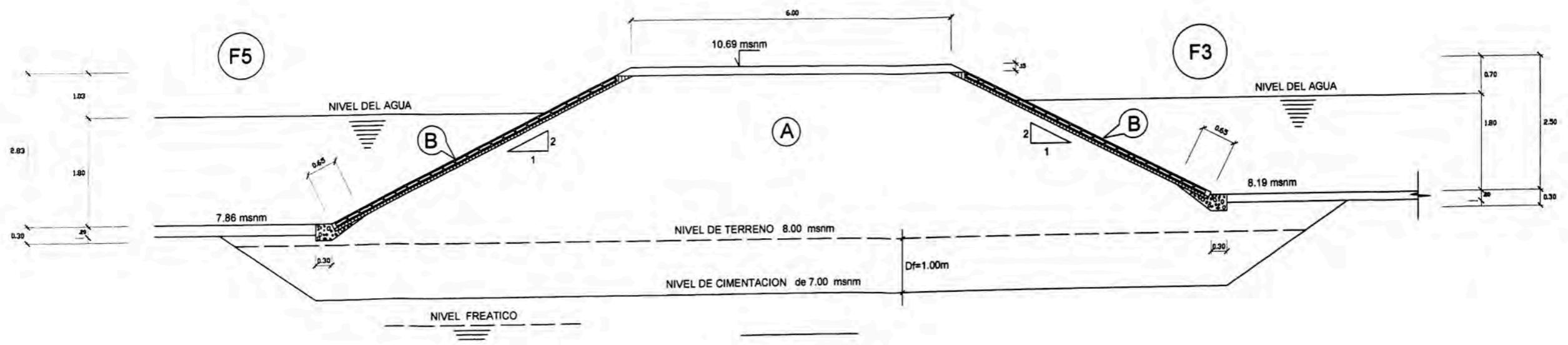
- Ⓐ MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%
- Ⓑ LOSA ARMADA DE 0.12 m DE ESPESOR  
 $f_c = 245 \text{ kg/cm}^2$
- Ⓒ BLOQUETAS PREFABRICADAS DE  
.25x.25x.10 DE ARENA CON CEMENTO  
COLOCADAS SOBRE UNA CAMA DE  
0.025 m DE MORTERO.

ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES



TERRENO NATURAL  
19 - 19



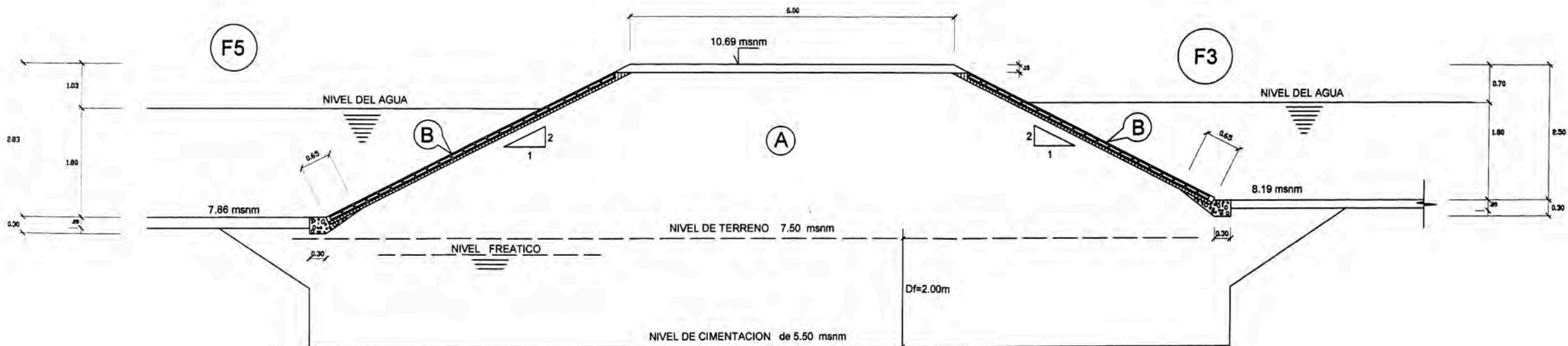
TERRENO NATURAL  
20A - 20A

(A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%

(B) BLOQUETAS PREFABRICADAS DE  
.25x.25x.10 DE ARENA CON CEMENTO  
COLOCADAS SOBRE UNA CAMA DE  
0.025 m DE MORTERO.

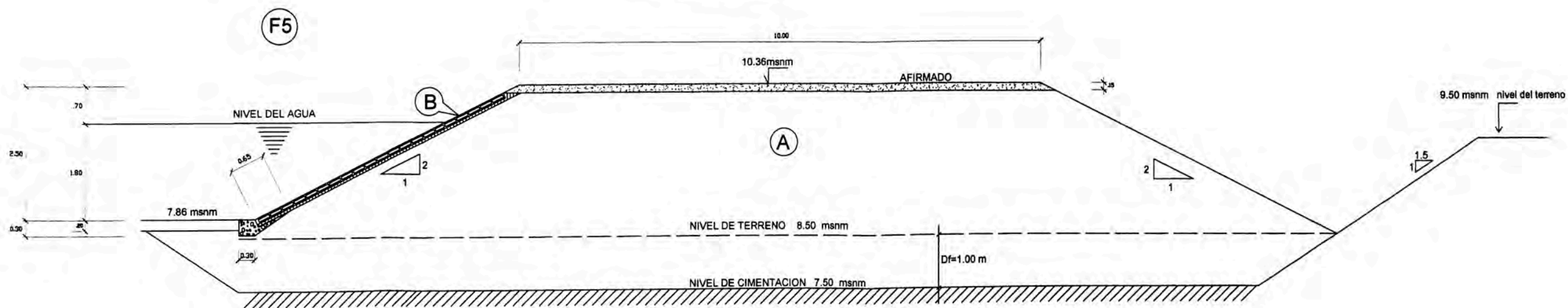
ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES



TERRENO NATURAL

20B - 20B



TERRENO NATURAL

21 - 21

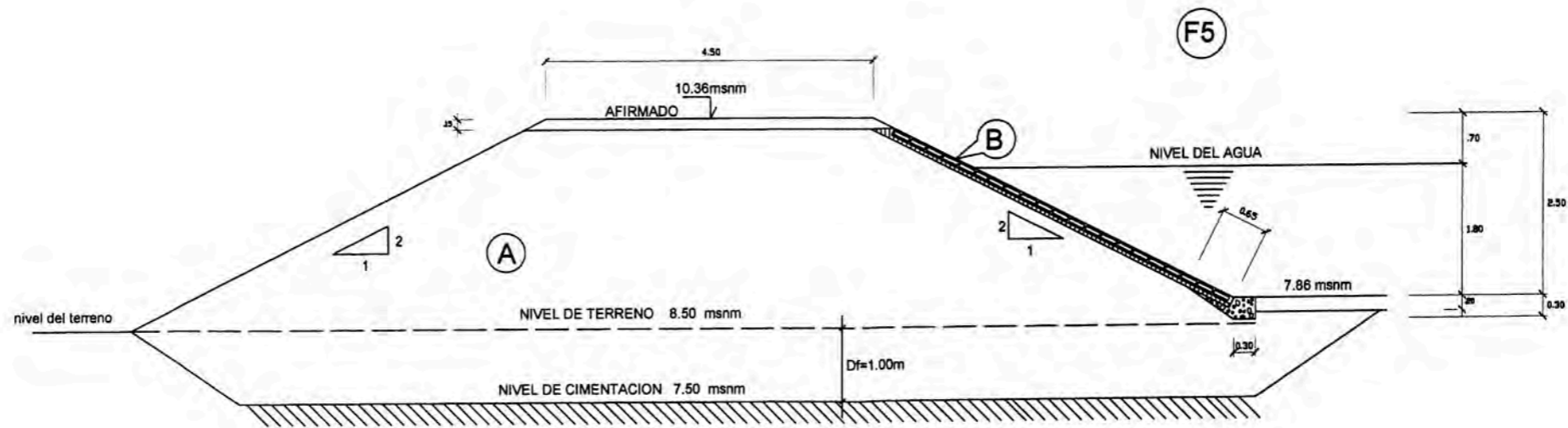
(A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%

(B) BLOQUETAS PREFABRICADAS DE  
.25x.25x.10 DE ARENA CON CEMENTO  
COLOCADAS SOBRE UNA CAMA DE  
0.025 m DE MORTERO.

ESC 1 : 125

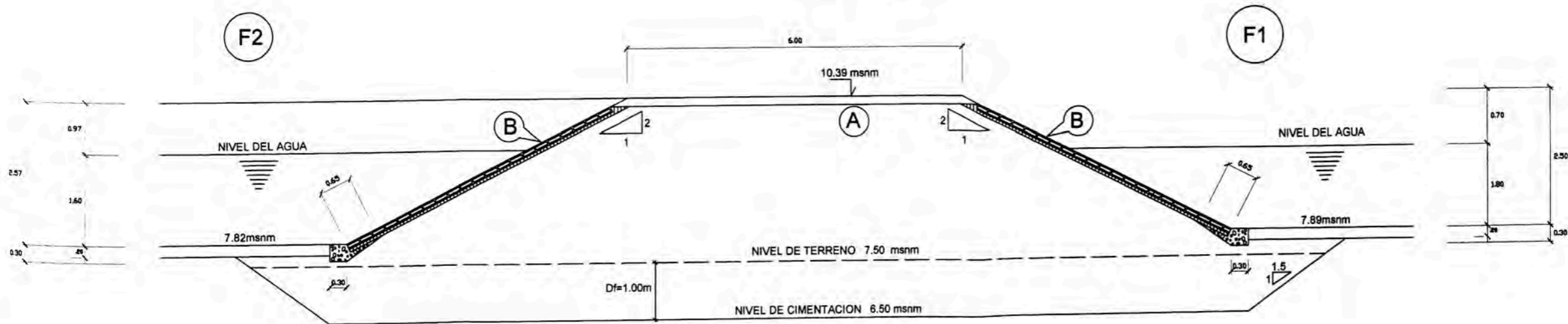
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES





TERRENO NATURAL

22 - 22



TERRENO NATURAL

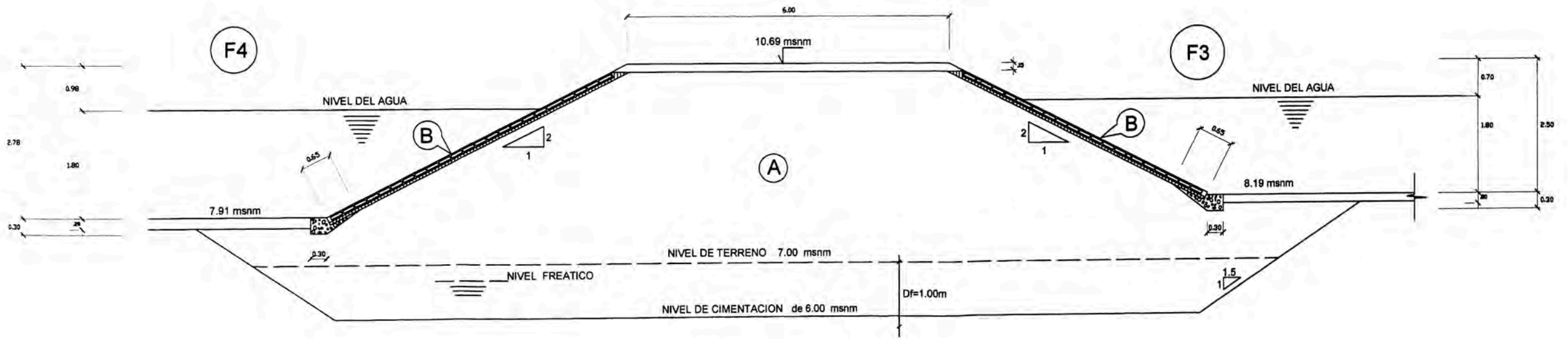
23 - 23

(A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%

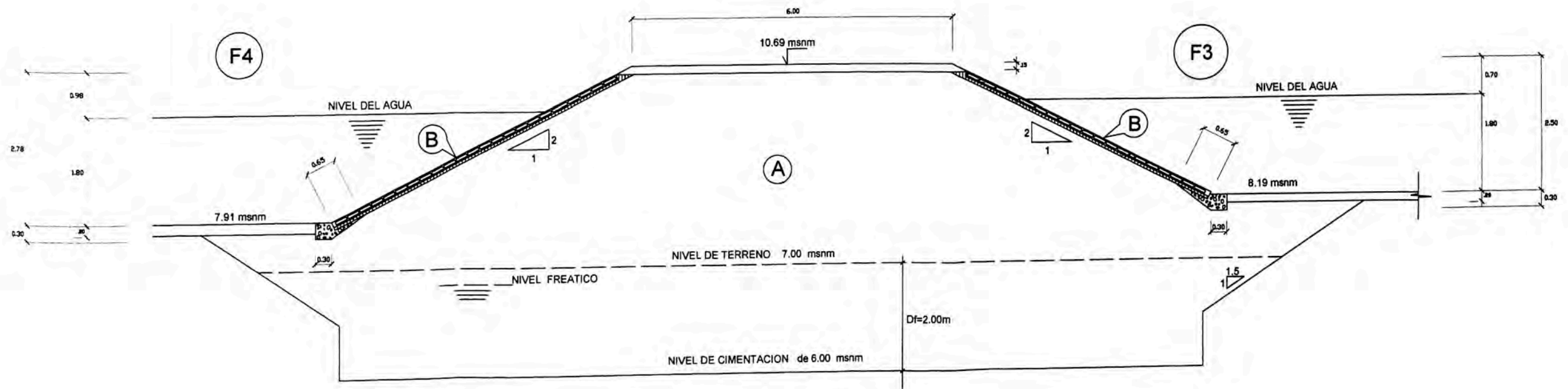
(B) BLOQUETAS PREFABRICADAS DE  
.25x.25x.10 DE ARENA CON CEMENTO  
COLOCADAS SOBRE UNA CAMA DE  
0.025 m DE MORTERO.

ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES



TERRENO NATURAL  
24A - 24A



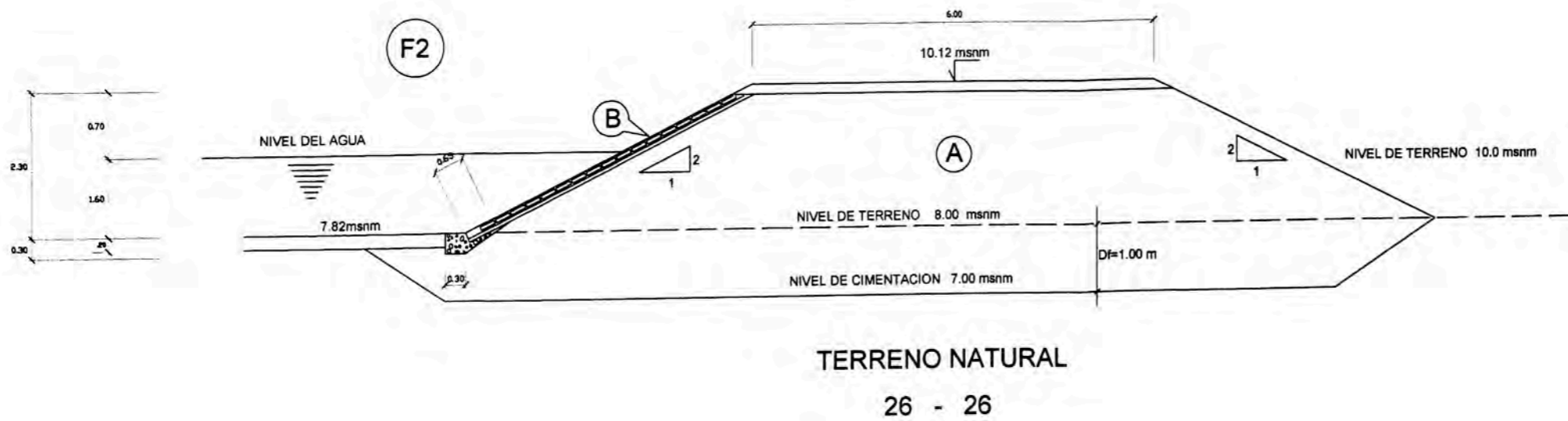
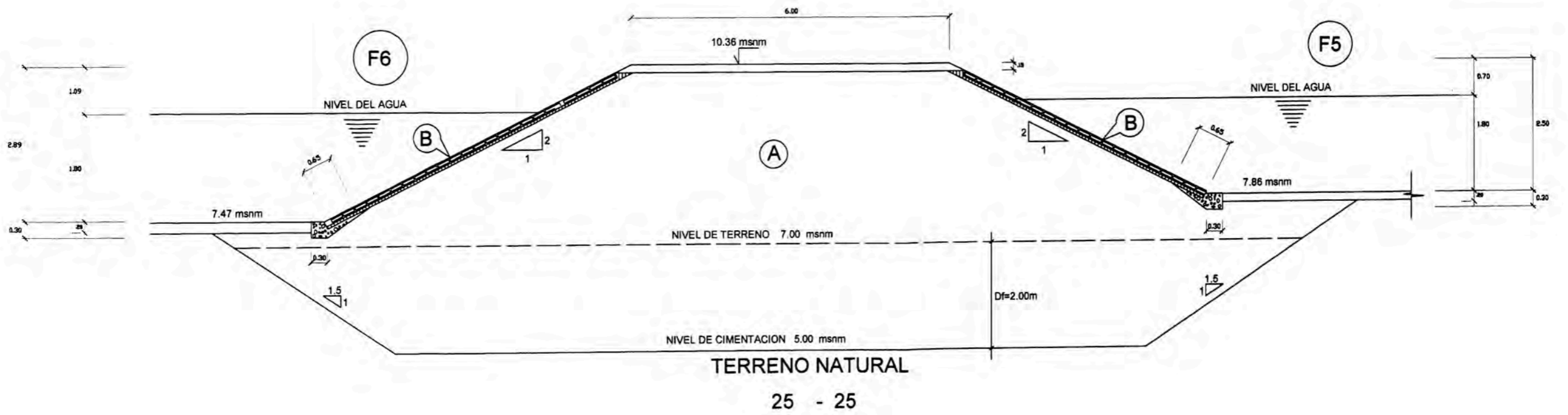
TERRENO NATURAL  
24B - 24B

(A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%

(B) BLOQUETAS PREFABRICADAS DE  
.25x.25x.10 DE ARENA CON CEMENTO  
COLOCADAS SOBRE UNA CAMA DE  
0.025 m DE MORTERO.

ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES

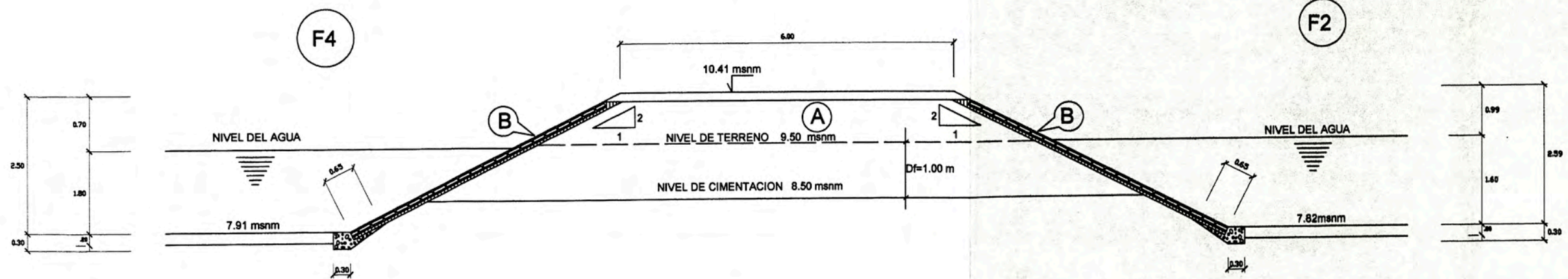


(A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%

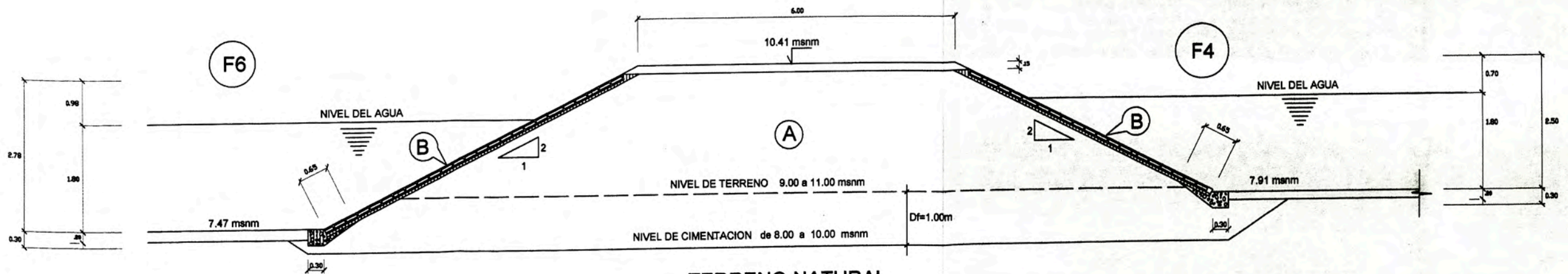
(B) BLOQUETAS PREFABRICADAS DE  
.25x.25x.10 DE ARENA CON CEMENTO  
COLOCADAS SOBRE UNA CAMA DE  
0.025 m DE MORTERO.

ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES



TERRENO NATURAL  
27 - 27



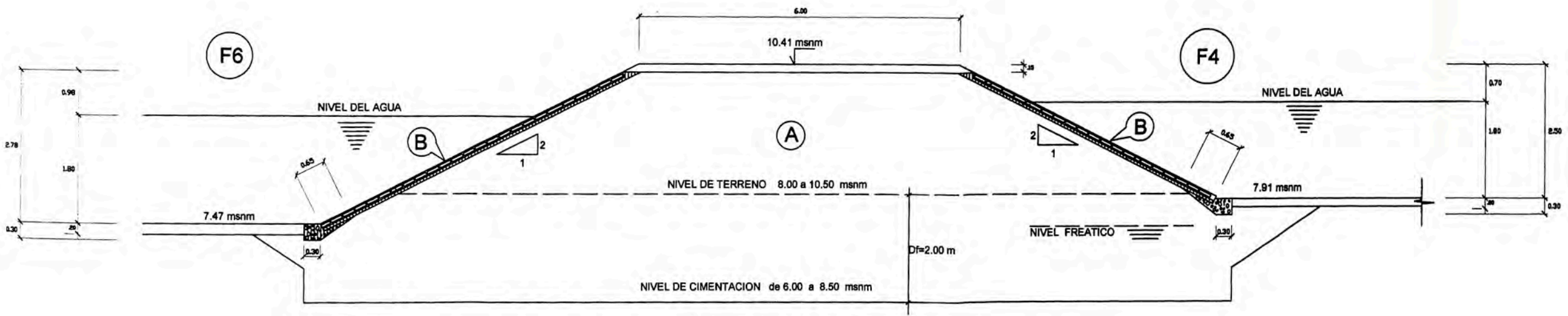
TERRENO NATURAL  
28A - 28A

(A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%

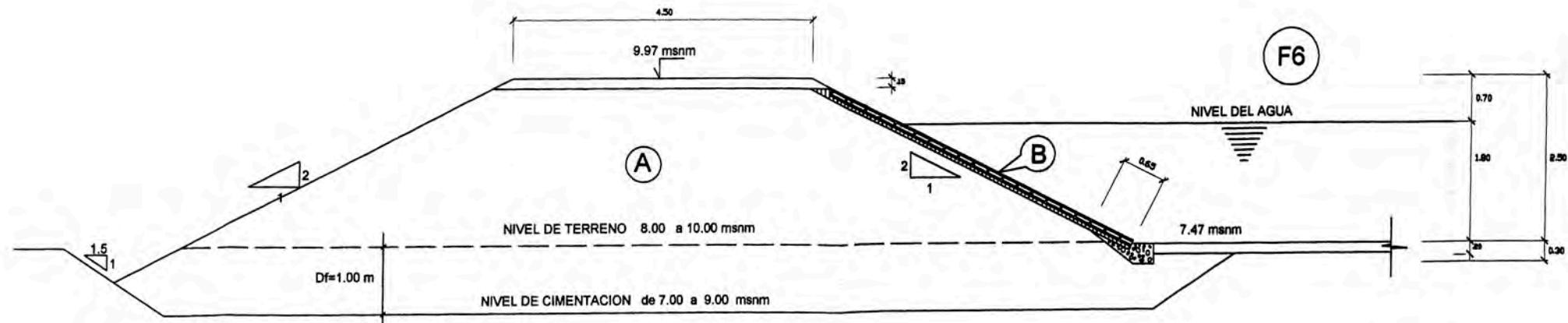
(B) BLOQUETAS PREFABRICADAS DE  
.25x.25x.10 DE ARENA CON CEMENTO  
COLOCADAS SOBRE UNA CAMA DE  
0.025 m DE MORTERO.

ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES



TERRENO NATURAL  
28B - 28B



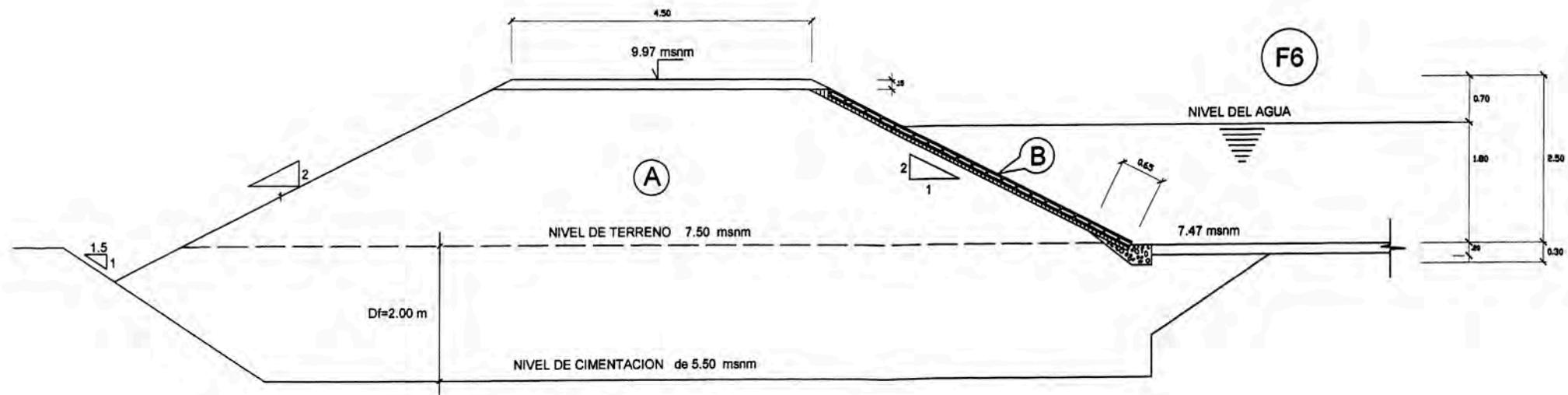
TERRENO NATURAL  
29A - 29A

(A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%

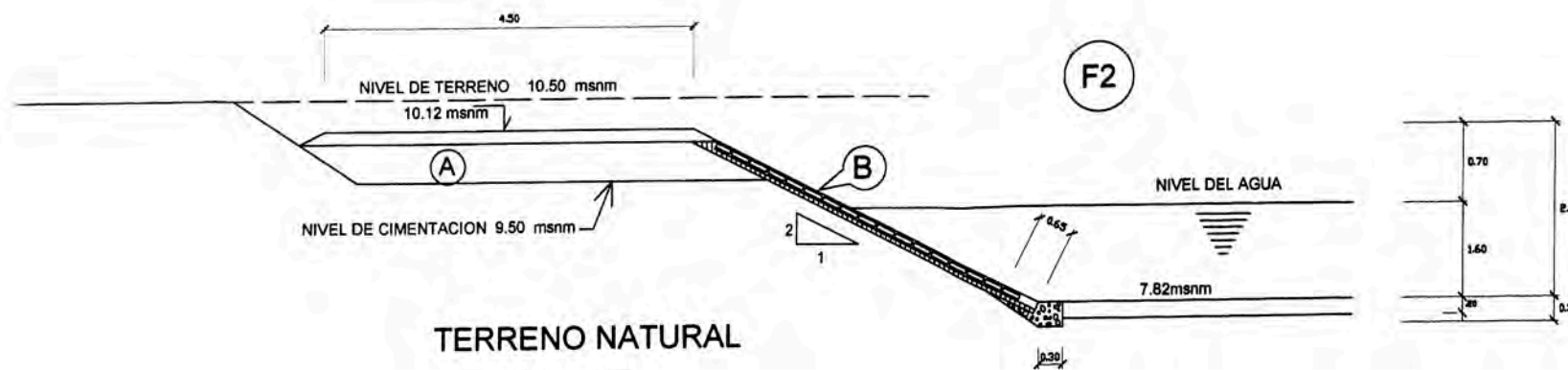
(B) BLOQUETAS PREFABRICADAS DE  
.25x.25x.10 DE ARENA CON CEMENTO  
COLOCADAS SOBRE UNA CAMA DE  
0.025 m DE MORTERO.

ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES



TERRENO NATURAL  
29B - 29B



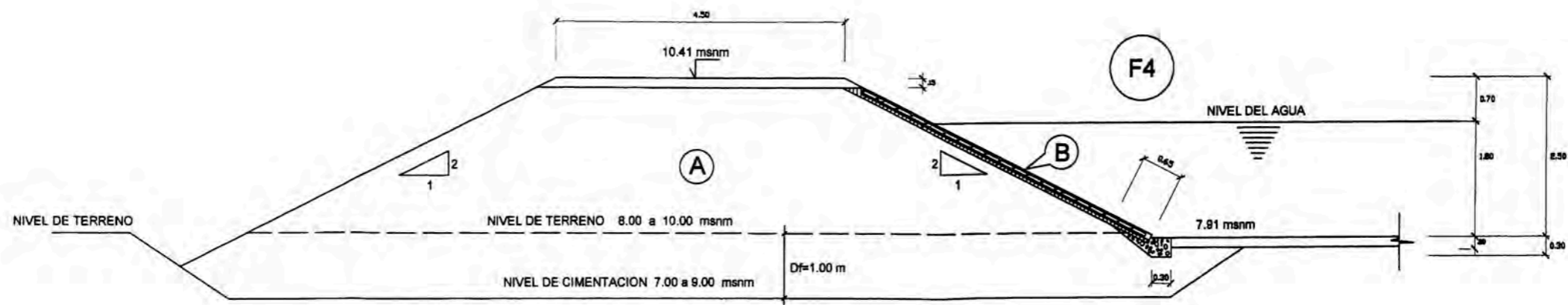
TERRENO NATURAL  
30 - 30

(A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%

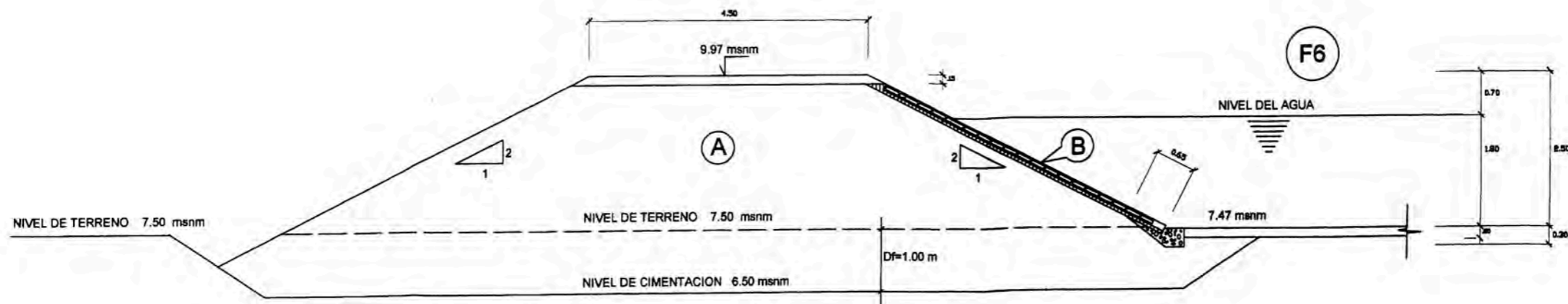
(B) BLOQUETAS PREFABRICADAS DE  
.25x.25x.10 DE ARENA CON CEMENTO  
COLOCADAS SOBRE UNA CAMA DE  
0.025 m DE MORTERO.

ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES



TERRENO NATURAL  
31 - 31



TERRENO NATURAL  
32 - 32

- (A) MATERIAL GRUESO CON FINOS  
COMPACTADO CON GC = 90%
- (B) BLOQUETAS PREFABRICADAS DE  
.25x.25x.10 DE ARENA CON CEMENTO  
COLOCADAS SOBRE UNA CAMA DE  
0.025 m DE MORTERO.

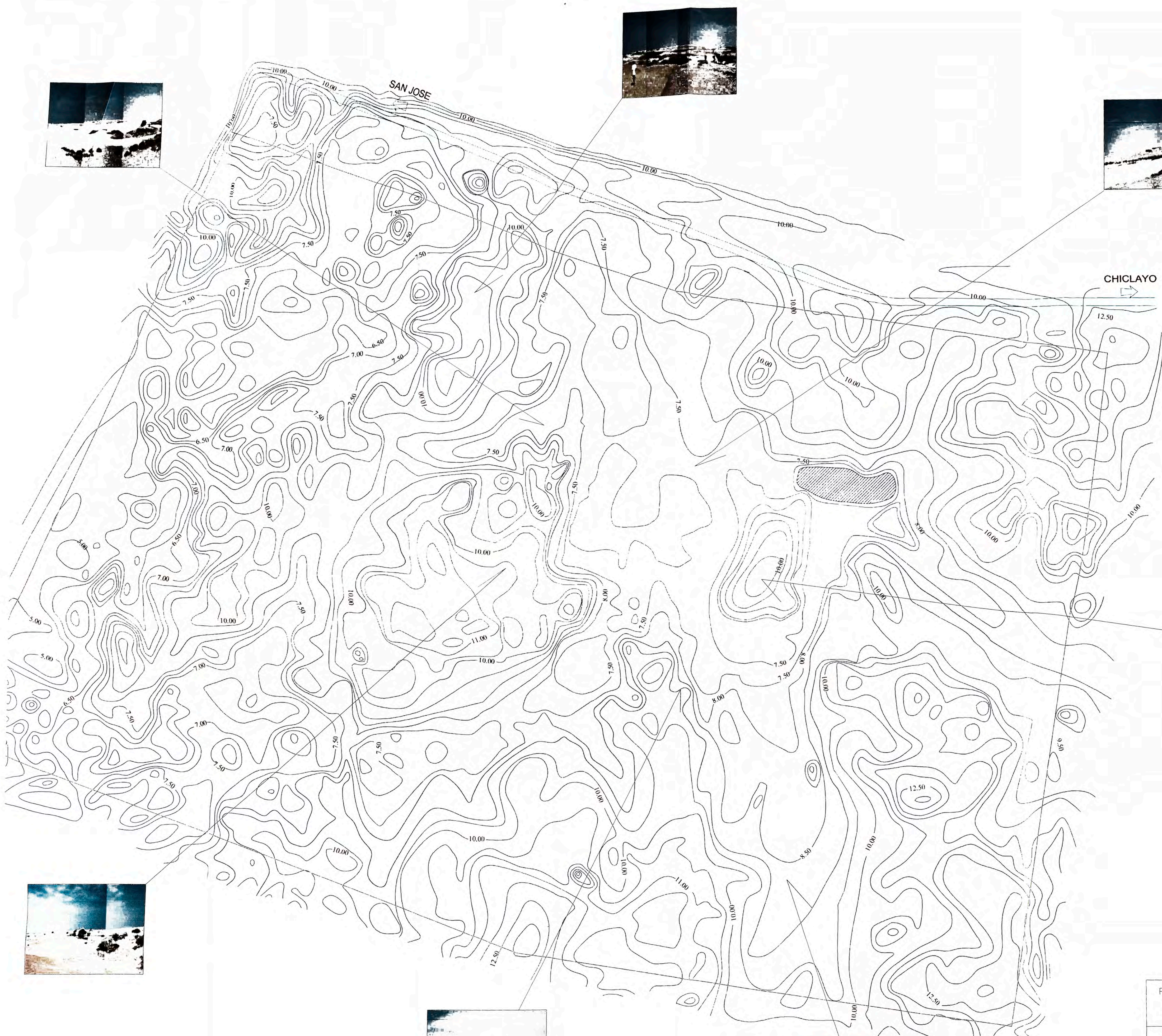
ESC 1 : 125

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
LAGUNA DE ESTABILIZACION "SAN JOSE"  
SECCIONES TRANSVERSALES

# **ANEXO IX**

## **PLANOS**



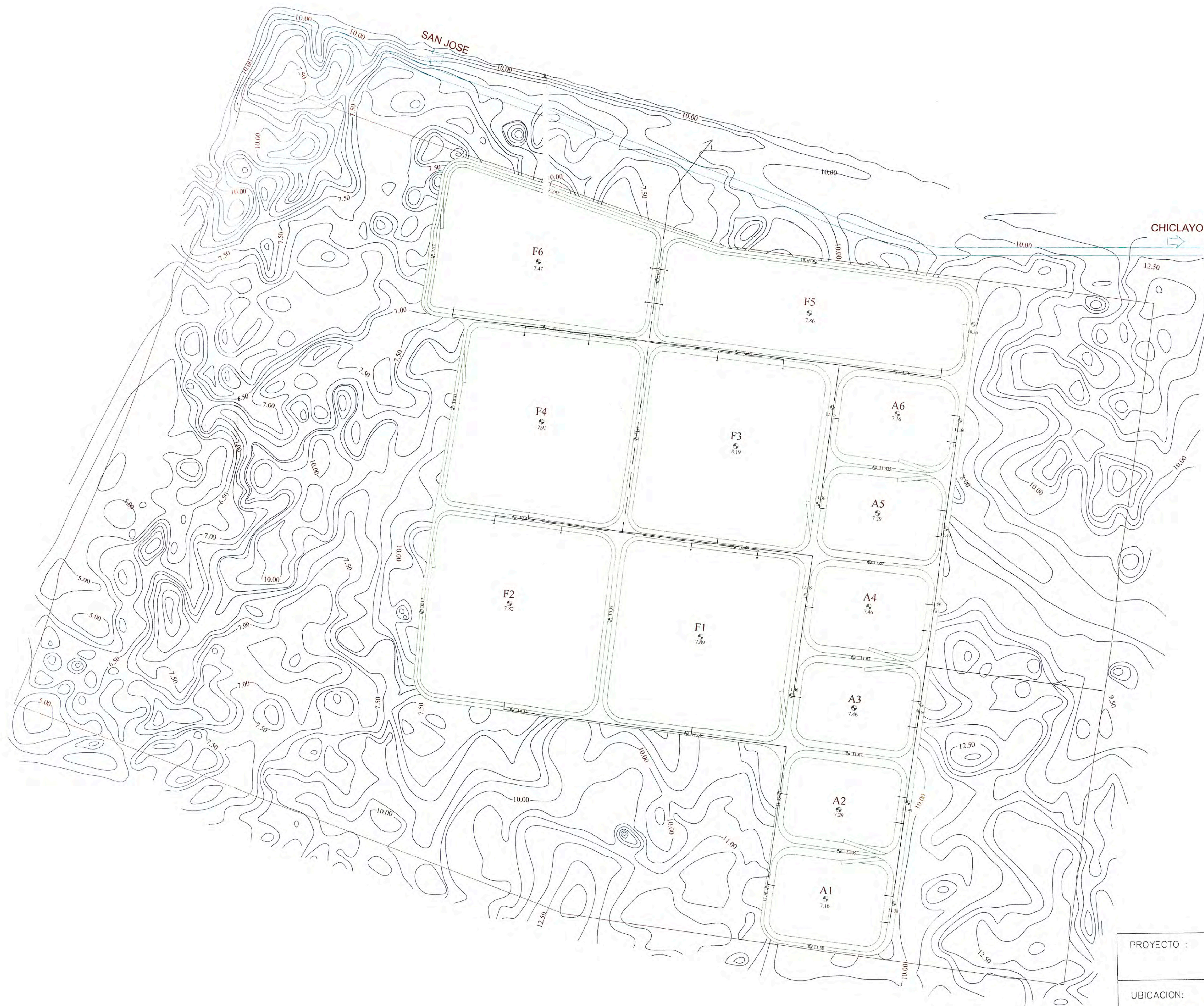


**LEYENDA**

-  LÍMITE DE PROYECTO
-  CARRETERA ASFALTADA
-  LACUNA NATURAL

PROYECTO : <b>EMAPAL</b>		EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE	
UBICACION: PAMPAS DE SAN JOSE CHICLAYO - PERU PROVINCIA DE CHICLAYO DEPARTAMENTO. DE LAMBAYEQUE		PLANO: <b>TOPOGRAFIA</b>	
DIBUJO: C.A.F.L.		EJECUTOR BACH. CESAR A. FRANCIA LEON	N° LAMINA: <b>G-01</b>
		FECHA: NOV. - 2,006	ESC: HOR. 1:2000 VER. 1:75

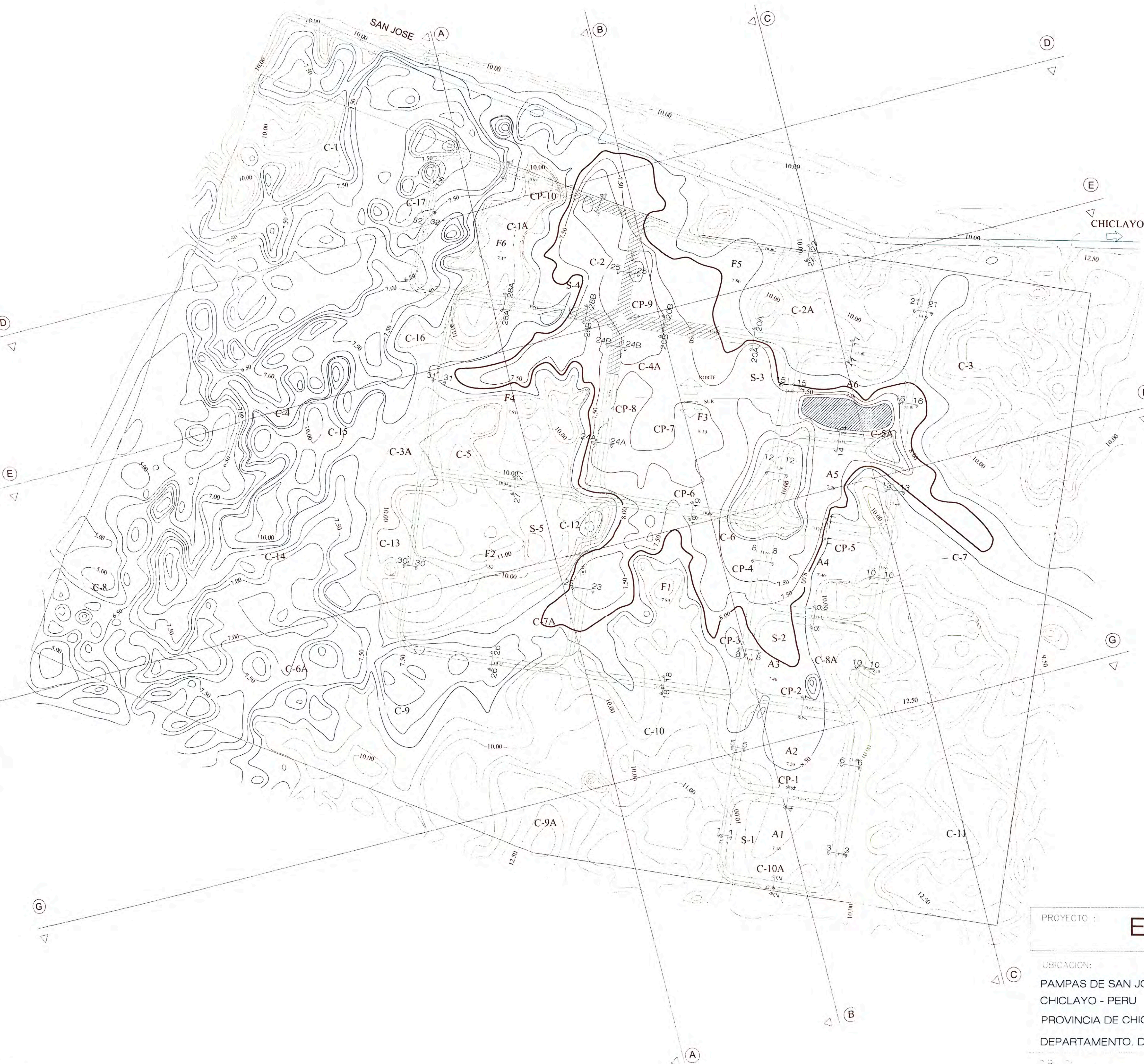
N



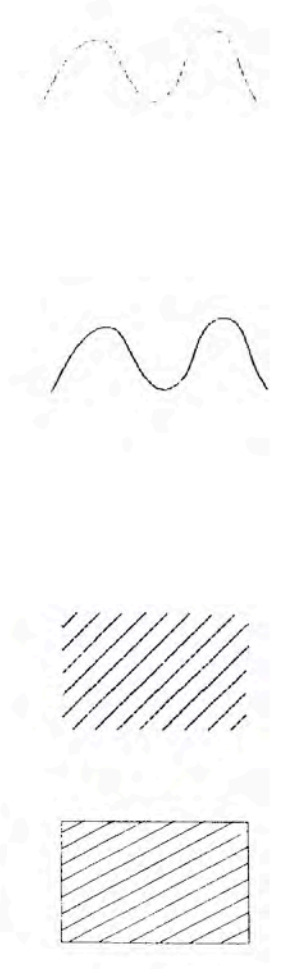
LEYENDA

- SECCION
- COTA m.s.n.m.
- Tuberia de distribucion del agua residual
- Tuberia de salida del agua tratada

PROYECTO : <b>EMAPAL</b>		EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE	
UBICACION: PAMPAS DE SAN JOSE CHICLAYO - PERU PROVINCIA DE CHICLAYO DEPARTAMENTO. DE LAMBAYEQUE		PLANO: <b>UBICACION DE LAGUNAS</b>	
DIBUJO: C.A.F.L.		EJECUTOR BACH. CESAR A. FRANCIA LEON	N° LAMINA: <b>G-02</b>
		FECHA: NOV. - 2,006	ESC: HOR. 1:2000



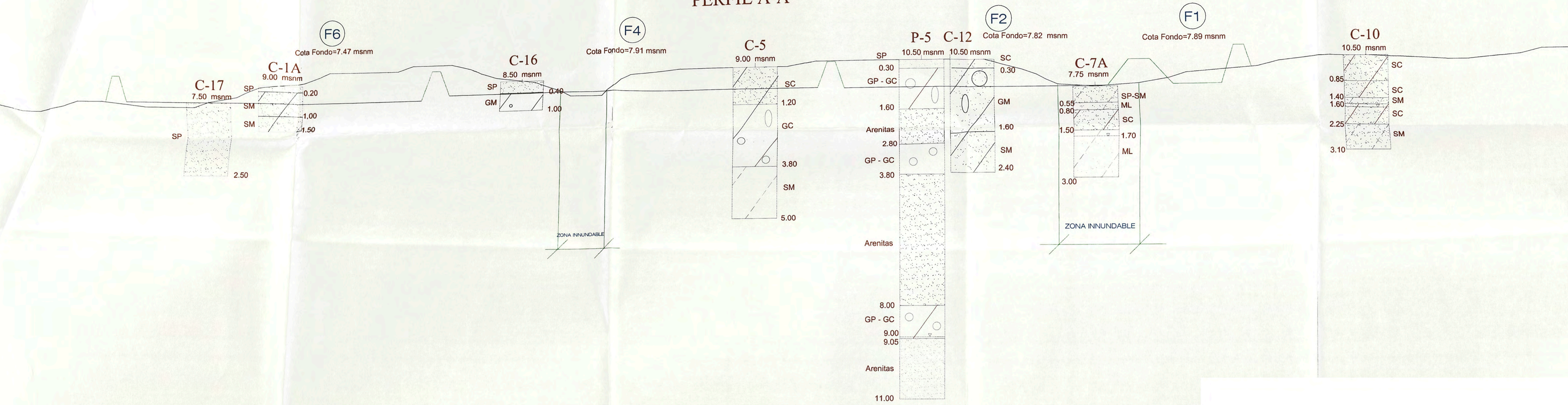
LEYENDA



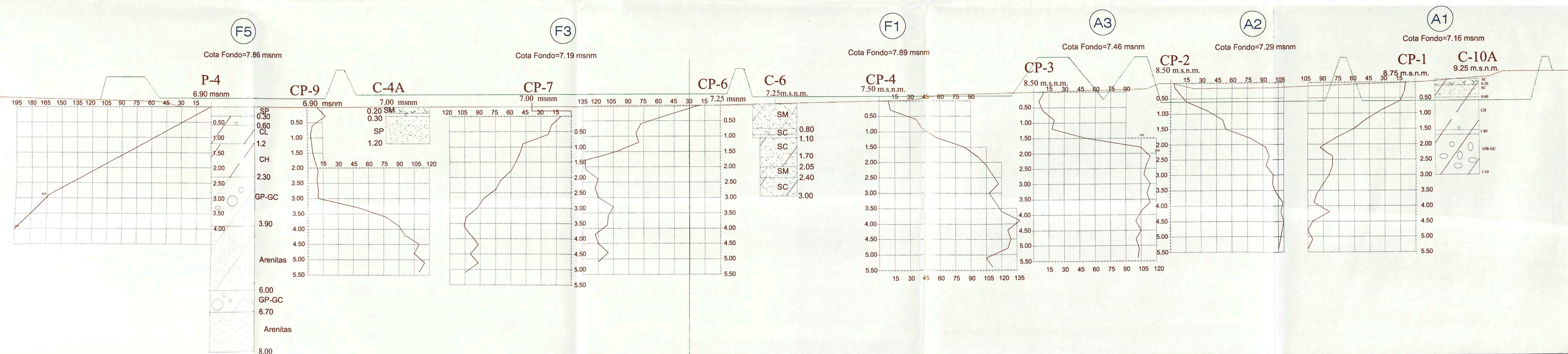
PROYECTO : <h1 style="text-align: center;">EMAPAL</h1>	EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE
UBICACION: PAMPAS DE SAN JOSE CHICLAYO - PERU PROVINCIA DE CHICLAYO DEPARTAMENTO. DE LAMBAYEQUE	PLANO: ZONIFICACION GEOTECNICA UBICACION DE SONDAJES PERFILES Y SECCIONES EJECUTOR: BACH. CESAR A. FRANCIA LEON
C.A.F.L.	FECHA: NOV. - 2.006 ESCALA: HOR. 1:2000

G-03

PERFIL A-A



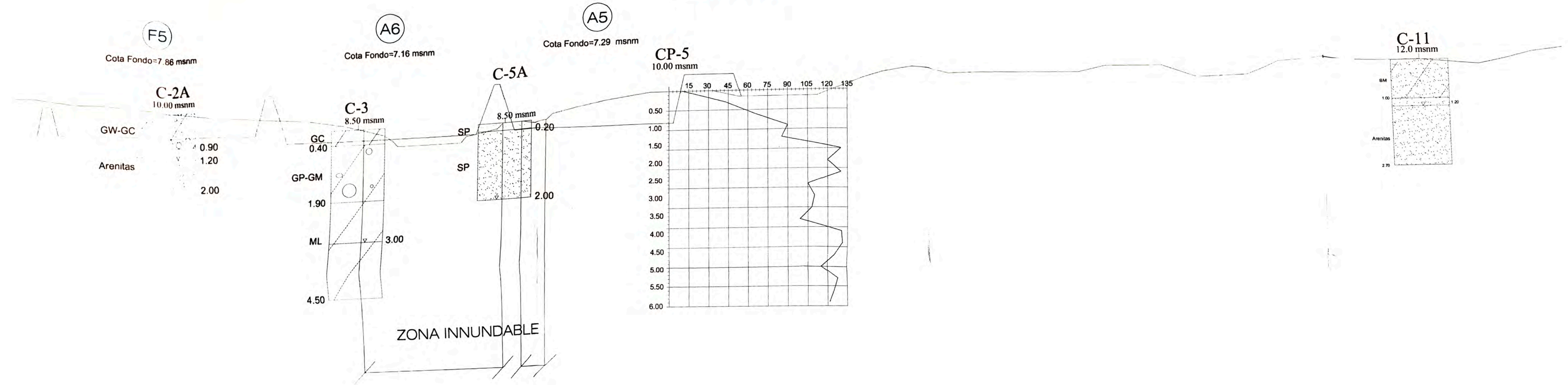
PERFIL B-B



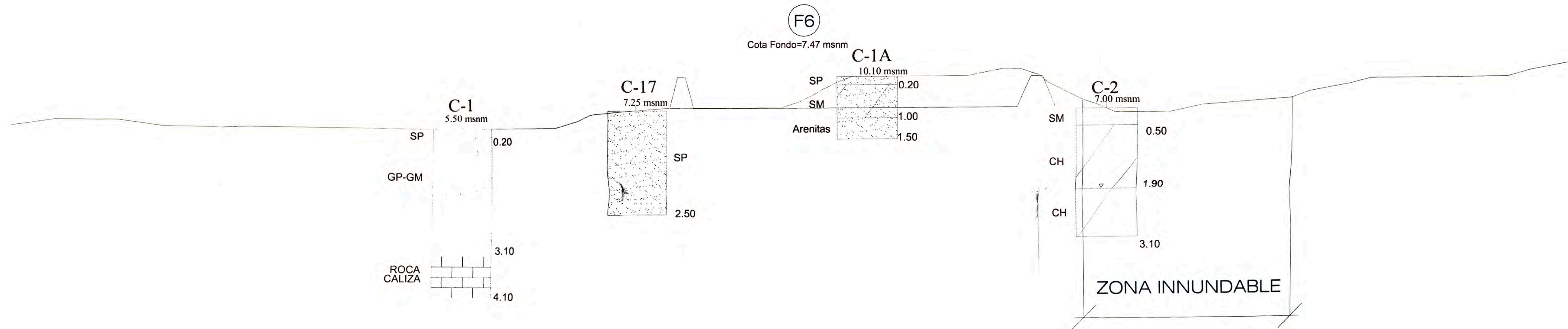
ZONA INNUNDABLE

PROYECTO : <b>EMAPAL</b>		EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE	
UBICACION: PAMPAS DE SAN JOSE CHICLAYO - PERU PROVINCIA DE CHICLAYO DEPARTAMENTO. DE LAMBAYEQUE		PLANO: <b>PERFILES ESTRATIGRAFICOS A - A y B - B</b>	
DIBUJO: C.A.F.L.		EJECUTOR BACH. CESAR A. FRANCIA LEON	N° LAMINA: <b>G-04</b>
		FECHA: NOV. - 2,006	ESC: HOR. 1:2000 VER. 1:75

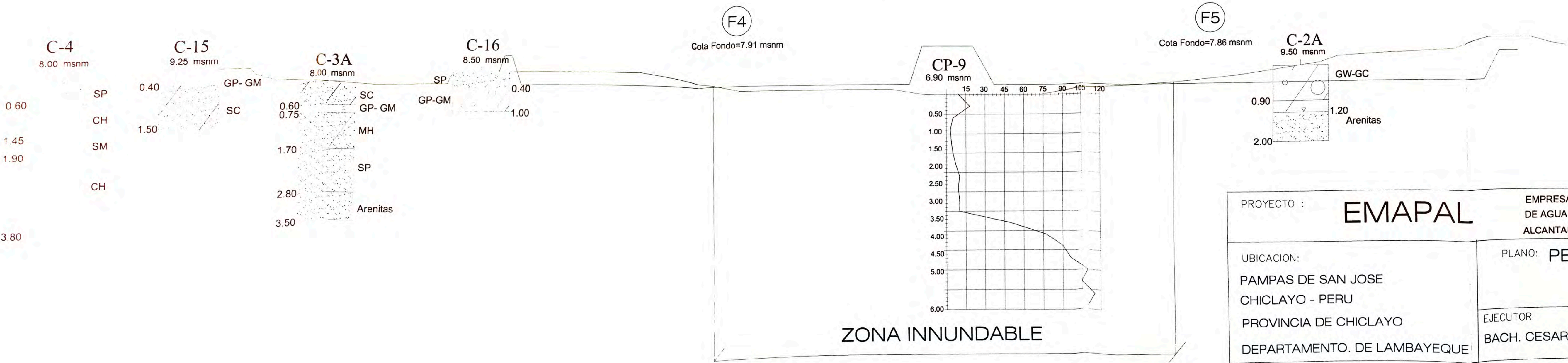
### PERFIL C-C



### PERFIL D-D

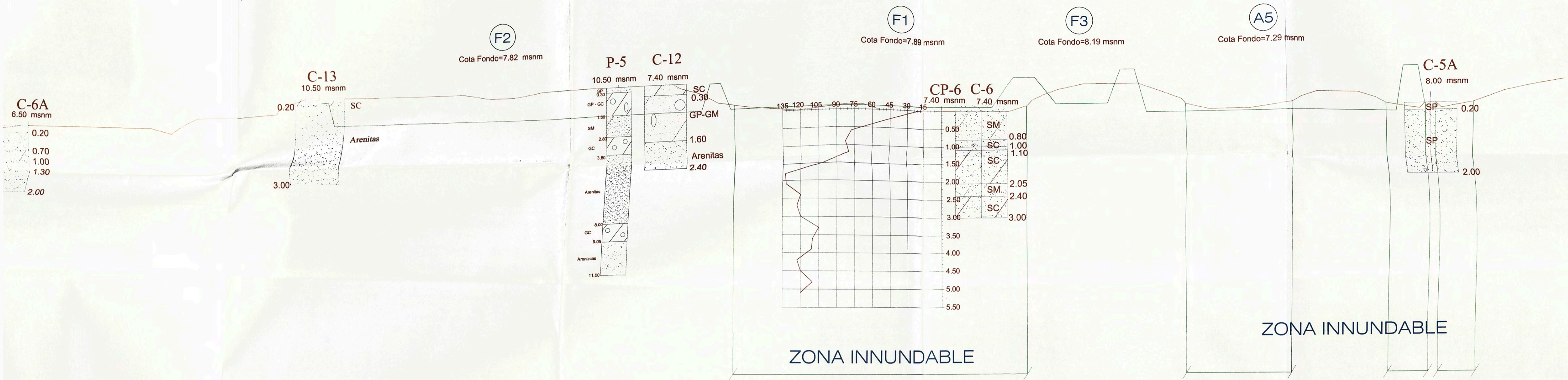


### PERFIL E-E

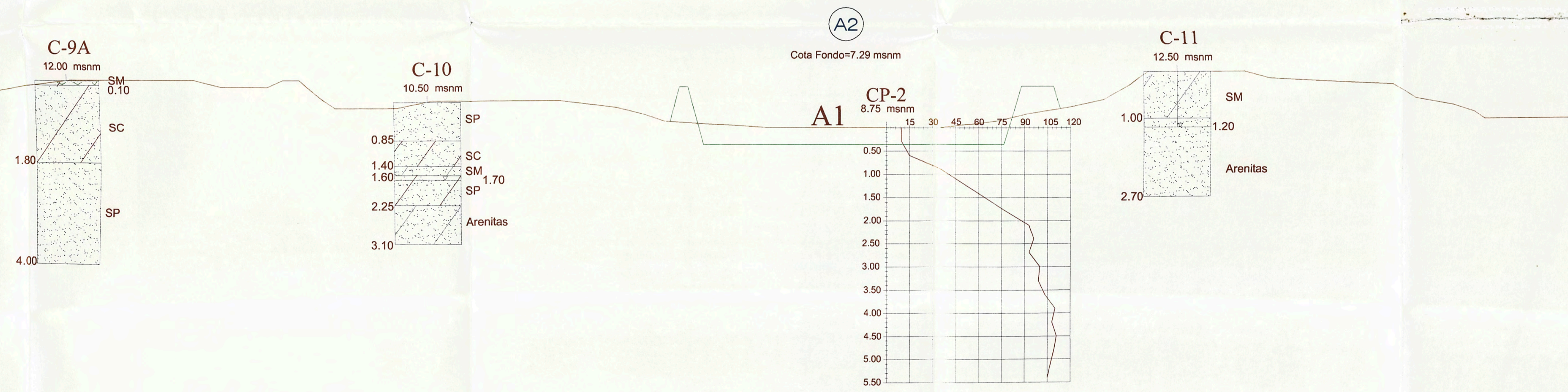


PROYECTO : <b>EMAPAL</b>		EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE	
UBICACION: PAMPAS DE SAN JOSE CHICLAYO - PERU PROVINCIA DE CHICLAYO DEPARTAMENTO. DE LAMBAYEQUE		PLANO: PERFILES ESTRATIGI C-C, D-D y E-E	
DIBUJO: C.A.F.L.		EJECUTOR BACH. CESAR A. FRANCIA LEON	
FECHA: NOV. - 2,006		ESC: HOR. 1:2000 VER. 1:75	

PERFIL F-F

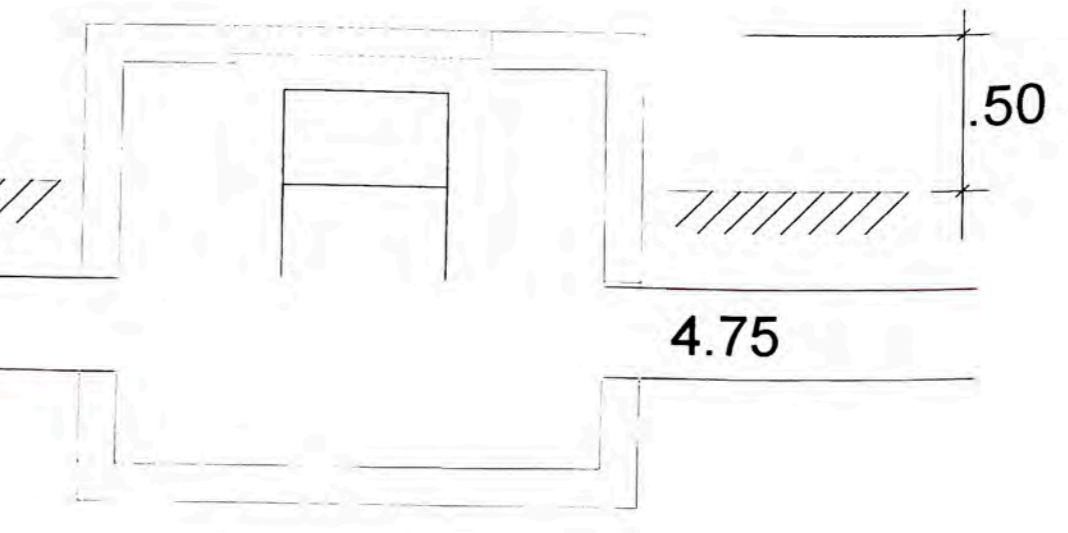


PERFIL G-G

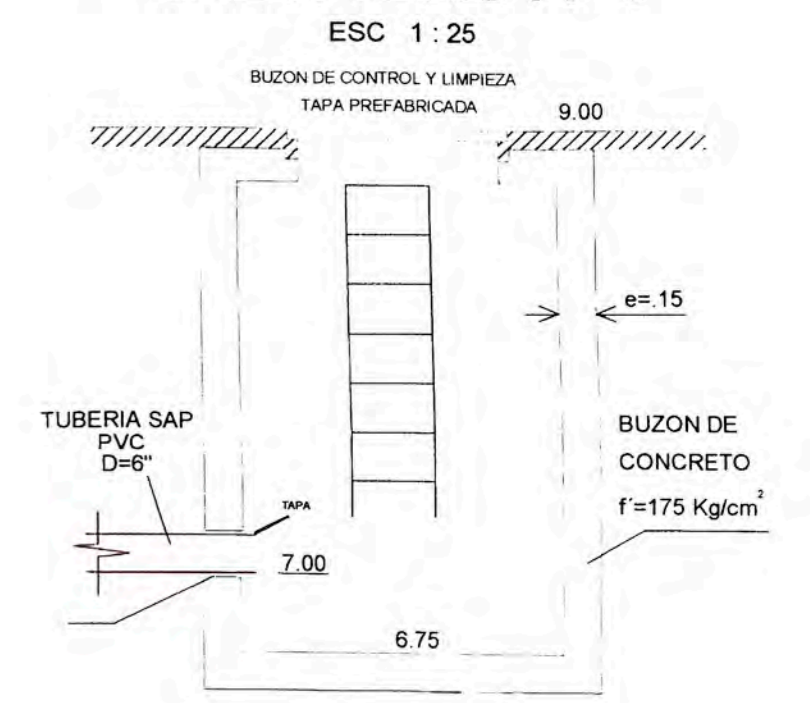


PROYECTO : <b>EMAPAL</b>		EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE	
UBICACION: PAMPAS DE SAN JOSE CHICLAYO - PERU PROVINCIA DE CHICLAYO DEPARTAMENTO. DE LAMBAYEQUE		PLANO: <b>PERFILES ESTRATIGRAFICOS                  F-F y G-G</b>	
DIBUJO: C.A.F.L.		EJECUTOR BACH. CESAR A. FRANCIA LEON	N° LAMINA: <b>G-04</b>
FECHA: NOV. - 2,006		ESC: HOR. 1:2000 VER. 1:75	

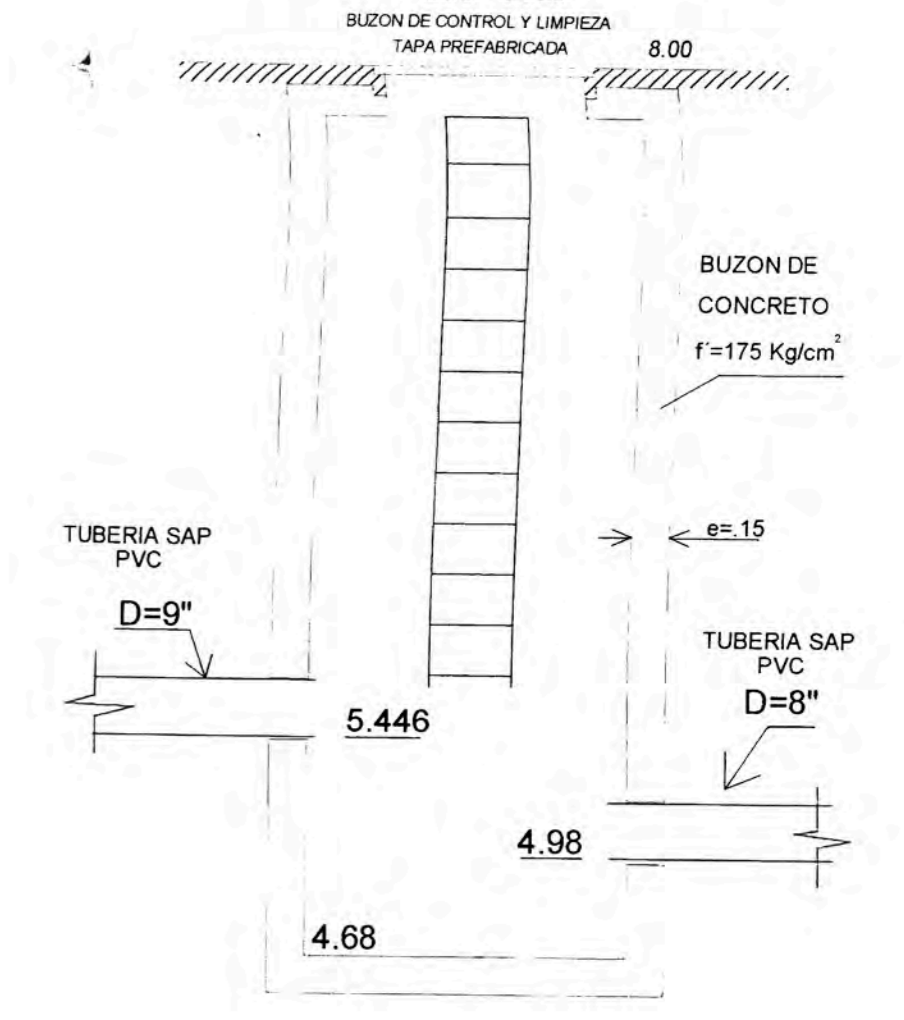
### DETALLE N°3



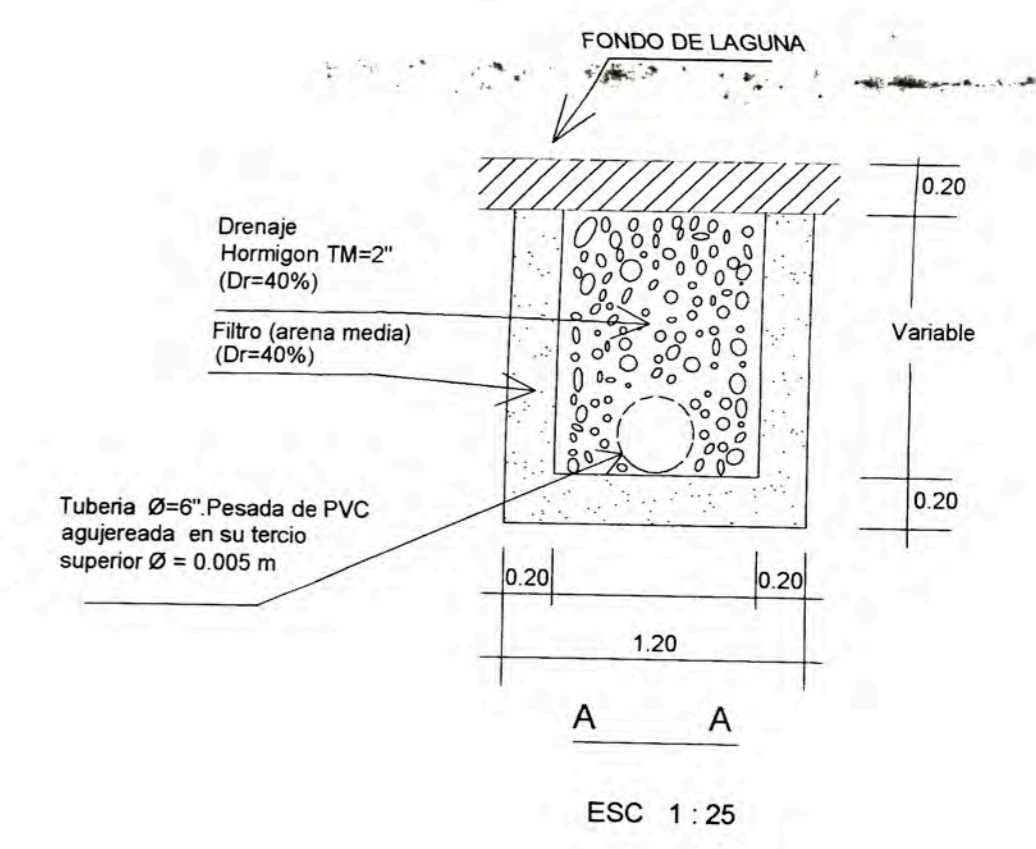
### DETALLE N°1



### DETALLE N°2



### SUBDREN TIPICO



- LEYENDA**
- CF<sub>S</sub> COTA DE FONDO de SALIDA de la TUBERIA
  - CF<sub>LL</sub> COTA DE FONDO de LLEGADA de la TUBERIA
  - COT: ; m.s.n.m.

NOTA : BUZONES DE CONCRETO f'c=175 kg/cm<sup>2</sup>

PROYECTO :	<b>EMAPAL</b>	EMPRESA MUNICIPAL DE AGUA POTABLE
UBICACION:	PAMPAS DE SAN JOSE CHICLAYO - PERU	ALCANTARILLADO DE LAMBAYEQUE
PROVINCIA DE CHICLAYO	DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE	PLANOS: <b>SUBDRENAJE</b> UBICACION DE LOS SUBDRENES
DIBUJO:	C.A.F.L.	EJECUTOR: BACH. CESAR A. FRANCIA LEON
FECHA:	NOV. - 2,006	N° LAMINA:
ESC:	HOR. 1:2000	<b>G-05</b>