

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



**DEPÓSITOS DE RELAVES CON APLICACIÓN DE
GEOSINTÉTICOS**

ESTUDIOS BÁSICOS DE INGENIERÍA

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

EDWIN ACUÑA SIFUENTES

LIMA- PERU

2007

Agradezco a mis padres Melecio y Reynalda por todo su apoyo y el ánimo que me han dado para la realización de este informe.

“El autor autoriza a la UNI a reproducir el Informe en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

© 2007, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados.

INDICE

	Pág.
RESUMEN	03
LISTA DE CUADROS	05
LISTA DE FIGURAS	06
INTRODUCCIÓN	07
CAPITULO 1.0 GENERALIDADES	08
1.1. Exploración Minera	09
1.2. Técnicas de Tratamiento	11
1.3. Normatividad	14
CAPITULO 2.0 FUNDAMENTO TEÓRICO	18
2.1. Depósitos de Relaves	19
2.2. Geosintéticos	21
CAPITULO 3.0 ESTUDIOS DE TOPOGRAFÍA	29
CAPITULO 4.0 ESTUDIO GEOTÉCNICO	33
4.1 Geología y Geomorfología Regional	34
4.2 Geología Local	37
4.3 Mecánica de Suelos	41
CAPITULO 5.0 ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA	58
5.1 Hidrografía de la Zona	59
5.2 Climatología	60
5.3 Pluviometría	60
5.4 Caudales en el área del proyecto	64
5.5 Evaporación	65
5.6 Balance Hídrico	66

CAPITULO 6.0	ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO	67
CONCLUSIONES		75
RECOMENDACIONES		76
BIBLIOGRAFIA		77
ANEXOS		78
A.- GEOTÉCNIA		
A1. Ensayos DPL		
A2. Registro de Excavación		
A3. Ensayo de Densidad de Campo (Anillo)		
A4. Análisis Granulométrico por Tamizado		
A5. Límite de Atterberg		
A6. Ensayo de Contenido de Humedad		
A7. Tablas para Clasificación de Suelos (Sistema SUCS)		
A8. Peso Específico Relativo de Sólidos		
A9. Permeabilidad de Laboratorio		
A10. Ensayo de Corte Directo		
A11. Cuadro Resumen de Ensayos de Laboratorio		
A12. Datos (entrada, salida) y grafica: Análisis de Estabilidad de Taludes		
B. HIDROLOGÍA		
B1. Información de Precipitación Máxima en 24 Horas (Fuente SENAMHI)		
B2. Análisis Estadístico de Precipitaciones Máximas Anuales, Caudales Máximos e Intensidades para Periodo de Retorno (50 y 100 años)		
C. PELIGRO SÍSMICO		
(Resultados de la Evaluación con el Programa RISK)		
D. FOTOGRAFIAS		
E. PLANOS		
(Plano de Ubicación General – PR-UB -01, Plano de Topografía de la Zona de Proyecto – PR-TO-01, Plano de Planta del Depósito de Relaves – PR-OC-01, Plano de Secciones Transversales y Secciones Típicas – PR-OC-02, Plano de Detalles – PR-OC-03, Plano de Fuentes Sismogénicas Superficiales – PR-GT-01, Plano de Fuentes Sismogénicas Profundas – PR-GT-02)		

RESUMEN

Desde años atrás se ha venido desarrollando la explotación minera en el Perú de manera artesanal produciendo efectos negativos para el país, aunque por otro lado ha tenido un crecimiento económico cada vez mejor. Es por ello que el presente Informe de Suficiencia esta dirigido a realizar los Estudios Básicos de Ingeniería para la construcción del Depósito de Relaves.

En el Primer Capítulo, se procedió a realizar un estudio de la exploración minera, y las técnicas de tratamiento, las cuales constan de tres: preexploración, exploración y evaluación; y las normas que rigen en el Perú para el control de nuestro suelo y subsuelo, el cual está esta basada en el Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería.

En el Segundo Capítulo, se estudió los depósitos de relaves generados por las descargas en el procesamiento de minerales; y también se estudio a los materiales geosintéticos que tienen una gran variedad de usos. De esta variedad utilizamos al geotextil, geomembrana y geodren, los que nos sirvieron de protección, impermeabilización y drenaje.

En el Tercer Capítulo, se realizaron los estudios de topografía, que nos sirvió para poder determinar la ubicación del depósito de relaves con sus respectivas coordenadas UTM y cotas sobre el nivel del mar.

En el Cuarto Capítulo, se realizo el estudio geotécnico de la zona de proyecto, donde se efectuaron una serie de exploraciones como las geológicas y geotécnicas, dichas exploraciones fueron acompañadas de ensayos de laboratorio, encontrando que el área donde emplazara el depósito cuenta con material de suelo limo arcilloso, y por debajo de este suelo encontramos roca arenisca. Posteriormente se realizo el análisis de estabilidad el cual dio un valor de F_s igual 1.207.

En el Quinto Capítulo, se realizo el estudio hidrológico, evaluando la hidrografía de la zona, climatología, meteorología. Los datos de Intensidades de

precipitación que resultaron de la evaluación fueron pequeñas 1.708 mm/h para un periodo de retorno de 50 años.

En el Sexto Capítulo, se realizó la evaluación del peligro sísmico, con la finalidad de predecir probabilísticamente las posibles aceleraciones que podrían ocurrir en el lugar determinado.

LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1.1.- Técnicas de Tratamiento en exploración minera.
- Cuadro 2.1.- Geomembranas de uso corriente.
- Cuadro 2.2.- Normas Peruanas Aplicada a Geosintéticos.
- Cuadro 3.1.- Coordenadas UTM.
- Cuadro 3.2.- Equipos y Herramientas Topográficos.
- Cuadro 4.1.- Ensayos DPL.
- Cuadro 4.2.- Calicatas.
- Cuadro 4.3.- Resultado de la Densidad de Campo “Ensayo del Anillo”.
- Cuadro 4.4.- Límites de Atterberg.
- Cuadro 4.5.- Contenido de Humedad.
- Cuadro 4.6.- Clasificación de Suelos.
- Cuadro 4.7.- Valores típicos de permeabilidad para suelos saturados.
- Cuadro 4.8.- Valores de “K” obtenidos del ensayo.
- Cuadro 4.9.- Resultados del Ensayo de Corte Directo.
- Cuadro 4.10.- Resumen de Estratos del Perfil Estratigráfico y propiedades.
- Cuadro 4.11.- Resultado de FS, con el Programa Macstars.
- Cuadro 5.1.- Ubicación de la Estación Meteorológica (Fuente SENAMHI).
- Cuadro 5.2.- Precipitación Máxima en 24 Horas (mm) – Estación MODELO.
- Cuadro 5.3.- Intensidades de Precipitación para 50 y 100 años.
- Cuadro 5.4.- Precipitación mensual en la cuenca del río Rímac.
- Cuadro 6.1.- Resultados de Evaluación - Fuente Continental.
- Cuadro 6.2.- Resultados de Evaluación - Fuente Subducción.
- Cuadro 6.3.- Valores Representativos de Criterios Empleados en la Selección de Movimientos Sísmicos de Diseño.
- Cuadro 6.4.- Resumen de los Valores de Peligro Sísmico Anual y Aceleración Máxima.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.1.- Explotación Minera (Yanacocha, Cajamarca-Perú).
- Figura 2.1.- Vista de los Depósitos de Relaves y la Planta Procesadora.
- Figura 2.2.- Vista de la lámina delgada de geomembrana.
- Figura 2.3.- Vista del geotextil no tejido.
- Figura 2.4.- Vista del geocompuesto (geodren).
- Figura 3.1.- Vista panorámica de la Ubicación del Área del Proyecto.
- Figura 3.2.- Estación Total utilizado en el Levantamiento Topográfico.
- Figura 4.1.- Columna Estratigráfica Generalizada de Chancay-Chosica
Lima-Lurin (zona – costera).
- Figura 4.2.- Vista de la estratificación cruzada en la Formación Marcavilca del
Grupo Morro Solar.
- Figura 4.3.- Vista de la Geología de los alrededores del Depósito de Relave.
- Figura 4.4.- Vista del Plano Geológico donde se Ubicará el Depósito de Relave.
- Figura 4.5.- Vista de Dos Contactos Geológicos encontrados donde se ubicará el
Depósito de Relave.
- Figura 4.6.- Vista de la Sección del Suelo (Sección geológica).
- Figura 4.7.- Vista del Equipo para el Ensayo DPL-3.
- Figura 4.8.- Vista del Ensayo DPL-3 soltando el Martillo.
- Figura 4.9.- Vista de Calicata C-1.
- Figura 4.10.- Vista de Calicata C-2.
- Figura 4.11.- Vista de Calicata C-3.
- Figura 4.12.- Vista de la Ubicación de Calicatas y Sondaje DPL.
- Figura 4.13.- Vista de la Muestra con el Anillo usado para el Cálculo de la
Densidad de Campo.
- Figura 4.14.- Vista del Perfil Estratigráfico (Calicatas y DPL).
- Figura 5.1.- Vista de la Cuenca Hidrográfica del Rímac.
- Figura 6.1.- Peligro Sísmico - Aceleración Máxima en la Roca Base

INTRODUCCIÓN

Una de las técnicas que se viene realizando en el área de la minería de tal manera que no afecte los suelos, por ende impacte sobre la zona donde se ubica el proyecto y alrededores son los materiales geosintéticos, que han tenido gran aceptación.

Existen actualmente espacios, canchas donde se depositan materiales luego del procesamiento de minerales, el cual es conocido como relave; es aquí donde se utilizan los geosintéticos para que este no se deposite directamente sobre el suelo.

Para poder evaluar la ubicación donde se emplazará el depósito de relaves deben realizarse los Estudios Básicos de Ingeniería, determinándose las condiciones topográficas, geológicas, geotécnicas, hidrológicas, el peligro sísmico; así como estudiar los diversos materiales geosintéticos que podemos emplear para reducir los peligros que se pudieran originar el procesamiento de minerales en la industria de la minería y directamente sobre el área de la zona de proyecto que está recibiendo los minerales procedentes de la planta piloto que se encuentra en la Fac, de Ingeniería de Minas, Geológica y Metalurgia.

ciudad
(Completo)

CAPITULO 1.0

GENERALIDADES.

CAPITULO 1.0 GENERALIDADES.

1.1. Exploración Minera

La explotación de los yacimientos minerales, es una actividad de alto riesgo económico, ya que supone unas inversiones a largo plazo que muchas veces se sustentan en precios del producto minero sujetos a altas oscilaciones. A su vez, la exploración supone también un elevado riesgo económico, derivado éste del hecho de que supone unos gastos que solamente se recuperan en caso de que la exploración tenga éxito y suponga una explotación minera fructífera. Sobre estas bases, es fácil comprender que la exploración supone la base de la industria minera, ya que debe permitir la localización de los recursos mineros a explotar, al mínimo coste posible. (Ver Figura 1.1, vista de una minera).

Para ello, debe cumplir dos objetivos básicos:

- a) Identificar muy claramente los objetivos del trabajo a realizar
- b) Minimizar los costes sin que ello suponga dejar lagunas

Para ello se dispone de una serie de herramientas y técnicas básicas, que son las que vamos a sintetizar a continuación.

➤ Metodología de la investigación minera

La base de cualquier trabajo bien hecho es la planificación de las actividades a realizar. Esto es especialmente importante en la investigación minera, por las razones ya expuestas. Así, en Investigación Minera se suele subdividir el trabajo en tres etapas claramente diferenciadas, de forma que solamente se aborda la siguiente en caso de que la anterior haya cumplido satisfactoriamente los objetivos previstos. Aunque pueden recibir distintos nombres, en términos generales se trata de una fase de preexploración, una de exploración propiamente dicha y otra de evaluación. Si incluso ésta última alcanza los resultados previstos se realiza un estudio de viabilidad económica.

Como objetivos generales de cada una de estas etapas se pueden fijar los siguientes:

Preexploración: Tiene por objeto determinar si una zona concreta, normalmente de gran extensión, presenta posibilidades de que exista un tipo determinado de yacimiento mineral. Esto se establece en función de la información de que disponemos sobre ese tipo de yacimiento y sobre la geología de la región de estudio. Suele ser un trabajo fundamentalmente de gabinete, en el que contaremos con el apoyo de información bibliográfica, mapas, fotos aéreas, imágenes de satélite, etc., aunque puede incluir alguna salida al campo para reconocer las zonas de mayor interés.

Exploración: Una vez establecidas las posibilidades de la región estudiada, se pasa al estudio sobre el terreno. En esta fase aplicaremos las diversas técnicas disponibles para llevar a cabo la forma más completa del trabajo, dentro de las posibilidades presupuestarias del mismo. Su objeto final debe ser corroborar o descartar la hipótesis inicial de existencia de mineralizaciones del tipo prospectado.

Evaluación: una vez que hemos detectado una mineralización de interés minero, es decir, en la que observamos caracteres que permiten suponer que pueda llegar a ser explotada, pasamos a llevar a cabo su evaluación o valoración económica. A pesar de lo que pueda parecer, los datos de ésta no son aún concluyentes, y debe ir seguida, en caso de que la valoración económica sea positiva, de un estudio de viabilidad, que contemple todos los factores geológicos, mineros, sociales, ambientales, etc., que pueden permitir (o no) que una explotación se lleve a cabo.



Fig.1.1.- Explotación Minera (Yanacocha, Cajamarca-Perú)

1.2. Técnicas de Tratamiento

La exploración minera se basa en una serie de técnicas, unas instrumentales y otras empíricas, de coste muy diverso. Por ello, normalmente se aplican de forma sucesiva, solo en caso de que el valor del producto sea suficiente para justificar su empleo, y solo si son necesarias para complementar las técnicas que ya se hayan utilizado hasta el momento. En el Cuadro 1.1 se describe las técnicas de tratamiento para realizar una exploración y explotación minera.

Cuadro 1.1.-Técnicas de Tratamiento en exploración minera.

Técnica	Dentro de la Geofísica tenemos:
Recopilación de información	Métodos eléctricos
Teledetección	Métodos electromagnéticos
Geología	Métodos magnéticos
Geoquímica	Métodos gravimétricos
Geofísica	Métodos radiométricos
Calicatas	Sísmica
Sondeos mecánicos	

Recopilación de información:

Es una de las técnicas preliminares, de bajo coste, que puede llevarse a cabo en la propia oficina, si bien en algunos casos supone ciertos desplazamientos, para localizar la información en fuentes externas (bibliotecas, bases de datos...). Consiste básicamente en recopilar toda la información disponible sobre el tipo de yacimiento prospectado (características geológicas, volúmenes de reservas esperables, características geométricas...), así como sobre la geología de la zona de estudio y de su historial minero (tipo de explotaciones mineras que han existido, volumen de producciones, causas del cierre de las explotaciones...). Toda esta información nos debe permitir establecer el modelo concreto de yacimiento a prospectar y las condiciones bajo las que debe llevarse a cabo el proceso de prospección.

Teledetección:

La utilización de la información de los satélites artificiales que orbitan nuestro planeta puede ser de gran interés en investigación minera. Sigue siendo una técnica de relativamente bajo coste (condicionado por el precio de la información

a recabar de los organismos que controlan este tipo de información) y que se aplica desde gabinete, aunque también a menudo complementada con salidas al campo.

Geología:

Dentro del término genérico de geología se engloban muchos apartados distintos del trabajo de reconocimiento geológico de un área. La cartografía geológica (o elaboración de un mapa geológico de la misma) incluye el levantamiento estratigráfico (conocer la sucesión de materiales estratigráficos presentes en la zona), el estudio tectónico (identificación de las estructuras tectónicas, como fallas, pliegues, que afectan a los materiales de la zona), el estudio petrológico (correcta identificación de los distintos tipos de rocas), hidrogeológico (identificación de acuíferos y de sus caracteres más relevantes), etc.

Geoquímica:

La prospección geoquímica consiste en el análisis de muestras de sedimentos de arroyos o de suelos o de aguas, o incluso de plantas que puedan concentrar elementos químicos relacionados con una determinada mineralización. Tiene su base en que los elementos químicos que componen la corteza tienen una distribución general característica, que aunque puede ser distinta para cada área diferente. Se aplica cuando la geología ofrece ya información que permite sospechar con fundamento la presencia de yacimientos.

Geofísica:

Dentro de esta denominación genérica encontramos, como en el caso de la geología, toda una gama de técnicas muy diversas, tanto en coste como en aplicabilidad a cada caso concreto. La base es siempre la misma: intentar localizar rocas o minerales que presenten una propiedad física que contraste con la de los minerales o rocas englobantes. Igual que para localizar una aguja en un pajar un imán es una herramienta de gran utilidad, éste mismo imán no nos servirá de nada si lo que hemos perdido entre la paja es una mina de lapicero de 0.5 mm. Así, las diversas técnicas aplicables y su campo de aplicación puede ser el siguiente:

- **Métodos eléctricos:** Se utilizan para identificar materiales de diferentes conductividades: por ejemplo, los sulfuros suelen ser muy conductores, al igual que el grafito.
- **Métodos electromagnéticos:** Muy utilizado para prospección de sulfuros, ya que son las que presentan mayores cargas. Otras técnicas: polarización espontánea, métodos magnetotelúricos, etc.
- **Métodos magnéticos:** Basados en la medida del campo magnético sobre el terreno. Los minerales ferromagnéticos producen una alteración del campo magnético local que es detectable mediante los denominados magnetómetros.
- **Métodos gravimétricos:** Esta técnica ha sido utilizada con gran efectividad en la detección de cuerpos de sulfuros masivos en la Faja Pirítica Ibérica.
- **Métodos radiométricos:** se basan en la detección de radioactividad emitida por el terreno, y se utilizan fundamentalmente para la prospección de yacimientos de uranio, aunque excepcionalmente se pueden utilizar como método indirecto para otros elementos o rocas.
- **Sísmica:** Se diferencian dos grandes técnicas diferentes: la sísmica de reflexión y la de refracción, que analizan cada uno de estos aspectos de la transmisión de las ondas sísmicas. Es una de las técnicas más caras, por lo que solo se utiliza para investigación de recursos de alto coste, como el petróleo.

Calicatas:

Permiten obtener muestras más representativas de lo que exista en el subsuelo, aunque no hay que olvidar que por su pequeña profundidad de trabajo siguen sin ser comparables a lo que pueda existir por debajo del nivel de alteración meteórica.

Sondeos mecánicos:

Los sondeos son una herramienta vital la investigación minera, que nos permite confirmar o desmentir nuestras interpretaciones, ya que esta técnica permite obtener muestras del subsuelo a profundidades variables. Su principal problema deriva de su representatividad, pues no hay que olvidar que estas muestras constituyen, en el mejor de los casos (sondeos con recuperación de testigo continuo) un cilindro de roca de algunos centímetros de diámetro, que puede no

haberse recuperado completamente (ha podido haber pérdidas durante la perforación o la extracción), y que puede haber cortado la mineralización en un punto excepcionalmente pobre o excepcionalmente rico. No obstante, son la información más valiosa de que se dispone sobre la mineralización mientras no se llegue hasta ella mediante labores mineras.

1.3. Normatividad

La ley general de minería comprende todo lo relativo al aprovechamiento de las sustancias minerales del suelo y del subsuelo del territorio nacional, así como del dominio marítimo. Se exceptúan del ámbito de aplicación de esta Ley, el petróleo e hidrocarburos análogos, los depósitos de guano, los recursos geotérmicos y las aguas minero-medicinales. La normatividad esta basada en el Índice del Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, el cual consta de 15 Títulos, y cada Título contiene sus Capítulos y estos últimos sus respectivos artículos, como mencionamos a continuación:

INDICE DEL TEXTO UNICO ORDENADO DE LA LEY GENERAL DE MINERIA

TITULO PRELIMINAR

TITULO PRIMERO Actividades Mineras y Formas de Ejercerlas

Capítulo I	Cateo y Prospección	Arts. 1 al 2
Capítulo II	Comercialización	Arts. 3 al 5
Capítulo III	Otras Actividades Mineras	Art. 6

TITULO SEGUNDO Concesiones

Capítulo I	Concesiones Mineras	Arts. 7 al 16
Capítulo II	Concesiones de Beneficio	Arts. 17 al 18
Capítulo III	Concesiones de Labor General	Arts. 19 al 21
Capítulo IV	Concesiones de Transporte Minero	Arts. 22 al 23

TITULO TERCERO

El Estado en la Industria Minera		Arts. 24 al 30
----------------------------------	--	----------------

TITULO DECIMO PRIMERO Jurisdicción Minera

Capítulo I	Órganos Jurisdiccionales Administrativos	Art. 93
Capítulo II	Consejo de Minería	Arts. 94 al 100
Capítulo III	Dirección General de Minería	Art. 101
Capítulo IV	Dirección de Fiscalización Minera	Art. 102
Capítulo V	Registro Público de Minería	Arts. 103 al 109
Capítulo VI	Impedimentos	Art. 110

TITULO DECIMO SEGUNDO Procedimientos

Capítulo I	Disposiciones Generales	Arts. 111 al 116
Capítulo II	Procedimiento Ordinario para Concesiones Mineras	Arts. 117 al 128
Capítulo III	Procedimientos para Concesiones de Beneficio, Labor General y Transporte Minero	Art. 129
Capítulo IV	Procedimientos para Expropiación y Servidumbre	Arts. 130 al 135
Capítulo V	Uso Minero de Terrenos Eriazos y Uso de Terrenos Francos	Arts. 136 al 137
Capítulo VI	Acumulación	Art. 138
Capítulo VII	Renuncia	Art. 139
Capítulo VIII	Denuncias	Arts. 140 al 142
Capítulo IX	Otros Procedimientos	Art. 143
Capítulo X	Oposición	Arts. 144 al 147
Capítulo XI	Nulidad	Arts. 148 al 150
Capítulo XII	Abandono	Art. 151
Capítulo XIII	Recusación	Art. 152

Capítulo XIV	Resoluciones	Arts. 153 al 156
Capítulo XV	De la Acción Contencioso-Administrativa	Art. 157
Capítulo XVI	Plazos	Arts. 158 al 160
Capítulo XVII	Notificaciones	Art. 161
TITULO DECIMO TERCERO Contratos Mineros		
Capítulo I	Disposiciones Generales	Arts. 162 al 163
Capítulo II	Contratos de Transferencia	Art. 164
Capítulo III	Contratos de Opción	Art. 165
Capítulo IV	Contratos de Cesión Minera	Arts. 166 al 171
Capítulo V	Contratos de Hipoteca	Arts. 172 al 177
Capítulo VI	Prenda Minera	Arts. 178 al 183
Capítulo VII	Sociedades Contractuales y Sucursales	Arts. 184 al 185
Capítulo VIII	Sociedades Legales	Arts. 186 al 203
Capítulo IX	Contratos de Riesgo Compartido	Arts. 204 el 205
TITULO DECIMO CUARTO	Bienestar y Seguridad	Arts. 206 al 218
TITULO DECIMO QUINTO	Medio Ambiente	Arts. 219 al 226
Disposiciones Transitorias		I a XVI
Disposiciones Finales		I a IX

CAPITULO 2.0

FUNDAMENTO TEÓRICO.

CAPITULO 2.0: FUNDAMENTO TEÓRICO.

2.1. Depósitos de Relaves

Es el área ocupada por los materiales (de grano fino) sin valor, que se obtiene, como producto de los procesos de concentración de minerales por el método de flotación, estos relaves se han dispuesto en forma de pulpa, eliminando el agua después de la sedimentación de los sólidos. Sus características son de material fino de fácil erosión por la acción del viento y de las escorrentías. Su disposición exige generalmente la construcción de una presa de sostenimiento, la misma que por lo general se construye con el mismo material grueso que esta contenido en la pulpa.

El manejo de relaves es una operación clave en la recuperación del agua y evitar filtraciones hacia el suelo y napas subterráneas, ya que su almacenamiento es la única opción. Para obtener una tonelada de concentrado se generan casi 30 toneladas de relave.

Asegurar la integridad de los depósitos de relaves, es la pieza fundamental para alcanzar la estabilidad tanto física como química en el manejo de relaves. Convencionalmente, esto solo es cuestión de aplicar principios muy bien fundamentados y reconocidos de ingeniería de diseño.

Las ubicaciones son diversas de acuerdo generalmente a las características del terreno que se usa, pudiéndose ubicar en laderas, quebradas o pampas. El diseño y selección adecuados del lugar para ubicar el depósito de relaves, no puede estar garantizado sin una evaluación profunda de los factores geológicos, geotécnicos, hidrológicos y geoquímicas efectuada por especialistas en estos campos.

Los relaves almacenados en estos depósitos tienen que tener un buen control, porque las concentraciones de químicos y elementos alteran el medio ambiente, siendo este factor ambiental uno de los puntos importantes a tomar en cuenta antes, durante y en el cierre o abandono de los depósitos de relaves.

En la Figura 2.1 podemos apreciar depósitos con material acumulado el cual es producto de deposiciones a través de muchos años que data desde hace más de 40 años. Este material es el relave proveniente de la molienda en el procesamiento de minerales de la Planta Concentradora de la Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica de la Universidad Nacional de Ingeniería.



Figura 2.1.- Vista de los Depósitos de Relaves y la Planta Procesadora

En este depósito como vemos el relave se deposita hasta sedimentarse los sólidos y el agua es recirculada hasta la planta procesadora. A través de unas tuberías y con la ayuda de una bomba se impulsa hacia la planta donde se almacena en un tanque, para su posterior uso.

2.2. Geosintéticos

Se define como un producto planar, de origen polímero, que usado en conjunto con los suelos, rocas y tierra u otro producto de la ingeniería geotécnica, forman parte de un proyecto u obra hecho por el hombre. Así, el término geosintético parece ser apropiado. Geo, por supuesto se refiere a la tierra. El hecho de que los materiales son casi exclusivamente productos hechos por el hombre dan la segunda parte del nombre – sintéticos.

Los materiales utilizados en la fabricación de los geosintéticos provienen casi enteramente de la industria de los plásticos, esto es, aquellos que son principalmente polímeros, aunque a veces se usen el caucho.

Así, los materiales geosintéticos realizan cinco funciones principales:

Separación

Refuerzo

Filtración

Drenaje

Barrera contra el paso de líquidos.

El uso de los geosintéticos tiene básicamente dos objetivos: hacer bien el trabajo (por ejemplo sin deterioro del material o fugas excesivas) y hacerlo más económicamente (por medio de un bajo costo inicial o por medio de mayor durabilidad y vida más larga, reduciendo de esta manera los costos de mantenimiento).

Existen diversos tipos de geosintéticos, las más comunes utilizados en el campo de la ingeniería son: Geotextiles, Geomallas, Georedes, Geomembranas, Revestimiento geosintético con arcilla, Geotubos (o Tubo Plástico Corrugado), Geocompuestos, Geo-otros.

Para el proyecto de “Depósitos de Relaves con Aplicación de Geosintéticos”, se han empleado tres clases de geosintéticos: las Geomembranas, los Geotextiles y el Geocompuesto para drenaje llamado Geodrén, los cuales describiremos a continuación:

➤ Geomembranas.

Definición según la norma ASTM D 4439: revestimiento o barrera sintética de muy baja permeabilidad usada con cualquier material relacionado con la ingeniería geotécnica con el propósito de controlar la migración de fluidos en un proyecto, estructura o sistema construido por el hombre.

Definición según el GRI: Los materiales son láminas delgadas "impermeables" de caucho o material plástico (Ver Figura 2.2) usados en primera instancia para recubrimientos y cubiertas de instalaciones de almacenamiento de sólidos o líquidos. De esta manera la primordial función es siempre como una barrera para el líquido o el vapor.



Figura 2.2.- Vista de la lámina delgada de geomembrana

Las propiedades de las Geomembranas (algunas de ellas se especificarán para la Geomembrana de HDPE) se agrupan de la siguiente manera: Propiedades Físicas, Mecánicas e Hidráulicas.

- Propiedades Físicas; se deben evaluar tal como son recibidas y almacenadas. Esto es importante para el control de calidad, aseguramiento de la calidad y para una adecuada identificación. Siendo éstas: espesor, densidad, peso (masa por unidad de área), longitud, ancho, color, etc. siendo las tres primeras las más relevantes.
- Propiedades Mecánicas; hay varios ensayos mecánicos que se han desarrollado para determinar la resistencia de materiales poliméricos en forma de hojas y muchos han sido adoptados para el uso y evaluación de las geomembranas como: Resistencia a la tensión (Índice),

Comportamiento a la tensión (Muestra Ancha), Comportamiento a la tensión (Axi-simétrico).

- Propiedades Hidráulicas; la caracterización del comportamiento hidráulico ha requerido la creación de nuevos métodos de ensayo. En la aplicación de geomembranas en estructuras hidráulicas es de principal relevancia la: Permeabilidad, la Transmisibilidad al vapor de agua (WVT).

Presentamos en el Cuadro 2.1 la composición de las Geomembranas, las más y menos usadas con sus respectivas nomenclaturas.

Cuadro 2.1.- Geomembranas de uso corriente.

Utilizado más extensamente	Utilizado menos extensamente
Polietileno de alta densidad (HDPE)	Polipropileno flexible (fPP)
Polietileno muy flexible (VFPE)	Polipropileno flexible reforzado (fPP-R)
Polietileno de muy baja densidad (VLDPE)	Polietileno reforzado clorosulfonado (CSPE-R)
Polietileno de baja densidad lineal (LLDPE)	Aleación reforzada del interpolímero de etileno (EIA-R)
Polietileno lineal de baja densidad (LDLPE)	
Cloruro de polivinilo (PVC)	

En el proceso de instalación se tiene que tomar en cuenta: embarque y manipuleo, instalación de geomembranas (preparación del terreno, colocación de geomembrana: trazado de panel, identificación de panel, colocación de panel, condiciones de clima; soldadura en campo: fusión, extrusión, aire caliente; formatos de control).

Se lleva a cabo un Control de Calidad como: Pruebas No Destructivas (Presión de Aire, Prueba de Vacío, Prueba de Chispa Eléctrica), Pruebas Destructivas (Prueba de Adhesión (Peel) y Prueba de Corte (Shear)) y Formatos de Control.

El uso de las Geomembranas se dan en los siguientes sectores: Minería, Agrícola, Transporte, Saneamiento, Industrial, Petróleo, Pesquería, otros.

Algunas de sus aplicaciones son:

- Reservorio de Agua y tratamientos (Saneamiento)
- Pilas de Lixiviación (Minería)
- Pozas de Lixiviación (Minería)
- Depósitos de Relaves (Minería)
- Pits de Lodos (Petróleo)
- Canales (Agrícola)
- Revestimientos antiácidos (Industria)

► Geotextiles.

Dentro del grupo de los geosintéticos tenemos los geotextiles que se definen como “un material textil plano, permeable polimérico (sintético o natural) que puede ser No Tejido, Tejido o tricotado y que se utiliza en contacto con el suelo (tierra, piedras, etc.) u otros materiales en ingeniería civil para aplicaciones geotécnicas” (Ver Figura 2.3).

Tienen muchas propiedades y métodos para estimar estas, dependiendo del tipo y forma de aplicación a la que se le va a dar; para el proyecto solo mencionaremos algunos dando énfasis a las propiedades de los geotextiles no tejidos que es el que se va a emplear como elemento de protección para la instalación de la geomembrana y como elemento componente de un geocompuesto de drenaje (comercialmente llamado Geodrén, por la Empresa Amanco).



Figura 2.3.- Vista del geotextil no tejido

Estas propiedades de los geotextiles están agrupadas de la siguiente manera:
Propiedades Físicas, Mecánicas e Hidráulicas.

- Propiedades Físicas; se refieren a las condiciones de fabricación y recepción en obra de los geotextiles. Estos ensayos son usualmente referidos como ensayos índices y son: Gravedad Específica, Masa por unidad de Área (Peso), Espesor, Rigidez.
- Propiedades Mecánicas; se refieren a la resistencia del geotextil a esfuerzos de tensión movilizados a partir de las cargas aplicadas y/o a las condiciones de la instalación. Algunas son realizadas solo con el geotextil (se les conoce como ensayos *índice* o *aislados*); mientras que otras están asociadas a un suelo estándar o con suelo específico del terreno (a menudo se les llama ensayos de comportamiento), estos son: Compresibilidad, Resistencia a la Tensión, Resistencia a la Fatiga, Resistencia al estallido, Resistencia de Rasgado, Ensayos de Impacto, Ensayo de Punzonamiento, Comportamiento a la Fricción.
- Propiedades Hidráulicas; A diferencia de las propiedades físicas y mecánicas discutidas, los ensayos tradicionales en materiales textiles raramente tienen aplicaciones hidráulicas; es decir, la industria de ropa no ensaya líquidos que fluyen a través de las telas. En consecuencia, los ensayos hidráulicos en geotextiles han requerido conceptos de ensayo completamente nuevos y métodos, dispositivos, interpretación y bases de datos, originales. Ciertamente, como una tecnología nueva, hay mucho que preguntarse, sin embargo, es necesario y sumamente importante. A continuación se describirán tanto los ensayos en geotextiles solos como con suelo: Porosidad, Tamaño de Abertura Aparente (TAA), Permitividad (Permeabilidad en el Plano Transversal), Transmisividad (Permeabilidad en el Plano).

El polímero usado en la fabricación de fibras de geotextil se hace de los siguientes materiales poliméricos, listado en orden decreciente de uso:

Polipropileno	85%
Poliéster	12%
Polietileno	02%
Poliamida (Nylon)	01%

Algunas de sus aplicaciones son:

- Separación de Materiales Disímiles (entre la cimentación y terraplenes de suelos para rellenos de caminos).
- Refuerzo de suelos débiles y otros materiales (sobre suelos blandos para caminos no pavimentados).
- Filtración (protección contra sedimentos, filtrado de rellenos hidráulicos).
- Drenaje (como un dren detrás de un muro de retención).

➤ Geocompuesto de Drenaje.

Un geocompuesto de drenaje consiste en la combinación de geotextil y geored, combinando las cualidades más sobresalientes de cada material, de tal manera que se resuelva en forma óptima la captación y conducción de fluidos (Ver Figura 2.4).

La geored es un geosintético especialmente diseñado para la conducción de fluidos, el cual es fabricado con un material resistente a los factores térmicos, químicos y biológicos presentes en el suelo y que podrían llegar a afectar la integridad y desempeño de la estructura.

La geored es un sistema romboidal formado por tendones sobrepuestos conectados entre sí, que forman canales de elevada capacidad drenante, útiles en aplicaciones de ingeniería geotécnica, ambiental, hidráulica y de transporte.

El geotextil empleado para la fabricación de geocompuestos de drenaje es el No Tejido punzonado por agujas; ya que dentro del sistema cumple la función de filtro para retener el suelo y dejar pasar el agua que posteriormente será conducido por la geored.



Figura 2.4.- Vista del geocompuesto (geodren)

Normatividad:

Estos Geosintéticos deben estar sujetos a un control o normatividad, que son documentos que han sido desarrollados y establecido dentro de los principios de consenso de alguna organización (ASTM, ISO, como por ejemplo) en las cuales se cumple requisitos de procedimientos y regulaciones. Las normas elaboradas por consenso se elaboran con la participación de todas las partes que tienen interés en el desarrollo o uso de las normas. En el Cuadro 2.2 presentamos algunas Normas Peruanas Aplicadas a Geosintéticos.

Cuadro 2.2.- Normas Peruanas Aplicada a Geosintéticos.

Nº	CÓDIGO	NOMBRE DE LA NORMA	REFERENCIA
1	NTP 339.501	GEOSINTETICOS. Terminología usada en Geosintéticos	ASTM D4354
2	NTP 339.502	GEOSINTETICOS. Toma de muestras de Geotextiles para ensayos	ASTM D4439
3	NTP 339.503	GEOSINTÉTICOS. Método de Ensayo Estándar para la Determinación del Deterioro de Geotextiles Por Exposición a la Luz Ultravioleta y al Agua (Aparato De Arco De Xenón)	ASTM D4355
4	NTP-ISO 10321	GEOSINTÉTICOS. Método para determinar la Tensión en Geomallas con Juntas o Costuras, mediante el Método de la Muestra Ancha	ISO/DIS 10321
5	NTP 339.505	GEOSINTÉTICOS. Determinación de la Resistencia al Desgarre Trapezoidal de los Geotextiles	ASTM D4533
6	NTP 339.506	GEOSINTÉTICOS. Método de Ensayo para la Resistencia al Punzonamiento de Geotextiles, Geomembranas y Productos Afines	ASTM D4833
7	NTP 339.507	GEOSINTÉTICOS. Método de Ensayo Estándar para Medir la Masa por Unidad de Área de los Geotextiles	ASTM D5261
8	NTP 339.508	GEOSINTÉTICOS. Métodos de Ensayo estándar para Permeabilidad al Agua de Geotextiles por Permisividad	ASTM D4491
9	NTP 339.509	GEOSINTÉTICOS. Método de Ensayo Estándar para determinar el tamaño de abertura aparente de un Geotextil	ASTM D4751
10	NTP 339.510	GEOSINTÉTICOS. Método de Ensayo Estándar para propiedades de tensión de Geotextiles por el Método de la Muestra Ancha	ASTM D4595
11	NTP 339.511	GEOSINTÉTICOS. Método de Ensayo Estándar para la Determinación de la Carga de Rotura y Elongación de Geotextiles (Método GRAB)	ASTM D4632

CAPITULO 3.0

ESTUDIOS DE TOPOGRAFÍA

CAPITULO 3.0: ESTUDIOS DE TOPOGRAFÍA

Los trabajos topográficos a los que se refiere el presente informe, se han elaborado para la ejecución del proyecto Depósitos de Relaves con Aplicación de Geosintéticos, ubicado en la Universidad Nacional de Ingeniería, distrito del Rímac, provincia y departamento de Lima. En la Figura 3.1 se muestra la vista panorámica de la zona de trabajo y los accesos vehicular y peatonal.

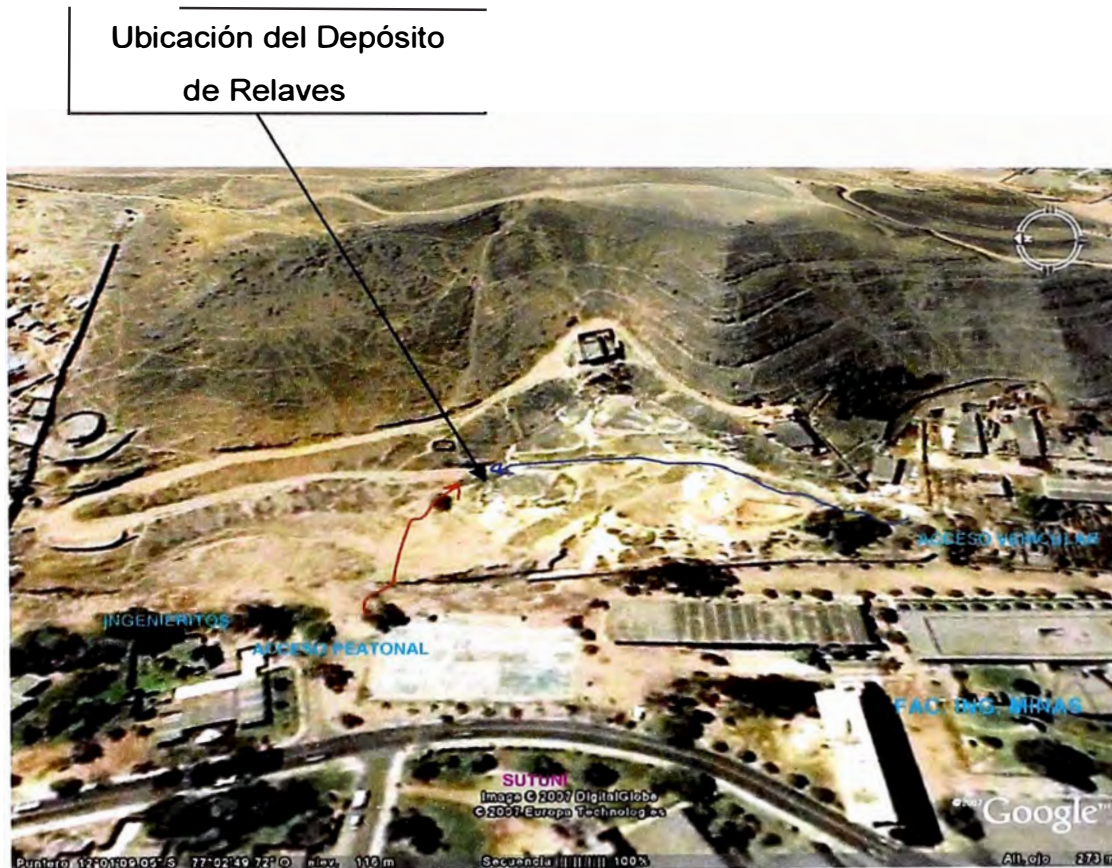


Figura 3.1.- Vista panorámica de la Ubicación del Área del Proyecto

➤ TRABAJOS EJECUTADOS.

- Trabajos de Campo:

Los trabajos de campo han comprendido lo siguiente:

- Reconocimiento del Terreno:

Se realizó un recorrido del área en estudio a fin de definir los límites y reconocer el área donde se desarrollará el proyecto.

- Levantamiento Topográfico del Área en Estudio:

Para la realización del presente informe se nos facilitó la topografía de la zona, pero se tuvo que replantear en campo los puntos del depósito, para lo cual se empleó una estación total (Ver Figura 3.2). (Escala 1:250) en el depósito.

El siguiente cuadro muestra las coordenadas del Depósito de Relaves

Cuadro 3.1
COORDENADAS UTM

PTO	ESTE(m)	NORTE(m)	COTA (msnm)
1	277 121.34	8 670 519.58	108
2	277 118.24	8 670 514.44	108
3	277 114.49	8 670 523.71	108
4	277 111.39	8 670 518.58	108



Figura 3.2.- Estación Total utilizado en el Levantamiento Topográfico

El Cuadro 3.2 muestra los equipos y herramientas utilizados para el levantamiento topográfico del área de proyecto, así como para llevar un control de niveles en el proceso constructivo del depósito y para la ubicación de calicatas.

Cuadro 3.2.- Equipos y Herramientas Topográficos

Descripción	Cantidad	Modelo
Estación Total	01	Topcon GTS 226
Nivel	01	Wild NA 020, de aprox. 2cm/km
Mira	01	-
Prisma	02	-
Wincha	01	Stanley de 60m.

- Trabajos de Gabinete:

La data topográfica descargada de la estación total mediante el uso del software Topcon Link, se ha procesado y revisado en una hoja de cálculo (Microsoft Excel), se hizo uso del Autodesk Land 2006 con el cual, luego de cumplirse con el chequeo respectivo de las líneas obligatorias, se ha realizado el modelamiento 3D del terreno, generando las curvas de nivel respectivas con equidistancia de un metro.

En el Anexo E, presentamos lo planos generados debido al estudio de Topografía:

- Plano de Ubicación General – PR-UB -01
- Plano de Topografía de la Zona de Proyecto – PR-TO-01
- Plano de Planta del Depósito de Relaves – PR-OC-01
- Plano de Secciones Transversales y Secciones Típicas – PR-OC-02
- Plano de Detalles – PR-OC-03

CAPITULO 4.0

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CAPITULO 4.0: ESTUDIO GEOTÉCNICO

4.1 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

El estudio geológico se basa en los trabajos de exploración y mapeo superficial de todo el área donde se tiene proyectado la construcción del depósito de relaves. Para realizar una evaluación tenemos que estudiar las condiciones geológicas regional y local de la zona en estudio. Algunas condiciones geológicas pueden automáticamente excluir la consideración de un sitio, tal condición incluye: presencia de una falla activa o inactiva que pueda ser reactivada, un sitio geológicamente inestable tal como un desprendimiento, propensión de un sitio a riesgos geológicos como las avalanchas y derrumbes.

Geología Regional.

La historia geológica del área refleja los acontecimientos más importantes de la orogenia andina en el centro del país, la cual está ligada a la evolución del geosinclinal andino. Se considera que durante casi todo el Mesozoico la región habría constituido parte del geosinclinal andino; que por ese entonces era un fondo marino, en el que se acumulaban gruesas capas de sedimentos intercalados con emisiones volcánicas submarinas. El inicio de la orogenia andina, a finales del Cretácico, eleva a posiciones continentales los volúmenes volcánicos sedimentarios mesozoicos.

Con respecto al estudio estratigráfico del área, podemos mencionar que se enmarca en la cuenca de Lima. En ella se distinguen cuatro ciclos sedimentarios, que para nuestro propósito nos encontramos en el cretáceo inferior. Dentro de este ciclo sedimentario se ha podido diferenciar unidades lito-estratigráficas definidas por cambios litológicos. Este ciclo está representado por el Grupo Morro Solar.

Grupo Morro Solar: Los estudios estratigráficos y paleontológicos realizados por Lisson C. (1907) en el Morro Solar en Chorrillos permitieron conocer la edad y ubicación de esta serie dentro del cuadro estratigráfico de Lima, la edad asignada es Valanginiano. El Grupo Morro Solar tiene su exposición más completa dentro del cuadrángulo de Lima, en el cerro homónimo (Chorrillos), de

donde se prolonga al Noroeste, por las islas San Lorenzo y el Frontón conservando sus rumbos, y al Este por la Campiña, cerrando el anticlinal de Lima. La secuencia estratigráfica de este grupo viene dado por: Formación Marcavilca, Formación Herradura y Formación Salto del Frayle, (Ver Figura 4.1). Dentro de estas formaciones la que corresponde al área en estudio es la Formación Marcavilca (Ver Figura 4.2).

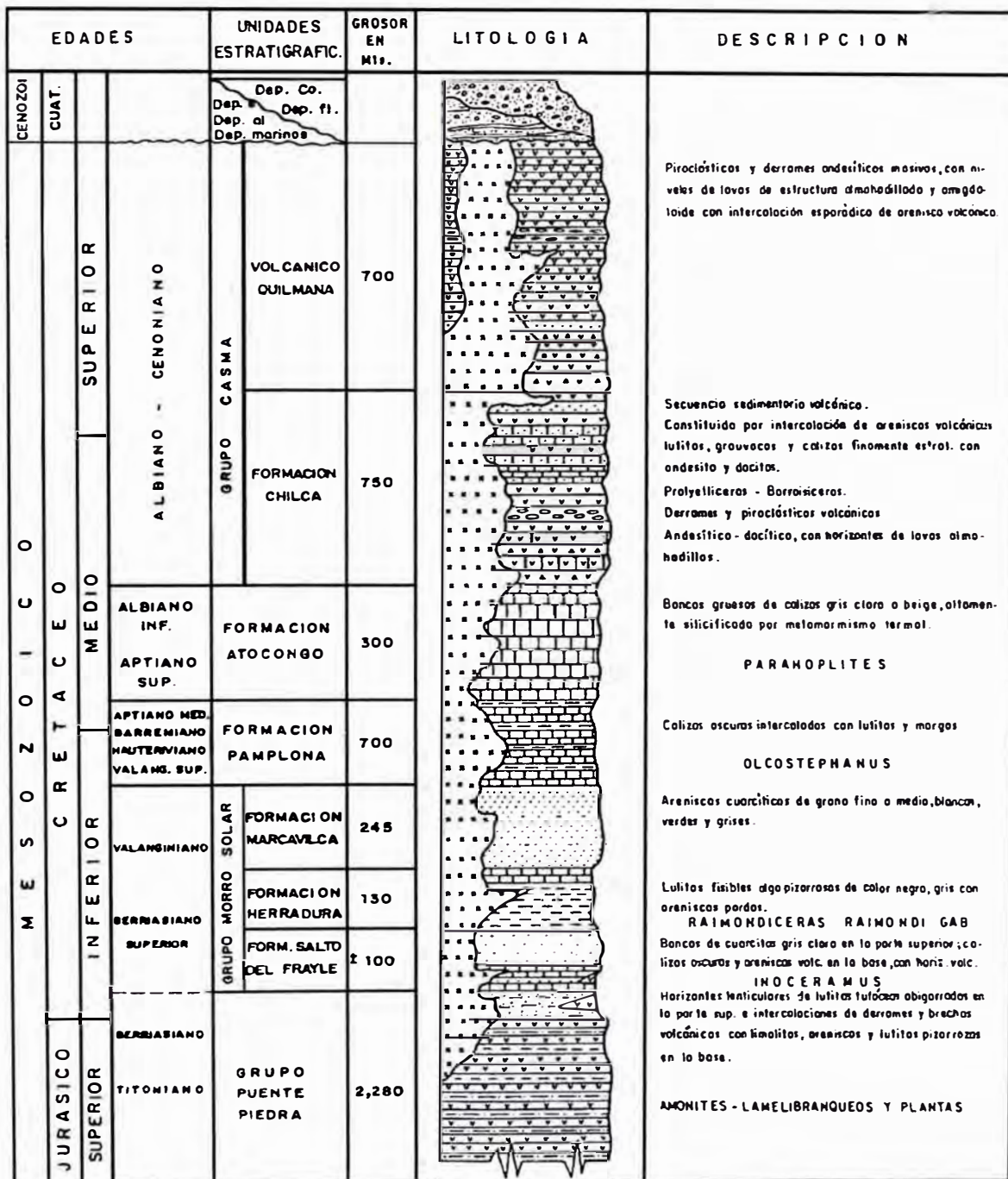


Figura 4.1-Columna Estratigráfica Generalizada de Chancay-Chosica

Lima-Lurin
 (zona—costera)

Formación Marcavilca: Esta formación descansa en contacto normal sobre la Formación Herradura y subyace a la Formación Pamplona. Sus afloramientos se extienden desde el Morro Solar en Chorrillos donde tiene su localidad típica, hasta el Norte de Lima (espalda de la Universidad Nacional de Ingeniería) prolongándose hasta el valle del Chillón. Fernández Concha J. (1958) la divide en su localidad típica en tres miembros:

Miembro Morro Solar, constituye el miembro inferior de la Formación Marcavilca teniendo un cambio gradual de las facies arcillosas a unas facies areniscosas, siguiendo luego intercalaciones de arenisca con niveles lutáceos.

Miembro Marcavilca, constituye el miembro medio, caracterizado por las rocas más competentes, duras y compactas de todo el grupo. La roca predominante es la cuarcita gris blanquecina, observándose en menor proporción lutitas con un color ocre.

Miembro la Chira, constituye el miembro superior, formando el techo del grupo en el Morro Solar, está constituido por areniscas cuarcíticas blancas.

Dentro del presente estudio podemos mencionar que los miembros que mantienen una mayor uniformidad litológica lateral son los miembros Morro Solar y Marcavilca, cuyas rocas evidencian una secuencia, primero nerítica (areniscas y lutitas) para hacerse más litoral (cuarcitas y areniscas) indicando un proceso regresivo.

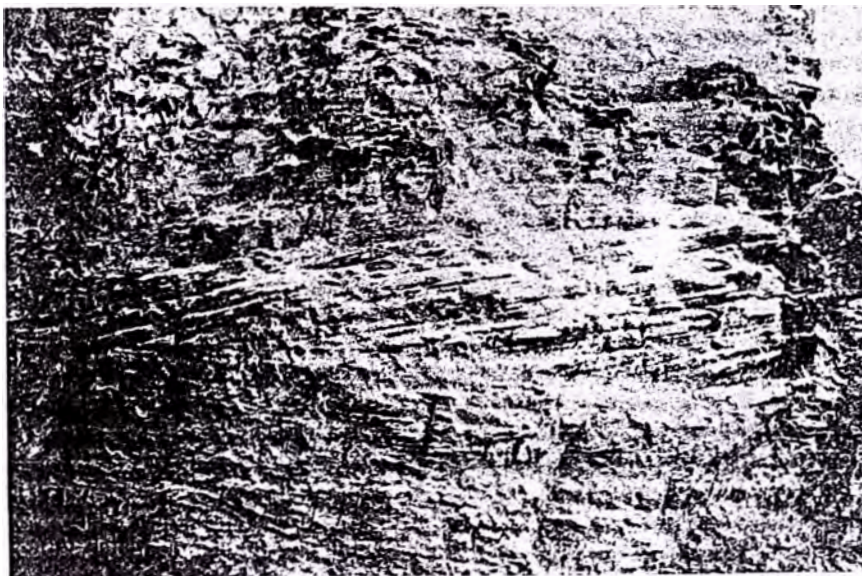


Figura 4.2.-Vista de la estratificación cruzada en la Formación Marcavilca del Grupo Morro Solar.

4.2 GEOLOGÍA LOCAL

En el área de estudio se ha podido diferenciar unidades lito-estratigráficas representado por el Grupo Morro Solar, y dentro de las Formaciones de este Grupo nos encontramos en la Formación Marcavilca. En los alrededores donde se ubicará el depósito de relaves encontramos contactos geológicos entre rocas intrusivas como la gabrodiorita, mostrándose con formas de puntas ubicada en la parte superior del cerro; y seguidamente encontramos rocas sedimentarias como la arenisca, también en las laderas del cerro encontramos material de relleno superficialmente (Ver Figura 4.3).



Figura 4.3.- Vista de la Geología de los alrededores del Depósito de Relave.

En la zona donde se emplazará el depósito de relaves encontramos dos contactos geológicos, uno de ellos formado por material de Relave y material de Relleno, y el otro contacto se da entre material de Relleno y Roca Lutita Pizarrosa. El material de Relave encontrado es seco, debido a la antigüedad en la que fue depositado se encuentra algo compacto; el Material de Relleno compuesto por bolonería de roca de formas que van de angulosa a sub-redondeada con material limoso y presencia de paja, y la roca lutita pizarrosa se encuentra fracturada, de baja resistencia, color negrusco y moderadamente meteorizada. (Ver Figura 4.4 y 4.5).

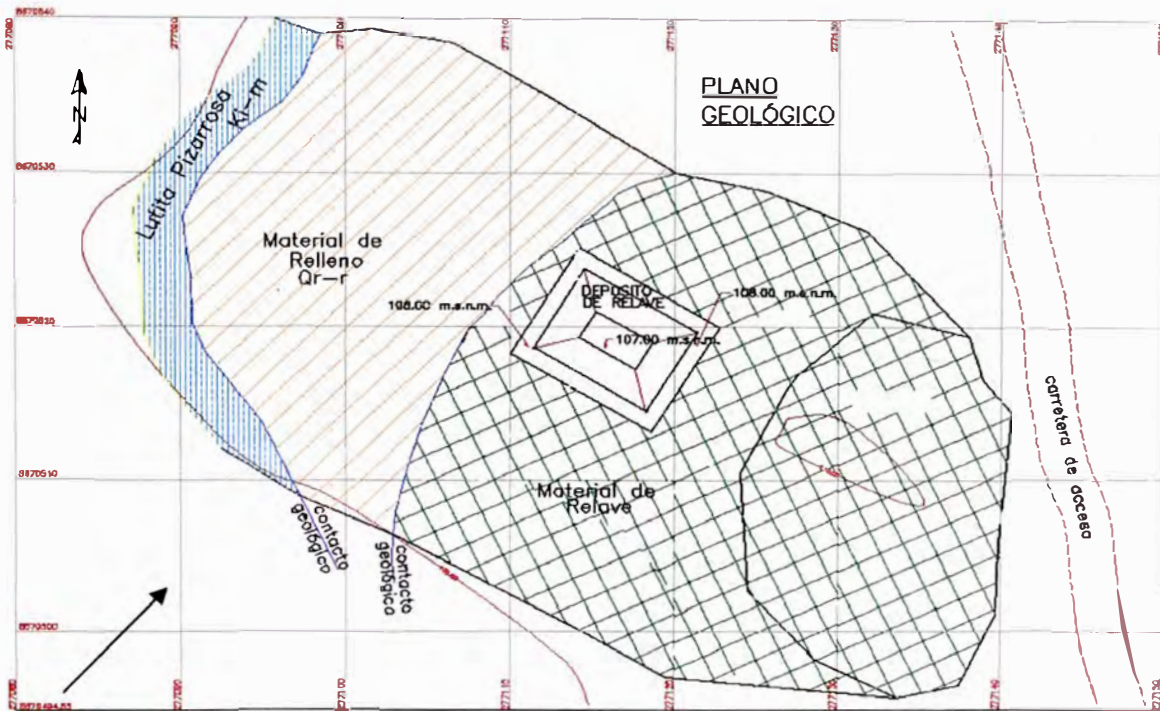


Figura 4.4.- Vista del Plano Geológico donde se Ubicará el Depósito de Relave
(↗ Ángulo donde se realizó la toma de la Fig.4.5)

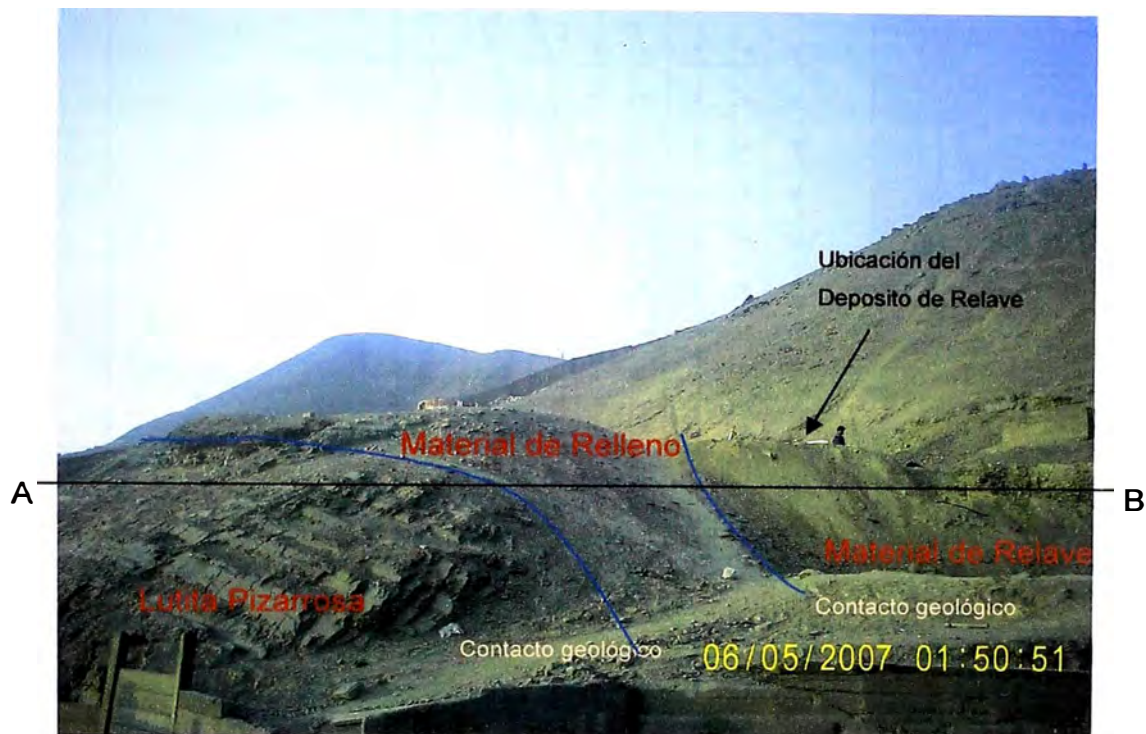


Figura 4.5.- Vista de Dos Contactos Geológicos encontrados donde se ubicará el Depósito de Relave

En la Figura 4.6 presentamos la sección de suelo general (sección geológica), dicha sección fue generada a partir del trazo de la línea A-B (Ver Figura 4.5). En esta sección geológica podemos apreciar de izquierda a derecha, que en la cota inferior (96 m.s.n.m.) encontramos un suelo conglomerado de pequeño espesor, seguidamente suelo del tipo rocoso (lutita pizarrosa) con una potencia de 10m, con una extensión de 40 m., por encima de la cota 106 m.s.n.m. encontramos material de relleno con una potencia de 2.50 a 3.00 m. Al lado izquierdo de la sección del depósito a 2.60 m. de distancia (108 m.s.n.m) empieza un suelo conformado por relave cuya potencia máxima es de 12 m y por debajo de este tenemos un suelo del tipo rocoso (arenisca). El relave encontrado presenta material de suelo arcilloso limoso, el cual nos da un indicativo de impermeabilidad, esto nos sirve para el propósito del proyecto, en caso fallará el geosintético empleado tendríamos por debajo una barrera adicional impermeable.

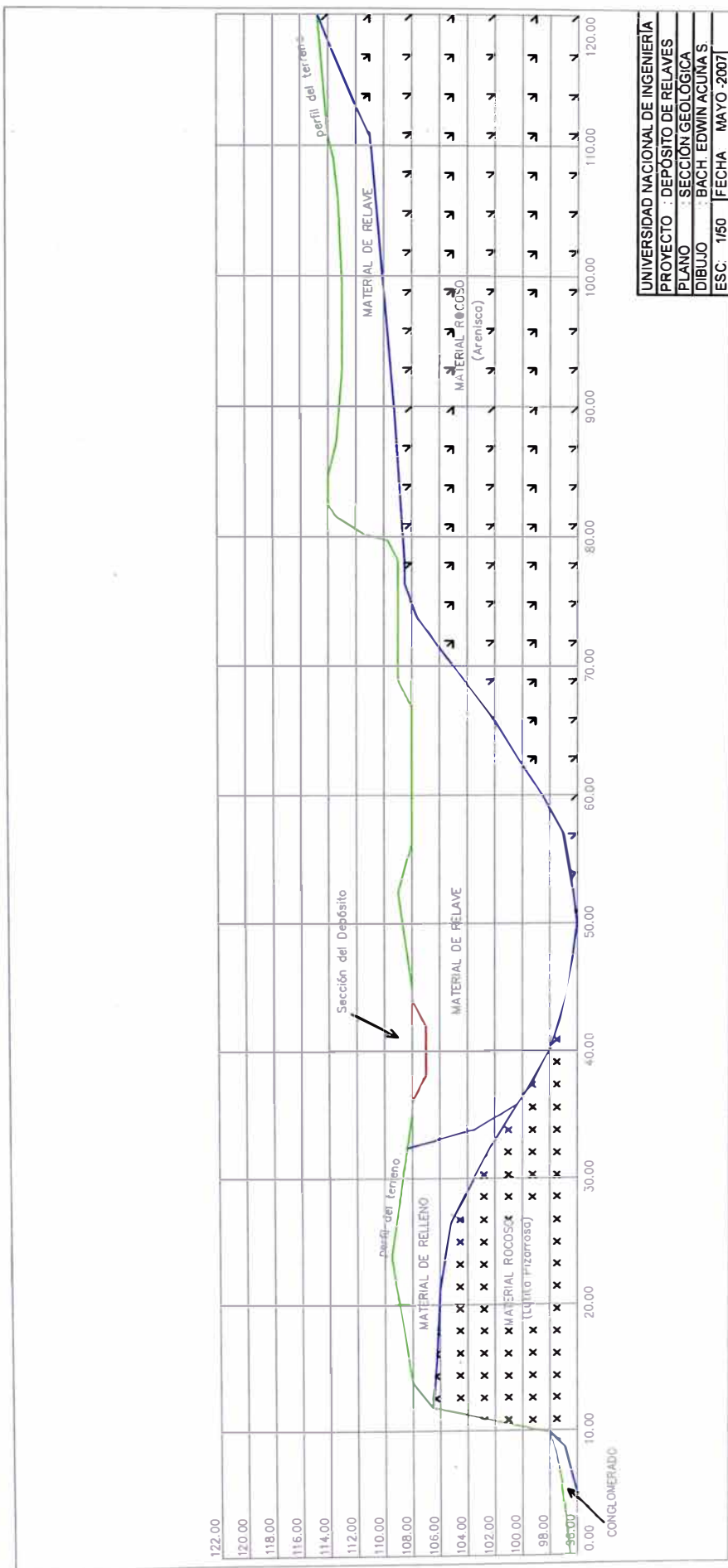


Figura 4.6.- Vista de la Sección del Suelo (Sección Geológica)

4.3 MECÁNICA DE SUELOS

Para la ejecución del presente proyecto se llevó a cabo un programa de investigaciones geotécnicas de campo con la finalidad de evaluar las características y propiedades de los materiales de la cimentación del área donde se ubicará el depósito de relaves. Se realizaron Investigaciones Geotécnicas de Campo e Investigaciones y Ensayos de Laboratorio.

- **INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS DE CAMPO.**

Los estudios geotécnicos se efectuaron explorando el suelo mediante equipos de perforación, y también con excavaciones a cielo abierto llamadas calicatas, obteniendo muestras de suelos, para luego en el laboratorio efectuar un análisis para clasificarlos y determinar sus características. Una parte importante de estos estudios realizados o métodos se basa en la medida de resistencia que ofrece el suelo al avance del sondaje de Penetración Dinámica Ligera (DPL). Los registros efectuados en cada uno de los sondajes DPL, Calicatas y las muestras extraídas se procesaron en el Laboratorio Nacional de Hidráulica (Área de Geotecnia)-UNI.

Ensayo de Penetración Dinámica Ligera (DPL):

Este ensayo consiste en el hincado continuo en tramos de 10cm. de una punta cónica de 90°, utilizando la energía de un martillo de 16kg. de peso que cae libremente desde una altura de 60cm. Este ensayo nos permite obtener un registro continuo de resistencia del terreno a la penetración, existiendo correlaciones para encontrar el valor N de resistencia a la penetración estándar en función del tipo de suelo, para cada 30cm. de hincado (Ver Figura 4.7 y 4.8).

Para determinar las características de resistencia de los suelos se ejecutaron un total de tres (03) sondajes DPL, convenientemente ubicadas dentro del área de estudio con la finalidad de evaluar las condiciones geotécnicas, los parámetros resultantes nos permitirá correlacionar con la densidad relativa de las muestras en anillos con el fin de determinar los pesos volumétricos y su posterior remoldeo de los mismos. Los sondajes de DPL nos han permitido realizar las investigaciones hasta una profundidad máxima de 1.80m.

En el Cuadro 4.1 se enumera los ensayos DPL y las profundidades totales alcanzadas. (En el Anexo A1 de Ensayos DPL se presenta los resultados alcanzados).

Cuadro 4.1.- Ensayos DPL

Ensayo (DPL)	Profundidad Total(m)
DPL - 1	1.70
DPL - 2	1.80
DPL - 3	1.00



Figura 4.7.- Vista del Equipo para el Ensayo DPL-3



Figura 4.8.- Vista del Ensayo DPL-3 soltando el Martillo.

Calicatas:

Con la finalidad de conocer las propiedades y condiciones geotécnicas (humedad, densidad, resistencia al corte y permeabilidad) del suelo de cimentación se han excavado tres (03) calicatas hasta una profundidad de 2.00m, extrayendo las muestras para los respectivos ensayos de laboratorio. Los resultados nos han permitido determinar los parámetros geotécnicos para el análisis de la estabilidad y determinación del tipo de diseño del depósito de relaves. Mencionamos a continuación en el Cuadro 4.2 las calicatas exploradas.

Cuadro 4.2.- Calicatas

Calicata	Profundidad Alcanzada	Nº de Muestras	Nivel Freático
C-1	2.00	11	No existente
C-2	1.00	02	No existente
C-3	1.80	03	No existente

Registros de Investigación de los Suelos:

De acuerdo a los materiales identificados en las excavaciones de las calicatas se ha elaborado un registro de sondajes (Ver Anexo A2 el Registro de Excavación) donde se indica las características físicas encontradas en los suelos como color, humedad, compacidad; el cual describimos a continuación:

C-1

+0.00 a -0.35m: En este intervalo tenemos la muestra de suelo M1, cuya descripción visual comprende de una Arena fina algo limosa, seca, color plomizo. compacidad media a alta. (Relave).

-0.35 a -0.50m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M2, cuya descripción visual comprende de una Arena fina algo limosa, densidad media, humedad media, color amarillento.

-0.50 a -0.70m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M3, cuya descripción visual comprende de una Arena fina algo limosa, color marrón oscuro, densidad media, humedad media.

-0.70 a -0.80m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M4, cuya descripción visual comprende de una Arena fina algo limosa, color amarillento, densidad media, humedad media.

-0.80 a -0.95m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M5, cuya descripción visual comprende de una Arena fina algo limosa, color negro, con una franja de arcilla, color marrón, densidad media, humedad media.

-0.95 a -1.05m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M6, cuya descripción visual comprende de un Relave color plomizo claro, conformado por arena fina, humedad media, compacidad media.

-1.05 a -1.20m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M7, cuya descripción visual comprende de una Arena fina, color amarillento, densidad media, humedad media; y según la clasificación SUCS corresponde a un ML.

-1.20 a -1.35m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M8, cuya descripción visual comprende de una Arena fina, color marrón , densidad media.

-1.35 a -1.55m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M9, cuya descripción visual comprende de una Arcilla color marrón , humedad media, densidad media.

-1.55 a -1.75m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M10, cuya descripción visual comprende de una Arena fina, color marrón con manchas amarillentas , humedad media, densidad media.

-1.75 a -2.00m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M11, cuya descripción visual comprende de una Arena fina algo arcillosa, color marrón , humedad media, densidad media.

En la Figura 4.9, podemos observar la excavación de la primera calicata C-1, cuya profundidad total fue de 2.00m respecto del nivel +0.00. En ella podemos apreciar las diversas capas o estratos existentes, cuya descripción ya se mencionó líneas arriba.



Figura 4.9.- Vista de Calicata C-1

C-2

+0.00 a -0.60m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M1, cuya descripción visual comprende de una Arcilla arenosa color marrón claro, medianamente suelta.

-0.60 a -1.00m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M2, cuya descripción visual comprende de una Arena limosa, color marrón oscuro, olor metálico, humedad alta, compacidad alta.

En la Figura 4.10, podemos observar la excavación de la segunda calicata C-2, cuya profundidad total fue de 1.00m. En ella podemos apreciar las diversas capas o estratos existentes.



Figura 4.10.- Vista de Calicata C-2

C-3

+0.00 a -0.80m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M1, cuya descripción visual comprende de un estrato de material de relave seco con presencia de gravillas, color marrón claro, compacidad media.

-0.80 a -1.10m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M2, cuya descripción visual comprende de un material de relave seco con presencia de gravillas, color marrón y blanco, densidad media.

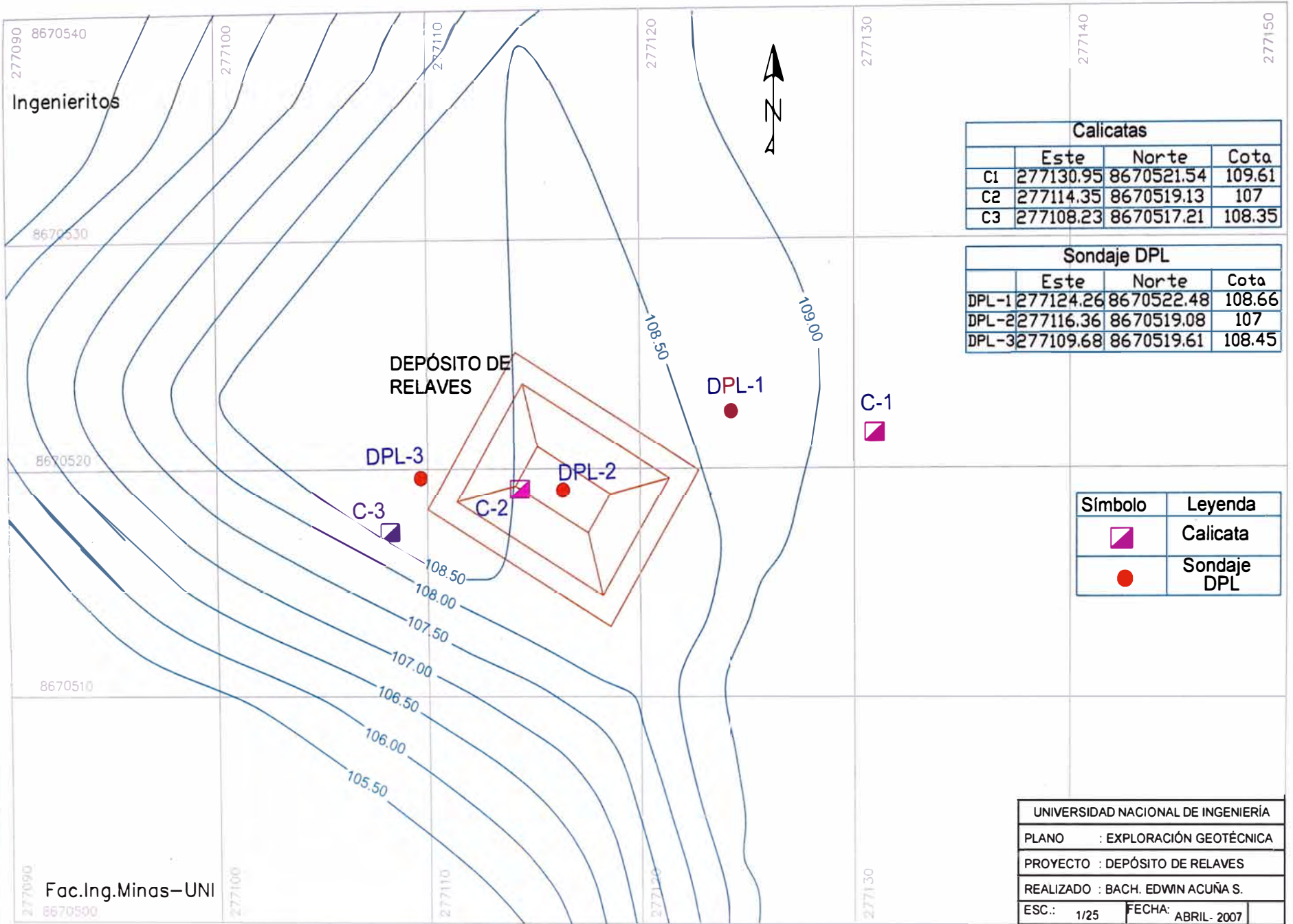
-1.10 a -1.80m : En este intervalo tenemos la muestra de suelo M3, cuya descripción visual comprende de un material de Arena fina seca, color marrón, densidad media a alta.

En la Figura 4.11, podemos observar la excavación de la tercera calicata C-3, cuya profundidad total fue de 1.80m. En ella podemos apreciar las diversas capas o estratos existentes.

Las calicatas, ensayos de penetración dinámica ligera, fueron convenientemente distribuidas en el área del proyecto, como se muestra en la Figura 4.12 la Exploración Geotécnica.



Figura 4.11.- Vista de Calicata C-3



4.12. - Vista de la Ubicación de Calicatas y Sondaje DPL.

Ensayo de Densidad de Campo “In-situ”:

Dicho ensayo consiste en sacar muestras de suelos en condiciones naturales con un anillo metálico (Ver Figura 4.13), para luego calcular la Densidad Húmeda(gr./cm^3) el cual se calcula dividiendo el Peso de Suelo Húmedo(gr.) entre el Volumen del anillo(cm^3). En el Cuadro 4.3 se presenta el resultado de la Densidad de Campo para las diferentes muestras de las Calicatas y en el Anexo A3 se presenta el Certificado de Laboratorio del Ensayo de Densidad de Campo (Anillo).

Cuadro 4.3.- Resultado de la Densidad de Campo “Ensayo del Anillo “

Calicata	Muestra	Prof.(m)	Densidad Húmeda(gr/cm^3)	Densidad Seca(gr/cm^3)
C1	M-1	0.00-0.33	1.24	1.23
C1	M-2	0.33-0.65	0.84	0.73
C1	M-3	0.65-1.20	1.65	1.53
C1	M-4	1.20-1.65	1.46	1.17
C1	M-5	1.65-180	1.19	1.02
C2	M-1	0.00-0.60	1.66	1.38
C2	M-2	0.60-1.00	1.53	1.33
C3	M-1	0.00-0.80	1.51	1.46
C3	M-2	0.80-1.20	1.32	1.21
C3	M-3	1.20-2.00	1.23	1.15



Figura 4.13.- Vista de la Muestra con el Anillo usado para el Calculo de la Densidad de Campo.

- INVESTIGACIONES Y ENSAYOS DE LABORATORIO.

Ensayos de Laboratorio:

Con las muestras disturbadas e inalteradas extraídas de las calicatas de exploración se determinó las características físico mecánicas del suelo de cimentación mediante los ensayos estándar de laboratorio, los resultados determinaron la gradación y por consiguiente la clasificación SUCS. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio Nacional de Hidráulica (Área de Geotecnia Aplicada a la Hidráulica) de la Universidad Nacional de Ingeniería bajo las normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM), describiéndose a continuación:

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422).

En este procedimiento, se divide una muestra de suelo en una fracción de grano grueso y una fracción de grano fino; luego se determina mecánicamente la distribución de tamaño de grano más grueso que malla 200 empleando mallas estándar; la distribución de tamaño de grano de material más fino que malla 200 se determina mediante hidrómetros.

De una serie de pruebas de distribución del tamaño de grano de un suelo determinado, se puede desarrollar un envolvente de curvas de distribución para formar una base con el fin de evaluar algunas de las otras características del suelo. En el Anexo A4 presentamos los Certificados de los Análisis Granulométrico por Tamizado.

- Límites de Atterberg (ASTM D-4318).

Son empleados para determinar la plasticidad de suelos. El límite líquido define el límite entre los estados líquidos y plásticos, y el límite plástico entre los estados plásticos y sólidos. La diferencia entre estos dos valores de contenido de agua es el rango sobre el cual el suelo permanece plástico y se denomina el índice de plasticidad. Este parámetro se emplea para clasificar los suelos con el fin de estimar otras propiedades físicas. En el Cuadro 4.4 se presentan los resultados obtenidos y en el Anexo A5 los Certificados del Límite de Atterberg.

Cuadro 4.4.- Límites de Atterberg

Sondaje	Muestra	Límite Plástico (L.P.)	Límite Líquido (L.L.)	Índice Plástico (I.P.)
C-2	M-1	21.99	32.32	10.33
	Relave	18.76	36.37	17.61

- Contenido de Humedad (ASTM D-2216).

En el Cuadro 4.5 presentamos el contenido de humedad de las diferentes muestras encontradas en cada calicata excavada, y en el Anexo A6 se adjunta los certificados de lo Ensayos de Contenido de Humedad.

Cuadro 4.5.- Contenido de Humedad

Muestras	Profundidad(m)	Contenido de Humedad (%)		
		Calicatas		
		C-1	C-2	C-3
M-1	0.00-0.35	8.08	14.69	10.46
M-2	0.35-0.50	12.33	13.80	10.46
M-3	0.50-0.70	13.65	-	10.46
M-4	0.70-0.80	11.25	-	10.46
M-5	0.80-0.95	17.34	-	3.61
M-6	0.95-1.05	4.96	-	3.61
M-7	1.05-1.20	11.99	-	3.61
M-8	1.20-1.35	14.80	-	7.45
M-9	1.35-1.55	32.21	-	7.45
M-10	1.55-1.75	11.13	-	7.45
M-11	1.75-2.00	20.41	-	7.45

- Clasificación de Suelos (ASTM D-2487).

Se empleo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), la forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942, para usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército durante la Segunda Guerra Mundial. En cooperación con la oficina de Restauración de Estados Unidos el sistema fue revisado en

1952. Hoy en día, es ampliamente usado por los ingenieros (Prueba D-2487 de la ASTM). El Sistema Unificado de Clasificación se presenta en tres tablas; la primera tabla agrupa a suelos del tipo grava, la segunda tabla agrupa a suelos arenosos y la tercera tabla agrupa a suelos limosos y arcillosos (Ver en Anexo A7 las tablas), donde se pide para clasificar a los suelos: la granulometría, límites de Atterberg, Límite Líquido, Límite Plástico. Con los datos calculados anteriormente, ingresamos a tablas para clasificar los suelos mediante el SUCS. En el Cuadro 4.6 presentamos los resultados de la Clasificación de Suelos.

Cuadro 4.6.- Clasificación de Suelos.

Clasificación (SUCS)			
Muestra	Calicatas		
	C-1 (h=2.00m)	C-2 (h=1.00m)	C-3 (h=1.80m)
M-1	SM	CL	ML
M-2	ML	SM	ML
M-3	ML	-	ML
M-4	ML	-	-
M-5	ML	-	-
M-6	SM	-	-
M-7	ML	-	-
M-8	ML	-	-
M-9	ML	-	-
M-10	SM	-	-
M-11	ML	-	-

- Gravedad Específica de Sólidos (ASTM D-854).

La gravedad específica de partículas de suelo se determina mediante la prueba de laboratorio ASTM D854 y se calcula con la siguiente fórmula:

$$G_s = \gamma_d / V_s$$

Donde: Gs: Gravedad Específica de Sólidos (gr/cm³)
 Yd: Peso de Suelo Seco (gr)
 Vs: Volumen del Suelo (cm³)

Para calcular la gravedad específica se tomo muestra de relave, y empleando la formula anterior nos dio como resultado Gs=2.8 gr/cm³. (Ver Anexo A8 las muestras de datos tomados).

- Permeabilidad (k)

La permeabilidad de los suelos de pende de varios factores: viscosidad del fluido, distribución del tamaño de los poros, distribución granulométrica, relación de vacíos, rugosidad de las partículas minerales y grado de saturación del suelo. En los suelos arcillosos, la estructura juega un papel importante en la permeabilidad. El valor del coeficiente de permeabilidad k varía ampliamente para diferentes suelos. En el Cuadro 4.7 se dan algunos valores típicos para suelos saturados. La permeabilidad de suelos no saturados es menor y crece rápidamente con el grado de saturación.

Cuadro 4.7.- Valores típicos de permeabilidad para suelos saturados.

Tipo de Suelo	k (cm/s)
Grava limpia	100-1.0
Arena gruesa	1.0-0.01
Arena fina	0.01-0.001
Arcilla limosa	0.001-0.00001
Arcilla	0.000001

Fuente: Libro Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (BRAJA M. DAS)

Dos pruebas estándar de laboratorio se usan para determinar la permeabilidad hidráulica del suelo: la prueba de carga constante y la prueba de carga variable. La primera se usa principalmente para suelos de grano grueso. Sin embargo, para los de grano fino, las tasas de flujo a través de suelo son muy pequeñas y se prefieren por ello las pruebas de carga variable. Donde la tasa de flujo Q del agua, a través de la muestra en cualquier tiempo t se expresa por:

$$Q=k*(h/L)*A$$

Donde:

A = área de la sección transversal de la muestra del suelo (cm²)

Q =volumen (cm³)

h/L=gradiente hidráulica = i (adimensional)

Reemplazando en la expresión anterior el valor de i, tenemos:

$$Q=k*i*A$$

$$k=Q/i/A=V/i$$

Donde:

V = velocidad

k = permeabilidad (cm/s)

En el cuadro 4.8 se muestra los resultados obtenidos de permeabilidad. Estos k obtenidos están dentro de los valores de suelo de arcilla limosa según los datos del Cuadro 4.7. Donde la muestra M1 tiene mayor permeabilidad que la muestra M2 debido a que el tiempo de saturación de la muestra M1 es mayor que la muestra M2. (En el Anexo A9 se muestra la permeabilidad de laboratorio).

Cuadro 4.8.- Valores de “K” obtenidos del ensayo

Calicata C2	Tsaturación (min)	Kmax (cm/s)	Kmin (cm/s)	Krepresent. (cm/s)	Kprom (cm/s)
M1	45	2.554E-03	3.193E-04	1.277E-03	1.28E-03
M2	15	1.916E-03	9.578E-04	1.277E-03	1.28E-03

- Ensayo de Corte Directo (ASTM D-3080).

Para medir la resistencia al corte del suelo realizamos el Ensayo de Corte Directo. El equipo utilizado consiste en una caja de corte metálica en la que se coloca el espécimen. Los datos que se obtienen del ensayo de corte se presentan en términos de esfuerzos tangencial, normal, deformación unitaria. La envolvente de falla definida por la ecuación de la Teoría de Mohr (1900) dada por:

$$\tau = f(\sigma), \text{ es una línea curva.}$$

Donde:

τ_f , esfuerzo cortante sobre el plano de falla.

σ , esfuerzo normal sobre el plano de falla.

Para la mayoría de casos en los estudios de suelos, es suficiente aproximar el esfuerzo cortante sobre el plano de falla como una función lineal del esfuerzo normal (Coulomb, 1776). Esta relación se escribe como:

$$\tau_f = c + \sigma \tan(\phi), \text{ es una línea recta.}$$

Donde:

c , cohesión.

ϕ , ángulo de fricción interna.

En el cuadro 4.9 se detallan los resultados del Ensayo de Corte Directo realizado en laboratorio y en el Anexo A10 se muestra los certificados de los ensayos.

Cuadro 4.9.- Resultados del Ensayo de Corte Directo.

Calicata	Muestra (alterada)	Clasificación SUCS	C (kg/cm ²)	ϕ (Grados)
C1	M-4	ML	0.100	24.60°
C1	M-10	SM	0.000	25.70°
-	RELAVE	-	0.059	23.10°

- Perfil Estratigráfico.

Según los datos de exploración mediante excavaciones, apoyada por los ensayos de penetración DPL y los resultados de laboratorio, se han descrito las características físico mecánicas de los suelos, generando con esto un perfil estratigráfico de la zona en estudio. Este perfil ha sido ajustado obteniendo al final un perfil con 04 estratos, donde se tiene suelos del tipo ML, SM, ML y SM de manera descendente y no se encontró nivel freático, los cuales fueron ajustados con los resultados del cuadro 4.1 al 4.9 (Ver resumen de los Ensayos de Laboratorio en el Anexo A11). En el Cuadro 4.10 se presentan los estratos del perfil y sus características tales como cohesión, ángulo de fricción interna, densidad húmeda; presentando en la Figura 4.14 la gráfica del perfil estratigráfico.

Cuadro 4.10.- Resumen de Estratos del Perfil Estratigráfico y Propiedades.

Estrato	Suelo (SUCS)	Densidad Húmeda (kN/m ³)	Ø (Grados)	C (kPa)
1	ML	15.01	25.70	9.81
2	SM	13.56	24.60	0.00
3	ML	14.32	25.70	9.81
4	SM	16.19	24.60	0.00

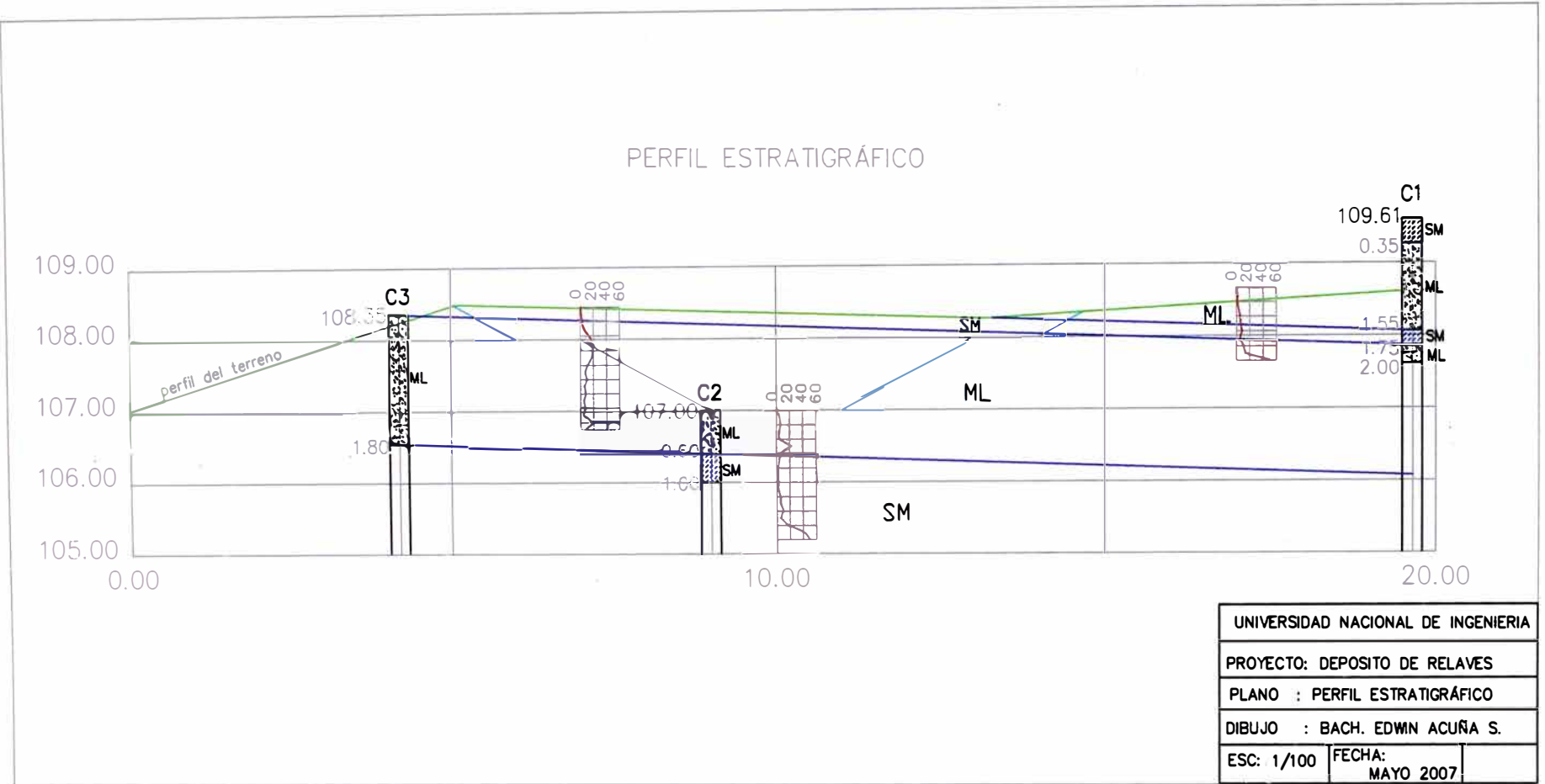


Figura 4.14.- Vista del Perfil Estratigráfico (Calicatas y DPL)

- Análisis de Estabilidad de Taludes.

Se realizó el análisis de estabilidad de taludes utilizando el perfil estratigráfico anteriormente calculado denominándolo Talud 1 y con sus respectivos parámetros geotécnicos según Cuadro 4.10. Además se utilizó el programa Macstars 2000 (Maccaferri), este programa de cómputo permite hacer el análisis de estabilidad de taludes a través del cálculo del Factor de Seguridad. El factor de seguridad, "FS", para un talud se define generalmente como la relación de resistencia al corte disponible con respecto al esfuerzo cortante sobre la superficie de falla crítica. Se realizó dos análisis adicionales para un Talud 2 y Talud 3. Luego de utilizar este programa obtuvimos los siguientes valores de FS como se muestra en el Cuadro 4.11. En el Anexo A12 se presentan los datos de entrada y salida, así como las Gráficas obtenidas.

Cuadro 4.11.- Resultado de FS, con el Programa Macstars.

	TALUD 1	TALUD 2	TALUD 3
FS	1.207	3.413	3.336

CAPITULO 5.0

ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA

CAPITULO 5.0: ESTUDIOS DE HIDROLOGÍA

Dentro de los análisis y diseños en las obras que conforman un depósito de relaves, se debe tomar en cuenta el contenido de humedad y el almacenamiento de agua, que resulta de las precipitaciones en la zona de emplazamiento del proyecto. El estudio de Hidrología tiene por objetivo determinar el régimen pluvial en la zona de emplazamiento del depósito de relaves y las quebradas que inciden en ella, para el cálculo del caudal de diseño, ante condiciones de precipitaciones máximas. El procedimiento seguido en el estudio fue el siguiente:

Selección de la estación pluviométrica.

Recopilación de la Información pluviométrica, datos hidrometeorológicos.

Análisis estadístico de la Información.

Determinación de las precipitaciones máximas en 24 horas para períodos de retorno de 50 y 100 años.

Determinación de Caudales para los períodos de retorno.

5.1 HIDROGRAFÍA DE LA ZONA

Nos encontramos dentro de la cuenca del río Rímac (Ver Figura 5.1) a una altitud por encima de los 108.00 metros sobre el nivel del mar, el área de influencia de la cuenca a considerar en la zona de proyecto es pequeña. No existen flujos permanentes, y el material existente tiene gran capacidad de absorción, esto debido al resultado del análisis de permeabilidad del material realizado en laboratorio.



Figura 5.1.- Vista de la Cuenca Hidrográfica del Rímac.

5.2 CLIMATOLOGÍA

La ciudad de Lima-Callao comprende los tramos inferiores de los ríos Lurín, Rímac y Chillón (Ver Figura 5.1), zona que presenta un clima caracterizado como seco y árido (Koeppen, 1964). Según la clasificación de Thornthwaite la zona pertenece al desierto subtropical árido o desierto desecado subtropical (dd-S).

Las características climáticas están influenciadas por su ubicación en el borde del anticiclón del Pacífico del Sur, la Corriente Humboldt y la presencia de la Cordillera Andina. La temperatura media anual oscila entre 18 y 19°C.

5.3 PLUVIOMETRIA

- Fuente de Información:

En el presente estudio se ha considerado la información de la estación meteorológica del SENAMHI, la más cercana a la Zona del Proyecto. El Cuadro 5.1 muestra los datos de ubicación de la estación, así como el periodo de registro. Se puede observar que la altitud que tiene la estación de 120 msnm esta casi cercana a la altitud donde se encuentra ubicado el proyecto de depósitos de relaves que es de 108 msnm, y la estación más cercana al proyecto es la que se encuentra ubicada en el campo de Marte (Estación Modelo).

Cuadro 5.1.- Ubicación de la Estación Meteorológica (Fuente SENAMHI)

Estación	Altitud (msnm)	Latitud	Longitud	Tipo	Período de Registro
MODELO 006617 DRE-04 (Jesús María, Lima)	120	12°04' "S"	77°02' "W"	P	1995 – 2006

- Precipitación Máxima en 24 Horas:

En términos generales, se puede afirmar que las precipitaciones en la zona de estudio son bajas, sin embargo en la última década se ha presentado con cierta frecuencia el fenómeno de El Niño. La información pluviométrica local disponible a fin de encontrar los valores de precipitación máxima en 24 horas fue tomada de la Estación Meteorológica MODELO/006617/DRE-04 (Campo de Marte) de los últimos 12 años (1995-2006) del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), cuyos datos se presentan en el Cuadro 5.2. A partir de este cuadro se puede calcular las precipitaciones máximas en cada año ver Figura 5.2, en ella se presenta la Distribución de Precipitaciones Máximas. (En el Anexo B1 se presenta la Información adquirida de la Oficina General de Estadística e Informática del SENAMHI).

Cuadro 5.2.- Precipitación Máxima en 24 Horas (mm)–Estación MODELO

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1995	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.9	0.6	0.0	0.0
1996	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.4	0.3	0.3	S/D	0.9	0.6
1997	0.0	1.2	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	2.1	0.1	0.7	0.8
1998	1.8	1.8	0.0	0.6	0.4	0.5	0.3	0.8	0.3	0.5	0.2	0.0
1999	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
2000	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.6	0.4	0.0	0.0	0.2
2001	0.3	1.2	0.0	0.2	0.0	0.6	1.7	0.7	0.4	0.0	0.0	0.4
2002	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	0.8	0.2	0.1	0.7	0.0
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	0.3	0.0	0.0	0.2
2004	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	S/D	0.0	0.2	0.0
2005	0.4	0.0	0.8	0.0	0.5	0.0	0.3	0.1	0.5	0.0	0.1	0.0
2006	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	0.1	0.2	0.2	0.3

S/D= Sin Dato

Fuente: SENAMHI

Dentro de las grandes precipitaciones presentadas en Lima que podemos mencionar entre los años 1960 y 1997 fueron en 1964 y 1992 con 20 y 18.5 mm, respectivamente; y sobre todo el año 1970 con 20.1 mm. Como año extremadamente seco 1987 con un registro de solo 0.8 mm.

La precipitación máxima en 24 Horas ha sido 8.2 mm el 16 de enero de 1970, Lima soportó en Enero una llovizna que convirtió en coladores gran parte de los techos de la ciudad. Lluvia récord para el siglo XX, desde que existen registros meteorológicos continuos. (Fuente: El Comercio, Lima, 06 de Enero de 1998).

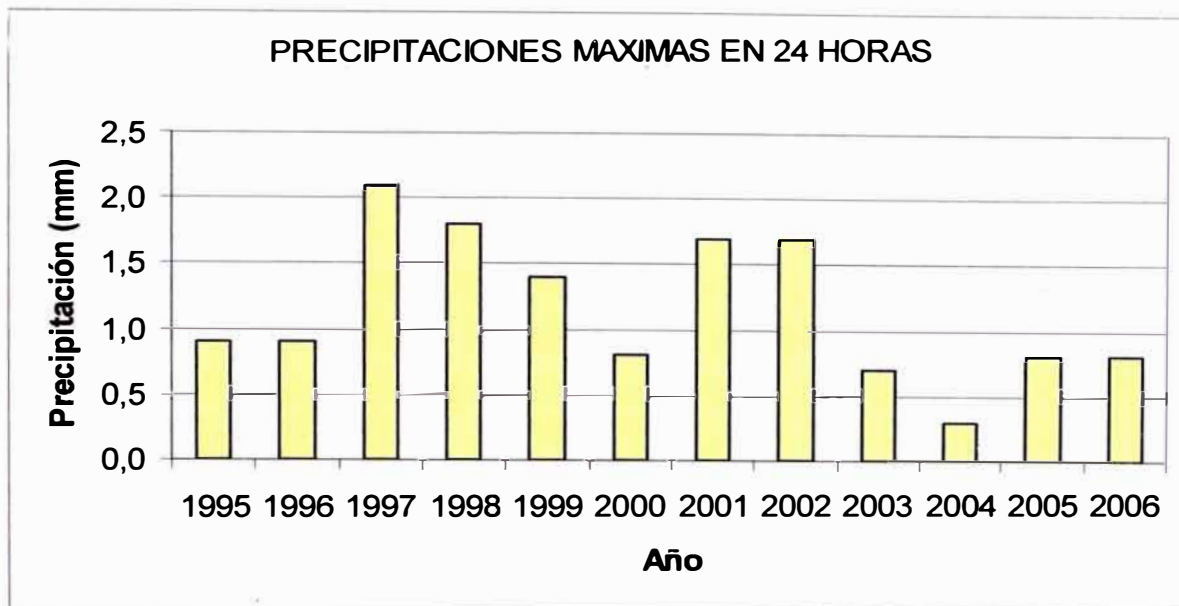


Figura 5.2.-Vista de la Distribución de Precipitaciones Máximas en 24 Horas.

Con esta información se procede al análisis de frecuencia de avenidas y caudales instantáneos. Las más usuales distribuciones de frecuencia usadas en el tratamiento de la precipitación y caudales son:

- Distribución Normal (N).
- Distribución Gumbel (EV1)
- Distribución LogNormal de 2 Parámetros (LN)
- Distribución LogNormal de 3 Parámetros (3LN)
- Distribución LogPearson III (LP3).

Para determinar cuál de las distribuciones estudiadas se adapta mejor a la información histórica, se tienen diferentes métodos:

- Análisis gráfico.
- Método del error cuadrático mínimo.
- Prueba de Kolmogorov – Smirnov.
- Prueba de Chi – Cuadrado χ^2

Utilizando la prueba de Chi-Cuadrado en la distribución Normal y Log-Normal nos da que estas 2 distribuciones no poseen la suficiente confiabilidad para ser usadas en el proyecto. Al aplicar la Prueba de Kolmogorov-Smirnov, nos arroja que la distribución que mas se ajusta es la distribución Gumbel.

Finalmente para el análisis de Intensidad-Duración-Frecuencia se utilizo el método de Dick-Peschke y el ajuste a la distribución Tipo I usada en Estados Unidos para la región hidrológica tipo I que es la que mas se aproxima al clima costero del Perú. De ambos métodos se usara la Distribución Tipo I, por ser los resultados los que mas se aproximan a los eventos históricos acontecidos, así en el Cuadro 5.3 para los periodos de 50 y 100 años tenemos las intensidades de precipitación como resultado.

Cuadro 5.3.- Intensidades de Precipitación para 50 y 100 años.

Periodo de Retorno (años)	Intensidad de Precipitación (mm/hr)
50	1.708
100	1.919

En el Anexo B2 se presenta los cálculos realizados por los diferentes métodos, hasta encontrar las Intensidades de Precipitación para los Período de Retorno de 50 y 100 años respectivamente.

- Precipitación Anual:

Podemos mencionar que la escasa precipitación anual de 9 mm hace que se use el agua del río Rímac para abastecer la ciudad. Los datos que se presentan en el Cuadro 5.4 son las precipitaciones media mensual en la cuenca del Río Rímac cuenca baja (estación Campo de Marte), donde podemos obtener de ella la precipitación promedio anual (FUENTE: EIA del Proyecto de Construcción y operación de las redes secundarias de las "otras redes" de distribución en Lima y Callao-2004).

Este dato nos servirá para realizar el balance hídrico.

Cuadro 5.4.- Precipitación mensual en la cuenca del río Rímac (mm).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Prom. Anual
1927 a 1976	1.1	0.5	0.6	0.3	2.0	3.6	4.5	5.2	4.9	2.0	1.0	0.6	25.9

5.4 CAUDALES EN EL AREA DEL PROYECTO

Con los datos calculados de Intensidad de Precipitación (mm/hr), procedemos al Cálculo de los Caudales Mediante el Método Racional, según la fórmula:

$$Q = 0.278 * C * I * A \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

Q, caudal (m³/s)

C, Coeficiente de Escorrentía (depende de pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal, superficie, infiltración, etc.)

I, Intensidad de lluvia (mm/hr)

A, Área de la cuenca (km²)

Cálculo del Coeficiente "C" (método Texas):

Pendiente	0,20
Infiltración	0,04
Cob. vegetal	0,12
Superficie	0,08
Total (suma)	0,44

Entonces el Valor de C=0.44.

Para la Cuenca 01:

Z1 (m.s.n.m.)	109
Z2 (m.s.n.m.)	108
L1 (m)	10
S	0,1

A (km ²)	0,017
L (km)	0,01
S	0,1
tc (min)	0,27783727

A (km ²)	0,017
L (km)	0,01
S	0,1
tc (min)	0,34778269

Entonces, promediando los Tiempo de Concentración (tc):

tc_prom (min)	0,31084883
tc_nom (min)	15

Reemplazando en la ecuación (1) para período de retorno de 50 y 100 años para intervalos de 15 min más intensos (Ver Anexos Distribución de Precipitación Tipo I), tenemos:

C	0,44
I100 (mm/hr)	1,74
A (km ²)	0,017
Q (m³/s)	0,004

C	0,44
I100 (mm/hr)	1,96
A (km ²)	0,017
Q (m³/s)	0,004

Se observa como resultado valores de caudales bajos.

5.5 EVAPORACIÓN.

En la región de la costa existen variaciones a baja altitud, esto es ocasionado por la presencia de microclimas, que son producto del efecto de neblinas, presentando la zona en términos generales, una evaporación baja. Como referencia podemos mencionar que en la estación La Punta registró una evaporación total media mensual de 447.90 mm en octubre de 1969, mientras la mínima mensual fue de 3.10 mm los meses de abril y julio de 1947 y 1969 respectivamente. La evaporación total anual máxima fue de 1446.80 mm en la estación A. Von Humboldt en 1972, mientras la mínima fue de 40.30 mm en la estación La Punta en 1968. (FUENTE: EIA del Proyecto de Construcción y operación de las redes secundarias de las "otras redes" de distribución en Lima y Callao-2004).

5.6 BALANCE HÍDRICO.

Para realizar los análisis de las condiciones hidráulicas del depósito es necesario realizar el balance hídrico del mismo para lo cual necesitaremos el valor de la precipitación media anual y el valor de la evapotranspiración.

La relación es la siguiente:

$$\text{Balance Hídrico} = P_{M.\text{anual}} - \text{Evapt.}_{\text{anual}}$$

Precipitación Anual:

Entonces del Cuadro 5.4 obtenemos: $P_{M.\text{anual}} = 25.9\text{mm}$

Evapotranspiración:

Existen varios métodos para calcular la evapotranspiración potencial. Los más comúnmente aplicados son los siguientes: método del Lisímetro, método del tanque evaporímetro y métodos empíricos. Dentro de los métodos empíricos está el método de Turc.

La evapotranspiración la calculamos según el método de Turc:

$$Et = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

P: precipitación total anual (mm/año)

T: temperatura media anual en °C

L: $300 + 25T + 0.05 T^3$

Tenemos una temperatura media de 20°, reemplazando los datos en la ecuación (1) obtenemos un valor de $e=27.3\text{mm}$

Obteniendo el Balance Hídrico: $25.9\text{mm} - 27.3\text{mm} = -1.3\text{mm}$, lo que significa que la precipitación es tan insignificante que la evaporación es mayor en Lima.

CAPITULO 6.0

ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO

CAPITULO 6.0: ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO

Este estudio documenta los resultados de la revisión y el análisis de la sismicidad histórica, instrumental y neotectónica existentes en el área del Depósito de Relaves ubicada en el distrito del Rímac, provincia de Lima, departamento de Lima.

La evaluación del peligro sísmico se ha efectuado por medio del método probabilístico, y determinístico de donde se determina los niveles sísmicos del movimiento máximo del suelo en el área del proyecto

➤ Historia Sísmica del Área de Influencia

La fuente básica de datos de intensidades sísmicas de los sismos históricos es el trabajo de Silgado (1968, 1973, 1978 y 1992), que describe los principales eventos sísmicos ocurridos en el Perú. Un mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú ha sido presentado por el Dr. Jorge Alva Hurtado (1984). La confección de dicho mapa se ha basado en treinta isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y sismos recientes.

Los sismos más importantes que afectaron la región y cuya historia se conoce son las siguientes:

Sismo del 17 de Octubre de 1966. A las 16:41 horas. Fue uno de los más destructores ocurridos en Lima después del sismo de 1940. Cien personas muertas. Fue destructor a lo largo de la franja litoral entre Lima y Supe. La intensidad máxima se estimó en VIII (MMI). La aceleración producida en Lima fue de 0.4g. Intensidades: VIII (MMI) en Huacho, Huaura, Chancay, Puente Piedra y Supe; VII (MMI) en Lima y Cajatambo; VI (MMI) en Chimbote y Virú, y V (MMI) en Trujillo.

Sismo del 18 de Abril de 1993. A las 04:16 horas, ocurrió un fuerte sismo que sacudió la ciudad de Lima y alrededores. El sismo originó daños considerables en las viviendas construidas con materiales inestables en los alrededores de la

ciudad, y en las zonas altas de Lima. Intensidad: VII (MMI) en San José de Palle y La Molina; VI (MMI) en Ñaña y Chosica; V (MMI) en Canta, Santa Rosa de Quives; IV (MMI) en Huaros, Cañete y Chimbote; III (MMI) en Ica, Huaraz y Cerro de Pasco y II (MMI) en Chiclayo.

Se concluye que, de acuerdo a la historia sísmica del área de proyecto, han ocurrido sismos de intensidades medias que alcanzaron el grado VII en la escala Mercalli Modificada.

➤ Estudio Sísmico Determinístico

El análisis determinístico consiste en relacionar eventos sísmicos a fallas activas o potencialmente activas para determinar sus efectos epicentrales y su atenuación al lugar. Si se presentan fallas del cuaternario independientemente de la actividad sísmica, estas son capaces de producir sismos de una magnitud suficiente para producir una ruptura de la mitad de la longitud de la traza de la falla mapeada. Los efectos epicentrales son atenuados del punto más cercano a la falla.

➤ Sismo de diseño

La máxima magnitud creíble de los sismos de subducción se determina en base al catálogo sísmico existente de 1999, al gráfico acumulado de número de sismos vs. Magnitud y a las informaciones existentes sobre longitudes de ruptura de fallas. La atenuación sísmica de aceleraciones se determina utilizando la Ley de Atenuación propuesta por Casaverde y Vargas (1980) para zonas de subducción.

➤ Estudio Sísmico Probabilístico

El peligro sísmico puede evaluarse probabilísticamente mediante el método desarrollado por Cornell (1968). La primera parte del método consiste en una revisión de la actividad sísmica del pasado para determinar las fuentes sismogénicas considerando las características tectónicas de la región. Luego se

determina la recurrencia de las zonas sismogénicas y con la atenuación sísmica se calculan los valores probables de intensidades sísmicas.

Para evaluar el peligro sísmico en base a datos de terremotos históricos instrumentales probabilísticamente en el sitio del proyecto se utilizó el programa de cómputo de McGuire, 1976.

Este programa se basa en la teoría desarrollada por Cornell, 1968, 1971 y Merz y Cornell, 1973 que está representada en la forma más general por el teorema de probabilidad total (Total Probability Theorem) en la ecuación:

$$P [A] = \iint P[A/s \text{ y } r] F_s(s) f_r(r) ds dr$$

En la cual P representa la probabilidad, A el evento, cuya probabilidad es buscada, y r y s son variables aleatorias, continuas e independientes influenciando A.

► Evaluación de Fuentes Sismogénicas

Se ha utilizado las fuentes sismogénicas definidas por Castillo (1993). La determinación de estas fuentes sismogénicas se ha basado en el mapa de distribución de epicentros, así como en las características tectónicas de nuestro país. La actividad sísmica en el Perú es el resultado de la interacción de las placas Sudamericana y de Nazca, y el proceso de reajuste tectónico del Aparato Andino. Esto nos permite agrupar a las fuentes en Fuentes de Subducción y Fuentes Continentales.

Las Fuentes de Subducción modelan la interacción de las placas Sudamericana y de Nazca. Las Fuentes Continentales están relacionadas con la actividad sísmica superficial andina. Se ha presentado las fuentes como áreas, ya que no existen suficientes datos para modelar fallas como fuentes lineales en este tipo de análisis.

La mayor parte de los sismos ocurridos en el área considerada es producto de la interacción de las Placas de Nazca y Sudamericana. La Placa de Nazca penetra

debajo de la Sudamericana a ángulos variables. La Placa de Nazca se profundiza a medida que avanza hacia el Continente, por lo que puede distinguirse las Fuentes de Subducción Superficial (F3, F4, F8, F11 y F12), Fuentes de Subducción Intermedia (F15 y F16). Las Fuentes de Subducción Profunda F18 y F19 no influyen en el proyecto. Las Fuentes de Subducción Superficial (Ver Anexo E, PR-GT-01), Intermedia y Profunda (Ver Anexo E, PR-GT-02) tienen profundidades focales promedio de 50, 120 y 600 km respectivamente.

Las fuentes F7 y F11 están asociadas a la sismicidad regional andina con profundidades focales superficiales, sin estar asociadas a fallas activas.

► Determinación del Peligro Sísmico

Se ha determinado el peligro sísmico del área del Proyecto utilizando la metodología e información pertinente disponibles en la literatura. Se ha empleado el Programa de Cómputo RISK desarrollado por R. Mc Guire (1976) con datos de la ley de atenuación de Casaverde y Vargas (1980) para los sismos de subducción y de Mc Guire (1974) para los sismos continentales. Se ha usado las fuentes sismogénicas y parámetros de recurrencia definidos por Castillo (1993).

El peligro sísmico se ha determinado por medio de la probabilidad de ocurrencia de un sismo cuya aceleración máxima sea igual o mayor que ciertos valores esperados. También se podrían determinar probabilísticamente las velocidades, los desplazamientos o las intensidades esperadas, utilizando los parámetros de Casaverde y Vargas (1980), que presentan atenuaciones en función de dichos parámetros.

Utilizando el Programa de Cómputo RISK, para las Fuentes Continentales (Cuadro 6.1) y Fuentes de Subducción (Cuadro 6.2), vemos que las mayores intensidades se presentan en las Fuentes de Subducción. Entonces trabajamos con los resultados obtenidos de la Fuentes de Subducción.

Cuadro 6.1.- Resultados de Evaluación - Fuente Continental.

Tiempo de Retorno T (años)	Riesgos (1 / T)	Intensidad (I)	AntiLN(I) (Ant)	% (g) (Ant/980)
30	0,0333	2,97	19,49	0,020
50	0,0200	3,13	22,87	0,023
100	0,0100	3,35	28,50	0,029
192	0,0052	3,56	35,16	0,036
286	0,0035	3,68	39,65	0,040
475	0,0021	3,84	46,53	0,047
952	0,0011	4,08	59,15	0,060

Coordenadas: -77.05 -12.02

Cuadro 6.2.- Resultados de Evaluación - Fuente Subducción

Tiempo de Retorno T (años)	Riesgos (1 / T)	Intensidad (I)	AntiLN(I) (Ant)	% (g) (Ant/980)
30	0,0333	5,16	174,16	0,18
50	0,0200	5,41	223,63	0,23
100	0,0100	5,71	301,87	0,31
192	0,0052	5,98	395,44	0,40
286	0,0035	6,13	459,44	0,47
475	0,0021	6,32	552,80	0,56
952	0,0011	6,57	713,37	0,73

Coordenadas: -77.05 -12.02

Para efectos del diseño del Cuadro 6.3 (Obra: Depósitos de Relaves con Aplicación de Geosintéticos), consideramos una vida útil de 50 años con la probabilidad de ser excedida en un 10%, por lo que utilizando las relaciones propuestas se determina un periodo de retorno de 475 años.

Con este valor de Periodo de Retorno (T=475) ingresamos al Cuadro 6.2 y encontramos que: **a = 0.56g**

El coeficiente sísmico para el análisis pseudo - estático de diseño de taludes y muros de contención deberá ser **$\alpha = 0.17g$** .

Cuadro 6.3.- Valores Representativos de Criterios Empleados en la Selección de Movimientos Sísmicos de Diseño.

(Fuente: Dinámica de Suelos-Ing. Jorge A.Hurtado)

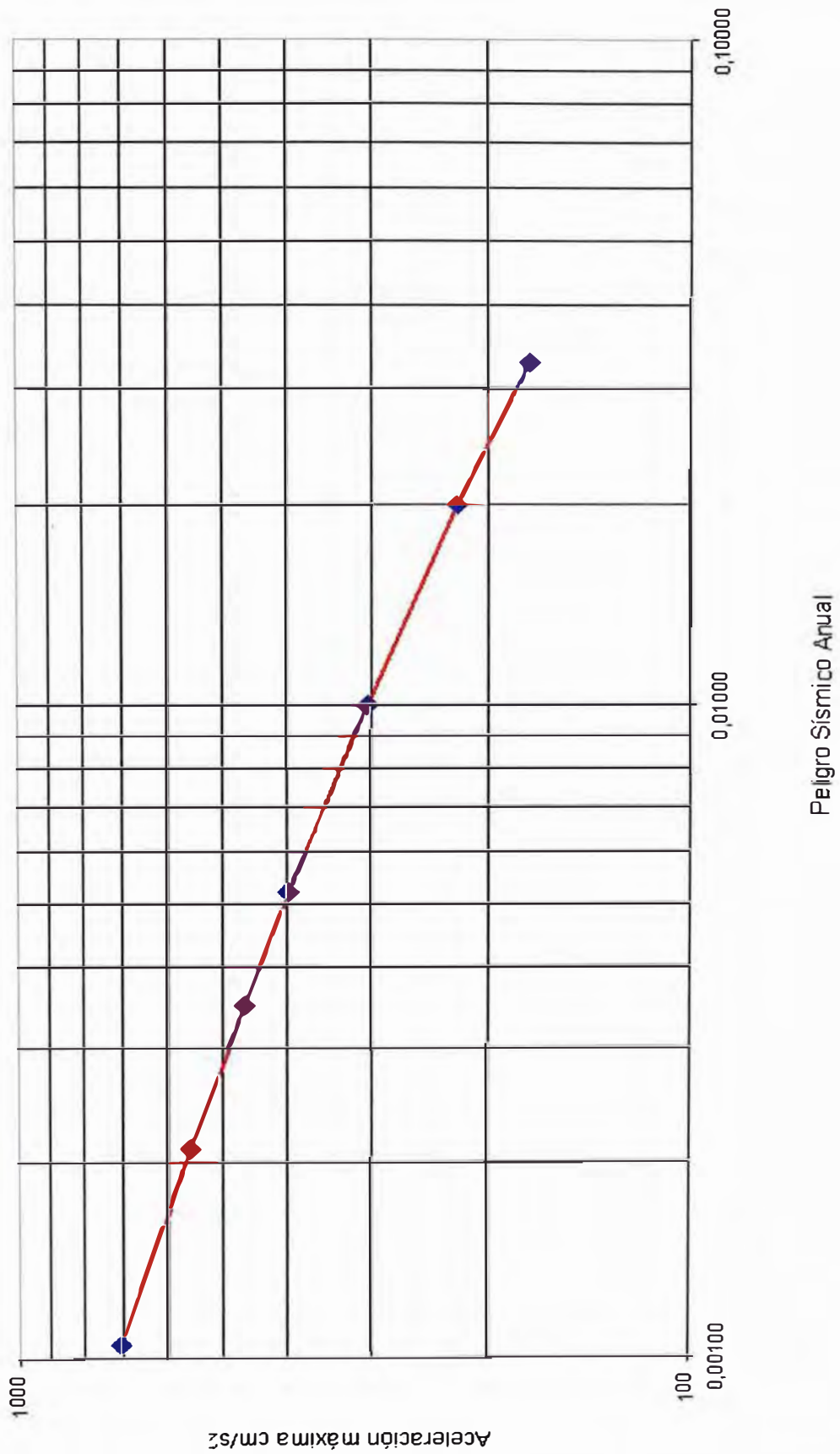
TIPO DE OBRA	VIDA UTIL (t años)	PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA	TIEMPO DE RETORNO (años)
-Instalaciones esenciales con capacidad muy limitada para resistir deformaciones inelásticas y peligro de contaminación (contenedor de reactores nucleares)	50 a 100	0.01	>5,000
-Equipos de S/E eléctricas de alto voltaje.	50	0.03	1,600
-Puentes o viaductos de arterias principales.	100	0.10	950
-Tanques de almacenamiento de combustible.	30	0.05	590
-Edificaciones para viviendas.	50	0.10-0.20	225/500
-Construcciones temporales que no amenacen obras de importancia mayor	15	0.30	40

Cuadro 6.4.- Resumen de los Valores de Peligro Sísmico Anual y Aceleración Máxima.

Peligro Sísmico Anual	Aceleración Máxima (cm/s ²)
Riesgos (1 / T)	AntiLN(I) (Ant)
0,0333	174,16
0,0200	223,63
0,0100	301,87
0,0052	395,44
0,0035	459,44
0,0021	552,80
0,0011	713,37

Con estos valores podemos graficar la aceleración máxima en la roca base (Figura 6.1). En el Anexo C, presentamos los resultados de la evaluación del peligro sísmico corrido con el programa RISK.

PELIGRO SISMICO EN LA UNI (-77.05° -12.02°)
FIG. 6.1.- ACELERACION MAXIMA EN LA ROCA BASE



CONCLUSIONES

- ❖ Dentro de la explotación minera podemos mencionar que no todo puede ser explotado según la ley general de minería, tal es el caso del petróleo e hidrocarburos análogos, los depósitos de guano, los recursos geotérmicos y las aguas minero-medicinales.
- ❖ Del Estudio Topográfico realizado se obtuvo las coordenadas de los vértices del depósito de relaves proyectado, así como también un plano de curvas de nivel encontrando un desnivel de 0.50 a 1.00 m.
- ❖ ^{Del} En el Estudio Geotécnico ~~realizado~~ ^{donde} se ubica el depósito de relaves encontramos que $k=1.28 \text{ E-3 cm/s}$, cuyo valor es un indicativo de que el suelo es permeable.
- ❖ Según la Sección Geológica del Suelo (Fig. 4.6) el depósito se encuentra emplazado sobre material de relave con una potencia de 10m.
- ❖ De la evaluación del Peligro Sísmico encontramos que la aceleración efectiva de diseño es: 0,17g. Este dato servirá para utilizarlo en la evaluación de la ^e Estabilidad de ^t Taludes.
- ❖ En el Análisis de Estabilidad Taludes realizado encontramos un $FS > 1$ para los tres taludes analizados, este resultado nos indica que el depósito de relaves se pueda emplazar en el área proyectada, dado que no será afectada su estabilidad.
- ❖ En términos generales se puede afirmar que las precipitaciones en la zona de estudio son bajas, sin embargo en la última década se ha presentado con cierta frecuencia el fenómeno de El Niño.

RECOMENDACIONES

- ❖ Debido al valor de k obtenido se recomienda que el depósito de relaves proyectado sea impermeabilizado.
- ❖ En la impermeabilización del depósito de relaves se recomienda utilizar productos geosintéticos como la geomembrana. Esto debido a que el manejo de relaves es una operación clave en la recuperación del agua y evitar filtraciones hacia el suelo y napas subterráneas.
- ❖ Para la instalación del material (geomembrana) en campo, se recomienda tener cuidado al manipular en climas calurosos debido a que no se podría agarrar directamente con las manos dicho material, si no con unas pinzas.
- ❖ Se recomienda previamente a la instalación de la geomembrana colocar otro material llamado geotextil para que lo proteja de algunos elementos angulosos o punzocortantes que pueda dañar a la geomembrana.
- ❖ Para poder reutilizar el agua que llega conjuntamente con el relave, se tiene que colocar posteriormente a los dos materiales antes mencionados un material que sirva como filtro, dejando pasar el agua y no el relave, *captando* ap e toda esta agua y ^o *de filtrar* descargue a través de una tubería; este material es conocido como un geocompuesto (Geodrén).

BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Braja M. Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Thomson Learning, México, 2001.
- ❖ Jorge E. Alva Hurtado, Ph.D, Dinámica de Suelos, Sección de Postgrado, Primera Edición, Lima, Perú, 2002.
- ❖ Koerner Robert M., Diseño con Geosintéticos, 4ta edición, Prentice Hall, 1999. Traducción autorizada por IGS-PERU, Lima-Perú, Nov.2002 - Mayo 2004.
- ❖ Ministerio de Energía y Minas y Dirección General de Asuntos Ambientales, Manejo de Relaves Mineros-Guía Ambiental de Minería, Volumen VII, Lima, Perú, 1997.
- ❖ Universidad Nacional de Ingeniería-Facultad de Ingeniería Civil, Uso de Geosintéticos en la Ingeniería Civil, Curso de Titulación 2006-2007, Lima, Perú, 2006-2007.

ANEXOS

A.- GEOTÉCNIA

A1. ENSAYOS DPL

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

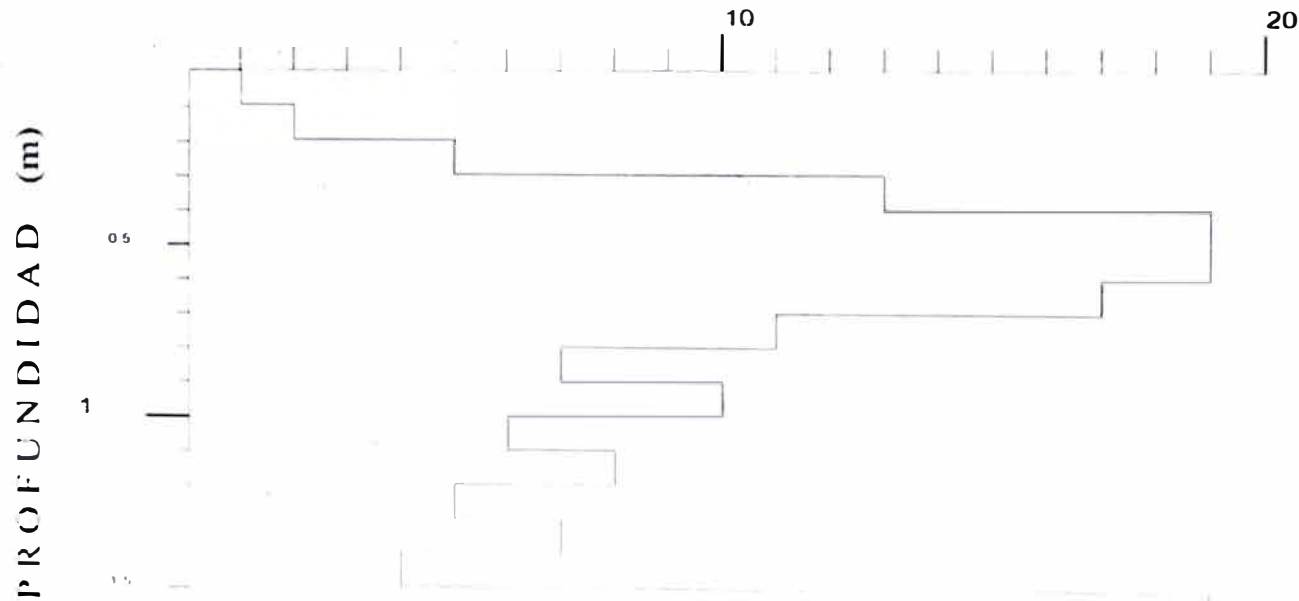
REGISTRO DE SONDAJES

Solicitado : GRUPO N° 2
 Proyecto : CANCHA DE RELAVE
 Ubicación : UNI
 Fecha : MARZO 2007
 Operador : YEYSON

Revisado : ING. JOSE ALBERTO MARTINEZ DEL ROSARIO
 Cota Superficial :
 Profundidad N.F. (m) :
 Profundidad Total (m) : 1.70

D.P.L N° 1

N° DE GOLPES



m	0	1
cm		
10	1	6
20	2	8
30	5	5
40	13	7
50	19	4
60	19	19
70	17	7
80	11	
90	7	
100	10	

A

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

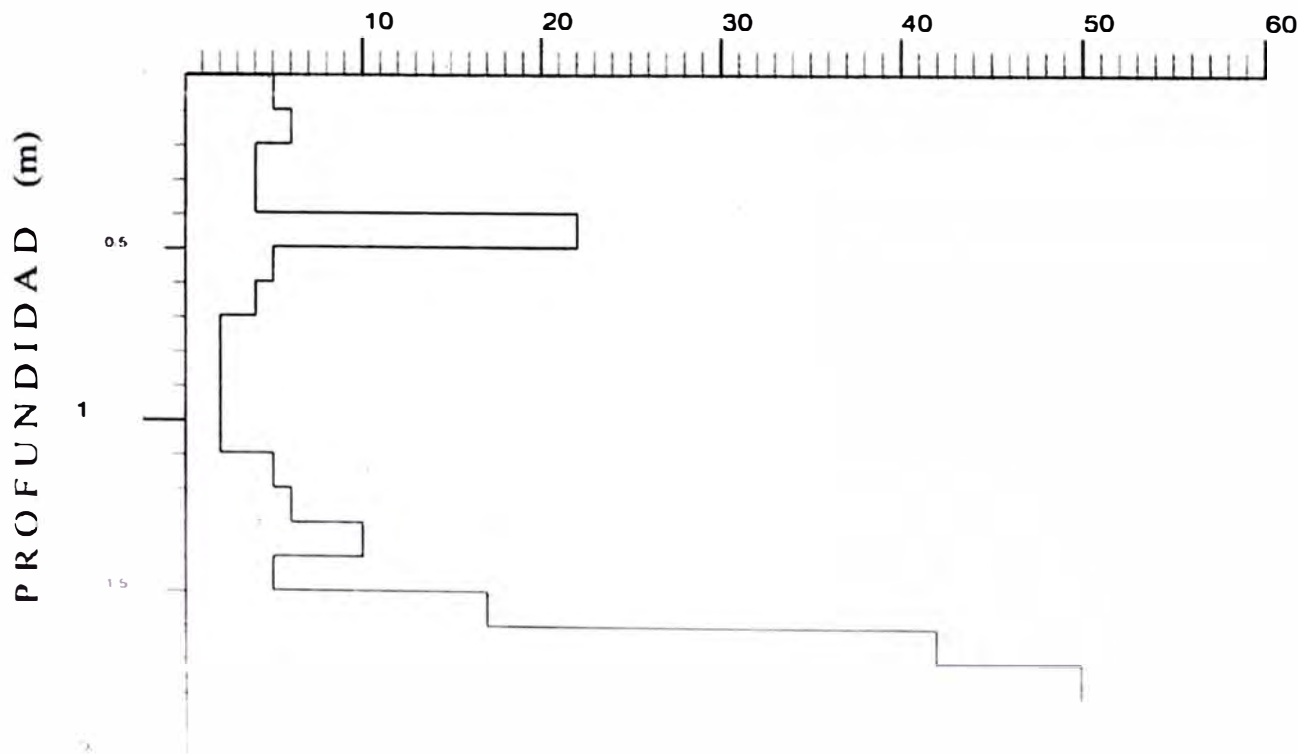
REGISTRO DE SONDAJES

Solicitado : GRUPO N°2
 Proyecto : DEPOSITO DE RELAVES
 Ubicación : Facultad de Ingeniería Civil - UNI
 Fecha : Marzo 2007
 Operador : Yeyson Fernandez Arenas

Revisado : Ing. Jose Alberto Martinez Del Rosario
 Cota Superficial :
 Profundidad N.F.(m) :
 Profundidad Total (m) : 1.80

D.P.L N° 2

N° DE GOLPES



m cm	0	1
10	5	2
20	6	5
30	4	6
40	4	10
50	22	5
60	5	17
70	4	42
80	2	50
90	2	
100	2	

Handwritten signature

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

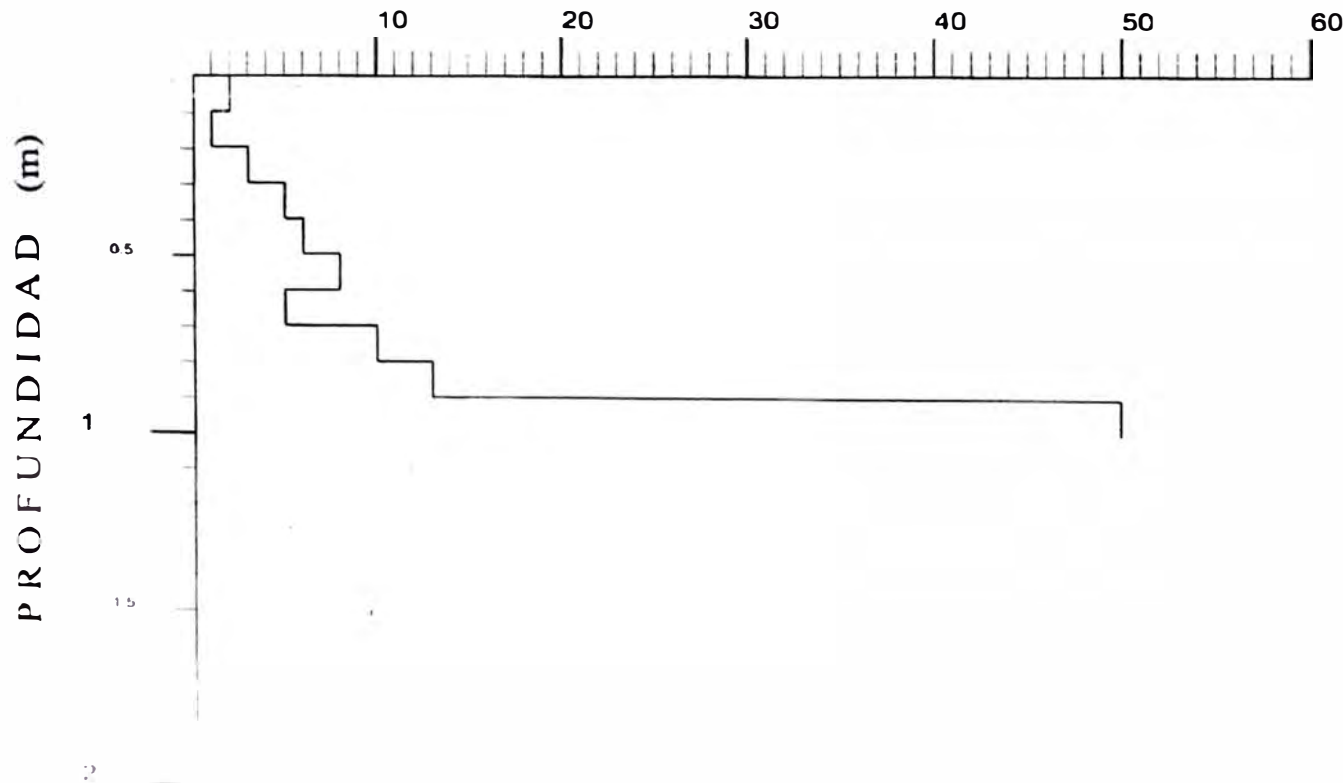
REGISTRO DE SONDAJES

Solicitado : GRUPO N°2
 Proyecto : DEPOSITO DE RELAVES
 Ubicación : Facultad de Ingeniería Civil - UNI
 Fecha : Marzo 2007
 Operador : Yeyson Fernandez Arenas

Revisado : Ing. Jose Alberto Martinez Del Rosario
 Cota Superficial :
 Profundidad N.F. (m) :
 Profundidad Total (m) : 1.00

D.P.L N° 3

N° DE GOLPES



m cm	0	
10	2	
20	1	
30	3	
40	5	
50	6	
60	8	
70	5	
80	10	
90	13	
100	50	

A

A2. REGISTRO DE EXCAVACIÓN



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA

AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA

REGISTRO DE EXCAVACION



Solicitante	GRUPO N°2
Proyecto	DEPOSITO DE RELAVE
Ubicación	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Progresiva		Lado		Localización	
Calicata	C - 1	Prof. (m)	2.00	Cota	
N. F. (m)	N.P	Operador	K.C.C.L	Fecha	ABRIL 2007

prof. (m)	Esp.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS
0.35	0.35	M-1		Arena fina algo limosa, seca, color plomizo. Compacidad media a alta. (Relave)	SM
0.50	0.15	M-2		Arena fina algo limosa, densidad media, humedad media, color amarillento	ML
0.70	0.20	M-3		Arena fina algo limosa, color marrón oscuro. Densidad media, humedad media	ML
0.80	0.10	M-4		Arena fina algo limosa, color amarillento. Densidad media, humedad media.	ML
0.95	0.15	M-5		Arena fina algo limosa, color negro, con una franja de arcilla color marrón. Densidad media, humedad media.	ML
1.05	0.10	M-6		Relave color plomizo claro, conformado por arena fina. Humedad media, compacidad media.	SM
1.20	0.15	M-7		Arena fina, color amarillento. Densidad media, humedad media.	ML
1.35	0.15	M-8		Arena fina, color marrón, húmeda. Densidad media.	
1.50	0.20	M-9		Arilla color marrón, humedad media, densidad media.	ML
1.55					
1.75	0.20	M-10		Arena fina, color marrón con manchas amarillentas. Densidad y humedad media.	SM
2.00	0.25	M-11		Arena fina algo arcillosa, color marrón. Densidad media, humedad media.	ML
				Croquis	

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA

AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA

REGISTRO DE EXCAVACION

Solicitante	GRUPO N°2
Proyecto	DEPOSITO DE RELAVE
Ubicación	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Progresiva		Lado		Localización	
Calicata	C - 2	Prof. (m)	1 00	Cota	
N. F. (m)	N.P.	Operador	K C C L	Fecha	ABRIL 2007

prof. (m)	Esp.	M	N.F.	Descripción visual del estrato	Clasif. SUCS
0.60	0.60	M-1		PRESENTA UNA ARCILLA ARENOSA COLOR MARRON CLARO SECA MEDIANAMENTE SUELTA	CL
1.00	0.40	M-2		ARENA LIMOSA (44.43% DE FINOS) Y CON 5% DE GRAVAS COLOR MARRON OSCURO OLOR METALICO HUMEDAD ALTA COMPACIDAD ALTA	SM
2.00					
3.00					
4.00					
5.00					
				Croquis	

A3. ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO (ANILLO)



LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO : GRUPO N°2
 UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 HECHO POR : Y.F.A./M.A.L. FECHA: Marzo 2007

**DENSIDAD DE CAMPO
 ANILLO**

MUESTRAS

CALICATA	C - 1	C - 1	C - 1	C - 1	C - 1	C - 2	C - 2	C - 3	C - 3
MUESTRA N°	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 5	M - 1	M - 2	M - 1	M - 2
PROFUNDIDAD (m)	0.00-0.33	0.33-0.65	0.65-1.20	1.20-1.65	1.65-1.80	0.00-0.60	0.60-1.00	0.00-0.80	0.80-1.20
FRASCO No	14	350	378	354	350	150	383	161	8
1 Peso recipiente + suelo húmedo grs	85.90	60.20	106.40	95.60	80.40	104.60	99.70	96.30	87.60
2 Peso recipiente + suelo seco grs	85.40	54.40	99.20	79.20	70.80	88.90	88.40	93.50	81.50
3 Peso de agua (1)-(2) grs	0.50	5.80	7.20	16.40	9.60	15.70	11.30	2.80	6.10
4 Peso de recipiente grs	15.72	12.93	12.93	12.93	12.93	10.87	12.93	10.94	13.22
5 Peso de suelo seco (2)-(4) grs	69.68	41.47	86.27	66.27	57.87	78.03	75.47	82.56	68.28
6 Contenido de humedad (3)/(5)*100 %	0.72	13.99	8.35	24.75	16.59	20.12	14.97	3.39	8.93
7 Volumen del anillo cc	56.55	56.55	56.55	56.55	56.55	56.55	56.55	56.55	56.55
8 Densidad seca (5)/(7)	1.23	0.73	1.53	1.17	1.02	1.38	1.33	1.46	1.21
9 Peso suelo húmedo (1)-(4)	70.18	47.27	93.47	82.67	67.47	93.73	86.77	85.36	74.38
10 Densidad húmeda 9)/(7)	1.24	0.84	1.65	1.46	1.19	1.66	1.53	1.51	1.32





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLOS



LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO : GRUPO N°2
 UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 HECHO POR : Y.F.A./M.A.L. FECHA: Marzo 2007

**DENSIDAD DE CAMPO
 ANILLO**

MUESTRAS

CALICATA		C - 3							
MUESTRA N°		M - 3							
PROFUNDIDAD (m)		1.20-2.00							
FRASCO No		311							
1 Peso recipiente + suelo humedo	grs	82.40							
2 Peso recipiente + suelo seco	grs	78.00							
3 Peso de agua	(1) - (2) grs	4.40							
4 Peso de recipiente	grs	12.93							
5 Peso de suelo seco	(2) - (4) grs	65.07							
6 Contenido de humedad	(3)/(5) * 100 %	6.76							
7 Volumen del anillo	cc	56.55							
8 Densidad seca	(5)/(7)	1.15							
9 Peso suelo humedo	(1) - (4)	69.47							
10 Densidad humeda	(9)/(7)	1.23							

A4. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA

AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

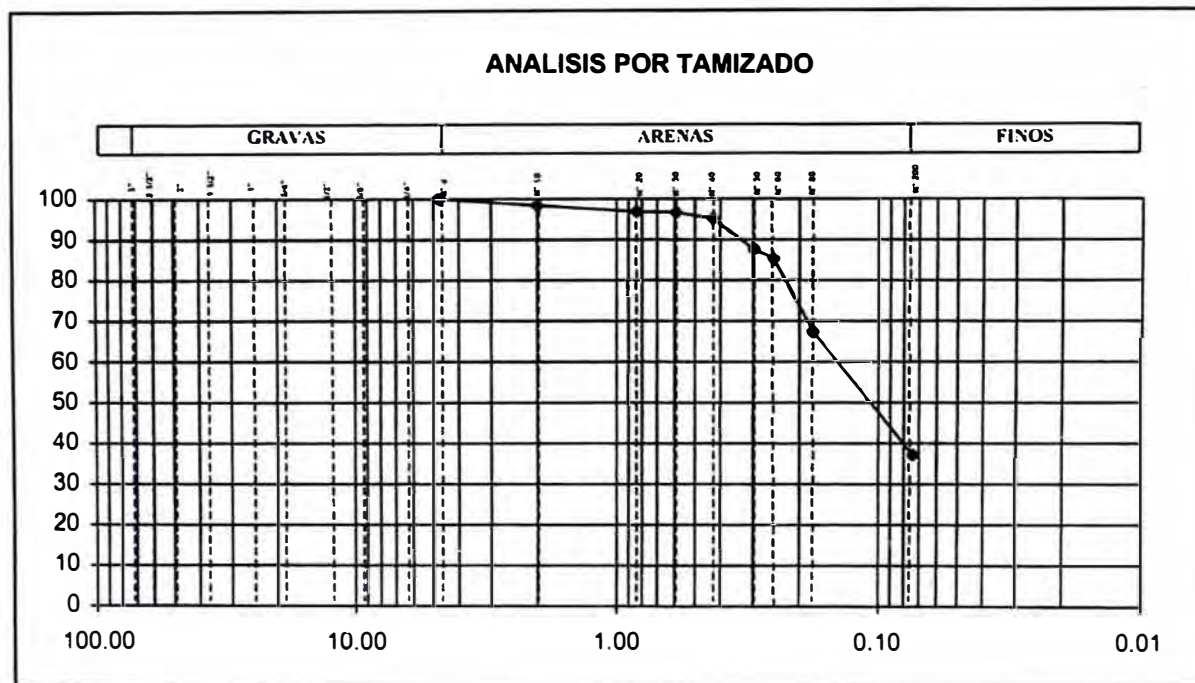
ASTM D 422

PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 1 MUESTRA M - 1 PROF (m) 0.00-0.35
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F.A.N./M.A.L./Y.F. FECHA ABRIL 2007

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	8.080
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	227.900
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	143.300
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	84.600

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA					
D60	0.152	Gravas	0.00	Gruesa	0.00
D30	-			Fina	0.00
D10	-	Arenas	62.88	Gruesa	1.62
Cu	-			Media	3.29
Cc	-	Finos	37.12	Fina	57.96

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		100.00
N° 10	2.000	3.70	98.38
N° 20	0.840	3.40	96.88
N° 30	0.590	0.50	96.67
N° 40	0.426	3.60	95.09
N° 50	0.297	17.10	87.58
N° 60	0.250	5.30	85.26
N° 80	0.177	40.80	67.35
N° 200	0.074	68.90	37.12
FONDO			
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
Tel: (01) 481-1070 anexo 302 Cel: 99912987_95242588
e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe



AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

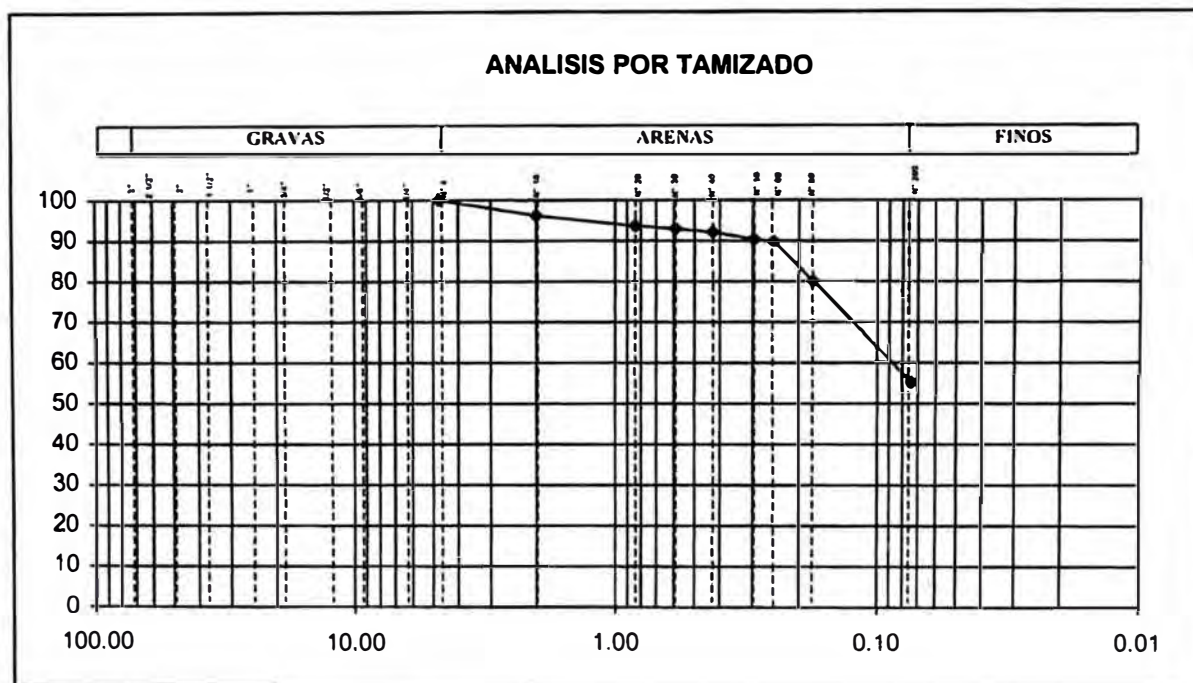
ASTM D 422

PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 1 MUESTRA M - 2 PROF. (m.) 0.35-0.50
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F.A.N/M.A.L./Y.F. FECHA ABRIL 2007

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA			
D60	0.094	Gravas	0.00
D30	-	Arenas	44.89
D10	-		
Cu	-	Finos	55.11
Cc	-		
		Gruesa	0.00
		Fina	0.00
		Gruesa	3.81
		Media	4.03
		Fina	37.05

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	12.330
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	228.100
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	102.400
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	125.700

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		100.00
N° 10	2.000	8.70	96.19
N° 20	0.840	5.80	93.64
N° 30	0.590	1.50	92.99
N° 40	0.426	1.90	92.15
N° 50	0.297	4.10	90.36
N° 60	0.250	1.10	89.87
N° 80	0.177	22.20	80.14
N° 200	0.074	57.10	55.11
FONDO		
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
Tel. (01) 481-1070 anexo 302 Cel: 99912987_95242588
e-mail: inhgeo@yahoo.com
inh_uni@uni.edu.pe



AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 1 MUESTRA M - 3 PROF (m) 0.50-0.70
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F.A.N./M.A.L./Y.F. FECHA ABRIL 2007

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA

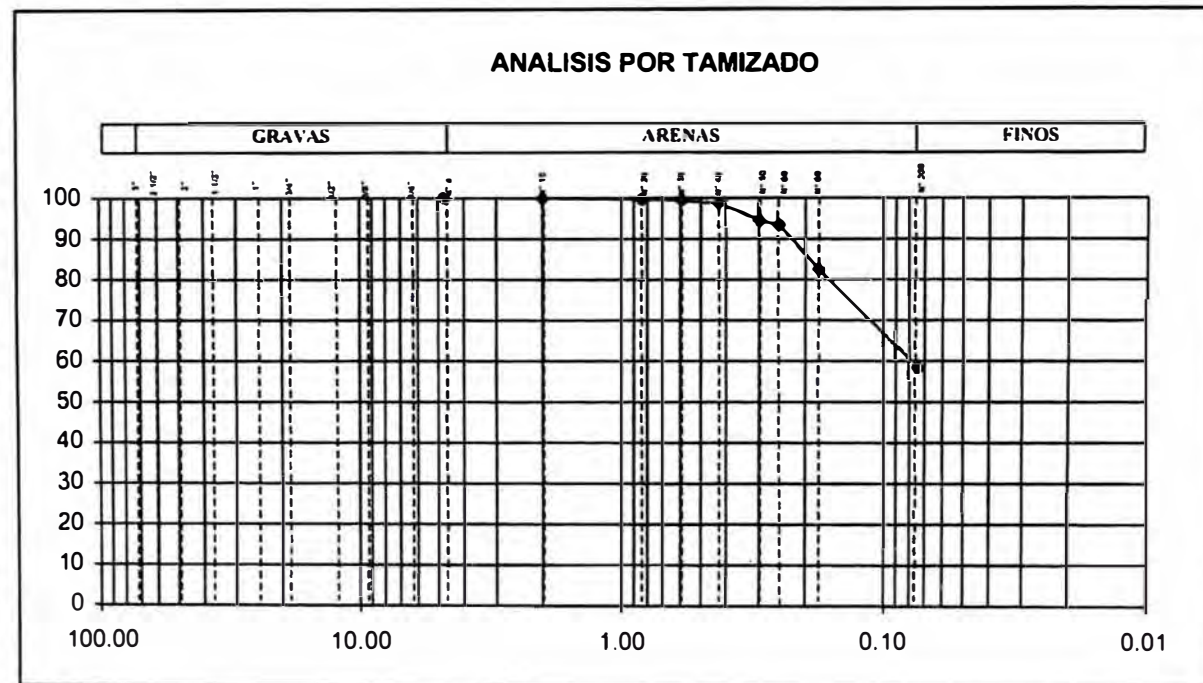
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	13.650
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	243.400
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	101.500
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	141.900

D60	0.081
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

Gravas	0.00
Arenas	41.70
Finos	58.30

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.12
Media	1.27
Fina	40.30

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.750		100.00
N° 10	2.000	0.30	99.88
N° 20	0.840	0.80	99.55
N° 30	0.590	0.30	99.42
N° 40	0.426	2.00	98.60
N° 50	0.297	10.20	94.41
N° 60	0.250	2.50	93.39
N° 80	0.177	26.50	82.50
N° 200	0.074	58.90	58.30
FONDO			
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingenieria
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel: 99912987 95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe



AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 1 MUESTRA M - 4 PROF (m) 0.70-0.80
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F. A. N. / M. A. L. / Y. F. FECHA ABRIL 2007

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA

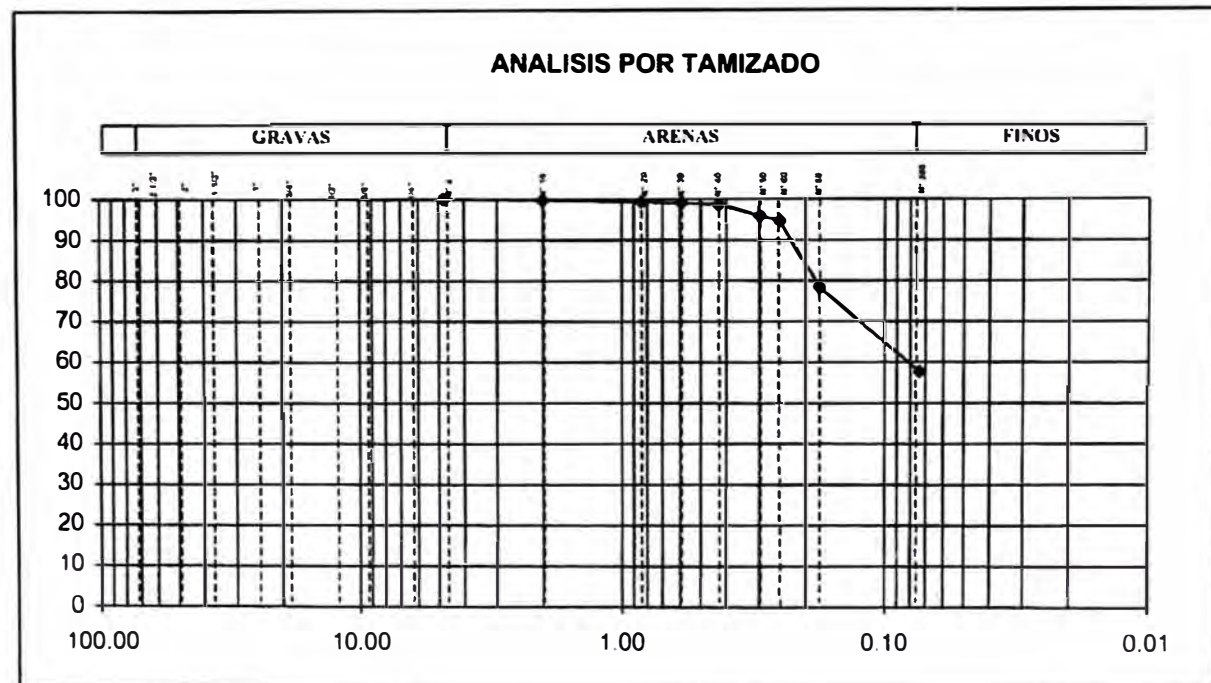
HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	11.250
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	232.500
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	98.200
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	134.300

D60	0.085
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

Gravas	0.00
Arenas	42.24
Finos	57.76

Gruesa	0.00
Fina	0.00
Gruesa	0.34
Media	0.99
Fina	40.90

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		100.00
N° 10	2.000	0.80	99.66
N° 20	0.840	1.00	99.23
N° 30	0.590	0.40	99.05
N° 40	0.426	0.90	98.67
N° 50	0.297	6.60	95.83
N° 60	0.250	2.70	94.67
N° 80	0.177	38.10	78.28
N° 200	0.074	47.70	57.76
FONDO			
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel. 99912987 95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe



AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

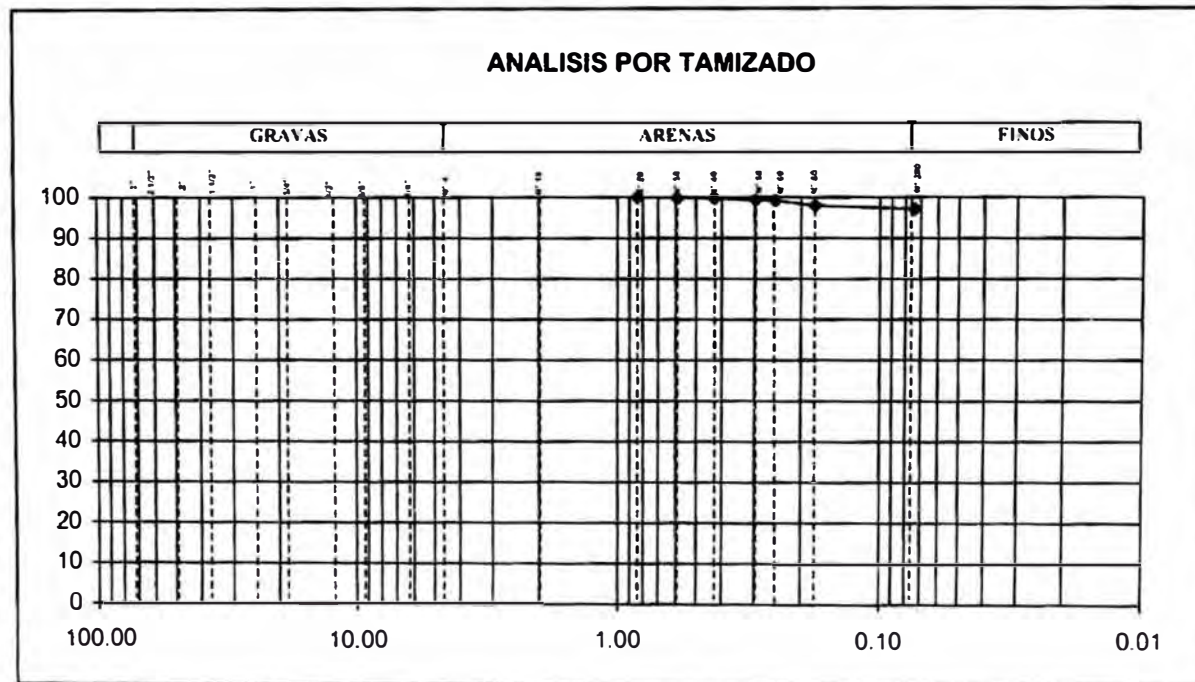
ASTM D 422

PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N° 2
 UBICACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 1 MUESTRA M - 5 PROF (m) 0.80-0.95
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F. A. N./M. A. L. / Y. F. FECHA ABRIL 2007

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	17.340
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	421.300
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	12.200
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	409.100

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA			
D60	-	Gravas	0.00
D30	-		
D10	-	Arenas	2.90
Cu	-		
Cc	-		
		Finos	97.10
		Gruesa	0.00
		Fina	0.00
		Gruesa	0.00
		Media	0.33
		Fina	2.56

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		
N° 10	2.000		
N° 20	0.840		100.00
N° 30	0.590	1.10	99.74
N° 40	0.426	0.30	99.67
N° 50	0.297	1.70	99.26
N° 60	0.250	0.30	99.19
N° 80	0.177	5.30	97.93
N° 200	0.074	3.50	97.10
FONDO			
Limos < 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf (01) 481-1070 anexo 302 Cel 99912987 95242588
 e-mail inhoeo@yahoo.com
 inh_uni@uni.edu.pe



AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

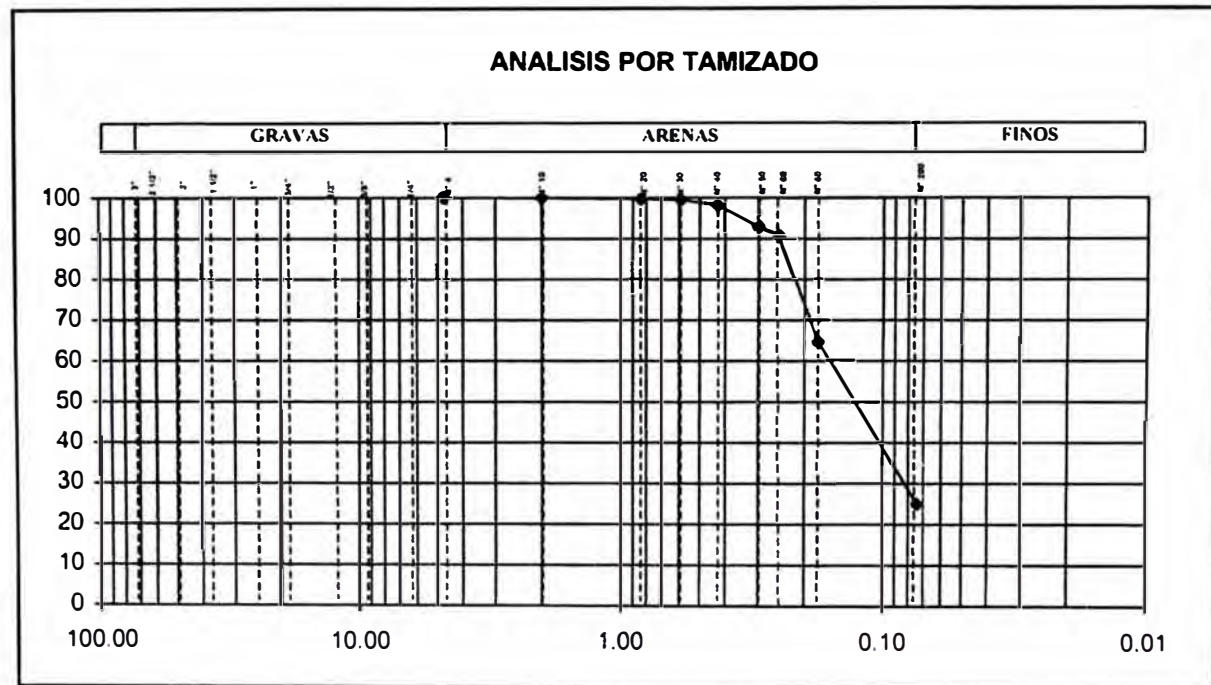
PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 1 MUESTRA M - 6 PROF. (m) 0.95-1.05
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F.A.N./M.A.L./Y.F. FECHA ABRIL 2007

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	4.960
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	247.300
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	185.500
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	61.800

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA

D60	0.165	Gravas	0.00	Gruesa	0.00
D30	0.087			Fina	0.00
D10	-	Arenas	75.01	Gruesa	0.12
Cu	-			Media	1.70
Cc	-	Finos	24.99	Fina	73.19

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		100.00
N° 10	2.000	0.30	99.88
N° 20	0.840	0.50	99.68
N° 30	0.590	0.40	99.51
N° 40	0.425	3.30	98.18
N° 50	0.297	13.50	92.72
N° 60	0.250	5.10	90.66
N° 80	0.177	64.30	64.66
N° 200	0.074	98.10	24.99
FONDO			
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			





AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

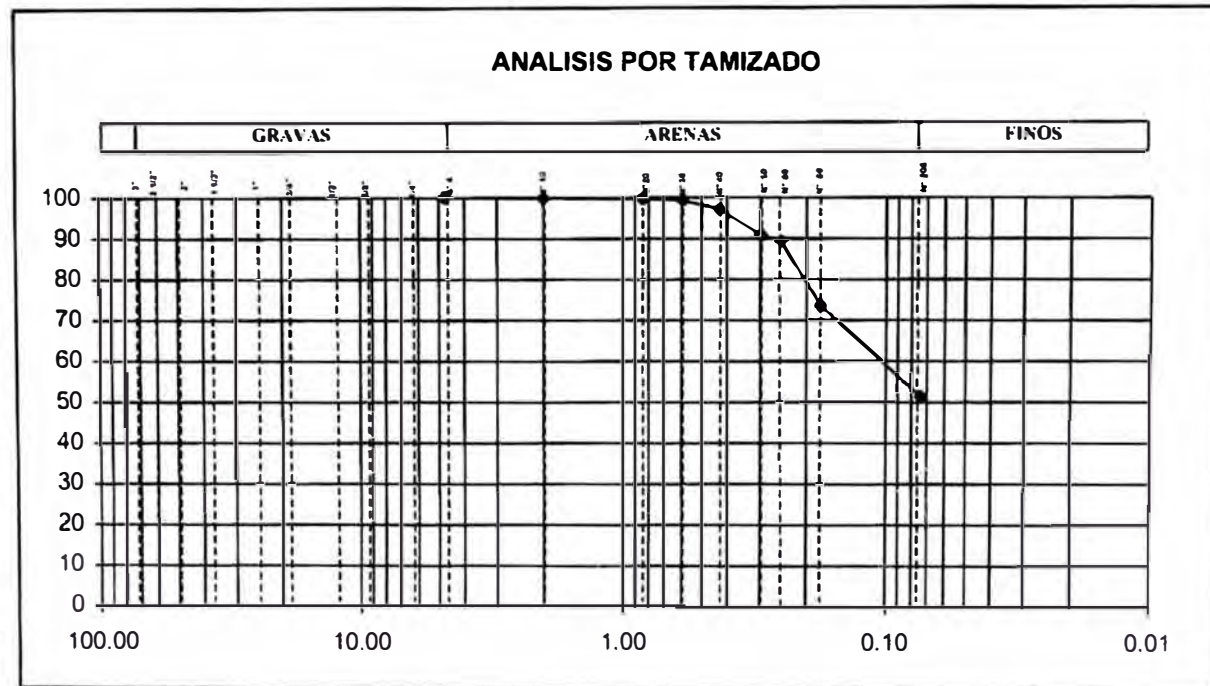
PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 1 MUESTRA M - 7 PROF (m) 1.05-1.20
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F A N / M A L / Y. F. FECHA ABRIL 2007

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	11.990
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	224.400
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	109.300
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	115.100

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA

D60	0.114	Gravas	0.00	Gruesa	0.00
D30	-	Arenas	48.71	Fina	0.00
D10	-			Gruesa	0.09
Cu	-	Finos	51.29	Media	2.85
Cc	-			Fina	45.77

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		100.00
N° 10	2.000	0.20	99.91
N° 20	0.840	0.60	99.64
N° 30	0.590	0.80	99.29
N° 40	0.426	5.00	97.06
N° 50	0.297	14.20	90.73
N° 60	0.250	3.00	89.39
N° 80	0.177	35.60	73.53
N° 200	0.074	49.90	51.29
FONDO			
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel. 99912987, 95242588
 e-mail: inhgeo@yahoo.com
 inh_uni@uni.edu.pe



AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

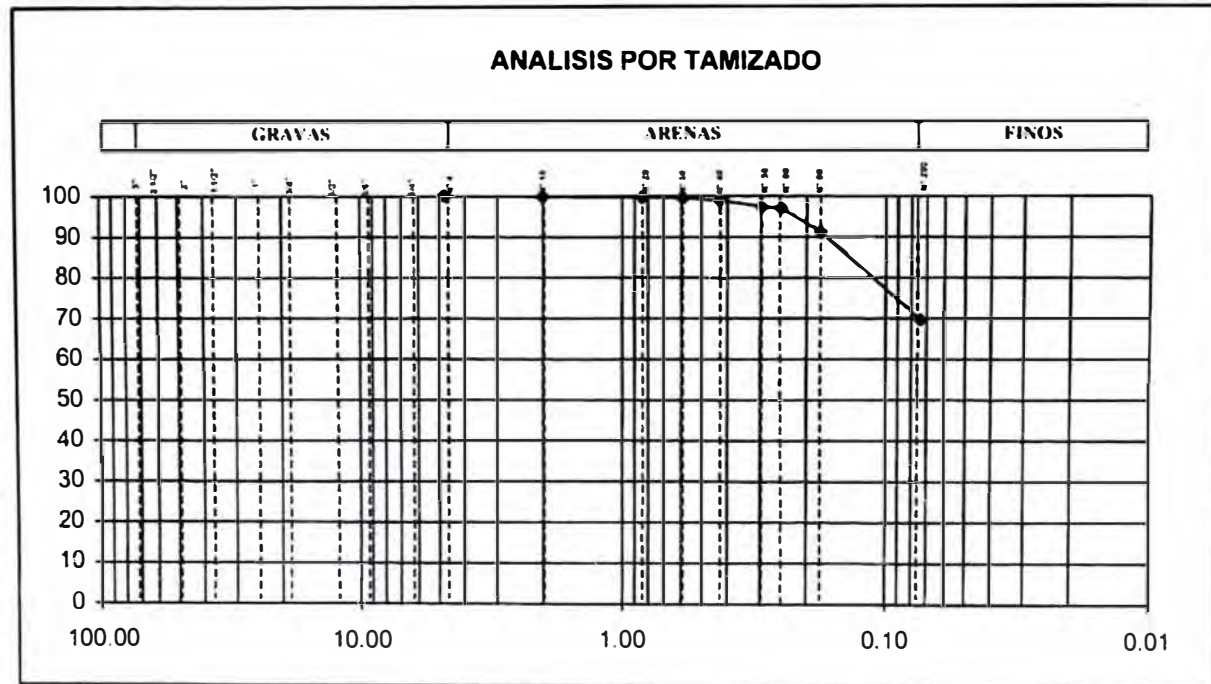
ASTM D 422

PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 1 MUESTRA M - 8 PROF (m) 1.20-1.35
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F. A. N./M. A. L./Y. F. FECHA ABRIL 2007

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	14.800
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	339.900
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	103.000
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	236.900

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA					
D60	-	Gravas	0.00	Gruesa	0.00
D30	-			Fina	0.00
D10	-	Arenas	30.30	Gruesa	0.15
Cu	-			Media	0.97
Cc	-	Finos	69.70	Fina	29.19

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		100.00
N° 10	2.000	0.50	99.85
N° 20	0.840	0.60	99.68
N° 30	0.590	0.50	99.53
N° 40	0.426	2.20	98.88
N° 50	0.297	4.90	97.44
N° 60	0.250	1.20	97.09
N° 80	0.177	19.70	91.29
N° 200	0.074	73.40	69.70
FONDO			
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingenieria
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel. 99912987_95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe



AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

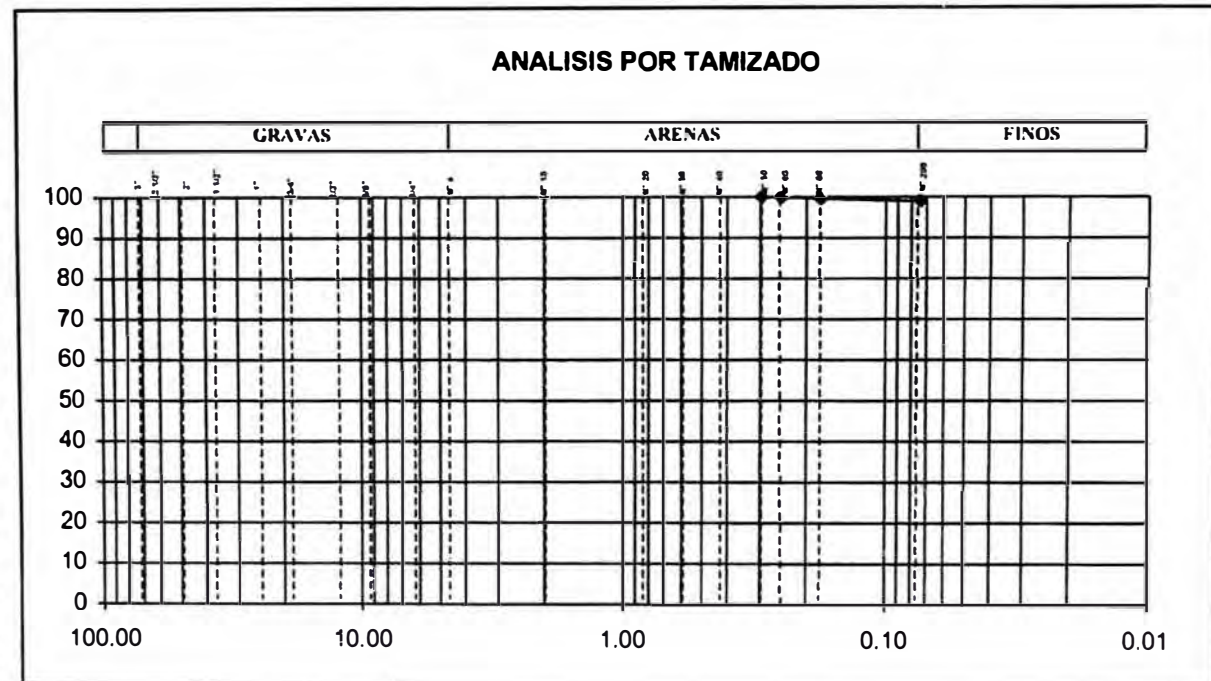
ASTM D 422

PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 1 MUESTRA: M - 9 PROF. (m.) 1.35-1.55
 ING. RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F. A. N./M. A. L./Y. F. FECHA ABRIL 2007

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA			
D60	-	Gravas	0.00
D30	-		
D10	-	Arenas	1.06
Cu	-		
Cc	-		
		Finos	98.94
		Gruesa	0.00
		Fina	0.00
		Gruesa	0.00
		Media	0.00
		Fina	1.06

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	32.210
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	369.600
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	3.900
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	365.700

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		
N° 10	2.000		
N° 20	0.840		
N° 30	0.590		
N° 40	0.426		
N° 50	0.297		100.00
N° 60	0.250	0.50	99.86
N° 80	0.177	1.00	99.59
N° 200	0.074	2.40	98.94
FONDO			
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel.99912987 95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe



AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

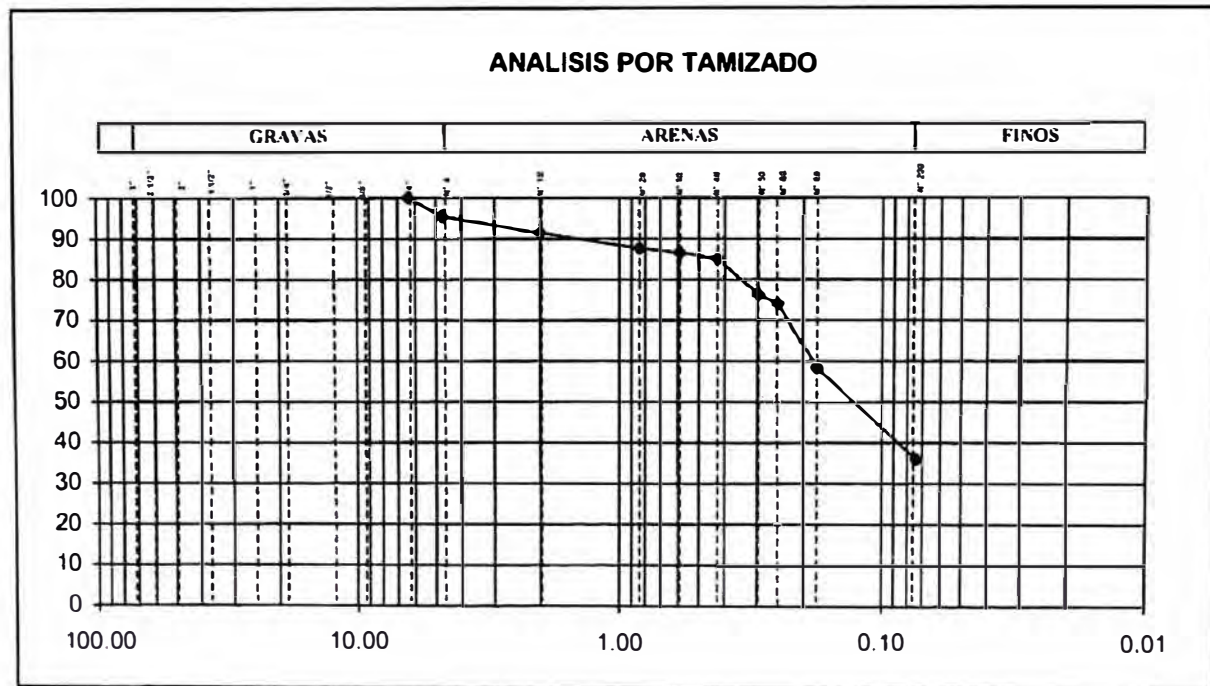
PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 1 MUESTRA M - 10 PROF (m) 1.55-1.75
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F A N / M A L / Y F FECHA ABRIL 2007

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	11.130
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	205.500
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	131.800
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	73.700

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA

D60	0.184	Gravas	4.43	Gruesa	0.00
D30	-			Fina	4.43
D10	-	Arenas	59.71	Gruesa	4.09
Cu	-			Media	6.33
Cc	-	Finos	35.86	Fina	49.29

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		100.00
N° 4	4.760	9.10	95.57
N° 10	2.000	8.40	91.48
N° 20	0.840	7.90	87.64
N° 30	0.590	2.30	86.52
N° 40	0.426	2.80	85.16
N° 50	0.297	18.20	76.30
N° 60	0.250	4.50	74.11
N° 80	0.177	32.20	58.44
N° 200	0.074	46.40	35.86
FONDO			
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf (01) 481-1070 anexo 302 Cel 99912987 95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe



AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 1 MUESTRA M - 11 PROF. (m) 1.75-2.00
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F. A. N. / M. A. L. / Y. F. FECHA ABRIL 2007

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)
 PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)
 PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)
 PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)

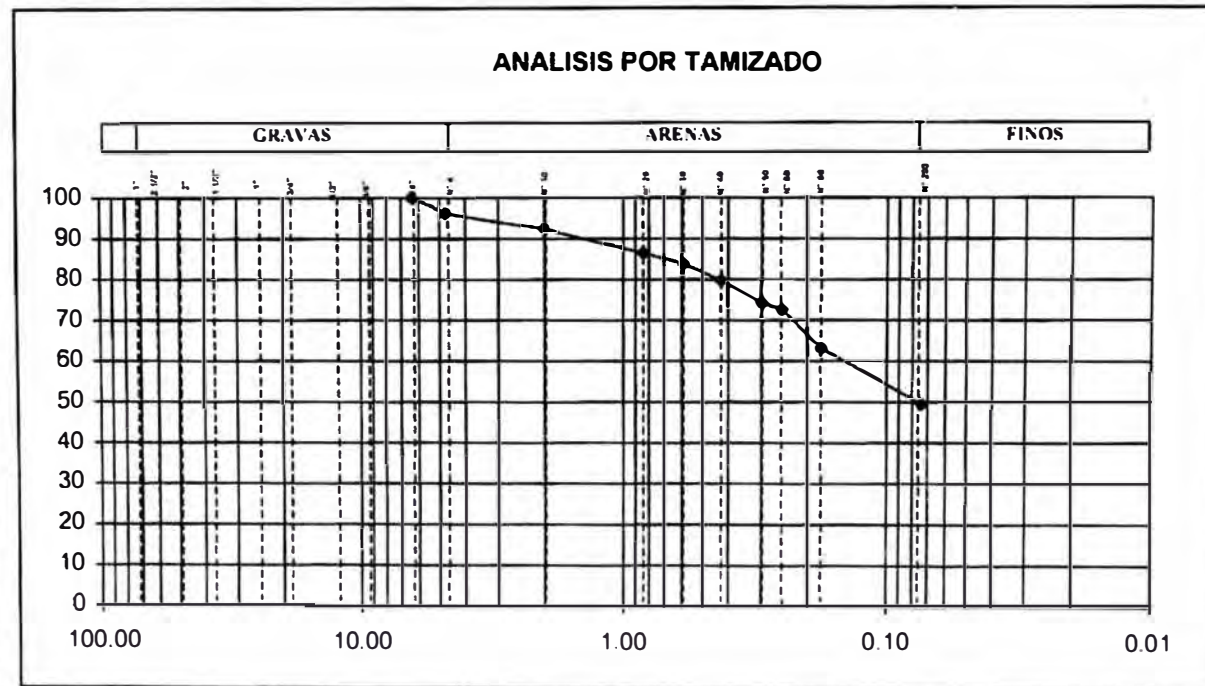
20.410
254.800
128.900
125.900

D60	0.153
D30	-
D10	-
Cu	-
Cc	-

Gravas	3.89
Arenas	46.70
Finos	49.41

Gruesa	0.00
Fina	3.89
Gruesa	3.85
Media	12.48
Fina	30.38

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		100.00
N° 4	4.760	9.90	96.11
N° 10	2.000	9.80	92.27
N° 20	0.840	14.80	86.46
N° 30	0.590	6.90	83.75
N° 40	0.426	10.10	79.79
N° 50	0.297	14.50	74.10
N° 60	0.250	4.20	72.45
N° 80	0.177	23.60	63.19
N° 200	0.074	35.10	49.41
FONDO			
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Colo-des < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel. 99912987_95242588
 e-mail: inhgeo@yahoo.com
 inh_uni@uni.edu.pe



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

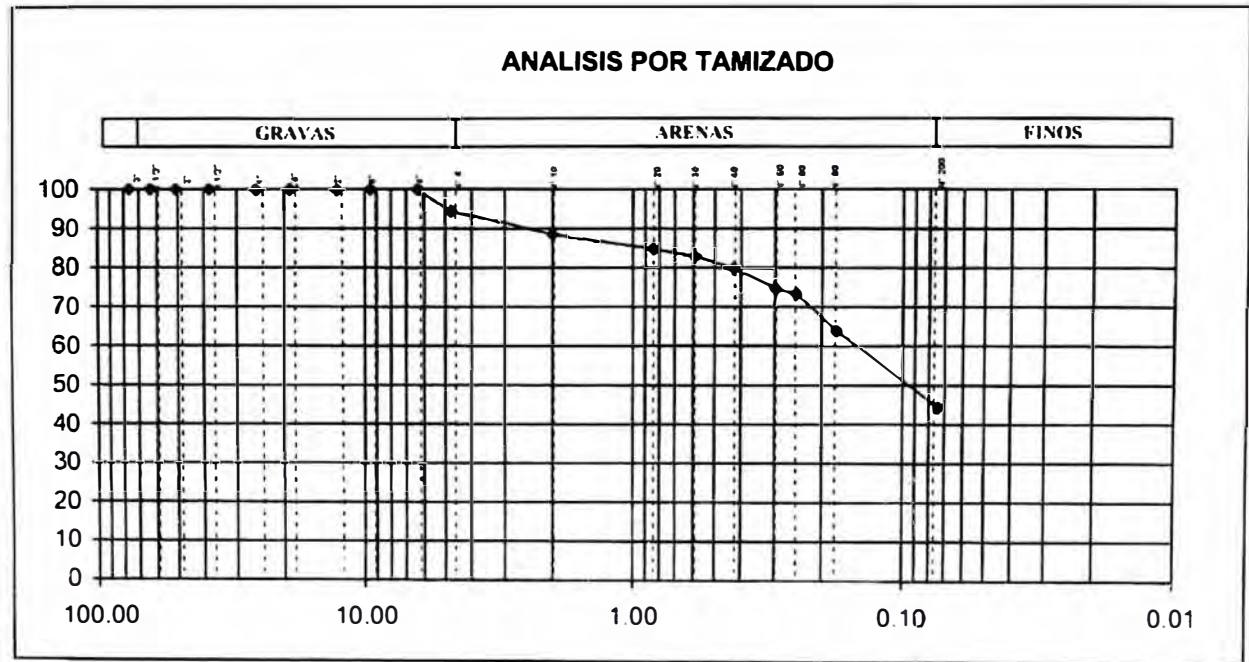
ASTM D 422

PROYECTO: DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO: GRUPO N°2
 UBICACION: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA: C - 2 MUESTRA: M - 2 PROF (m): 0.60-1.00
 ING RESP: ING. J MARTINEZ TECNICO: Y.F.A/K.C.L/M.A.L FECHA: Marzo 2007

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA		
D60	0.155	Gravas
D30	-	Gruesa
D10	0.017	Fina
Cu	9.321	Arenas
Cc	-	Gruesa
		Media
		Fina
		Finos

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	13.804
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	120.000
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	66.690
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	53.310

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		100.00
2 1/2"	63.500		100.00
2"	50.800		100.00
1 1/2"	38.100		100.00
1"	25.400		100.00
3/4"	19.050		100.00
1/2"	12.700		100.00
3/8"	9.525		100.00
1/4"	6.350		100.00
N° 4	4.760	6.37	94.69
N° 10	2.000	7.38	88.54
N° 20	0.840	4.40	84.88
N° 30	0.590	2.28	82.98
N° 40	0.426	3.70	79.89
N° 50	0.297	6.12	74.79
N° 60	0.250	1.55	73.50
N° 80	0.177	11.20	64.17
N° 200	0.074	23.69	44.43
FONDO		0.00	
Limos < 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm.			
Coloides < 0.001mm			





LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

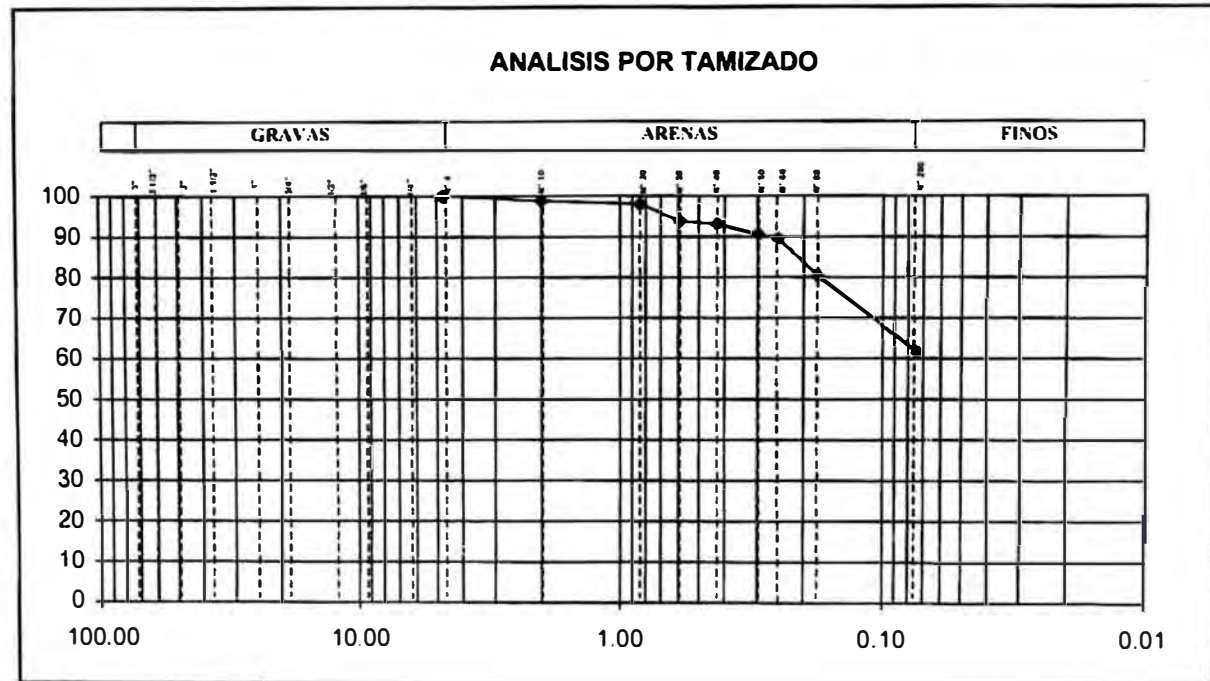
PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACION UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 3 MUESTRA M - 1 PROF (m) 0.00-0.80
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO F. A. N. / M. A. L. / Y. F. FECHA: ABRIL 2007

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	10.460
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	219.700
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	84.100
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	135.600

D60	-	Gravas	0.00	Gruesa	0.00
D30	-			Fina	0.00
D10	-	Arenas	38.28	Gruesa	1.18
Cu	-			Media	5.55
Cc	-	Finos	61.72	Fina	31.54

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		100.00
N° 10	2.000	2.60	98.82
N° 20	0.840	1.80	98.00
N° 30	0.590	8.80	93.99
N° 40	0.426	1.60	93.26
N° 50	0.297	5.80	90.62
N° 60	0.250	2.30	89.58
N° 80	0.177	20.20	80.38
N° 200	0.074	41.00	61.72
FONDO			
Limos 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel: 99912987 95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

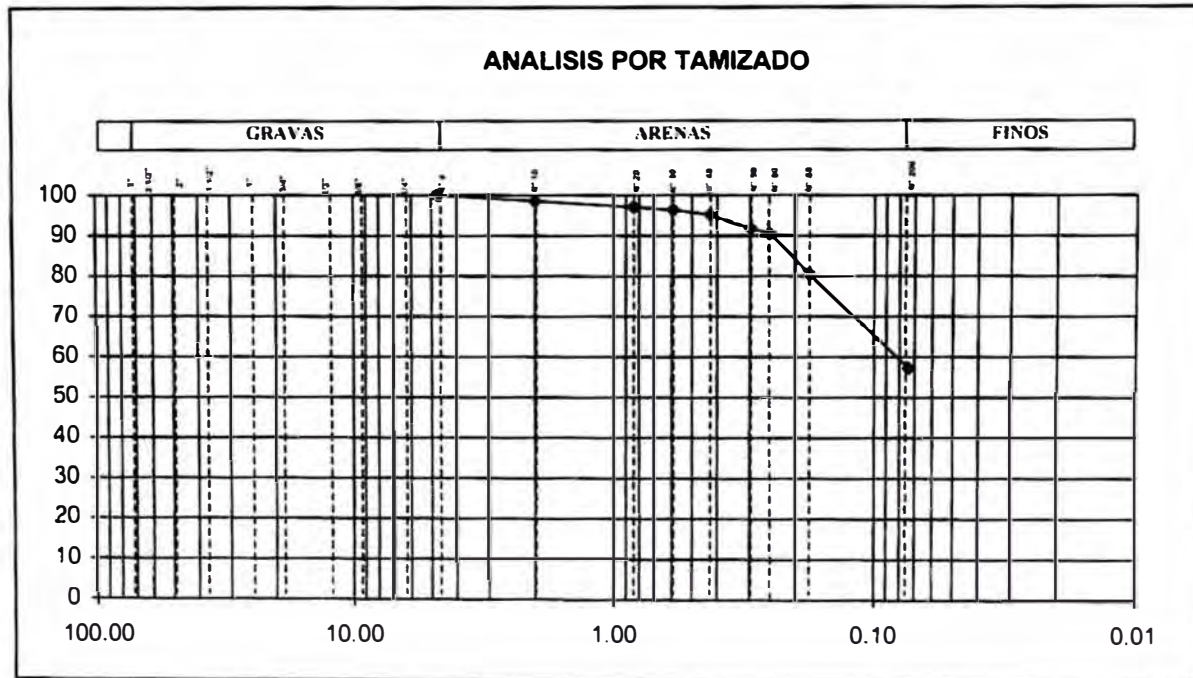
ASTM D 422

PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 3 MUESTRA M - 3 PROF (m) 1.10-1.80
 ING RESP ING J MARTINEZ TECNICO F. A. N/M. A. L./Y. F. FECHA ABRIL 2007

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	7.450
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	203.800
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	87.200
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	116.600

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA					
D60	0.086	Gravas	0.00	Gruesa	0.00
D30	-			Fina	0.00
D10	-	Arenas	42.79	Gruesa	1.42
Cu	-			Media	3.43
Cc	-	Finos	57.21	Fina	37.93

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		
N° 4	4.760		100.00
N° 10	2.000	2.90	98.58
N° 20	0.840	3.20	97.01
N° 30	0.590	1.40	96.32
N° 40	0.426	2.40	95.14
N° 50	0.297	6.90	91.76
N° 60	0.250	2.60	90.48
N° 80	0.177	20.50	80.42
N° 200	0.074	47.30	57.21
FONDO			
Limas 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel: 99912987 95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA
AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422

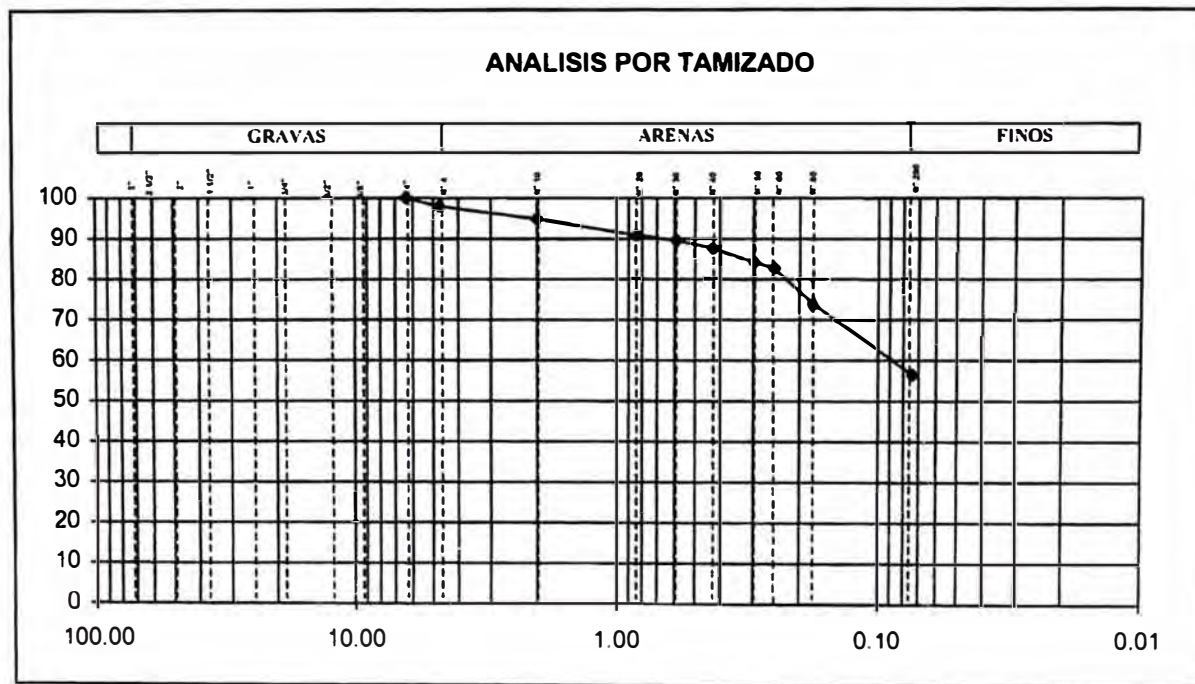
PROYECTO DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO GRUPO N°2
 UBICACIÓN UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 CALICATA C - 3 MUESTRA M - 2 PROF. (m.) 0.80-1.10
 ING RESP ING. J. MARTINEZ TECNICO. F. A. N / M. A. L. / Y. F. FECHA ABRIL 2007

PARAMETROS DE GRANULOMETRIA

HUMEDAD NATURAL DE LA MUESTRA (%)	36.10
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr)	188.100
PESO DE LA MUESTRA LAVADA Y SECADA (gr)	81.800
PESOS DE FINOS LAVADOS (gr)	106.300

D60	0.095	Gravas	2.07	Gruesa	0.00
D30	-			Fina	2.07
D10	-	Arenas	41.41	Gruesa	3.08
Cu	-			Media	7.23
Cc	-	Finos	56.51	Fina	31.10

TAMICES ASTM	DESCRIPCION ABERTURA (m.m.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE ACUMULADO PASA (%)
3"	76.200		
2 1/2"	63.500		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.700		
3/8"	9.525		
1/4"	6.350		100.00
N° 4	4.760	3.90	97.93
N° 10	2.000	5.80	94.84
N° 20	0.840	7.50	90.86
N° 30	0.590	2.40	89.58
N° 40	0.426	3.70	87.61
N° 50	0.297	6.40	84.21
N° 60	0.250	2.90	82.67
N° 80	0.177	16.60	73.84
N° 200	0.074	32.60	56.51
FONDO			
Limos < 0.074mm-0.005mm			
Arcillas < 0.005mm			
Coloides < 0.001mm			



Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel. 99912987_95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe

A5. LÍMITE DE ATTERBERG



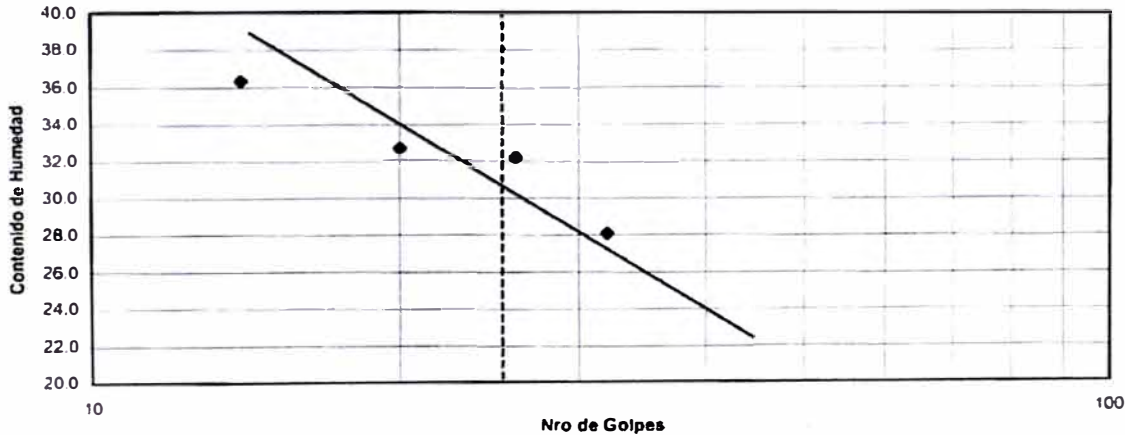
LIMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTE	GRUPO N°2	FECHA	ABRIL 2007
PROYECTO	DEPOSITO DE RELAVE	ENSAYO	-
LOCALIZACION	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE I	OPERADOR	L.F.A.N./A.CH.O./M.A.L./Y.
SONDAJE	C - 2	REVISADO	ING. J. MARTINEZ
MUESTRA	M - 1	PROF (m) :	

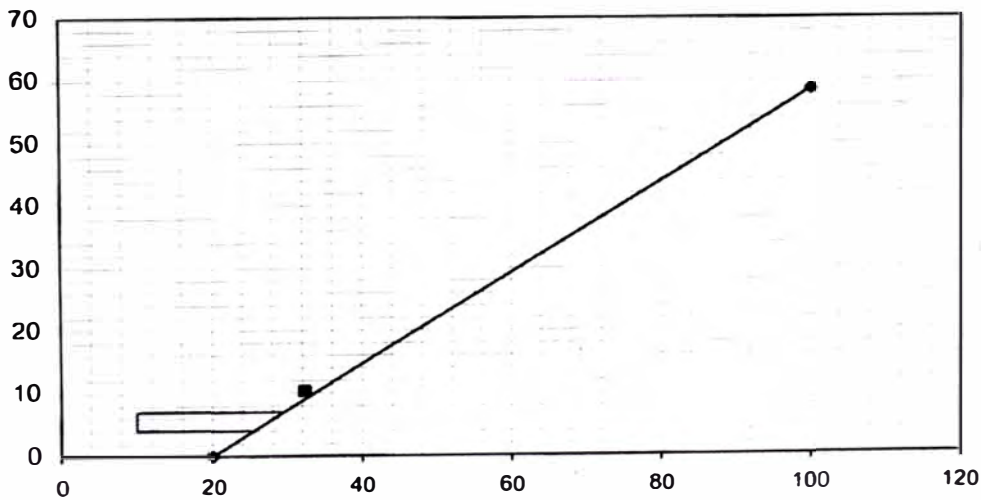
ENSAYO No	LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318)		LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318)			
	1	2	1	2	3	4
CAPSULA N.	348	26	354	351	9	30
NUMERO DE GOLPES			14	20	26	32
1 PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	14.30	15.50	19.50	16.30	17.70	17.60
2 PESO CAPSULA + SUELO SECO	13.70	14.90	17.60	14.90	16.40	16.80
3 PESO CAPSULA	10.91	12.23	12.37	10.62	12.36	13.95
4 PESO AGUA (1-2)	0.60	0.60	1.90	1.40	1.30	0.80
5 PESO SUELO SECO (2-3)	2.79	2.67	5.23	4.28	4.04	2.85
6 CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5*100)	21.51	22.47	36.33	32.71	32.18	28.07
	L.P. = 21.99		L.L. = 32.32			

I.P. = 10.33

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD



DESCRIPCION DEL MATERIAL FINO Av. Tupac Amaru Rivera N° 4
 Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
 Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel. 99912987 95242588
 e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe

H



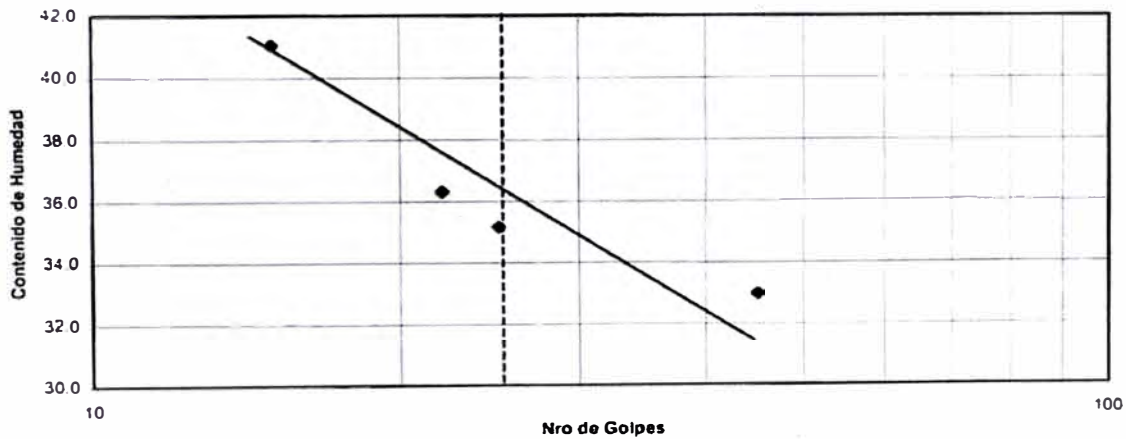
LIMITES DE ATTERBERG

SOLICITANTE	GRUPO N°2	FECHA	ABRIL 2007
PROYECTO	DEPOSITO DE RELAVE	ENSAYO	-
LOCALIZACION	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE I	OPERADOR	L.F.A.N./A.CH.O./M.A.L./Y
SONDAJE		REVISADO	ING. J. MARTINEZ
MUESTRA	Relave	PROF (m):	

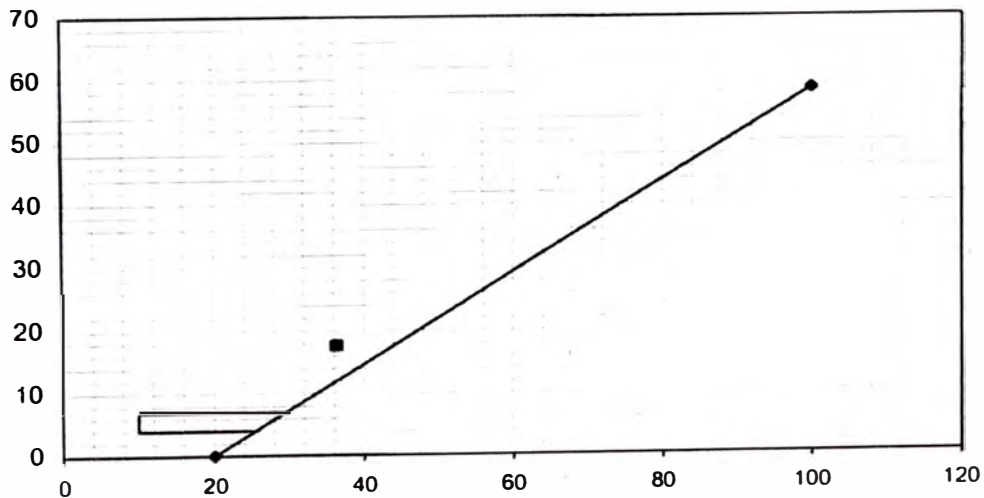
ENSAYO No	CAPSULA N.	LIMITE PLASTICO (ASTM D-4318)		LIMITE LIQUIDO (ASTM D-4318)			
		1	2	1	2	3	4
		315	347	363	361	316	19
	NUMERO DE GOLPES			15	22	25	45
1	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	12.34	12.78	23.86	26.45	14.92	29.58
2	PESO CAPSULA + SUELO SECO	12.00	12.40	19.90	22.50	13.70	26.20
3	PESO CAPSULA	10.28	10.26	10.25	11.62	10.23	15.95
4	PESO AGUA (1-2)	0.34	0.38	3.96	3.95	1.22	3.38
5	PESO SUELO SECO (2-3)	1.72	2.14	9.65	10.88	3.47	10.25
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (4/5*100)	19.77	17.76	41.04	36.31	35.16	32.98
		L.P. =	18.76			L.L. =	36.37

I.P. = 17.61

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



CARTA DE PLASTICIDAD



A6. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD



LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA



LABORATORIO GEOTECNICO

PROYECTO : DEPOSITO DE RELAVE
 SOLICITADO : GRUPO N°2
 UBICACIÓN : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA - FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
 HECHO POR : L.F.A.N./M.A.L./Y.F.A. FECHA: ABRIL 2007

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D - 2216

MUESTRAS

CALICATA		C - 1	C - 1	C - 1	C - 1	C - 1
MUESTRA N°		M - 1	M - 2	M - 3	M - 4	M - 5
PROFUNDIDAD (m)		0.00-0.35	0.35-0.50	0.50-0.70	0.70-0.80	0.80-0.95
FRASCO No		375	12	364	168	384
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	95.54	82.14	85.08	99.18	115.53
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	89.30	74.90	76.30	90.20	100.00
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	6.24	7.24	8.78	8.98	15.53
4. Peso de recipiente	grs	12.04	16.16	11.98	10.38	10.44
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	77.26	58.74	64.32	79.82	89.56
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	8.08	12.33	13.65	11.25	17.34

MUESTRAS

CALICATA		C - 1	C - 1	C - 1	C - 1	C - 1
MUESTRA N°		M - 6	M - 7	M - 8	M - 9	M - 10
PROFUNDIDAD (m)		0.95-1.05	1.05-1.20	1.20-1.35	1.35-1.55	1.55-1.75
FRASCO No		16	305	353	28	328
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	94.34	95.20	112.73	107.77	92.97
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	90.60	86.10	99.80	84.60	84.90
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	3.74	9.10	12.93	23.17	8.07
4. Peso de recipiente	grs	15.15	10.18	12.41	12.66	12.40
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	75.45	75.92	87.39	71.94	72.50
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	4.96	11.99	14.80	32.21	11.13

MUESTRAS

CALICATA		C - 1	C - 3	C - 3	C - 3
MUESTRA N°		M - 11	M - 1	M - 2	M - 3
PROFUNDIDAD (m)		1.75-2.00	0.00-0.80	0.80-1.10	1.10-1.80
FRASCO No		311	373	14	307
1. Peso recipiente + suelo húmedo	grs	96.11	89.09	84.29	88.17
2. Peso recipiente + suelo seco	grs	81.90	81.80	81.90	82.90
3. Peso de agua	(1) - (2) grs	14.21	7.29	2.39	5.27
4. Peso de recipiente	grs	12.29	12.10	15.72	12.18
5. Peso de suelo seco	(2) -(4) grs	69.61	69.70	66.18	70.72
6. Contenido de humedad	(3)/(5)*100 %	20.41	10.46	3.61	7.45

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
Campus de la Universidad Nacional de Ingeniería
Tel. (01) 481-1070 anexo 302 Cel: 99912987 95242588
e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe

A7. TABLAS PARA CLASIFICACIÓN DE SUELOS

TABLA 1. Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos tipo grava.

Símbolo de grupo	Criterios
GW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual que 4; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
GP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para GW
GM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12) o el índice de plasticidad menor que 4
GC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12); índice de plasticidad mayor que 7
GC-GM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
GW-GM	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GM
GW-GC	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GC
GP-GM	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GM
GP-GC	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GC

TABLA2. Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos arenosos.

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12); o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A (figura 2.12); índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

TABLA 3. Sistema Unificado de Clasificación; símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos.

Símbolo de grupo	Criterios
CL	Inorgánico; $LL < 50$; $PI > 7$; se grafica sobre o arriba de la línea <i>A</i> (véase zona CL en la figura 2.12)
ML	Inorgánico; $LL < 50$; $PI < 4$; o se grafica debajo de la línea <i>A</i> (véase la zona ML en la figura 2.12)
OL	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL < 50$ (véase zona OL en la figura 2.12)
CH	Inorgánico; $LL \geq 50$; PI se grafica sobre o arriba de la línea <i>A</i> (véase la zona CH en la figura 2.12)
MH	Inorgánico; $LL \geq 50$; PI se grafica debajo de la línea <i>A</i> (véase la zona MH en la figura 2.12)
OH	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL \geq 50$ (véase zona OH en la figura 2.12)
CL-ML	Inorgánico; se grafica en la zona sombreada en la figura 2.12
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánicos

A8. PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS



AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA

PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SOLIDOS (Gs)

A.S.T.M. - 854

Proyecto : DEPOSITO DE RELAVE

Solicitado: GRUPO N° 2

Ubicacion: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Fecha : ABRIL 2007

UBICACIÓN		Relavera					
MUESTRA		RELAVES					
PROFUNDIDAD							
NRO DEL FRASCO		5					
1	Peso del frasco + peso suelo seco (gr)	205.4					
2	Peso del frasco volumétrico	95.2					
3	Peso del suelo seco (1 - 2) (gr)	110.2					
4	Peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	414.4					
5	Peso del frasco + peso del agua enrasada (gr)	343					
6	Volumen del suelo (3 + 5 - 4) (cm ³)	38.8					
7	Gs (3)/(6) gr/cc	2.8					

LA

Av. Tupac Amaru Puerta N° 4
Campus de la Universidad Nacional de Ingenieria
Telf. (01) 481-1070 anexo 302 Cel:99912987 95242588
e-mail: lnhgeo@yahoo.com
lnh_uni@uni.edu.pe

A9. PERMEABILIDAD DE LABORATORIO

PERMEABILIDAD DE LABORATORIO

PROYECTO : DEPOSITO DE RELAVES CON APLICACIÓN DE GEOSINTETICOS - PLAN DE CIERR
 SOLICITADO : Bernuy Traverso Ada Patricia
 UBICACIÓN : Universidad Nacional de Ingenieria - Facultad de Ingenieria Civil
 HECHO POR : Y.F.A. FECHA: 06 de Junio del 2007

Tiempo de Saturacion: 45 min

$K_m = Q/i/A = V/i$

MUESTRA: C-2/M-1
 Densidad 1.38 gr/cm3

$i = 0.8373984$ $d = 6.3$ cm
 $H = 10$ cm
 $A = 31.17$ cm2

TIEMPO (minutos)	volumen (Cm3.)	Q	V	K	
				cm/s	
2	8.00	0.07	2.14E-03	2.554E-03	
3	9.00	0.02	5.35E-04	6.385E-04	
4	10.00	0.02	5.35E-04	6.385E-04	
5	11.00	0.02	5.35E-04	6.385E-04	
6	12.00	0.02	5.35E-04	6.385E-04	
7	14.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
8	17.00	0.05	1.60E-03	1.916E-03	
9	19.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
10	20.00	0.02	5.35E-04	6.385E-04	
11	22.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
12	24.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
13	26.50	0.04	1.34E-03	1.596E-03	
14	28.50	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
15	29.50	0.02	5.35E-04	6.385E-04	
16	30.00	0.01	2.67E-04	3.193E-04	
17	32.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
18	34.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
19	36.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
20	38.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
21	40.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
22	42.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
23	44.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
24	46.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
25	48.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
26	50.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
27	52.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
28	54.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
29	56.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	
30	58.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03	

Coeficiente de Permeabilidad Promedio ==>
K prom = 1.28E-03 cm/s

Kmax 2.554E-03
 Kmin 3.193E-04
 Krep 1.277E-03



PERMEABILIDAD DE LABORATORIO

PROYECTO : DEPOSITO DE RELAVES CON APLICACIÓN DE GEOSINTETICOS - PLAN DE CIERR
 SOLICITADO : Bernuy Traverso Ada Patricia
 UBICACIÓN : Universidad Nacional de Ingenieria - Facultad de Ingenieria Civil
 HECHO POR : Y.F.A.

FECHA: 06 de Junio del 2007

Tiempo de Saturacion: 15 min

$K_m = Q/i/A = V/i$

MUESTRA: C-2/M-2

Densidad 1.33 gr/cm3

$i = 0.8373984$

d= 6.3 cm

H= 10 cm

A= 31.17 cm2

TIEMPO (minutos)	volumen (Cm3.)	Q	V	K
				cm/s
2	6.00	0.05	1.60E-03	1.916E-03
3	7.50	0.03	8.02E-04	9.578E-04
4	9.50	0.03	1.07E-03	1.277E-03
5	11.50	0.03	1.07E-03	1.277E-03
6	14.00	0.04	1.34E-03	1.596E-03
7	16.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
8	18.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
9	20.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
10	22.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
11	24.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
12	26.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
13	28.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
14	30.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
15	32.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
16	34.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
17	36.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
18	37.50	0.03	8.02E-04	9.578E-04
19	39.00	0.03	8.02E-04	9.578E-04
20	41.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
21	43.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
22	45.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
23	47.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
24	49.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
25	51.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
26	53.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
27	56.00	0.05	1.60E-03	1.916E-03
28	58.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
29	60.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03
30	62.00	0.03	1.07E-03	1.277E-03

Coeficiente de Permeabilidad Promedio ==> $K_{prom} = 1.28E-03 \text{ cm/s}$

Kmax 1.916E-03
 Kmin 9.578E-04
 Krep 1.277E-03


 Ing. JOSE A. MARTINEZ DEL ROSARIO

A10. ENSAYO DE CORTE DIRECTO

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRÁULICA ÁREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRÁULICA



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

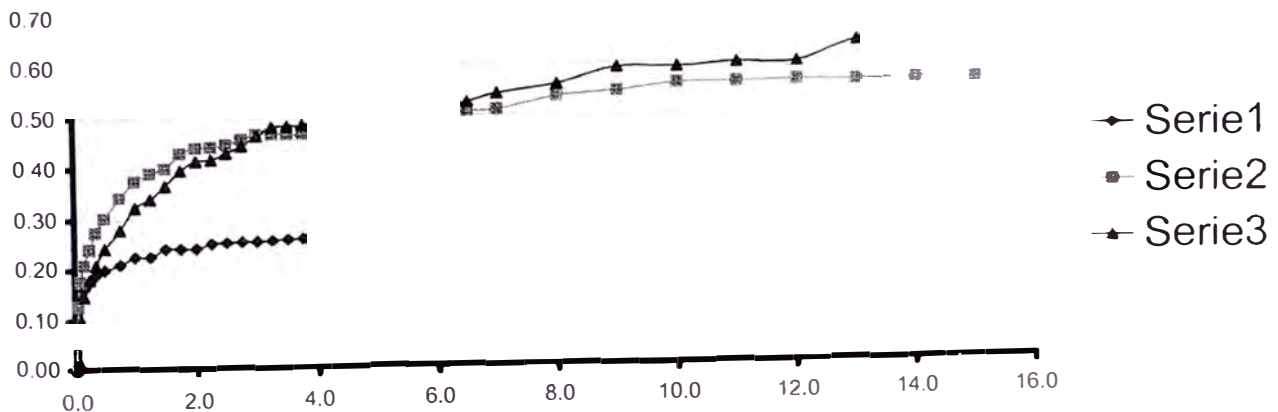
Solicitado: GRUPO # 2
 Proyecto: FECHA: ABRIL 2007
 Ubicación: Constante Dial de carga: 0 451
 Muestra Descripción: RELAVE CORTE DIRECTO Prof: ALTERADA
 Area de Contacto: 28 2743
 Peso = 1 30
 73 52

(a) Wfinal 1 28.39 Wfinal 2 27.73 Wfinal 3 23.90
 (b) (c)

DATOS DE LABORATORIO

Incrementación vertical %	Dial de Carga	0.5 Kg/cm ²		1 Kg/cm ²		CALCULOS		area
		Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm ²	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm ²	1.5 Kg/cm ²	Fuerza Cortante kg	
0.00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00	0 00
0.05	4 10	1 85	0 07	8 00	3 61	0 13	0 80	0 36
0.10	8 90	4 01	0 14	11 10	5 01	0 18	6 20	2 80
0.15	10 10	4 56	0 16	13 10	5 91	0 21	9 20	4 15
0.25	11 00	4 96	0 18	15 10	6 81	0 24	11 40	5 14
0.35	11 90	5 37	0 19	17 20	7 76	0 27	13 10	5 91
0.50	12 50	5 64	0 20	19 00	8 57	0 30	5 20	6 86
0.75	13 20	5 95	0 21	21 50	9 70	0 34	17 50	7 89
1.00	14 10	6 36	0 22	23 50	10 60	0 37	20 30	9 16
1.25	14 10	6 36	0 22	24 50	11 05	0 39	21 30	9 61
1.50	15 10	6 81	0 24	25 10	11 32	0 40	22 90	10 33
1.75	15 10	6 81	0 24	26 90	12 13	0 43	24 80	11 18
2.00	15 10	6 81	0 24	27 60	12 45	0 44	26 00	11 73
2.25	15 70	7 08	0 25	27 70	12 49	0 44	26 10	11 77
2.50	15 80	7 13	0 25	28 00	12 63	0 45	26 90	12 13
2.75	5 90	7 17	0 25	28 60	12 90	0 46	27 80	12 54
3.00	15 90	7 17	0 25	29 20	13 17	0 47	29 00	13 08
3.25	16 00	7 22	0 26	29 20	13 17	0 47	30 10	13 58
3.50	16 10	7 26	0 26	29 20	13 17	0 47	30 20	13 62
3.75	16 20	7 31	0 26	29 20	13 17	0 47	30 30	13 67
4.00	16 30	7 35	0 26	30 70	13 85	0 49	31 10	14 03
4.25	16 30	7 35	0 26	30 70	13 85	0 49	31 80	14 34
4.50	16 40	7 40	0 26	30 80	13 89	0 49	31 80	14 34
4.75	16 40	7 40	0 26	30 90	13 94	0 49	31 80	14 34
5.00	16 50	7 44	0 26	30 90	13 94	0 49	31 90	14 39
5.50	16 50	7 44	0 26	30 90	13 94	0 49	31 80	14 34
6.00	16 90	7 62	0 27	31 40	14 16	0 50	32 10	14 48
6.50	16 90	7 62	0 27	31 80	14 34	0 51	32 90	14 84
7.00	17 00	7 67	0 27	31 90	14 39	0 51	33 90	15 29
8.00	18 50	8 34	0 30	33 50	15 11	0 53	35 00	15 79
9.00	19 10	8 61	0 30	34 10	15 38	0 54	37 00	16 69
10.00	19 10	8 61	0 30	35 00	15 79	0 56	37 00	16 69
11.00	19 10	8 61	0 30	35 10	15 83	0 56	37 50	16 91
12.00	19 10	8 61	0 30	35 20	15 88	0 56	37 50	16 91
13.00	19 00	8 57	0 30	35 10	15 83	0 56	40 00	18 04
14.00	18 50	8 34	0 30	35 10	15 83	0 56	40 00	18 04
15.00	18 00	8 12	0 29	35 10	15 83	0 56	40 00	18 04

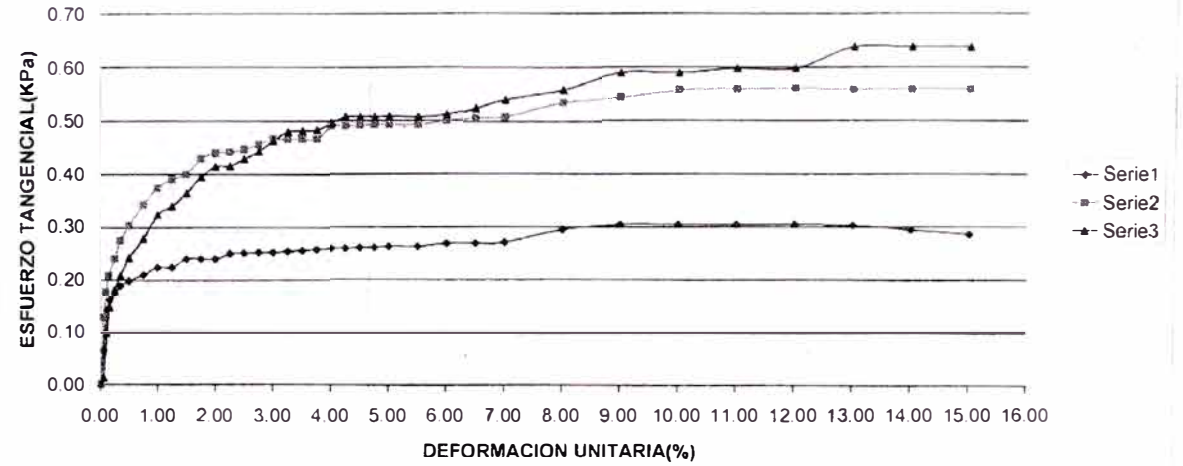
ENSAYO DE CORTE DIRECTO



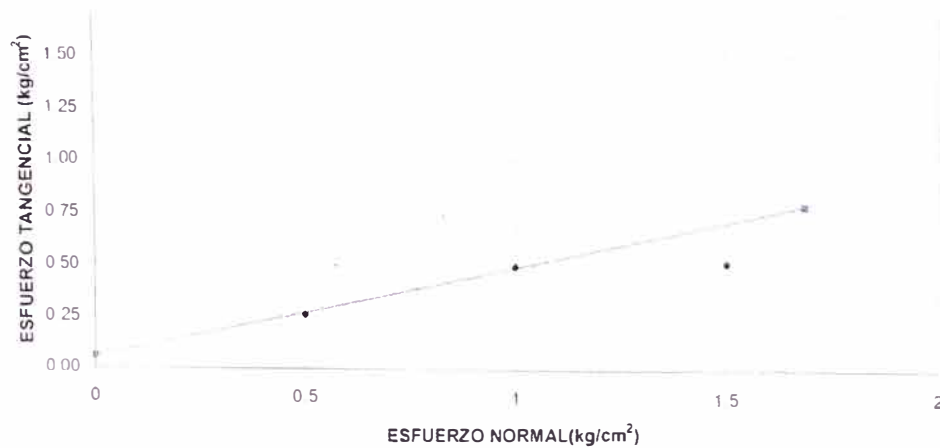
GRUPO # 2
RELAVE

DEFORMACION UNITARIA(%)	ESFUERZO NORMAL(KG/CM2)			ALFA 12	ALFA23	ALFA13	PROM123	PROM12
	0.50	1.00	1.50					
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.0	0.0
0.05	0.07	0.13	0.01	7.09	-12.94	-3.0	-3.0	-2.9
0.10	0.14	0.18	0.10	4.01	-8.88	-2.5	-2.4	-2.4
0.15	0.16	0.21	0.15	5.47	-7.09	-0.8	-0.8	-0.8
0.25	0.18	0.24	0.18	7.45	-6.73	0.4	0.4	0.4
0.35	0.19	0.27	0.21	9.60	-7.45	1.1	1.1	1.1
0.50	0.20	0.30	0.24	11.71	-6.91	2.5	2.4	2.4
0.75	0.21	0.34	0.28	14.83	-7.27	3.9	3.8	3.8
1.00	0.22	0.37	0.32	16.69	-5.83	5.6	5.5	5.4
1.25	0.22	0.39	0.34	18.35	-5.83	6.6	6.4	6.3
1.50	0.24	0.40	0.37	17.69	-4.01	7.1	6.9	6.8
1.75	0.24	0.43	0.40	20.63	-3.83	8.8	8.5	8.4
2.00	0.24	0.44	0.41	21.74	-2.92	9.9	9.6	9.4
2.25	0.25	0.44	0.42	20.95	-2.92	9.4	9.1	9.0
2.50	0.25	0.45	0.43	21.27	-2.01	10.0	9.8	9.6
2.75	0.25	0.46	0.44	22.06	-1.46	10.7	10.4	10.3
3.00	0.25	0.47	0.46	22.99	-0.37	11.8	11.5	11.3
3.25	0.26	0.47	0.43	22.84	1.64	12.7	12.4	12.2
3.50	0.26	0.47	0.48	22.68	1.83	12.7	12.4	12.3
3.75	0.26	0.47	0.48	22.52	2.01	12.7	12.4	12.3
4.00	0.26	0.49	0.50	24.67	0.73	13.3	12.9	12.7
4.25	0.26	0.49	0.51	24.67	2.01	13.9	13.5	13.3
4.50	0.26	0.49	0.51	24.67	1.83	13.8	13.4	13.3
4.75	0.26	0.48	0.51	24.82	1.64	13.8	13.4	13.2
5.00	0.26	0.49	0.51	24.67	1.83	13.8	13.4	13.3
5.50	0.26	0.49	0.51	24.67	1.84	13.7	13.3	13.2
6.00	0.27	0.50	0.51	24.82	1.28	13.6	13.2	13.1
6.50	0.27	0.51	0.52	25.42	2.01	14.3	13.9	13.7
7.00	0.27	0.51	0.54	25.42	3.65	15.1	14.7	14.5
8.00	0.30	0.53	0.56	25.57	2.74	14.7	14.4	14.2
9.00	0.30	0.54	0.59	25.57	5.29	15.9	15.6	15.4
10.00	0.30	0.56	0.59	26.90	3.55	15.9	15.5	15.3
11.00	0.30	0.56	0.60	27.04	4.38	16.4	15.9	15.7
12.00	0.30	0.56	0.60	27.19	4.20	16.4	15.9	15.7
13.00	0.33	0.56	0.64	27.19	8.68	18.5	18.2	18.0
14.00	0.30	0.58	0.64	27.90	8.88	18.5	18.5	18.4
15.00	0.29	0.56	0.64	28.61	8.68	19.3	18.9	18.7

ENSAYO DE CORTE DIRECTO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO



$\phi = 23.1$

$C = 0.059$

GA

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA

AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

GRAVA 0.00
 ARENA 42.24
 FINOS 57.76
 LL
 IP

Solicitado: GRUPO N°2
 Proyecto: CANCHA DE RELAVE
 Ubicación: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FECHA MAYO 2007

Constante Dial de carga: 0.451

Area de Contacto 28 274.3

CORTE DIRECTO

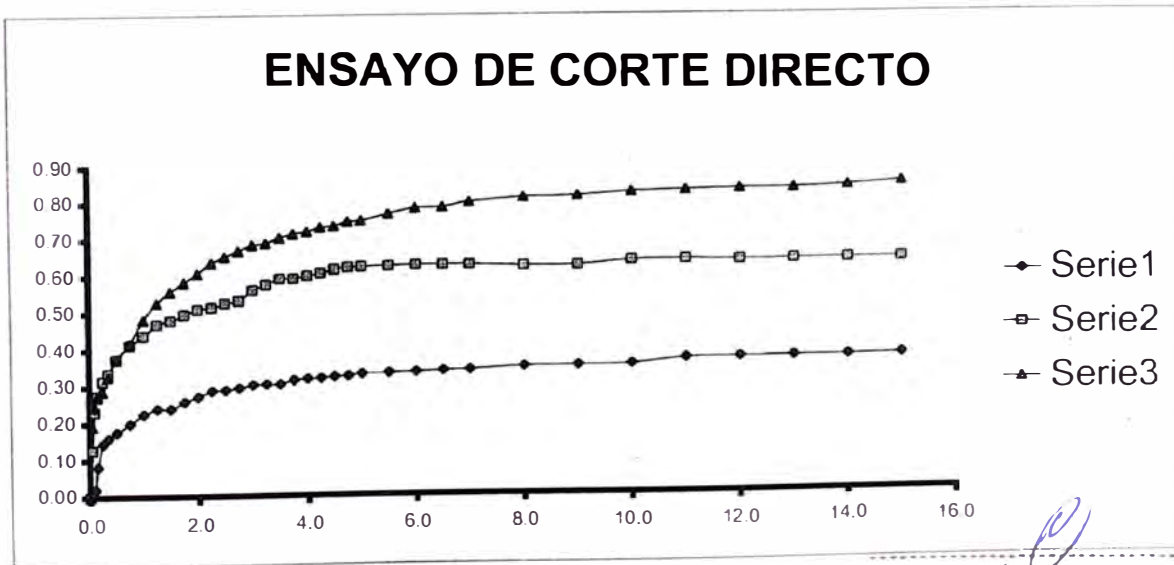
Muestra: C-1 (M-4) Prof: 0.70-0.80 ALTERADA

$\gamma_d = 1.49$
 Peso = 84.41

Wfinal 1	17.31	%	Wfinal 2	18.16	%	Wfinal 3	17.42	%
----------	-------	---	----------	-------	---	----------	-------	---

(a) (b) (c)

DATOS DE LABORATORIO				CALCULOS					
Deformación Tangencial %	0.5 Kg/cm ²			1 Kg/cm ²			1.5 Kg/cm ²		
	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm ²	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm ²	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	1.20	0.54	0.02	8.00	3.61	0.13	12.10	5.46	0.19
0.10	1.30	0.59	0.02	14.50	6.54	0.23	15.30	6.90	0.24
0.15	5.10	2.30	0.08	17.20	7.76	0.27	17.00	7.67	0.27
0.25	9.10	4.10	0.15	19.80	8.93	0.32	18.00	8.12	0.29
0.35	10.00	4.51	0.16	21.10	9.52	0.34	20.50	9.25	0.33
0.50	11.00	4.96	0.18	23.50	10.60	0.37	23.50	10.60	0.37
0.75	12.50	5.64	0.20	25.90	11.68	0.41	26.20	11.82	0.42
1.00	14.10	6.36	0.22	27.50	12.40	0.44	30.30	13.67	0.48
1.25	15.00	6.77	0.24	29.50	13.30	0.47	33.10	14.93	0.53
1.50	15.00	6.77	0.24	30.10	13.58	0.48	35.00	15.79	0.56
1.75	16.20	7.31	0.26	31.10	14.03	0.50	36.60	16.51	0.58
2.00	17.00	7.67	0.27	32.00	14.43	0.51	38.10	17.18	0.61
2.25	18.00	8.12	0.29	32.30	14.57	0.52	39.90	17.99	0.64
2.50	18.10	8.16	0.29	33.00	14.88	0.53	40.90	18.45	0.65
2.75	18.50	8.34	0.30	33.40	15.06	0.53	41.90	18.90	0.67
3.00	19.00	8.57	0.30	35.20	15.88	0.56	42.90	19.35	0.68
3.25	19.10	8.61	0.30	36.10	16.28	0.58	43.20	19.48	0.69
3.50	19.10	8.61	0.30	37.10	16.73	0.59	44.10	19.89	0.70
3.75	19.80	8.93	0.32	37.10	16.73	0.59	44.80	20.20	0.71
4.00	20.00	9.02	0.32	37.60	16.96	0.60	45.13	20.35	0.72
4.25	20.10	9.07	0.32	38.00	17.14	0.61	45.90	20.70	0.73
4.50	20.30	9.16	0.32	38.60	17.41	0.62	46.10	20.79	0.74
4.75	20.40	9.20	0.33	39.00	17.59	0.62	46.80	21.11	0.75
5.00	20.70	9.34	0.33	39.10	17.63	0.62	47.00	21.20	0.75
5.50	20.90	9.43	0.33	39.20	17.68	0.63	48.10	21.69	0.77
6.00	21.00	9.47	0.33	39.30	17.72	0.63	49.10	22.14	0.78
6.50	21.20	9.56	0.34	39.30	17.72	0.63	49.20	22.19	0.78
7.00	21.30	9.61	0.34	39.30	17.72	0.63	50.10	22.60	0.80
8.00	21.80	9.83	0.35	39.10	17.63	0.62	50.90	22.96	0.81
9.00	21.90	9.88	0.35	39.10	17.63	0.62	51.10	23.05	0.82
10.00	22.10	9.97	0.35	39.90	17.99	0.64	51.70	23.32	0.83
11.00	23.00	10.37	0.37	40.00	18.04	0.64	52.00	23.45	0.83
12.00	23.10	10.42	0.37	39.80	17.95	0.63	52.20	23.54	0.83
13.00	23.20	10.46	0.37	39.90	17.99	0.64	52.20	23.54	0.83
14.00	23.20	10.46	0.37	39.90	17.99	0.64	52.50	23.68	0.84
15.00	23.30	10.51	0.37	39.90	17.99	0.64	53.10	23.95	0.85

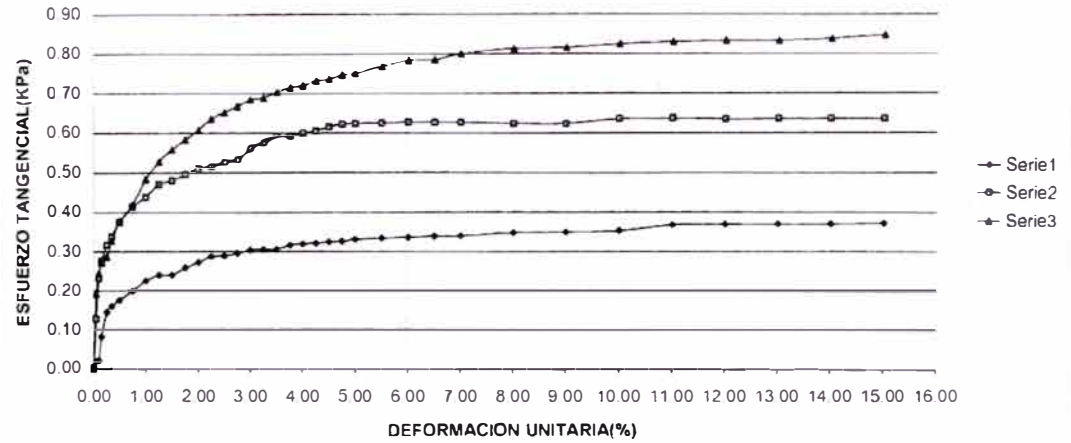


Ing. JOSE A. MARTINEZ DEL ROSARIO
 Especialista en Geotecnia y Prospección Sísmica
 C.I.P. N° 533392

DEFORMACION UNITARIA (%)	ESFUERZO NORMAL (KG/CM ²)			CANCHA DE RELAVE				
	0.50	1.00	1.50	ALFA12	ALFA23	ALFA13	PROM123	PROM12
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.0	0.0
0.05	0.02	0.13	0.19	12.24	7.45	9.9	9.5	9.8
0.10	0.07	0.23	0.24	22.84	1.46	12.6	12.3	12.1
0.15	0.08	0.27	0.27	21.11	-0.37	10.7	10.5	10.4
0.20	0.15	0.32	0.29	18.85	3.29	8.1	7.9	7.6
0.25	0.18	0.34	0.33	19.50	-1.10	8.5	9.3	9.2
0.30	0.18	0.37	0.37	21.74	0.00	11.3	11.0	10.9
0.35	0.20	0.41	0.42	23.15	0.55	12.3	12.0	11.8
0.40	0.22	0.44	0.48	23.15	5.10	14.5	14.2	14.1
0.45	0.24	0.47	0.53	24.82	6.55	18.1	16.8	15.7
0.50	0.24	0.50	0.56	25.72	8.88	17.7	17.4	17.3
0.55	0.26	0.51	0.61	25.42	9.95	18.0	17.8	17.7
0.60	0.26	0.52	0.64	25.57	11.01	18.6	18.4	18.3
0.65	0.29	0.53	0.65	24.52	13.63	19.3	19.1	19.1
0.70	0.29	0.53	0.67	25.42	14.15	20.0	19.9	19.8
0.75	0.30	0.53	0.67	25.42	15.17	20.5	20.4	20.3
0.80	0.30	0.56	0.68	27.33	13.88	20.9	20.7	20.6
0.85	0.30	0.58	0.69	26.47	12.76	21.0	20.6	20.6
0.90	0.30	0.59	0.70	28.87	12.59	21.7	21.4	21.2
0.95	0.32	0.59	0.71	28.88	13.80	21.7	21.5	21.3
1.00	0.32	0.60	0.72	29.31	13.51	21.8	21.6	21.4
1.05	0.32	0.61	0.73	29.73	14.15	22.4	22.1	21.9
1.10	0.32	0.62	0.74	30.28	13.46	22.4	22.0	21.9
1.15	0.33	0.62	0.75	30.88	13.97	22.8	22.5	22.3
1.20	0.33	0.62	0.76	30.41	14.15	22.8	22.4	22.3
1.25	0.33	0.63	0.77	30.28	15.85	23.5	23.2	23.1
1.30	0.33	0.63	0.78	30.28	17.36	24.1	23.9	23.8
1.35	0.34	0.63	0.78	30.00	17.53	24.1	23.9	23.8
1.40	0.34	0.63	0.78	29.87	16.01	24.7	24.5	24.4
1.45	0.35	0.62	0.81	28.89	20.63	24.9	24.8	24.8
1.50	0.35	0.62	0.81	28.75	23.95	25.0	24.9	24.8
1.55	0.35	0.64	0.82	29.59	20.63	25.3	25.2	25.1
1.60	0.37	0.64	0.83	28.47	20.95	24.8	24.7	24.7
1.65	0.37	0.63	0.83	28.05	21.58	24.9	24.8	24.8
1.70	0.37	0.64	0.83	28.05	21.42	24.6	24.8	24.7
1.75	0.37	0.64	0.84	28.05	21.90	25.0	25.0	25.0
1.80	0.37	0.64	0.85	27.90	22.84	25.4	25.4	25.4

CANCHA DE RELAVE
E: 1 (M-4)

ENSAYO DE CORTE DIRECTO



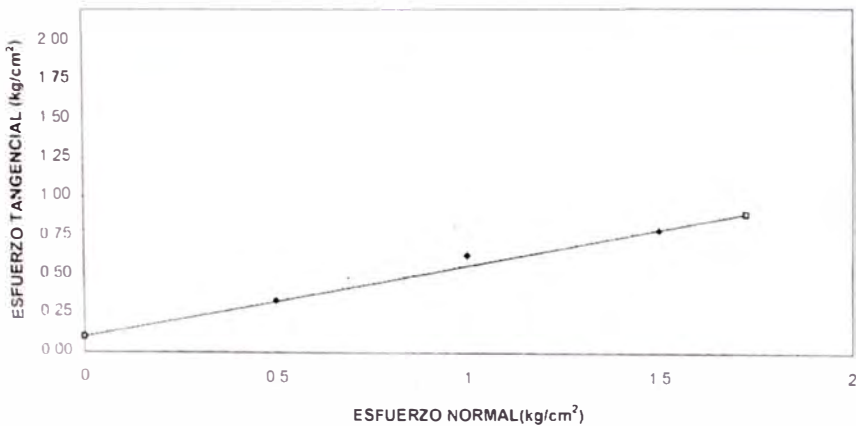
1	0.5	0.33	1-2
2	1	0.63	2-3
3	1.5	0.78	1-3

m	c	m	c
0.58380	0.04307		
0.31264	0.31423		
		0.44822	0.56908

1-2	2-3	1-3	movil
0.64307	0.31423	0.55908	0
1.05013	0.85353	1.33226	1.725

0.45797101

ENSAYO DE CORTE DIRECTO



$\phi = 24.6$

$c = 0.1$

Ing. JOSE A. MARTINEZ DEL ROSARIO
Especialista en Geotecnia y Prospeccion Sismica
C.I.P. N° 533862

LABORATORIO NACIONAL DE HIDRAULICA

AREA DE GEOTECNIA APLICADA A LA HIDRAULICA

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

GRAVA 4.43
 ARENA 59.71
 FINOS 35.86
 LL
 LP

Solicitado: GRUPO N°2
 Proyecto: CANCHA DE RELAVE
 Ubicación: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FECHA 23 DE MAYO 2007

Constante Dial de carga. 0.451

Area de Contacto 28.2743

CORTE DIRECTO

Muestra C-1 (M-10) Prof. 1.55-1.75 ALTERADA
 Descripción SM

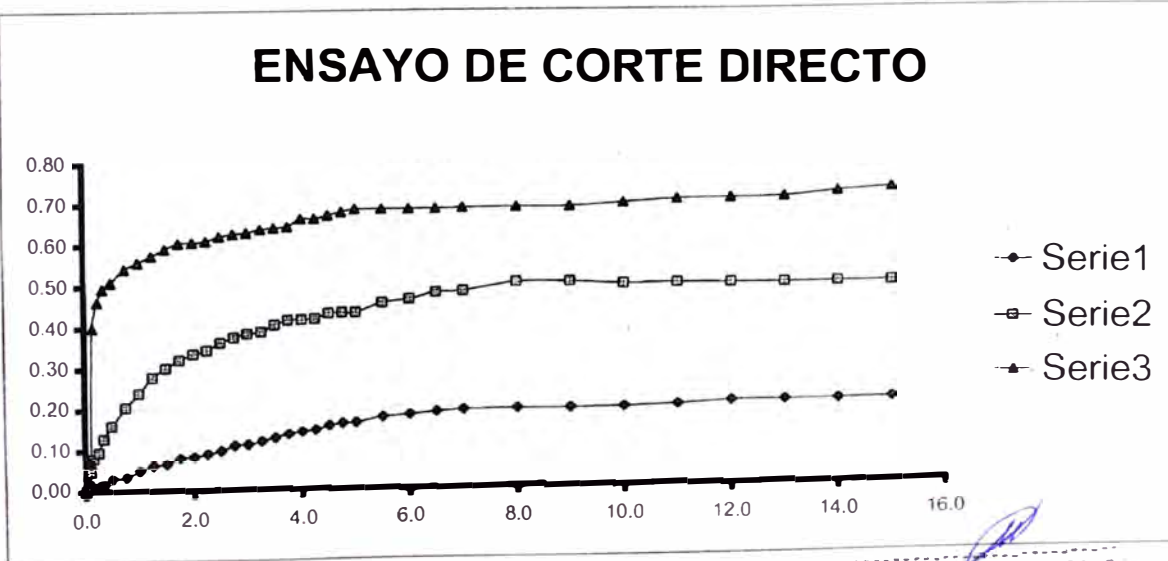
$\rho = 1.44$
 Peso = 81.58

Wfinal 1	17.31	%	Wfinal 2	18.16	%	Wfinal 3	17.42	%
----------	-------	---	----------	-------	---	----------	-------	---

(a) (b) (c)

DATOS DE LABORATORIO				CALCULOS					
Deformación Tangencial %	0.5 Kg/cm ²			1 Kg/cm ²			1.5 Kg/cm ²		
	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm ²	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm ²	Dial de Carga	Fuerza Cortante kg	Esfuerzo de Corte kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.50	0.23	0.01	1.00	0.45	0.02	1.50	0.68	0.02
0.10	0.60	0.27	0.01	3.00	1.35	0.05	4.50	2.03	0.07
0.15	0.60	0.27	0.01	5.00	2.26	0.08	25.10	11.32	0.40
0.25	0.80	0.36	0.01	6.00	2.71	0.10	29.00	13.08	0.46
0.35	1.00	0.45	0.02	8.10	3.65	0.13	31.00	13.98	0.49
0.50	1.90	0.86	0.03	10.10	4.56	0.16	32.00	14.43	0.51
0.75	2.10	0.95	0.03	12.90	5.82	0.21	34.00	15.33	0.54
1.00	3.10	1.40	0.05	15.10	6.81	0.24	35.00	15.79	0.56
1.25	3.90	1.76	0.06	17.50	7.89	0.28	36.00	16.24	0.57
1.50	4.10	1.85	0.07	18.90	8.52	0.30	37.00	16.69	0.59
1.75	5.00	2.26	0.08	20.10	9.07	0.32	37.90	17.09	0.60
2.00	5.20	2.35	0.08	21.00	9.47	0.33	38.00	17.11	0.61
2.25	5.60	2.53	0.09	21.50	9.70	0.34	38.20	17.23	0.61
2.50	6.10	2.75	0.10	22.70	10.24	0.36	38.90	17.54	0.62
2.75	6.90	3.11	0.11	23.50	10.60	0.37	39.20	17.68	0.63
3.00	7.00	3.16	0.11	24.00	10.82	0.38	39.40	17.77	0.63
3.25	7.50	3.38	0.12	24.30	10.96	0.39	39.90	17.99	0.64
3.50	8.00	3.61	0.13	25.30	11.41	0.40	40.10	18.09	0.64
3.75	8.50	3.83	0.14	26.00	11.73	0.41	40.30	18.18	0.64
4.00	8.90	4.01	0.14	26.10	11.77	0.42	41.50	18.72	0.66
4.25	9.10	4.10	0.15	26.20	11.82	0.42	41.50	18.72	0.66
4.50	9.80	4.42	0.16	27.00	12.18	0.43	42.00	18.94	0.67
4.75	10.10	4.56	0.16	27.10	12.22	0.43	42.50	19.17	0.68
5.00	10.20	4.60	0.16	27.10	12.22	0.43	42.90	19.35	0.68
5.50	11.00	4.96	0.18	28.50	12.85	0.45	42.90	19.35	0.68
6.00	11.30	5.10	0.18	29.00	13.08	0.46	42.90	19.35	0.68
6.50	11.70	5.28	0.19	30.00	13.53	0.48	43.00	19.39	0.69
7.00	12.00	5.41	0.19	30.20	13.62	0.48	43.00	19.39	0.69
8.00	12.10	5.46	0.19	31.50	14.21	0.50	43.10	19.44	0.69
9.00	12.10	5.46	0.19	31.50	14.21	0.50	43.10	19.44	0.69
10.00	12.20	5.50	0.19	31.10	14.03	0.50	43.60	19.66	0.70
11.00	12.50	5.64	0.20	31.20	14.07	0.50	44.10	19.89	0.70
12.00	12.90	5.82	0.21	31.10	14.03	0.50	44.20	19.93	0.71
13.00	12.90	5.82	0.21	31.00	13.98	0.49	44.30	19.98	0.71
14.00	12.90	5.82	0.21	31.00	13.98	0.49	45.00	20.30	0.72
15.00	13.00	5.86	0.21	31.00	13.98	0.49	45.50	20.52	0.73

ENSAYO DE CORTE DIRECTO



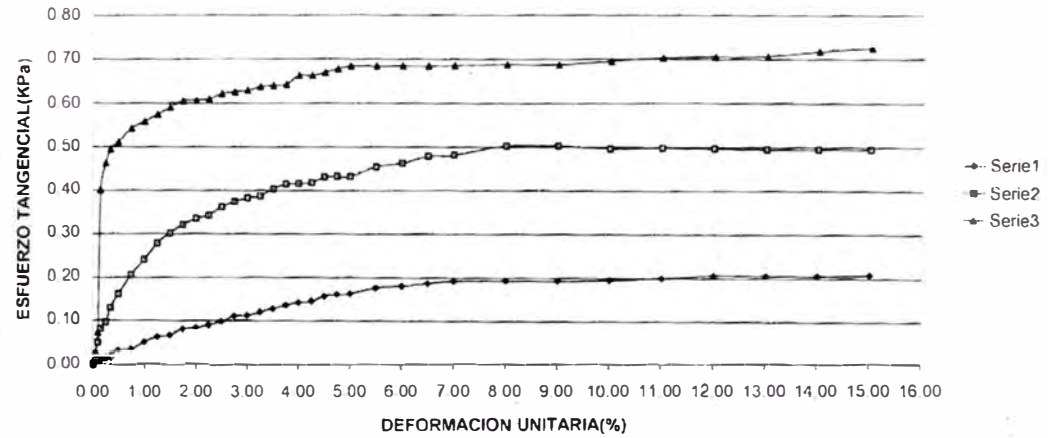
Ing. JOSE A. MARTINEZ DEL ROS
 Especialista en Geotecnia y Prospección
 C.I.P. N° 53.162

CANCHA DE RELAVE

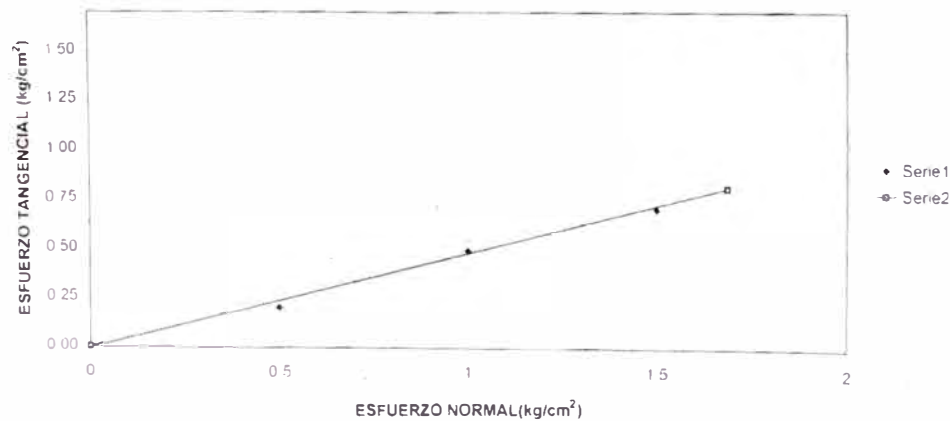
C:1 (M 10)

DEFORMACION UNITARIA (%)	ESFUERZO NORMAL (KG/CM ²)			ALFA12	ALFA23	ALFA13	PROI123	PROI112
	0.50	1.00	1.50					
0.05	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0.0	0.0
0.07	0.01	0.02	0.07	0.91	0.91	0.9	0.9	0.9
0.08	0.01	0.05	0.07	4.38	2.74	3.6	3.6	3.6
0.09	0.01	0.09	0.40	7.99	37.67	21.3	20.7	20.3
0.10	0.01	0.10	0.46	6.42	36.27	24.2	23.3	22.8
0.13	0.02	0.13	0.49	12.76	36.15	25.6	24.8	24.5
0.16	0.03	0.16	0.51	14.66	34.94	25.6	25.1	24.8
0.21	0.03	0.21	0.54	19.01	33.95	27.0	26.6	26.5
0.24	0.05	0.24	0.58	20.65	32.41	27.0	26.8	26.7
0.27	0.06	0.27	0.57	23.45	30.66	27.1	27.0	27.0
0.30	0.07	0.30	0.58	25.27	30.00	27.7	27.7	27.6
0.32	0.08	0.32	0.60	26.72	29.59	27.7	27.7	27.7
0.33	0.08	0.33	0.61	26.75	28.47	27.6	27.6	27.6
0.34	0.09	0.34	0.61	26.90	28.05	27.5	27.5	27.5
0.36	0.10	0.36	0.62	27.90	27.33	27.6	27.6	27.6
0.37	0.11	0.37	0.63	27.90	26.60	27.3	27.3	27.3
0.39	0.11	0.39	0.63	28.47	26.16	27.3	27.3	27.3
0.40	0.12	0.40	0.64	28.15	20.46	27.3	27.3	27.3
0.41	0.13	0.41	0.64	28.89	25.27	27.1	27.1	27.1
0.42	0.14	0.42	0.64	29.17	24.52	26.9	26.9	26.8
0.43	0.14	0.43	0.66	28.75	25.16	27.5	27.5	27.5
0.44	0.15	0.44	0.66	28.61	26.02	27.3	27.3	27.3
0.45	0.16	0.45	0.67	28.75	25.57	27.2	27.2	27.2
0.46	0.16	0.46	0.68	28.47	26.16	27.3	27.3	27.3
0.48	0.16	0.48	0.68	28.33	26.75	27.5	27.5	27.5
0.49	0.16	0.49	0.68	29.17	24.67	27.0	26.9	26.9
0.50	0.18	0.50	0.68	29.45	23.91	26.8	26.7	26.7
0.51	0.18	0.51	0.68	30.14	22.37	26.5	26.4	26.3
0.52	0.19	0.52	0.69	30.14	22.21	26.3	26.2	26.2
0.53	0.19	0.53	0.69	31.75	20.31	26.3	26.1	26.0
0.54	0.19	0.54	0.69	31.75	20.31	26.3	26.1	26.0
0.55	0.19	0.55	0.70	31.09	21.74	26.6	26.5	26.4
0.56	0.20	0.56	0.70	30.82	22.37	26.8	26.6	26.6
0.57	0.21	0.57	0.71	30.14	22.65	26.5	26.5	26.4
0.58	0.21	0.58	0.71	30.00	22.98	26.6	26.5	26.5
0.59	0.21	0.59	0.72	30.00	24.07	27.1	27.1	27.0
0.60	0.21	0.60	0.72	29.87	24.82	27.4	27.4	27.3

ENSAYO DE CORTE DIRECTO



ENSAYO DE CORTE DIRECTO



$\phi = 25.7$

$C = 0$

Ing. JOSE A. MARTINEZ DEL ROSARIO
Especialista en Geotecnia y Prospección Sísmica
C.I.P. N° 53362

A11. CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Cuadro Utilizado para el Análisis de Estabilidad de Taludes

Proyecto: ESTUDIO DE SUELOS DEL PROYECTO POZA DE RELAVES DE LA UNI
UBICACIÓN: Distrito Rimac - Prov. y Dpto. Lima
REALIZADO: Grupo 02

Estrato	Calicata	Muestra	Densidad húmeda kN/m ³	ϕ	C
				Manual	kPa
1	C-2	M-2	15.01	25.70	9.81
2			13.56	24.60	0
	C-1	M-11	11.67		
	C-2	M-1	16.28		
	C-3	M-1	14.81		
	C-3	M-2	12.95		
	C-3	M-3	12.07		
3	C-1	M-10	14.32	25.70	9.81
4			16.19	24.6	0
	C-1	M-2			
	C-1	M-3			
	C-1	M-4			
	C-1	M-5			
	C-1	M-6			
	C-1	M-7	16.19		
	C-1	M-8			
	C-1	M-9			

A12. DATOS (ENTRADA, SALIDA) Y GRÁFICA: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

MAC.ST.A.R.S 2000 – Rel. 2.2

MACcaferri STability Analysis of Reinforced Slopes
Maccaferri do Brasil Ltda.

Rodovia Dom Gabriel P. B. Couto, Km 66 - Jundiaí - SP - Brasil

Tel. 55 11 45893200 - Fax 55 11 45823272

www.maccaferri.com.br

Diseño

Proyecto.....: Depósito de relaves con aplicación de geosintéticos

Sección Transversal: B-B

Local.....:Universidad Nacional de Ingeniería

Carpeta:Anexo 3.1

Archivo:Talud 1

Fecha.....:05/05/2007

RESUMEN

¡Error! No se encontraron elementos de tabla de contenido.

PROPIEDADES DEL SUELO

Suelo: 1	Descripción: SM		
Cohesión	[kN/m ²]	:	5.79
Ángulo de Fricción	[°]	:	15.01
Valor de Ru		:	0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m ³]	:	16.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m ³]	:	15.01
Módulo Elástico	[kN/m ²]	:	0.00
Módulo de Poisson		:	0.30

Suelo: 2	Descripción: ML		
Cohesión	[kN/m ²]	:	5.79
Ángulo de Fricción	[°]	:	30.56
Valor de Ru		:	0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m ³]	:	14.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m ³]	:	13.56
Módulo Elástico	[kN/m ²]	:	0.00
Módulo de Poisson		:	0.30

Suelo: 3	Descripción: SM		
Cohesión	[kN/m ²]	:	5.79
Ángulo de Fricción	[°]	:	25.00
Valor de Ru		:	0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m ³]	:	15.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m ³]	:	14.32
Módulo Elástico	[kN/m ²]	:	0.00
Módulo de Poisson		:	0.30

Suelo: 4	Descripción: ML		
Cohesión	[kN/m ²]	:	5.79
Ángulo de Fricción	[°]	:	24.03
Valor de Ru		:	0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m ³]	:	17.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m ³]	:	16.19
Módulo Elástico	[kN/m ²]	:	0.00
Módulo de Poisson		:	0.30

PERFIL DE LA CAMADA

Camada: 1	Descripción: Estrato inicial							
Suelo : 1	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	
	[m]							
	0.00	102.63	3.54	102.18	23.94	106.71	45.00	
106.06								

Camada: 2

Descripción: ML

Suelo : 2

	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y
108.31	23.94	106.71	24.19	106.77	29.64	108.34	30.37	
107.00	31.00	108.00	32.00	108.00	34.00	107.00	36.00	
107.85	38.00	108.00	39.00	108.00	39.07	108.04	45.00	

Camada: 3

Descripción: SM

Suelo : 3

	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y
	39.07	108.04	39.45	108.23	45.00	108.05		

Camada: 4

Descripción: ML

Suelo : 4

	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y
	39.45	108.23	39.77	108.39	45.00	108.63		

Camada: 5

Descripción:

Suelo : 3

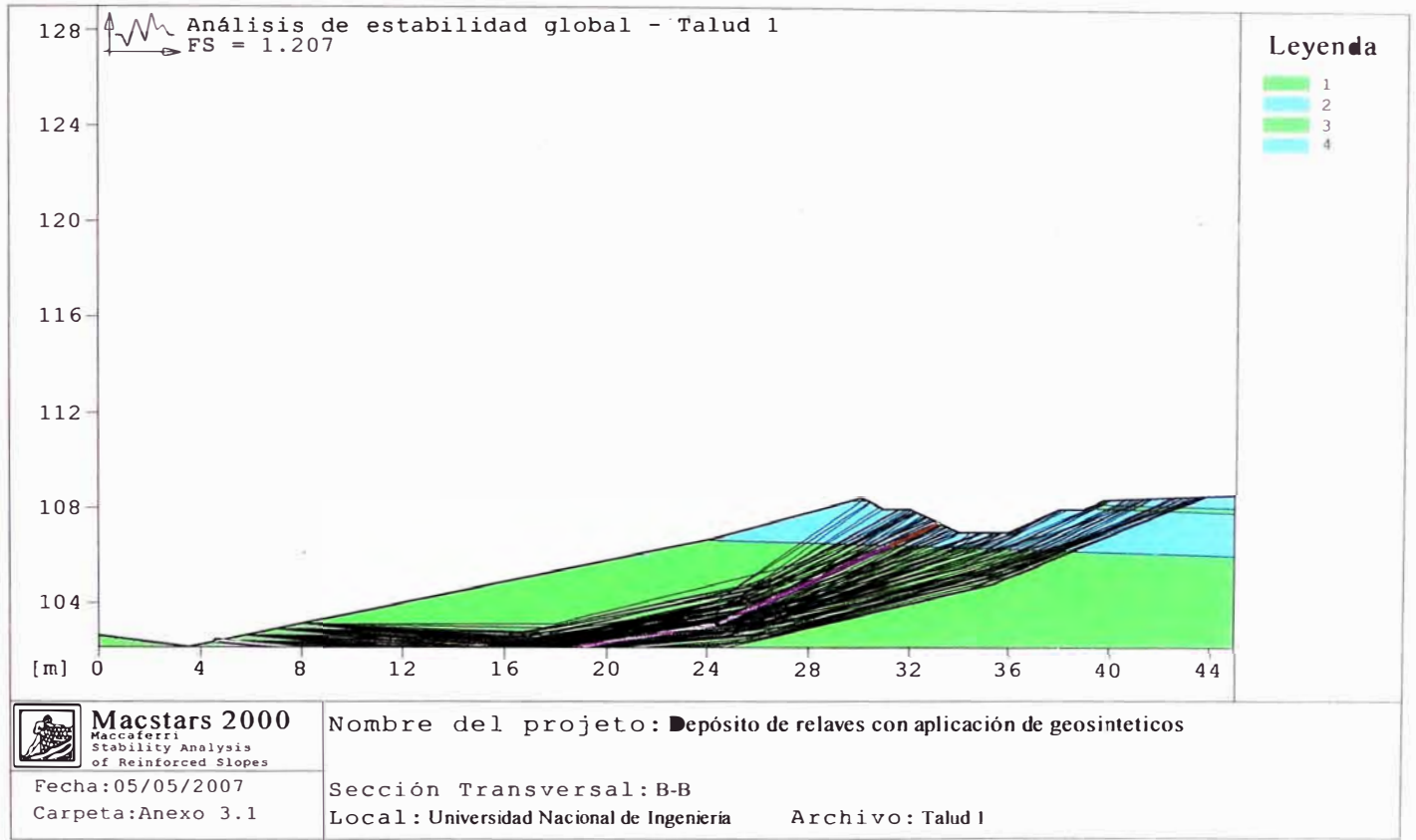
	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y
108.31	29.64	108.34	29.96	108.43	30.15	108.42	30.37	

SOBRECARGAS

Efectos Sísmicos :

Aceleración.....[m/s²].....: Horizontal..... = 1.67 Vertical..... = 0.49

VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS



Verificación de la estabilidad Global: Talud 1

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo
con el Método de Bishop

Factor de Seguridad Calculado : 1.207

Limites de búsqueda para las superficies de ruptura

Limite inicial, abscisas [m]		Limite final, abscisas [m]	
Primer punto	Segundo punto	Primer punto	Segundo punto
30.00	44.00	3.50	8.00
Número de puntos de inicio en el Primer segmento		5	
Número total de superficies verificadas		150	
Largo mínimo de la base de las lámelas [m]		10.00	
Ángulo limite superior para la búsqueda [°]		0.00	
Ángulo limite inferior para la búsqueda [°]		-6.00	

La Maccaferri no asume ninguna responsabilidad sobre los planos y cálculos presentados, estos tienen únicamente carácter informativo y de sugerencia, buscando optimizar el uso de los productos Maccaferri.

MAC.ST.A.R.S 2000 – Rel. 2.2

MACcaferri STability Analysis of Reinforced Slopes
Maccaferri do Brasil Ltda.

Rodovia Dom Gabriel P. B. Couto, Km 66 - Jundiaí - SP - Brasil

Tel. 55 11 45893200 - Fax 55 11 45823272

www.maccaferri.com.br

Diseño

Proyecto: Depósito de relaves con aplicación de geosintéticos

Sección Transversal: B-B

Local: Universidad Nacional de Ingeniería

Carpeta: Anexo 3.1

Archivo : Talud 2

Fecha: 17/05/2007

RESUMEN

¡Error! No se encontraron elementos de tabla de contenido.

PROPIEDADES DEL SUELO

Suelo: 1	Descripción: SM	
Cohesión	[kN/m ²]	: 5.79
Ángulo de Fricción	[°]	: 30.50
Valor de Ru		0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m ³]	: 16.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m ³]	: 15.01
Módulo Elástico	[kN/m ²]	: 0.00
Módulo de Poisson		0.30

Suelo: 2	Descripción: ML	
Cohesión	[kN/m ²]	: 5.79
Ángulo de Fricción	[°]	: 30.56
Valor de Ru		0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m ³]	: 14.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m ³]	: 13.56
Módulo Elástico	[kN/m ²]	: 0.00
Módulo de Poisson		0.30

Suelo: 3	Descripción: SM	
Cohesión	[kN/m ²]	: 5.79
Ángulo de Fricción	[°]	: 25.00
Valor de Ru		0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m ³]	: 15.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m ³]	: 14.32
Módulo Elástico	[kN/m ²]	: 0.00
Módulo de Poisson		0.30

PERFIL DE LA CAMADA

Camada: 1	Descripción:							
Suelo : 1	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
	[m]							
	0.00	106.68	20.00	106.06				

Camada: 2	Descripción:							
Suelo : 2	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
	[m]							
	0.00	107.03	4.57	108.34	5.37	108.31	6.00	
108.00	7.00	108.00	9.00	107.00	20.00	107.00		

Camada: 3

Suelo : 3

Descripción:

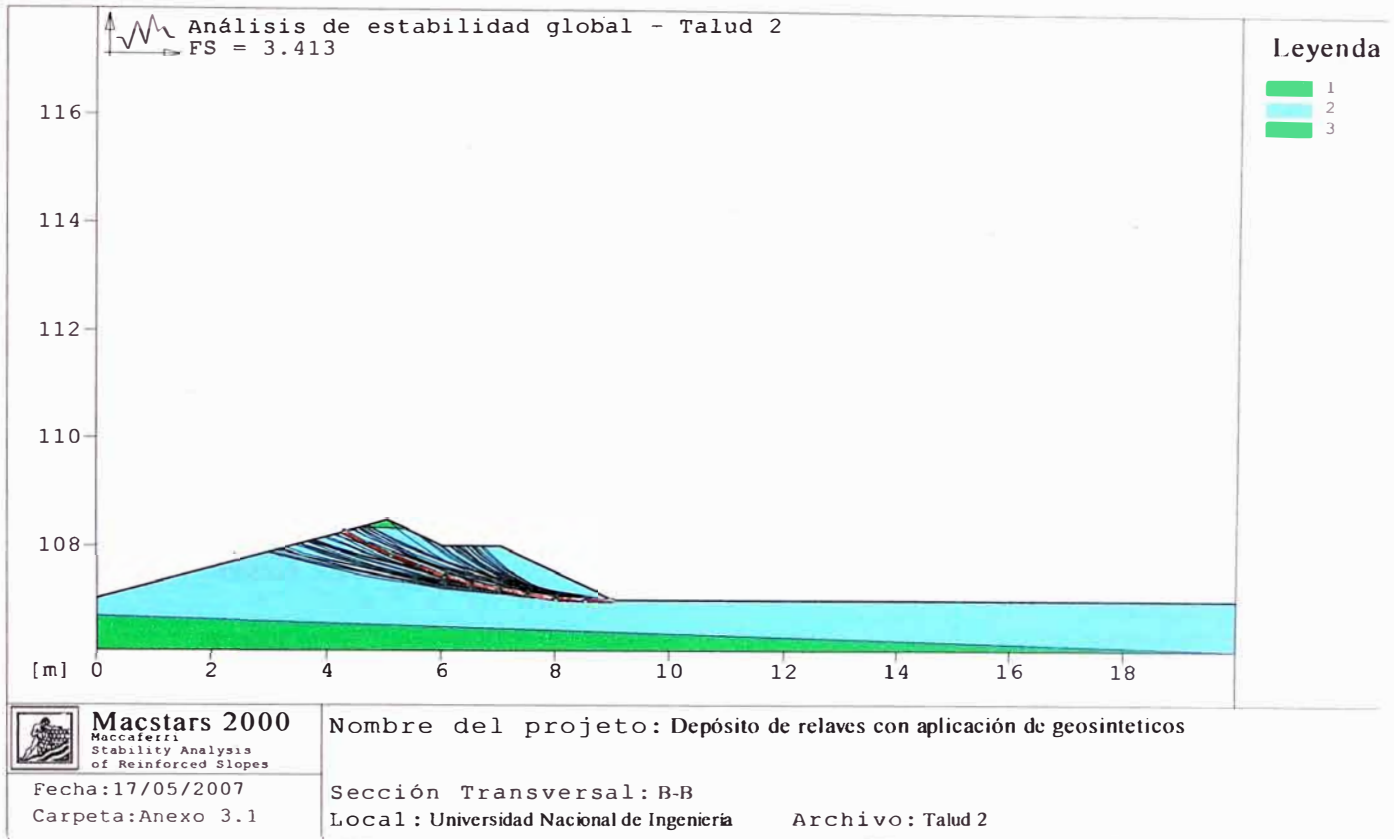
X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y
4.57	108.34	5.05	108.48	5.37	108.31		

SOBRECARGAS

Efectos Sísmicos :

Aceleración[m/s²].....: Horizontal = 1.67 Vertical 0.49

VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS



Verificación de la estabilidad Global: Talud 2

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo
con el Método de Bishop

Factor de Seguridad Calculado.....: 3.413

Limites de búsqueda para las superficies de ruptura

Limite inicial, abscisas [m]		Limite final, abscisas [m]	
Primer punto	Segundo punto	Primer punto	Segundo punto
2.00	7.00	8.00	9.00
Número de puntos de inicio en el Primer segmento.....		1	
Número total de superficies verificadas.....		202	
Largo mínimo de la base de las lámelas..... [m]		0.50	
Ángulo limite superior para la búsqueda..... [°]		30.00	
Ángulo limite inferior para la búsqueda..... [°]		0.00	

 La Maccaferri no asume ninguna responsabilidad sobre los planos y cálculos presentados, estos tienen únicamente carácter informativo y de sugerencia, buscando optimizar el uso de los productos Maccaferri.

MAC.ST.A.R.S 2000 – Rel. 2.2

MACcaferri STability Analysis of Reinforced Slopes

Maccaferri do Brasil Ltda.

Rodovia Dom Gabriel P. B. Couto, Km 66 - Jundiaí - SP - Brasil

Tel. 55 11 45893200 - Fax 55 11 45823272

www.maccaferri.com.br

Diseño

Proyecto.....: Depósito de relaves con aplicación de geosintéticos

Sección Transversal: B-B

Local.....:Universidad Nacional de Ingeniería

Carpeta:Anexo 3.1

Archivo :Talud 3

Fecha.....:05/05/2007

RESUMEN

¡Error! No se encontraron elementos de tabla de contenido.

PROPIEDADES DEL SUELO

Suelo: 1	Descripción: SM	
Cohesión	[kN/m ²]	: 5.79
Ángulo de Fricción	[°]	: 15.01
Valor de Ru		0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m ³]	: 16.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m ³]	: 15.01
Módulo Elástico	[kN/m ²]	: 0.00
Módulo de Poisson		0.30

Suelo: 2	Descripción: ML	
Cohesión	[kN/m ²]	: 5.79
Ángulo de Fricción	[°]	: 30.56
Valor de Ru		0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m ³]	: 14.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m ³]	: 13.56
Módulo Elástico	[kN/m ²]	: 0.00
Módulo de Poisson		0.30

Suelo: 3	Descripción: SM	
Cohesión	[kN/m ²]	: 5.79
Ángulo de Fricción	[°]	: 25.00
Valor de Ru		0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m ³]	: 15.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m ³]	: 14.32
Módulo Elástico	[kN/m ²]	: 0.00
Módulo de Poisson		0.30

Suelo: 4	Descripción: ML	
Cohesión	[kN/m ²]	: 5.79
Ángulo de Fricción	[°]	: 24.03
Valor de Ru		0.00
Peso unitario – arriba del nivel del agua	[kN/m ³]	: 17.00
Peso unitario – abajo del nivel del agua	[kN/m ³]	: 16.19
Módulo Elástico	[kN/m ²]	: 0.00
Módulo de Poisson		0.30

PERFIL DE LA CAMADA

Camada: 1	Descripción: Estrato inicial						
Suelo : 1							
X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
[m]							
0.00	106.55	15.45	106.07				

Camada: 2

Descripción: ML

Suelo : 2

	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y
	0.00	107.00	6.80	107.00	8.80	108.00	9.80	
108.00	9.87	108.04	15.45	107.86				

Camada: 3

Descripción: SM

Suelo : 3

	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y
	9.87	108.04	10.25	108.23	15.45	108.06		

Camada: 4

Descripción: ML

Suelo : 4

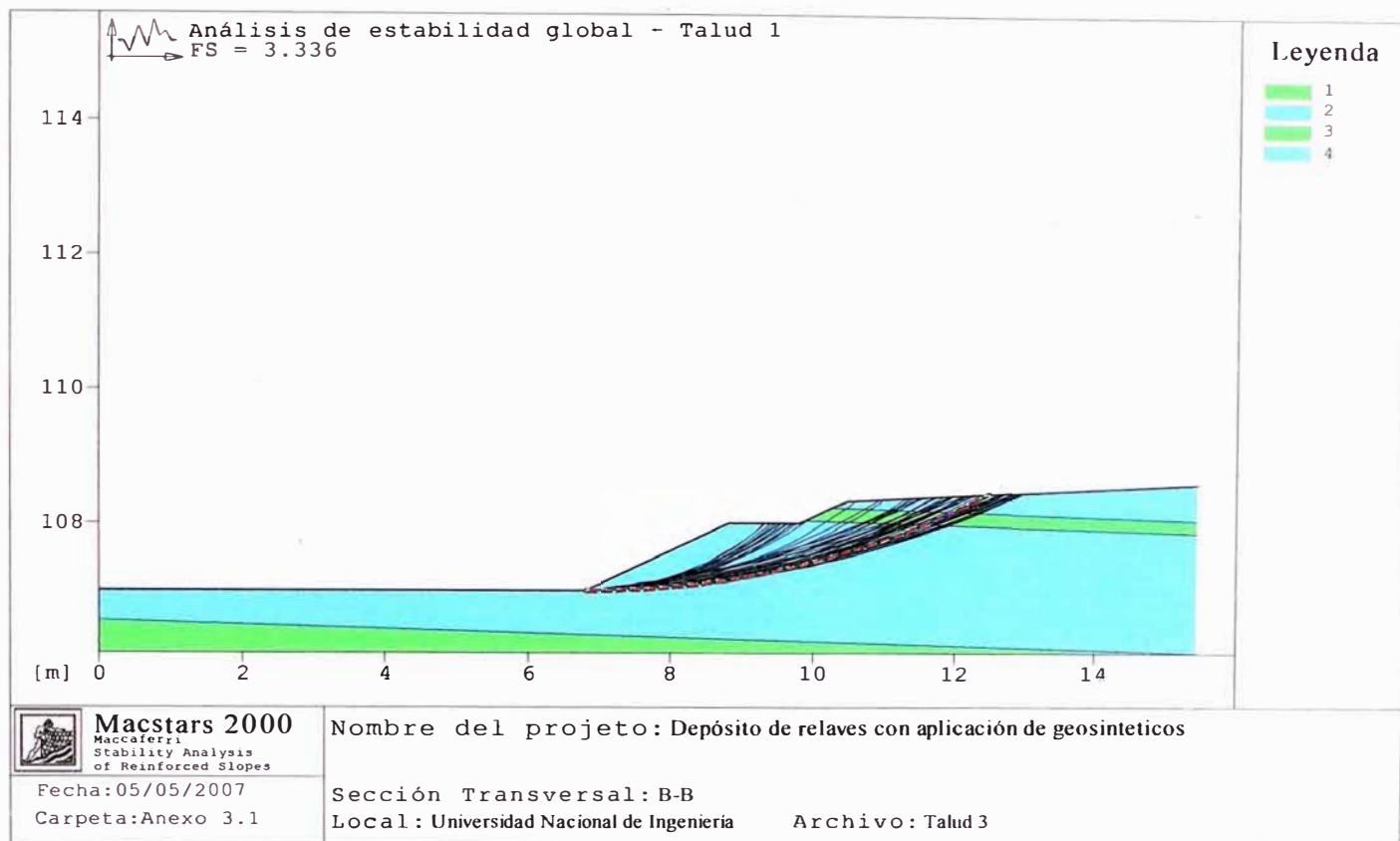
	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y [m]	X [m]	Y
	10.25	108.23	10.47	108.34	15.45	108.61		

SOBRECARGAS

Efectos Sísmicos :

Aceleración[m/s²].....: Horizontal = 1.67 Vertical = 0.49

VERIFICACIÓN DE LOS RESULTADOS



Verificación de la estabilidad Global: Talud 3

Fuerza actuante en los Refuerzos de acuerdo con el Método Rígido

Análisis de estabilidad con superficies circulares de acuerdo
con el Método de Janbu

Factor de Seguridad Calculado.....: 3.336

Limites de búsqueda para las superficies de ruptura

Limite inicial, abscisas [m]		Limite final, abscisas [m]	
Primer punto	Segundo punto	Primer punto	
Segundo punto			
6.80	7.00	9.00	13.00
Número de puntos de inicio en el Primer segmento.....			1
Número total de superficies verificadas.....			150
Largo mínimo de la base de las lámelas.....		[m].....	0.20
Ángulo límite superior para la búsqueda.....		[°].....	45.00
Ángulo límite inferior para la búsqueda.....		[°].....	0.00

 La Maccaferri no asume ninguna responsabilidad sobre los planos y cálculos presentados,
 estos tienen únicamente carácter informativo y de sugerencia, buscando optimizar el uso de los
 productos Maccaferri.

B.- HIDROLOGÍA

B1. INFORMACIÓN DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (FUENTE SENAMHI)

SENAMHI

OFICINA GENERAL DE ESTADISTICA E INFORMATICA

ESTACION : MODELO /006617/DRE-04
PARAMETRO : PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

LONG. : 77° 02' "W"
LAT. : 12° 04' "S"
ALT. : 120 msnm

DPTO. : LIMA
PROV. : LIMA
DIST. : JESUS MARIA

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1995	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.9	0.6	0.0	0.0	0.0
1996	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.4	0.3	0.3	S/D	0.9	0.6
1997	0.0	1.2	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	2.1	0.1	0.7	0.8
1998	1.8	1.8	0.0	0.6	0.4	0.5	0.3	0.8	0.3	0.5	0.2	0.0
1999	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
2000	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.6	0.4	0.0	0.0	0.2
2001	0.3	1.2	0.0	0.2	0.0	0.6	1.7	0.7	0.4	0.0	0.0	0.4
2002	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	0.8	0.2	0.1	0.7	0.0
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	0.3	0.0	0.0	0.2
2004	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	S/D	0.0	0.2	0.0
2005	0.4	0.0	0.8	0.0	0.5	0.0	0.3	0.1	0.5	0.0	0.1	0.0
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	0.1	0.2	0.2	0.3

S/D = Sin Datg.

INFORMACION PREPARADA PARA EDWIN ACUNA SIFUENTES

LIMA, 22 DE MAYO DE 2007

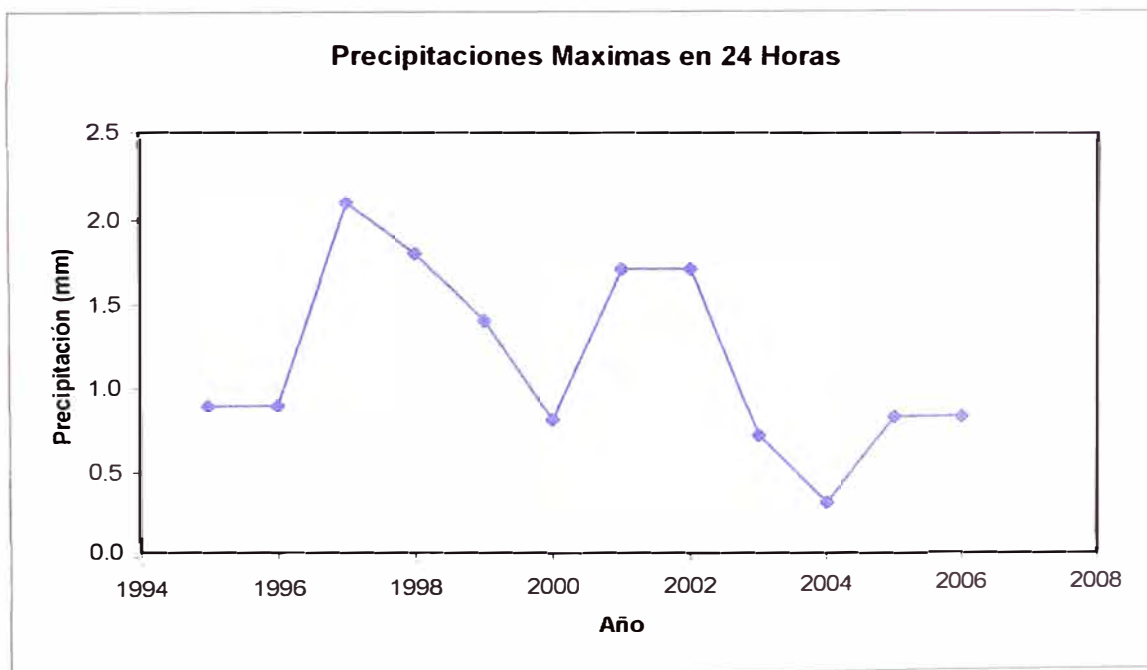
**B2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS
ANUALES, CAUDALES MÁXIMOS E INTENSIDADES PARA
PERIODO DE RETORNO (50 Y 100 AÑOS)**

1.- ANALISIS ESTADISTICO DE PRECIPITACIONES MÁXIMAS ANUALES EN SENAMHI- LIMA

ESTACION : MODELO /006617/DRE-04 LAT. : 77° 02' "S" DPTO. : LIMA
 LONG. : 12° 04' "W" PROV. : LIMA
 ALT. : 120 msnm DIST. : JESUS MARIA/

PARAMETRO: PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS (mm)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Pmax (mm)
1995	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.9	0.6	0.0	0.0	0.0	0.9
1996	S/D	0.0	0.0	0.0	0.0	S/D	0.4	0.3	0.3	S/D	0.9	0.6	0.9
1997	0.0	1.2	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	1.0	2.1	0.1	0.7	0.8	2.1
1998	1.8	1.8	0.0	0.6	0.4	0.5	0.3	0.8	0.3	0.5	0.2	0.0	1.8
1999	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4
2000	0.5	0.1	0.0	0.0	0.0	0.8	0.8	0.6	0.4	0.0	0.0	0.2	0.8
2001	0.3	1.2	0.0	0.2	0.0	0.6	1.7	0.7	0.4	0.0	0.0	0.4	1.7
2002	0.0	1.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	0.8	0.2	0.1	0.7	0.0	1.7
2003	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.7	0.3	0.0	0.0	0.2	0.7
2004	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	S/D	0.0	0.2	0.0	0.3
2005	0.4	0.0	0.8	0.0	0.8	0.0	0.3	0.1	0.5	0.0	0.1	0.0	0.8
2006	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	0.1	0.2	0.2	0.3	0.8



2.- CALCULO DE CAUDALES MAXIMOS INSTANTANEOS ANUALES CON LOS DIVERSOS METODOS

AÑO	Pmax (mm)	P'max (mm)	Log P'
1995	0.9	1.9	0.278754
1996	0.9	1.9	0.278754
1997	2.1	3.1	0.491362
1998	1.8	2.8	0.447158
1999	1.4	2.4	0.380211
2000	0.8	1.8	0.255273
2001	1.7	2.7	0.431364
2002	1.7	2.7	0.431364
2003	0.7	1.7	0.230449
2004	0.3	1.3	0.113943
2005	0.8	1.8	0.255273
2006	0.8	1.8	0.255273
Promedio (m3)	1.158		0.320765
Desv Estand (t)	0.557		0.112979
C.V.	0.481		0.352217
Coef. Asimetri	0.335		-0.051030
k = CS/6			-0.008505
N	12		12

2.1.- Cálculo de Caudales Máximos Instantáneos anuales usando una distribución Normal

T (años)	P	w	z	P (mm)
2	0.5000	1.17741	0.000	1.16
5	0.2000	1.79412	0.841	1.63
10	0.1000	2.14597	1.282	1.87
20	0.0500	2.44775	1.645	2.07
25	0.0400	2.53727	1.751	2.13
50	0.0200	2.79715	2.054	2.30
100	0.0100	3.03485	2.327	2.45
500	0.0020	3.52551	2.879	2.76
1000	0.0010	3.71692	3.091	2.88

2.2.- Cálculo de Caudales Máximos Instantáneos anuales usando una distribución Log Normal"

T (años)	P	w	z	log Q	P' (mm)	P (mm)
2	0.5000	1.17741	0.000	0.320764612	2.09	1.09
5	0.2000	1.79412	0.841	0.415831415	2.61	1.61
10	0.1000	2.14597	1.282	0.465572832	2.92	1.92
20	0.0500	2.44775	1.645	0.506638679	3.21	2.21
25	0.0400	2.53727	1.751	0.518599192	3.30	2.30
50	0.0200	2.79715	2.054	0.552844436	3.57	2.57
100	0.0100	3.03485	2.327	0.583642096	3.83	2.83
500	0.0020	3.52551	2.879	0.645974861	4.43	3.43
1000	0.0010	3.71692	3.091	0.669928193	4.68	3.68

2.3.- Cálculo de Caudales Máximos Instantáneos anuales usando una distribución Log Pearson III"

T (años)	P	w	z	KT	Log Q	P ₁ (mm)	P (mm)
2	0.5000	1.17741	0.000	0.009	0.3217254	2.10	1.10
5	0.2000	1.79412	0.841	0.844	0.4160998	2.61	1.61
10	0.1000	2.14597	1.282	1.276	0.4649400	2.92	1.92
20	0.0500	2.44775	1.645	1.631	0.5049841	3.20	2.20
25	0.0400	2.53727	1.751	1.733	0.5165999	3.29	2.29
50	0.0200	2.79715	2.054	2.027	0.5497409	3.55	2.55
100	0.0100	3.03485	2.327	2.289	0.5793974	3.80	2.80
500	0.0020	3.52551	2.879	2.817	0.6389924	4.36	3.36
1000	0.0010	3.71692	3.091	3.018	0.6617418	4.59	3.59

2.4.- Cálculo de Caudales Máximos Instantáneos anuales usando una distribución Gumbel"

T (años)	K*	P (mm)
2	-0.1522	1.07
5	0.8706	1.64
10	1.5478	2.02
20	2.1973	2.38
25	2.4034	2.50
50	3.0381	2.85
100	3.6681	3.20
500	5.1240	4.01
1000	5.7500	4.36

(* Valores leídos de tablas, N = 29)

3.- DISTRIBUCIÓN DE PRECIPITACIÓN TIPO I''

Precipitación de Diseño - Tipo I

Tormenta de 24 horas

t (horas)	t/24	Coefficiente Tipo I	P 02 años (mm)	P 10 años (mm)	P 20 años (mm)	P 25 años (mm)	P 50 Años (mm)	P 100 años (mm)	P 500 años (mm)	P 1000 años (mm)
Pmax 24 horas			1.07	2.02	2.38	2.50	2.85	3.20	4.01	16.41
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	0.010	0.004	0.005	0.009	0.010	0.011	0.012	0.014	0.018	0.072
0.50	0.021	0.009	0.009	0.018	0.021	0.022	0.025	0.028	0.035	0.144
0.75	0.031	0.013	0.014	0.027	0.031	0.033	0.037	0.042	0.053	0.215
1.00	0.042	0.018	0.019	0.035	0.042	0.044	0.050	0.056	0.070	0.287
1.25	0.052	0.022	0.023	0.044	0.052	0.055	0.062	0.070	0.088	0.359
1.50	0.063	0.026	0.028	0.053	0.063	0.066	0.075	0.084	0.105	0.431
1.75	0.073	0.031	0.033	0.062	0.073	0.076	0.087	0.098	0.123	0.503
2.00	0.083	0.035	0.038	0.071	0.083	0.087	0.100	0.112	0.140	0.574
2.25	0.094	0.040	0.043	0.081	0.096	0.100	0.114	0.128	0.161	0.658
2.50	0.104	0.045	0.049	0.091	0.108	0.113	0.129	0.145	0.181	0.743
2.75	0.115	0.050	0.054	0.102	0.120	0.126	0.144	0.161	0.202	0.827
3.00	0.125	0.056	0.060	0.112	0.132	0.139	0.158	0.178	0.223	0.911
3.25	0.135	0.061	0.065	0.122	0.144	0.151	0.173	0.194	0.243	0.995
3.50	0.146	0.066	0.071	0.133	0.157	0.164	0.187	0.210	0.264	1.079
3.75	0.156	0.071	0.076	0.143	0.169	0.177	0.202	0.227	0.284	1.163
4.00	0.167	0.076	0.082	0.154	0.181	0.190	0.217	0.243	0.305	1.247
4.25	0.177	0.082	0.088	0.166	0.196	0.205	0.234	0.263	0.329	1.348
4.50	0.188	0.088	0.095	0.178	0.210	0.220	0.251	0.282	0.354	1.448
4.75	0.198	0.094	0.101	0.191	0.225	0.236	0.269	0.302	0.379	1.549
5.00	0.208	0.101	0.108	0.203	0.239	0.251	0.286	0.322	0.403	1.649
5.25	0.219	0.107	0.114	0.215	0.254	0.266	0.304	0.341	0.428	1.750
5.50	0.229	0.113	0.121	0.228	0.269	0.281	0.321	0.361	0.452	1.850
5.75	0.240	0.119	0.128	0.240	0.283	0.297	0.339	0.380	0.477	1.951
6.00	0.250	0.125	0.134	0.252	0.298	0.312	0.356	0.400	0.501	2.051
6.25	0.260	0.133	0.143	0.268	0.316	0.331	0.378	0.425	0.532	2.178
6.50	0.271	0.141	0.151	0.284	0.335	0.351	0.400	0.450	0.564	2.306
6.75	0.281	0.148	0.159	0.299	0.353	0.370	0.422	0.474	0.595	2.433
7.00	0.292	0.156	0.167	0.315	0.372	0.389	0.445	0.499	0.626	2.560
7.25	0.302	0.166	0.178	0.334	0.394	0.413	0.472	0.530	0.664	2.716
7.50	0.313	0.175	0.188	0.353	0.417	0.437	0.499	0.560	0.702	2.872
7.75	0.323	0.185	0.198	0.373	0.439	0.461	0.526	0.590	0.740	3.028
8.00	0.333	0.194	0.208	0.392	0.462	0.484	0.553	0.621	0.778	3.184
8.25	0.344	0.207	0.222	0.417	0.492	0.515	0.588	0.661	0.828	3.389
8.50	0.354	0.219	0.235	0.442	0.522	0.547	0.624	0.701	0.878	3.594
8.75	0.365	0.237	0.254	0.478	0.563	0.590	0.674	0.757	0.949	3.881
9.00	0.375	0.254	0.273	0.513	0.605	0.634	0.724	0.813	1.019	4.168
9.25	0.385	0.279	0.299	0.563	0.663	0.695	0.794	0.891	1.117	4.570
9.50	0.396	0.303	0.325	0.612	0.722	0.756	0.863	0.970	1.215	4.972
9.75	0.406	0.362	0.389	0.731	0.862	0.904	1.032	1.159	1.452	5.940
10.00	0.417	0.515	0.553	1.040	1.227	1.286	1.468	1.648	2.066	8.451
10.25	0.427	0.549	0.589	1.109	1.307	1.370	1.564	1.757	2.202	9.009
10.50	0.438	0.583	0.626	1.178	1.388	1.455	1.661	1.866	2.338	9.567
10.75	0.448	0.604	0.648	1.219	1.437	1.507	1.720	1.931	2.421	9.903
11.00	0.458	0.624	0.670	1.260	1.486	1.558	1.778	1.997	2.503	10.240
11.25	0.469	0.639	0.686	1.291	1.522	1.595	1.821	2.045	2.563	10.486
11.50	0.479	0.654	0.702	1.321	1.558	1.633	1.864	2.093	2.623	10.732
11.75	0.490	0.669	0.718	1.351	1.593	1.670	1.906	2.141	2.683	10.978
12.00	0.500	0.682	0.732	1.378	1.624	1.702	1.943	2.183	2.735	11.192
12.25	0.510	0.694	0.745	1.402	1.653	1.732	1.978	2.221	2.784	11.389

12.50	0.521	0.706	0.758	1.426	1.681	1.762	2.012	2.259	2.832	11.585
12.75	0.531	0.717	0.769	1.447	1.706	1.789	2.042	2.293	2.874	11.758
13.00	0.542	0.727	0.781	1.469	1.731	1.815	2.072	2.327	2.916	11.930
13.25	0.552	0.738	0.792	1.490	1.756	1.841	2.102	2.360	2.958	12.102
13.50	0.563	0.748	0.803	1.511	1.781	1.867	2.132	2.394	3.000	12.275
13.75	0.573	0.758	0.813	1.530	1.804	1.891	2.159	2.424	3.038	12.431
14.00	0.583	0.767	0.823	1.549	1.827	1.915	2.186	2.455	3.076	12.586
14.25	0.594	0.775	0.832	1.565	1.845	1.934	2.208	2.480	3.108	12.716
14.50	0.604	0.783	0.840	1.581	1.864	1.954	2.231	2.505	3.140	12.845
14.75	0.615	0.791	0.849	1.597	1.883	1.974	2.253	2.530	3.171	12.974
15.00	0.625	0.799	0.857	1.613	1.902	1.993	2.275	2.556	3.203	13.103
15.25	0.635	0.806	0.866	1.629	1.920	2.013	2.298	2.581	3.234	13.233
15.50	0.646	0.814	0.874	1.645	1.939	2.033	2.320	2.606	3.266	13.362
15.75	0.656	0.822	0.883	1.661	1.958	2.052	2.343	2.631	3.297	13.491
16.00	0.667	0.830	0.891	1.677	1.977	2.072	2.365	2.656	3.329	13.620
16.25	0.677	0.836	0.898	1.689	1.991	2.087	2.382	2.676	3.353	13.719
16.50	0.69	0.84	0.904	1.701	2.005	2.102	2.399	2.695	3.377	13.817
16.75	0.698	0.848	0.910	1.713	2.020	2.117	2.417	2.714	3.401	13.916
17.00	0.71	0.85	0.917	1.725	2.034	2.132	2.434	2.733	3.425	14.014
17.25	0.719	0.860	0.923	1.737	2.048	2.147	2.451	2.752	3.449	14.113
17.50	0.73	0.87	0.930	1.749	2.062	2.162	2.468	2.772	3.473	14.211
17.75	0.740	0.872	0.936	1.761	2.077	2.177	2.485	2.791	3.498	14.310
18.00	0.75	0.88	0.943	1.774	2.091	2.192	2.502	2.810	3.522	14.408
18.25	0.760	0.884	0.949	1.786	2.105	2.207	2.519	2.829	3.546	14.506
18.50	0.77	0.89	0.956	1.798	2.120	2.222	2.536	2.848	3.570	14.605
18.75	0.781	0.896	0.962	1.810	2.134	2.237	2.553	2.868	3.594	14.703
19.00	0.79	0.90	0.968	1.822	2.148	2.252	2.570	2.887	3.618	14.802
19.25	0.802	0.908	0.975	1.834	2.162	2.267	2.587	2.906	3.642	14.900
19.50	0.81	0.91	0.981	1.846	2.177	2.282	2.605	2.925	3.666	14.999
19.75	0.823	0.920	0.988	1.858	2.191	2.297	2.622	2.944	3.690	15.097
20.00	0.833	0.926	0.994	1.871	2.205	2.312	2.639	2.964	3.714	15.196
20.25	0.844	0.931	0.999	1.880	2.216	2.323	2.652	2.978	3.733	15.272
20.50	0.85	0.94	1.004	1.889	2.227	2.335	2.665	2.993	3.751	15.347
20.75	0.865	0.940	1.009	1.899	2.238	2.346	2.678	3.008	3.770	15.423
21.00	0.88	0.94	1.014	1.908	2.249	2.358	2.692	3.023	3.788	15.499
21.25	0.885	0.949	1.019	1.917	2.260	2.369	2.705	3.038	3.807	15.575
21.50	0.90	0.95	1.024	1.927	2.271	2.381	2.718	3.052	3.825	15.651
21.75	0.906	0.958	1.029	1.936	2.282	2.392	2.731	3.067	3.844	15.727
22.00	0.92	0.96	1.034	1.945	2.293	2.404	2.744	3.082	3.863	15.803
22.25	0.927	0.968	1.039	1.955	2.304	2.415	2.757	3.097	3.881	15.879
22.50	0.94	0.97	1.044	1.964	2.316	2.427	2.771	3.112	3.900	15.955
22.75	0.948	0.977	1.049	1.973	2.327	2.439	2.784	3.126	3.918	16.031
23.00	0.96	0.98	1.054	1.983	2.338	2.450	2.797	3.141	3.937	16.106
23.25	0.969	0.986	1.059	1.992	2.349	2.462	2.810	3.156	3.955	16.182
23.50	0.98	0.99	1.064	2.001	2.360	2.473	2.823	3.171	3.974	16.258
23.75	0.990	0.995	1.069	2.011	2.371	2.485	2.836	3.186	3.992	16.334
24.00	1.000	1.000	1.074	2.020	2.382	2.496	2.850	3.200	4.011	16.410

3.1.- Máxima intensidad en intervalo de 15 minutos más intenso - Distribución Tipo I''

T (años)	I (mm/hr)
2	0.66
10	1.24
20	1.46
25	1.53
50	1.74
100	1.96
500	2.45

3.2.- Distribución de intensidades para tiempos de concentración diferentes "

Periodo de retorno 02 años

T (min)	I (mm/hr)
15	0.66
30	0.46
45	0.35
60	0.30
75	0.26
90	0.24
120	0.20
180	0.16
240	0.13
360	0.10

T (min)	I (mm/hr)
20	0.644

3.3.- Distribución de intensidades para tiempos de concentración diferentes"

Periodo de retorno 10 años

T (min)	I (mm/hr)
15	1.24
30	1.24
45	0.66
60	0.57
75	0.49
90	0.44
120	0.37
180	0.29
240	0.25
360	0.19

T (min)	I (mm/hr)
20	1.236

3.4.- Distribución de intensidades para tiempos de concentración diferentes"

Periodo de retorno 20 años

T (min)	I (mm/hr)
15	1.46
30	1.01
45	0.78
60	0.67
75	0.58
90	0.52
120	0.44
180	0.35
240	0.29
360	0.23

T (min)	I (mm/hr)
20	1.428

3.5.- Distribución de intensidades para tiempos de concentración diferentes"

Periodo de retorno 25 años

T (min)	I (mm/hr)
15	1.53
30	1.06
45	0.82
60	0.70
75	0.61
90	0.55
120	0.46
180	0.36
240	0.30
360	0.24

T (min)	I (mm/hr)
20	1.496

3.6.- Distribución de intensidades para tiempos de concentración diferentes"

Periodo de retorno 50 años

T (min)	I (mm/hr)
15	1.74
30	1.21
45	0.93
60	0.80
75	0.69
90	0.63
120	0.53
180	0.41
240	0.35
360	0.27

T (min)	I (mm/hr)
20	1.708

3.7.- Distribución de intensidades para tiempos de concentración diferentes"

Periodo de retorno 100 años

T (min)	I (mm/hr)
15	1.96
30	1.36
45	1.05
60	0.90
75	0.78
90	0.70
120	0.59
180	0.46
240	0.39
360	0.31

T (min)	I (mm/hr)
20	1.919

3.8.- Distribución de intensidades para tiempos de concentración diferentes"

Periodo de retorno 500 años

T (min)	I (mm/hr)
15	2.45
30	1.70
45	1.32
60	1.12
75	0.98
90	0.88
120	0.74
180	0.58
240	0.49
360	0.38

T (min)	I (mm/hr)
20	2.404

3.9.- Distribución de intensidades para tiempos de concentración diferentes"

Periodo de retorno 1000 años

T (min)	I (mm/hr)
15	10.04
30	6.96
45	5.38
60	4.59
75	4.00
90	3.60
120	3.04
180	2.38
240	2.00
360	1.57

T (min)	I (mm/hr)
20	9.837

**C.- PELIGRO SÍSMICO
(RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN CON EL PROGRAMA
RISK)**

SALIDA DEL PROGRAMA RISK FUENTES CONTINENTALES

Peligro Sísmico UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

NSTEP = 20 JCALC = 0 JPRNT = 0

LISTA DE INTENS. EXAMINADAS 2.30 4.61 5.52 5.99 6.21 6.40
(CONTINUACION) 6.55 6.68 6.80 6.91

RIESGOS DESEADOS .0333 .0200 .0100 .0052 .0035 .0021 .0010 .0000

DATOS DE ATENUACION CI C2 C3 SIGMA RZERO RONE AAA BBB
6.16 .65 -1.30 .51 25.00 .00 100000.00 .00

NUMERO DE FUENTES 5

NUMERO DE SUBFUENTES EN FUENTES 1 2 2 1

FUENTE	L/S	COEF	M0	M1	BETA	TASA/AN	PROF.
1	0	1.00	3.00	7.00	1.2700	.8200	65.0000
2	0	1.00	3.00	7.50	.8800	1.0700	60.0000
3	0	.50	3.00	7.10	1.1300	8.2100	40.0000
4	0	.50	3.00	7.10	1.1300	8.2100	60.0000
5	0	1.00	3.00	7.10	1.2000	.9500	50.0000

(SISM. 0 .00 .00 .00 .0000 .0000 .0000
FONDO)

INDICADOR DE COORDENADAS =

0=CARTESIANAS, 1=GEOGRAFICAS

	X1	Y1	X2	Y2
	X3	Y3	X4	Y4

FUENTE 1 COORDENADAS DE SUBFUENTE -75.84 -13.87 -74.76 -13.13
FUENTE 1 COORDENADAS DE SUBFUENTE -73.00 -16.53 -71.41 -14.67

FUENTE 2 COORDENADAS DE SUBFUENTE -73.00 -16.53 -71.41 -14.67
FUENTE 2 COORDENADAS DE SUBFUENTE -69.71 -18.67 -68.12 -16.13

FUENTE 3 COORDENADAS DE SUBFUENTE -79.10 -5.20 -75.10 -4.33
FUENTE 3 COORDENADAS DE SUBFUENTE -76.34 -10.67 -74.17 -9.33
FUENTE 3 COORDENADAS DE SUBFUENTE -74.76 -13.13 -72.48 -11.40

FUENTE 4 COORDENADAS DE SUBFUENTE -79.10 -5.20 -75.10 -4.33
FUENTE 4 COORDENADAS DE SUBFUENTE -76.34 -10.67 -74.17 -9.33
FUENTE 4 COORDENADAS DE SUBFUENTE -74.76 -13.13 -72.48 -11.40

FUENTE 5 COORDENADAS DE SUBFUENTE -74.76 -13.13 -72.48 -11.40
 FUENTE 5 COORDENADAS DE SUBFUENTE -68.12 -16.13 -67.76 -13.80

FUENTE 1 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 81703.8
 FUENTE 1 AREA TOTAL 81703.8

FUENTE 2 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 119737.0
 FUENTE 2 AREA TOTAL 119737.0

FUENTE 3 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 223026.4
 FUENTE 3 SUBFUENTE 2 AREA EXACTA 91586.0
 FUENTE 3 AREA TOTAL 314612.4

FUENTE 4 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 223026.4
 FUENTE 4 SUBFUENTE 2 AREA EXACTA 91586.0
 FUENTE 4 AREA TOTAL 314612.4

FUENTE 5 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 181387.4
 FUENTE 5 AREA TOTAL 181387.4

RESULTADOS PARA LUGAR -77.05 -12.02

INTENSIDAD:	2.30	4.61	5.52	5.99	6.21	6.40	6.55	6.68	6.80	6.91
ANTILOG(INTENSIDAD):	9.97	100.48	249.64	399.41	497.70	601.85	699.24	796.32	897.85	1002.25
TOD. FUENTES E(NO/AÑO):	.331E+00	.184E-03	.571E-06	.111E-07	.143E-08	.180E-09	546E-10	.000E+00	.000E+00	.000E+00
TODAS FUENTES RIESGO:	.282E+00	.184E-03	.596E-06	.000E+00	.000E+00	.000E+00	.000E+00	.000E+00	.000E+00	.000E+00
RIESGOS:	.03330	.02000	.01000	.00520	.00350	.00210	.00100			
INTENSIDAD:	2.97	3.13	3.35	3.56	3.68	3.84	4.08			
ANTILOG(INTENSIDAD):	19.54	22.94	28.54	35.07	39.72	46.66	58.93			

FIN DEL PROBLEMA

SALIDA DEL PROGRAMA RISK FUENTES DE SUBDUCCION

Peligro Sísmico UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

NSTEP = 20 JCALC = 0 JPRNT = 0

LISTA DE INTENS. EXAMINADAS 2.30 4.61 5.52 5.99 6.21 6.40
(CONTINUACION) 6.55 6.68 6.80 6.91

RIESGOS DESEADOS .0333 .0200 .0100 .0052 .0035 .0021 .0010 .0000

DATOS DE ATENUACION C1 C2 C3 SIGMA RZERO RONE AAA BBB
4.23 .80 -1.00 .70 25.00 .00 100000.00 .00

NUMERO DE FUENTES 13

NUMERO DE SUBFUENTES EN FUENTES 1 1 1 1 2 1 1 2 2 2
(CONTINUACION DE SUBFUENTES) 1 1 1

FUENTE	L/S	COEF	M0	M1	BETA	TASA/AN	PROF.
1	0	.50	3.00	8.00	1.1600	7.2200	30.0000
2	0	.50	3.00	8.00	1.1600	7.2200	60.0000
3	0	.50	3.00	8.20	1.1900	3.8000	40.0000
4	0	.50	3.00	8.20	1.1900	3.8000	60.0000
5	0	1.00	3.00	8.20	1.2000	4.7000	60.0000
6	0	1.00	3.00	7.20	.8500	1.4400	100.0000
7	0	1.00	3.00	7.20	1.5500	3.0500	115.0000
8	0	.33	3.00	7.50	1.2100	5.6100	90.0000
9	0	.33	3.00	7.50	1.2100	5.6100	125.0000
10	0	.33	3.00	7.50	1.2100	5.6100	160.0000
11	0	.50	3.00	7.00	1.1200	2.7900	120.0000
12	0	.50	3.00	7.00	1.1200	2.7900	160.0000
13	0	1.00	3.00	7.50	.7500	.6100	610.0000
(SISM. FONDO)	0	.00	.00	.00	.0000	.0000	.0000

INDICADOR DE COORDENADAS = 1
0=CARTESIANAS, 1=GEOGRAFICAS

X1	Y1	X2	Y2
X3	Y3	X4	Y4

FUENTE 1 COORDENADAS DE SUBFUENTE -81.17 -9.00 -79.27 -7.90
FUENTE 1 COORDENADAS DE SUBFUENTE -77.00 -14.80 -75.84 -13.87

FUENTE 2 COORDENADAS DE SUBFUENTE -81.17 -9.00 -79.27 -7.90
FUENTE 2 COORDENADAS DE SUBFUENTE -77.00 -14.80 -75.84 -13.87

FUENTE 3 COORDENADAS DE SUBFUENTE -77.00 -14.80 -75.84 -13.87
FUENTE 3 COORDENADAS DE SUBFUENTE -74.16 -17.87 -73.00 -16.53

FUENTE 4 COORDENADAS DE SUBFUENTE -77.00 -14.80 -75.84 -13.87
FUENTE 4 COORDENADAS DE SUBFUENTE -74.16 -17.87 -73.00 -16.53

FUENTE 5 COORDENADAS DE SUBFUENTE -74.16 -17.87 -73.00 -16.53
FUENTE 5 COORDENADAS DE SUBFUENTE -71.85 -19.87 -69.21 -19.00
FUENTE 5 COORDENADAS DE SUBFUENTE -71.85 -22.00 -69.21 -22.00

FUENTE 6 COORDENADAS DE SUBFUENTE -79.80 -8.13 -77.17 -6.53
FUENTE 6 COORDENADAS DE SUBFUENTE -76.38 -14.30 -73.86 -12.46

FUENTE 7 COORDENADAS DE SUBFUENTE -76.38 -14.30 -73.86 -12.46
FUENTE 7 COORDENADAS DE SUBFUENTE -73.28 -16.87 -71.21 -14.40

FUENTE 8 COORDENADAS DE SUBFUENTE -73.28 -16.87 -71.21 -14.40
FUENTE 8 COORDENADAS DE SUBFUENTE -70.86 -18.80 -68.93 -15.73
FUENTE 8 COORDENADAS DE SUBFUENTE -70.38 -22.00 -67.98 -22.00

FUENTE 9 COORDENADAS DE SUBFUENTE -73.28 -16.87 -71.21 -14.40
FUENTE 9 COORDENADAS DE SUBFUENTE -70.86 -18.80 -68.93 -15.73
FUENTE 9 COORDENADAS DE SUBFUENTE -70.38 -22.00 -67.98 -22.00

FUENTE 10 COORDENADAS DE SUBFUENTE -73.28 -16.87 -71.21 -14.40
FUENTE 10 COORDENADAS DE SUBFUENTE -70.86 -18.80 -68.93 -15.73
FUENTE 10 COORDENADAS DE SUBFUENTE -70.38 -22.00 -67.98 -22.00

FUENTE 11 COORDENADAS DE SUBFUENTE -77.17 -6.53 -75.27 -5.33
FUENTE 11 COORDENADAS DE SUBFUENTE -73.86 -12.46 -72.03 -11.13

FUENTE 12 COORDENADAS DE SUBFUENTE -77.17 -6.53 -75.27 -5.33
FUENTE 12 COORDENADAS DE SUBFUENTE -73.86 -12.46 -72.03 -11.13

FUENTE 13 COORDENADAS DE SUBFUENTE -72.31 -6.67 -71.00 -6.33
FUENTE 13 COORDENADAS DE SUBFUENTE -71.14 -11.30 -69.69 -10.93

FUENTE 1 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 155885.0
FUENTE 1 AREA TOTAL 155885.0

FUENTE 2 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 155885.0
FUENTE 2 AREA TOTAL 155885.0

FUENTE 3 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 77900.9
FUENTE 3 AREA TOTAL 77900.9

FUENTE 4 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 77900.9
FUENTE 4 AREA TOTAL 77900.9

FUENTE 5 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 89404.0
FUENTE 5 SUBFUENTE 2 AREA EXACTA 78312.1
FUENTE 5 AREA TOTAL 167716.1

FUENTE 6 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 259880.0
FUENTE 6 AREA TOTAL 259880.0

FUENTE 7 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 136109.9
FUENTE 7 AREA TOTAL 136109.9

FUENTE 8 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 115848.7
FUENTE 8 SUBFUENTE 2 AREA EXACTA 132162.7
FUENTE 8 AREA TOTAL 248011.4

FUENTE 9 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 115848.7
FUENTE 9 SUBFUENTE 2 AREA EXACTA 132162.7
FUENTE 9 AREA TOTAL 248011.4

FUENTE 10 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 115848.7
FUENTE 10 SUBFUENTE 2 AREA EXACTA 132162.7
FUENTE 10 AREA TOTAL 248011.4

FUENTE 11 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 184241.2
FUENTE 11 AREA TOTAL 184241.2

FUENTE 12 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 184241.2
FUENTE 12 AREA TOTAL 184241.2

FUENTE 13 SUBFUENTE 1 AREA EXACTA 83194.5
FUENTE 13 AREA TOTAL 83194.5

RESULTADOS PARA LUGAR -77.05 -12.02

INTENSIDAD:	2.30	4.61	5.52	5.99	6.21	6.40	6.55	6.68	6.80	6.91
ANTILOG(INTENSIDAD):	9.97	100.48	249.64	399.41	497.70	601.85	699.24	796.32	897.85	1002.25
TOD. FUENTES E(NO/AÑO):	.417E+01	.105E+00	.161E-01	.511E-02	.284E-02	.166E-02	.106E-02	.709E-03	.482E-03	.335E-03
TODAS FUENTES RIESGO:	.985E+00	.999E-01	.160E-01	.510E-02	.283E-02	.165E-02	.106E-02	.709E-03	.482E-03	.335E-03
RIESGOS:	.03330	.02000	.01000	.00520	.00350	.00210	.00100			
INTENSIDAD:	5.16	5.41	5.71	5.98	6.13	6.32	6.57			
ANTILOG(INTENSIDAD):	173.38	223.33	302.73	396.16	459.76	553.14	712.38			

FIN DEL PROBLEMA

PELIGRO SISMICO UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

RESULTADOS PARA LUGAR -77.05 -12.02

INTENSIDAD:	2.30	4.61	5.52	5.99	6.21	6.40	6.55	6.68	6.80	6.91
ANTILOG(INTENSIDAD):	9.97	100.48	249.64	399.41	497.70	601.85	699.24	796.32	897.85	1002.25
TOD. FUENTES E(NO/AÑO):	.450E+01	.105E+00	.161E-01	.511E-02	.284E-02	.166E-02	.106E-02	.709E-03	.482E-03	.335E-03
TODAS FUENTES RIESGO:	.989E+00	.998E-01	.160E-01	.510E-02	.284E-02	.166E-02	.106E-02	.709E-03	.482E-03	.335E-03
RIESGOS:	.03330	.02000	.01000	.00520	.00350	.00210	.00105			
INTENSIDAD:	5.16	5.41	5.71	5.98	6.13	6.32	6.55			
ANTILOG(INTENSIDAD):	173.33	223.26	302.68	396.14	459.92	553.59	701.27			

FIN DEL PROBLEMA

D.- FOTOGRAFIAS

PANEL FOTOGRAFICO DE LA CONSTRUCCION DEL DEPÓSITO DE RELAVES



FOTO 1.- TRAZO Y MARCADO DE EJES DEL DEPÓSITO



FOTO 2.- EXCAVACION DE ZANJAS



FOTO 3.- NIVELACION Y FERFILADO DEL DEPÓSITO



FOTO 4.- COMPACTACIÓN DEL TERRENO



FOTO 5.- DEPÓSITO PERFILADO Y PREPARADO PARA LA INSTALACIÓN DEL GEOTEXTIL



FOTO 6.- RECEPCIÓN DEL GEOTEXTIL, ES FÁCIL DE MANIPULAR COMO SE APRECIA EN LA FOTO.



FOTO 7.- TRANSPORTANDO LA GEOMEMBRANA A LA ZONA DE TRABAJO, ESTA SI ES MAS PESADA.



FOTO 8.- PRUEBAS DE CAMPO QUE SE REALIZAN ANTES DE EMPEZAR A INSTALAR LOS MATERIALES (EQUIPO: TENSIOMETRO)



FOTO 9.- INSPECCION DE LA ZONA DE TRABAJO ANTES DE COLOCAR EL GEOTEXTIL (TIENE QUE ENCONTRARSE LIMPIO DE OBJETOS QUE PUEDAN DAÑAR EL GEOTEXTIL)



FOTO 10.- EN PLENA INSTALACIÓN DEL GEOTEXTIL



FOTO 11.- EN PLENA INSTALACIÓN DE LA GEOMEMBRANA



FOTO 12.- VISTA PANORAMICA DEL DEPOSITO DE RELAVES CON LA GEOMEMBRANA YA INSTALADA.



FOTO 13.- PREPARANDO EL GEOCOMPUESTO (GEODREN) PARA SU POSTERIOR INSTALACIÓN.

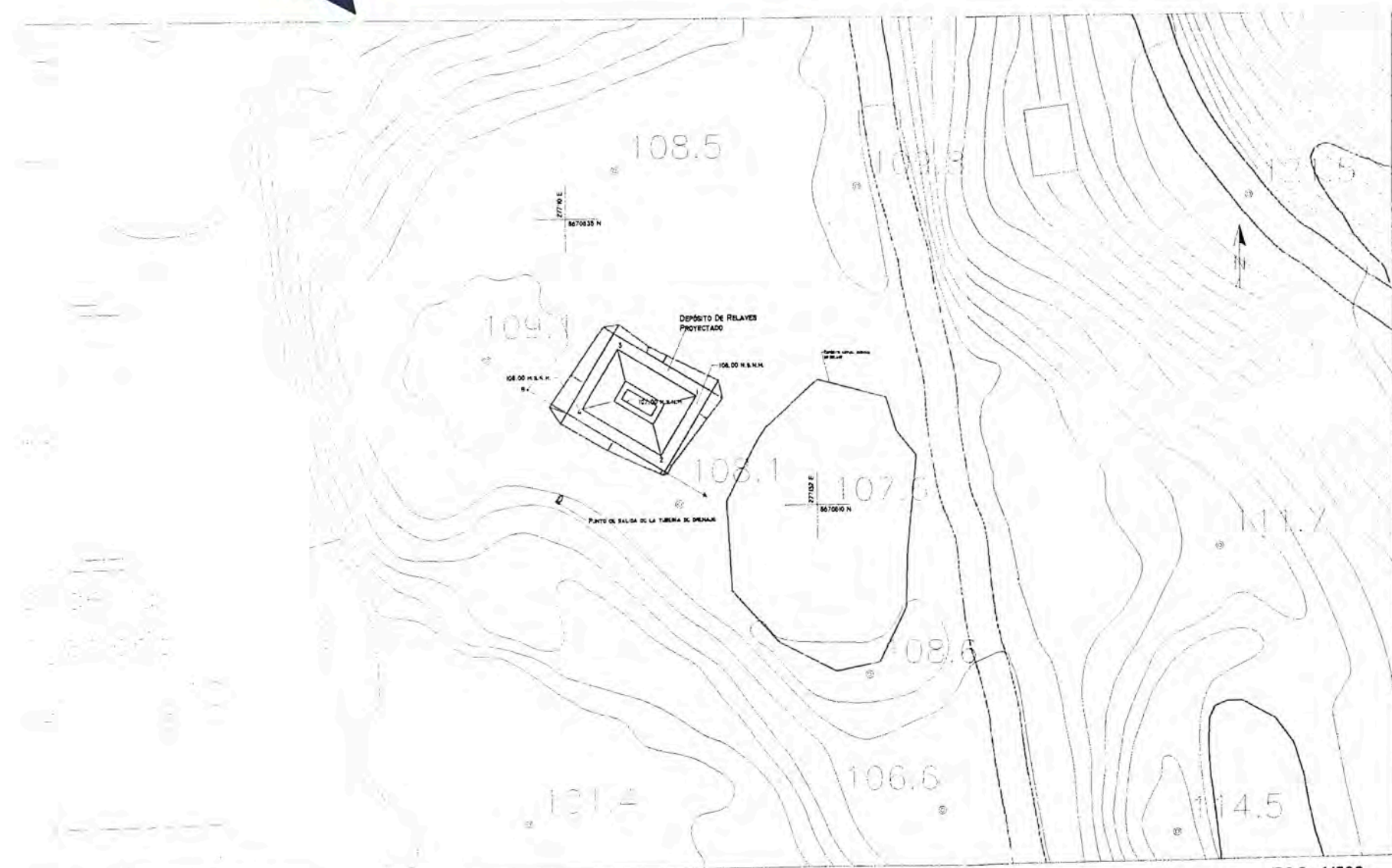


FOTO 14.- DEPÓSITO DE RELAVES EN SU ETAPA FINAL DE CONSTRUCCIÓN (CONFORMADO POR: CAPA DE GEOTEXTIL, SEGUIDAMENTE DE OTRA CAPA DE GEOMEMBRANA Y PARA EL DRENAJE SE OBSERVA EL GEODREN)

E.- PLANOS



COORDENADAS DE UBICACIÓN DEL DEPOSITO DE RELAVES			
PUNTO	ESTE	NORTE	ALTITUD msnm
1	277121.34	8670519.58	108
2	277118.24	8670514.44	108
3	277114.49	8670523.71	108
4	277111.39	8670518.58	108



01 ZONA DE TRABAJO

02 DEPOSITO

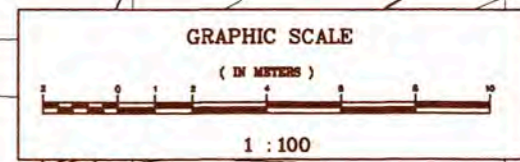
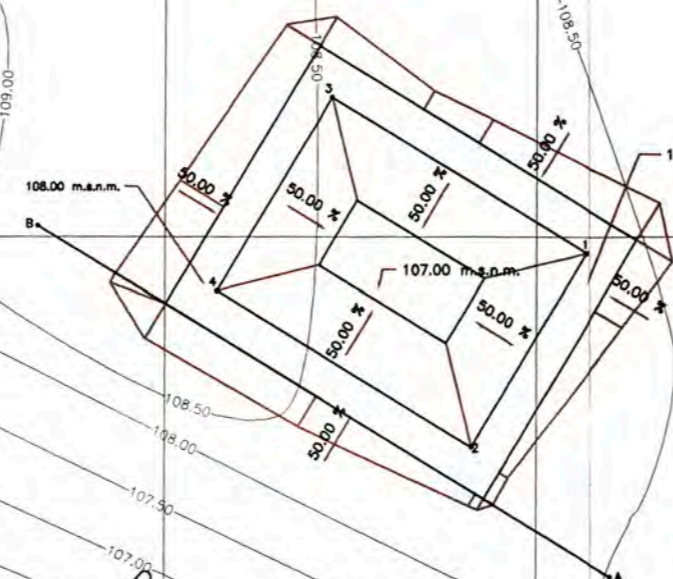
ESC: 1/500

REVISIONES	
Nº	FECHA DESCRIPCIÓN

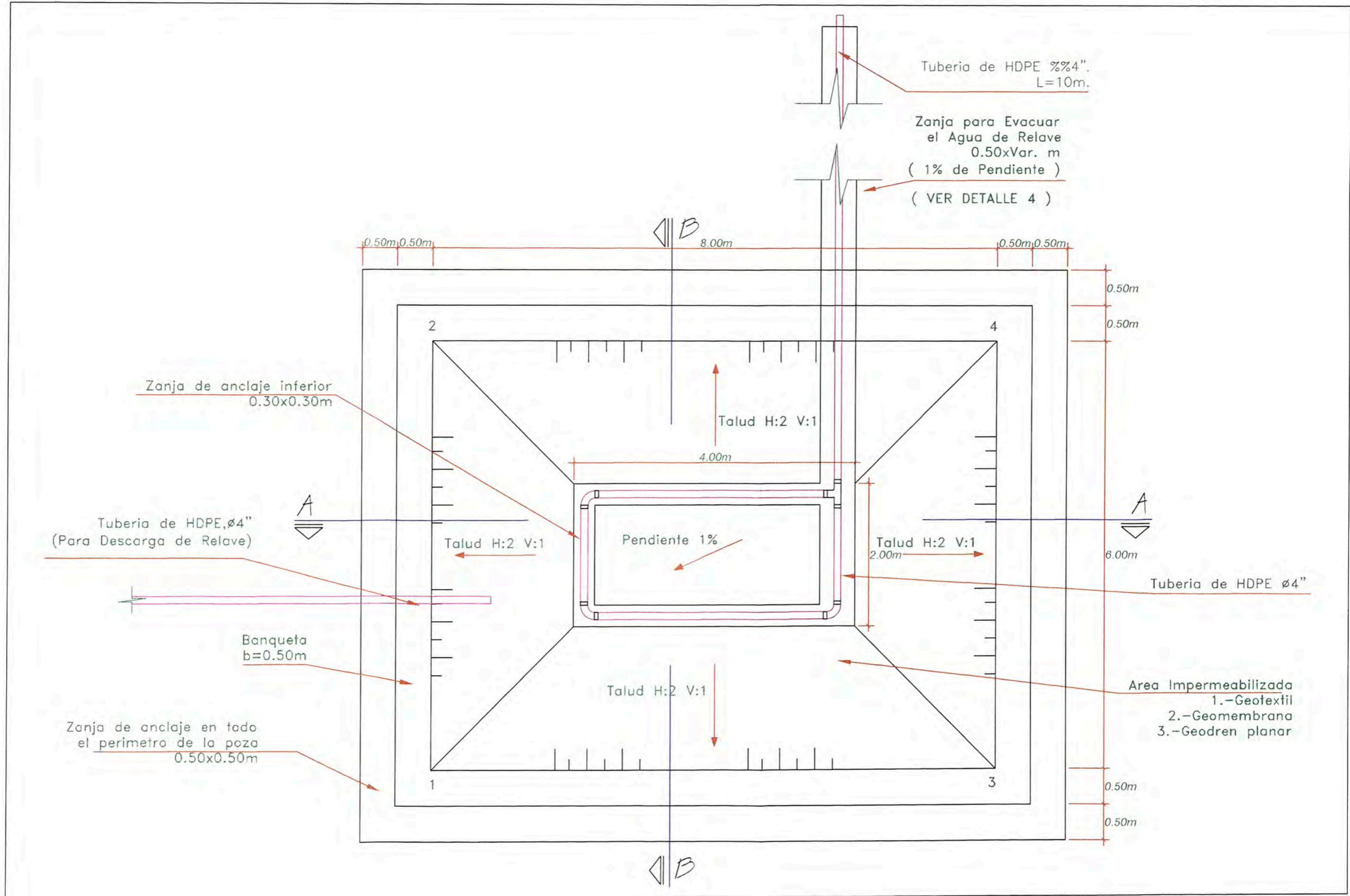
COORDENADAS DE UBICACIÓN DEL DEPOSITO DE RELAVES			
PUNTO	ESTE	NORTE	ALTITUD msnm
1	277121.34	8670519.58	108
2	277118.24	8670514.44	108
3	277114.49	8670523.71	108
4	277111.39	8670518.58	108

LINEA BASE			
PUNTO.	ESTE	NORTE	ALTITUD msnm
A	277122.00	8670511.00	108.275
B	277106.59	8670520.31	108.383

Calculos de movimiento de tierras				
Item	Descripción	Zona	Calculo	Unidad
1.00	Cotas			
1.01		Corona del depósito	108.00	m.s.n.m.
1.02		Base del depósito	107.00	m.s.n.m.
1.03		Salida de Dren	106.76	m.s.n.m.
2.00	Longitud			
2.01		Dren	84.84	m
3.00	Superficie			
3.01		Depósito de relaves	123.35	m ²
4.00	Volumen de Corte			
4.01		Depósito de relaves	61.85	m ³
4.02		Zanja de anclaje superior	7.50	m ³
4.03		Zanja de anclaje inferior	2.50	m ³
4.04		Zanja de tubería de drenaje	3.35	m ³
5.00	Volumen de relleno			
5.01		Zanja de anclaje superior	7.50	m ³
5.02		Zanja de anclaje inferior	2.50	m ³



REVISIONES	
N°	FECHA DESCRIPCIÓN



Tubería de HDPE 4".
L=10m.

Zanja para Evacuar
el Agua de Relave
0.50xVar. m
(1% de Pendiente)
(VER DETALLE 4)

Zanja de anclaje inferior
0.30x0.30m

Tubería de HDPE, 4"
(Para Descarga de Relave)

Banqueta
b=0.50m

Zanja de anclaje en todo
el perímetro de la poza
0.50x0.50m

Tubería de HDPE 4"

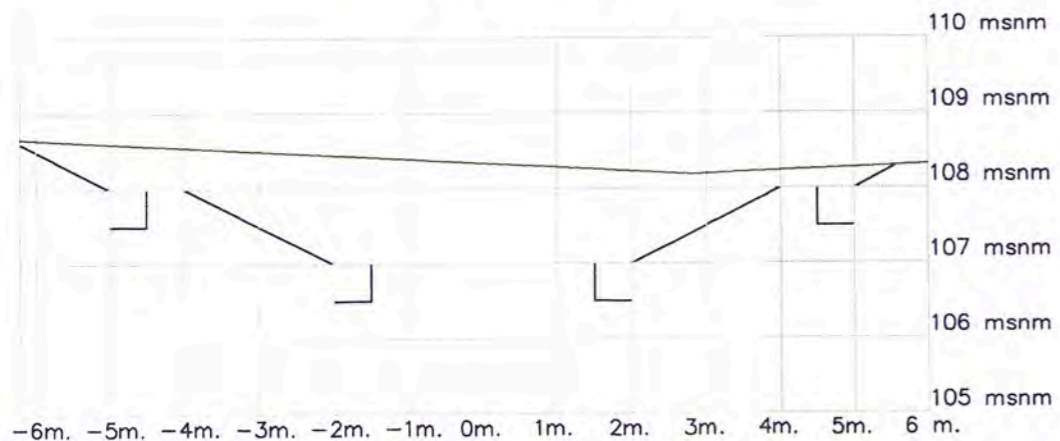
Area Impermeabilizada
1.-Geotextil
2.-Geomembrana
3.-Geodren planar

REVISIONES	
N°	FECHA

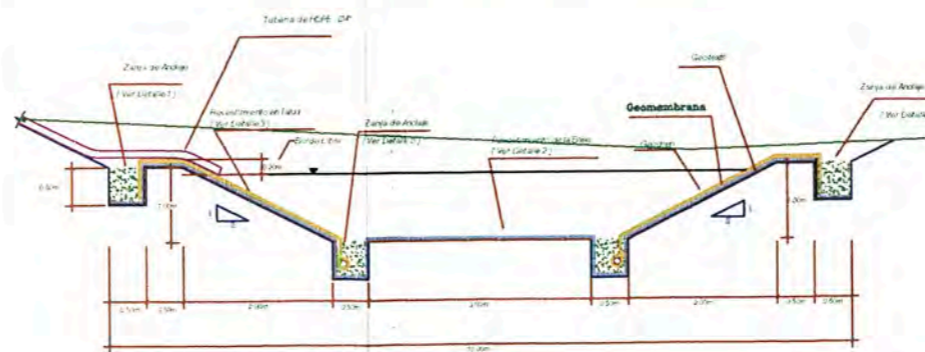
SECCIONES TRANVERSALES

SECCIONES TIPICAS

Corte A-A



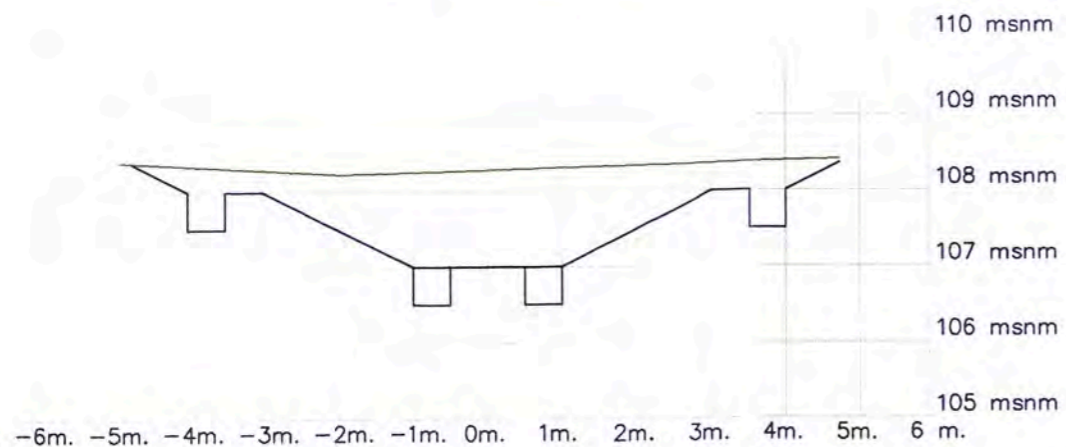
Seccion Tipica A-A



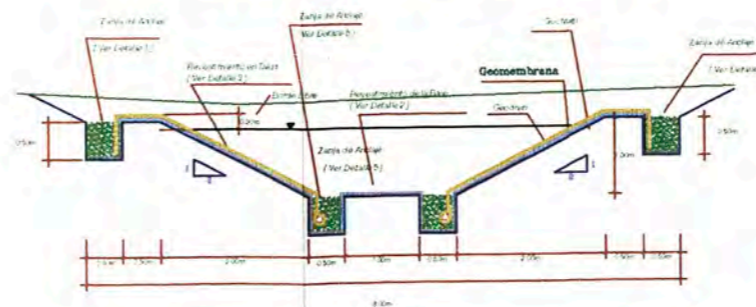
LEYENDA

- Terreno Natural
- Deposito de Relaves
- Geotextil No Tejido
- Geodren Planar
- Tuberia de HDPE
- Nivel Maximo del Relave

Corte B-B

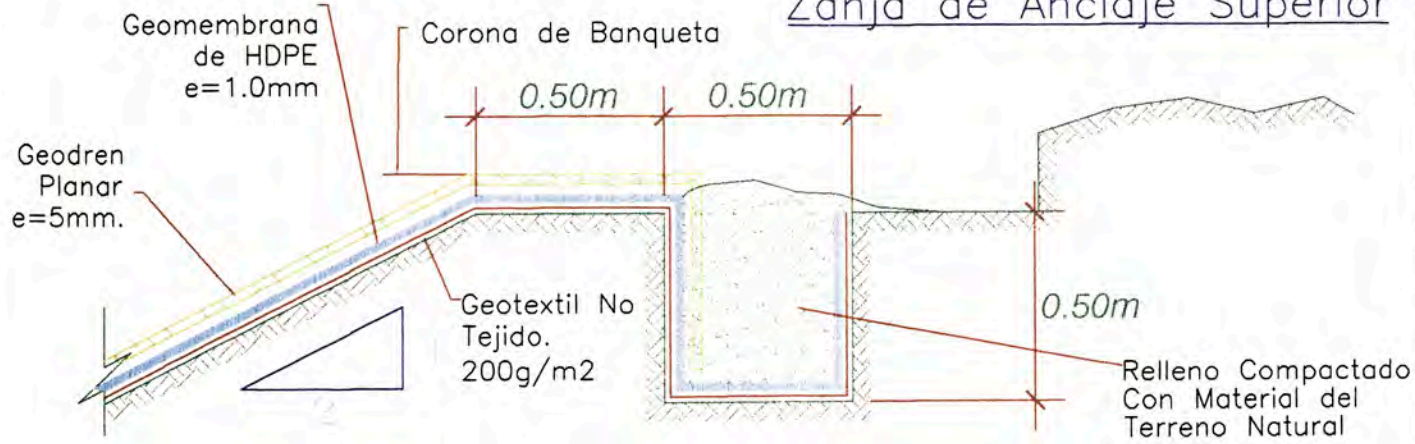


Seccion Tipica B-B



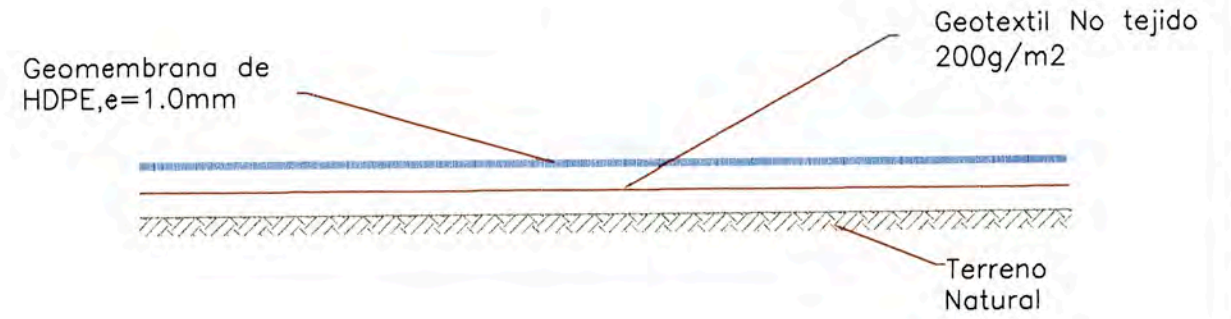
REVISIONES		
Nº	FECHA	DESCRIPCIÓN

Zanja de Anclaje Superior



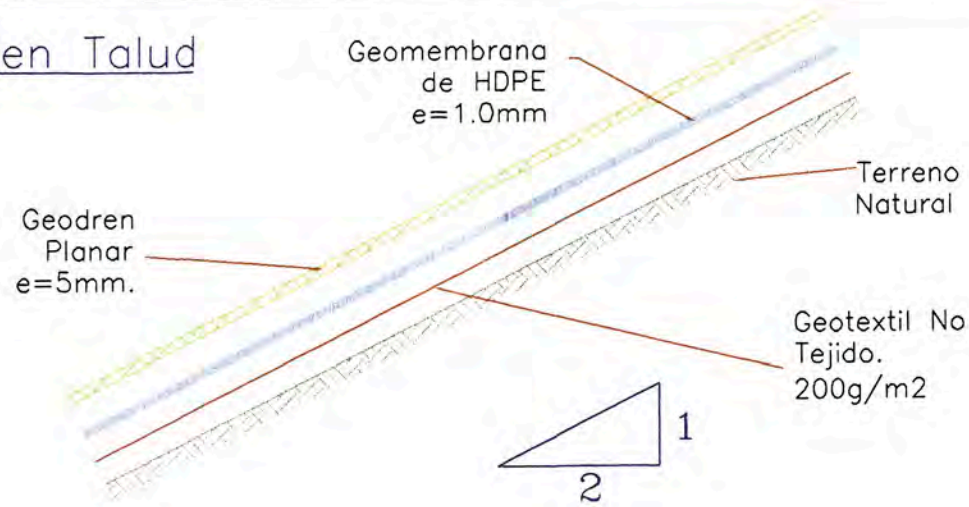
Detalle 1

Revestimiento en la Base



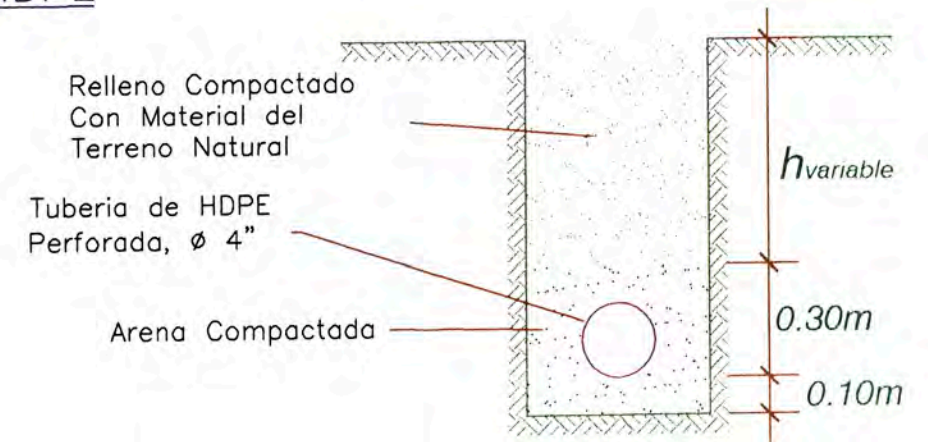
Detalle 2

Revestimiento en Talud



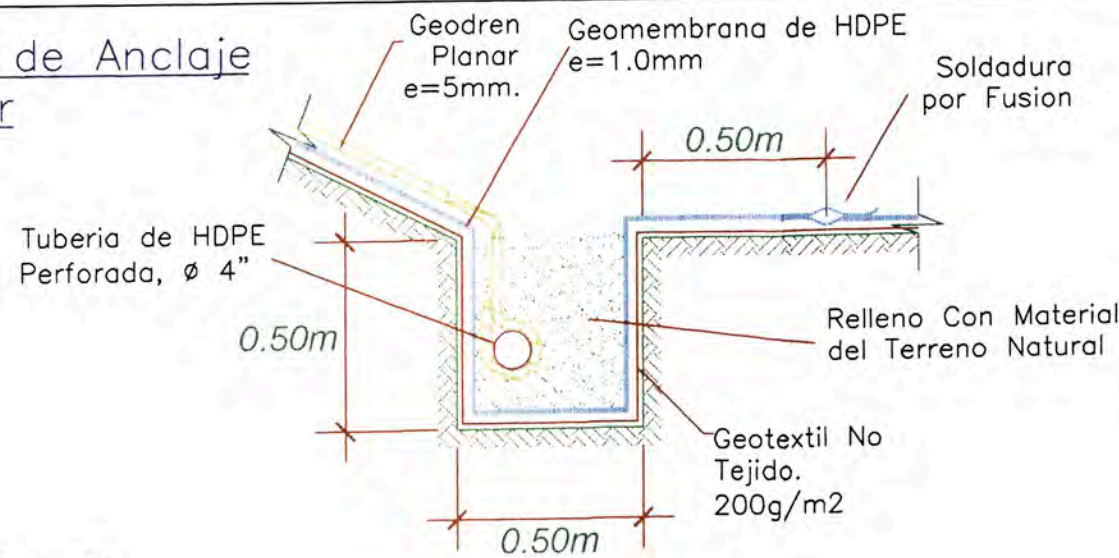
Detalle 3

Zanja para Tubería de HDPE

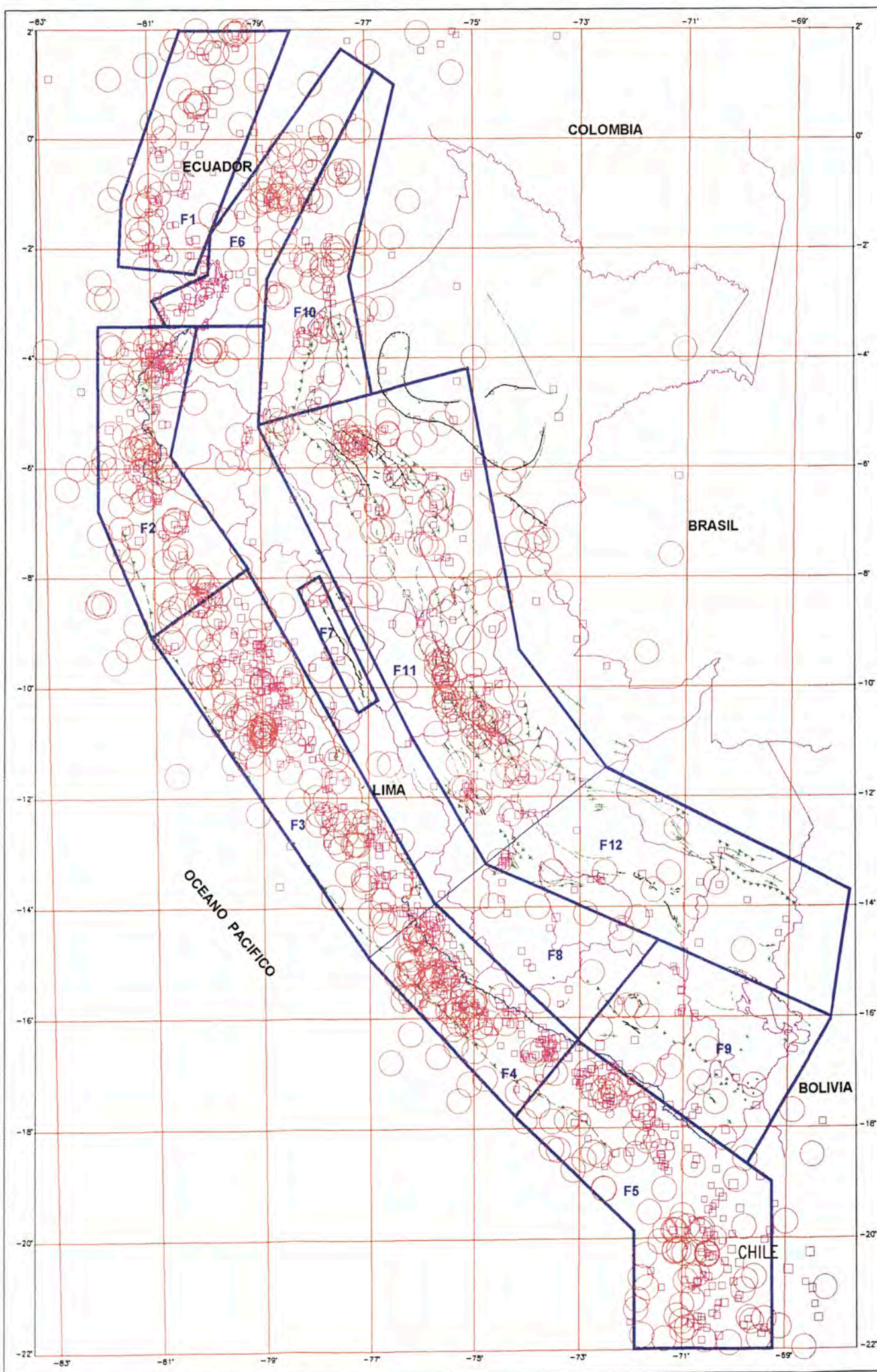


Detalle 4

Zanja de Anclaje Inferior



Detalle 5



Plegamientos	Flexural	Anticlinal	Sinclinal
ACTIVAS			
CUATERNARIAS (NO ACTIVAS)			

MOVIMIENTOS VERTICALES

		Velocidad(V)	Levantamiento	Subsidencia
En Lineas de Costa	Debil	$V < 0.3 \text{ mm/año}$		
	Moderada	$0.3 < V < 0.6$		
	Fuerte	$V > 0.6 \text{ mm/año}$		
En Continente				

VULCANISMO	Holoceno	Volcanes con actividad historica	
		Volcanes activos actividad "Holocena"	
	PLIO-CUATERNARIO		

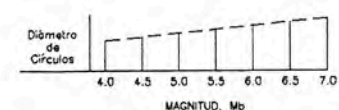
FALLAMIENTO	ACTIVAS	CUATERNARIAS (NO ACTIVAS)
Falla Normal		
Falla Inversa		
Falla Transcurrente		
Falla con sentido de deslizamiento desconocido		
Falla Normal Probable		
Falla Inversa Probable		
Falla Probable "en general"		

Fallas conocidas por Melodos Indirectos	En superficie	Profundas

SISMOS SUPERFICIALES (0-70KM)

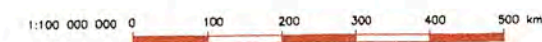
MAPA DE DISTRIBUCION DE EPICENTROS
CATALOGO SISRA (1963-1990)
MAPA NEOTECTONICO
IGP - CERESIS - 1991 (MACHARE - LEUREYRO)

LEYENDA



PROFUNDIDAD

- De 0 a 33 Kms. — SUPERFICIALES
- De 34 a 70 Kms. — INTERMEDIOS
- De 71 a 300 Kms. — PROFUNDOS
- De 301 a 700 Kms. — PROFUNDOS



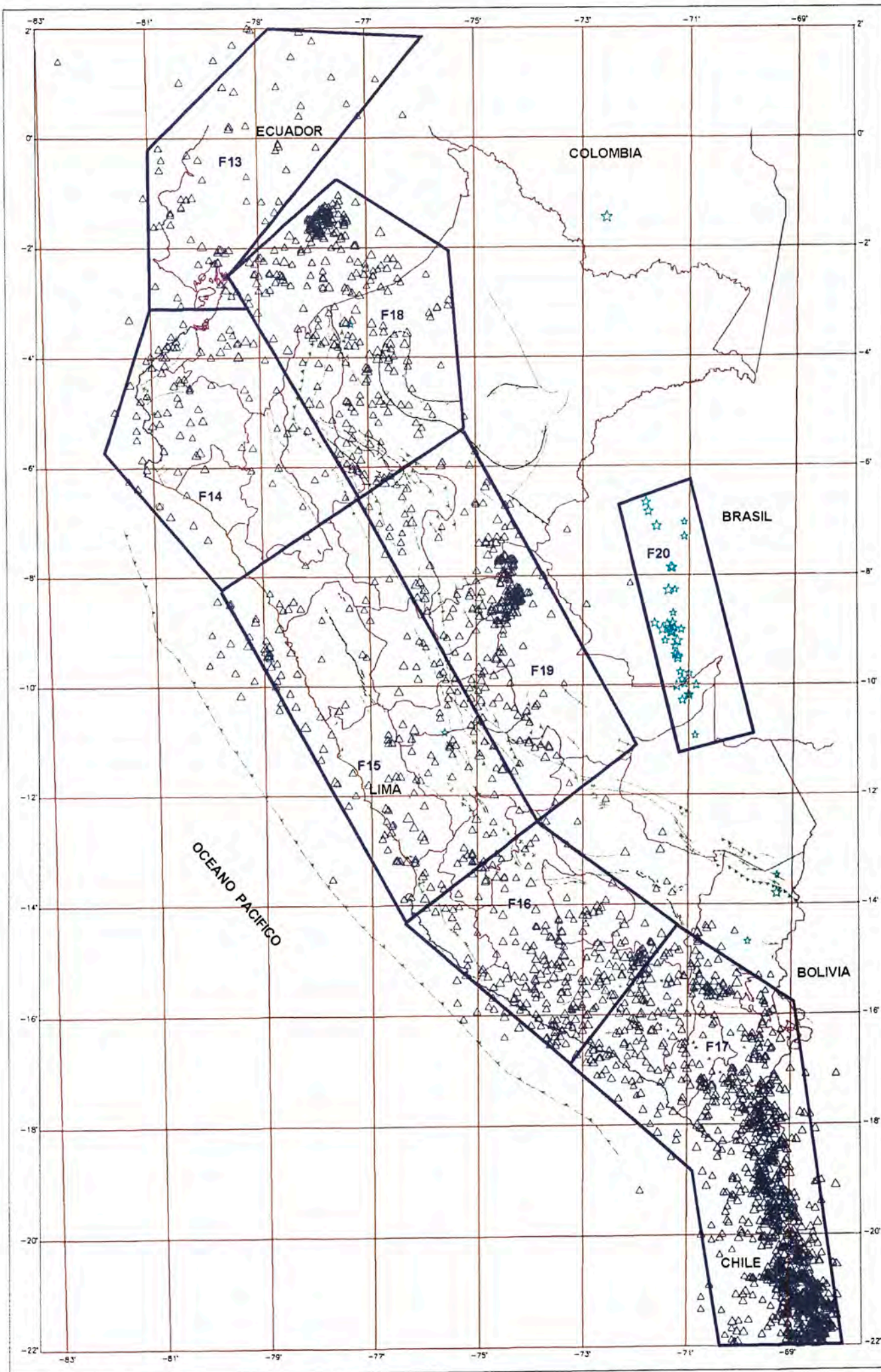
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Curso de Titulación por Actualización de Conocimientos

PROYECTO:
DEPÓSITOS DE RELAVES CON APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS - ESTUDIOS BASICOS DE INGENIERIA

GEOTECNIA

PLANO: **FUENTES SISMOGENICAS SUPERFICIALES** PLANO N°: **PR-GT-01**

ELABORO : E.A.S. REVISO : ESCALA : INDICADA
DIBUJO : APROBO : FECHA :



Plegamientos	Flexural	Anticlinal	Sinclinal
ACTIVAS			
CUATERNARIAS (NO ACTIVAS)			

MOVIMIENTOS VERTICALES

		Velocidad(V)	Levantamiento	Subsidencia
En Líneas de Costa	Debil	$V \leq 0.3 \text{ mm/a}$		
	Moderado	$0.3 < V \leq 0.6$		
	Fuerte	$V > 0.6 \text{ mm/a}$		
En Continente				

VULCANISMO	Holoceno	Volcanes con actividad historica	
			Volcanes activos actividad "holocena"
		PLIO-CUATERNARIO	

FALLAMIENTO	ACTIVAS	CUATERNARIAS (NO ACTIVAS)
Falla Normal		
Falla Inversa		
Falla Transcurrente		
Falla con sentido de deslizamiento desconocido		
Falla Normal Probable		
Falla Inversa Probable		
Falla Probable "en general"		
Fallas conocidas por Metodos Indirectos	En superficie	Profundas

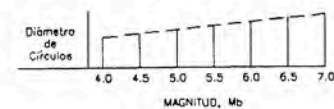
SISMICIDAD (71 A 700 KMS)

MAPA DE DISTRIBUCION DE EPICENTROS CATALOGO SISRA (1963-1992)

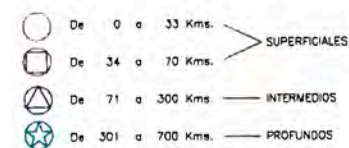
MAPA NEOTECTONICO

IGP - CERESIS - 1991 (MACHARE - LEUREYRO)

LEYENDA



PROFUNDIDAD



1:100 000 000 0 100 200 300 400 500 km

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Curso de Titulación por Actualización de Conocimientos

PROYECTO:
DEPÓSITOS DE RELAVES CON APLICACIÓN DE GEOSINTÉTICOS - ESTUDIOS BASICOS DE INGENIERIA

GEOTECNIA

PLANO:
FUENTES SISMOGENICAS PROFUNDAS

PLANO N°:
PR-GT-02

ELABORO : E.A.S.
DIBUJO : E.A.S.

REVISO :
APROBO :

ESCALA : INDICADA
FECHA : ABRIL-2007