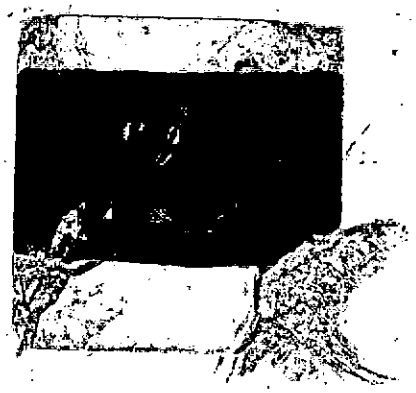
E 48



HIDROGEOCOL LTDA.
HIDROGEOLOGIA COLOMBIANA

ESTUDIO DE HIDROGEOLOGIA AMBIENTAL EN LA ZONA DE SANTA BARBARA SANTA FE DE BOGOTA

SANTA FE DE BOGOTA, D.C., Abril de 1993

INGENIEROS GEOLOGOS CONSULTORES ESPECIALISTAS EN AGUAS SUBTERRANEAS

345 FOPAE AA 16-01-35

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias
FOPAE

ESSO COLOMBIANA LTDA.

MOBIL DE COLOMBIA S.A.

TERPEL DE LA SABANA S.A.

TEXAS PETROLEUM COMPANY LTD.

ESTUDIO DE HIDROGEOLOGIA AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA SANTAFE DE BOGOTA

INFORME FINAL

HIDROGEOLOGIA COLOMBIANA LTDA.

Bogotá, Abril de 1993

CONTENIDO

Pag.

1. INTRODUCCION 5
1.1. ANTECEDENTES 5
1.2. LOCALIZACION Y TOPOGRAFIA 5
1.3. OBJETIVOS Y GENERALIDADES DEL ESTUDIO 5

2. CONSTRUCCION DE LA RED DE MONITOREO 7
2.1. LOCALIZACION 7
2.2. PERFORACION 7
2.2.1. Equipo de Perforación 7
2.2.2. Método de Perforación 8
2.3. DISEÑO DE PIEZOMETROS 11
2.4. DETALLES DE LA CONSTRUCCION DE PIEZOMETROS 11
2.4.1. Materiales de Construcción 11
2.4.2. Instalación 12
2.4. DESARROLLO DE PIEZOMETROS 12

3. CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA 13
3.1. GEOLOGIA 13
3.2. COLUMNAS LITOLOGICAS 14
3.3. CORRELACION LITOLOGICA 14
3.4. PRUEBAS DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA 16

4. HIDROGEOQUIMICA 17
4.1. MUESTREO 17
4.2. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS ANALITICOS 17
4.2.1 Generalidades 17
4.2.2 Clasificación hidroquímica del Agua 18
4.2.3 Análisis de Hidrocarburos 18
4.2.4. Indices de Potabilidad del Agua 20

5. FLUJO SUBTERRANEO 22
5.1. MECANISMO DE TRANSPORTE DE CONTAMINANTES 22
5.2. Parámetros Hidrogeológicos 22
5.3. Superficie Piezométrica 23
5.4. TRANSPORTE POR ADVECCION. 23
5.5. OTROS MECANISMOS DE MIGRACION DE CONTAMINANTES 24

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 25

7. REFERENCIAS 27

TABLAS

FIGURAS

ANEXOS

LISTA DE ANEXOS

I. Especificaciones de los Equipos de Perforación

II. Columnas Litológicas

III. Pruebas Hidráulicas (SLUG)

IV. Aspectos Conceptuales y Salidas del Modelo de Simulación GRWF

V. Analisis en laboratorio de permeabilidad y granulometría.

VI. Resultados de Análisis Fisico-Químicos.

VII. Anexo Fotográfico.

LISTA DE FIGURAS

1. Mapa de Localización de la Zona
2. Mapa de Localización de Piezómetros
3. Geología de la zona
4. Corte Hidrogeológico A-A
5. Corte Hidrogeológico B-B
6. Corte Hidrogeológico C-C
7. Corte hidrogeológico D-D
9. Diagrama de Piper
10. Diagrama de Durov
11. Mapa Hidrogeoquímico
12. Diagrama de Shoeller
13. Superficie Piezométrica

LISTA DE TABLAS

1. Localización y profundidad de los piezómetros
2. Conductividad Hidráulica
3. Análisis Fisicoquímicos
4. Porcentajes de Balance catiónico-aniónico
5. Clasificación Hidroquímica
6. Cotas y Niveles Observados

1. INTRODUCCION

1.1. ANTECEDENTES

Ante la inquietud de los habitantes del Barrio Santa Bárbara Oriental, situado al Nororiente de la ciudad de SantaFé de Bogotá D.C., creada por la presunta presencia de hidrocarburos en el subsuelo en dicha zona, las compañías TERPEL DE LA SABANA S.A., ESSO COLOMBIANA LTD., TEXAS PETROLEUM COMPANY LTD. y MOBIL DE COLOMBIA S.A. solicitaron a la Firma HIDROGEOCOL LTDA, un estudio de Hidrogeología Ambiental, con el fín de cuantificar y determinar la posible existencia y en caso tal el grado de contaminación, los posibles orígenes y la forma de migración de elementos en las capas acuíferas.

1.2. LOCALIZACION Y TOPOGRAFIA

La zona de estudio corresponde al barrio Santa Bárbara (Oriental), cuya área está comprendida entre las calles 116 (Avda. Pepe Sierra) y 127 (Avda. 127A) y entre las carreras 7 (Avda. 7) y 9 (Avda. 9) (véase Figura No. 1).

La morfología de la zona es de piedemonte, con un drenaje superficial con dirección predominante Este-Oeste.

1.3. OBJETIVOS Y GENERALIDADES DEL ESTUDIO

Como se mencionó anteriormente, el objetivo del estudio es determinar el posible grado de contaminación, orígenes y forma de migración de elementos contaminantes (naturales y artificiales) en los horizontes acuíferos; particularmente en lo que se refiere a la posible contaminación del acuífero superior por filtraciones de combustibles a partir de los tanques de almacenamiento de las estaciones de servicio

localizadas sobre la carrera 7; Cll 127 (TERPEL), Cll 124 (TEXACO), Cll 121 (ESSO) y Cll 119 (MOBIL).

Para llevar a cabo el objetivo anterior se inició la ejecución del proyecto con la construcción de 24 pozos o piezómetros de monitoreo, los cuales fueron la base para las demás actividades como son: el análisis litológico de las muestras, pruebas de conductividad hidráulica, análisis fisico-químicos y de hidrocarburos, y en general toda la hidrogeología, haciendo énfasis en la ocurrencia y distribución del flujo subterráneo, direcciones, velocidades y tasas de flujo con miras a la definición del modelo hidrogeológico y finalmente la hidrogeoquímica del área investigada para la determinación de los elementos que precisarían en caso de existir, la migración de un contaminante (natural ó artificial) en las capas acuíferas.

2. CONSTRUCCION DE LA RED DE MONITOREO

2.1. LOCALIZACION

Se construyeron 24 piezómetros de monitoreo, cuya localización se presenta en la Figura No. 2. Su ubicación fue escogida conjuntamente con el comité técnico conformado por las partes, de tal manera que se pudiera tener una distribución areal con una densidad alta cerca a las estaciones de servicio (localizadas sobre la Av. 7), pero también teniendo algunos piezómetros en zonas más retiradas, dentro del mismo barrio, para cuantificar la magnitud y dirección del flujo subterráneo y condiciones hidrogeoquímicas.

La ubicación también se ajustó a los sitios disponibles como son zonas verdes, libres de redes de acueducto, alcantarillado y de teléfono; también en ocasiones la red eléctrica fué una limitante para la ubicación de los piezómetros, por encontrarse muy cerca a las torres de perforación de los equipos utilizados. También no siempre fué posible encontrar zonas verdes, teniendo que perforar concreto de andenes y sardineles.

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

2.2. PERFORACION

2.2.1. Equipo de Perforación

Para la perforación se utilizaron diferentes equipos. Inicialmente, según las condiciones de campo proyectadas se emplearon dos equipos. El primero, constituido por un taladro de circulación directa de lodos[1] , de menor tamaño, formado por una torre de 3 metros de

[1] Es importante anotar que para evitar las alteraciones que introduce la utilización de lodos durante la perforación en los resultados de los análisis hidroquímicos, se sustituyeron por agua en todas las perforaciones como se detalla más adelante, así pues, siempre que se aluda a fluidos de perforación se trata de agua.

alto, un motor sostenido por una polea viajera dentro de la torre (el cual induce la torsión sobre la tubería de perforación) y una bomba impulsora para el fluido de perforación (Ver Anexo I.1) y el segundo por un barreno manual de espiral. La presencia de cantos y rocas de tamaño apreciable (hasta de 30 cm de diámetro) especialmente en los dos primeros metros de perforación y las condiciones hidrogeológicas como capas de acuíferos a presión de arenas friables, fueron las causas para impedir el paso del elemento perforador (trépano) en el caso del primer equipo e impedir la recuperación del ripio y atrapar el espiral en el segundo caso.

Bajo las nuevas condiciones del terreno, se decidió utilizar dos máquinas de mayor tamaño, la primera de las cuales debió ser sustituida nuevamente pues su sistema hidráulico no garantizaba el requerimiento de mantener completamente libre de hidrocarburos el equipo y materiales que intervinieran en la fase constructiva de los piezómetros. En su reemplazo, operó un taladro de circulación semejante al utilizado inicialmente pero de especificaciones más exigentes en cuanto a potencia de los motores, altura de la torre (5 m) y peso de la sarta de perforación (Ver Anexo I.2). La segunda máquina utilizada fué un taladro de circulación de lodos montado sobre un camión Isuzu (Ver Anexo I.3). Igualmente fue necesario emplear un martillo de percusión para remover estratos de dureza especial como rellenos, cantos de mayor tamaño y bancas de calzadas antiguas. Las especificaciones técnicas de los equipos utilizados se incluyen en el Anexo I. El diámetro de perforación fué de 4" aproximadamente.

2.2.2. Método de Perforación

Se utilizó el método de rotación con circulación directa de agua de buena calidad, para no contaminar las capas acuíferas. A continuación se presentan las generalidades del método.

La perforación a rotación se realiza mediante el giro de una dispositivo de corte o broca, que es impulsada por un varillaje o sarta de perforación. El giro que la sarta transmite a la broca se lo

proporciona desde la superficie del terreno una cabeza de rotación que es parte integral del equipo de perforación. El corte, detritus o ripio producido durante la perforación es extraído a la superficie por medio de un fluido, el cual es impulsado por una bomba. El fluido recorre el interior de la sarta de perforación, para retornar al exterior, arrastrando el ripio, por el espacio anular existente entre la sarta y la pared del pozo.

Los elementos fundamentales que intervienen en la realización de un pozo perforado utilizando rotación son:

1-. La sarta de perforación.

2-. La máquina de perforación que, desde la superficie del terreno, proporciona a la sarta el movimiento de giro y avance que se transmite a la broca.

3-. El fluido de perforación, es en general un lodo, con frecuencia bentonítico. En ocasiones es necesario adicionar aditivos para adecuar sus características a las necesidades de la perforación.

Generalmente, la sarta de perforación esta formada por los siguientes elementos:

1.- Broca
2.- Sustitutos ó acoples para cada tipo de broca.
3.- Lastrabarrenas.
4.- Sustitutos de roscas de lastrabarrenas a la sarta.
5.- Tubería de Perforación.
6.- Sustituto de acople del Kelly.
7.- Barra de acople a la cabeza de rotación o barra Kelly.
8.- Cabeza giratoria o de inyección.

Fueron utilizadas brocas de aletas y triconos con tres rodillos o "piñas", con sus respectivos sustitutos.

En las labores realizadas en Santa Bárbara fué necesario utilizar lastrabarrenas, en razón a que los sedimentos perforados no son sueltos en muchas zonas y a diferentes profundidades de manera que el peso natural de la sarta no era suficiente para las labores de perforación. El diámetro de la sarta de perforación fue de 11/4 pulgadas.

El método de circulación directa, aunque es muy versátil, con frecuencia puede tener desventajas en la construcción de pozos de monitoreo, principalmente por la contaminación que puede introducir el fluido de perforación en la zona permeable. Igualmente puede diluir los sedimentos finos, en especial las arcillas, y por lo tanto no dar un reflejo totalmente fiel de la columna litológica del pozo. También el hecho de utilizar una herramienta de corte (broca tricono) enmascara las condiciones naturales de los sedimentos, ya que produce la rotura y desagregación de las partículas.

Para evitar la posible contaminación por lodos de perforación, se utilizó agua como fluido de perforación, y generalmente sin retorno al mismo pozo. La función de los lodos utilizados como fluidos de perforación es, además de arrastrar consigo detritos de tamaños considerables, la de darle estabilidad a las paredes del pozo cementándolas ligeramente para que el orificio se mantenga abierto, así pues, la utilización de agua en su lugar (la cual es altamente recomendada en pozos de monitoreo de contaminación) introduce problemas adicionales de estabilidad durante la perforación. Solo en uno de veinticuatro casos se agregó bentonita al agua cuando se tuvieron problemas de fugas y estabilidad.

En algunas ocasiones el enmascaramiento de las arcillas dentro del fluido de perforación fue imposible de evitar. Su presencia fue evidenciada en algunos casos, cuando el fluido de perforación mostraba un cambio apreciable en su coloración, y mediante el registro eléctrico puntual.

Uno de los métodos de perforación más eficientes para construcción de pozos de monitoreo es el barreno helicoidal de eje hueco. El

método ha sido aplicado desde la decada de los 50, principalmente en suelos y geotécnia, y en los últimos años en construcción de pozos de monitoreo. Existe literatura sobre su aplicación en hidrogeología, pero no existe un procedimiento estandar de su técnica. En Colombia aún no se ha aplicado en forma rigurosa, únicamente se han efectuado algunas pruebas con este tipo de sartas construídas en talleres locales.

2.3. DISEÑO DE PIEZOMETROS

Las características generales de diseño y construcción de los pozos de monitoreo se pueden observar en las figuras Nos. 2-a a 2-w, en el Anexo II, en donde se presentan en forma detallada el diseño y construcción de los 24 piezómetros instalados.

Los piezómetros se diseñaron para captar la carga hidráulica en la parte superior de la zona permeable (en aquellos donde no existe confinamiento coresponde al nivel freático), y también para permitir el muestreo de agua y pruebas hidráulicas en esta misma zona donde, de existir, se encontrarían en forma laminar o disueltos aquellos productos de menor densidad que el agua como los hidrocarburos.

Los piezómetros construídos fueron de tipo "puntual", abiertos sólo en su extremo inferior mediante una rejilla de 1,00 m ó 1,50 m de longitud.

La Tabla No. 1 registra la localización y profundidad de los piezómetros.

2.4. DETALLES DE LA CONSTRUCCION DE PIEZOMETROS

2.4.1. Materiales de Construcción

El material utilizado para los piezómetros fue tubería de PVC con diámetro de 2" RDE 21, con sus respectivos acoples en sus extremos.

La rejilla se construyó en campo, mediante ranuras (Ver Fotografía No. 4).

2.4.2. Instalación

La instalación de los piezómetros se efectuó limpiando y pegando los extremos de tubería. Se les adicionó grava seleccionada para cubrir toda la longitud de la rejilla. A continuación se aplicó un poco de arena, para impedir que el sello del piezómetro penetrara en la grava. Finalmente se agregó el sello compuesto por bentonita, cemento y arena.

La terminación de los piezómetros se hizo conformando una base de concreto, provista de una terminación metálica para válvula semejante a las empleadas en las lineas de conducción de agua. Esta tapa, al nivel de la superficie del terreno, será a su vez el nivel de referencia o datum utilizado para el control de niveles en cada uno de los pozos.

2.4. DESARROLLO DE PIEZOMETROS

La limpieza y desarrollo de los piezómetros se efectuó utilizando dos métodos: con aire comprimido y mediante baldeo. Inicialmente, utilizando un baldeador (bailer) provisto de una válvula en su extremo inferior, se removió de cada piezómetro una cantidad de agua entre los 10 y los 100 litros. Posterior al baldeo, inyectando aire comprimido se desalojó agua durante 30 minutos (en promedio) de cada piezómetro, realizando un nuevo baldeo para extraer una cantidad entre 2 y 4 veces el volumen de agua almecenado en el piezómetro, agua cuyas propiedades pudieran estar alteradas por la introducción del aire comprimido. Después de este último baldeo transcurrieron un mínimo de 3 dias antes del muestreo.

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

3. CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA

3.1. GEOLOGIA

Las condiciones geológicas generales de la zona de estudio se determinaron con base en una fotointerpretación de imágenes tomadas a una escala aproximada 1:8400, en el vuelo No. R-1132 (sobres 7918 y 7919) del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en Abril de 1988, y un reconocimiento detallado de campo. De esta forma se presenta el mapa geológico en la Figura No. 3.

GRUPO GUADALUPE

Al oriente de la zona de estudio, correspondiente a la morfología de montaña, está aflorando la Arenisca de Labor del Grupo Guadalupe; un poco más al Sur-Este aforan los Plaeners, también del mismo Grupo.

La Formación Arenisca de Labor corresponde a areniscas cuarzosas de grano fino a medio, con intercalaciones de limolitas.

La Formación Plaenners se presenta conformada por limolitas silíceas, con intercalaciones de arcillolitas y areniscas.

FORMACION SABANA

La Formación Sabana es un depósito cuaternario, el cual se localiza en la zona occidental del área de estudio, y está conformada por arcillas y arenas finas a medias.

COLUVION

La zona oriental del area de estudio corresponde a coluviones cuaternarios recientes, conformados por detritos de areniscas y plaenners pertenecientes al Grupo Guadalupe Superior.

3.2. COLUMNAS LITOLOGICAS

Las columnas litológicas se presentan en las figuras Nos. 2a a 2w (Anexo II), las cuales se obtuvieron a partir de las muestras de ripio de la perforación. Litológicamente el área está conformada por sedimentos de orígen Fluvio-Lacustre pertenecientes a la formación Sabana y por depósitos de gravas pertenecientes al coluvión (cuaternario más reciente).

Los sedimentos de la Formación Sabana se presentan con una variación de tamaño entre arcillas y arenas. Las arcillas en general se presentan plásticas untuosas, mientras las arenas son de grano fino a grueso, y en general de limpias a limo-arcillosas. Los depósitos de gravas pertenecen a un coluvión reciente que conforma un cono aluvial; estas gravas son detritos de areniscas y plaeners, producto de la meteorización de rocas crétaceas pertenecientes al Grupo Guadalupe. En los piezómetros localizados más al nororiente se detectaron arcillas plásticas color verde que posiblemente se correlacionan con la Formación Guaduas.

3.3. CORRELACION LITOLOGICA

Con el fin de establecer la correlación y continuidad entre los niveles permeables encontrados en la construcción de los veinticuatro (24) piezometros, se elaboraron cuatro (4) cortes geológicos (Figuras Nos. 4 a 7), los cuales se analizaron conjuntamente con las columnas levantadas.

El corte A-A' (Figura No. 4), involucra los piezómetros P1, P9 y P10. El P1 y P9 tienen una correlación directa, pero se presenta un cambio de facie en el P10, ya que como se ha dicho la zona Nor-Occidental se presentan arcillas plásticas que pueden correlacionarse posiblemente con la Formación Guaduas. En la parte superior presentan unas arenas finas sucias, que en general muestran una continuidad hidráulica con valores medios de permeabilidad.

Es posible que los espesores acuíferos superficiales registrados en los pozos P1 y P9 sean aún mayores, ya que las perforaciones alcanzaron profundidades inferiores a cambios litológicos importantes.

En el corte B-B' (Figura No. 5), entre los piezometros P12, P17 Y P18 se observa una correlación de arenas muy definida entre el P12 y P17, mostrándose nuevamente la presencia de arcillas correlacionables posiblemente con la Formación Guaduas. Nuevamente se esperan espesores permeables mayores a las profundidades alcanzadas.

En el corte C-C (Figura No. 6), entre los piezómetros P4,P14 Y P15, se localizan niveles arcillosos en la parte superior hacia la zona del P4, que confina las arenas que en el P14 se encuentran aflorando. En el P15 los conglomerados presentan permeabilidades menores quen el P14 y P19, por lo que se consedera que su matriz es arcillosa, efecto que se evidencia en el registro eléctrico. También se esperan capas permeables mas profundas.

Los cortes A,B,C se hiceron en sentido Oriente-Occidente, en tanto que se realizó un corte general Norte-Sur, para obtener un corte hidrogeológico frontal. En el corte D-D (Figura No. 7) , nuevamente hacia el Nor-oriente se evidencia hacia el fondo la sedimentación arcillosa, mostrando que las zonas permeables se localizan hacia la parte superior, siendo de menor espesor, mientras que hacia el sur, los acuíferos continuan a profundidades mayores que las prospectadas en las perforaciones, presentandose claros cambios de facies laterales, en este tipo de depósito de energía media a alta. Se

puede también determinar la componente Norte-sur del Flujo Subterráneo.

Estas condiciones hidrogeológicas correlacionan con los resultados del modelo de flujo, en donde se presetan flujos altos en la zona central y sur del área de estudio.

Es interesante observar la cabeza piezométrica en el P11, el cual resulta saltante.

3.4. PRUEBAS DE CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA

En cada uno de los piezómetros se ejecutaron pruebas de conductividad hidráulica ó valvuleo (Slug) in situ, utilizando para este fin una cuchara o baldeador (bailer).

Los datos de campo se incluyen en el Anexo III, figuras III.1 a III.22. La conductividad hidráulica obtenida está entre 12 y 0.03 m/d siendo sedimentos con permeabilidad media a media alta. En la tabla 2 se presentan los valores obtenidos.

También se ejecutaron pruebas de permeabilidad en laboratorio y análisis granulométricos, los cuales correlacionan muy bién con las pruebas efectuadas "in situ".

4. HIDROGEOQUIMICA

4.1. MUESTREO

Para la determinación de la calidad físico-química del agua se recolectaron muestras en los piezómetros construídos durante el proyecto; labores efectuadas el día 26 de Marzo de 1993.

El muestreo se realizó mediante baldeadores (bailers). Una vez con el piezómetro limpio, desarrollado y purgado se recolectó la muestra con el baldeador depositándola en tres recipientes con una capacidad de 1 litro aproximadamente, los cuales fueron cuidadosamente lavados con agua desmineralizada, adicionándole a algunas muestras ácidos nítrico y sulfúrico, con el fín de preservarlas. Esta labor fue llevada a cabo por personal del Laboratorio de Ambiental de la Universidad de Los Andes. También se tomaron seis contramuestras, las cuales fueron remitidas al Instituto Colombiano del Petróleo.

En la tabla No.2 se incluyen los análisis suministrados por el laboratorio, el balance catiónico-aniónico se presenta en la tabla No.3, y la clasificación del agua, el porcentaje de miliequivalentes/litro utilizados para los diagramas de Piper y Durov, se resumen en la tabla No.4.

4.2. INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS ANALITICOS

4.2.1 Generalidades

La representación gráfica de los análisis se hizo a partir de los diagramas de Piper, Stiff y Durov, y de las relaciones de Calcio a Magnesio, de Sodio a Cationes y los sólidos totales disueltos (STD).

Con los diagramas de Piper y Durov (Figuras No. 15 y 16) se clasificaron geoquímicamente las muestras de agua, cuya identificación se hizo utilizando el número del piezómetro de toma respectivo.

Junto con los diagramas poligonales de Stiff y las concentraciones de solidos totales disueltos (Figura 17), se obtiene la distribución areal de la calidad química.

Con estos diagramas se determinan las variaciones de calidad química del agua subterránea que fluye por el acuífero superior, y su variación espacial influenciada por los diversos procesos interactuantes como son: recarga, descarga y tiempo de residencia.

4.2.2 Clasificación hidroquímica del Agua

Aunque los iones disueltos en el agua tienen valores muy bajos, las muestras se pueden clasificar hidroquímicamente a partir del diagrama de Piper (Figura No.15) mediante los porcentajes de los iones dominantes. La clasificación hidroquímica se presenta en la Tabla 5, en donde predomina el tipo de agua clorurada cálcica.

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

4.2.3 Análisis de Hidrocarburos

HIDROCARBUROS SOLUBLES Y NO SOLUBLES

Los Hidrocarburos Libres y Solubles son aquellos que son transportados por el agua subterránea, bién sea solubles o libres. No se evidencia ninguna contaminación por hidrocarburos en la zona saturada, es decir aquellos que son transportados por el agua subterránea, bién sea solubles ó libres. Solamente la muestra del pozo de monitoreo No.2 mostró una concentración de 0.96 mg/l., concentración extremadamente baja comparada con concentraciones tipo en otros paises (Piyush S. Shah, 1991)[1] que no tiene ningún

[1] ESSO ENGINEERING EUROPE LTD., DOC 91EEEL577, Piyush S. Shah, August 1991

impacto sobre los habitantes de la zona y menos aún cuando el agua de este estrato no es utilizada para consumo ni proceso alguno. Por otro lado esta presencia es puntual y no se evidencia correlación en los piezómetros vecinos. Sin embargo, hay que monitorear este piezómetro, y verificar si aumenta ó disminuye su concentración con el tiempo, para determinar si existe un foco de contaminación; también es recomendable efectuarle un análisis de BTX (Benceno, Tolueno, Xileno), para saber de que hidrocarburo se trata. Estas concentraciones no necesariamente obedece a filtraciones de tanques, tuberías ó accesorios de conducciones, bién puede ser derrames acumulados del uso rutinario de la estación de servicio, y no se descarta otro tipo de origen, como por ejemplo material orgánico de los suelos, residuos de la imprimación y asfalto durante la construcción de la avenida séptima, cualquier otro derrame de aceites, gasolinas etc. proveniente de la actividad de antiguos talleres. En consideración se descarta la contaminación acuífera por hidrocarburos.

HIDROCARBUROS RESIDUALES

Los Hidrocarburos residuales son aquellos que se localizan en la zona no saturada, su transporte es básicamente vertical, por medio de filtraciones "in situ". El transporte horizontal es despreciable ya que las componentes de flujo en la zona no saturada ó infiltración horizontal en la zona no saturada son mínimas (normalmente es del orden de milímetros ó centímetros en la horizontal).

Solamente en la perforacion del pozo de monitoreo P1 se evidenció muestras de hidrocarburos (al parecer aceite quemado) en la zona no saturada. Este tipo de contaminación residual en la zona no saturada obedece más a filtraciones locales, posiblemente originadas por derrames ocasionados durante las construcciones y reparaciones de la vía, en donde usualmente se usa aceite quemado y otros hidrocarburos para estas labores.

4.2.4. Indices de Potabilidad del Agua

En la zona no se utiliza las aguas subterráneas para consumo, pero a manera de información complementaria se dán los índices de potabilidad de las muestras recolectadas. Los resultados presentan concentraciones de iones muy bajos, que cumplen con las normas de potabilidad del agua, tal como se presentan en el diagrama de Shoeller de la Figura No.18. Solamente hay que anotar que el PH, con valores entre 5.2 y 6.8 las hacen ácidas. Desde el punto de vista de presencia de hidrocarburos, como se mencionó anteriormente, solamente la muestra del pozo No.2 no es apta para consúmo.

Indices Hidrogeoquímicos de Migración

Los diagramas de Piper y Durov (figuras No. 15 y 16), indican que las muestras tienen un mismo origen, los aniones están bastante concentrados en una sola área, los cationes muestran un poco más de dispersión. No hay evidencia que halla un intercambio iónico pronunciado, lo que indica que en general es agua muy reciente, infiltrada en un lapso de tiempo corto (menor de un año), lo cual se corrobora en el análisis hidráulico, mediante las velocidades de transporte advectivo.

En el mapa hidrogeoquímico (Figura No. 17), se observa la distribución espacial de la calidad química. Se han dado las concentraciones de Sólidos Totales Disueltos (TDS), y los diagramas de Stiff; también se dan valores de las relaciones Ca/Mg y Na/cationes.

Las concentraciones de STD, son índices generales de las condiciones del flujo. Se presentan zonas con muy bajas concentraciones de STD, en donde se interpreta como condiciones rápidas de flujo subterráneo, como también infiltración local de aguas lluvias, estas zonas corresponden a áreas con conductividades hidráulicas altas, y donde el gradiente hidráulico es pronunciado. Existen otras zonas con concentraciones más elevadas de STD, en

donde hay más intercambio iónico (aunque sigue siendo bajo su concentración), que corresponden a zonas en donde el tiempo de residencia del agua subterránea es mayor y obviamente en áreas con baja conductividad hidraúlica.

Las relaciones Na/cationes pueden indicar intercambio catiónico, aunque no hay parámetros estandar para su análisis (Zaporozec, 1970).

La relación Ca/Mg es relativamente alta pero no es determinante a las concentraciones que se obtuvieron; normalmente, esta relación es útil en aguas que fluyen por sedimentos carbonatados, ó calizas.

5. FLUJO SUBTERRANEO

5.1. MECANISMO DE TRANSPORTE DE CONTAMINANTES

El flujo saturado de agua subterránea es el mecanismo dominante para el transporte de un contaminante en un acuífero superficial. Su evaluación se determinó con base en la cabeza hidráulica medida, la conductividad hidráulica, y un modelo numérico de simulación. El modelo permite ajustar las cabezas hidráulicas a lo largo del área de estudio, estimando la superficie piezométrica, las direcciones de flujo, y el transporte por advección. Aunque es un modelo operacional, no es un modelo definitivo, ya que uno detallado exigiría mayor número de puntos de control piezométrico fuera del área, y fundamentalmente la observación del sistema a largo plazo.

Los aspectos cenceptuales y computacionales del modelo se presentan en el Anexo IV.

El modelo utilizado fue el GRWF (Ground Water Flow, Molano 1985), el cual simula el flujo areal bidimensional bajo cualquier condicion de acuífero (libre, confinada, semiconfinada, mixta)

5.2. Parámetros Hidrogeológicos

La imulación se efectuo en estado estacionario, ya que actualmente solo se tienen datos para el mes de marzo de 1993, y para condiciones libres a confinadas, de manera que el parámetro hidrogeológico más relevante es la conductividad hidráulica.

Puesto qué el programa de monitoreo pretende evaluar las condiciones del acuífero más superficial, se puede considerar conceptualmente que se trata de un acuífero de una capa, libre en general en la parte oriental de la zona de estudio y confinado hacia la

parte occidental (los resultados se dan por metro de espesor de acuífero), y según los resultados de las pruebas hidráulicas de mayor conductividad hidráulica en la zona central (Cll. 121) y menor en los extremos norte y sur (ver figura 1 y Anexo IV). Con base en valores arrojados por las pruebas hidráulicas de campo se asignaron conductividades hidráulicas entre 2 y 18 m/d.

5.3. Superficie Piezométrica

Con los programas anexos al modelo GRWF: el GRWFRED, GRWFVEL, GRWFMAP y GRWFCORT, se pueden obtener otro tipo de resultados con salidas gráficas de la modelación de acuíferos.

El programa GRWFRED permite obtener la gráfica de Líneas Equipotenciales o Cabezas piezométricas, de toda la región. Estos resultados se presentan en la figura 13, en donde se ha dibujado las curvas equipotenciales a partir de los resultados del modelo (Ver Anexo IV). Se presenta la superficie piezométrica reproducida calibrando el modelo con la información de niveles registrada en el mes de Marzo de 1993; esta superficie puede variar sensiblemente, según el régimen de lluvias e infiltración. En la tabla 6, se presentan las cotas de terreno y los niveles registrados, los cuales fueron la base para la calibración.

El programa GRWFMAP permite obtener los mapas de conductividad hidráulica, y otros parámetros como almacenamiento, Cabeza Constante, Pozos Remediales, infiltración y evaporación (véase anexo IV).

5.4. TRANSPORTE POR ADVECCION.

El programa GRWFVEL permite obtener los vectores de velocidad del flujo del Agua Subterránea, que representan el transporte por advección, considerando la magnitud, dirección y sentido (véase

anexo IV). Para el calculo de velocidades se tomó una porosidad media de 0.2.

La zona que tiene una velocidad más pronunciada se encuentra entre las calles 120A y 123. Las velocidades medias son de 1 m/día, mientras en el resto del área se tienen velocidades medias de 0.2 m/día y menores.

5.5. OTROS MECANISMOS DE MIGRACION DE CONTAMINANTES

Otro mecanismo de migración, que eventualmente puede ocurrir es a partir de las variaciones estacionales de los niveles piezométricos, especialmente en épocas de lluvias; de ahí que sea muy importante registrar los niveles de agua en los pozos de monitoreo cada mes.

Básicamente este mecanismo de transporte tiene lugar cuando existe algún contaminante (por ejemplo hidrocarburo residual) en la zona no saturada, y al elevarse los niveles de tabla de agua, comienzan a migrar en el sentido del flujo subterráneo.

Finalmente cabe mencionar que existe también dispersión de cualquier contaminante que fluje en la capa acuífera investigada. Los mecanismos de dispersión ocurren por la tortuosidad del flujo subterráneo y por la difusión dentro del medio. Es factible que cualquier contaminación que hubiese ocurrido en el pasado haya sufrido este fenómeno.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante el estudio de hidrogeología ambiental llevado a cabo durante los meses de Febrero a Abril de 1993, se concluye que a excepción de un punto, no se encontraron hidrocarburos en el área de Santa Bárbara. Solamente se detectó una concentración de 0.96 mg/lt en el piezómetro N° P2. Es importante resaltar que esta concentación no tiene ningún efecto ambiental importante en la zona que pueda constituir algún riesgo para los habitantes de la zona; además el hecho que en los piezómetros P6, P12 y P17 (situados en la vecindad del P2, y aguas abajo en la dirección de flujo) no se encontraron hidrocarburos confirma que se trata de una presencia mínima de hidrocarburo a nivel local.

En el área de Santa Bárbara se presentan tanto condiciones de alta permeabilidad, como zonas de muy baja permeabilidad, con valores entre 0.04 a 8 m/día

En el estudio se pudieron determinar zonas con diferentes velocidades de flujo (de transporte). En la zona localizada entre las calles 116 y 122, se presentan velocidades de transporte con valores aproximados de 1 m/día, es decir, en un año puede migrar cualquier contaminante ó constituyente químico una distancia de 350 metros aproximadamente; de tal manera que cualquier contaminación que hubiese ocurrido en el pasado, ya se ha dispersado y migrado. Se considera que en esta zona hay una tasa alta de renovación de agua .

En la zona localizada entre las calles 127 y 123, las tasas de transporte son del orden de 0.1 m/día, presentándose migraciones de 35 m/año aproximadamente, por lo que se concluye que de haber derrames de contaminantes de consideración, se hubiesen podido detectar en esta zona.

Las muestras del agua subterránea presentaron condiciones ligeramente ácidas a ácidas (con valores de PH entre 5.2 a 6.8), valores comunes del agua subterránea de los depósitos cuaternarios

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

de la Sabana de Bogotá, originada por la lluvia ácida y la acidez de las capas superiores del suelo; esta acidez del agua subterránea hace que esté fuera de los parámetros de potabilidad permisibles si esta se utilizara para consumo humano, sin tratamiento previo. Los solidos disueltos totales (SDT) tienen valores bajos que no revelan una tendencia general de flujo pero sí zonas de aguas más recientes donde su concentración es menor. Estos valores bajos indican que son aguas infiltradas en tiempos muy recientes.

De acuerdo a los resultados del estudio se concluye que actualmente no existe contaminación por hidrocarburos en el acuífero, no se justifica una acción remedial; pero sí un control en los piezómetros para detectar cualquier evento futuro de filtración de contaminantes, y determinar mediante la superficie piezométrica y/ó los análisis hidrogeoquímicos su posible origen.

Por las características que se tienen en esta área, se recomienda efectuar un muestreo anual de hidrocarburos totales, y un registro trimestral de niveles piezométricos. Los iones dominantes en términos de concentración, en aguas subterráneas, en ambientes naturales, ó contaminados son K, Na, Ca, Mg, Cl, SO4, HCO3 y CO3, los cuales se deben medir. También se deben medir el pH, conductividad específica y los sólidos totales disueltos.

7. REFERENCIAS

American Public Health Association, 1985. Methods for the Examination of Water and Wastewater. Pags. 406 a 502, Ref. 503A y 503E.

Barcelona, M.J., J.P.Guibb, J.A. Helfrich y E.E. Garske, 1985. Practical Guide for Ground-water Sampling. Ill State. Water Survey, Champaign.

Barcelona, M.J., J.P.Guibb, R.A. Miller, 1985. A Guide to the Selection of Materials for Monitoring Well CXonstruction and Ground Water Sampling. Ill State. Illinois State Water Survey, Champaign, Ilinois, 1983.

Bear, J., 1.972. Dynamics of fluids in Porous Media, Elsevier, New York.

Catalán, J.G., 1981. Química del Agua. Gráficos Alonso, Madrid.

Lehr, J.H., Gass, T.E., Pettyjohn, W.A. y J. DeMaare, 1980. Domestic Water Treatment. McGraw Hill, New York.

Molano, C.E., 1.983. Introducción al Análisis Númerico en Aguas Subterráneas. INGEOMINAS, Groundwater Survey TNO, Bogotá.

Molano, C.E., 1.985 a. Basic Programs for Aquifer Modeling. International Institute for Hydraulic and Enviromental Engineering IHE. Delft, then Netherlands.

Molano, C.E., 1.985 b. Simulations Models for Transient two Dimensional Groundwater flow, Including a sea water interface (GRWF SALT). International Groundwater Modeling Center - IGWMC. Delft, the Netherlands.

Piper, A.M. 1953. A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water Analyses. USGS. Ground Water Note No.12.

Piyush S. Shah, 1991. ESSO ENGINEERING EUROPE LTD. DOC 91EEEL577. , August 1991.

Scalf.M.R., J.F. McNabb, W.J.Dunlap, R.LCosby y J.S.Fryberg, 1981. Manual of Ground Water Sampling procedures, U.S. Enviromental Protection Agency, ADA, Oklahoma.

Stiff, H.A., 1951. The Interpretation of Chemical Water Analyses by means of Patterns. J. Ptrol. Technology. V. 3 No. 10, pp 15-17

Zaporozec, A., 1972. Graphical Interpretation of Water-Quality Data. Ground Water, V. 10, No.2.

TABLAS

PIEZOMETRO	LOCALIZACION	NOMBRE	H_p	H_I
1	Cra. 7 Avda. 127A	TERPEL-CAI	7.5	7.3
2	Cra. 7 Cll 124	TEXACO	7.6	7.3
3	Cra. 7 Cll126	BAT. SEGURA	9.3	8.5
4	Cll 121 N° 9B-27	Cll 121 Cra. 9	8.5	7.9
5	Cra. 7 Cll 119	MOBIL	6.5	6.0
6	Cll 124 N° 6-47	ARBOLEDA124	8.3	7.8
7	Cll 124 N° 8-20	Cll 124 Cra. 8	8.5	8.1
8	Cra. 8A N° 121-36	I. DE CORNEA	7.9	7.3
9	Av. 127A N°8A-15	Av. 127 Cra.8	8.0	7.5
10	Av. 127A N°9A-19	Av. 127 Cra. 9	8.0	7.1
11	Cll 126 N° 9-15	Cll 126 Cra. 9	9.5	9.1
12	Cra. 7 Cll 123	TEXACO-ESSO	7.7	7.2
13	Avda. 9 Cll 118	SANTAFE Av.9	7.9	7.4
14	Cll 120A N° 8-86	Cll 120A	4.7	4.5
15	Cra. 7 N° 120-20	UNIROYAL	9.5	9.0
16	Cra. 7 Cll 121	ESSO	7.7	7.3
17	Cll 123 N° 8A-06	ANALAC	8.1	7.7
18	Cll 123 N° 9A-36	Cll 123 Cra. 9	7.0	6.1
19	Cll 121 No 8A-28	Cll 121 Cra. 8	8.0	6.5
20	Cll 120 Avda. 9	FERROVIA 120	7.0	5.9
21	Cll 126 No 7-48	Cll 126 Cra. 8	7.0	5.7
22	Cll 116 Cra. 8	SANTAFE 116	7.5	6.9
23	Cra. 7 Cll 123	TEX. ORIENTAL	9.7	9.3
24	Cra. 7 Cll 127	TER. ORIENTAL	8.3	7.7

TABLA 1 PROFUNDIDAD DE LA RED PIEZOMETRICA

CONVENCION

H_p : Profundidad perforada
H_I : Profundidad de instalación de la tubería

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

PIEZOMETRO	NOMBRE	K_h(m/día)	K_p(m/día)
1	TERPEL-CAI	0.57	0.59
2	TEXACO	0.05	0.04
3	BAT. SEGURA	0.18	0.15
4	Cll 121 Cra. 9	2.9	1.6
5	MOBIL	0.25	0.22
6	ARBOLEDA124	4.43	5.08
7	Cll 124 Cra. 8	0.31	0.27
8	I. DE CORNEA	22	-
9	Av. 127 Cra.8	2.19	2.23
10	Av. 127 Cra. 9	0.11	0.09
11	Cll 126 Cra. 9	0.42	0.67
12	TEXACO-ESSO	0.04	0.05
13	SANTAFE Av.9	0.73	0.52
14	Cll 120A	7.0	-
15	UNIROYAL	0.55	0.39
16	ESSO	2.5	2.93
17	ANALAC	0.23	0.15
18	Cll 123 Cra. 9	3.57	1.16
19	Cll 121 Cra. 8	8.78	4.23
20	FERROVIA 120	3.18	3.52
21	Cll 126 Cra. 8	2.22	2.73
22	SANTAFE 116	9.35	7.35
23	TEX. ORIENTAL	0.04	0.07
24	TER. ORIENTAL	0.18	0.13

TABLA 2. CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA

CONVENCION K_h : Conductividad hidráulica calculada con el método de Hvorslev

K_p : Conductividad hidráulica calculada con el método de Papadopulos

TABLA No. 3

ANALISIS FISICO QUIMICO

DETERMINACION	UNIDADES	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	P-11	P-12
Alcalinidad total como CaCO3	mg/l	15.4	32.7	16.8	15.9	99.8	16.2	12.4	5.3	15.9	42.4	15.8	26
Conductividad específica a 25°C	µOhm/cm	410	463	138	75	324	245	275	115	330	190	150	240
PH potenciómetro a 18 °C	-	6.6	6.0	5.7	6.2	6.4	6.0	6.4	5.2	5.9	6.0	6.3	5.4
Sólidos totales disueltos	mg/l	276	280	90	45	214	195	184	76	198	128	112	145
Hidrocarburos totales	mg/l	N.D.	0.963	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
IONES EN SOLUCION													
Calcio como Ca++	mg/l	3.8	3.0	10.4	3.0	19	4.4	6.0	4.2	9.2	4.0	6.8	14.4
Magnesio como Mg++	mg/l	1.4	1.0	2.0	0.2	8.9	3.2	1.8	0.4	6.5	4.8	1.8	5.1
Potasio como K+	mg/l	1.40	4.2	1.8	1.30	3.8	1.20	1.30	1.50	3.11	4.17	1.5	3.3
Sodio como Na+	mg/l	3.4	21.6	1.96	1.98	19.3	4.3	4.8	3.62	2.8	2.3	3.20	2.60
Cloruros como Cl-	mg/l	14	19	14	15	18	12	19	10	25	15	10	25
Nitratos como NO3-	mg/l	1.2	0.8	1.0	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.5	3.5	0.9	0.5
Sulfatos como SO4=	mg/l	17.5	2.5	2.5	2.5	7.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Sulfitos como SO3	mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

CONVENCION

P-3 Piezómetro 3

Muestras tomadas en Marzo 26 1993

N.D. No Detectado

TABLA No. 3

ANALISIS FISICO QUIMICO

DETERMINACION	UNIDADES	P-13	P-15	P-16	P-17	P-18	P-19	P-20	P-21	P-22	P-23	P-24
Alcalinidad total como CaCO3	mg/l	79.5	37.1	26.5	15.8	16.2	15.9	6.3	11.2	45.7	10.6	26.5
Conductividad específica a 25°C	µOhm/cm	200	140	350	74	62	129	140	60	180	105	215
PH potenciómetro a 18 °C	-	6.6	6.8	6.5	6.4	6.4	5.6	6.8	5.6	6.4	6.3	5.7
Sólidos totales disueltos	mg/l	118	105	250	48	50	73	71	45	110	68	140
Hidrocarburos totales	mg/l	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
IONES EN SOLUCION												
Calcio como Ca++	mg/l	2.5	16	33.2	6.0	5.6	9.2	2.0	3.0	15.6	10.4	7.6
Magnesio como Mg++	mg/l	7.5	5.8	1.2	1.0	0.6	1.0	1.8	2.9	4.4	0.6	4.1
Potasio como K+	mg/l	4.85	4.8	3.3	3.10	6.30	1.2	3.40	1.66	3.0	1.2	2.3
Sodio como Na+	mg/l	1.88	3.20	2.80	1.8	1.6	3.2	3.82	3.64	2.65	3.10	1.7
Cloruros como Cl-	mg/l	14	34	45	17	14	16	19	13	17	18	11
Nitratos como NO3-	mg/l	1.5	1.5	7.0	0.8	0.8	0.6	0.8	0.5	0.8	0.8	0.8
Sulfatos como SO4=	mg/l	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Sulfitos como SO3	mg/l	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

CONVENCION

P-3 Piezómetro 3

Muestras tomadas en Marzo 26 1993

N.D. No Detectado

TABLA No. 4

PORCENTAJES DE BALANCE CATIONICO-ANIONICO

CATIONES	UNIDADES	PIEZOMETRO Nº												
		P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9	P-10	P-11	P-12	P-13
Ca	% meq/L	38.82	11.7	63.7	52.43	36.23	31.34	43.42	47.81	38.42	24.92	51.03	53.8	13.17
Mg	% meq/L	23.57	6.43	20.19	5.76	27.97	37.57	21.47	7.51	44.73	49.28	22.26	31.41	65.1
Na	% meq/L	30.28	73.47	10.46	30.16	32.08	26.7	30.28	35.93	10.19	12.49	20.93	8.47	8.63
K	% meq/L	7.3	8.4	5.65	11.65	3.71	4.38	4.82	8.75	6.66	13.32	5.77	6.32	13.1
ANIONES														
Cl	% meq/L	38.3	47.14	53.47	56.88	22	50.96	66.51	64.76	68.73	34.49	46.42	59.18	22.25
NO3	% meq/L	1.88	1.14	2.18	1.08	0.35	1.21	1.8	3.33	0.79	4.6	2.39	0.68	1.36
SO4	% meq/L	35.34	4.58	7.05	7.0	6.77	7.84	6.46	11.95	5.07	4.24	8.57	4.37	2.93
HCO3	% meq/L	24.48	47.15	37.29	35.04	70.89	39.99	25.23	19.95	25.41	56.66	42.63	35.77	73.45
CO3	% meq/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CONVENCION

P-3 PIEZOMETRO 3

* Muestras tomadas en Marzo 26 1993

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

TABLA No. 4

PORCENTAJES DE BALANCE CATIONICO-ANIONICO

CATIONES	UNIDADES	PIEZOMETRO Nº									
		P-15	P-16	P-17	P-18	P-19	P-20	P-21	P-22	P-23	P-24
Ca	% meq/L	51.93	84.46	5.52	49.94	64.55	19.92	25.42	58.43	70.72	44.66
Mg	% meq/L	31.03	5.03	15.25	8.82	11.56	29.55	40.49	27.16	6.72	39.71
Na	% meq/L	9.05	6.21	14.52	12.44	19.57	33.17	26.88	8.65	18.38	8.71
K	% meq/L	7.99	4.3	17.71	28.80	4.32	17.36	7.21	5.76	4.18	6.93
ANIONES											
Cl	% meq/L	61.67	67.92	59.68	54.43	58.33	76.11	60.07	37.07	68.02	38.32
NO3	% meq/L	1.56	6.04	1.61	1.78	1.25	1.83	1.32	1.0	1.73	1.59
SO4	% meq/L	3.35	2.79	6.48	7.18	6.73	7.39	8.53	4.02	6.97	6.43
HCO3	% meq/L	33.42	23.25	32.24	36.61	33.69	14.67	30.08	57.91	23.28	53.66
CO3	% meq/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

CONVENCION

P-3 PIEZOMETRO 3

* Muestras tomadas en Marzo 26 1993

TABLA No. 5
CLASIFICACION HIDROQUIMICA

Piezómetro N°	Clasificación	Concentración [meq/L]
1	Clorurada Sulfatada Calcico sodica	1.52
2	Clorurada Bicarbonatada Sódica	2.42
3	Clorurada Cálcica	1.55
4	Clorurada Cálcica	1.03
5	Bicarbonatada Cálcico Sódica	4.92
6	Clorurada Magnésica Cálcica	1.36
7	Clorurada Cálcico Sódica	1.50
8	Clorurada Cálcico Sódica	0.87
9	Clorurada Magnésica Cálcica	2.22
10	Bicarbonatada Magnésica Sódica	2.03
11	Clorurada Bicarbonatada Cálcica	1.27
12	Clorurada Cálcica	2.53
13	Bicarbonatada Magnésica	2.72
14	No Clasificada	
15	Clorurada Cálcica	3.09
16	Clorurada Cálcica	3.83
17	Clorurada Cálcica	1.34
18	Clorurada Cálcico Sódica	1.28
19	Clorurada Cálcica	1.48
20	Clorurada Sódica	1.20
21	Clorurada Magnésica Sódica	1.20
22	Bicarbonatada Cálcica	2.63
23	Clorurada Cálcica	1.48
24	Bicarbonatada Cálcico Magnésica	1.66

PIEZOMETRO	NOMBRE	Ht	H
1	TERPEL-CAI	2570.110	2567.53
2	TEXACO	2568.729	2564.11
3	BAT. SEGURA	2570.162	2565.04
4	Cll 121 Cra. 9	2561.904	2559.67
5	MOBIL	2569.178	2564.91
6	ARBOLEDA124	2565.477	2563.09
7	Cll 124 Cra. 8	2562.500	2562.21
8	I. DE CORNEA	2565.351	2561.44
9	Av. 127 Cra.8	2567.983	2565.34
10	Av. 127 Cra. 9	2565.508	2563.20
11	Cll 126 Cra. 9	2562.694	2562.75
12	TEXACO-ESSO	2568.361	2565.45
13	SANTAFE Av.9	2561.660	2559.41
14	Cll 120A	2565.280	Seco
15	UNIROYAL	2569.664	2565.41
16	ESSO	2568.992	2565.60
17	ANALAC	2563.611	2561.59
18	Cll 123 Cra. 9	2560.640	2559.71
19	Cll 121 Cra. 8	2564.779	2561.44
20	FERROVIA 120	2561.306	2559.81
21	Cll 126 Cra. 8	2565.200	2563.82
22	SANTAFE 116	2563.910	2561.41
23	TEX. ORIENTAL	2570.238	2564.70
24	TER. ORIENTAL	2570.287	2566.73

TABLA 6 COTAS Y NIVELES PIEZOMETRICOS

CONVENCION H_t : Cota de la tapa metálica del piezómetro en m.s.n.m.
H : Nivel o cabeza piezométrica en m.s.n.m.

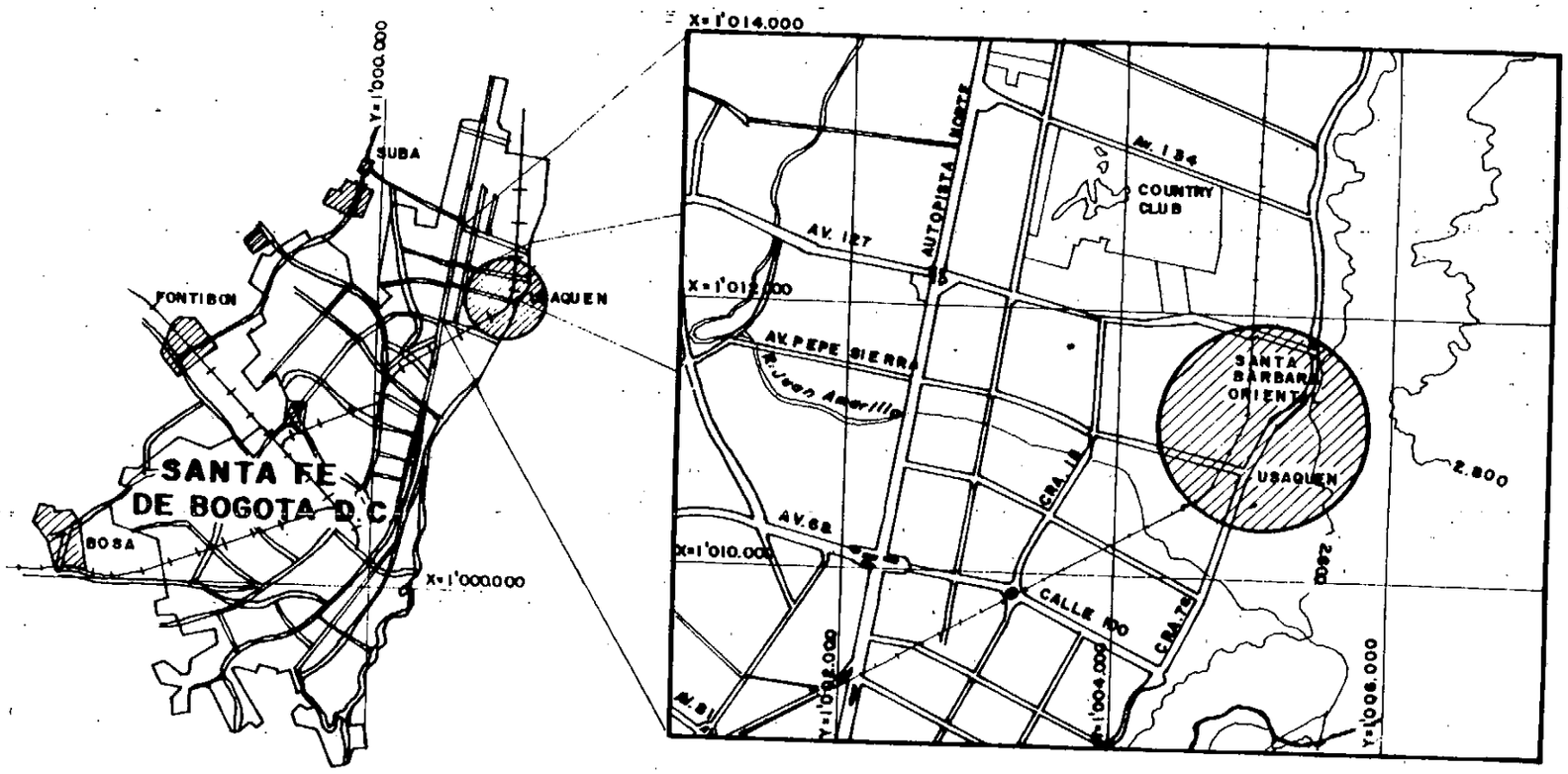
PIEZOMETRO	NOMBRE	K_L(m/día)
1	TERPEL-CAI	0.61
2	TEXACO	1.47
3	BAT. SEGURA	0.26
4	Cll 121 Cra. 9	0.69
5	MOBIL	0.32
6	ARBOLEDA124	2.59
7	Cll 124 Cra. 8	1.21
8	I. DE CORNEA	0.56
9	Av. 127 Cra.8	0.02
10	Av. 127 Cra. 9	0.01
11	Cll 126 Cra. 9	0.005
12	TEXACO-ESSO	0.13
13	SANTAFE Av.9	0.02
14	Cll 120A	0.20
15	UNIROYAL	0.003
16	ESSO	0.004
17	ANALAC	0.03
18	Cll 123 Cra. 9	0.08
19	Cll 121 Cra. 8	0.56
20	FERROVIA 120	2.25
21	Cll 126 Cra. 8	0.32
22	SANTAFE 116	0.007
23	TEX. ORIENTAL	0.08
24	TER. ORIENTAL	0.006

TABLA 7. COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

CONVENCION K_L : Conductividad hidráulica calculada muestra litológica, en el laboratorio

FIGURAS

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias
F O P A E

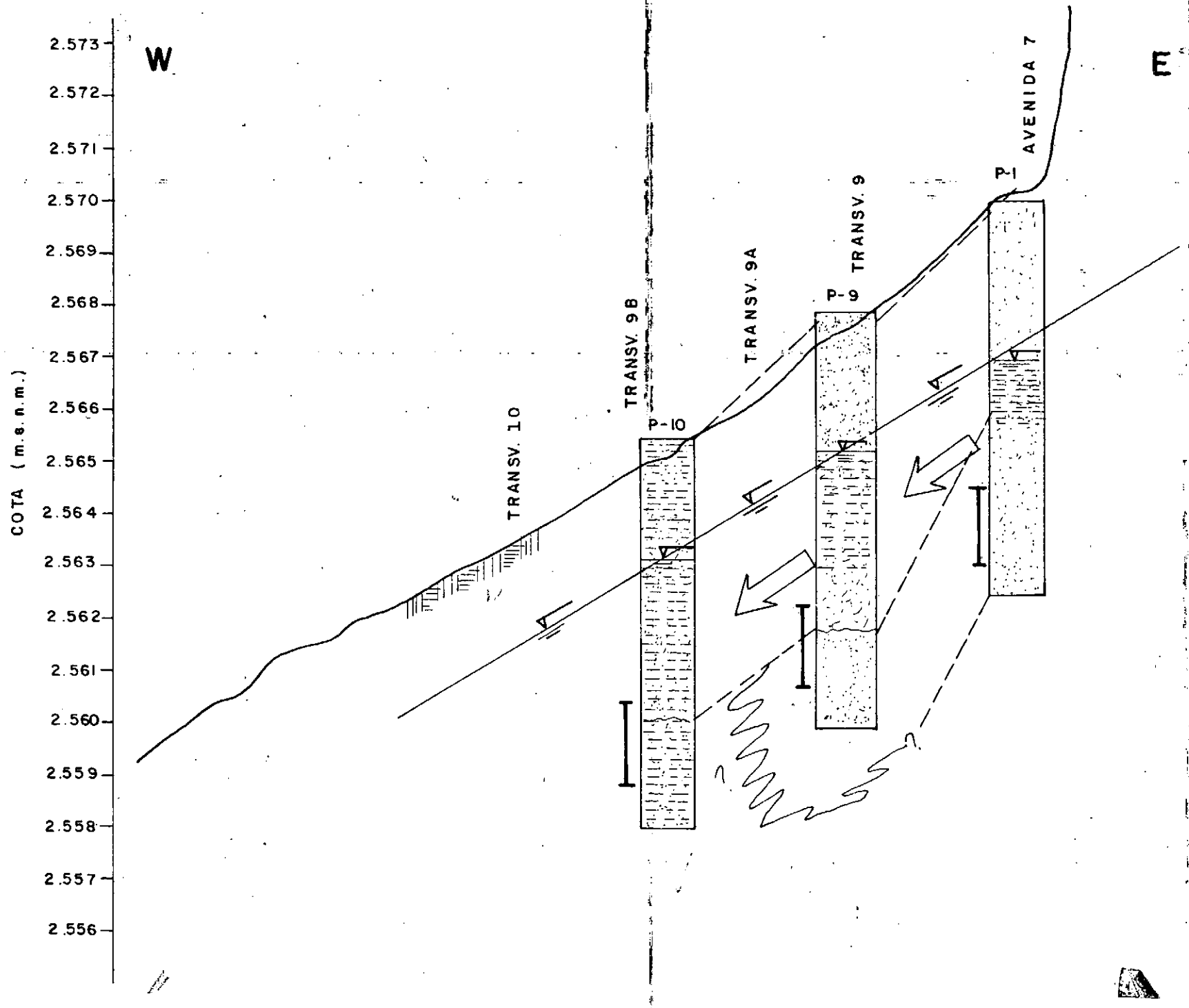


HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
LOCALIZACION GENERAL	F. M. V.	ABRIL /93
	ESCALA: 1:50.000	FIGURA: 1



CONVENCIONES

Nivel piezométrico agua subterránea

Zona de filtro

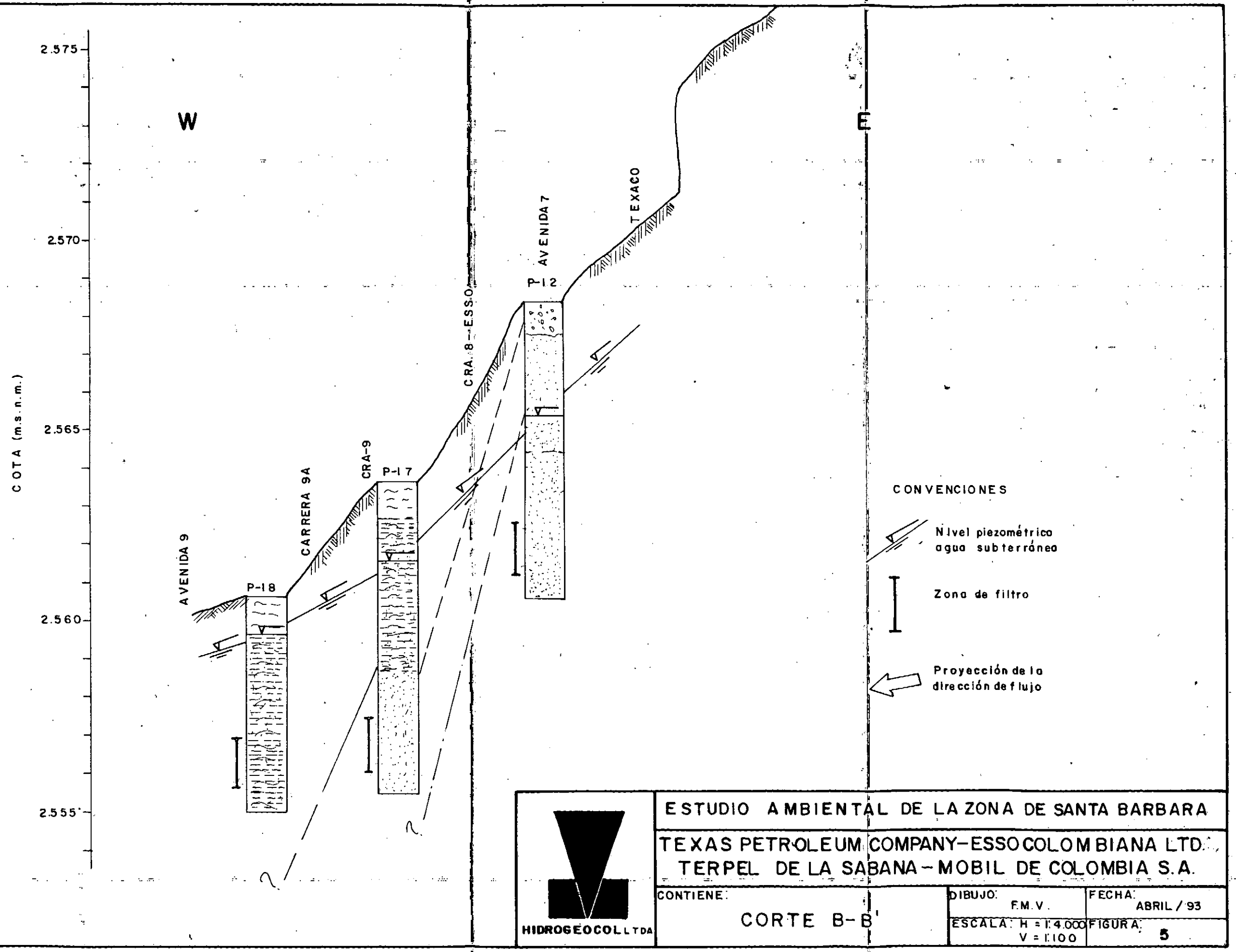
Proyección de la dirección de flujo

HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
CORTE A-A'	F.M.V.	ABRIL/93
	ESCALA: H=1:4.000 V=1:100	FIGURA: 4

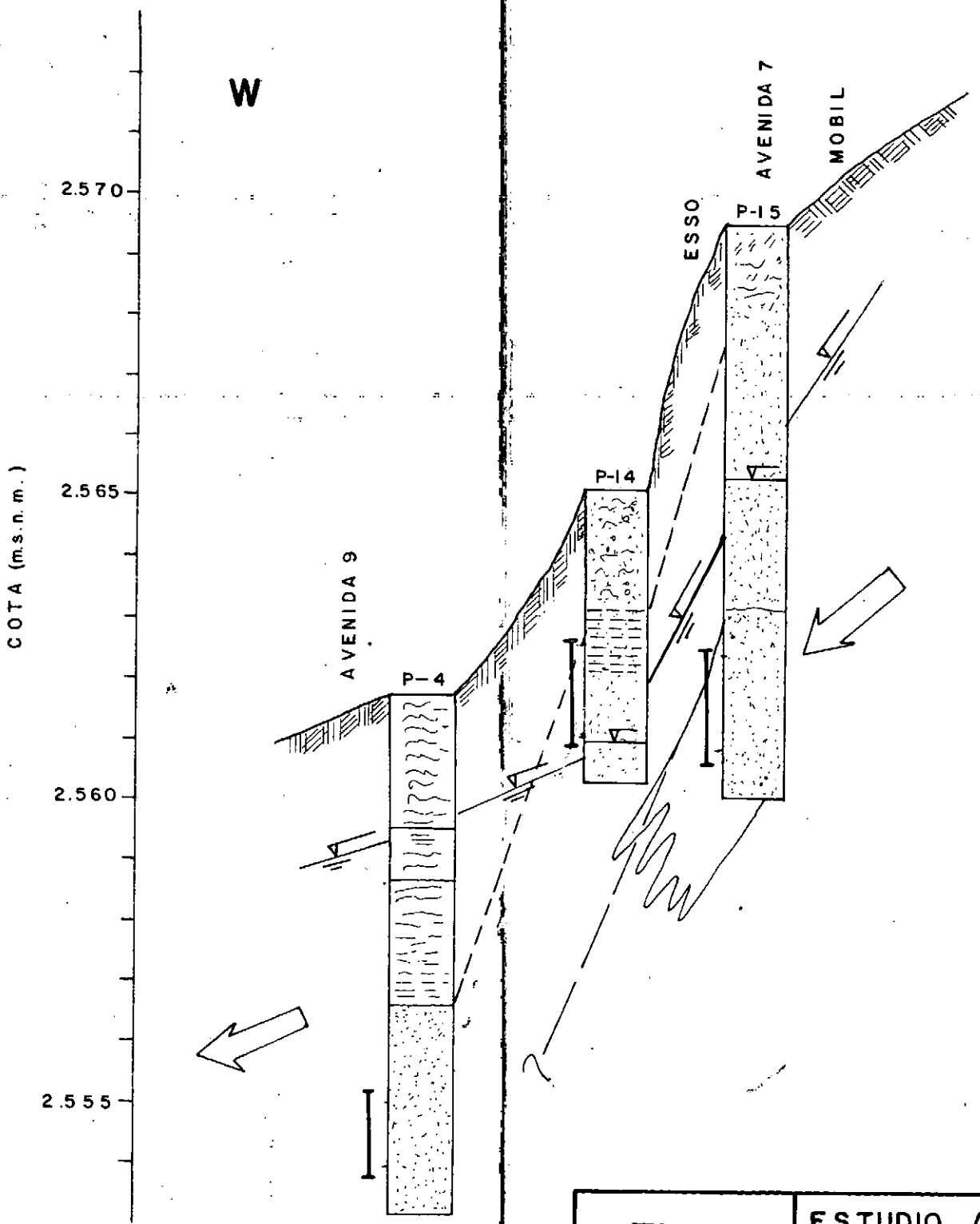


HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY–ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA – MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
CORTE B-B'	F.M.V.	ABRIL / 93
	ESCALA: H = 1:4.000 V = 1:100	FIGURA: 5



CONVENCIONES

Nivel piezométrico agua subterránea

Zona de filtro

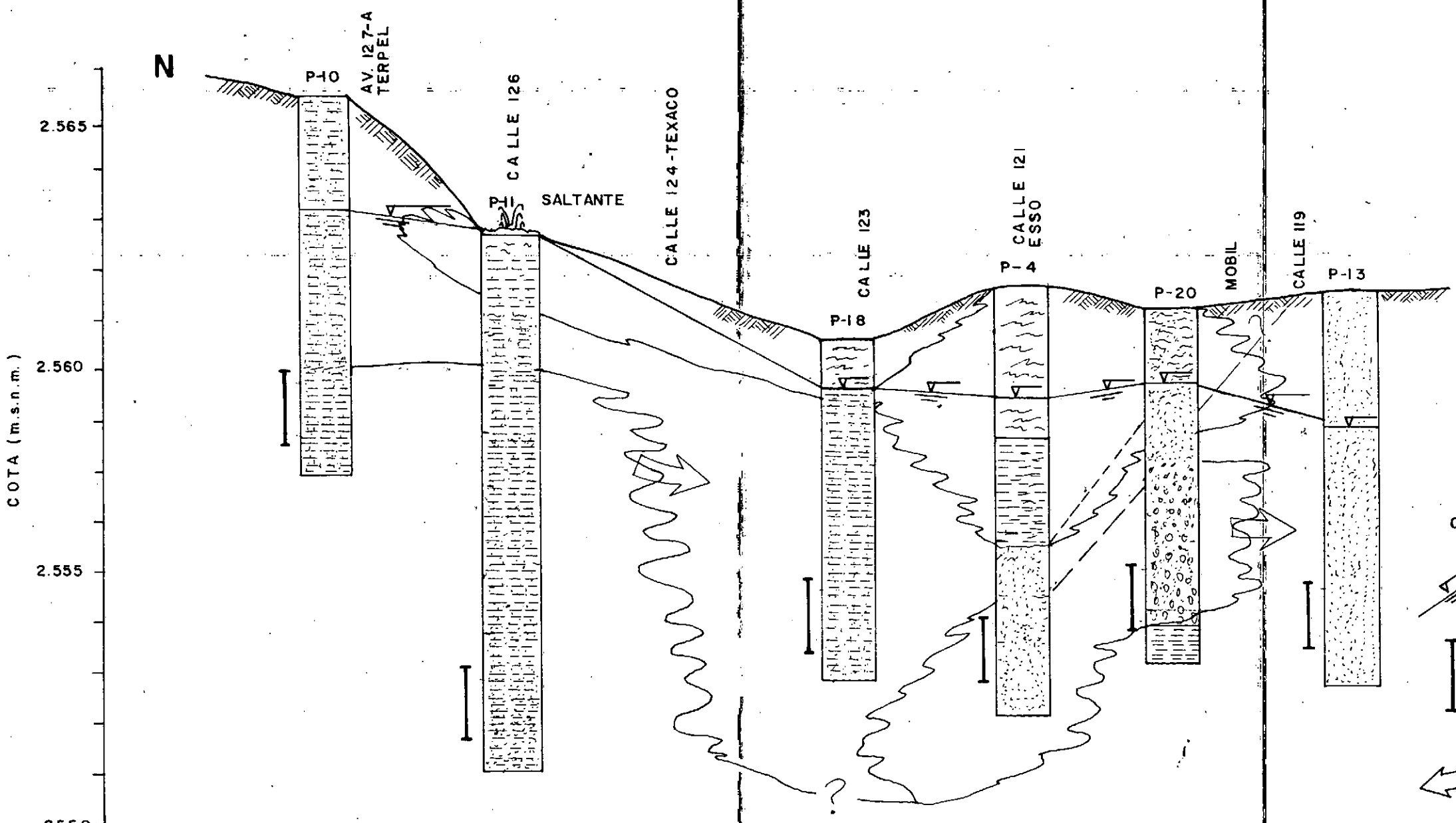
Proyección de la dirección de flujo

HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY–ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA – MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
CORTE C-C'	F. M. V.	ABRIL / 93
	ESCALA: H. = 1:4.000 V = 1:100	FIGURA: 6



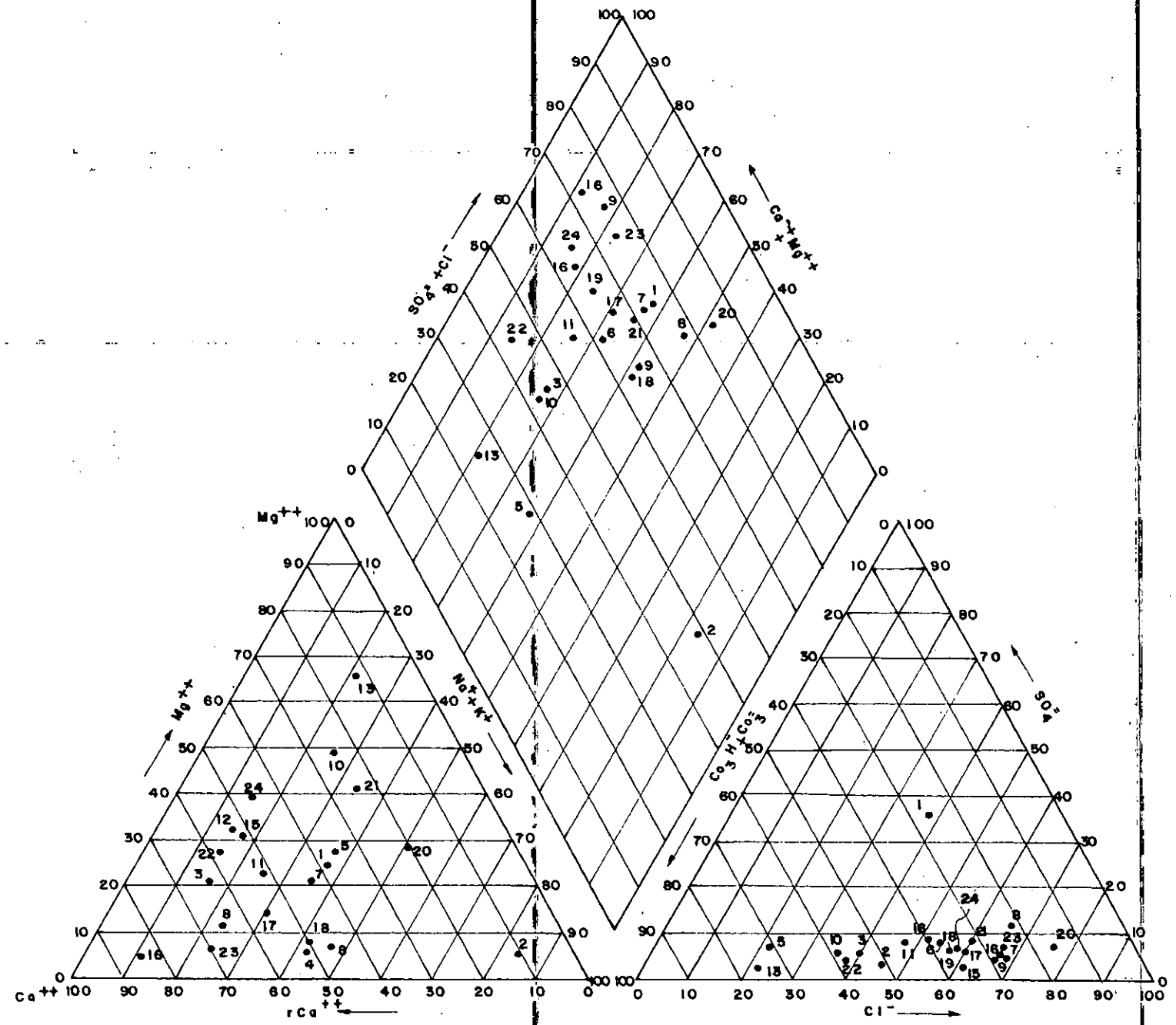
Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA - MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
CORTE D-D'	F. M. V.	ABRIL/93
	ESCALA: H = 1:4000 V = 1:100	FIGURA: 7

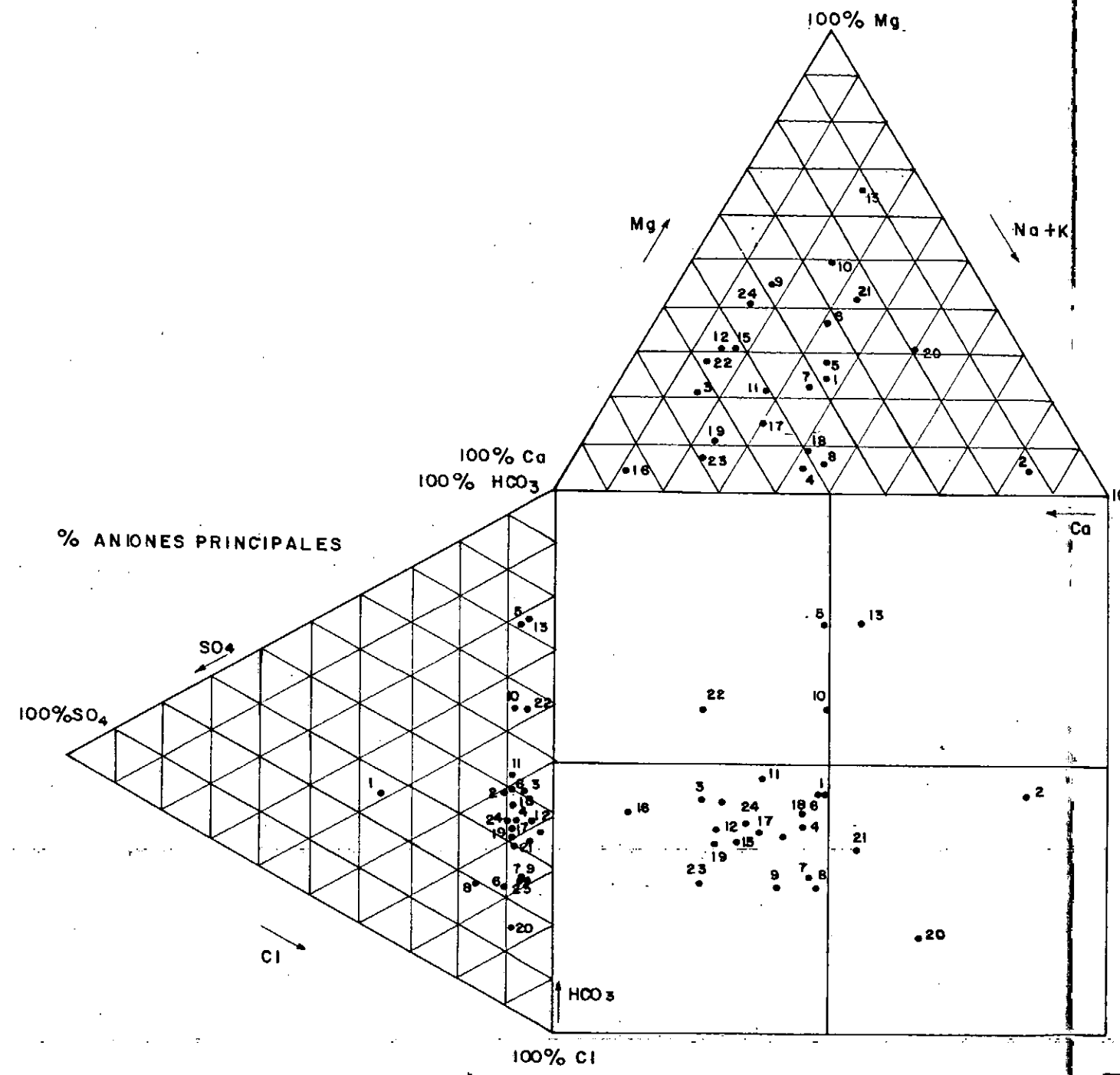


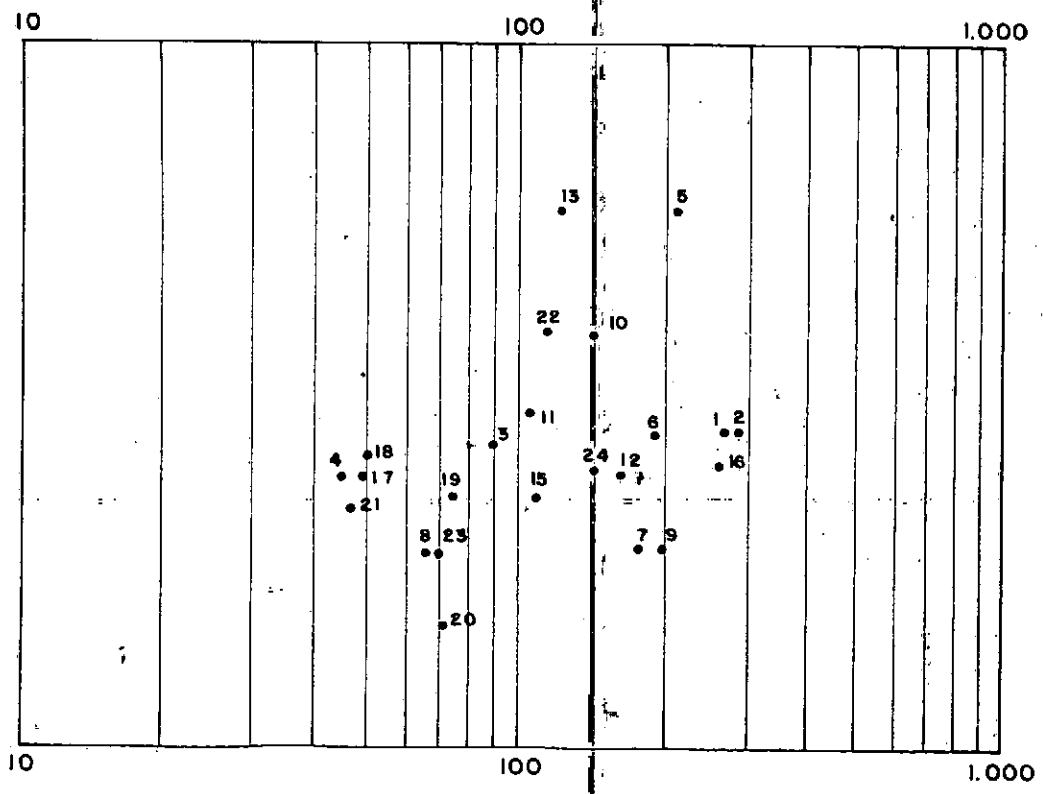
HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA – MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
DIAGRAMA DE PIPER	F. M. V.	ABRIL /93
	ESCALA:	FIGURA: 9





HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA - MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:
DIAGRAMA HIDROGEOQUIMICO DE DUROV

DIBUJO: F. M. V.

FECHA: ABRIL /93.

ESCALA:

FIGURA: 10

DIAGRAMA DE SHOELLER

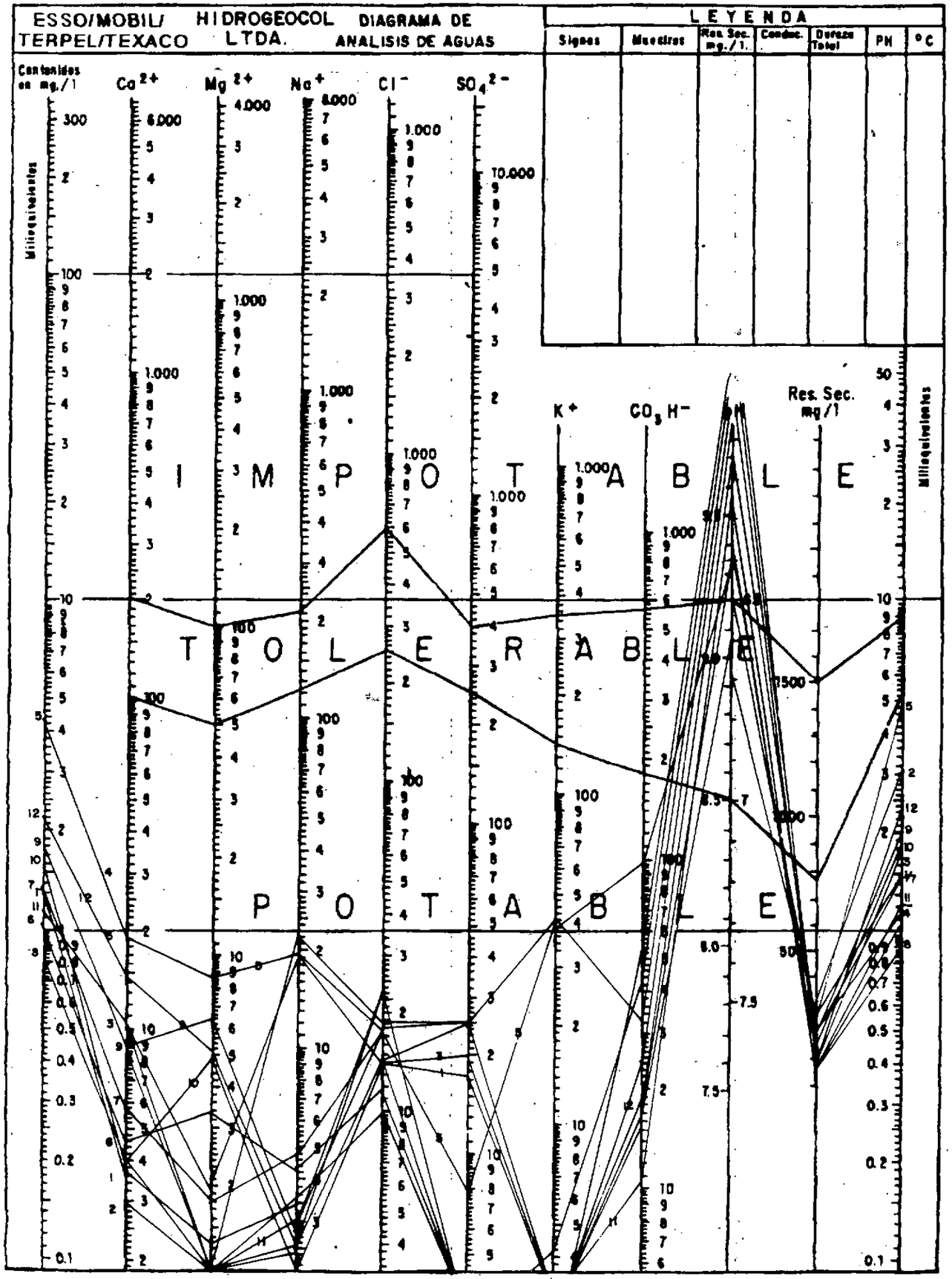


FIG. Nº12 A

DIAGRAMA DE SHOELLER

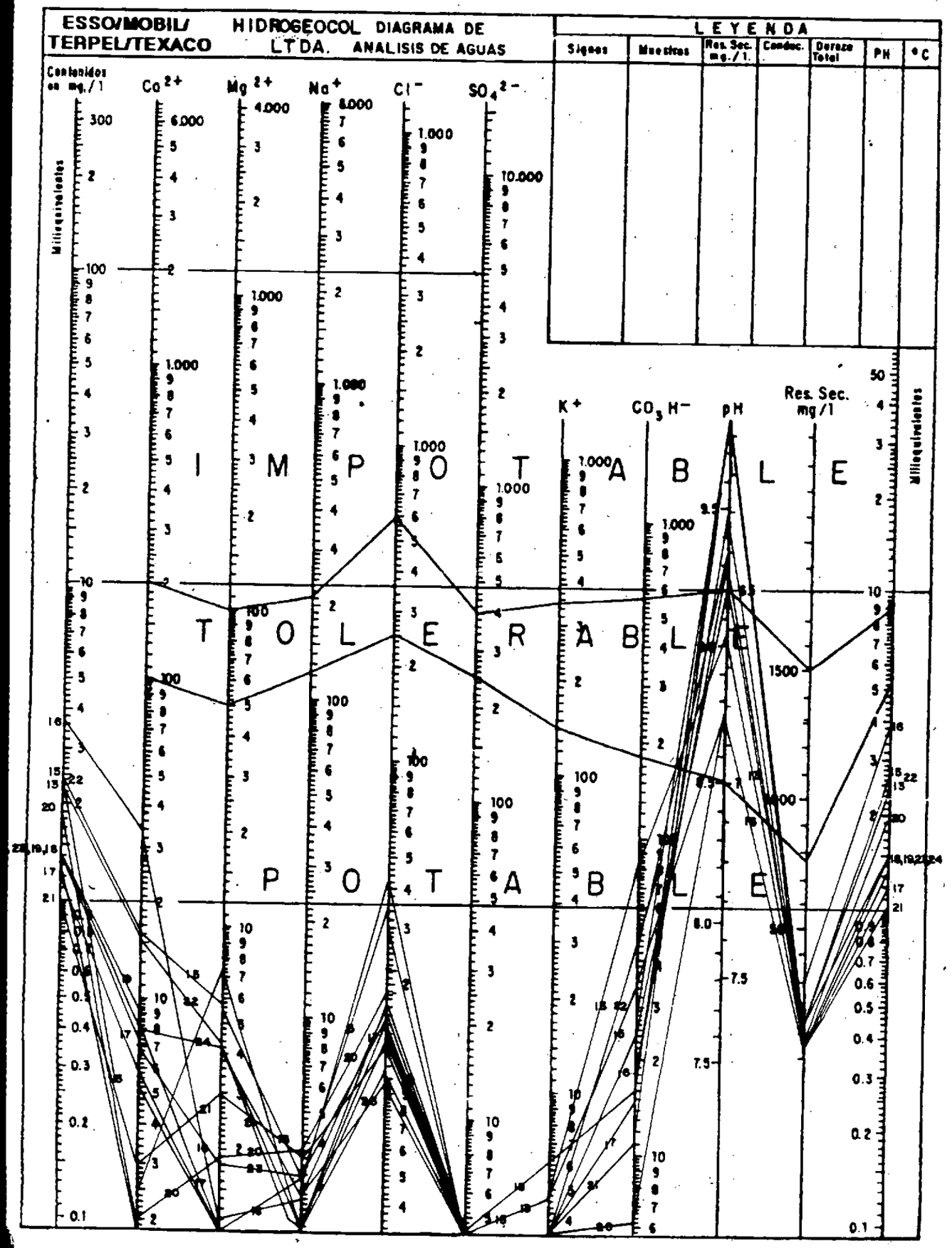


FIG. Nº 12 B

ANEXO I
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE PERFORACION

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias
F O P A E

ANEXO I.1

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE PERFORACION HIDRADRILL

El equipo de perforación de fabricación norteamericana (DeepRock), montado sobre torre metálica de 3 metros de altura, con sus correspondientes mangueras, acoples, herramientas, etc., lo operan 2 hombres: perforador y auxiliar. El equipo incluye:

- Torre de perforación de 3 metros
- Motor de dos tiempos de 4 HP, montado sobre polea viajera en la torre.
- Bomba de lodos con motor a gasolina de 5 HP.
- Sistema de rotación por embrage, con conector para manguera de lodos de giro libre.

ANEXO I.2

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE PERFORACION N° 3

El equipo de perforación fabricado en Italia, montado sobre torre metálica de 5 metros de altura, con lineas de conducción para el fluido de perforación, acoples, herramientas, etc., lo operan 2 hombres: perforador y auxiliar. El equipo incluye:

- Torre de perforación de 5 metros
- Motor a gasolina de 12 HP, montado en la base de la torre.
- Bomba de lodos con motor a gasolina de 9 HP.
- Pequeña mesa de rotación en la base de la torre que incluye winche para el desplazamiento de la barra kelly y la tubería de perforación.
- Barra kelly y suivel sostenidos por polea en la parte superior de la torre.

Ver Fotografías Nª 2 y 5 en el anexo fotográfico.

ANEXO I.3

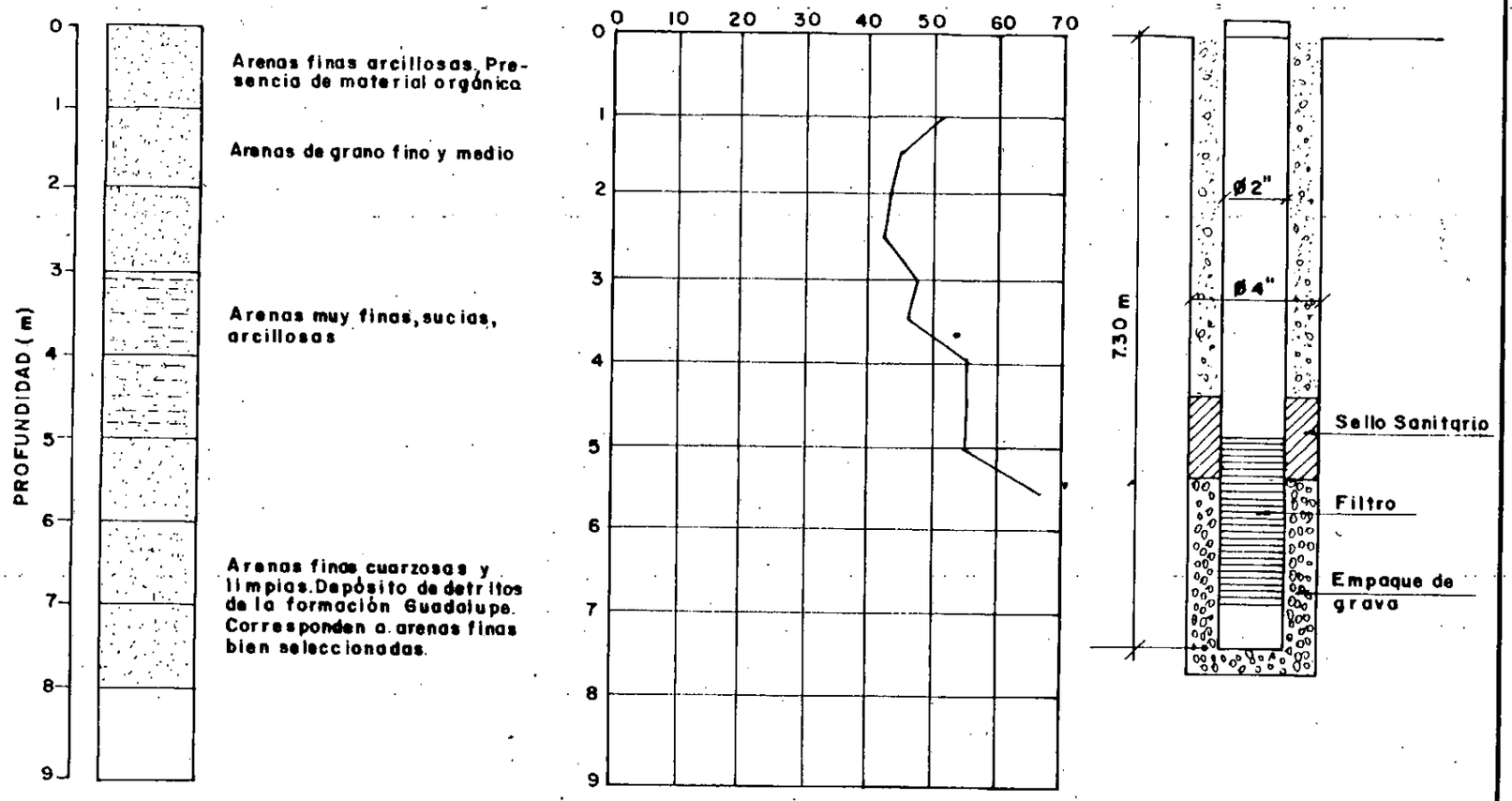
ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO DE PERFORACION ISUZU

El equipo de perforación fabricado en Colombia, montado sobre un pequeño camión de marca Isuzu, con lineas de conducción para el fluido de perforación, caja de distribución para la rotación, el winche y la bomba de losdos, acoples, herramientas, etc., lo operan 2 hombres: perforador y auxiliar. El equipo incluye:

- Torre de perforación de 6 metros
- Motor a gasolina de seis cilindros en linea.
- Bomba de lodos de un pistón.
- Mesa de rotación, conectada a la barra kelly.
- Barra kelly y swivel sostenidos por polea en la parte superior de la torre a su vez conectadas al winche.

El diámetro de la tubería de perforación es $1^1/_2$ pulgadas. Ver fotografías 1 y 8 en el anexo fotográfico.

ANEXO II
COLUMNAS LITOLOGICAS



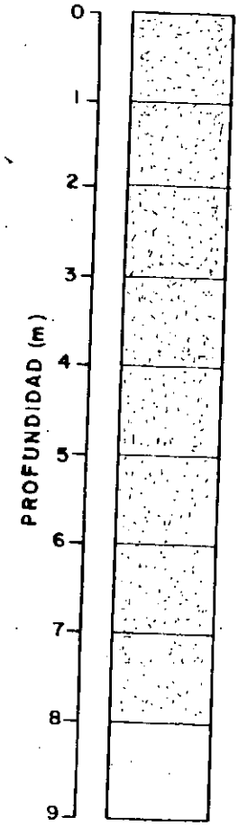
Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA- MOBIL DE COLOMBIA S.A.

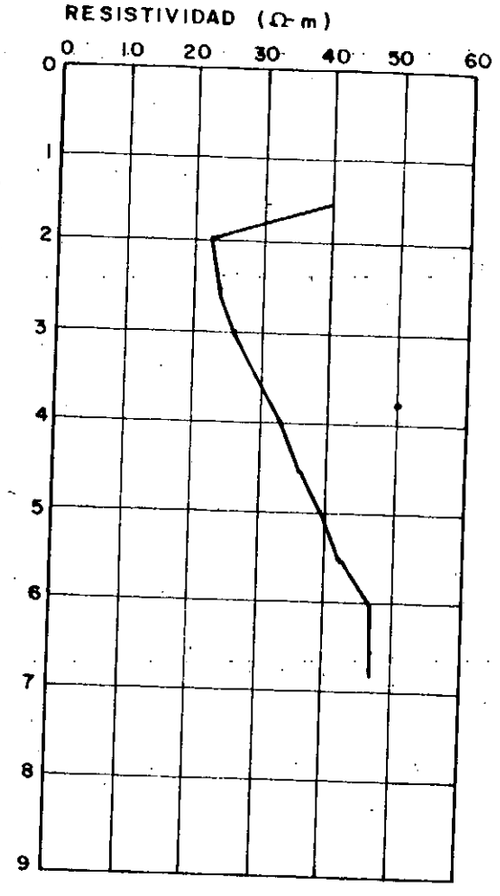
CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 1	F. M.V.	ABRIL / 93
	ESCALA: 1: 75	FIGURA: 2 - A

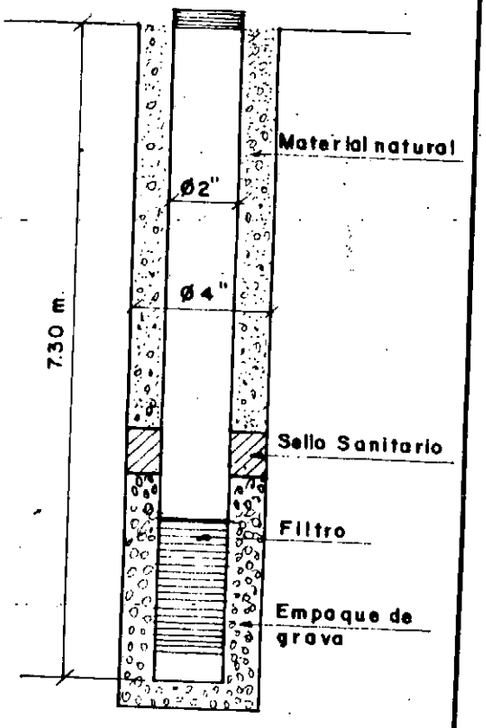


Arenas finas (casi limosas) de color amarillento: composición, cuarzo.

Limos arcillosos

Arena fina blanca, proveniente de la formación Guadalupe.



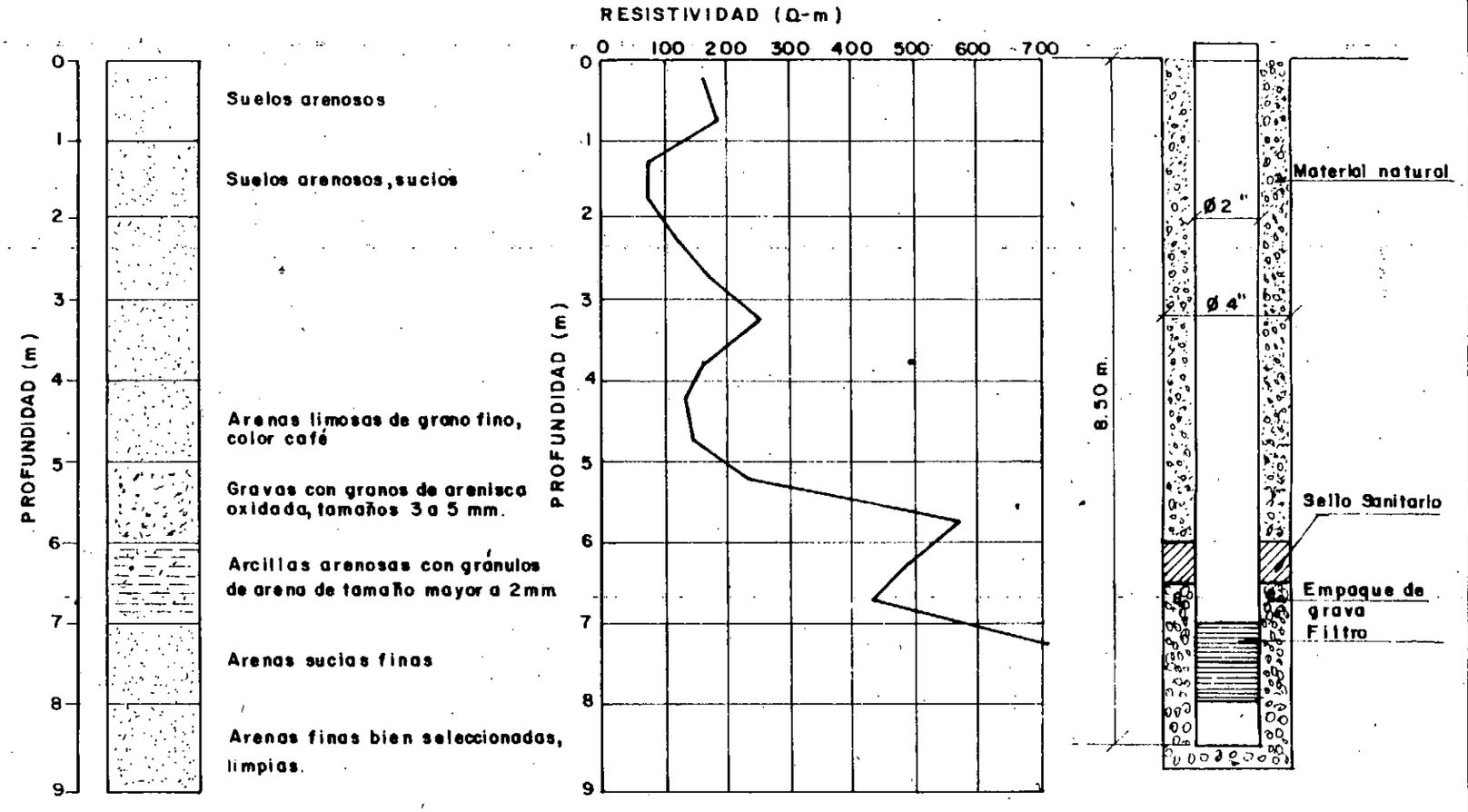


HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº2	F. M. V.	ABRIL / 93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-B

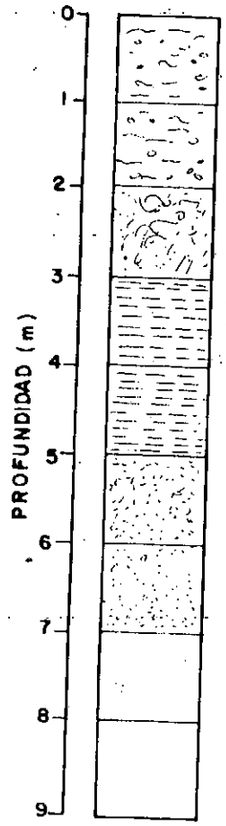


HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD. TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 3	F. M. V.	ABRIL/93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2—C



Suelos orgánicos

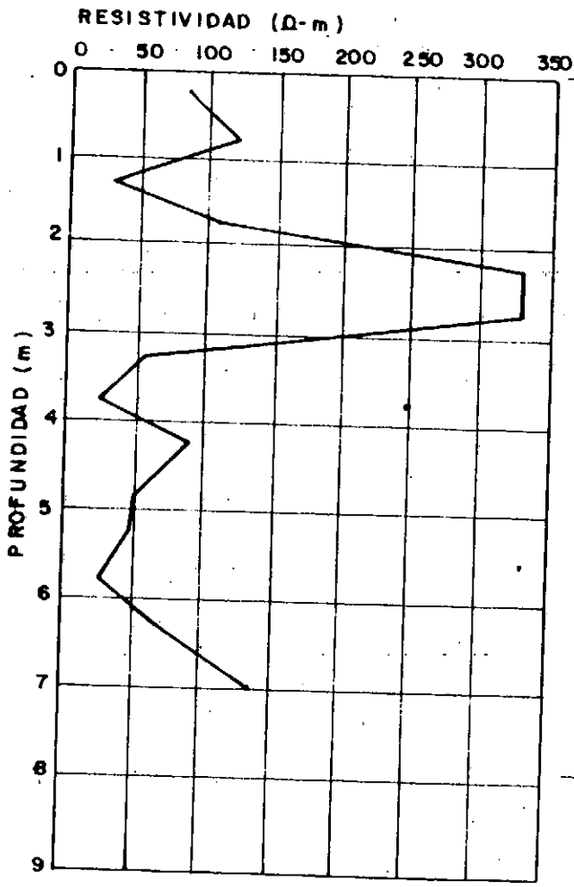
Arcillas plásticas untuosas impermeables

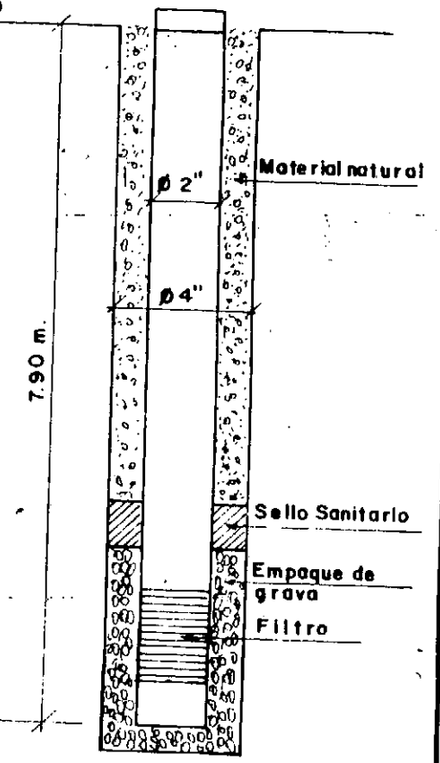
Arcillas grises muy plásticas

Arenas finas grises bien seleccionadas.

Arenas de grano medio, de color gris, bien seleccionadas.

Muestreo sin retorno



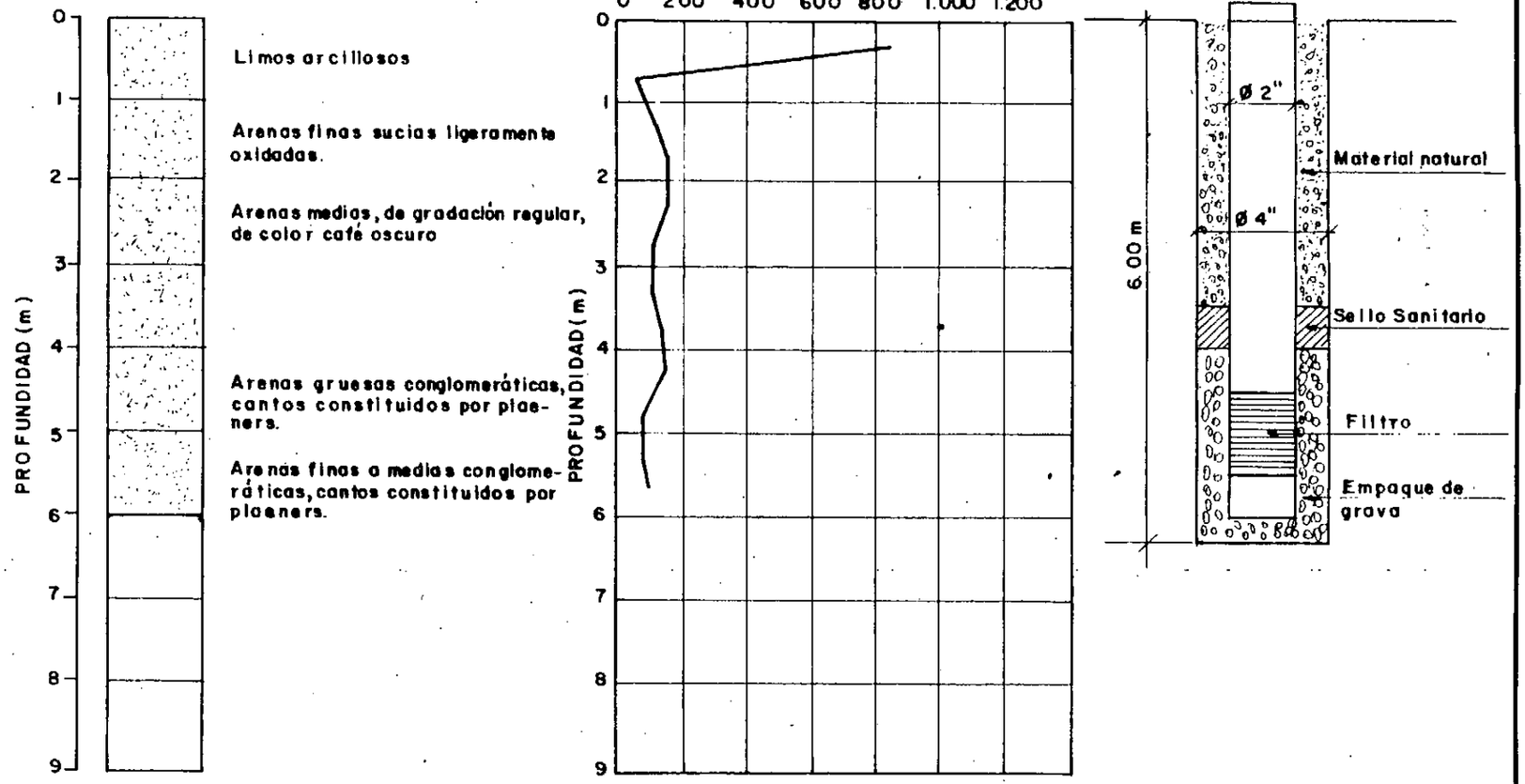


HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY - ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA - MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 4	F. M. V.	ABRIL / 93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2—D

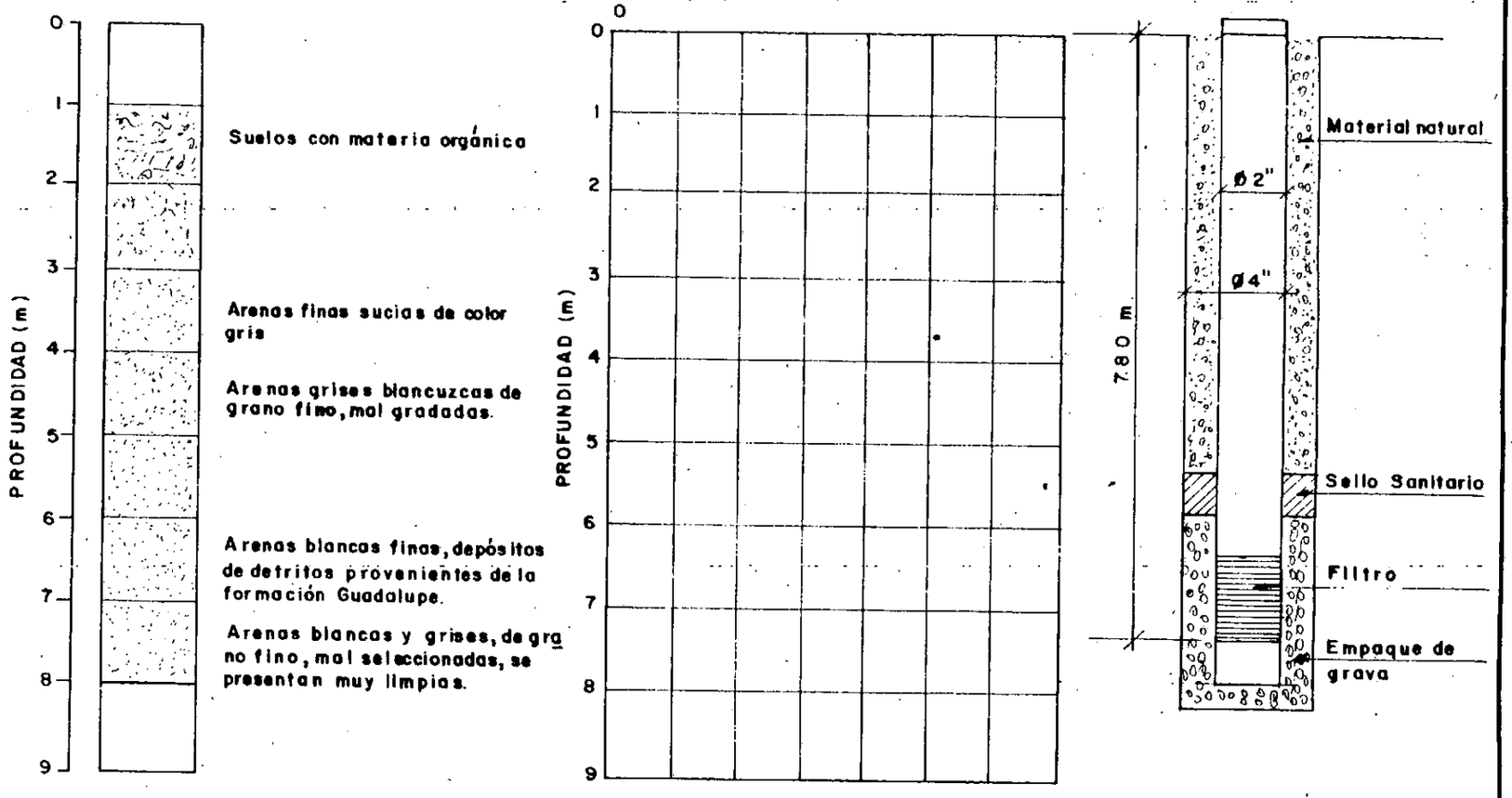


HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY – ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA – MOBIL DE COLOMBIA S. A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 5	F. M.V.	ABRIL/93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-E

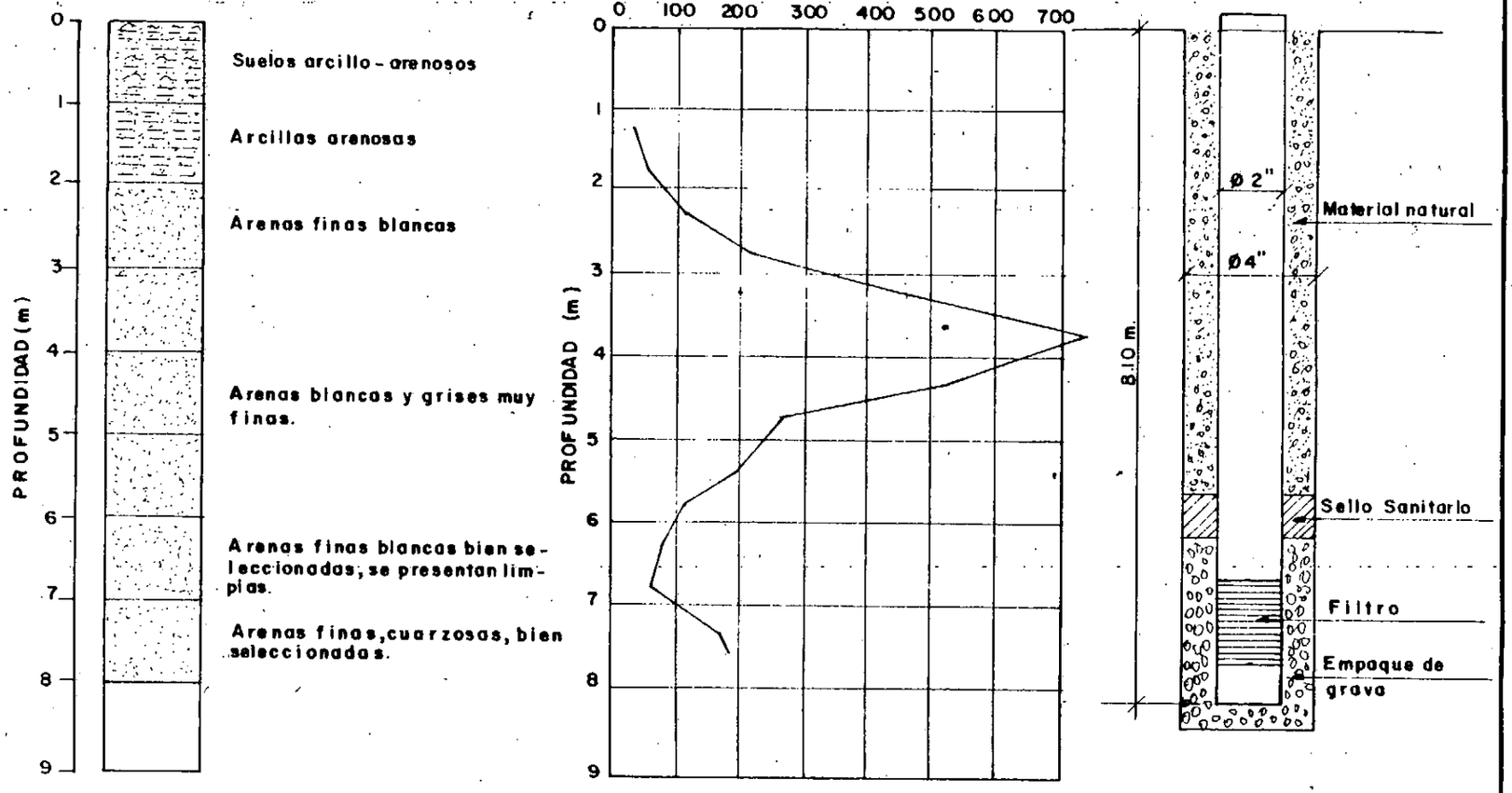


HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY - ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA - MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 6	F.M.V.	ABRIL/93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-F.



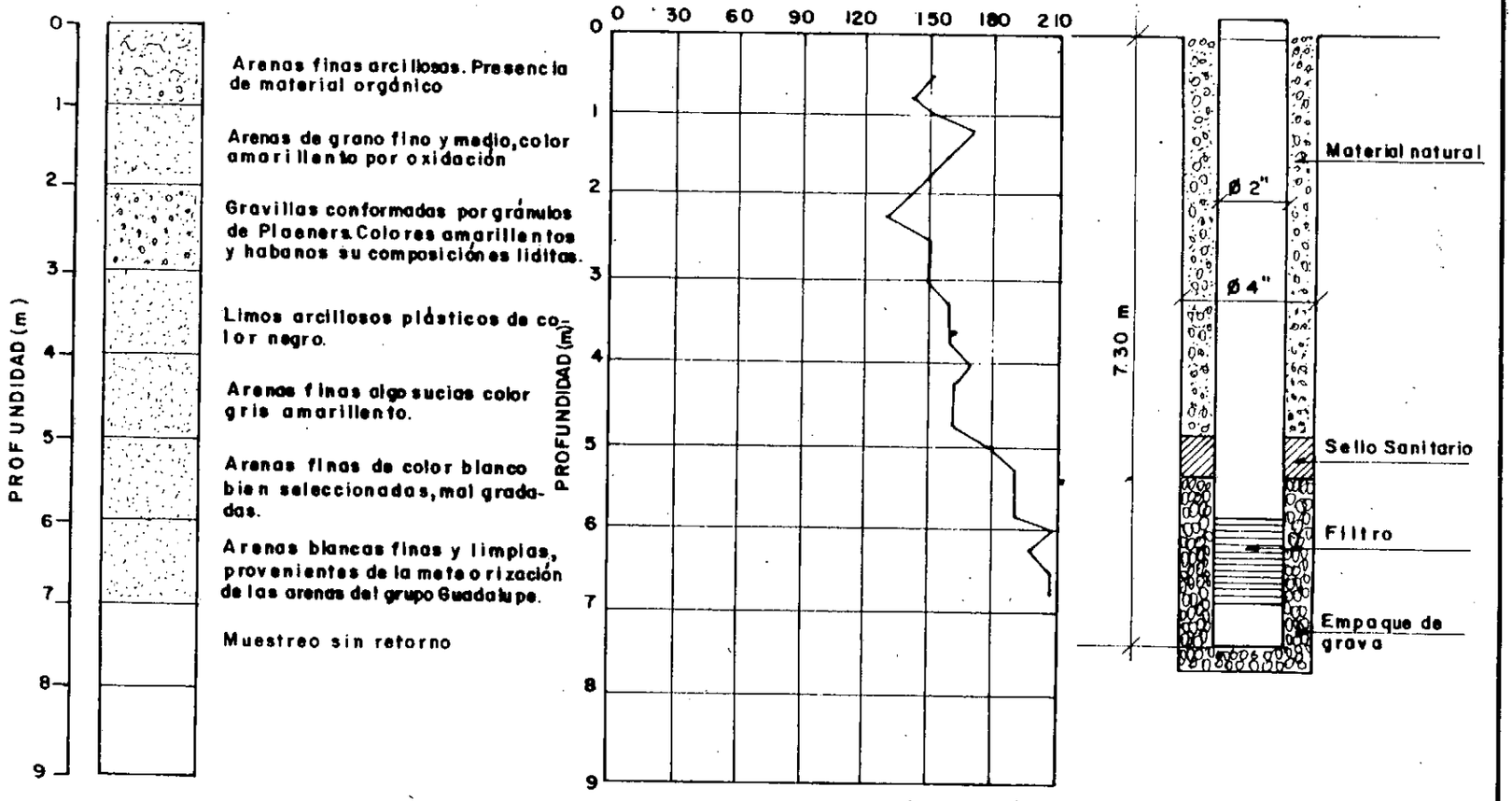
Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY - ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA - MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº7	F. M. V.	ABRIL / 93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-G.

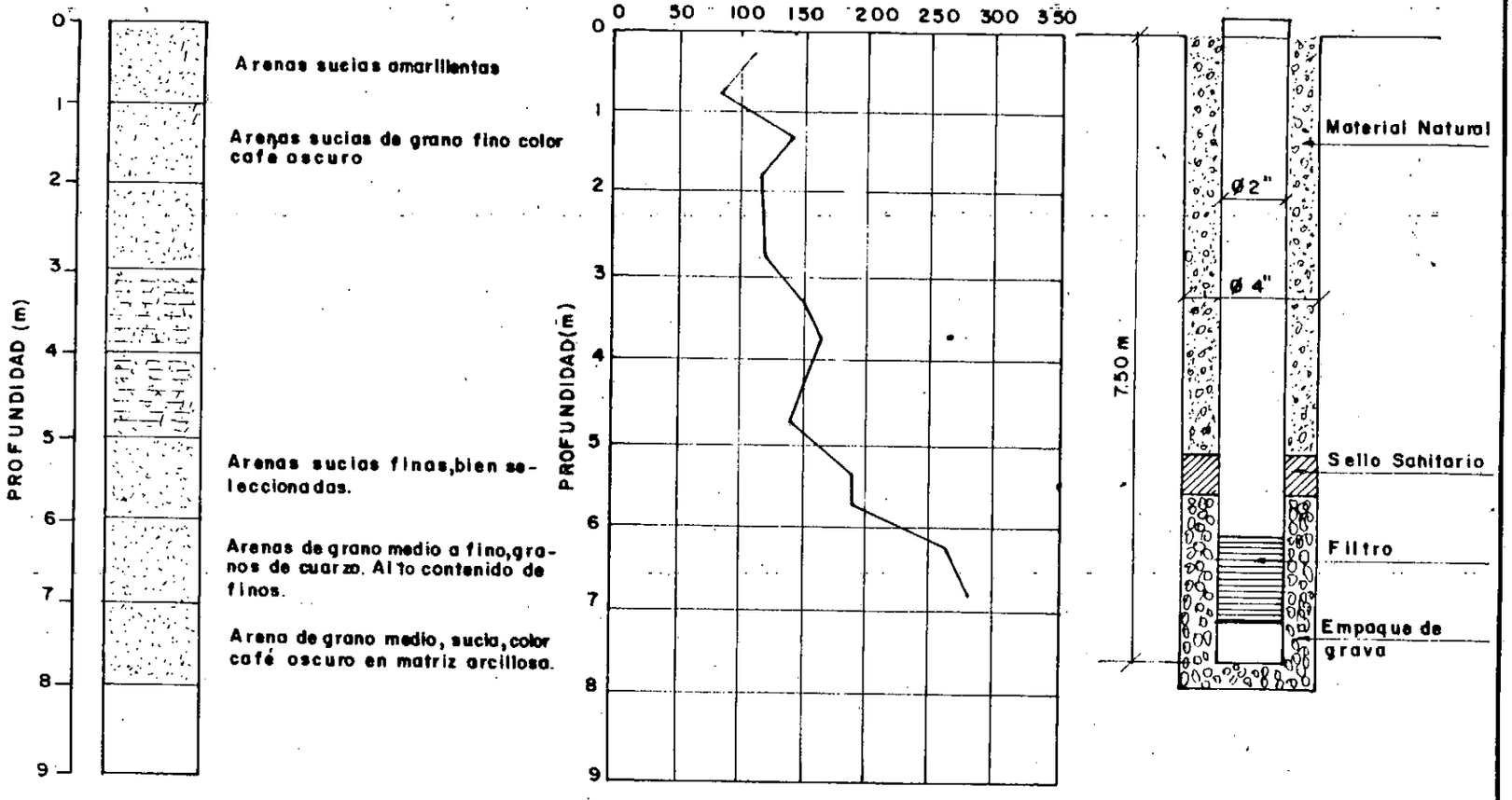


HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY – ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA – MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO: F. M. V.	FECHA: ABRIL /93
PIEZOMETRO Nº 8	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-H

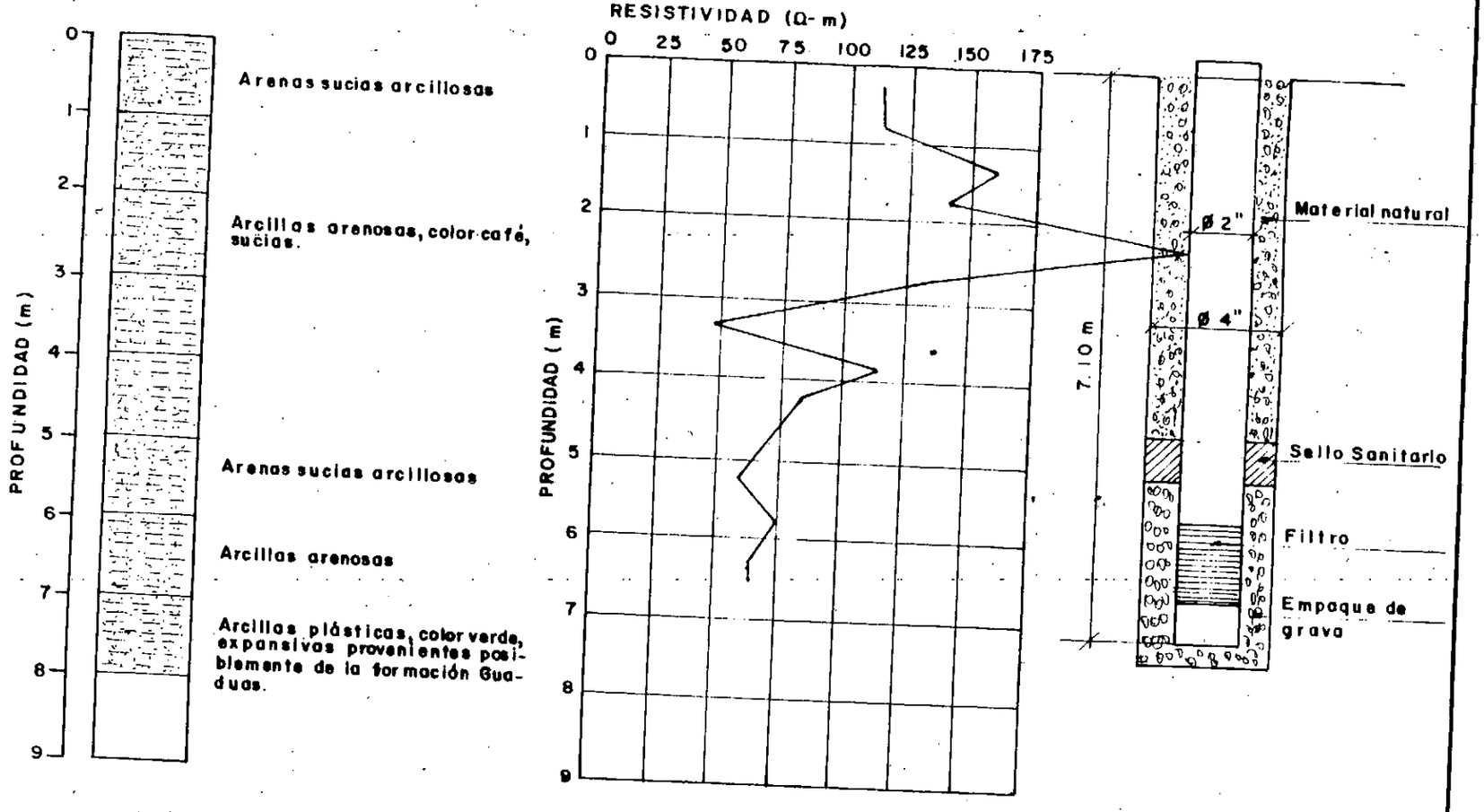


HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY - ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA - MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 9	F. M. V.	ABRIL / 93
	ESCALA: 1 : 75	FIGURA: 2-I



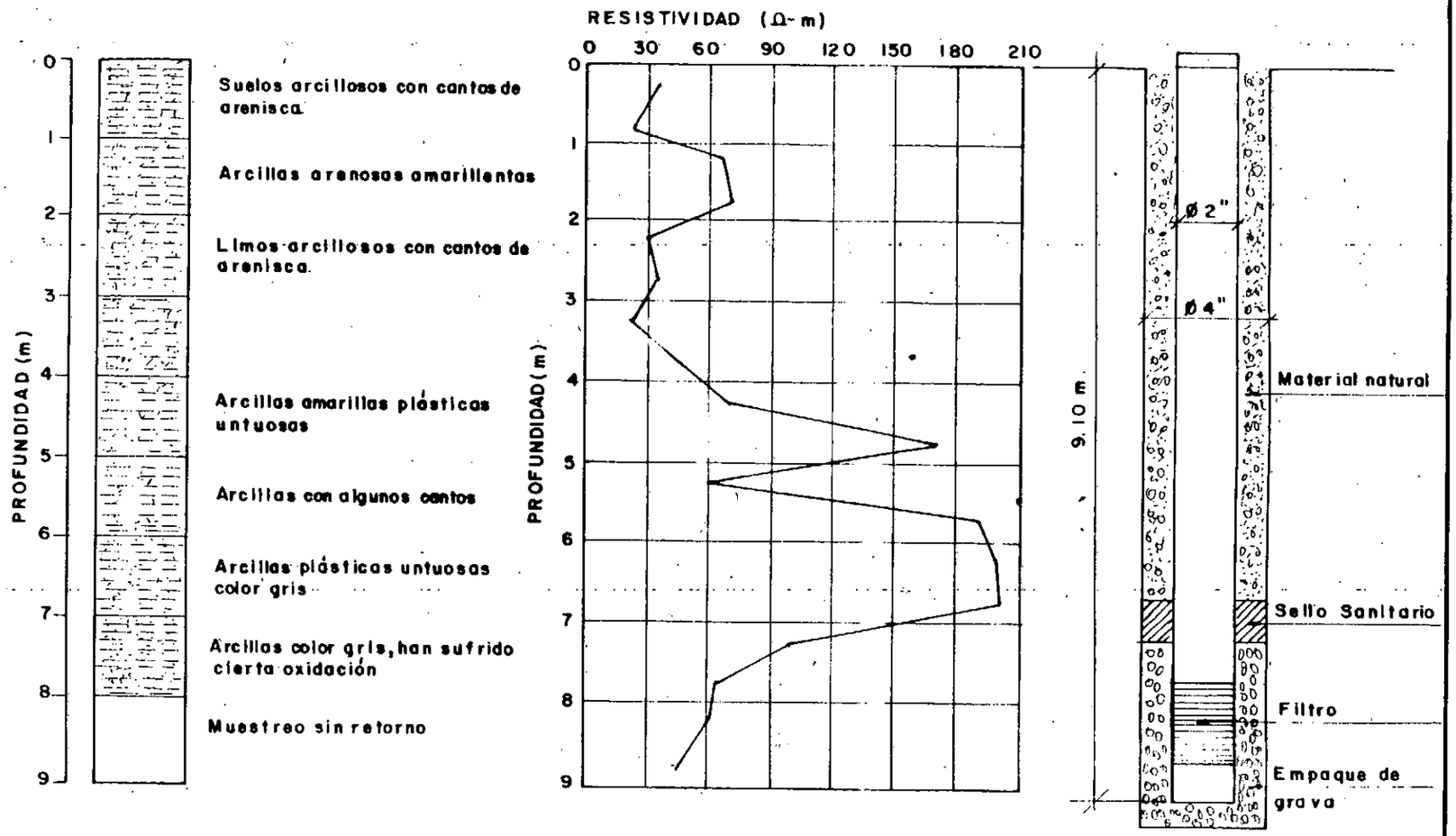
HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE: PIEZOMETRO Nº 10

DIBUJO: F. M. V.	FECHA: ABRIL/93
ESCALA: 1: 75	FIGURA: 2-J

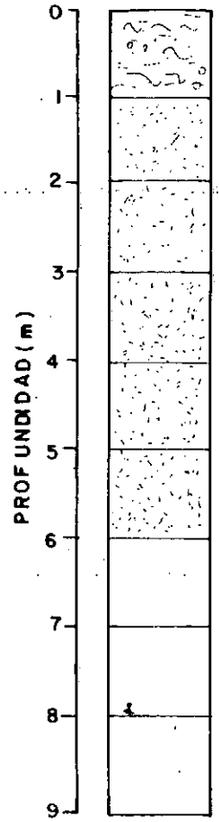


HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 11	F. M. V.	ABRIL / 93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-K



Suelos, detritos de pavimento de banca de la antigua cantera.

Arenas sucias finas de color amarillo.

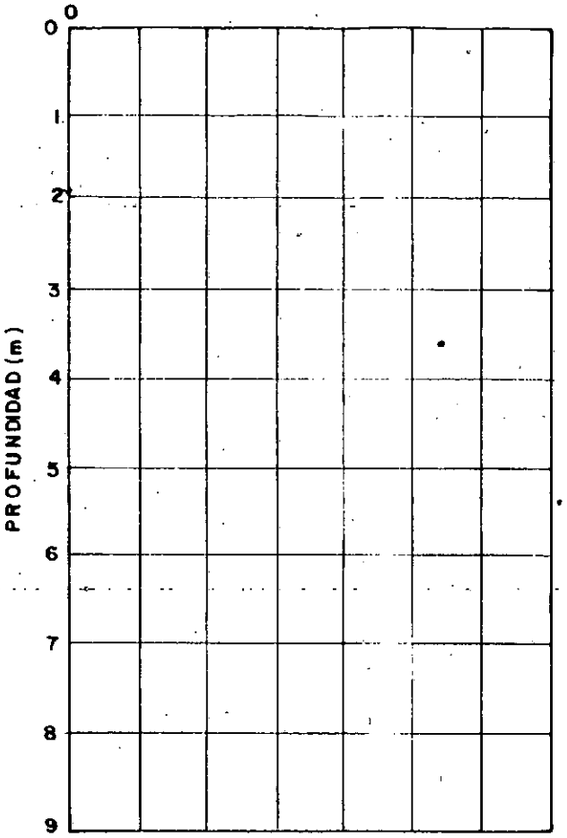
Arenas amarillas por oxidación, de grano medio.

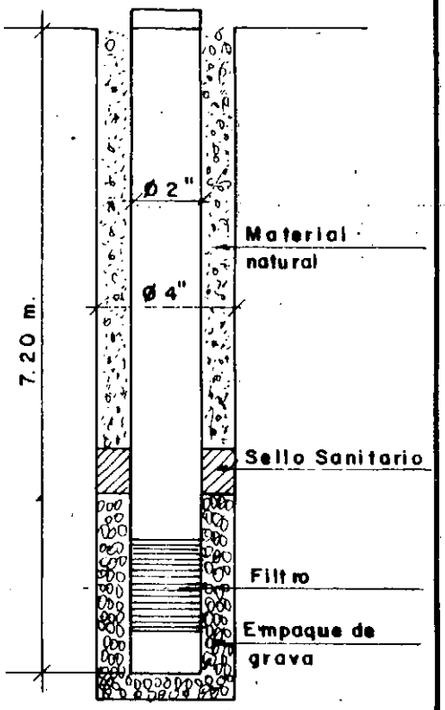
Arenas finas de color blanco y amarillo bien seleccionadas

Arenas de grano medio, con cierto grado de oxidación de color amarillo.

Arenas cuarzosas de grano grueso, bien seleccionadas, granos sub-redondeados

Muestreo sin retorno



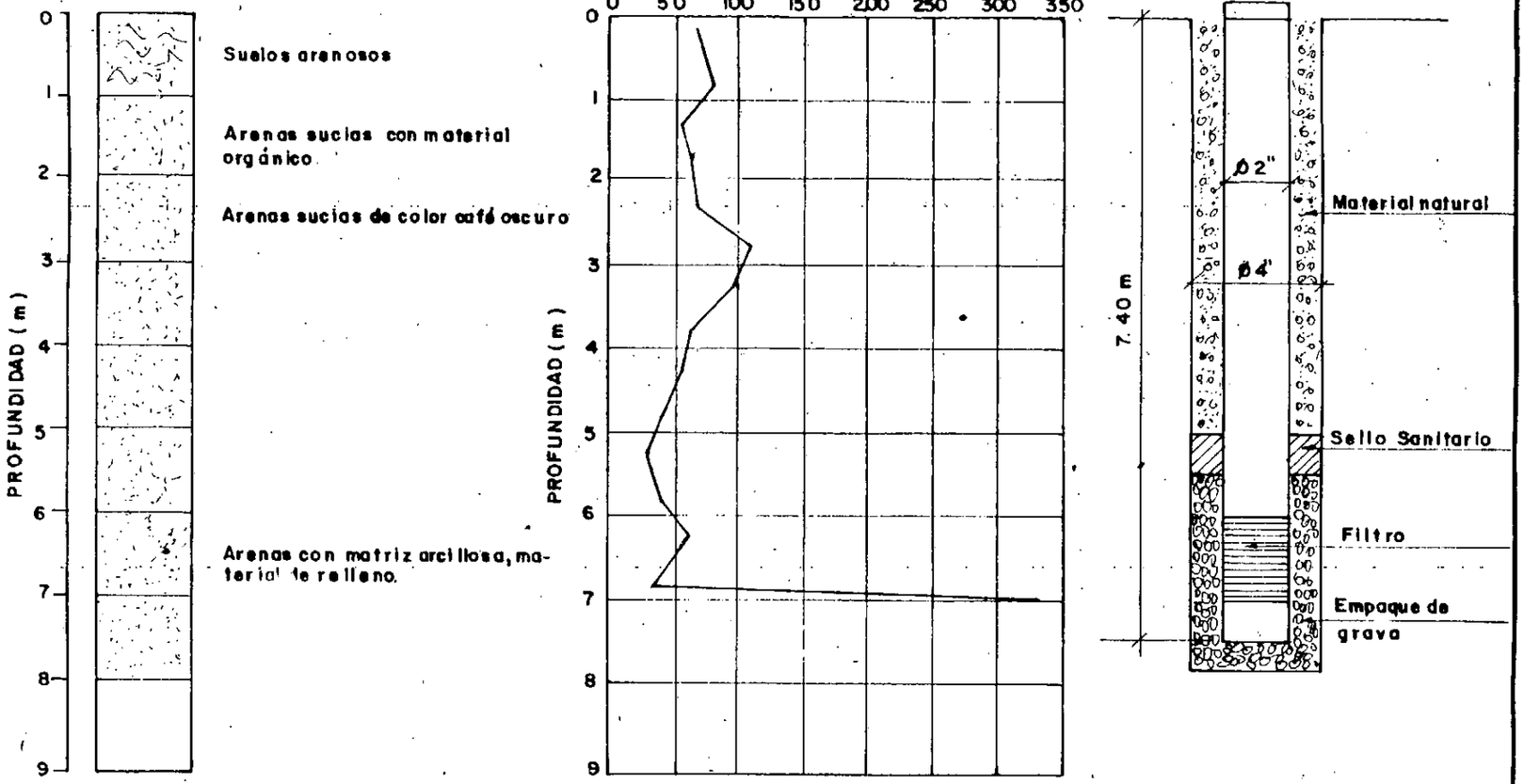


HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA - MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 12	F. M. V.	ABRIL/93
	ESCALA: 1: 75	FIGURA: 2-L

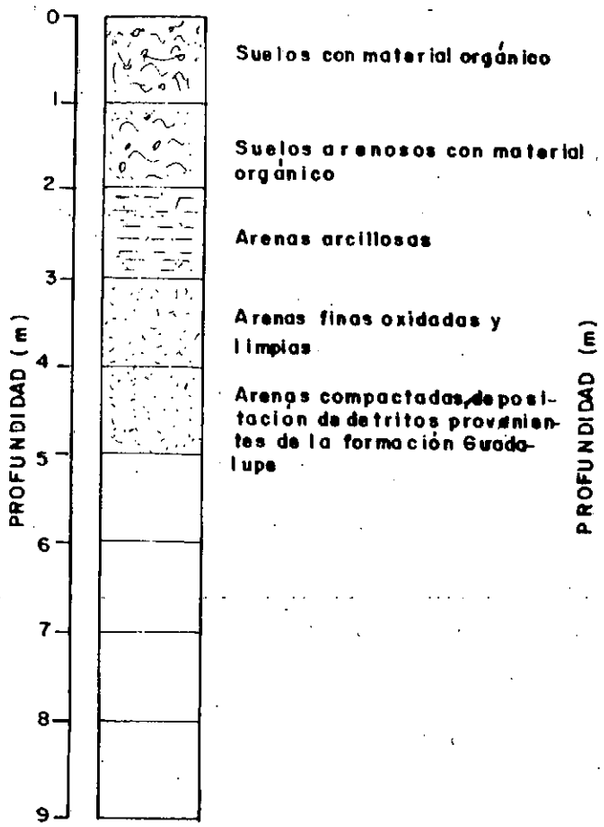


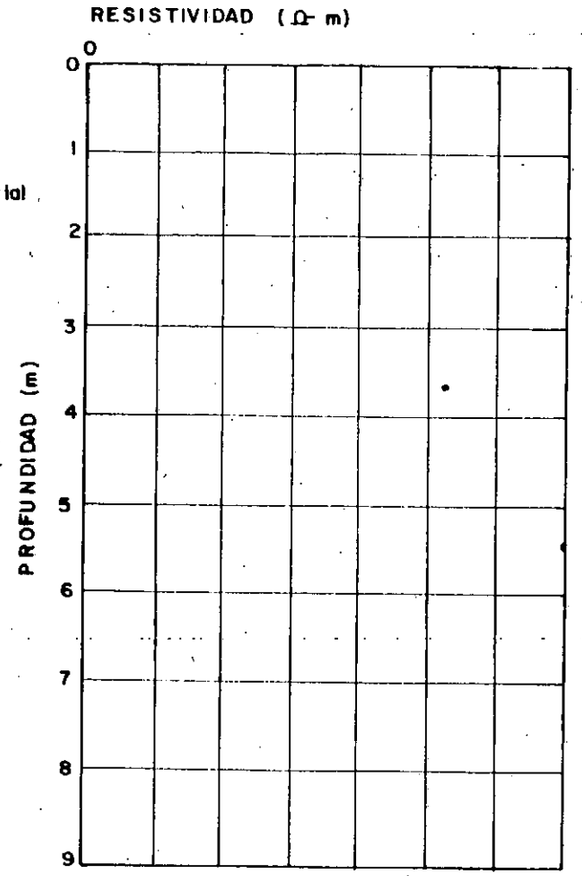
HIDROGEOCOL LTDA

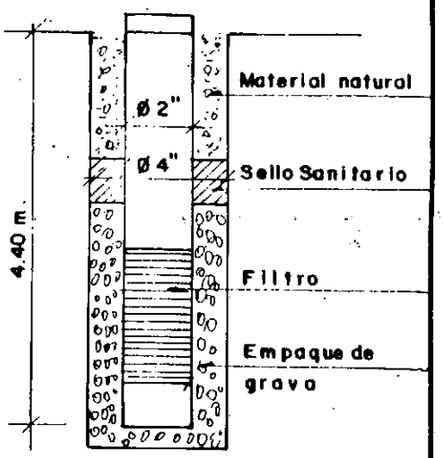
ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD. TERPEL DE LA SABANA - MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 13	F. M. V.	ABRIL/93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-M







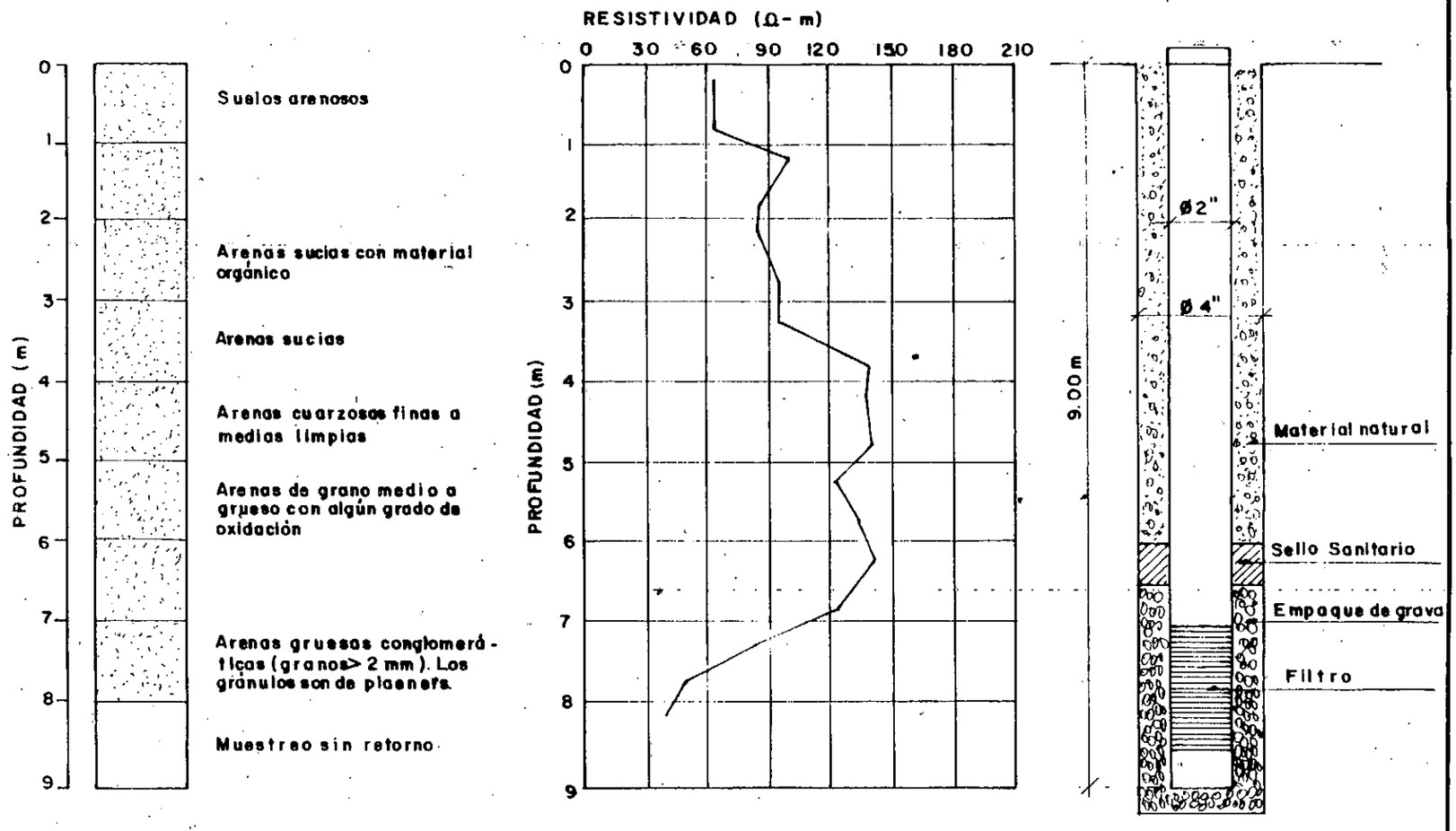
Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA - MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 14	F. M. V.	ABRIL/93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-N

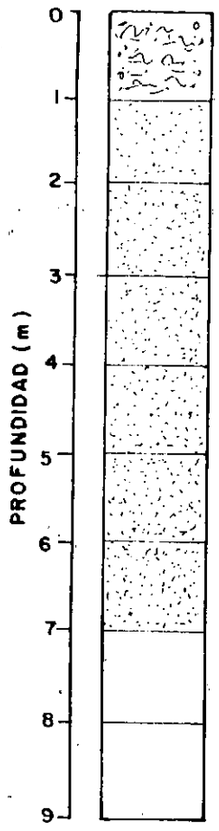


HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY - ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA - MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 15	F. M. V.	ABRIL/93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-N



Suelos con material orgánico, detritos de pavimento de banca de la antigua carretera.

Arenas finas de color amarillo

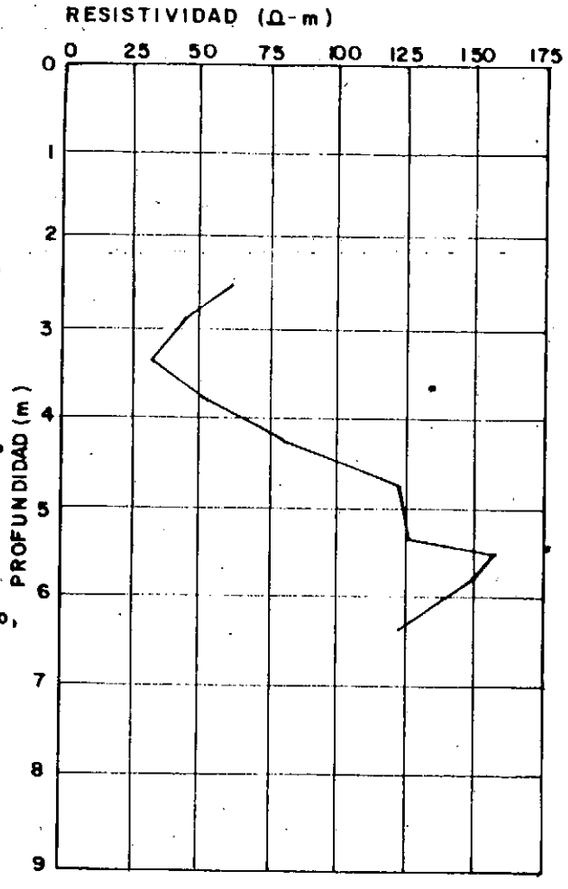
Arenas de grano medio a grueso, amarillas por oxidación

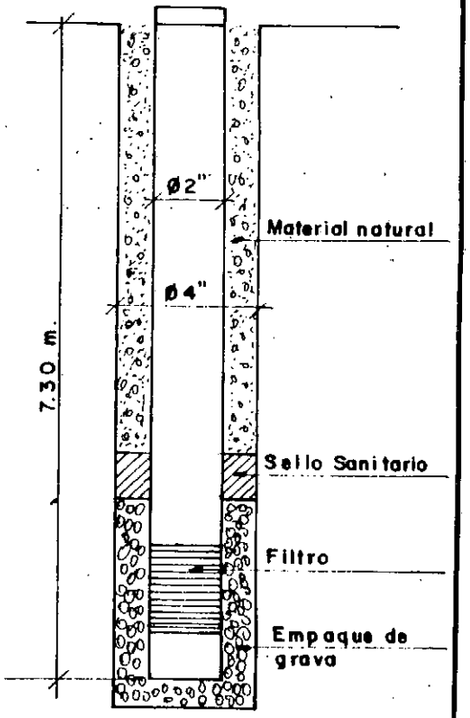
Arenas de grano medio de color blanco y amarillo.

Arenas de grano medio a grueso, con cierto grado de oxidación de color amarillo.

Arenas cuarzosas de grano grueso, bien seleccionadas.

Muestreo sin retorno



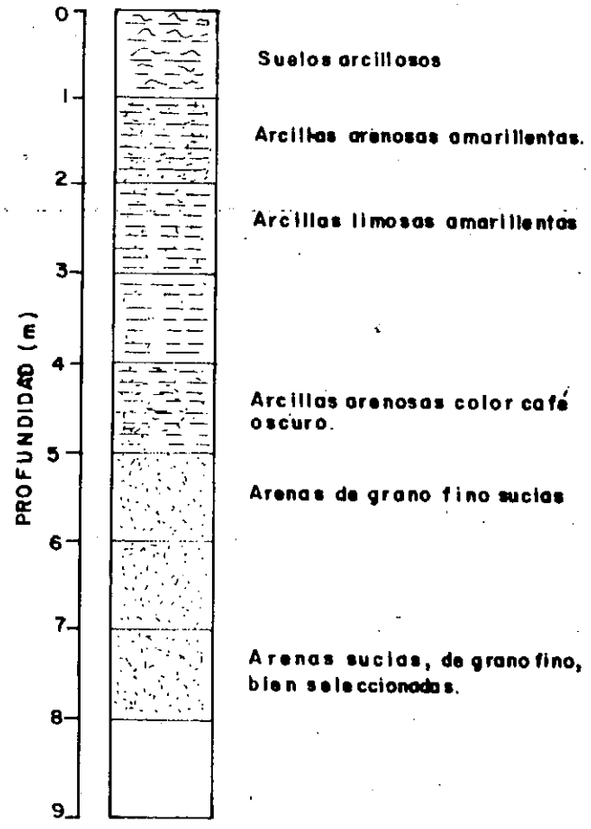


HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO: F. M. V.	FECHA: ABRIL/93
PIEZOMETRO Nº 16	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-0



Suelos arcillosos

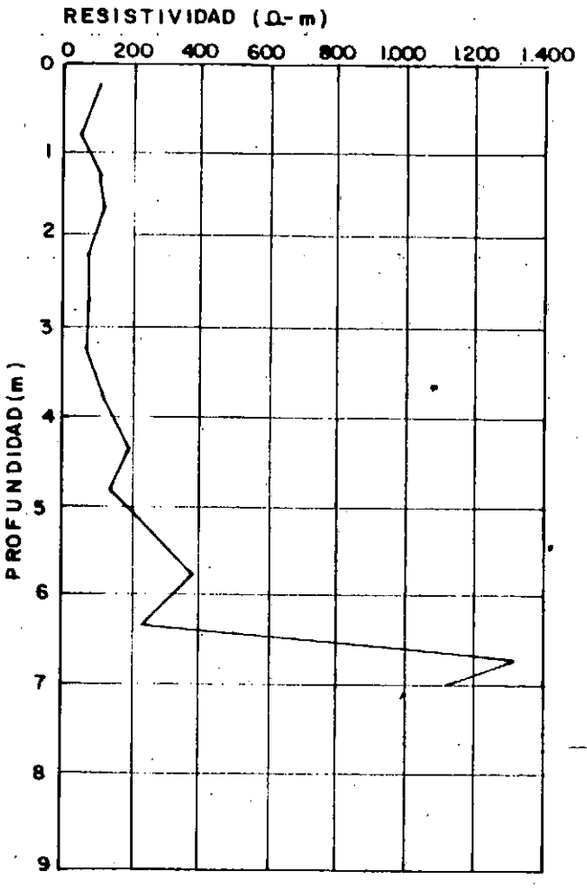
Arcillas arenosas amarillentas.

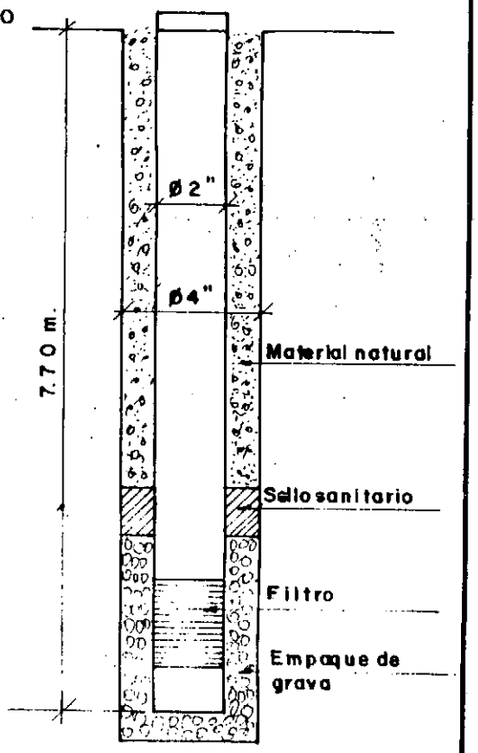
Arcillas limosas amarillentas

Arcillas arenosas color café oscuro.

Arenas de grano fino sucias

Arenas sucias, de grano fino, bien seleccionadas.



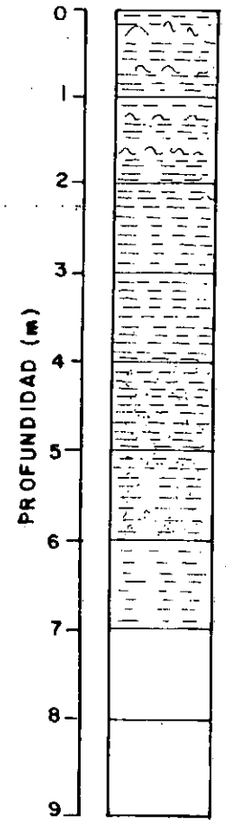


HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 17	F. M. V.	ABRIL/93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-P



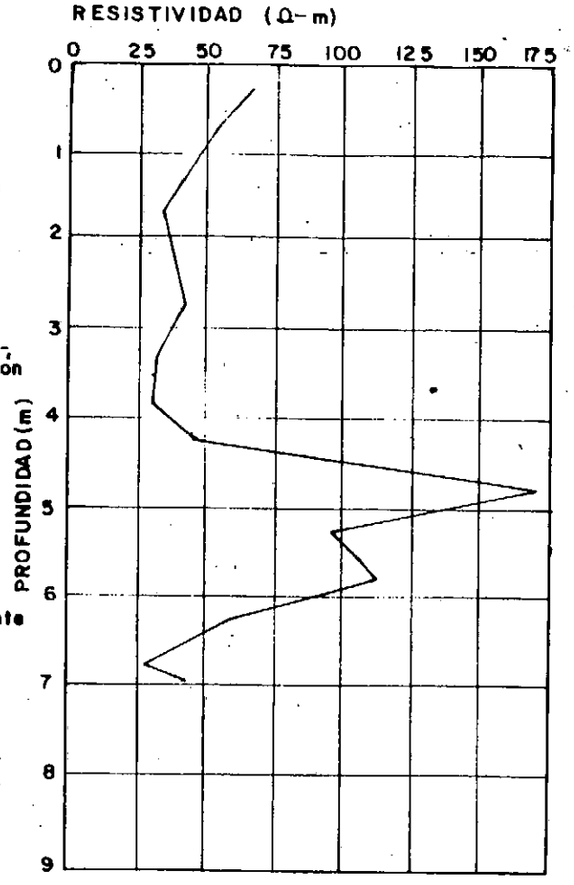
Suelos arcillosos

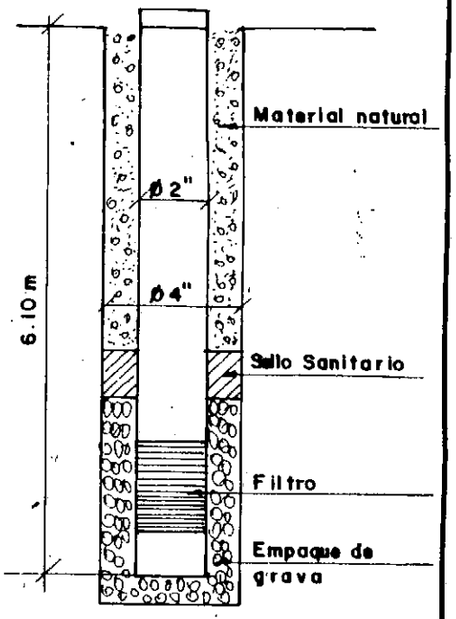
Suelos con arcillas plásticas untuosas.

Arcillas plásticas untuosas producto de posible re-depositación de la formación Guaduas.

Arcillas plásticas color gris intercaladas con arenas.

Arcillas plásticas posiblemente de la formación Guaduas.



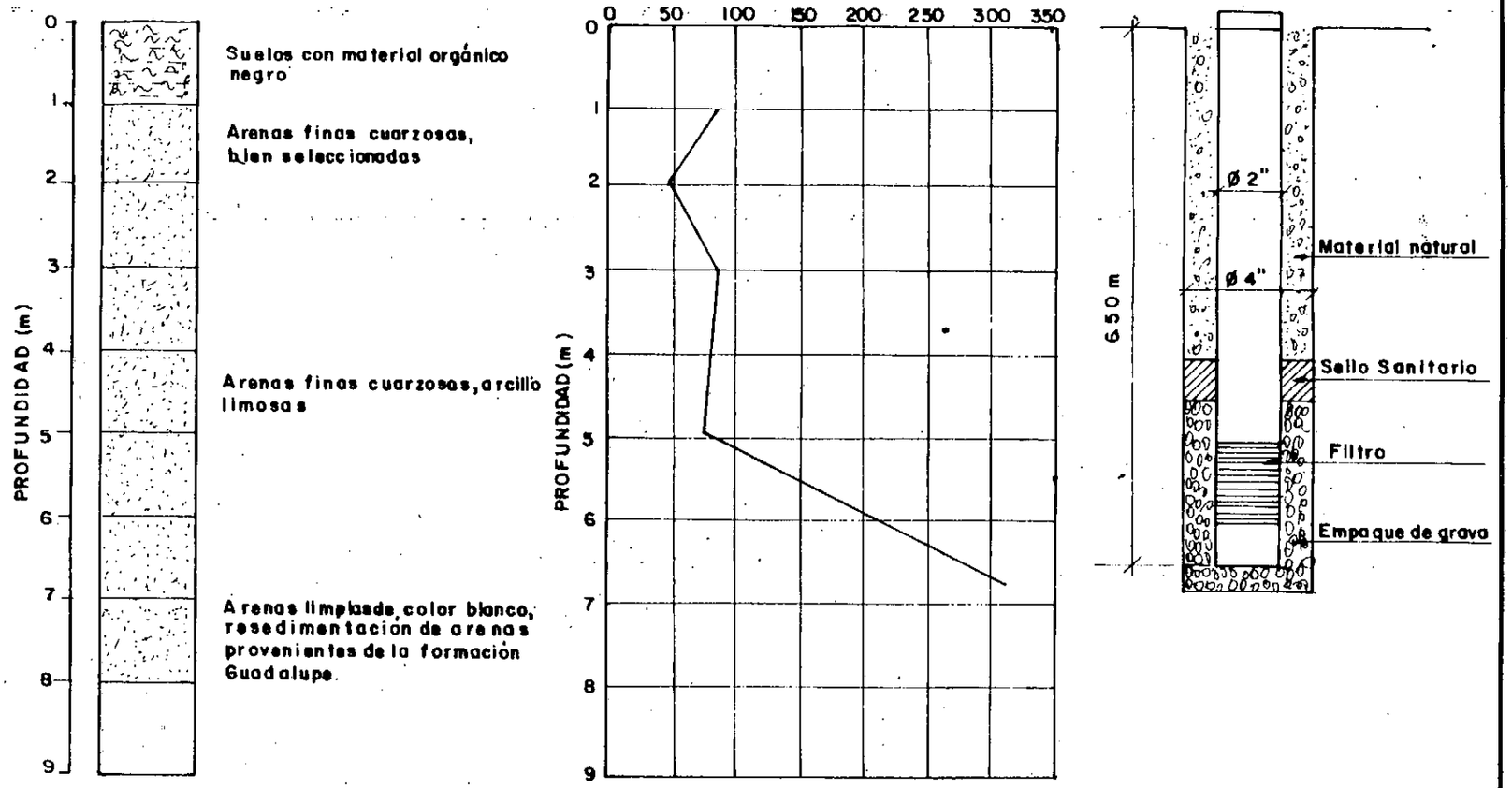


HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 18	F. M. V.	ABRIL /93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-Q

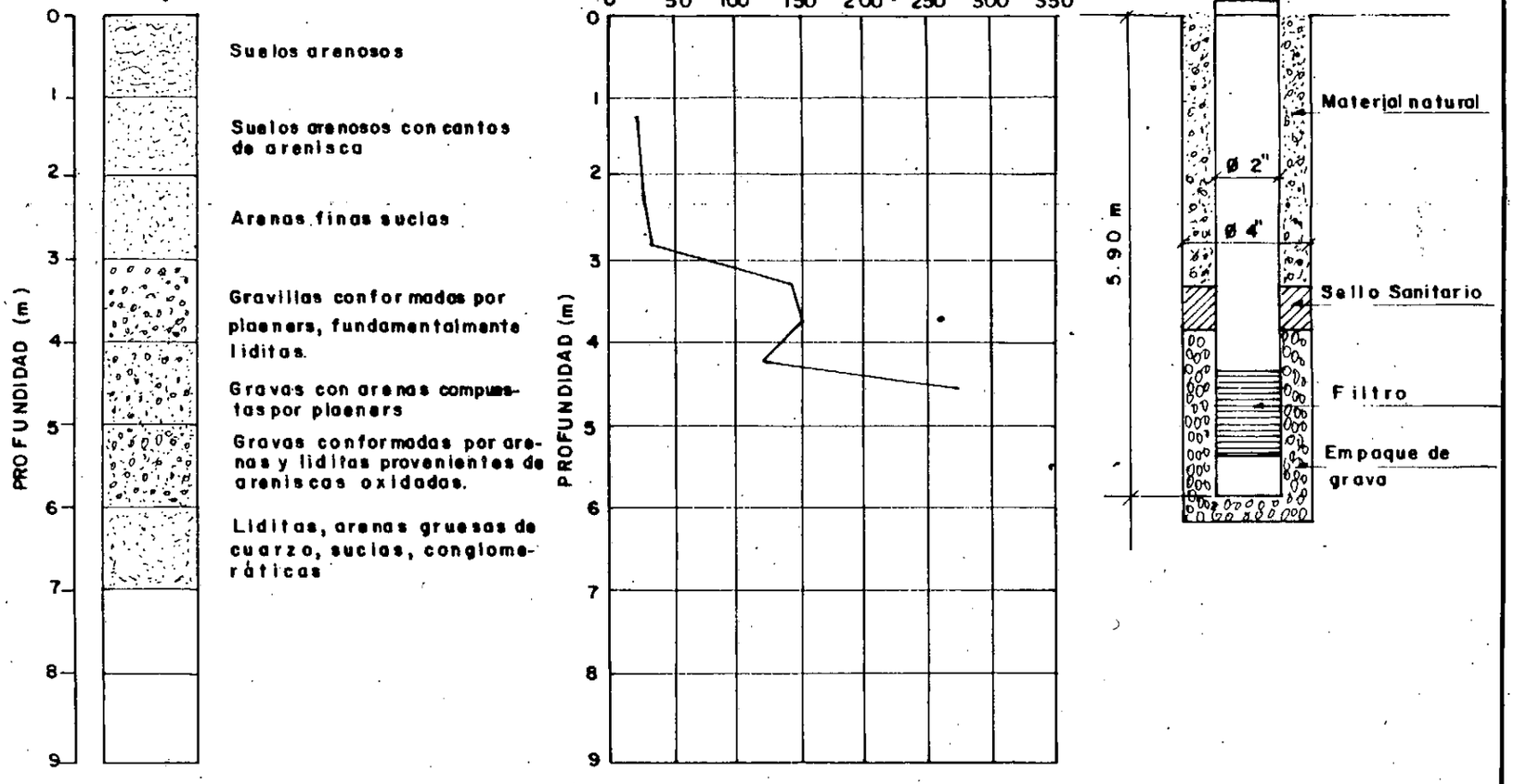


HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 19	F. M. V.	ABRIL /93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-R



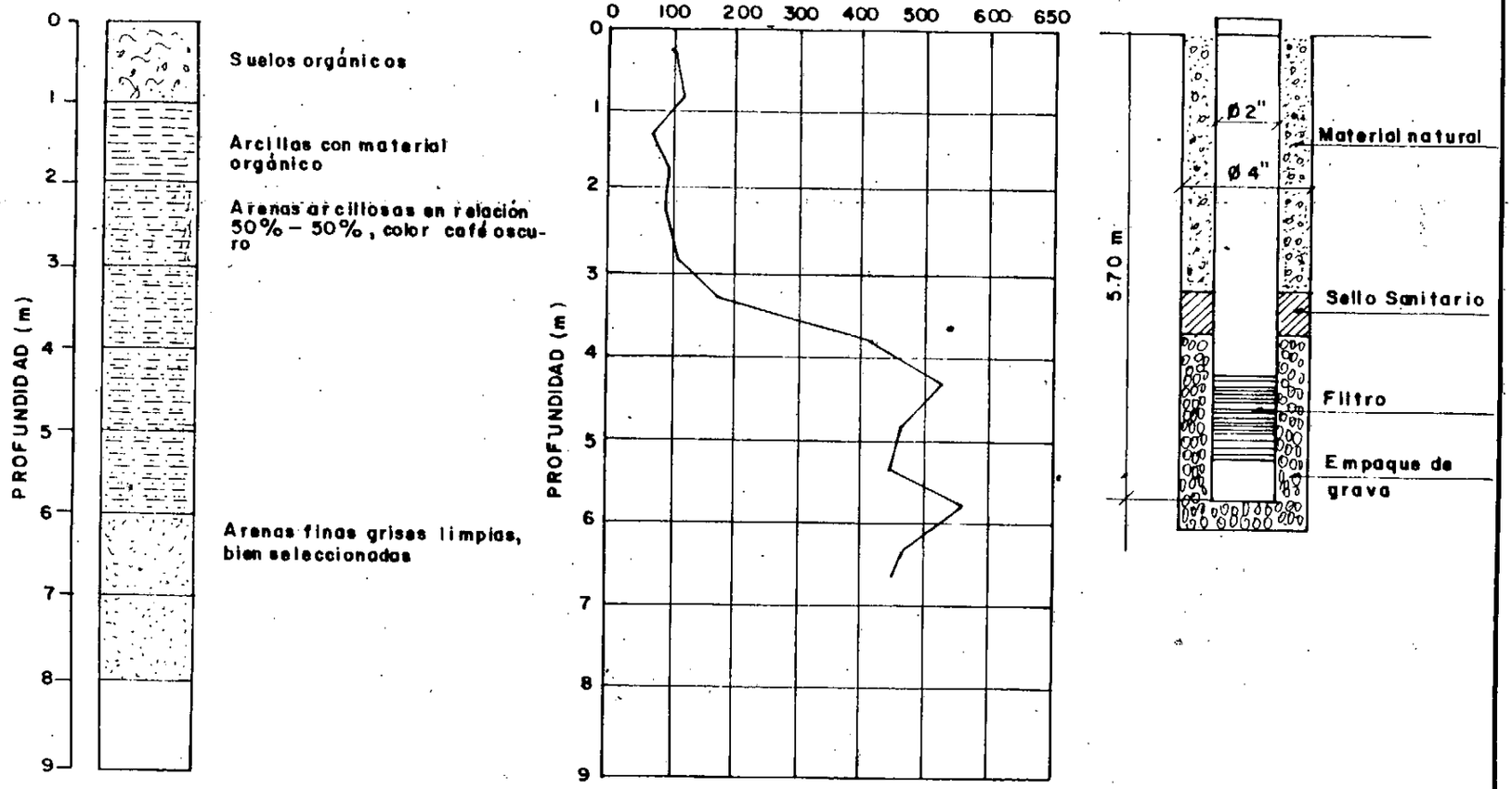
Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias
FOPAE

HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 20	F. M. V.	ABRIL /93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-S

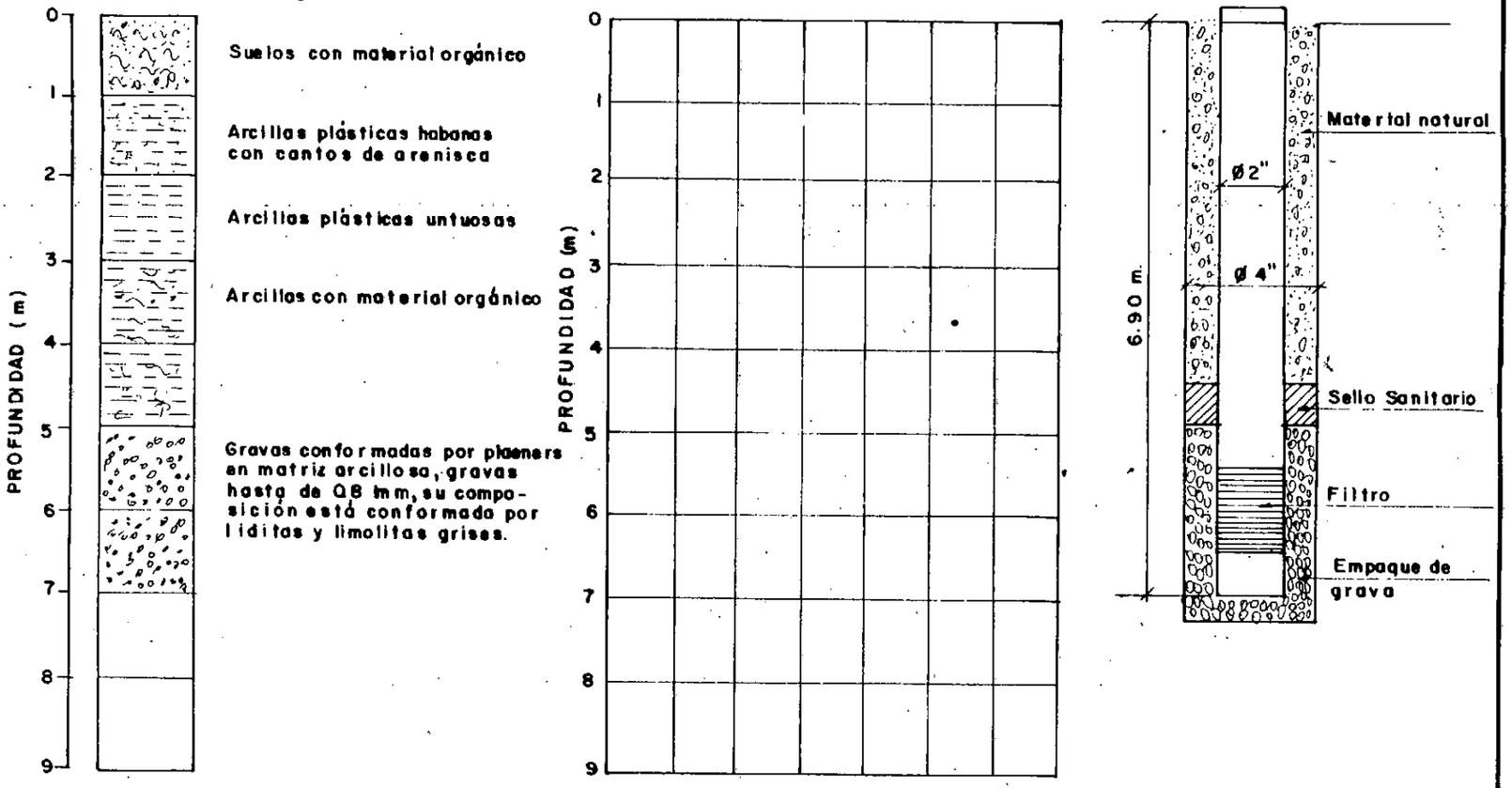


HIDROGEOCOL LTDA

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY–ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA–MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO:	FECHA:
PIEZOMETRO Nº 21	F. M. V.	ABRIL /93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2–T

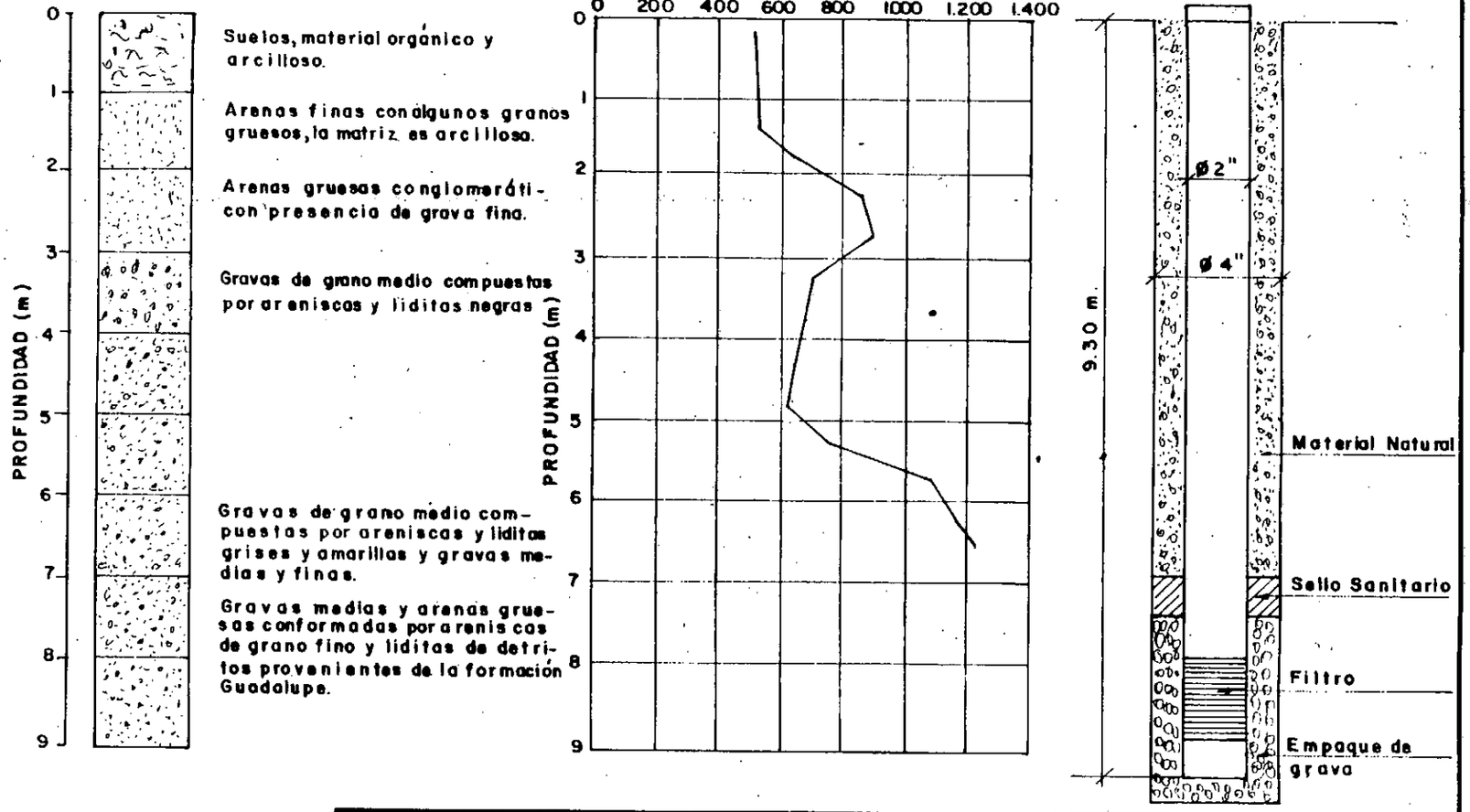


HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY–ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA–MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE: PIEZOMETRO Nº 22	DIBUJO: F. M. V.	FECHA: ABRIL /93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2–U

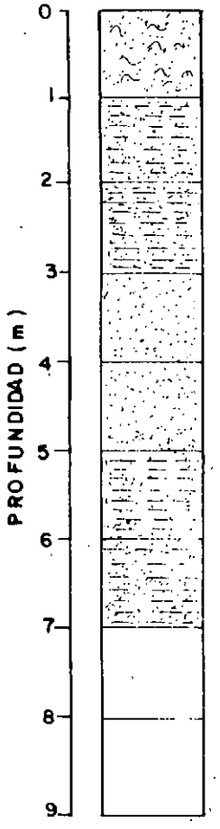


HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD. TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE: PIEZOMETRO Nº 23	DIBUJO: F. M. V.	FECHA: ABRIL/93
	ESCALA: 1:75	FIGURA: 2-V



Suelos arenosos con algunos cantos de arenisca.

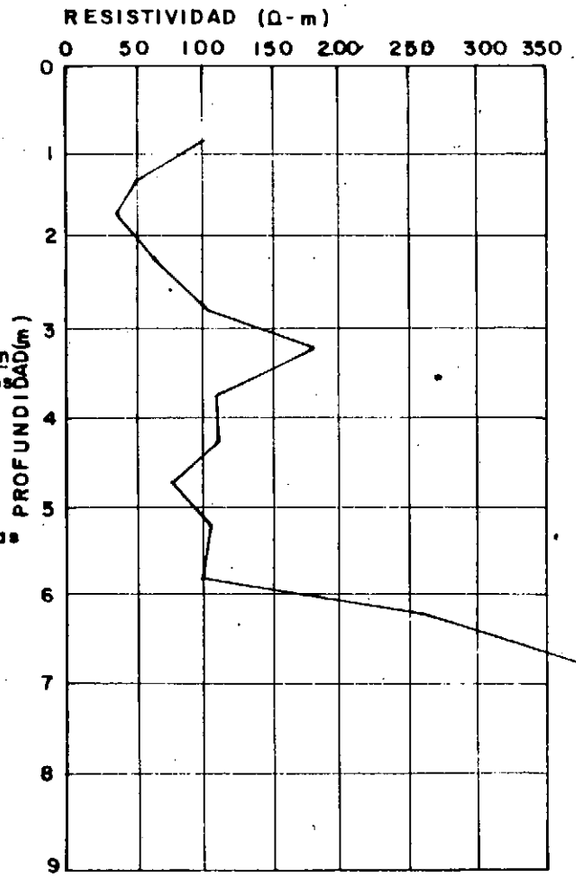
Suelos arcillosos con materia orgánica

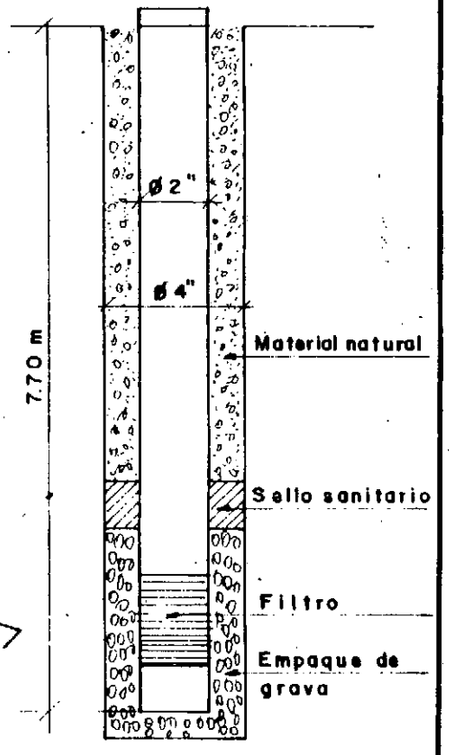
Arenas sucias pardo-amarillentas, de grano medio compuestas por cuarzo con arcillas.

Arcillas arenosas amarillentas

Arcillas arenosas plásticas untuosas.

Muestreo sin retorno





HIDROGEOCOL LTDA.

ESTUDIO AMBIENTAL DE LA ZONA DE SANTA BARBARA

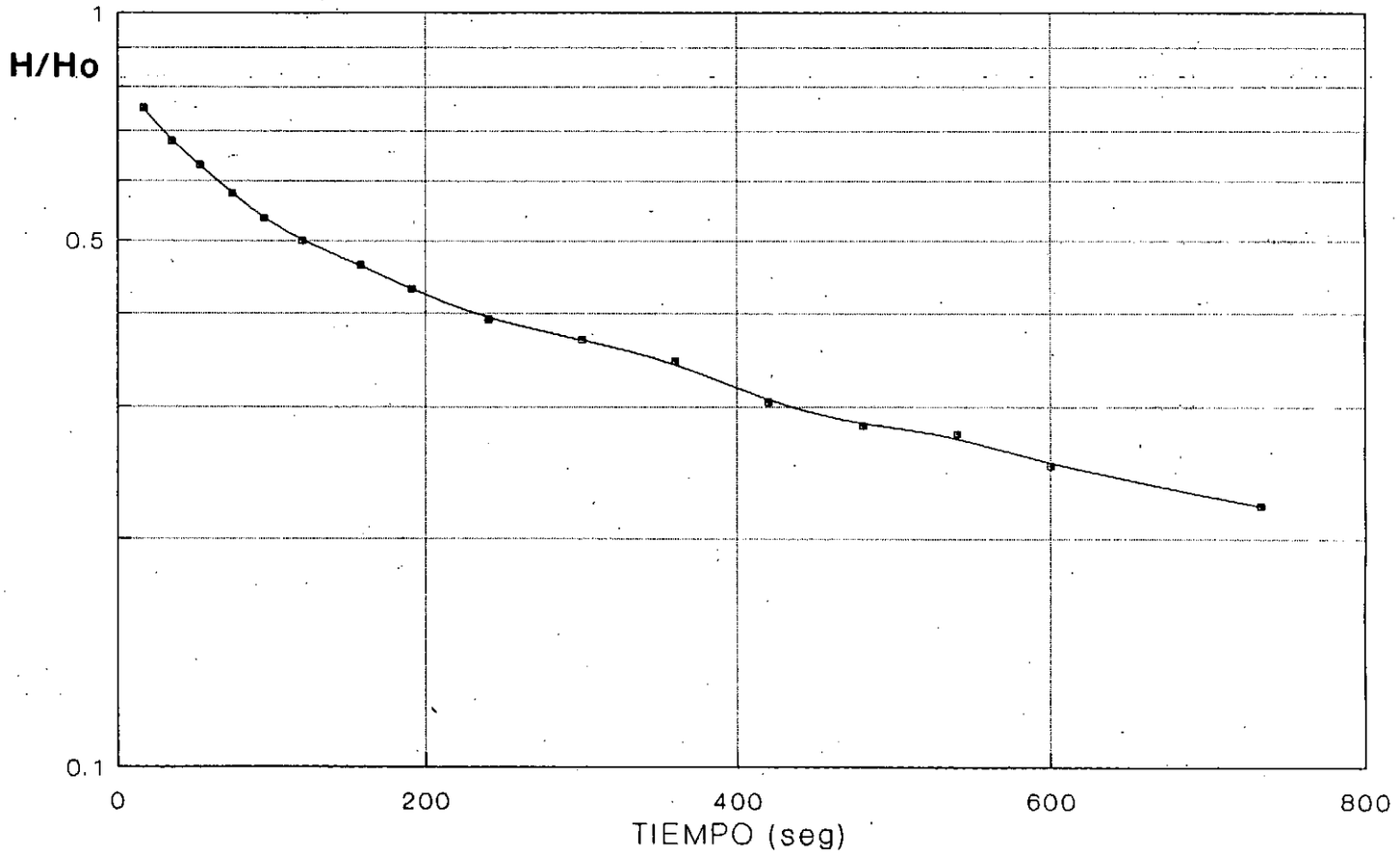
TEXAS PETROLEUM COMPANY-ESSO COLOMBIANA LTD.
TERPEL DE LA SABANA-MOBIL DE COLOMBIA S.A.

CONTIENE:	DIBUJO: F. M. V.	FECHA: ABRIL/93
PIEZOMETRO Nº 24	ESCALA: 1:75	FIGURA 2-W

ANEXO III
PRUEBAS HIDRAULICAS

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

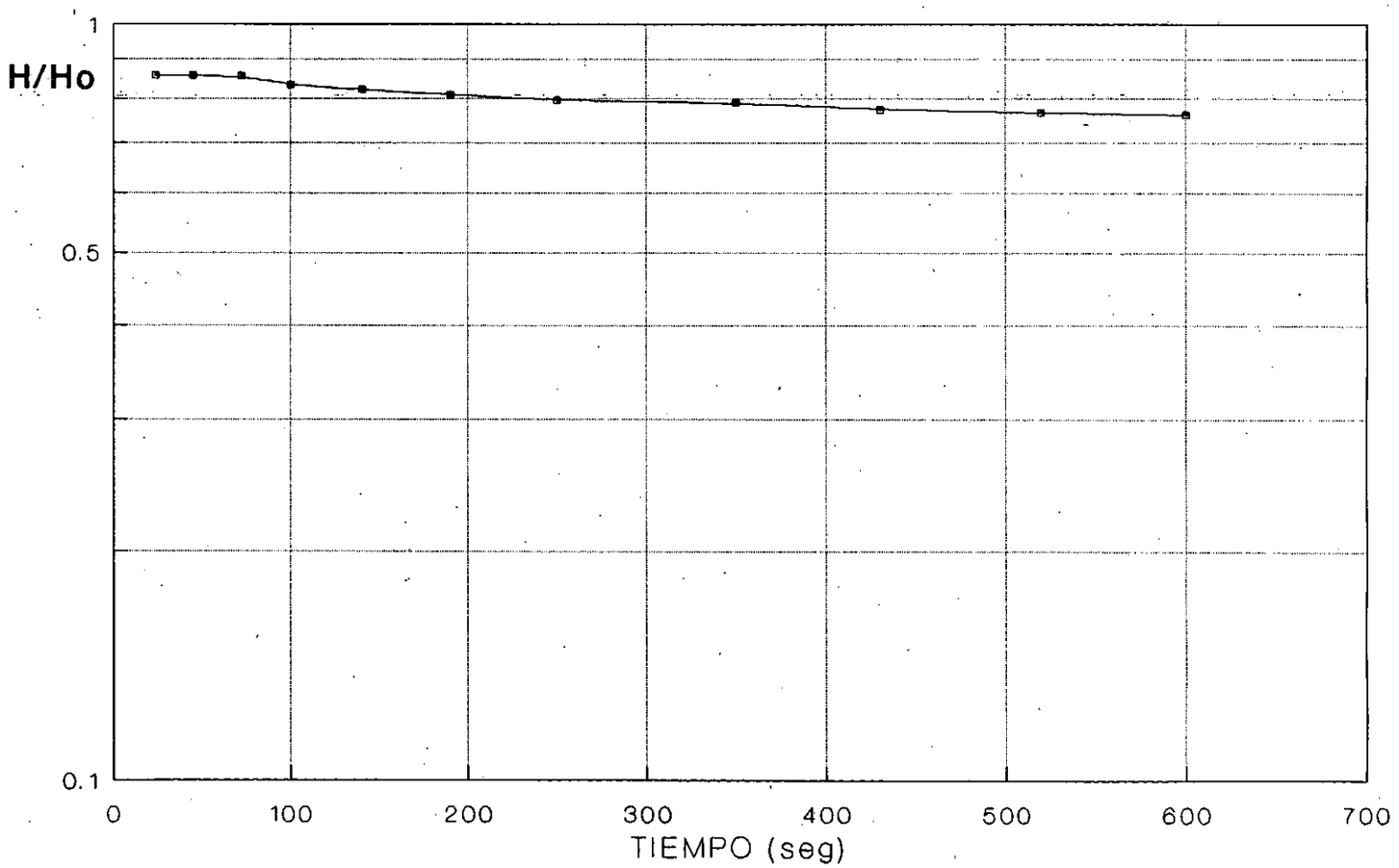
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 1
K=0.57 m/d



ILUSTRACION III.1

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

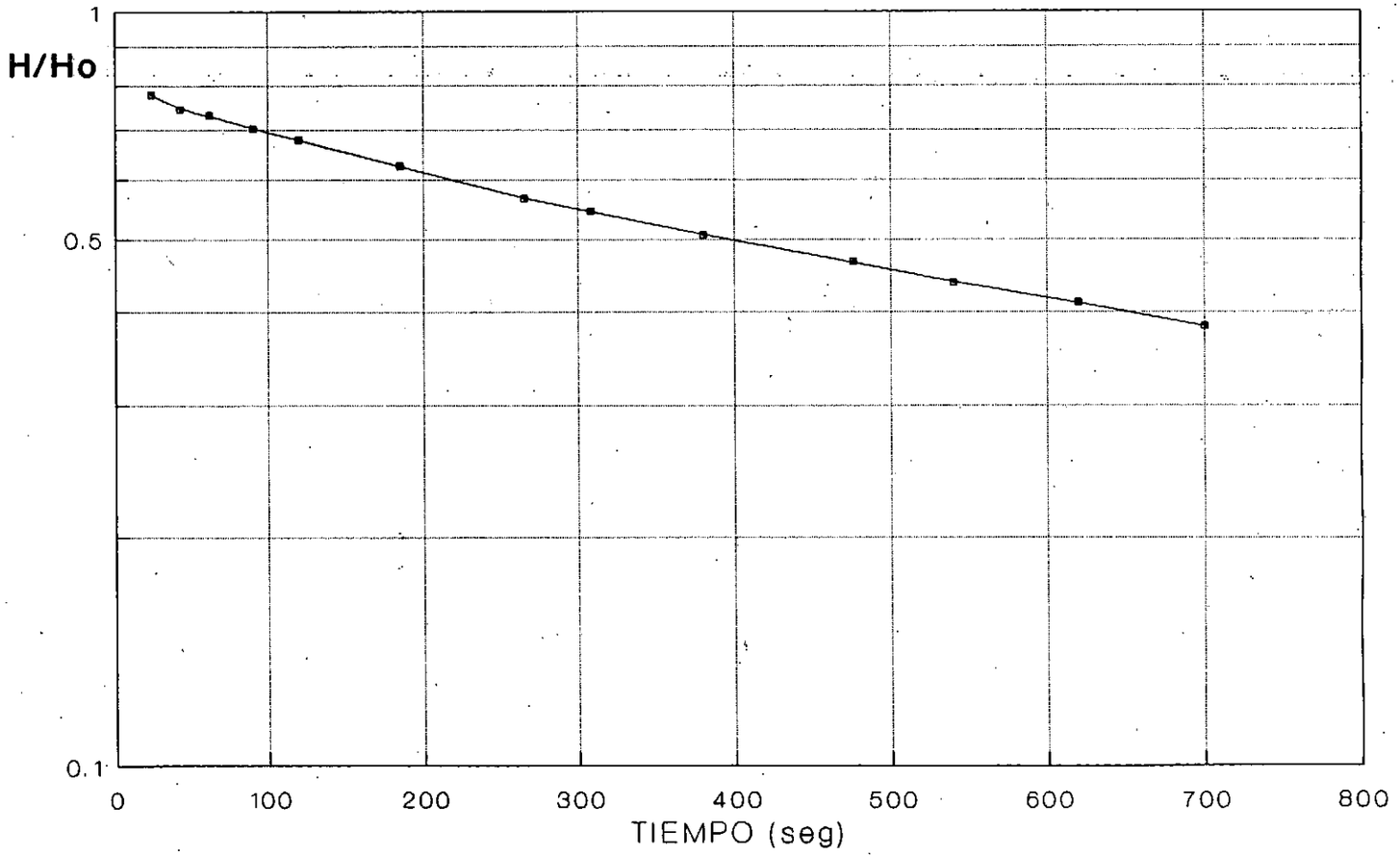
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 2
K=0.04 m/d



ILUSTRACION III.2

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

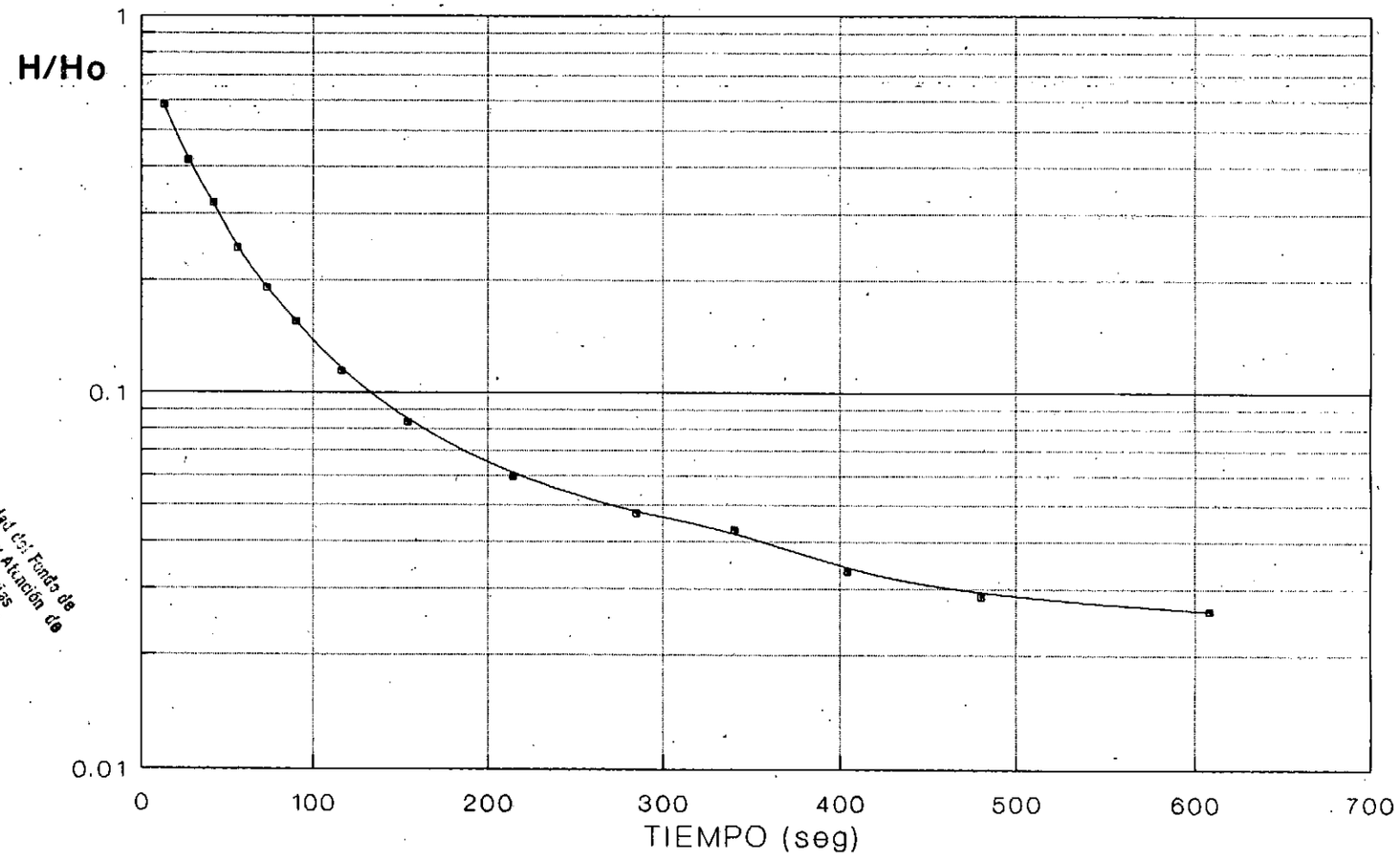
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 3
K=0.18 m/d



ILUSTRACION III.3

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 4
K=2.89 m/d

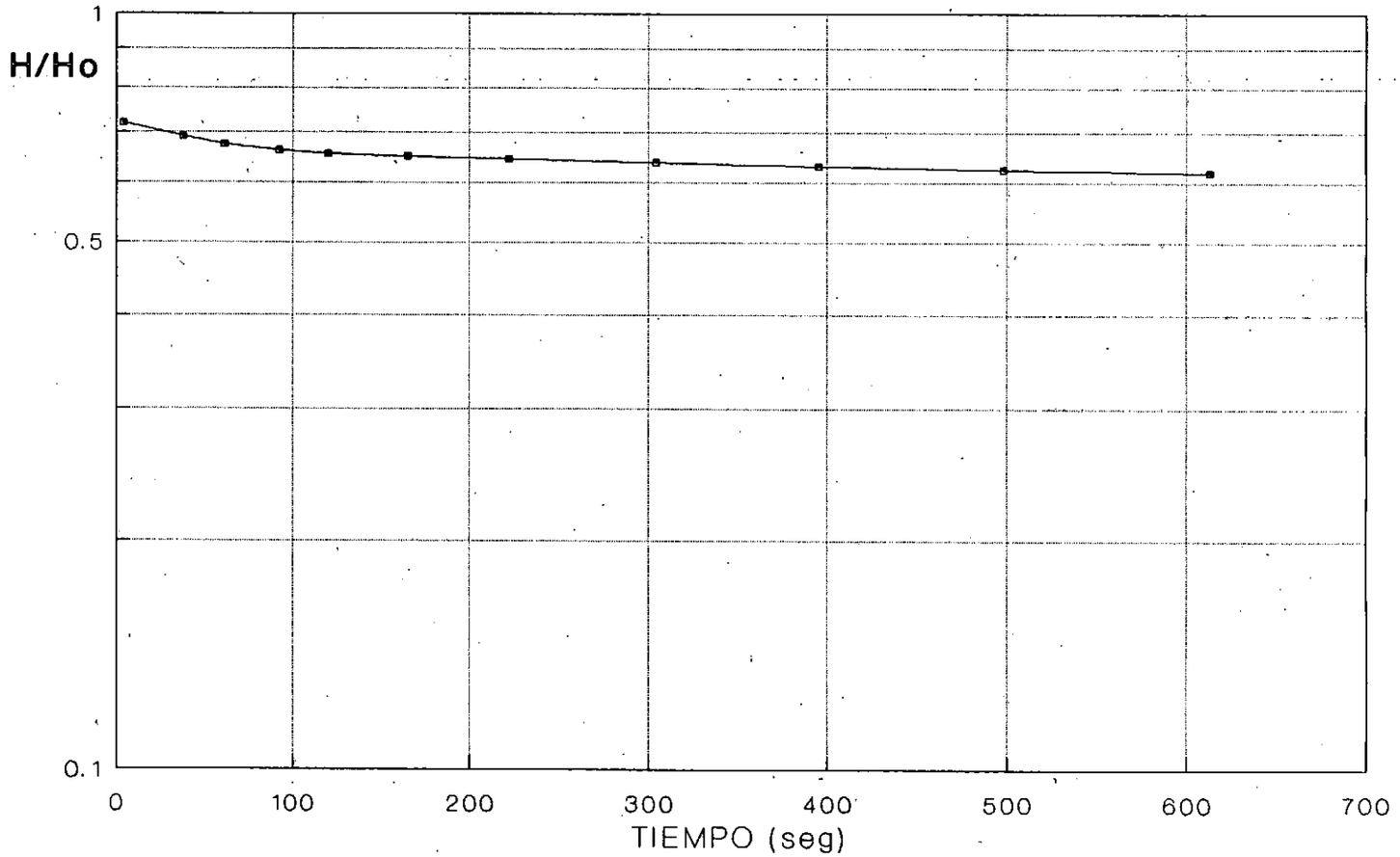


Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

ILUSTRACION III.4

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

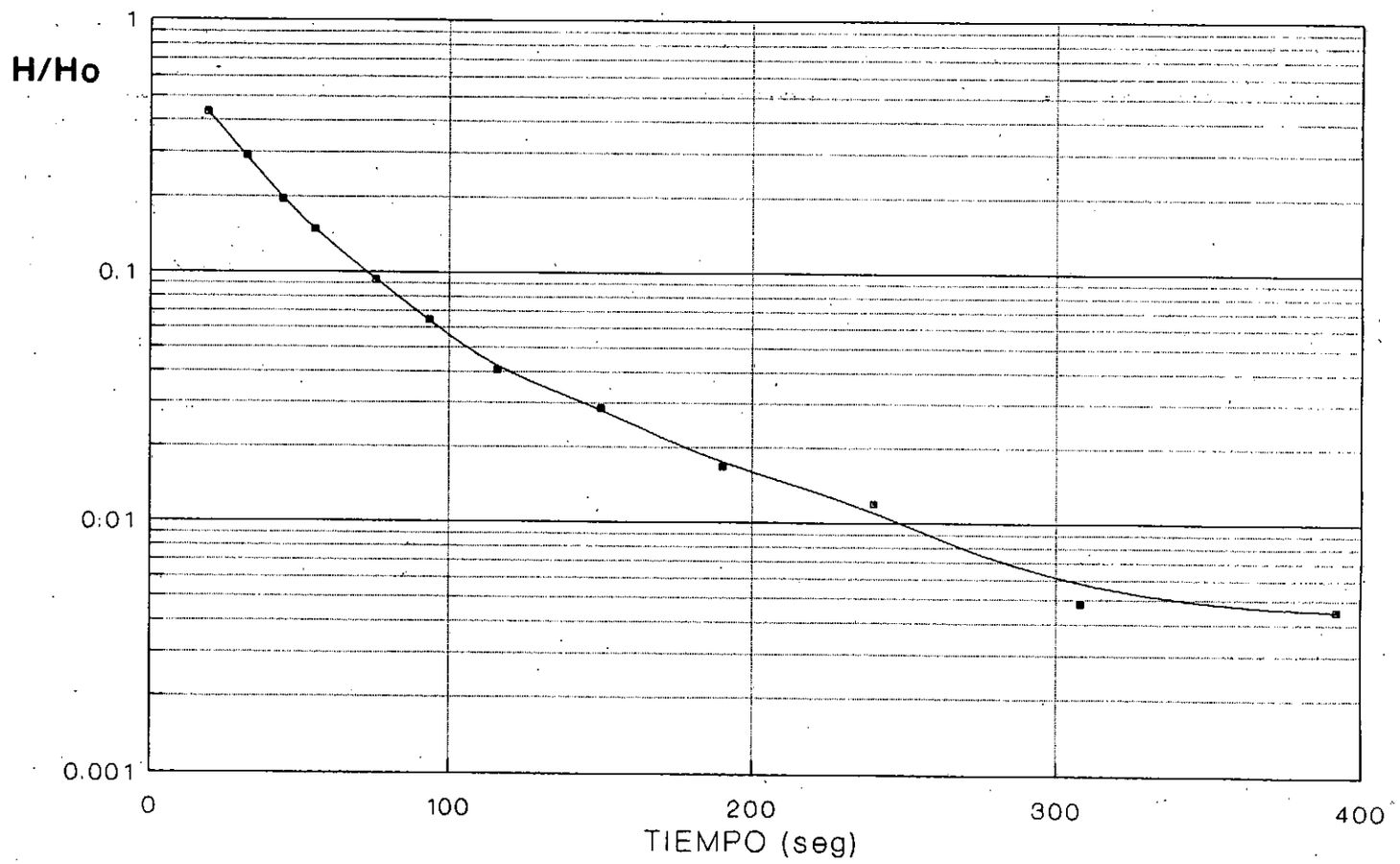
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 5
K=0.25 m/d



ILUSTRACION III.6

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

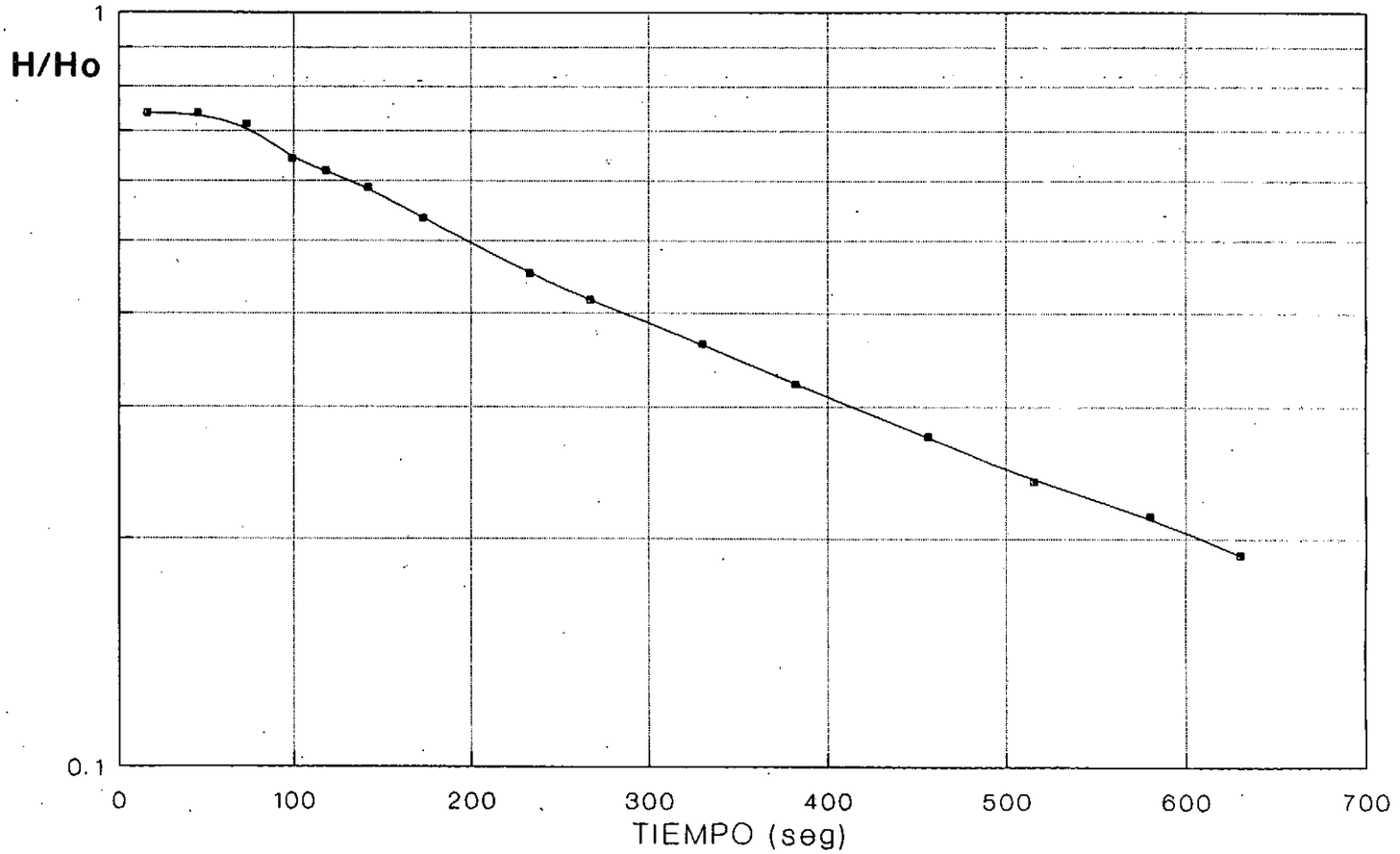
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 6
K=4.76 m/d



ILUSTRACION III.6

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 7
K=0.31 m/d

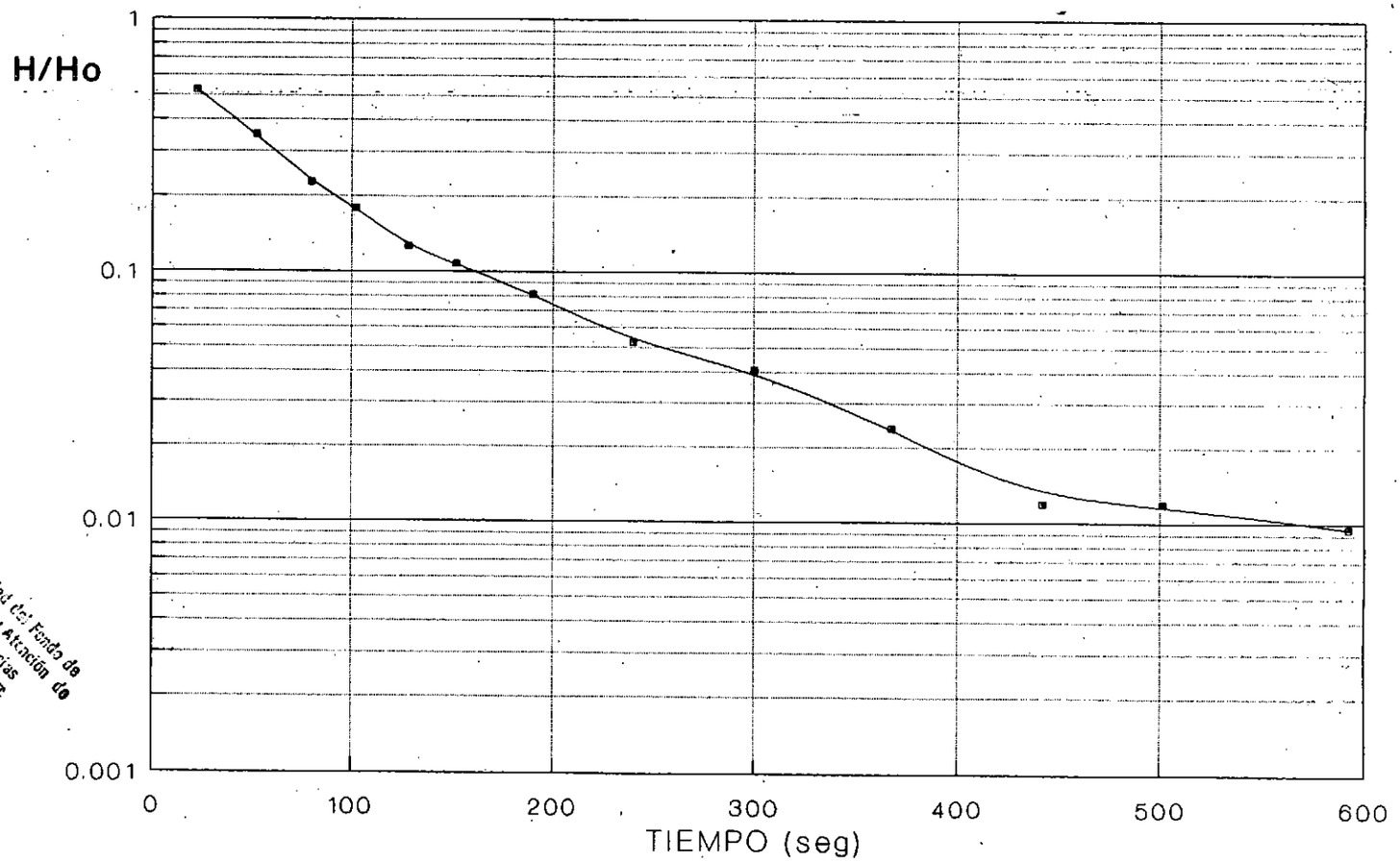


ILUSTRACION III.7

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 9
K=2.19 m/d

HIDROGEOCOL

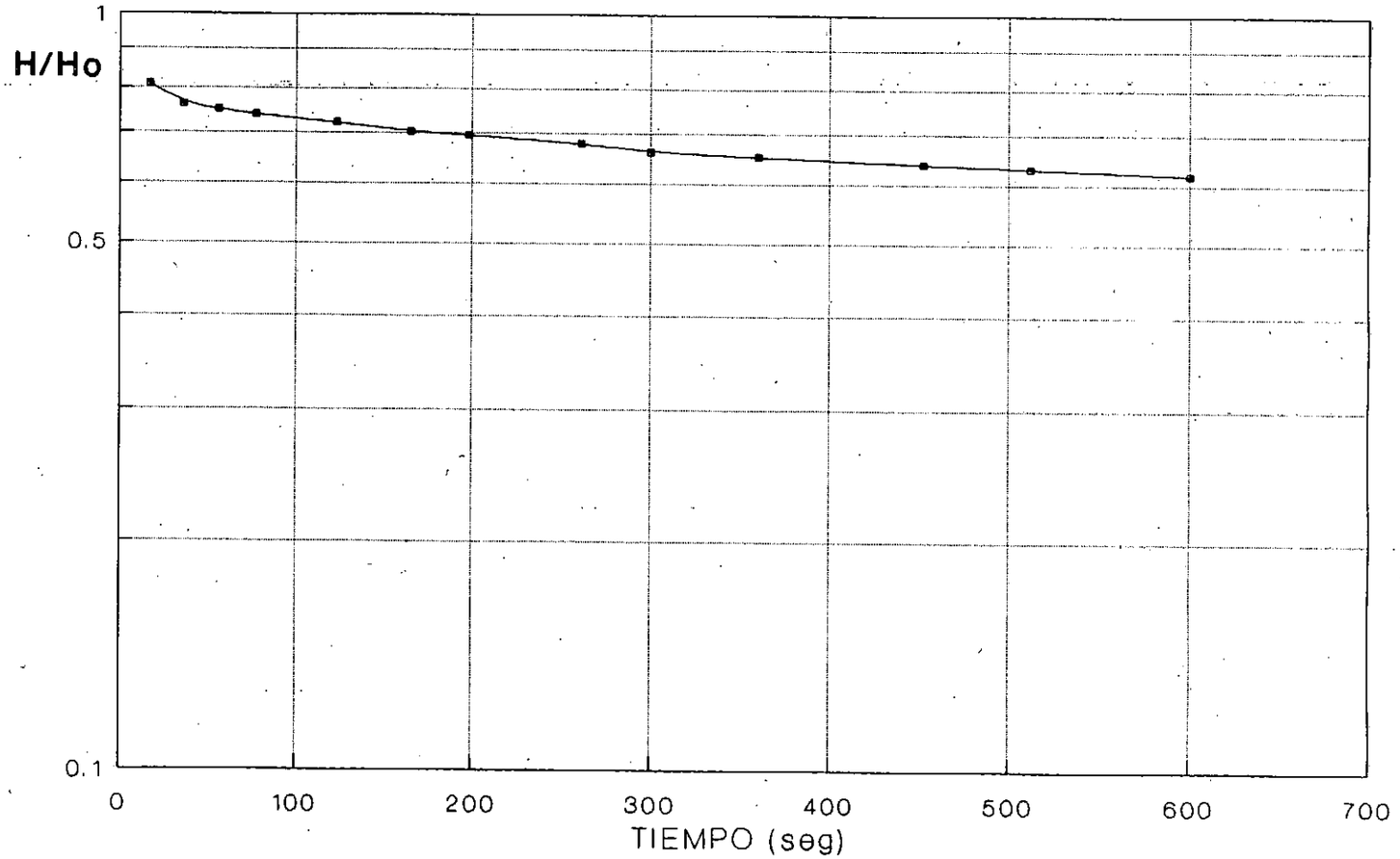


Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias
FOPAE

ILUSTRACION III.8

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

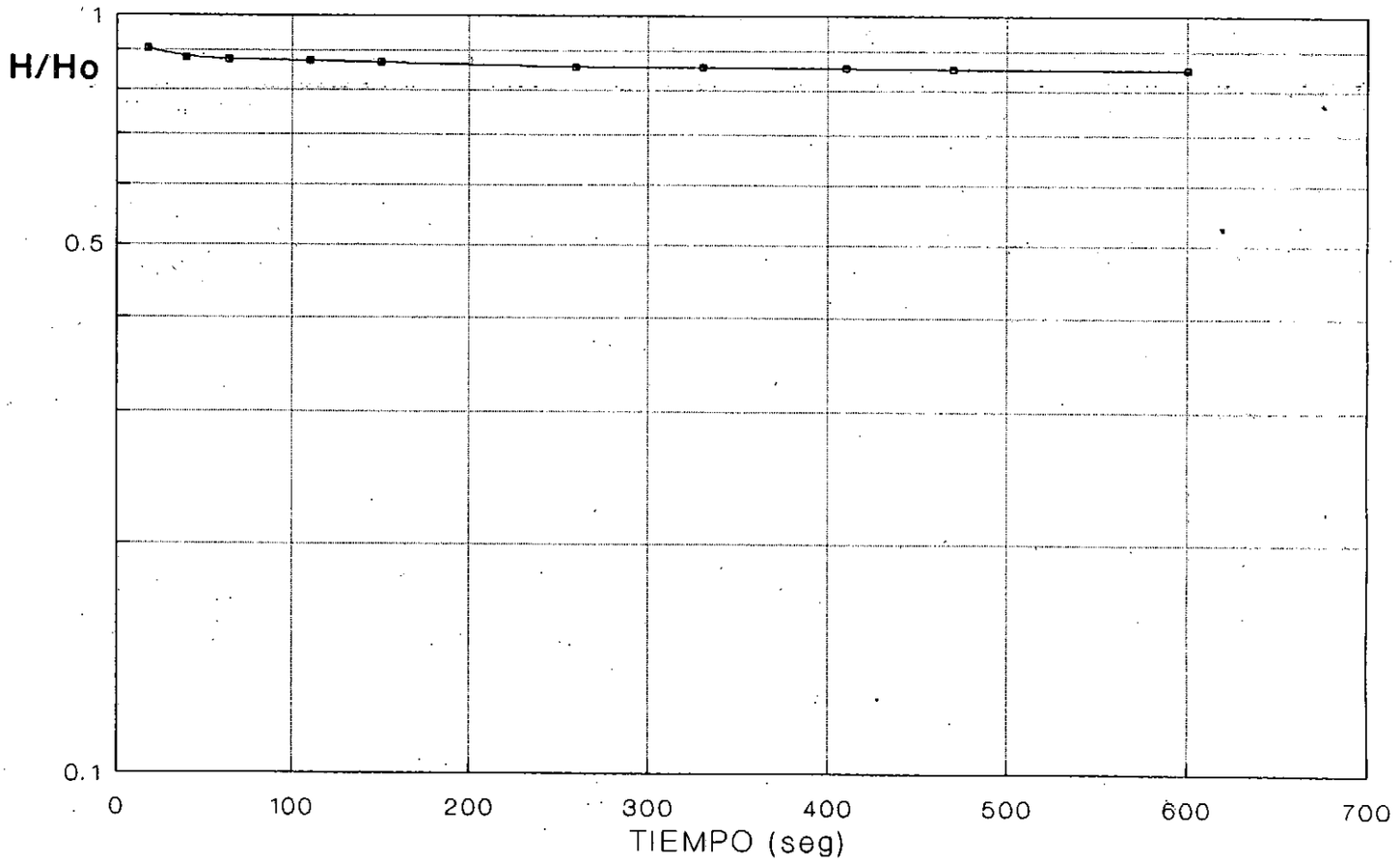
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 10
K=0.11 m/d



ILUSTRACION III.9

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

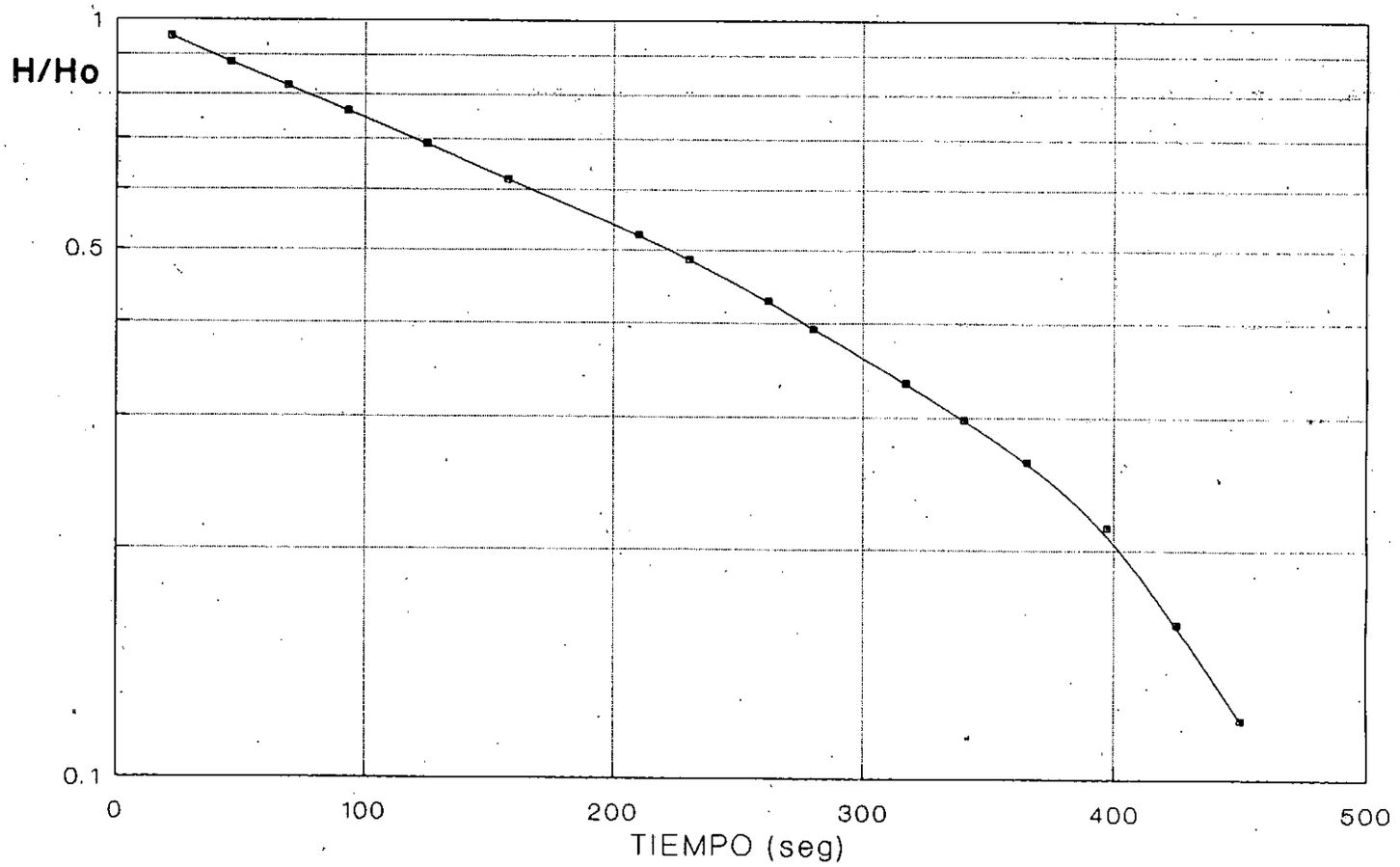
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 12
K=0.04 m/d



ILUSTRACION III.11

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

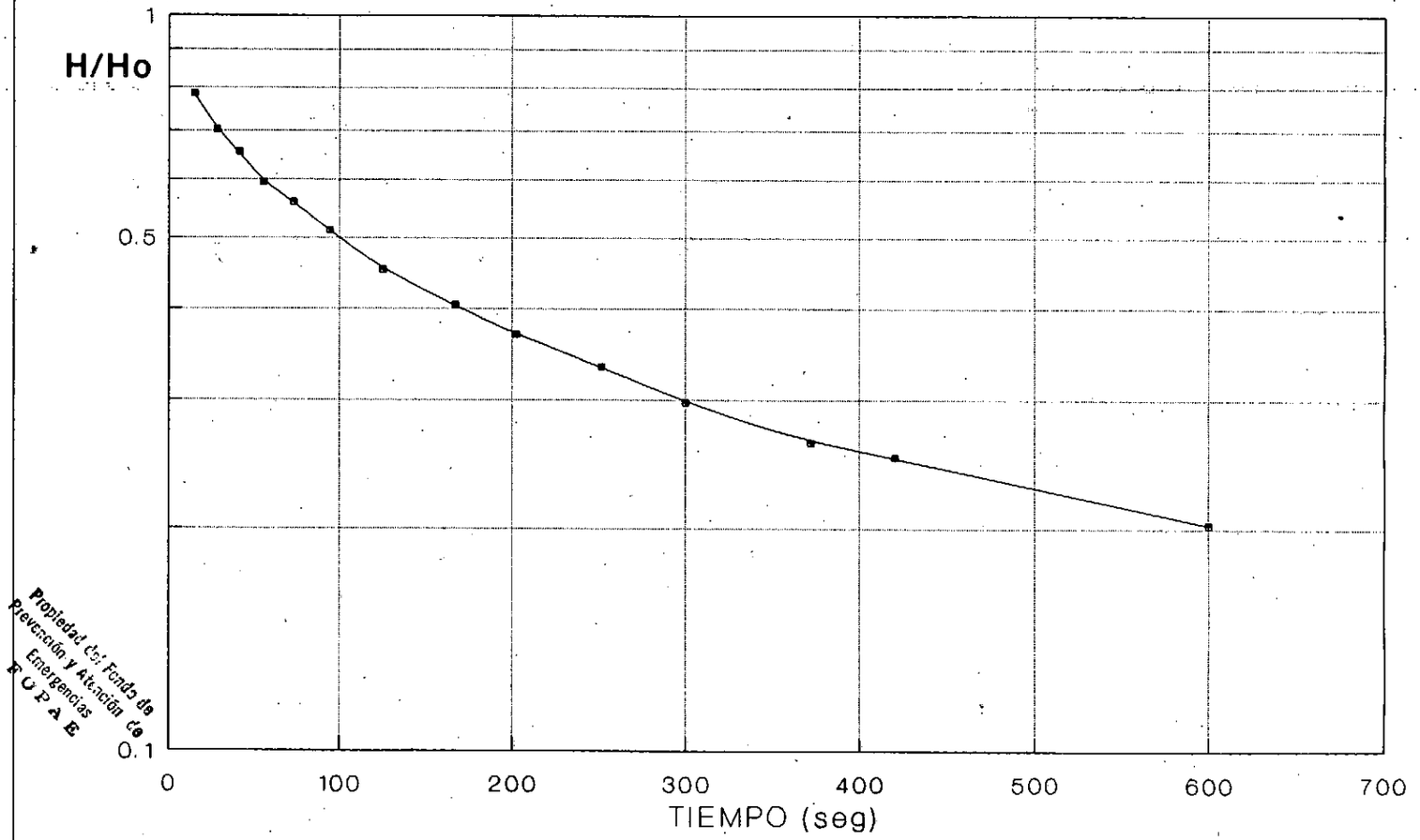
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 11
K=0.33 m/d



ILUSTRACION III.10

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 13
K=0.73 m/d

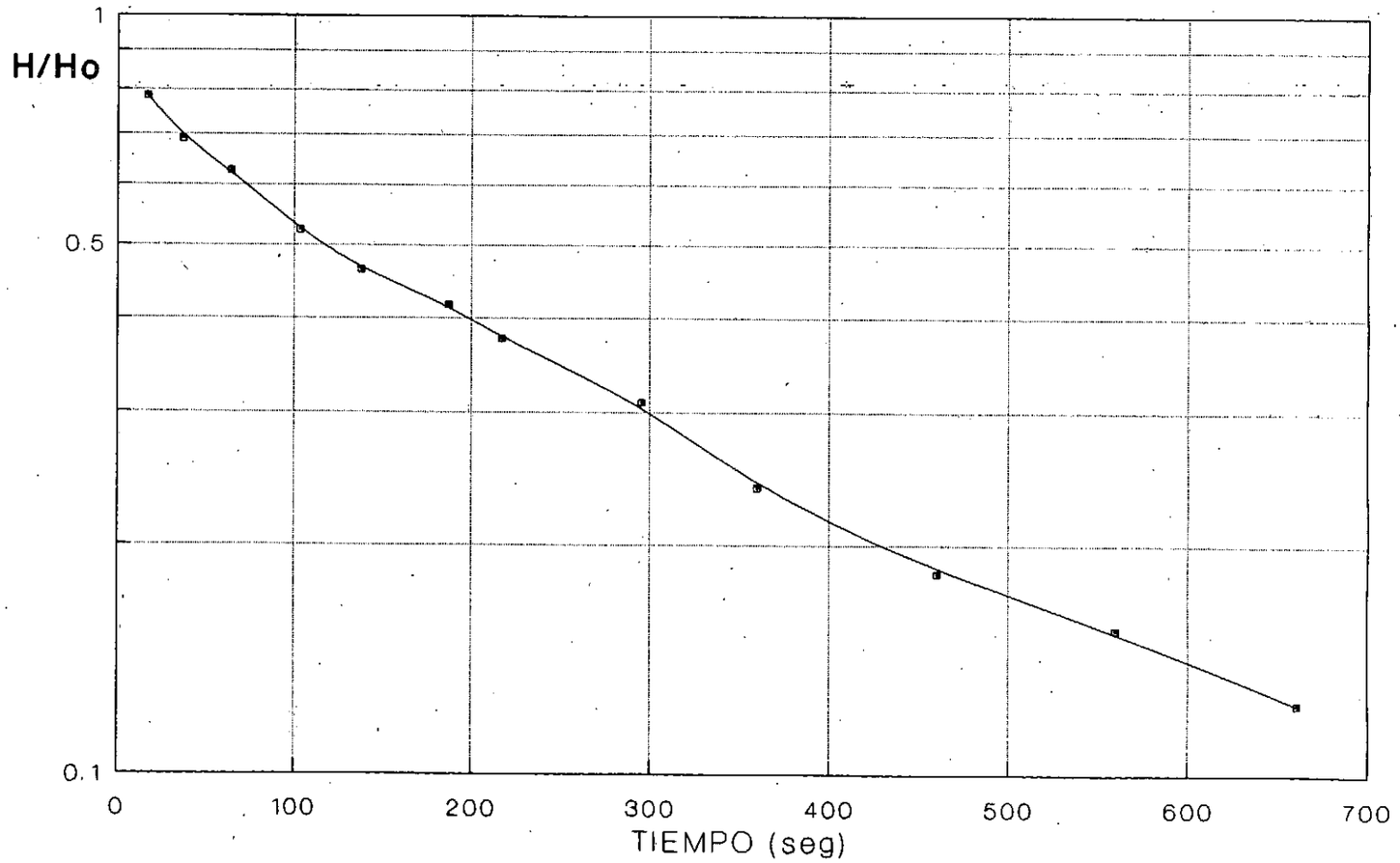


Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias
F O P A E

ILUSTRACION III.12

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

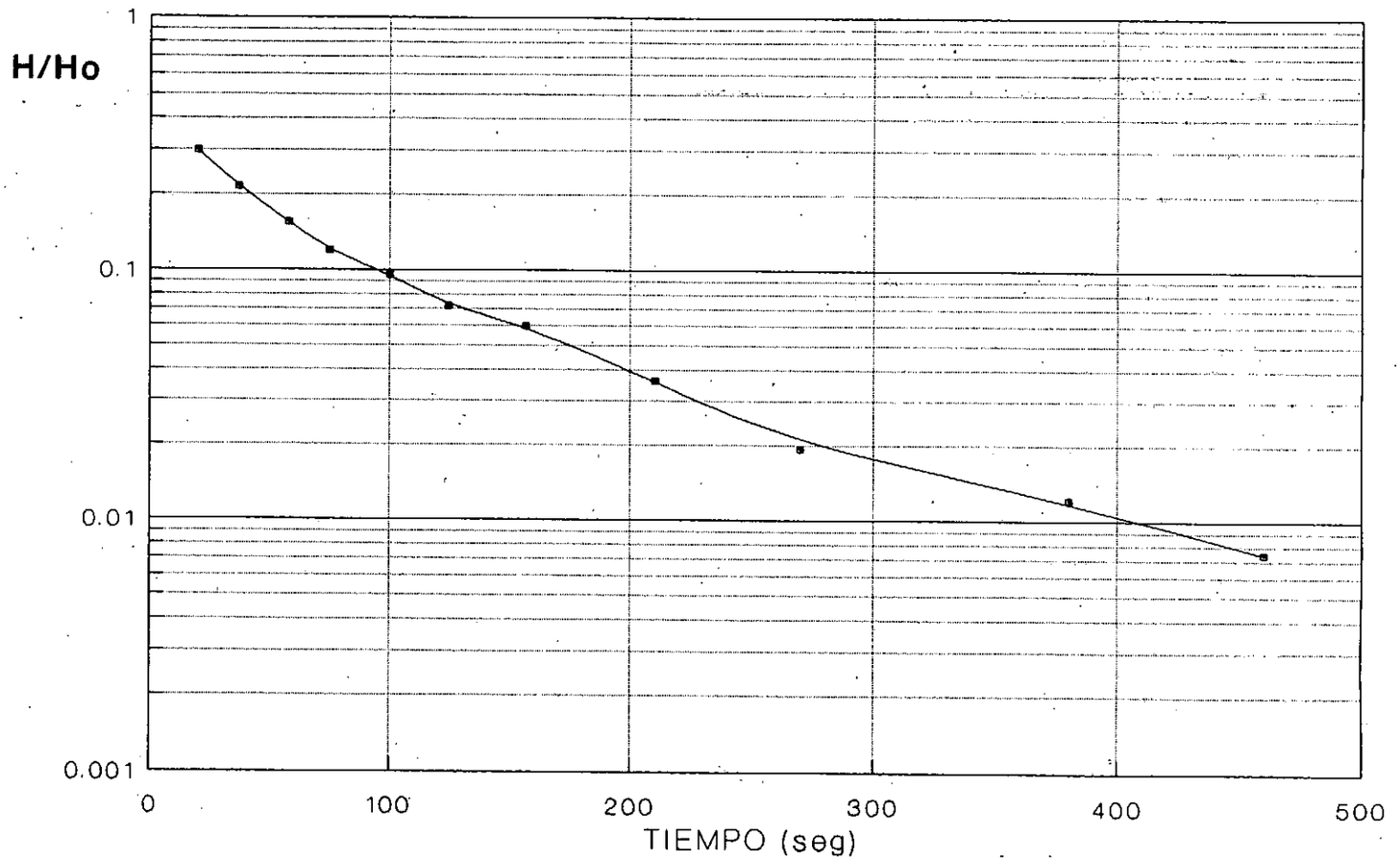
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 15
K=0.55 m/d



ILUSTRACION III.13

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

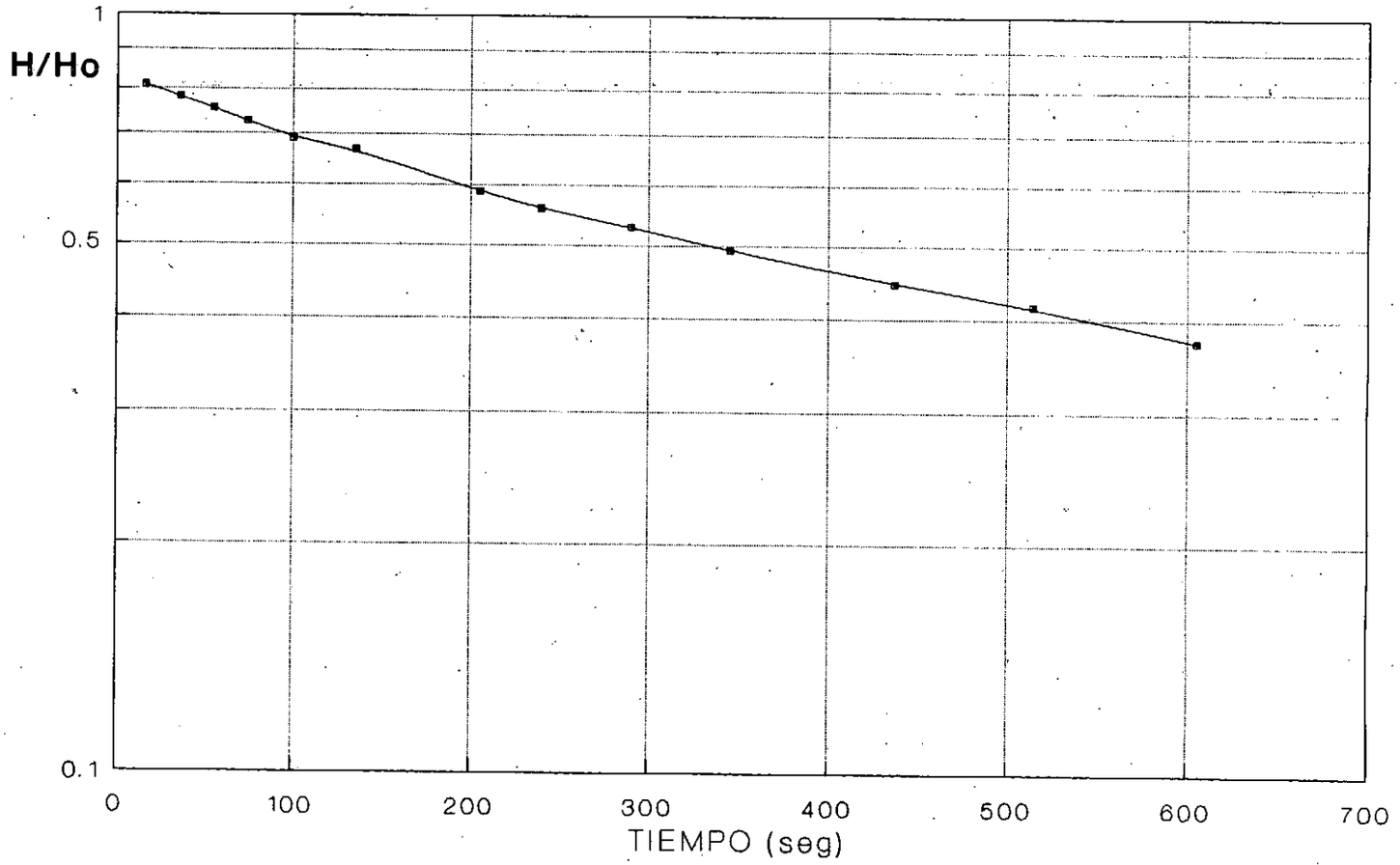
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 16
K=2.93 m/d



ILUSTRACION III.14

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

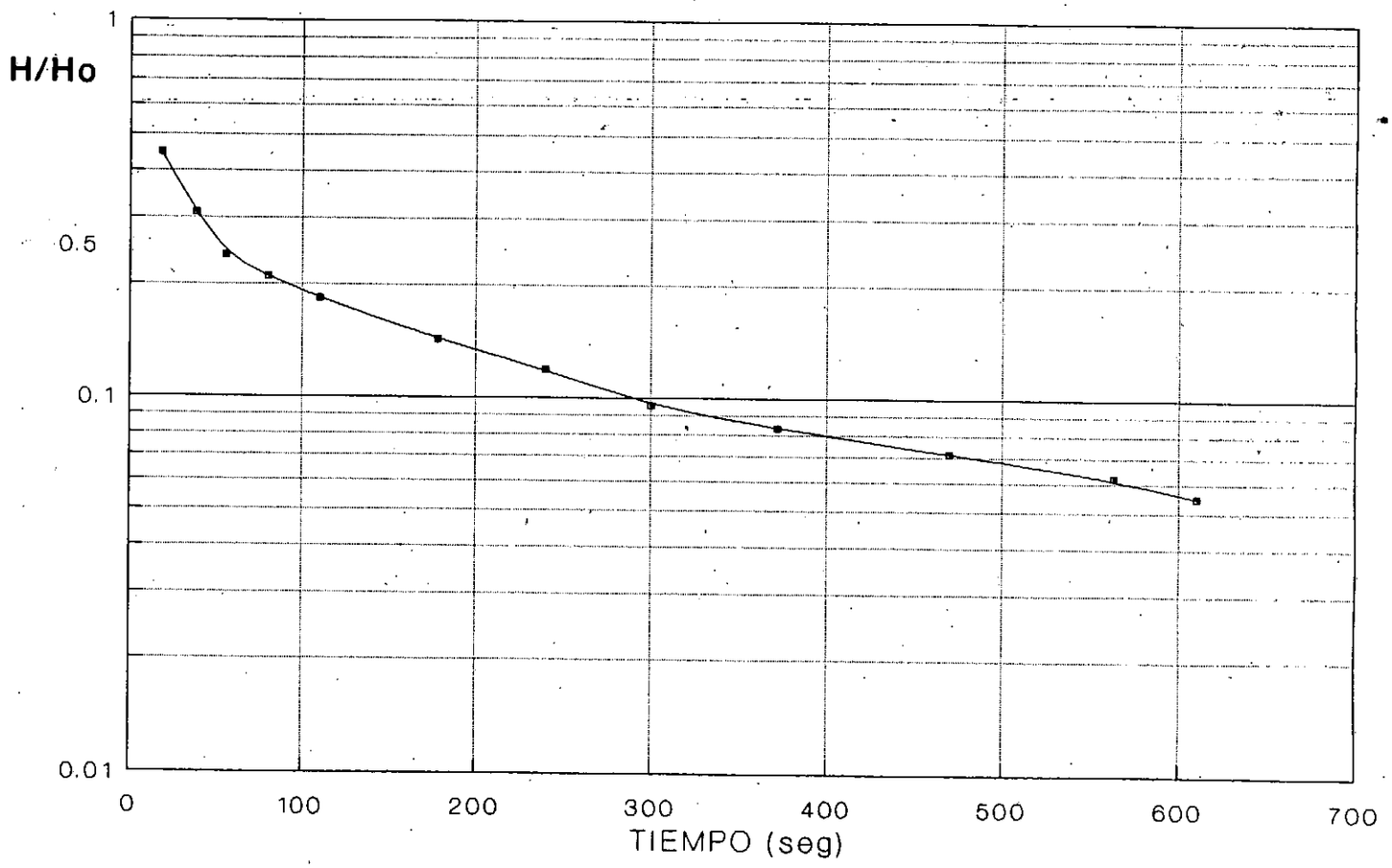
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 17
K=0.23 m/d



ILUSTRACION III.15

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

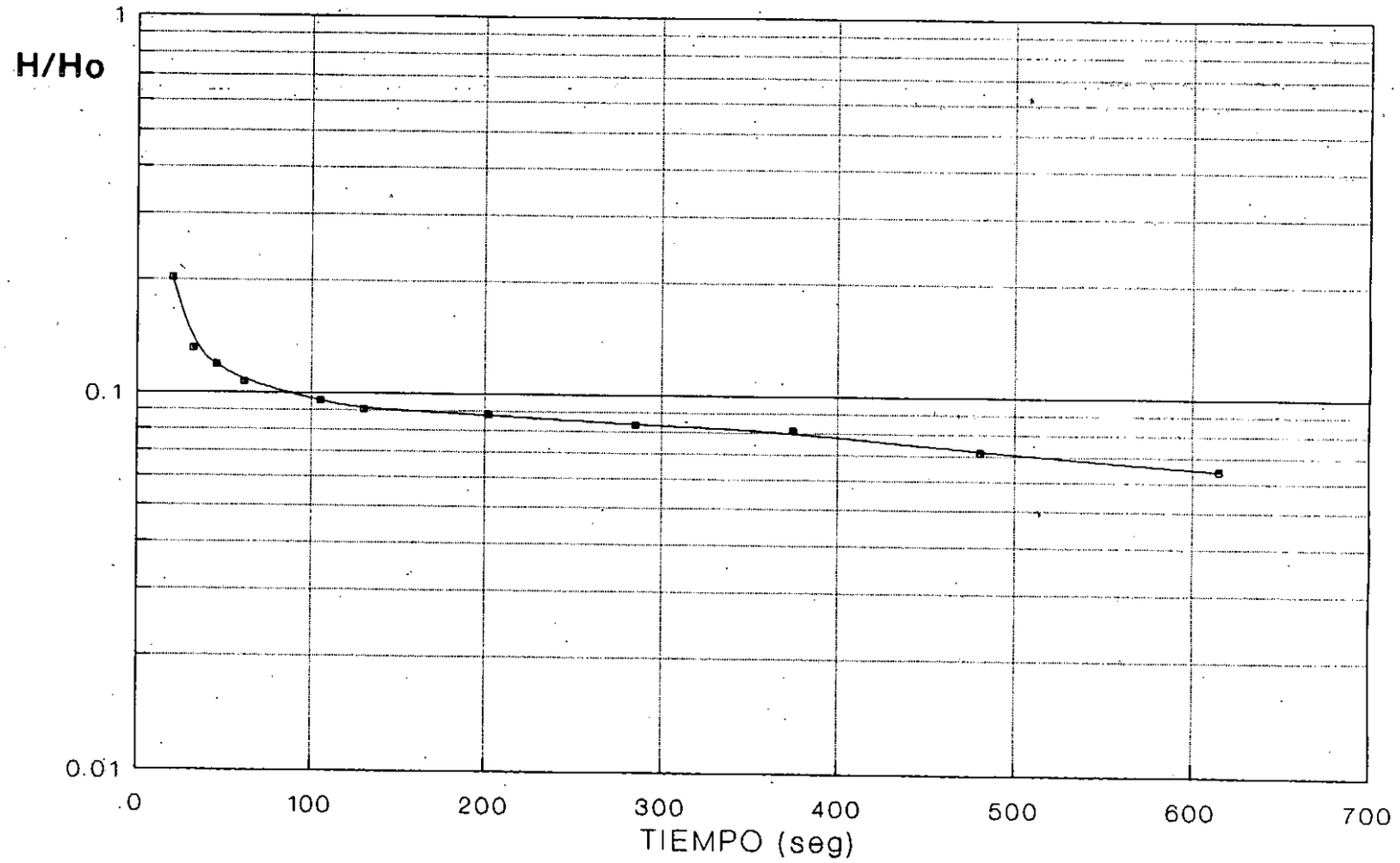
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 18
K=3.57 m/d



ILUSTRACION III.16

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

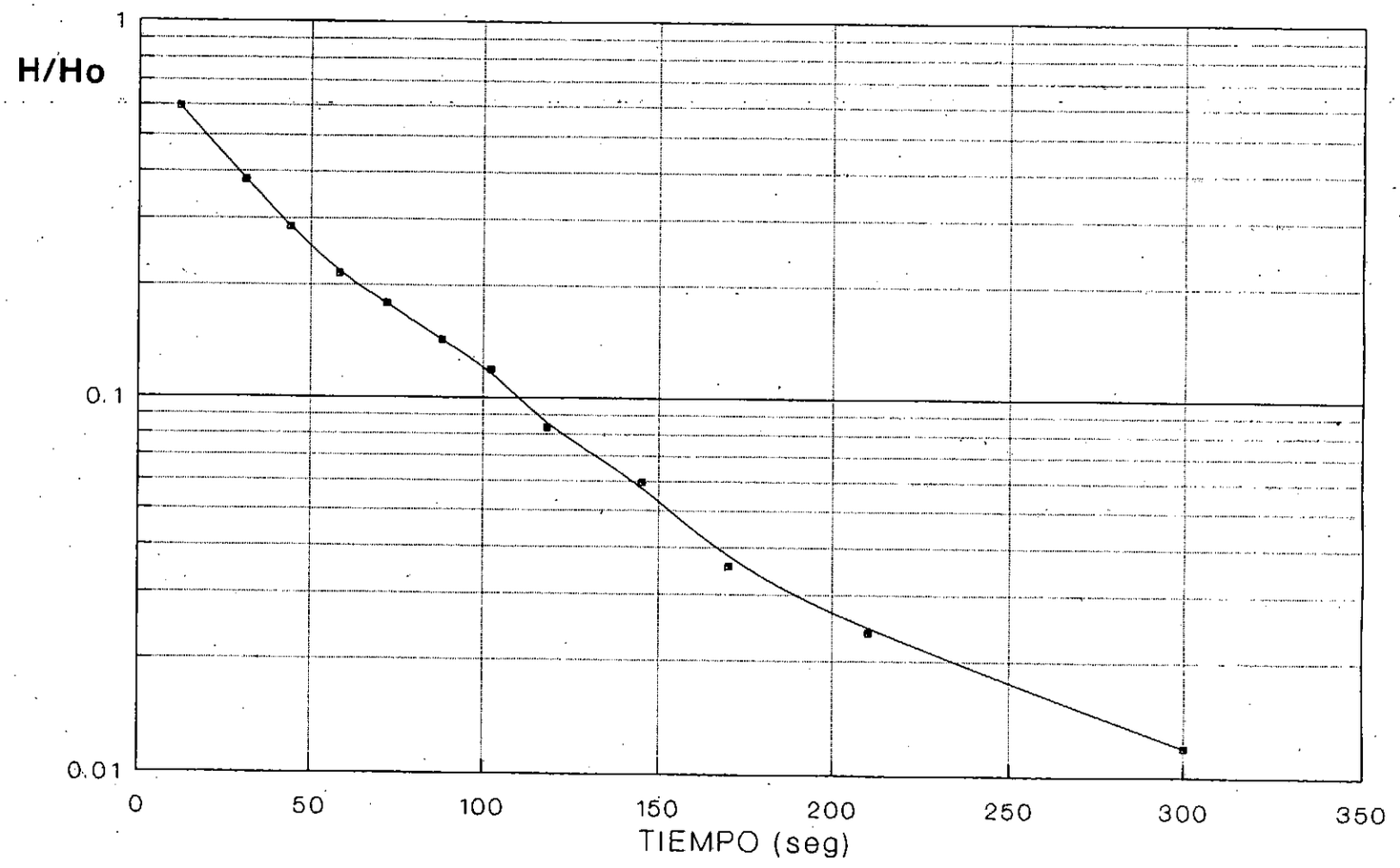
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 19
K=4.23 m/d



ILUSTRACION III.17

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

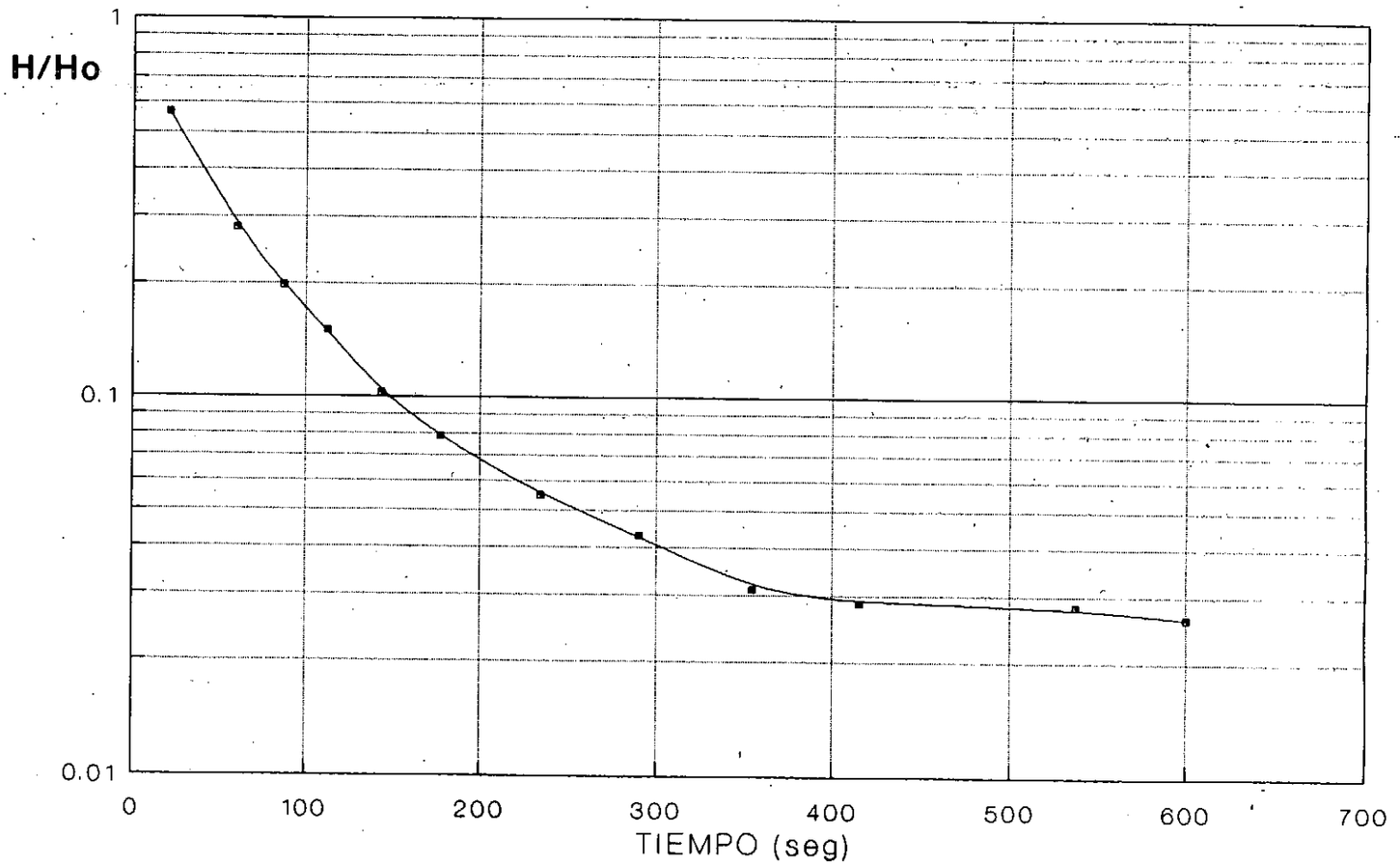
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 20
K=3.18 m/d



ILUSTRACION III.18

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

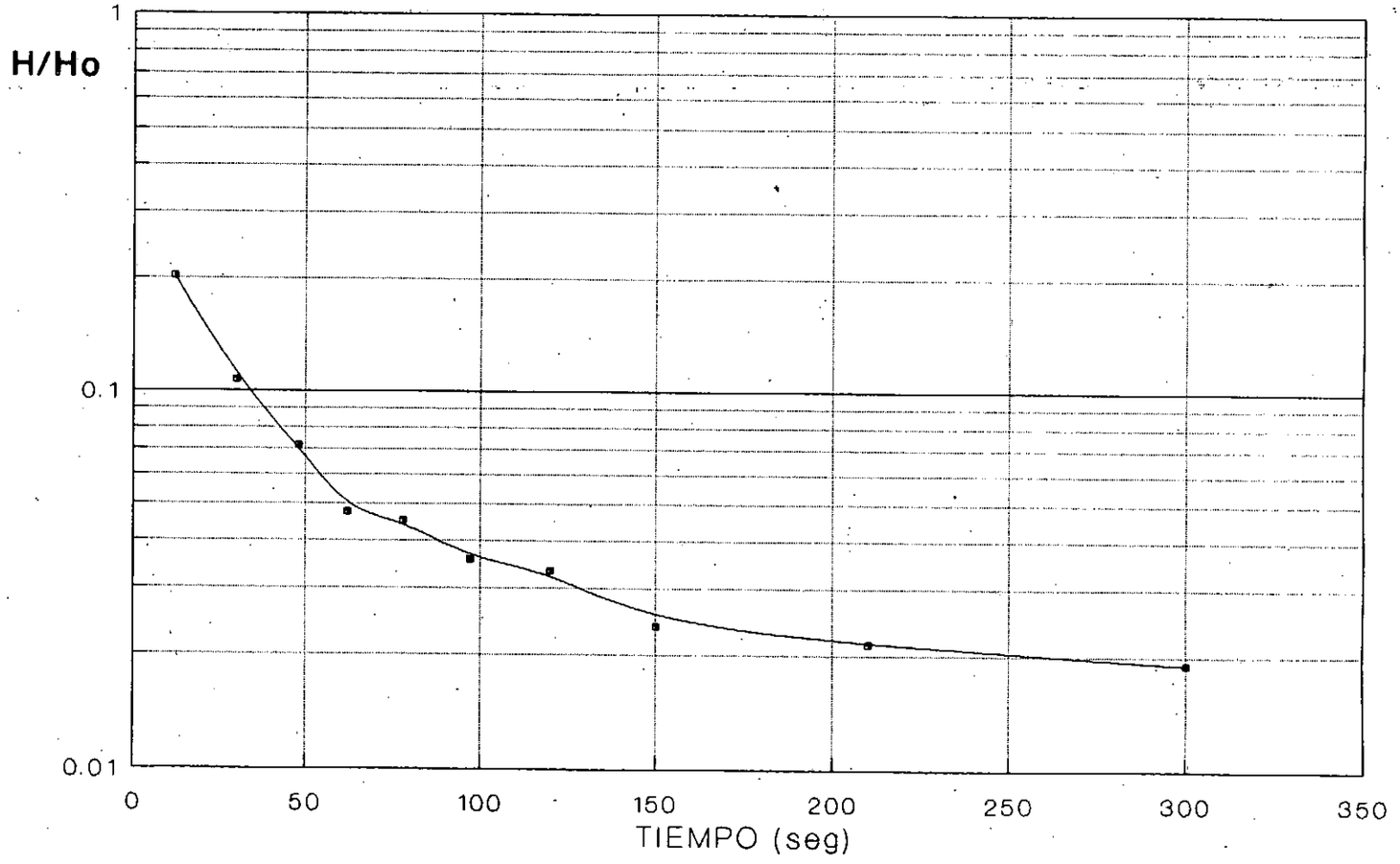
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 21
K=2.22 m/d



ILUSTRACION III.19

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

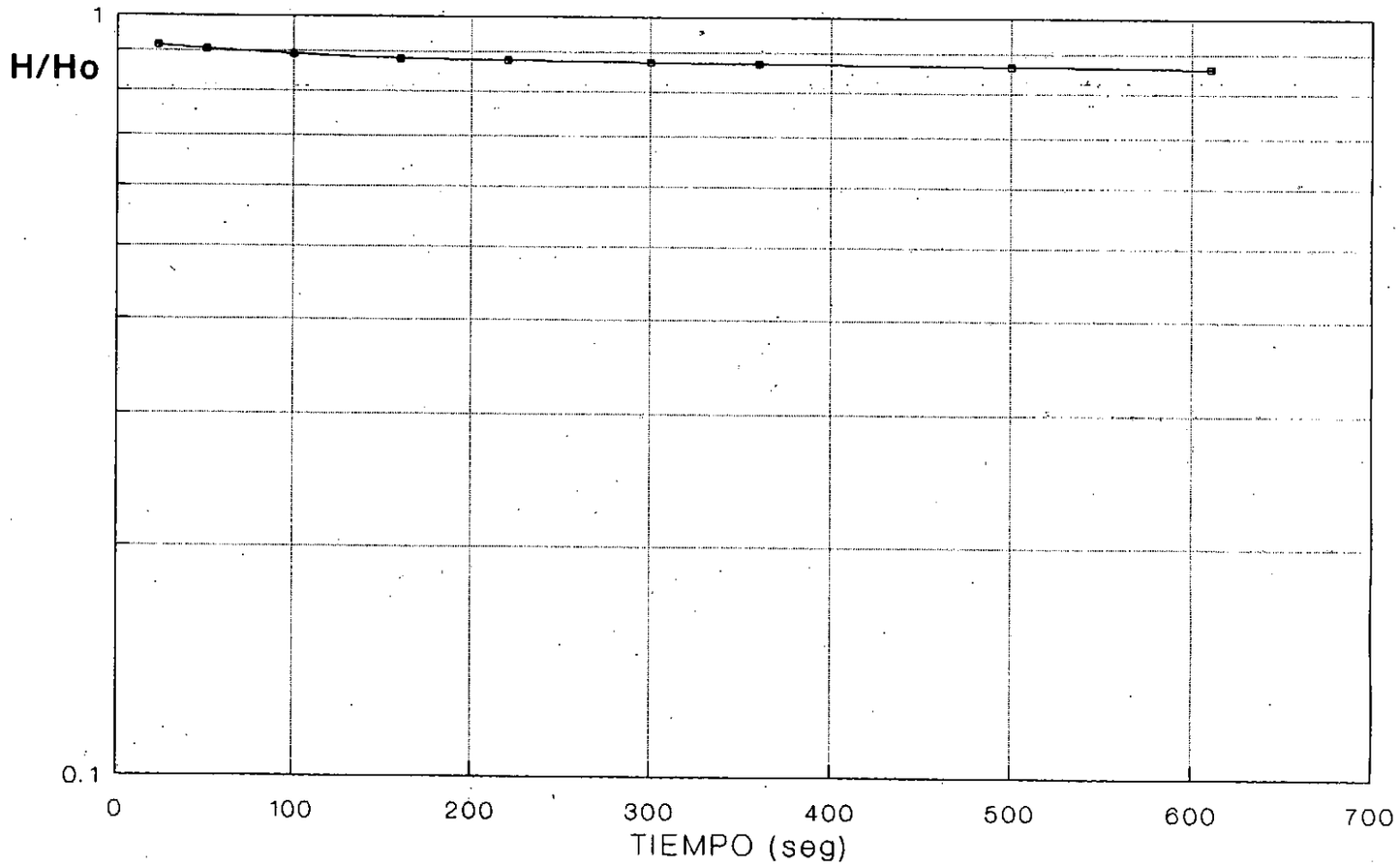
PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 22
K=8.35 m/d



ILUSTRACION III.20

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 23
K=0.03 m/d

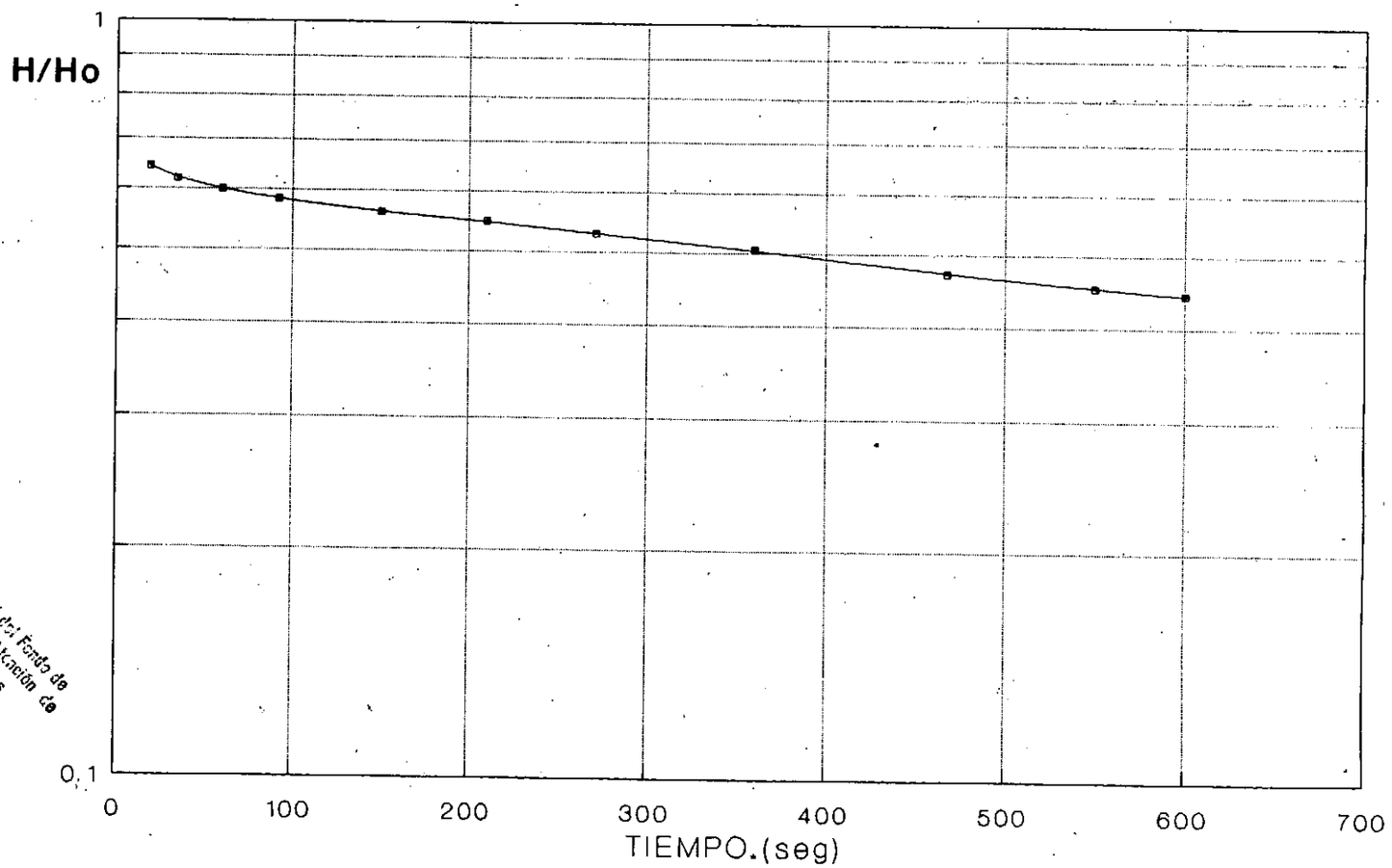


ILUSTRACION III.21

ESSO/MOBIL/TERPEL/TEXACO
SANTA BARBARA ORIENTAL

PRUEBA DE SLUG
PIEZOMETRO No 24
K=0.15 m/d

HIDROECOL



Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias
FOPAE

ILUSTRACION III.22

ANEXO IV
ASPECTOS CONCEPTUALES Y SALIDAS DEL MODELO DE SIMULACION GRWF

ASPECTOS CONCEPTUALES Y COMPUTACIONALES DEL MODELO

1. Ecuaciones Utilizadas en el Modelo

El modelo de simulación utiliza la representación por diferencias finitas de la ecuación de flujo en estado estacionario en condiciones libres, confinadas o semiconfinadas, cuya forma general está dada por:

$$\frac{\partial}{\partial x}(K_{xx}h) + \frac{\partial}{\partial y}(K_{yy}h) = \sum_{i}^{np} \delta(x-x_i)\,\delta(y-y_i)\,Q_i \qquad (1)$$

sujeto a las condiciones iniciales y de frontera del siguiente tipo:

$$h(x,y,0) = h_0(x,y) \qquad (x,y)\ E\ (\Omega)$$

$$h(x,y,t) = f(x,y,t) \qquad (x,y)\ E\ (\Gamma_1)\ \ t>0$$

$$T\frac{\partial h}{\partial n} = g(x,y,t) \qquad (x,y)\ E\ (\Gamma_2)\ \ t>0$$

en donde:

$h(x,y,t)$	Cabeza piezométrica en al acuífero.
$T_{xx}(x,y,t)$, $T_{yy}(x,y,t)$	Transmisividad en las direcciones X e Y. T_{xx} y T_{yy} son función del tiempo únicamente en acuíferos libres ($T = K\,h$)
$\eta = S_y(x,y)$	Producción específica en acuíferos libres.
$\eta = S\,(x,y)$	Coeficiente de almacenamiento en acuíferos confinados o semiconfinados.
$S_y(x,y)$	Producción específica.
$S\,(x,y)$	Coeficiente de almacenamiento.
$H(x,y)$	Cabeza hidráulica en el lecho de cauces superficiales, y en el tope de acuitardo en acuíferos semiconfinados.

$W(x,y)$	Término de recarga-descarga distribuido arealmente.
$c(x,y)$	Resistencia hidráulica de los sedimentos que infrayacen un cauce, o del acuitardo suprayaciendo un acuífero.
$\sum\delta(x-x_i) - \delta(y-y_i)\ Q_i$	Designación Dirac delta para NP pozos, cada uno a un caudal de bombeo Q_i (positivo para extración), y localizado en (x_i,y_i).
x,y	Coordenadas cartesianas.
t	Tiempo.
(Ω)	Región de flujo.
(Γ)	Contorno (Frontera) de (Ω), $(\Gamma_1)\ U\ (\Gamma_2) = (\Gamma)$
$\partial/\partial n$	Derivada normal al contorno.
h_o, f, g	Funciones dadas.

Para condiciones de flujo estacionario se tiene la misma ecuación (1) con la condición que $\partial h/\partial t = 0$, sujeto a las condiciones iniciales y de frontera del siguiente tipo:

$$h(x,y) = h_o(x,y) \qquad (x,y)\ e\ (\Gamma_1)$$

$$Kh\ \partial h/\partial n = f(x,y) \qquad (x,y)\ e\ (\Gamma_2)$$

La solución de estas formulaciones matemáticas se ha llevado a a cabo por medio de diferencias finitas, planteamiento que construye un sistema de ecuaciones matriciales de la forma:

$$\left[A\right]_k \{h\}_k = \{q\}_k \quad k = 1,2,3,.... \qquad (2)$$

donde,

k	Indice del tiempo de simulación.
[A]	Matriz de coeficientes que contiene la información hidrogeológica física y discretización del sistema acuífero.

{ h } Vector de cabeza hidráulica (desconocido).

{ q } Vector de factores hidrológicos externos que actúan sobre el acuífero (pozos de producción, de recarga artificial, infiltración, goteo, recarga artificial areal).

El vector {h} se determina en este modelo por métodos iterativos empleando un esquema implícito incluyendo un factor de relajación que para algunos casos asegura convergencia en problemas que presentan inestabilidad numérica, y en otros, acelera la convergencia hacia los resultados.

2. Validación del Modelo

El término validación se refiere a la capacidad que tiene un modelo de relacionar las causas y los efectos sobre un área particular en el cual éste se aplique. La validación es pues, un proceso que se lleva a cabo comparando las predicciones del modelo con los datos observados en campo, las medidas experimentales, y las sospechas que usualmente tiene quien modela.

Para considerar un modelo como válido se deben realizar suficientes pruebas que permitan llegar a un nivel aceptable de predicción. La validación tiene en cuenta dos aspectos:

1- La capacidad del modelo para realizar predicciones. Este punto se refiere a la demostración de que las ecuaciones y suposiciones hechas en el modelo son apropiadas para las condiciones que se quieren simular; en este caso se ha adoptado un modelo bidimensional de tipo areal que integra en la vertical tanto los parámetros hidráulicos del relleno, como la respuesta de carga hidráulica que finalmente va a dar el volumen de lixiviado almacenado.

2- La precisión de las prediciones del modelo.

Sin embargo la validación de un modelo de transporte de lixiviados dentro del subsuelo no puede llevarse a cabo totalmente, ya que los modelos incluyen varios tipos de errores que no pueden eliminarse aún con una buena modelación. Están presentes errores de concepto en la modelación (suposiciones en la concepción y funcionamiento del modelo etc), errores de manejo de datos cuando se usan diferentes algoritmos de búsqueda de soluciones, y errores en la información de entrada al modelo.

Todas estas fuentes de error y otras tantas que pueden presentarse hacen imposible que un modelo se pueda validar completamente. Para medir la validación del modelo se hace uso de su verificación y calibración, con las cuales se puede garantizar la precisión y la certeza del mismo. El término validación tiene un sentido diferente a la verificación y calibración. La verificación asegura que el código computacional resuelve con precisión las ecuaciones sobre las cuales está basado. Durante la calibración, se modifican los parámetros ajustables dentro del modelo para que las observaciones correspondan a los resultados de éste; es así que se presentan dos soluciones con diferentes valores de conductividad hidráulica. Por medio de estas dos técnicas se puede medir entonces la validez del modelo, utilizando la comparación de los resultados arrojados con la respuesta de las soluciones analíticas, utilizando análisis de sensibilidad y comparando con los datos experimentales y de campo, así mismo estudiando la reproducibilidad de los datos del modelo.

Un modelo conceptual es una descripción cualitativa del sistema y su representación (geometría, parámetros, condiciones iniciales y de frontera, por ejemplo) relevante al objetivo de la modelación. Un modelo matemático es una representación matemática de un modelo conceptual de un sistema físico, químico y/o biológico a través de expresiones que ayuden al entendimiento y/o predicción del comportamiento del sistema bajo condiciones específicas. Una forma ideal para la validación es la predicción de nuevas observaciones, preferiblemente si existen otras condiciones

diferentes a las usadas para la calibración. También es posible realizar calibraciones indirectas, comparando los parámetros obtenidos con aquellos calculados independientemente (por ejemplo, a partir de otras mediciones).

3. PROCESO DE MODELACION DE LA ZONA

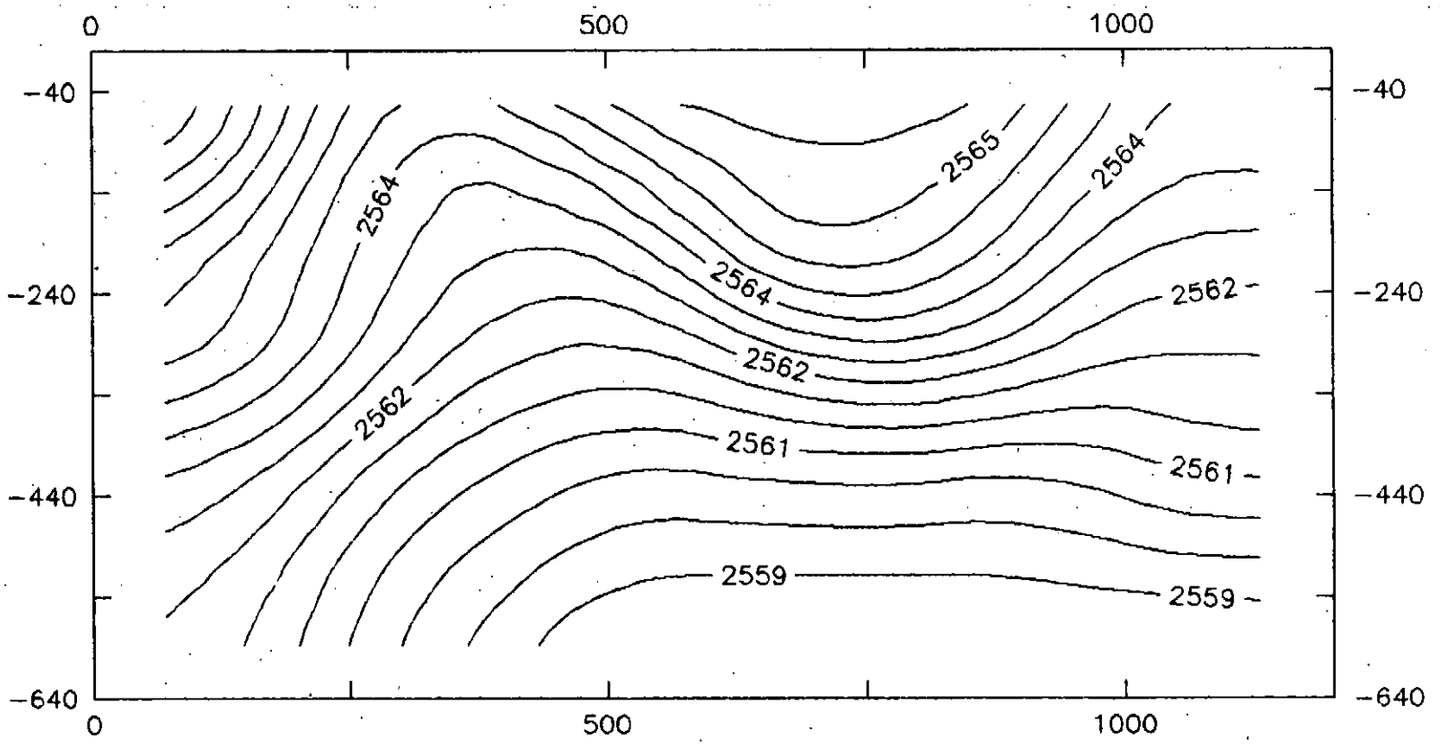
3.1. Discretización de la Zona de Estudio

Tomando como base un plano de la zona, se procedió a definir una red rectangular, teniendo especial cuidado en hacerla especialmente fina en las vecindades de las estaciones de servicio. La red trata de seguir lo mejor posible los contornos de la zona aledaña. Se definió una red de 39x22 celdas (39 columnas, 22 filas), la cual está dibujada en las salidas de computador del anexo IV.

En su forma más simple un modelo de este tipo es una herramienta que recibe información, la transforma y arroja valores; de manera que estos resultados dependen de la calidad de la información que se le suministra al modelo. Se requiere de una cantidad y calidad aceptable de datos sobre la ocurrencia y distribución de los parámetros hidráulicos del subsuelo para reproducir con buena aproximación las condiciones que se desean simular. En este caso se ha contado con la información recolectada en campo, la cual es suficiente para hacer que el modelo reproduzca las direcciones de flujo subterráneo. En este caso el objetivo fué establecer el movimiento de una posible pluma contaminante para registrarlo a través de la red de monitoreo; bajo este punto de vista el modelo cumple satisfactoriamente con ello.

La zona se ha simulado como un medio poroso en dos dimensiones integrando en la vertical las condiciones hidráulicas (conductividad hidráulica, o permeabilidad). Utilizando métodos numéricos para este propósito se ha adecuado el modelo de simulación hidrogeológica GRWF_EST, el cual ha sido aplicado con anterioridad en evaluación y predicción del comportamiento de medios porosos.

FIGURA IV.1 LINEAS EQUIPOTENCIALES SANTA BARBARA



Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias

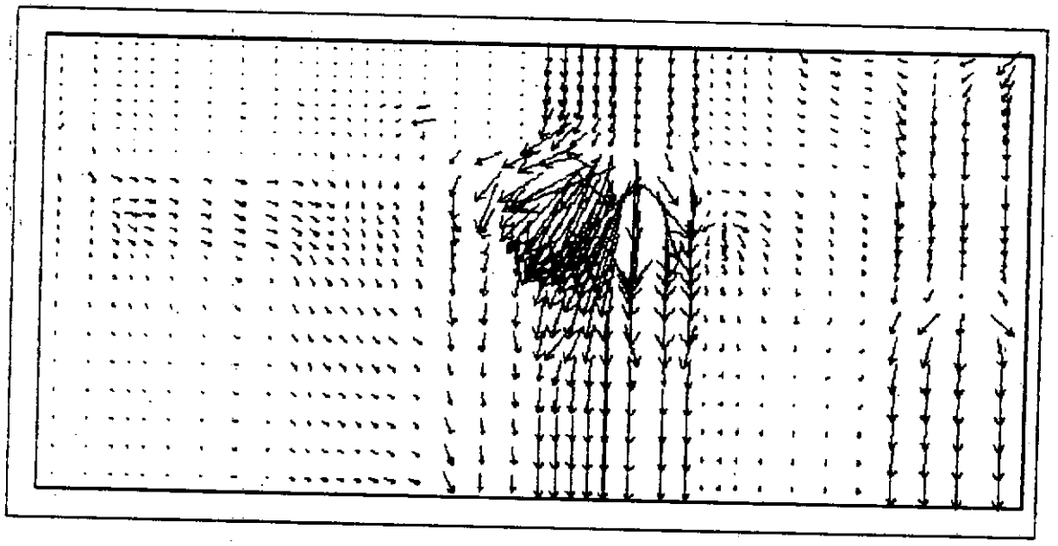


FIGURA IV.2 DIRECCIONES DE FLUJO SANTA BARBARA

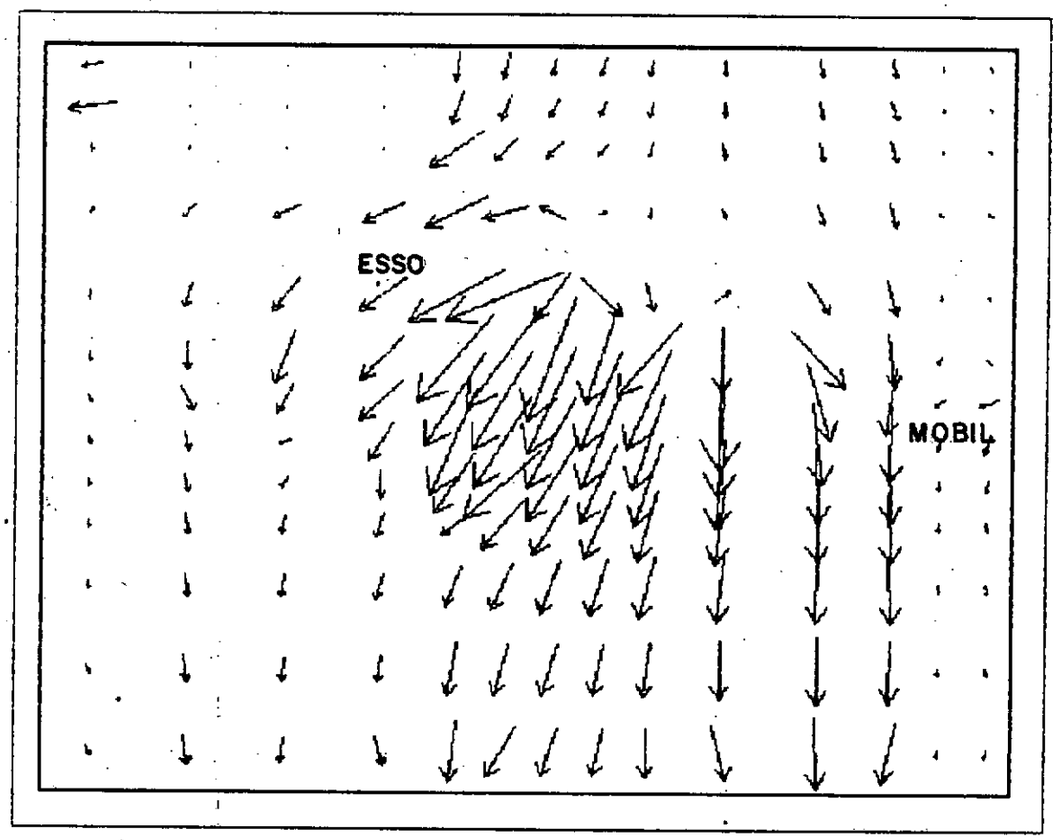


FIGURA IV.3 DIRECCIONES DE FLUJO EN LA ZONA ESSO/CLL 121
CELDAS X:17,30 Y:5,17

ANEXO V
ANALISIS EN LABORATORIO DE PERMEABILIDAD Y GRANULOMETRIA

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA
Cliente: Dr. CARLOS MOLANO
Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 1
Sondeo Nº: _____
Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL/Aht$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.96 cm² Gs = ____ γ_t: ____ tn/m³
Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³ γ_d = ____ tn/m³

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm³	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	1564	1555				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	7×10^{-4}	7×10^{-4}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [(A_t L)/(A \cdot t)] \ln(h_0/h_1)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = ____ tn/m³ γ_d = ____ tn/m³ diámetro = ____ cms Area, A = ____ cm² Altura, L = ____ cms Volumen, V = ____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = ____ cms Area, A_t = ____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_0 y $\sqrt{h_0 h_1}$, seg						
Tiempo entre h_0 y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA
Cliente: DR. CARLOS MOLANO
Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 2
Sondeo Nº: _____
Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL/Aht$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm² Gs = ____ γ_t = ____ tn/m³ γ_d = ____ tn/m³
Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm³	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	640	645				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	1.7×10^{-3}	1.7×10^{-3}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [AtL/A \cdot t] \ln(h_0/h_1)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = ____ tn/m³ γ_d = ____ tn/m³ diámetro = ____ cms Area, A = ____ cm² Altura, L = ____ cms Volumen, V = ____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = ____ cms Area, A_t = ____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_0 y $\sqrt{h_0 h_1}$, seg						
Tiempo entre h_0 y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

Luis Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: DR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 3

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = (K_t \eta_t) / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm² Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³ γ_t = _____ tn/m³ γ_d = _____ tn/m³

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm³	500	500				
Tiempo, t, segundos	1773	1895				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	3.1×10^{-4}	2.9×10^{-4}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [(A_t L)/(A \cdot t)] \ln (h_0/h_1)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ tn/m³ γ_d = _____ tn/m³ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm² Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_0 y $\sqrt{h_0 h_1}$, seg						
Tiempo entre h_0 y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: DR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 4

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm² Gs = _____ γ_t = _____ tn/m³

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³ γ_d = _____ tn/m³

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm³	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	1367	1370				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	8.0×10^{-4}	8.0×10^{-4}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [A_t L / A \cdot t] \ln (h_1/h_2)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ tn/m³ γ_d = _____ tn/m³ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm² Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_0 y $\sqrt{h_0 h_1}$, seg						
Tiempo entre h_0 y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: Pr. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 5

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = (K_t \eta_t) / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm² Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³ γ_t: ____ tn/m³ γ_d = ____ tn/m³

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm³	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	2973	2989				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	3.7×10^{-4}	3.7×10^{-4}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [(A_t L)/(A \cdot t)] \ln(h_o/h_1)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ tn/m³ γ_d = _____ tn/m³ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm² Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_1}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente : PR. CARLOS MOLANO

Fecha : ABRIL 29/93

Muestra Nº : 6

Sondeo Nº : _____

Profundidad : _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL/Aht$ $\quad K_{20} = (K_t \eta_t)/\eta_{20}$

Dimensiones de la muestra : diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = ____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_t = ____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = ____ $\frac{tn}{m^3}$

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	366	370				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	3.0×10^{-3}	3.0×10^{-3}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [(A_t L)/(A \cdot t)] \ln(h_o/h_1)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = ____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = ____ $\frac{tn}{m^3}$ diámetro = ____ cms Area, A = ____ cm^2 Altura, L = ____ cms Volumen, V = ____ cm^3

Dimensiones Tubo : diámetro, d = ____ cms Area, A_t = ____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_1}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones : _____

Jaime Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: PR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 7

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = (K_t \eta_t) / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm² Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³ γ_t = ____ tn/m³ γ_d = ____ tn/m³

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h						
Gradiente Hidráulico, i = h/L	131	131				
Cantidad de Agua, Q, cm³	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	780	790				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	1.4×10^{-3}	1.4×10^{-3}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [(A_t L)/(A \cdot t)] \ln(h_1/h_2)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = ____ tn/m³ γ_d = ____ tn/m³ diámetro = ____ cms Area, A = ____ cm² Altura, L = ____ cms Volumen, V = ____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = ____ cms Area, A_t = ____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_0 y $\sqrt{h_0 h_1}$, seg						
Tiempo entre h_0 y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

Observaciones: _____

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: DR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 8

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm² Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³ γ_t = ____ tn/m³ γ_d = ____

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm³	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	1673	1690				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	6.5×10^{-4}	6.5×10^{-4}				
Coeficiente de Permeabllidoda 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [A_t L / A \cdot t] \ln (h_1/h_2)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ tn/m³ γ_d = _____ tn/m³ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm² Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_0 y $\sqrt{h_0 h_1}$, seg						
Tiempo entre h_0 y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

Fdo. Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA ISABELA

Cliente: DR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 9

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL/Aht$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm² Gs = ____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³ γ_t = ____ tn/m³ γ_d = ____

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	186	186				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm³	15	15				
Tiempo, t, segundos	7200	7200				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	1.6×10^{-6}	1.6×10^{-6}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [(A_t L)/(A \cdot t)] \ln(h_o/h_1)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = ____ tn/m³ γ_d = ____ tn/m³ diámetro = ____ cms Area, A = ____ cm² Altura, L = ____ cms Volumen, V = ____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = ____ cms Area, A_t = ____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_1}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: Dr. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 10

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = K_t \eta(t) / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_t = ____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = ____ $\frac{tn}{m^3}$

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	186					
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	100					
Tiempo, t, segundos	57600					
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	1.3×10^{-6}					
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [A_t L / A \cdot t] \ln (h_0/h_1)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm^2 Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm^3

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_0 y $\sqrt{h_0 h_1}$, seg						
Tiempo entre h_0 y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: PR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 11

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL/Aht$ $\quad K_{20} = (K_t \eta_t)/\eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm² Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³ γ_t: ____ tn/m³ γ_d = ____ tn/m³

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	186	186				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm³	15	15				
Tiempo, t, segundos	18600	18400				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	6×10^{-7}	6×10^{-7}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [(A_t L)/(A \cdot t)] \ln(h_1/h_2)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = ____ tn/m³ γ_d = ____ tn/m³ diámetro = ____ cms Area, A = ____ cm² Altura, L = ____ cms Volumen, V = ____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = ____ cms Area, A_t = ____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_0 y $\sqrt{h_0 h_1}$, seg						
Tiempo entre h_0 y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

Fdo. Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: PR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 12

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_t: _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h / L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	7440	7395				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	1.5×10^{-4}	1.5×10^{-4}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [A_t L / A \cdot t] \ln (h_o / h_1)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm^2 Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm^3

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_1}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA

Cliente : DR. CARLOS MOLANO

Fecha : ABRIL 29/93

Muestra Nº : 13

Sondeo Nº : _____

Profundidad : _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $K_{20} = (K_t \eta_t) / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra : diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_t : _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	186	186				
Gradiente Hidráulico, i = h / L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	30	30				
Tiempo, t, segundos	1564	1575				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	1.5×10^{-5}	1.5×10^{-5}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [(A_t L) / (A \cdot t)] \ln (h_o / h_1)$ $K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm^2 Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm^3

Dimensiones Tubo : diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_1}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones : _____

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: DR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 14

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL/Aht$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_t: _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	5030	5030				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	2.2×10^{-4}	2.2×10^{-4}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [AtL/A \cdot t] \ln(h_i/h_f)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm^2 Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm^3

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_f}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_f, t_f, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: No Cesa

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 29/93

Muestra Nº : 15
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra : diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = ____ γ_t = ____ tn/m^3
Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_d = ____ tn/m^3

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	186	186				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	15	15				
Tiempo, t, segundos	3341	3325				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	3.4×10^{-6}	3.4×10^{-6}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [A_t L / A \cdot t] \ln (h_o / h_t)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = ____ tn/m^3 γ_d = ____ tn/m^3 diámetro = ____ cms Area, A = ____ cm^2 Altura, L = ____ cms Volumen, V = ____ cm^3

Dimensiones Tubo : diámetro, d = ____ cms Area, A_t = ____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_t}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_t, t_t, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones : _____

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: DR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 16

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_t = _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	186					
Gradiente Hidráulico, i = h / L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	30					
Tiempo, t, segundos	43200					
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	5×10^{-7}					
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [A_t L / A \cdot t] \ln (h_o / h_t)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm^2 Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm^3

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_i}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____ T.o Coser

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: Dr. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 17

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_t: ____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = ____ $\frac{tn}{m^3}$

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	186	186				
Gradiente Hidráulico, i = h / L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	100	100				
Tiempo, t, segundos	2289	2299				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	3.4×10^{-5}	3.3×10^{-5}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [A_t L / A \cdot t] \ln (h_1/h_2)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm^2 Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm^3

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_i}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

Vio Cosev

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: Dr. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 18

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = (K_t \eta_t) / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm² Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³ γ_t = _____ tn/m³ γ_d = _____ tn/m³

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	186	186				
Gradiente Hidráulico, i = h / L						
Cantidad de Agua, Q, cm³	15	15				
Tiempo, t, segundos	1325	1345				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	8.7×10^{-6}	8.6×10^{-6}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [(A_t L) / (A \cdot t)] \ln (h_o / h_1)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ tn/m³ γ_d = _____ tn/m³ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm² Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_1}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

Fdo. Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: PR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 19

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_t: _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	1665	1699				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	6.6×10^{-4}	6.4×10^{-4}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [A_t L / A \cdot t] \ln (h_o/h_1)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm^2

Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm^3

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_1}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: PR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 20

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / Aht$ $\quad K_{20} = (K_t \eta_t) / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm² Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³ γ_t: ____ tn/m³ γ_d: ____ tn/m³

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm³	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	405	436				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	2.7×10^{-3}	2.5×10^{-3}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [(A_t L)/(A \cdot t)] \ln(h_1/h_2)$ $\quad K_{20} = (K_t \eta_t) / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ tn/m³ γ_d = _____ tn/m³ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm² Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_i}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA

Cliente : Dr. CARLOS MOLAN

Fecha : ABRIL 29/93

Muestra Nº : 21

Sondeo Nº : _____

Profundidad : _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra : diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_t : _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	131	131				
Gradiente Hidráulico, i = h / L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	1000	1000				
Tiempo, t, segundos	2959	2970				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	3.7×10^{-4}	3.7×10^{-4}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [A_t L / A \cdot t] \ln (h_1 / h_2)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm^2

Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm^3

Dimensiones Tubo : diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_1}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones : _____

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: Dr. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 22

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm² Gs = ____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm³ γ_t: ____ tn/m³ γ_d = ____ tn/m³

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	186					
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm³	13					
Tiempo, t, segundos	11811					
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	8×10^{-7}					
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [A_t L / A \cdot t] \ln (h_0/h_1)$ $K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = ____ tn/m³ γ_d = ____ tn/m³ diámetro = ____ cms Area, A = ____ cm² Altura, L = ____ cms Volumen, V = ____ cm³

Dimensiones Tubo: diámetro, d = ____ cms Area, A_t = ____ cm²

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_0 y $\sqrt{h_0 h_1}$, seg						
Tiempo entre h_0 y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: Dr. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 23

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL/Aht$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = _____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_t: _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	186	186				
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	30	30				
Tiempo, t, segundos	2347	2365				
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	9.8×10^{-6}	9.7×10^{-6}				
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [(A_t L)/(A \cdot t)] \ln(h_o/h_1)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = _____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = _____ $\frac{tn}{m^3}$ diámetro = _____ cms Area, A = _____ cm^2 Altura, L = _____ cms Volumen, V = _____ cm^3

Dimensiones Tubo: diámetro, d = _____ cms Area, A_t = _____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_1}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto: SANTA BARBARA

Cliente: PR. CARLOS MOLANO

Fecha: ABRIL 29/93

Muestra Nº: 24

Sondeo Nº: _____

Profundidad: _____

Coeficiente de Permeabilidad

Ensayo con cabeza constante

$K_t = QL / A h t$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones de la muestra: diámetro = 10.15 cms. Area, A = 80.91 cm^2 Gs = ____

Altura, L = 11.62 cms. Volumen, V = 940.2 cm^3 γ_t: ____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = ____ $\frac{tn}{m^3}$

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T °C						
Cabeza, h	186					
Gradiente Hidráulico, i = h/L						
Cantidad de Agua, Q, cm^3	25					
Tiempo, t, segundos	27000					
Coeficiente de Permeabilidad a T°C, K_T	7×10^{-7}					
Coeficiente de Permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Ensayo con cabeza variable

$K_t = [At L / A \cdot t] \ln (h_1/h_2)$ $\quad K_{20} = K_t \eta_t / \eta_{20}$

Dimensiones Muestra: γ_t = ____ $\frac{tn}{m^3}$ γ_d = ____ $\frac{tn}{m^3}$ diámetro = ____ cms Area, A = ____ cm^2 Altura, L = ____ cms Volumen, V = ____ cm^3

Dimensiones Tubo: diámetro, d = ____ cms Area, A_t = ____ cm^2

Peso de suelo seco + molde						
Peso del molde						
Peso de suelo seco						
Temperatura, T, °C						
Tiempo entre h_o y $\sqrt{h_o h_1}$, seg						
Tiempo entre h_o y h_1, t_1, seg.						
Coeficiente de permeabilidad a T°C, K_T						
Coeficiente de permeabilidad a 20°C, K_{20}						

Observaciones: _____

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : DR. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 1
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____ Tamaño máximo : _____
Peso bandeja (gr) = _____ Forma de partículas: _____
Peso suelo seco (gr) = 505.6

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51	—	—		100.0
*	4	0.187	4.76	1.1	0.2		99.8
*	8	0.0937	2.38	0.4	0.1		99.7
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	0.4	0.1		99.6
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	0.2	0.0		99.6
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	2.2	0.4		99.2
	60	0.0098	0.250	7.3	1.4		97.8
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	80.6	15.9		81.9
*	200	0.0029	0.074	214.4	42.4		39.5
			SUMA DE PESOS	306.6	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

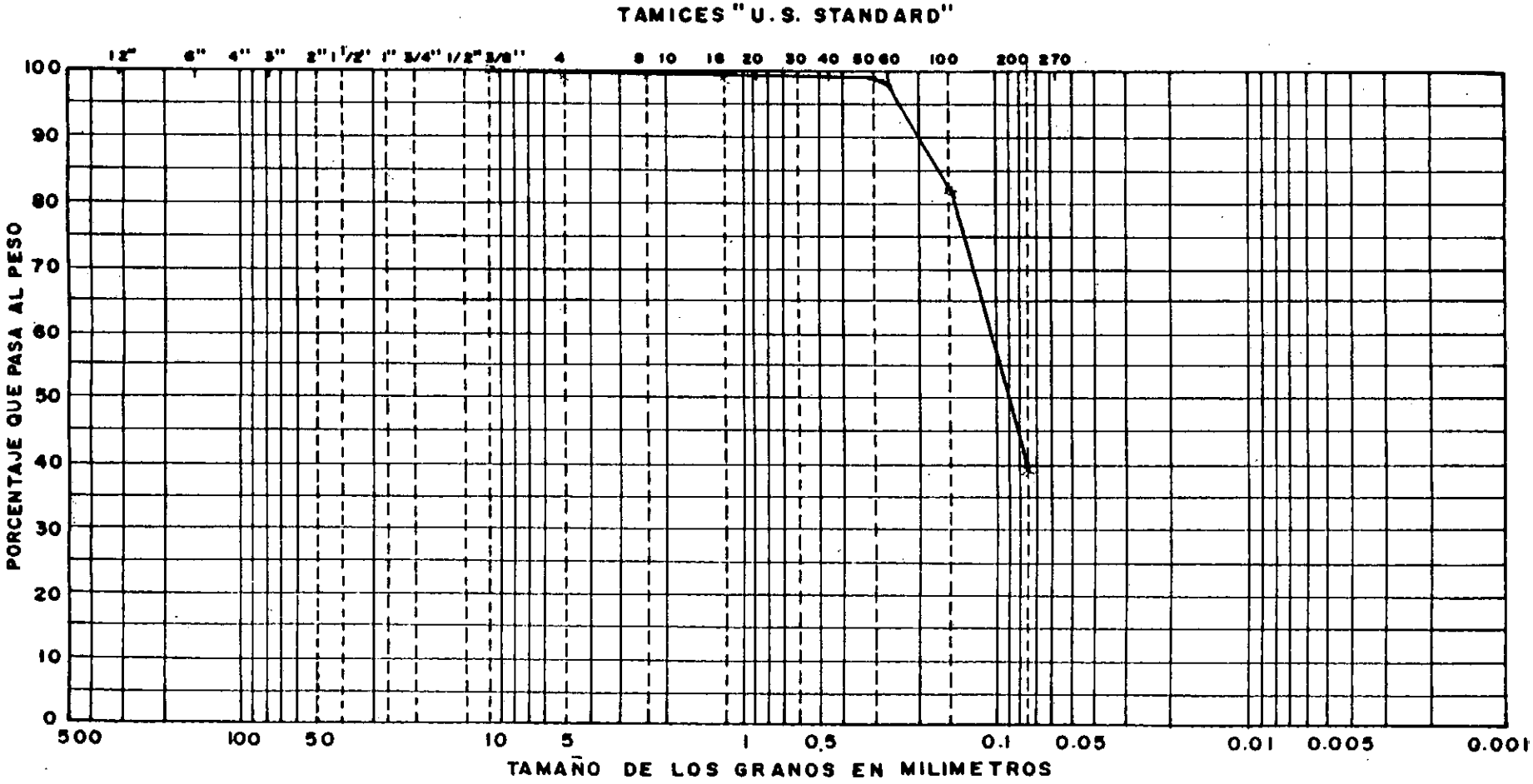
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 1

Cliente : Dr. CARLOS MOLANO — Sondeo Nº: _____

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad : _____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 2
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 545.4

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51				
*	4	0.187	4.76				
*	8	0.0937	2.38	—	—		100.0
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	0.2	0.1		99.9
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	0.1	0.0		99.9
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	0.2	0.1		99.8
	60	0.0098	0.250	2.3	0.4		99.4
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	40.6	7.4		92.0
*	200	0.0029	0.074	116.1	21.3		70.7
			SUMA DE PESOS	159.5	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

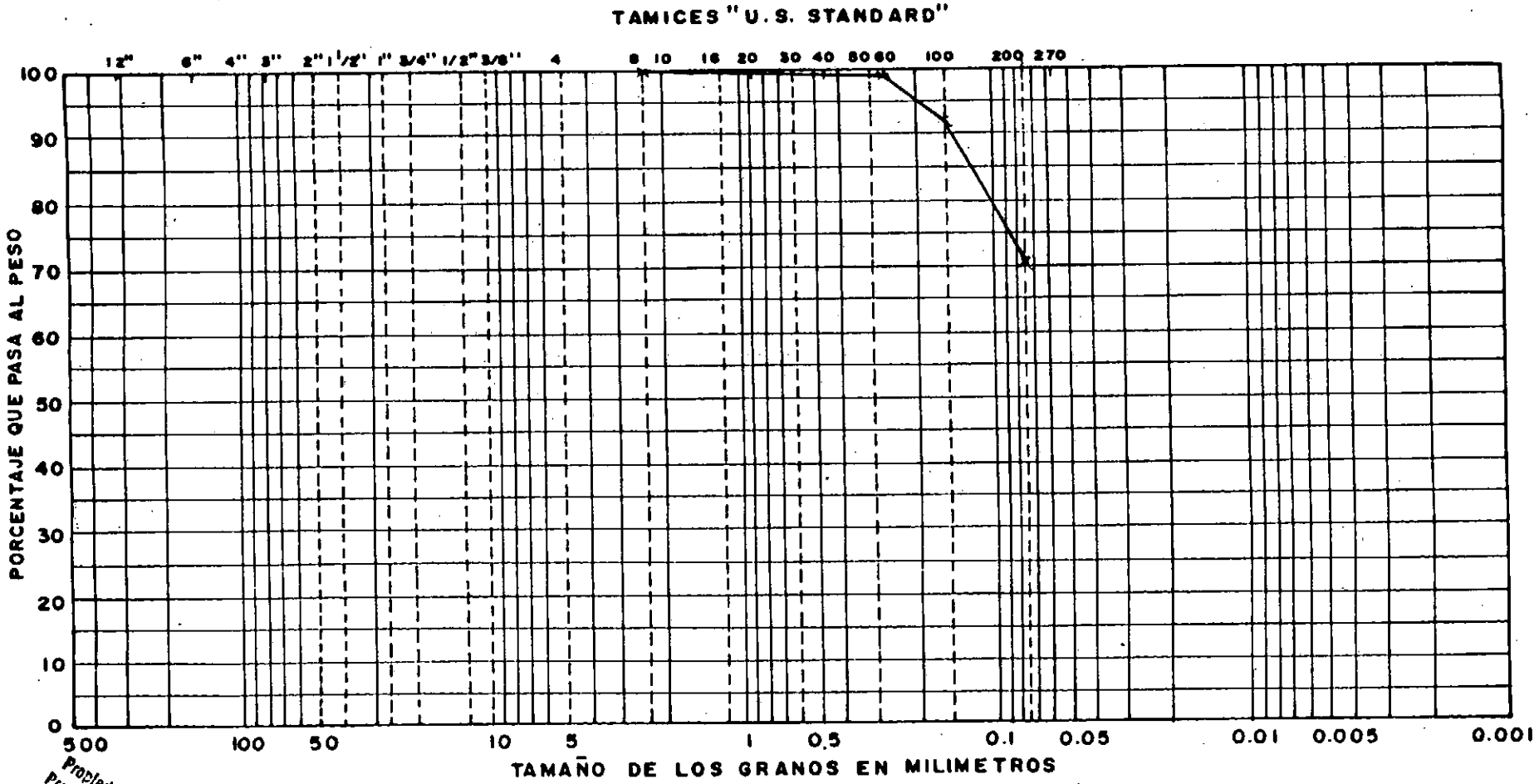
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 2

Cliente : DR. CARLOS MOLANO — Sondeo Nº: ____

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad : ____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

Propiedad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 3
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 621.4

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7	———	———		100.0
*		3/8	9.51	6.6	1.1		98.9
*	4	0.187	4.76	1.5	0.2		98.7
*	8	0.0937	2.38	5.3	0.8		97.9
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	32.1	5.2		92.7
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	18.2	2.9		89.8
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	55.0	8.8		81.0
	60	0.0098	0.250	75.7	12.2		68.8
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	188.4	30.3		38.5
*	200	0.0029	0.074	116.9	18.8		19.7
			SUMA DE PESOS	499.7	PASA TAMIZ No 200		

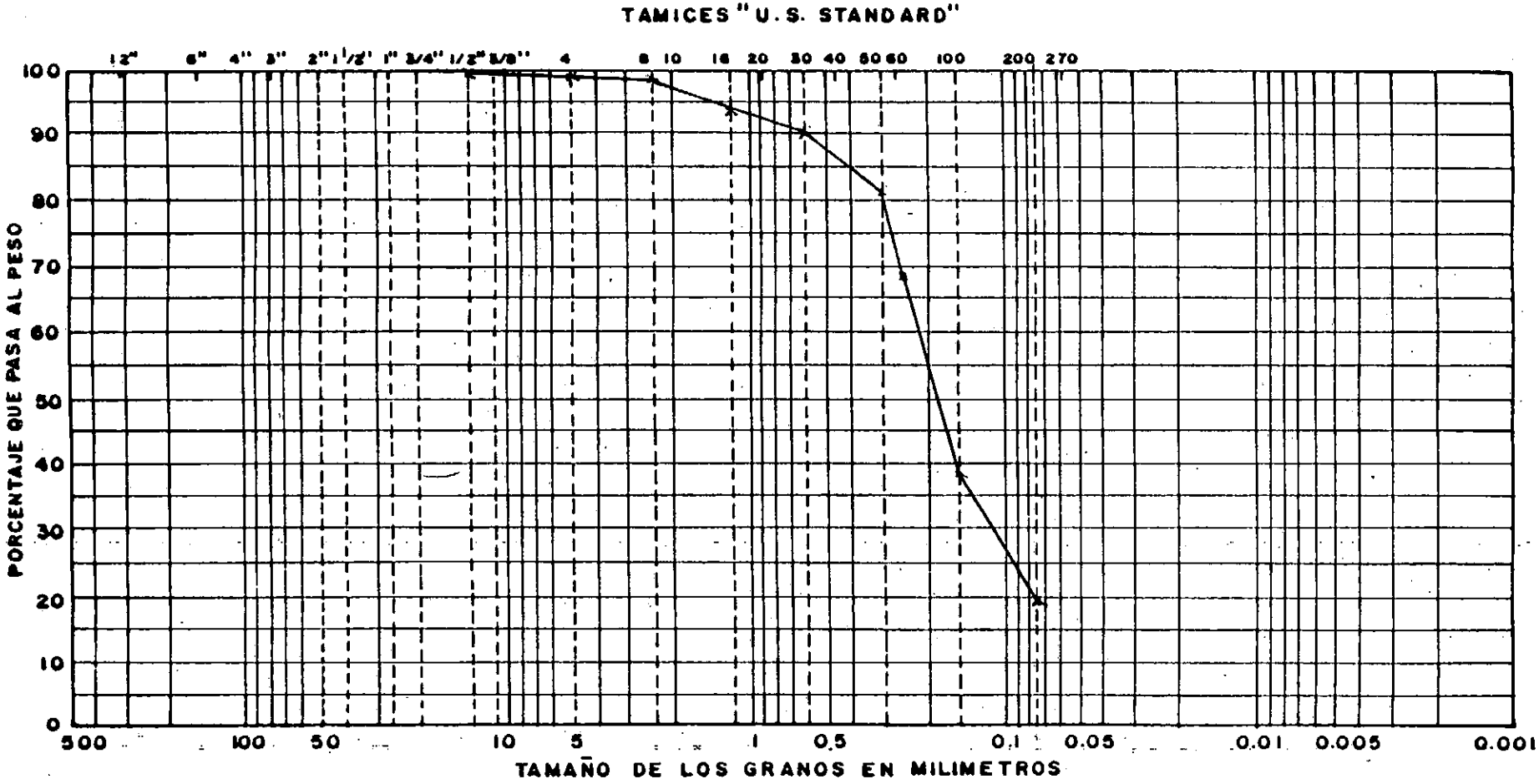
Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	Proyecto : SANTA BARBARA	Muestra Nº: 3
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL	Cliente : DR. CARLOS MOLANO	Sondeo Nº:
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	Fecha : ABRIL 30/93	Profundidad :

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 4
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 6344

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51				
*	4	0.187	4.76	—	—		100.0
*	8	0.0937	2.38	0.1	0.0		100.0
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	0.4	0.1		99.9
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	2.1	0.3		99.6
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	18.4	2.9		96.7
	60	0.0098	0.250	121.0	19.1		77.6
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	336.1	53.0		24.6
*	200	0.0029	0.074	37.6	5.9		18.7
			SUMA DE PESOS	515.7	PASA TAMIZ No 200		

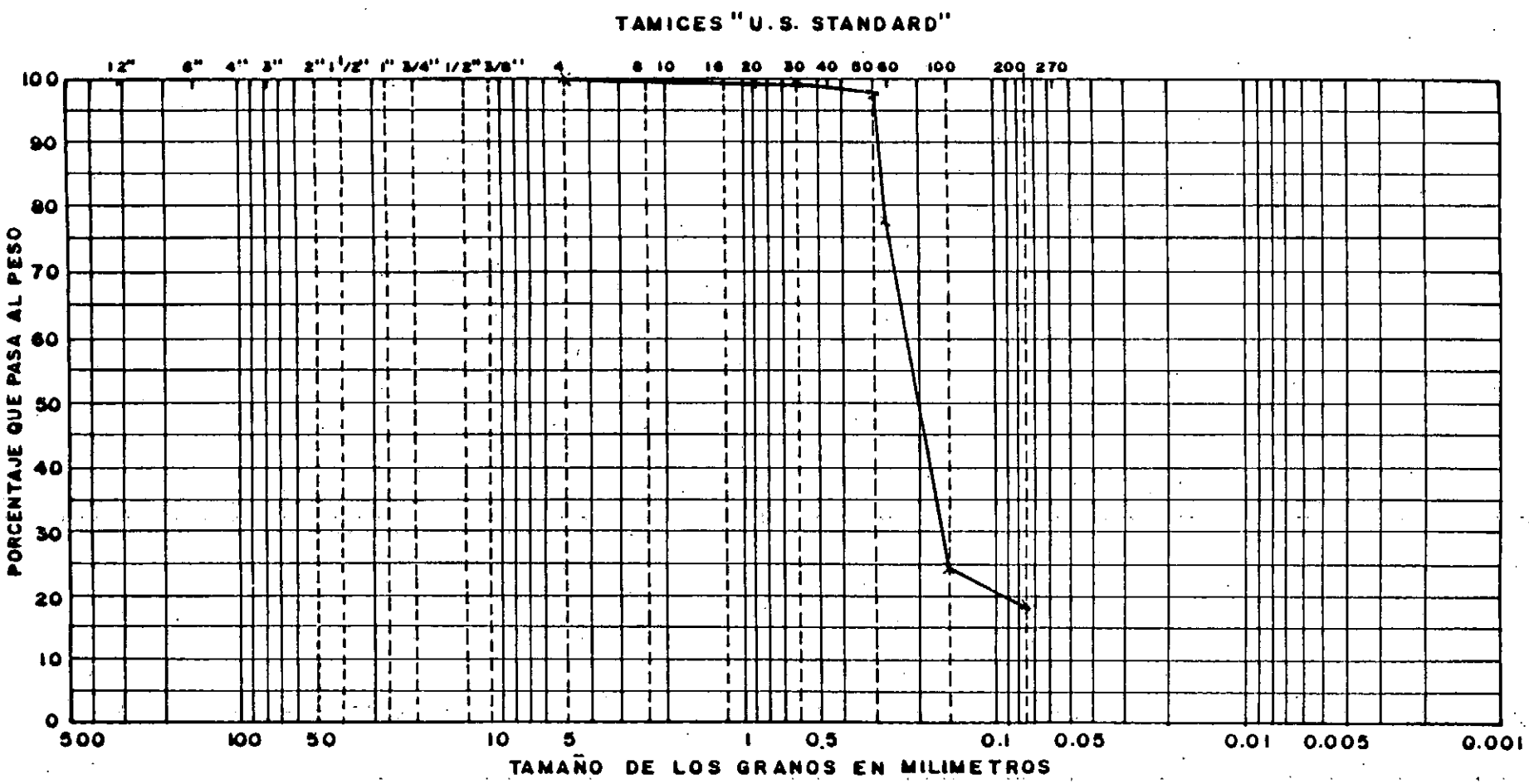
Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

F. Nio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	Proyecto : SANTA BARBARA	Muestra Nº: 4
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL	Cliente : DR. CARLOS MOLANO	Sondeo Nº:
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	Fecha : ABRIL 30/93	Profundidad :

Distribución Granulométrica



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 5
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 618.7

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ		PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
	PULGADAS	MILIMETROS				
	4	101.6				
	3	76.1				
	2 1/2	64.0				
*	2	50.8				
*	1 1/2	38.1				
*	1	25.4				
*	3/4	19.0				
*	1/2	12.7				
*	3/8	9.51	———	———		1000
* 4	0.187	4.76	0.6	0.1		99.9
* 8	0.0937	2.38	2.0	0.3		99.6
10	0.0787	2.00				
* 16	0.0469	1.19	19.2	3.1		96.5
20	0.0331	0.841				
* 30	0.0234	0.595	77.0	12.4		84.1
40	0.0166	0.420				
* 50	0.0117	0.297	92.6	15.0		69.1
60	0.0098	0.250	72.0	11.6		57.5
80	0.0070	0.177				
* 100	0.0059	0.149	161.6	26.1		31.4
* 200	0.0029	0.074	109.5	17.7		13.7
		SUMA DE PESOS	534.5	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA

Cliente : DR. CARLOS MOLANO

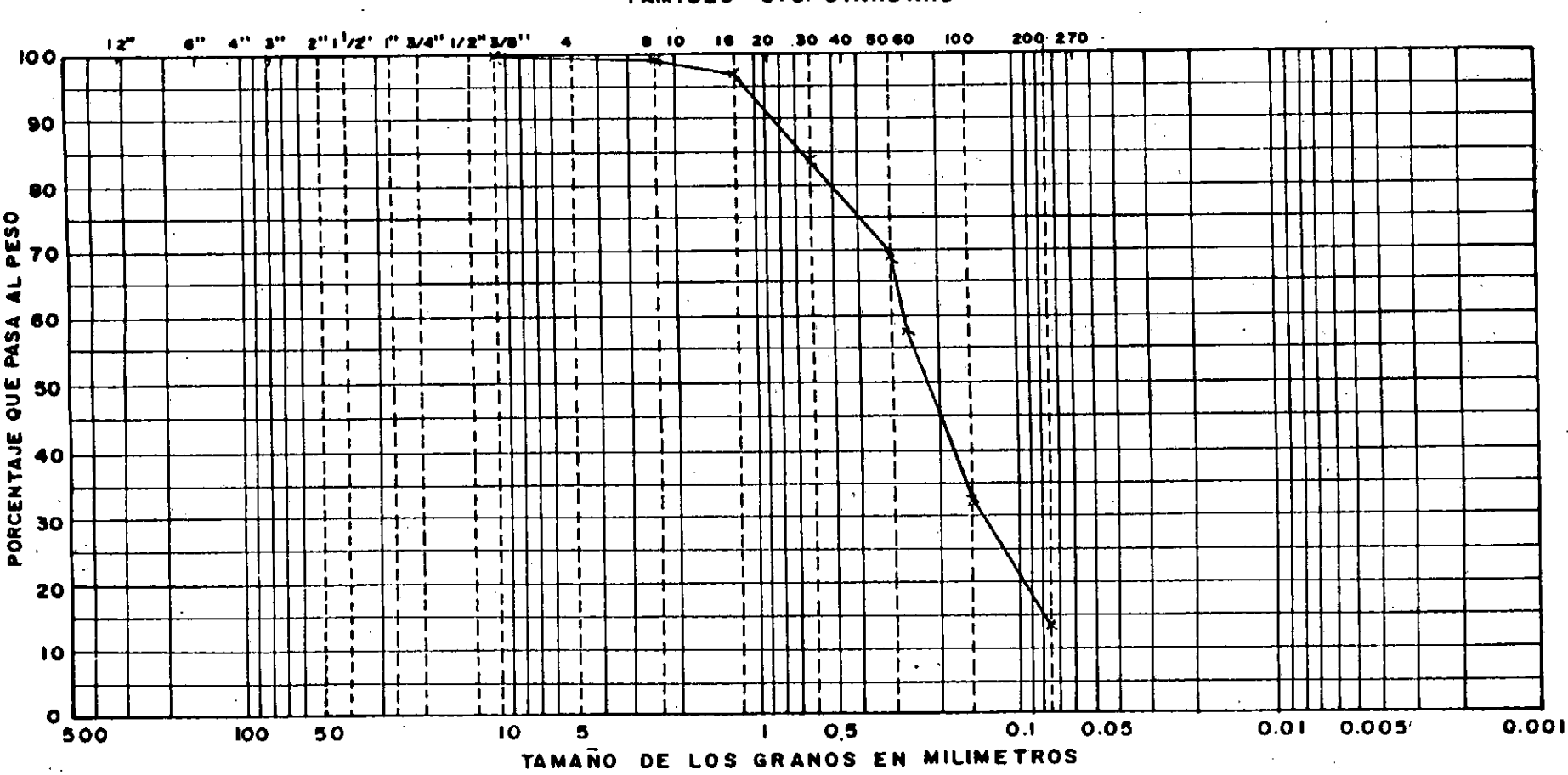
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº: 5

Sondeo Nº: _____

Profundidad : _____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Ph. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 6
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 586.6

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51				
*	4	0.187	4.76				
*	8	0.0937	2.38	—	—		100.0
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	0.5	0.1		99.9
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	1.1	0.2		99.7
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	3.7	0.6		99.1
	60	0.0098	0.250	5.9	1.0		98.1
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	64.1	10.9		87.2
*	200	0.0029	0.074	331.5	56.5		30.7
			SUMA DE PESOS	406.8	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

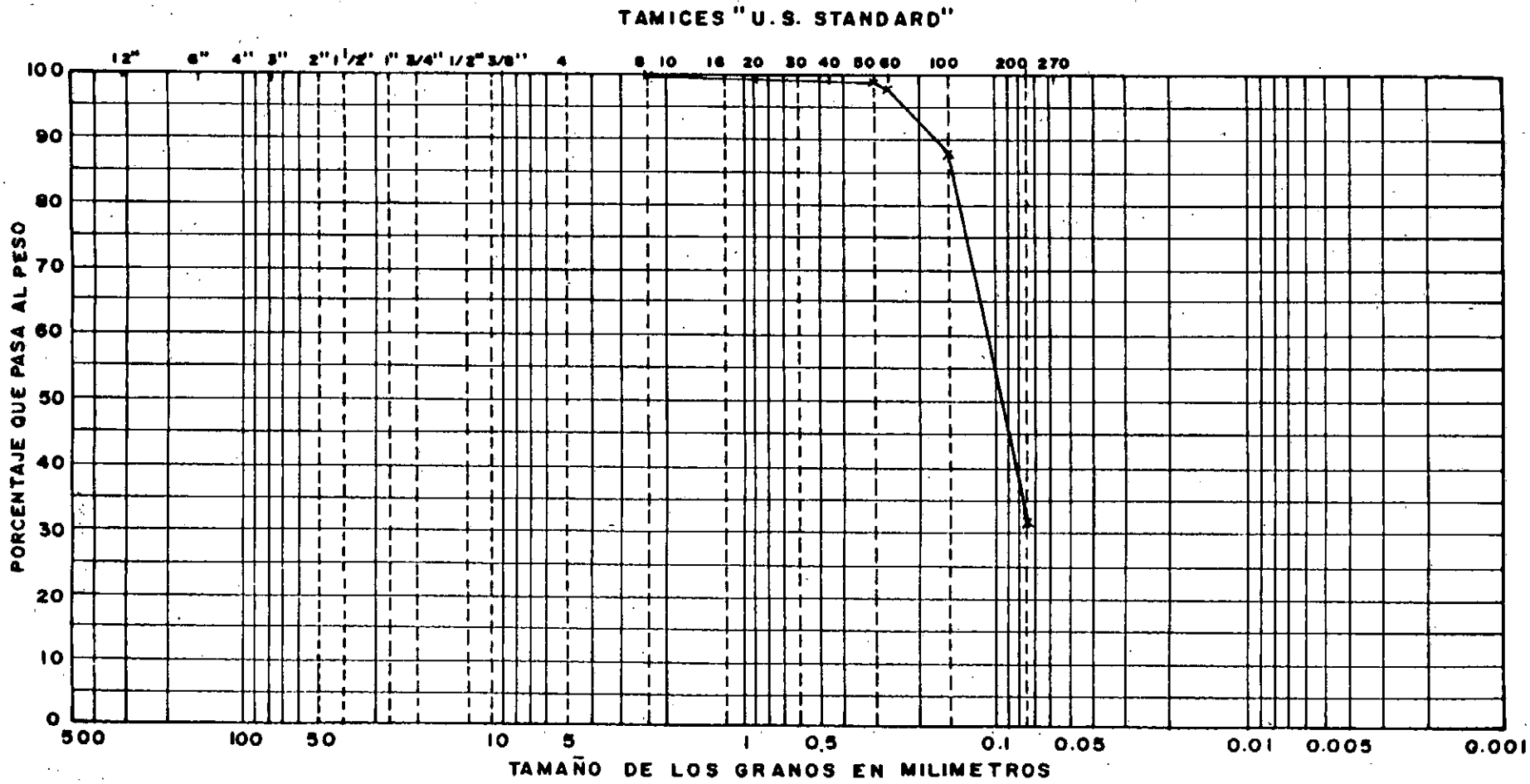
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 6

Cliente : DR. CARLOS MOLANO — Sondeo Nº:

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad :

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 7
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____ Tamaño máximo : _____
Peso bandeja (gr) = _____ Forma de partículas: _____
Peso suelo seco (gr) = 593.1

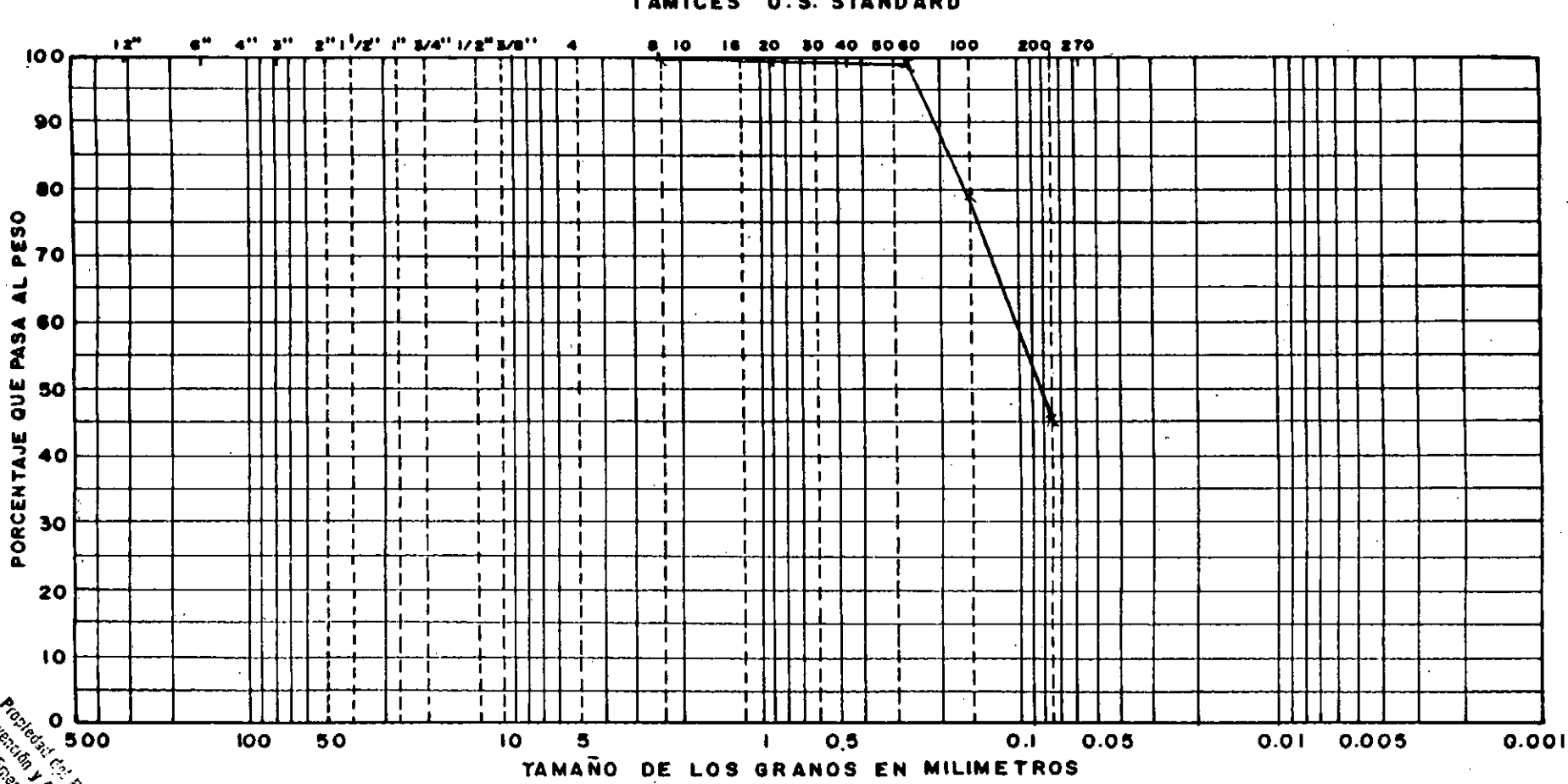
	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51				
*	4	0.187	4.76	—	—		100.0
*	8	0.0937	2.38	0.2	0.0		100.0
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	0.3	0.1		99.9
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	0.2	0.0		99.9
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	0.2	0.0		99.9
	60	0.0098	0.250	0.6	0.1		99.8
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	121.0	20.4		79.4
*	200	0.0029	0.074	201.9	34.0		45.4
			SUMA DE PESOS	324.4	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____
* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

F. Lo Coser

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	Proyecto : SANTA BARBARA	Muestra N°: 7
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL	Cliente : PR. CARLOS MOLANO	Sondeo N°:
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	Fecha : ABRIL 30/93	Profundidad :

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : PR. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 8
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 654.5

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51				
*	4	0.187	4.76	———	———		100.0
*	8	0.0937	2.38	0.2	0.0		100.0
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	28.5	4.3		95.7
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	64.9	9.9		85.8
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	49.1	7.5		78.3
	60	0.0098	0.250	41.4	6.3		72.0
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	226.7	34.6		37.4
*	200	0.0029	0.074	164.1	25.1		12.3
			SUMA DE PESOS	574.9	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

J.O Losen

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

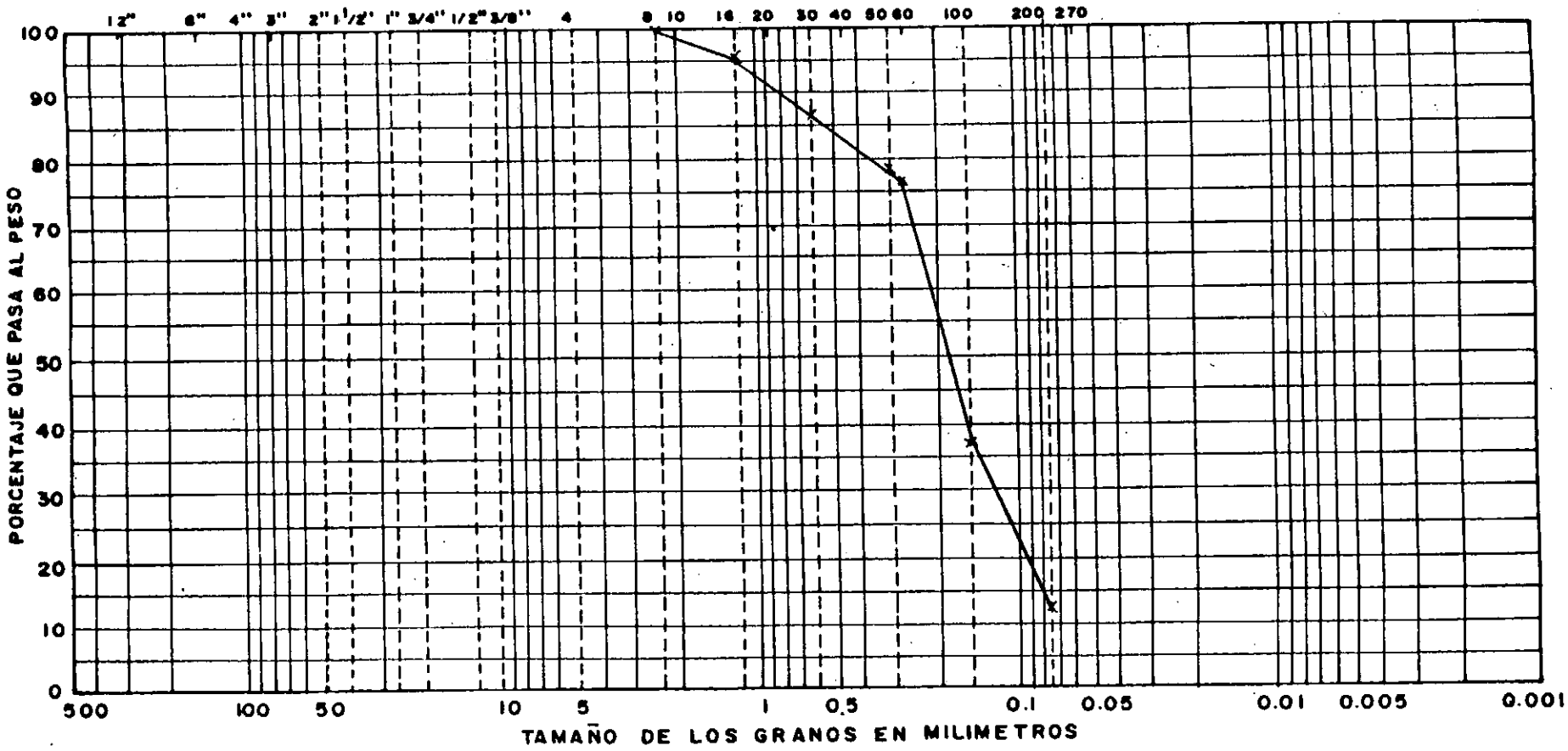
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 8

Cliente : PR. CARLOS MOLANO — Sondeo Nº: ____

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad : ____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 9
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 685.6

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51				
*	4	0.187	4.76				
*	8	0.0937	2.38	—	—		100.0
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	8.0	1.2		98.8
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	39.5	5.8		93.0
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	59.2	8.6		84.4
	60	0.0098	0.250	68.7	10.0		74.4
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	166.4	24.3		50.1
*	200	0.0029	0.074	155.8	22.7		27.4
			SUMA DE PESOS	497.6	PASA TAMIZ No 200		

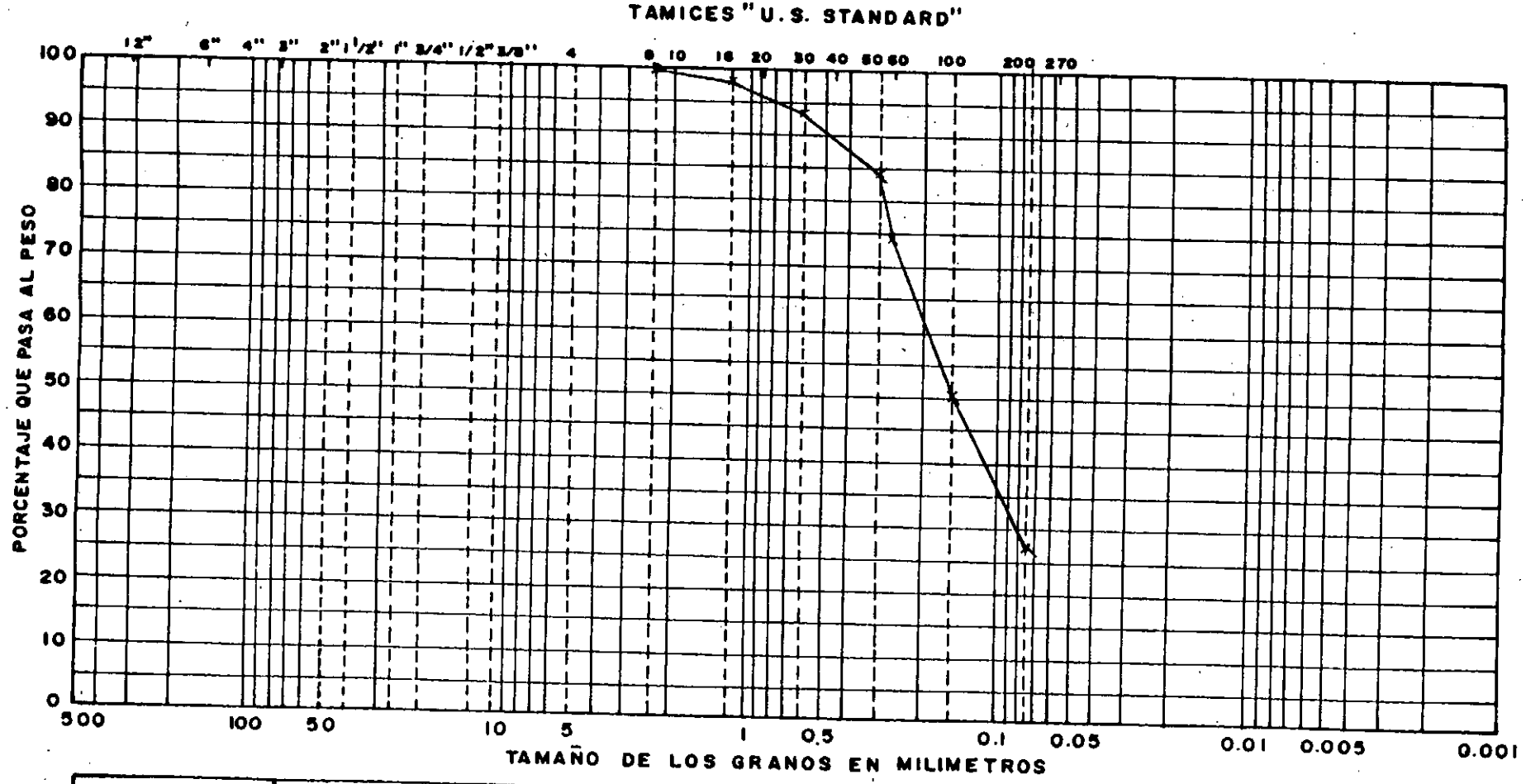
Observaciones _____
* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra N°: 9
Cliente : DR. CARLOS MOLANO — Sondeo N°:
Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad :

Distribución Granulométrica



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Pr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 10
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____ Tamaño máximo : _____
Peso bandeja (gr) = _____ Forma de partículas: _____
Peso suelo seco (gr) = 696.9

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51	———	———		100.0
*	4	0.187	4.76	0.5	0.1		99.9
*	8	0.0937	2.38	0.8	0.1		99.8
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	2.7	0.4		99.4
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	13.9	2.0		97.4
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	32.6	4.7		92.7
	60	0.0098	0.250	35.5	5.1		87.6
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	138.7	19.9		67.7
*	200	0.0029	0.074	182.8	26.2		41.5
			SUMA DE PESOS	407.5	PASA TAMIZ No 200		

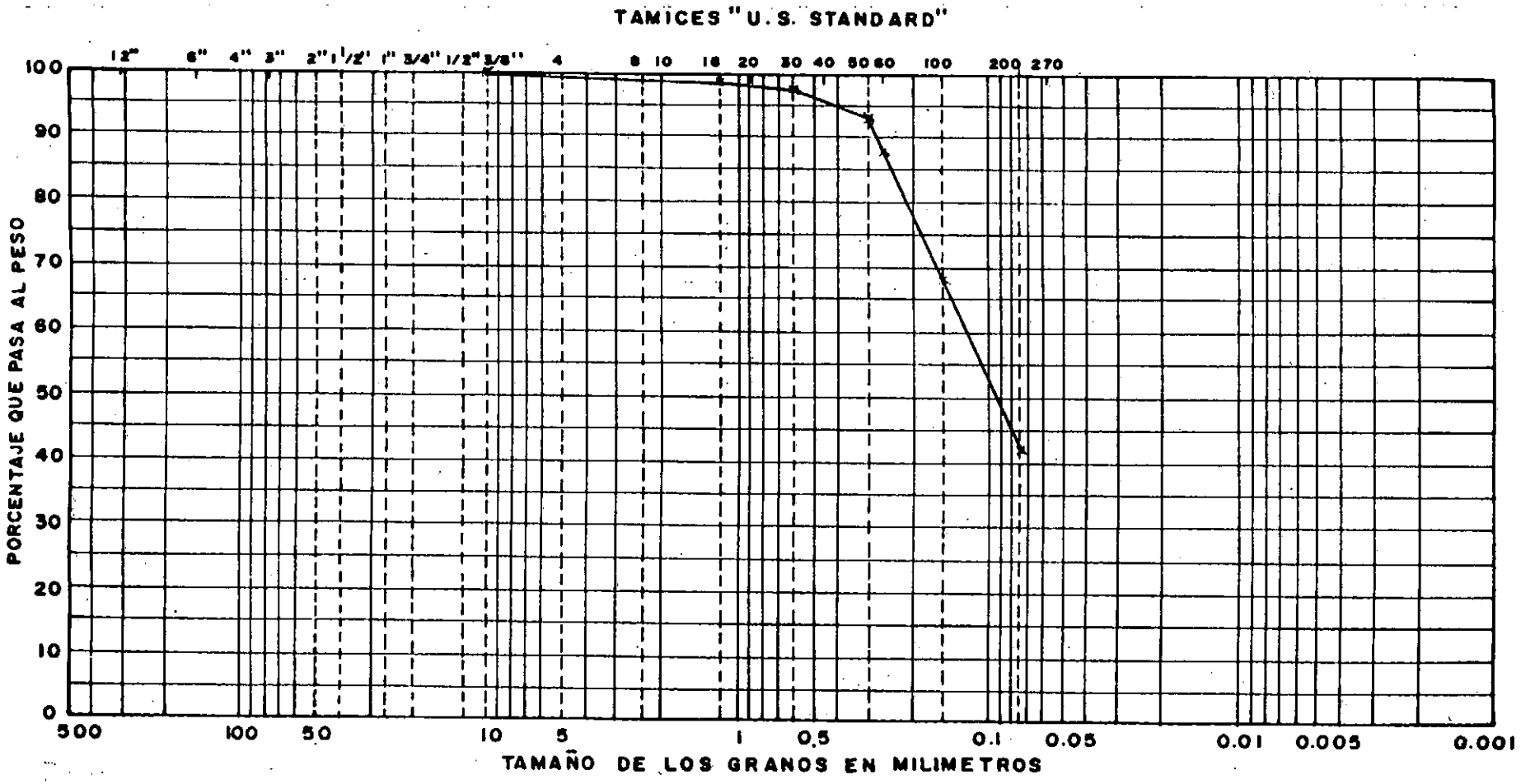
Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	Proyecto : L SANTA BARBARA	Muestra Nº: 10
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL	Cliente : DR. CARLOS MOLANO	Sondeo Nº:
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	Fecha : ABRIL 30/93	Profundidad :

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 11
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 506.7

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51	—	—		100.0
*	4	0.187	4.76	25.3	5.0		95.0
*	8	0.0937	2.38	18.9	3.7		91.3
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	26.5	5.2		86.1
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	17.6	3.5		82.6
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	17.4	3.4		79.2
	60	0.0098	0.250	9.6	1.9		77.3
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	26.2	5.2		72.1
*	200	0.0029	0.074	32.6	6.4		65.7
			SUMA DE PESOS	174.1	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

Nelson Lozano

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA

Cliente : DR. CARLOS MOLANO

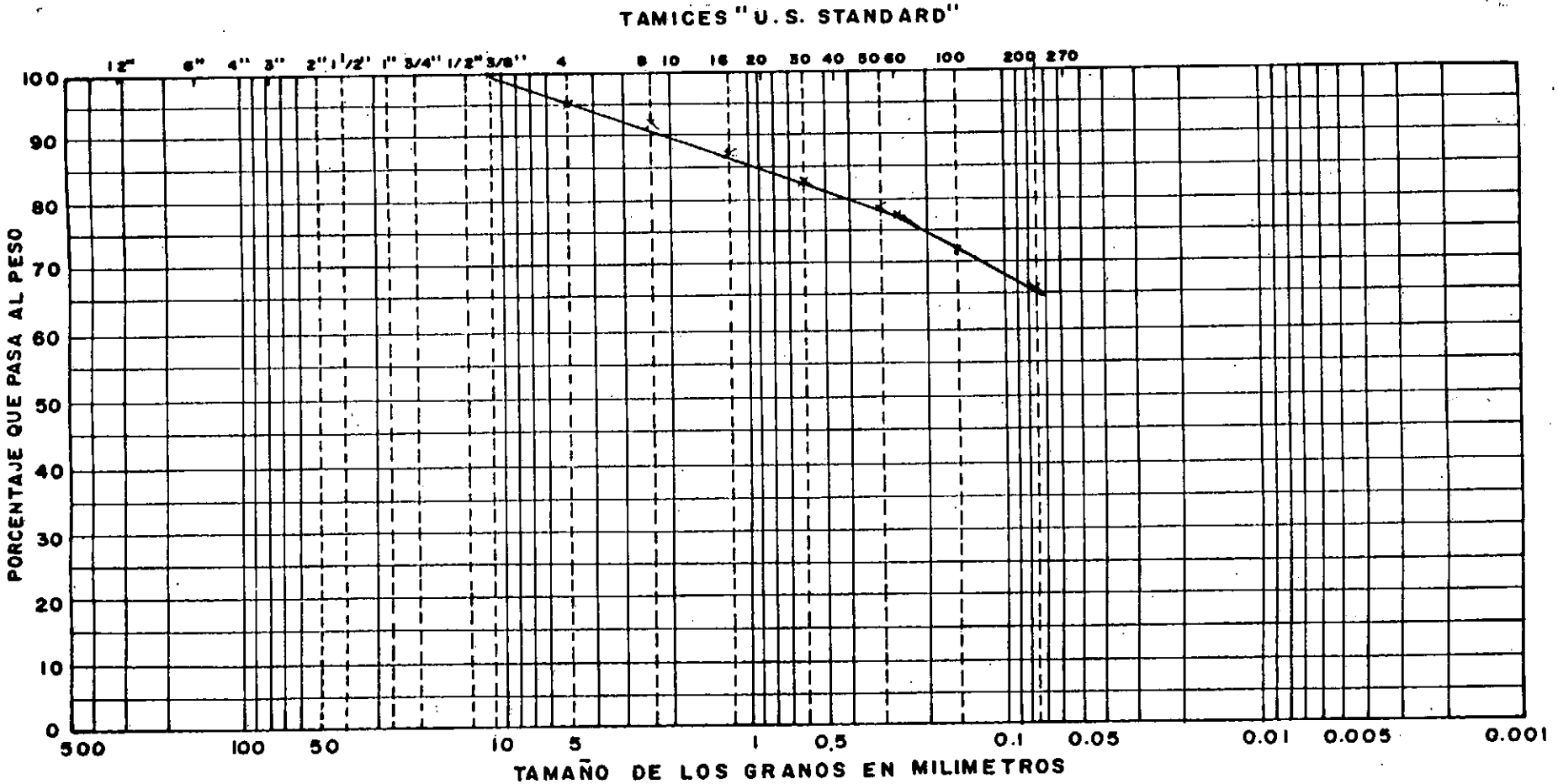
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº: 11

Sondeo Nº: _____

Profundidad : _____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 12
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 605.2

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
	1	4	101.6				
	3	3	76.1				
	2	2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51	—	—		100.0
*	4	0.187	4.76	0.6	0.1		99.9
*	8	0.0937	2.38	0.2	0.0		99.9
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	2.3	0.4		99.5
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	80.1	13.2		86.3
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	95.2	15.7		70.6
	60	0.0098	0.250	43.6	7.2		63.4
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	139.5	23.0		40.4
*	200	0.0029	0.074	105.8	17.5		22.9
			SUMA DE PESOS	967.3	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____ No 0652

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

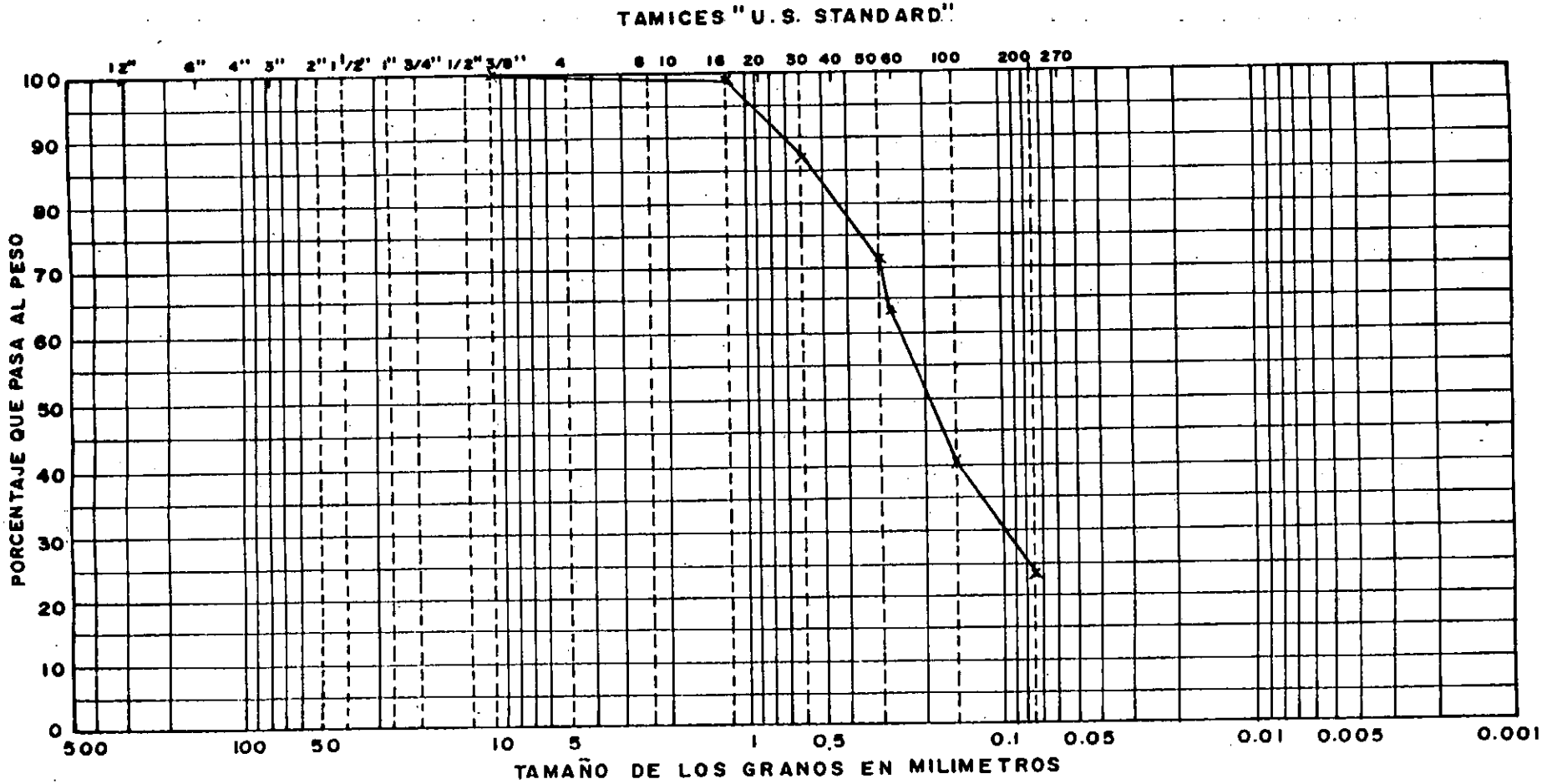
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 12

Cliente : DR. CARLOS MOLANO — Sondeo Nº: ____

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad : ____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 13
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 753.0

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51	—	—		100.0
*	4	0.187	4.76	1.7	0.2		99.8
*	8	0.0937	2.38	5.2	0.7		99.1
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	111.7	14.8		84.3
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	125.8	16.7		67.6
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	123.1	16.3		51.3
	60	0.0098	0.250	65.3	8.7		42.6
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	111.8	14.8		27.8
*	200	0.0029	0.074	77.3	10.3		17.5
			SUMA DE PESOS	621.9	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

J.A.O Cesar

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias FOPAE

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

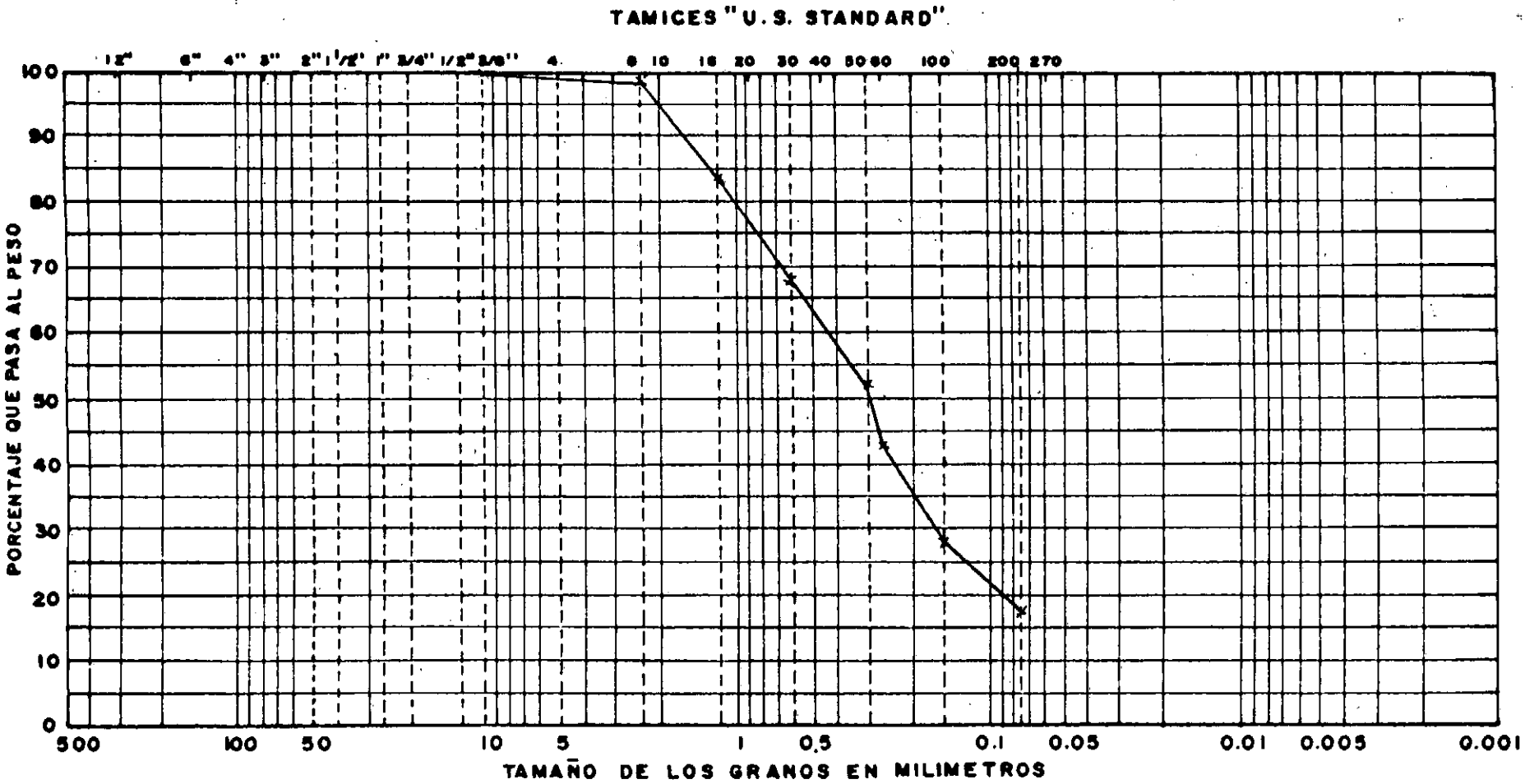
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 13

Cliente : DOCTOR CARLOS MOLANO — Sondeo Nº: ____

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad : ____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : DR. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 14
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 523.0

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7	———	———		100.0
*		3/8	9.51				
*	4	0.187	4.76	0.1	0.0		100.0
*	8	0.0937	2.38	0.1	0.0		100.0
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	0.5	0.1		99.9
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	6.0	1.1		98.8
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	74.8	14.3		84.5
	60	0.0098	0.250	70.0	13.4		71.1
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	156.3	29.9		41.2
*	200	0.0029	0.074	175.9	33.6		7.6
			SUMA DE PESOS	483.7	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

J.D. Cossio

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

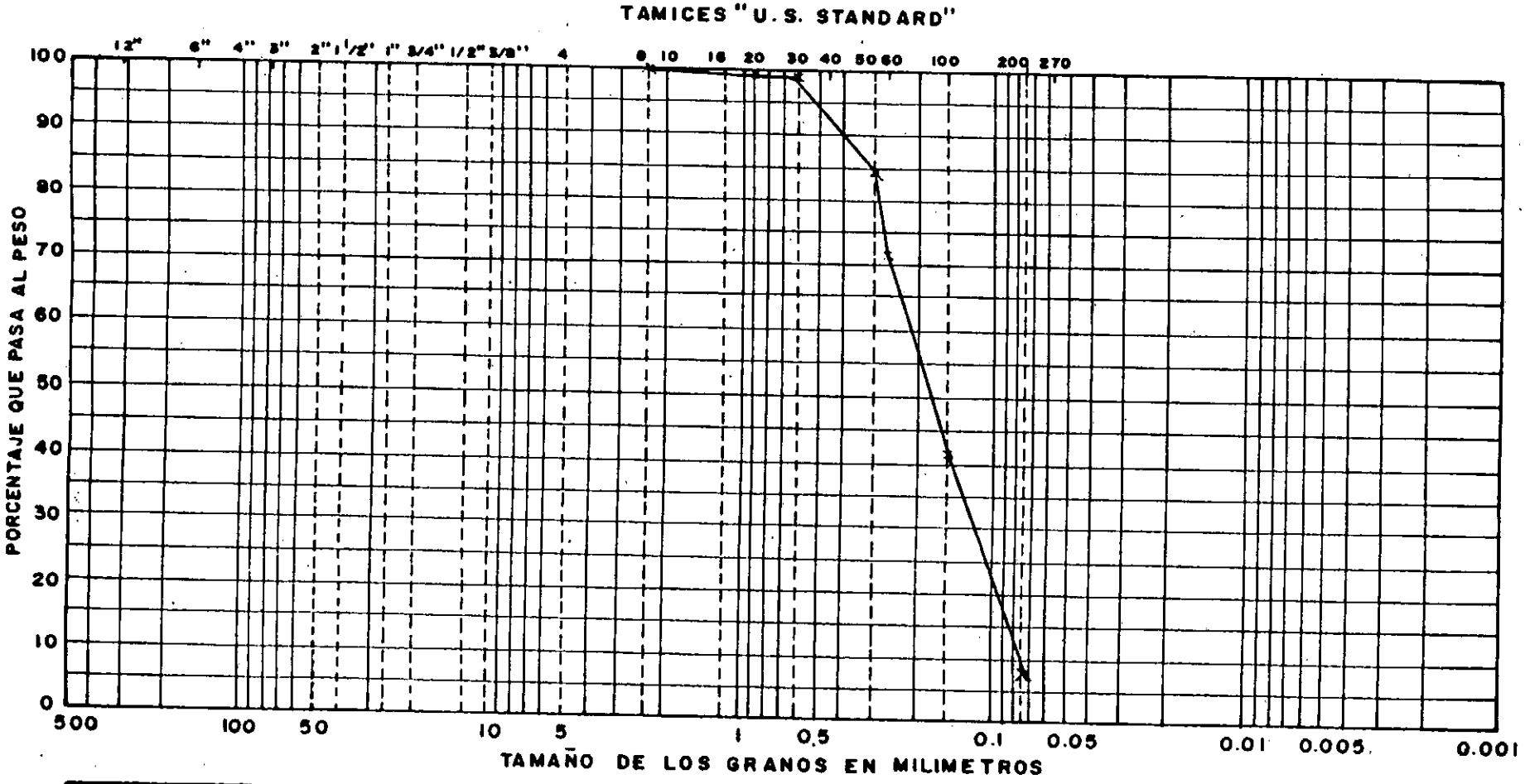
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 14

Cliente : Dr. CARLOS MOLANO — Sondeo Nº:

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad :

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : DR. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 15
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____ Tamaño máximo : _____
Peso bandeja (gr) = _____ Forma de partículas: _____
Peso suelo seco (gr) = 654.6

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51				
*	4	0.187	4.76	—	—		100.0
*	8	0.0937	2.38	6.4	1.0		99.0
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	102.7	15.7		83.3
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	127.0	19.4		63.9
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	68.1	10.4		53.5
	60	0.0098	0.250	29.6	4.5		49.0
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	57.9	8.8		40.2
*	200	0.0029	0.074	66.9	10.2		30.0
			SUMA DE PESOS	458.6	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones No Coser

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

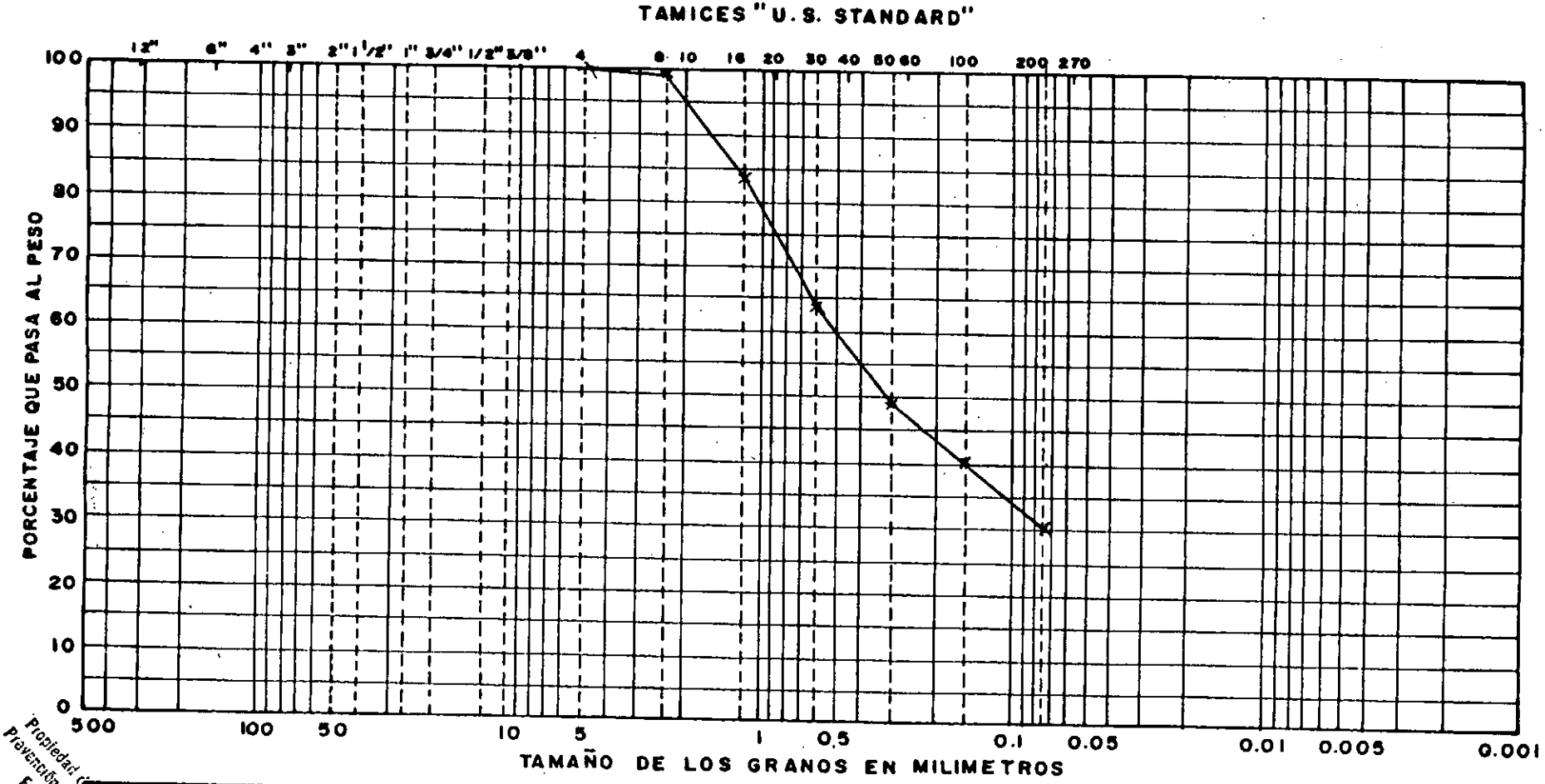
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 15

Cliente : DR. CARLOS MOCHNO — Sondeo Nº:

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad :

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

Propiedad de la Fundación Prevención y Atención de Emergencias FUPAE

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : DR. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 16
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____ Tamaño máximo : _____
Peso bandeja (gr) = _____ Forma de partículas: _____
Peso suelo seco (gr) = 504.5

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51	—	—		100.0
*	4	0.187	4.76	24.8	4.9		95.1
*	8	0.0937	2.38	9.6	1.9		93.2
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	11.3	2.2		91.0
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	7.4	1.5		89.5
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	9.8	1.9		87.6
	60	0.0098	0.250	12.6	2.5		85.1
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	57.1	11.3		73.8
*	200	0.0029	0.074	50.0	9.9		63.9
			SUMA DE PESOS	182.6	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____
* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

J. Alio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

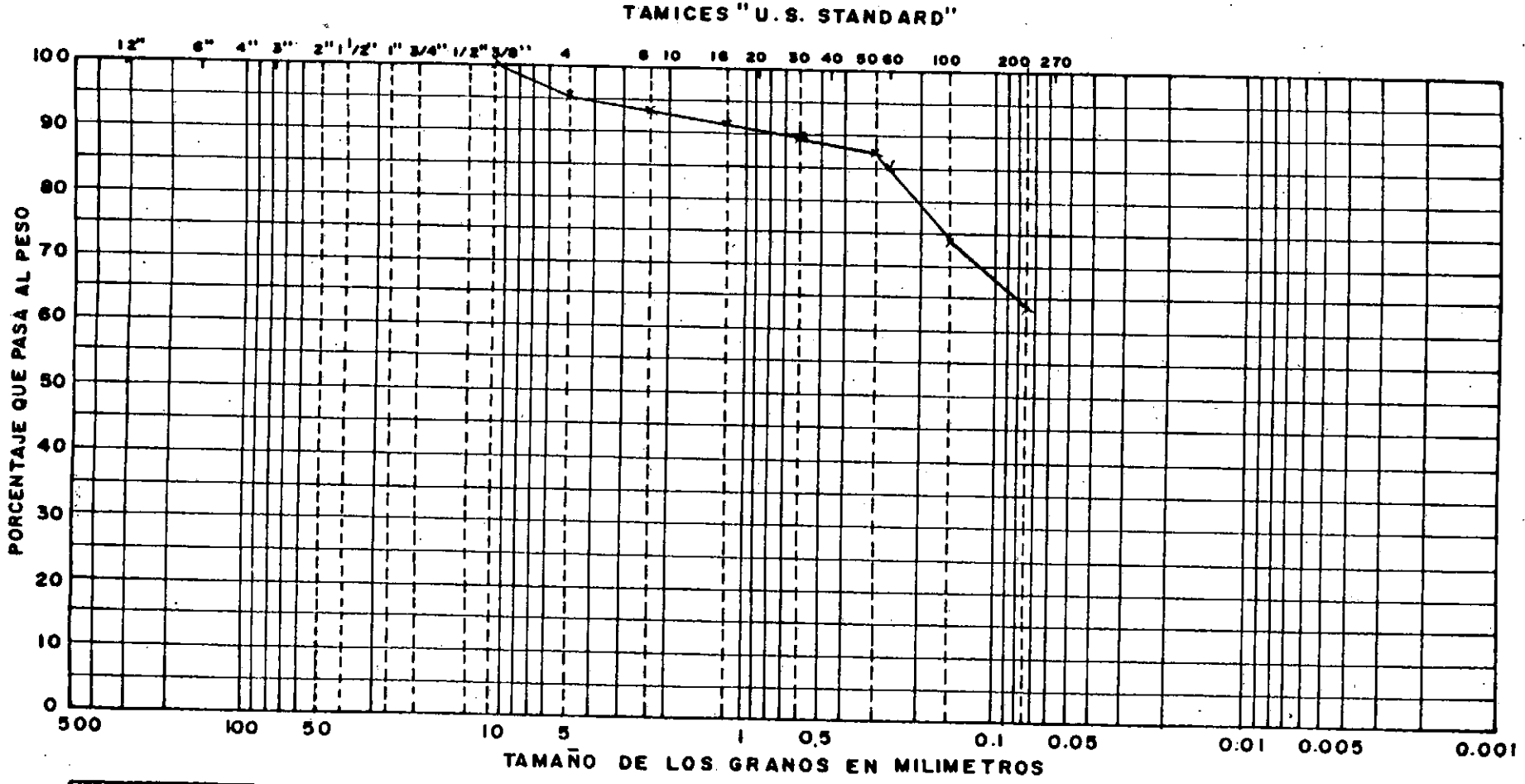
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra N°: 16

Cliente : Dr. CARLOS MOLANO — Sondeo N°:

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad :

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : DR. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 17
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____ Tamaño máximo : _____
Peso bandeja (gr) = _____ Forma de partículas: _____
Peso suelo seco (gr) = 919.5

TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ		PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
	PULGADAS	MILIMETROS				
	4	101.6				
	3	76.1				
	2 1/2	64.0				
*	2	50.8				
*	1 1/2	38.1				
*	1	25.4				
*	3/4	19.0				
*	1/2	12.7				
*	3/8	9.51	—	—		100.0
* 4	0.187	4.76	5.3	0.6		99.4
* 8	0.0937	2.38	1.0	0.1		99.3
10	0.0787	2.00				
* 16	0.0469	1.19	2.7	0.3		99.0
20	0.0331	0.841				
* 30	0.0234	0.595	21.0	2.3		96.7
40	0.0166	0.420				
* 50	0.0117	0.297	39.1	4.2		92.5
60	0.0098	0.250	59.4	6.5		86.0
80	0.0070	0.177				
* 100	0.0059	0.149	255.8	27.8		58.2
* 200	0.0029	0.074	151.1	16.4		41.8
	SUMA DE PESOS		535.4	PASA TAMIZ No 200		

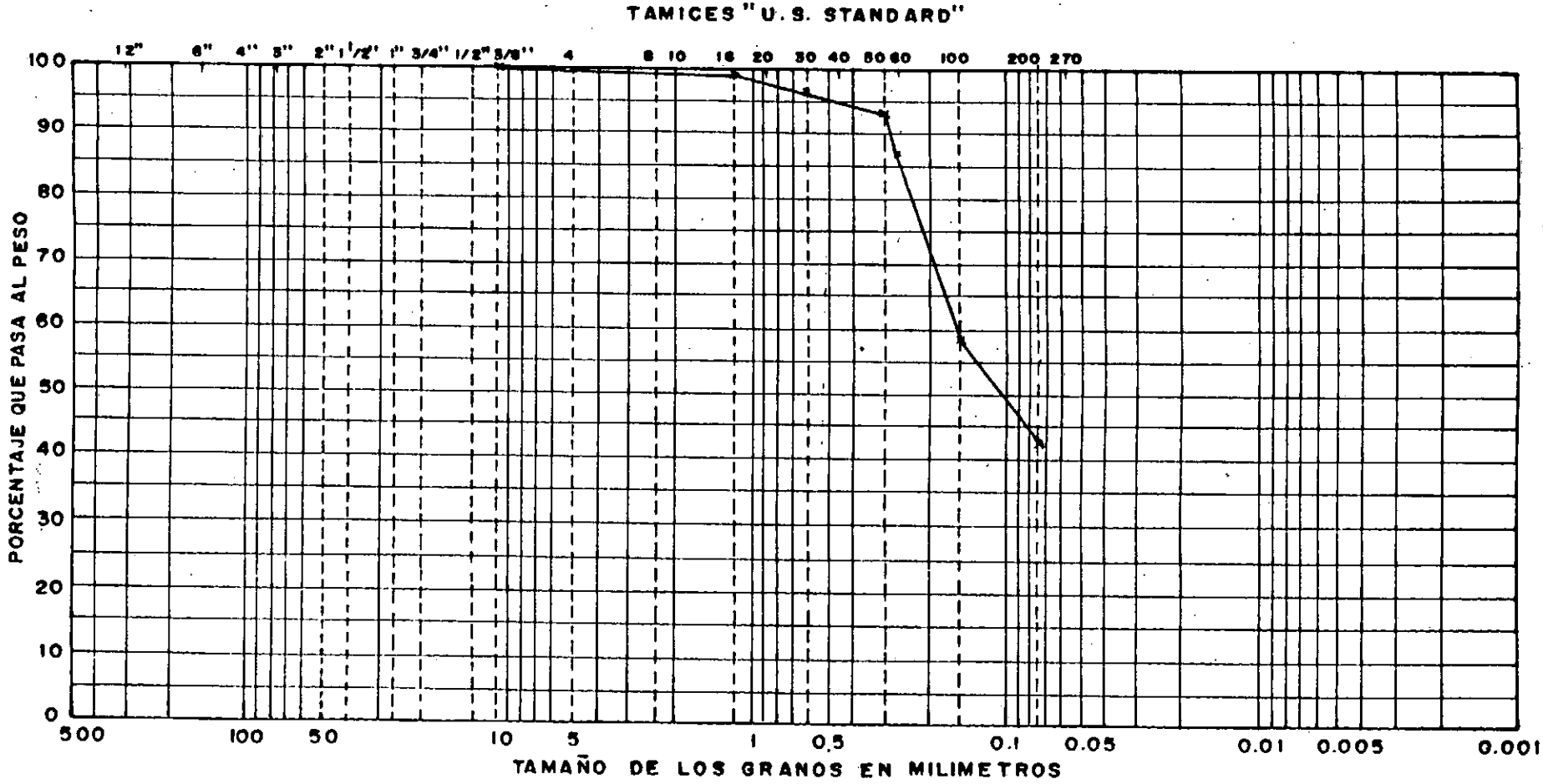
Observaciones _____
* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 17
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO — Sondeo Nº: ____
Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad : ____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 18
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 581.0

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51	———	———		100.0
*	4	0.187	4.76	6.4	1.1		98.9
*	8	0.0937	2.38	2.1	0.4		98.5
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	3.3	0.6		97.9
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	3.8	0.6		97.3
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	14.6	2.5		94.8
	60	0.0098	0.250	46.4	8.0		86.8
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	140.1	24.1		62.7
*	200	0.0029	0.074	93.4	16.1		46.6
			SUMA DE PESOS	310.1	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____
* Tamices para granulometria de agregados para concreto.

Julio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

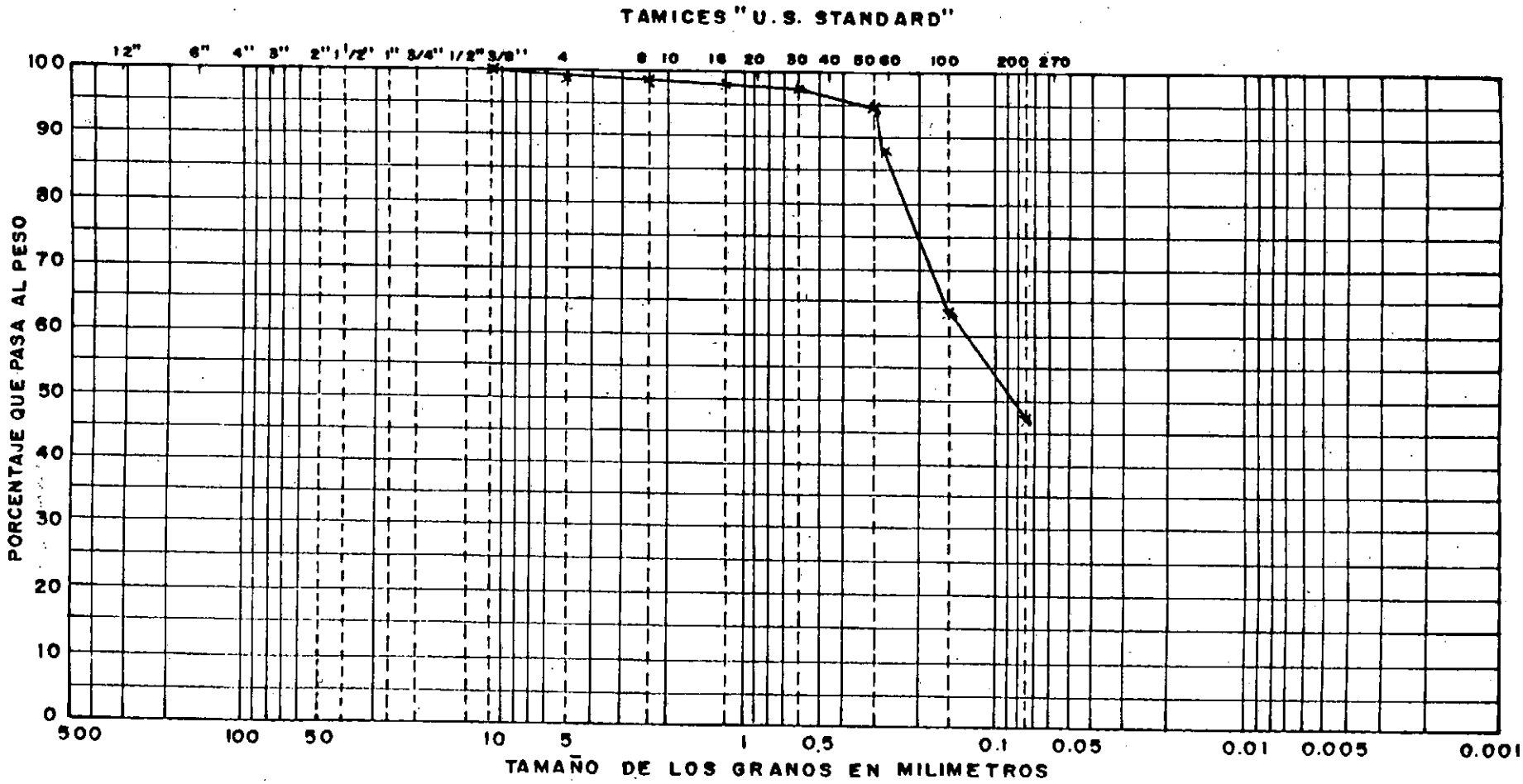
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra N°: 18

Cliente : Pr. CARLOS MOLANO — Sondeo N°: ____

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad : ____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : DR. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 19
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____ Tamaño máximo : _____
Peso bandeja (gr) = _____ Forma de partículas: _____
Peso suelo seco (gr) = 737.1

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51	—	—		100.0
*	4	0.187	4.76	2.2	0.3		99.7
*	8	0.0937	2.38	0.8	0.1		99.6
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	0.7	0.1		99.5
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	0.4	0.1		99.4
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	2.8	0.4		99.0
	60	0.0098	0.250	16.1	2.2		96.8
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	291.6	39.6		57.2
*	200	0.0029	0.074	230.7	31.3		25.9
			SUMA DE PESOS	545.3	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____ Julio Cosen

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

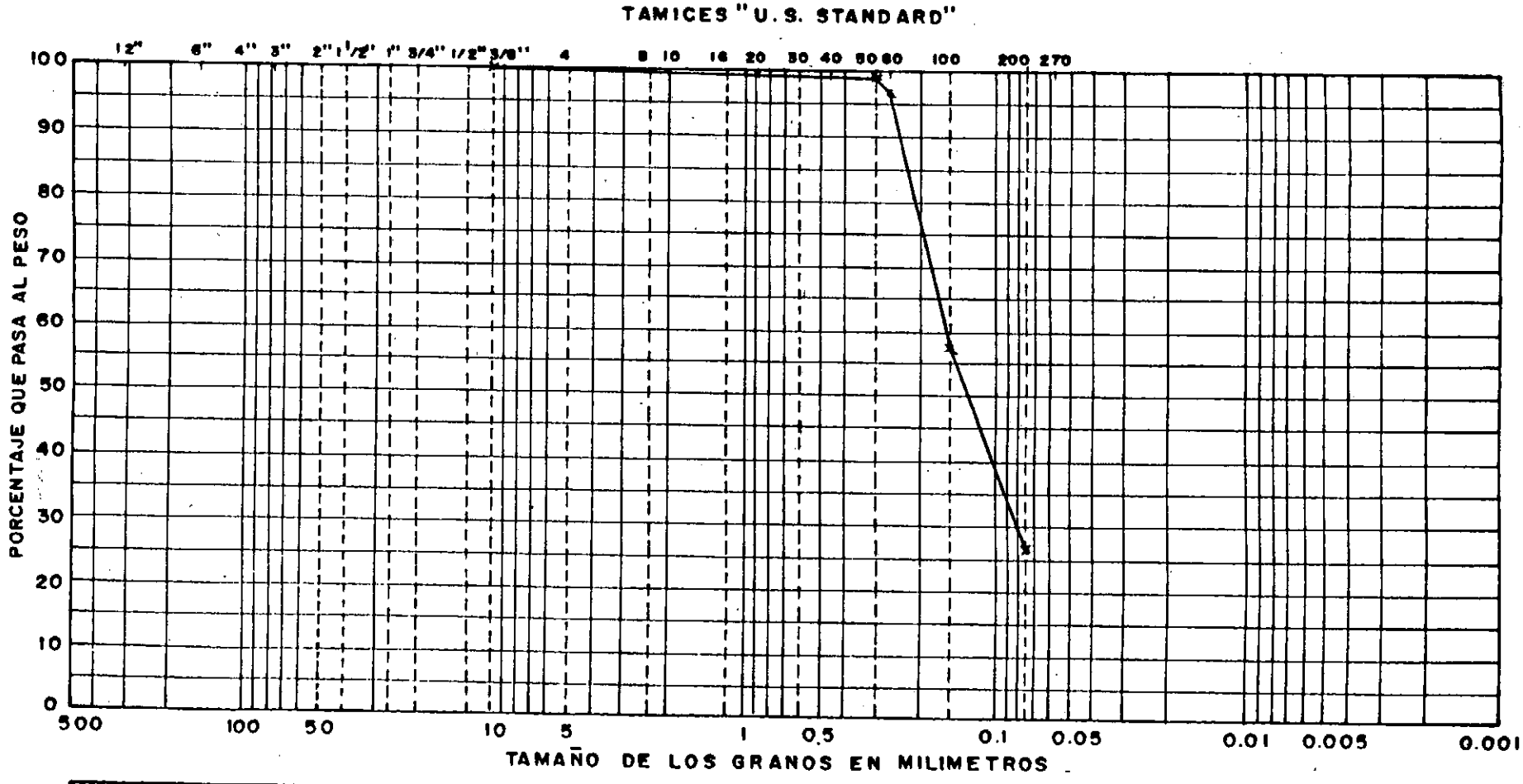
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 19

Cliente : Dr. CARLOS MOLANO — Sondeo Nº: _____

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad : _____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 20
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 615.2

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ		PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
	PULGADAS	MILIMETROS				
	4	101.6				
	3	76.1				
	2 1/2	64.0				
*	2	50.8				
*	1 1/2	38.1				
*	1	25.4				
*	3/4	19.0				
*	1/2	12.7				
*	3/8	9.51	—	—		100.0
* 4	0.187	4.76	27.0	4.4		95.6
* 8	0.0937	2.38	131.9	21.4		74.2
10	0.0787	2.00				
* 16	0.0469	1.19	191.8	31.2		43.0
20	0.0331	0.841				
* 30	0.0234	0.595	52.0	8.4		34.6
40	0.0166	0.420				
* 50	0.0117	0.297	31.0	5.0		29.6
60	0.0098	0.250	38.1	6.2		23.4
80	0.0070	0.177				
* 100	0.0059	0.149	68.0	11.0		12.4
* 200	0.0029	0.074	30.0	4.9		7.5
	SUMA DE PESOS		569.8	PASA TAMIZ No 200		

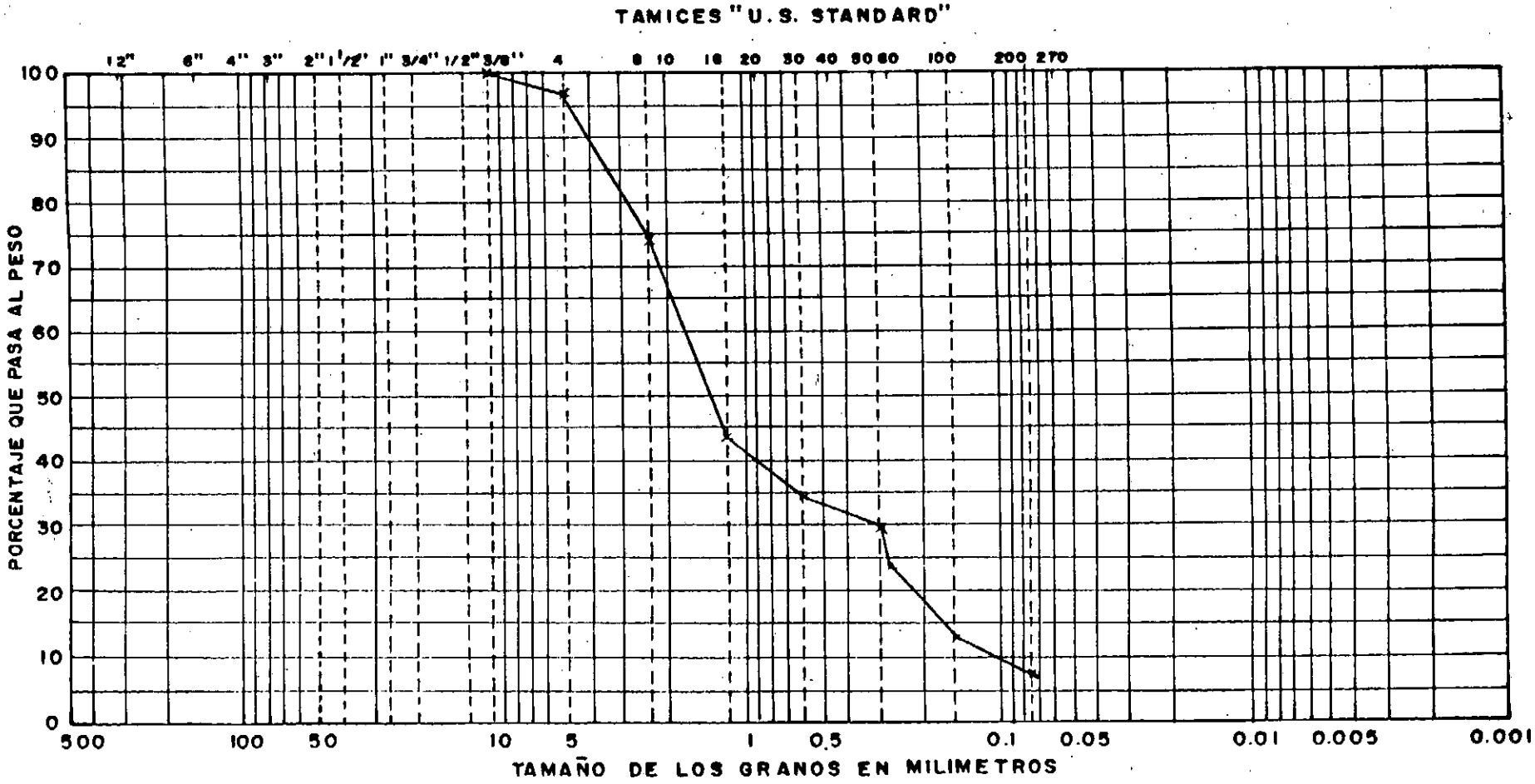
Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

V.o Coso

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	Proyecto : SANTA BARBARA	Muestra N°: 20
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL	Cliente : Dr. CARLOS MOLANO	Sondeo N°:
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES	Fecha : Abril 30/93	Profundidad :

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. Carlos Moreno
Fecha : Abril 30/93

Muestra Nº : 21
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____ Tamaño máximo : _____
Peso bandeja (gr) = _____ Forma de partículas: _____
Peso suelo seco (gr) = 510.5

TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
	4	101.6				
	3	76.1				
	2 1/2	64.0				
*	2	50.8				
*	1 1/2	38.1				
*	1	25.4				
*	3/4	19.0				
*	1/2	12.7				
*	3/8	9.51				
* 4	0.187	4.76	—	—		100.0
* 8	0.0937	2.38	0.1	0.0		100.0
10	0.0787	2.00				
* 16	0.0469	1.19	0.3	0.1		99.9
20	0.0331	0.841				
* 30	0.0234	0.595	1.0	0.2		99.7
40	0.0166	0.420				
* 50	0.0117	0.297	3.4	0.7		99.0
60	0.0098	0.250	9.0	1.8		97.2
80	0.0070	0.177				
* 100	0.0059	0.149	117.5	23.0		74.2
* 200	0.0029	0.074	231.7	45.4		28.8
	SUMA DE PESOS		363.0	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____ Julio Cesar

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL

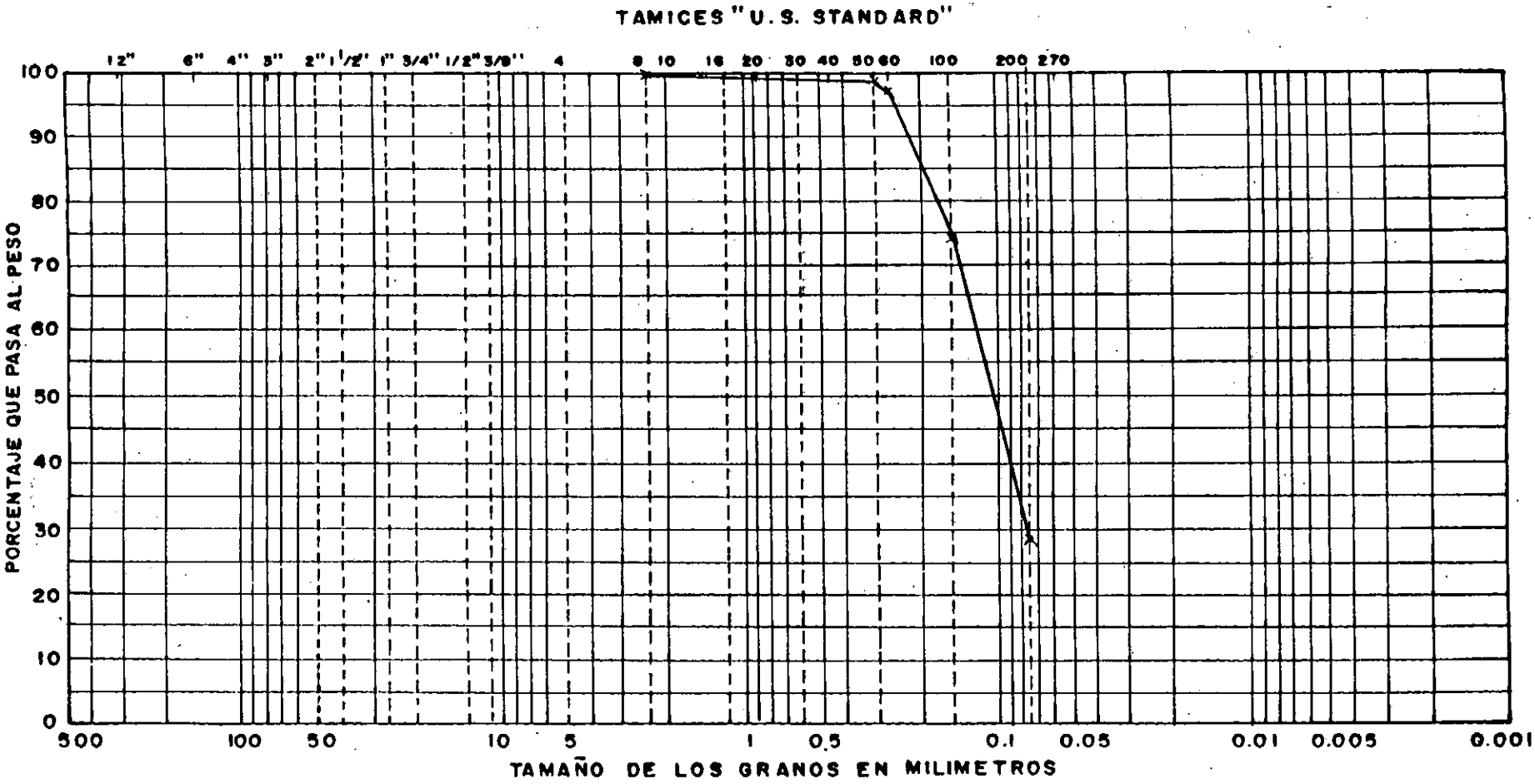
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra N°: 21

Cliente : DR. CARLOS MOLANO — Sondeo N°: _____

Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad : _____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : DR. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 22
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 814.4

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7	____	____		100.0
*		3/8	9.51	21.2	2.6		97.4
*	4	0.187	4.76	212.4	26.1		71.3
*	8	0.0937	2.38	190.4	23.4		47.9
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	117.7	14.4		33.5
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	17.7	2.2		31.3
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	7.6	0.9		30.4
	60	0.0098	0.250	5.0	0.6		29.8
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	19.2	2.4		27.4
*	200	0.0029	0.074	31.3	3.8		23.6
			SUMA DE PESOS	622.5	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____

* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

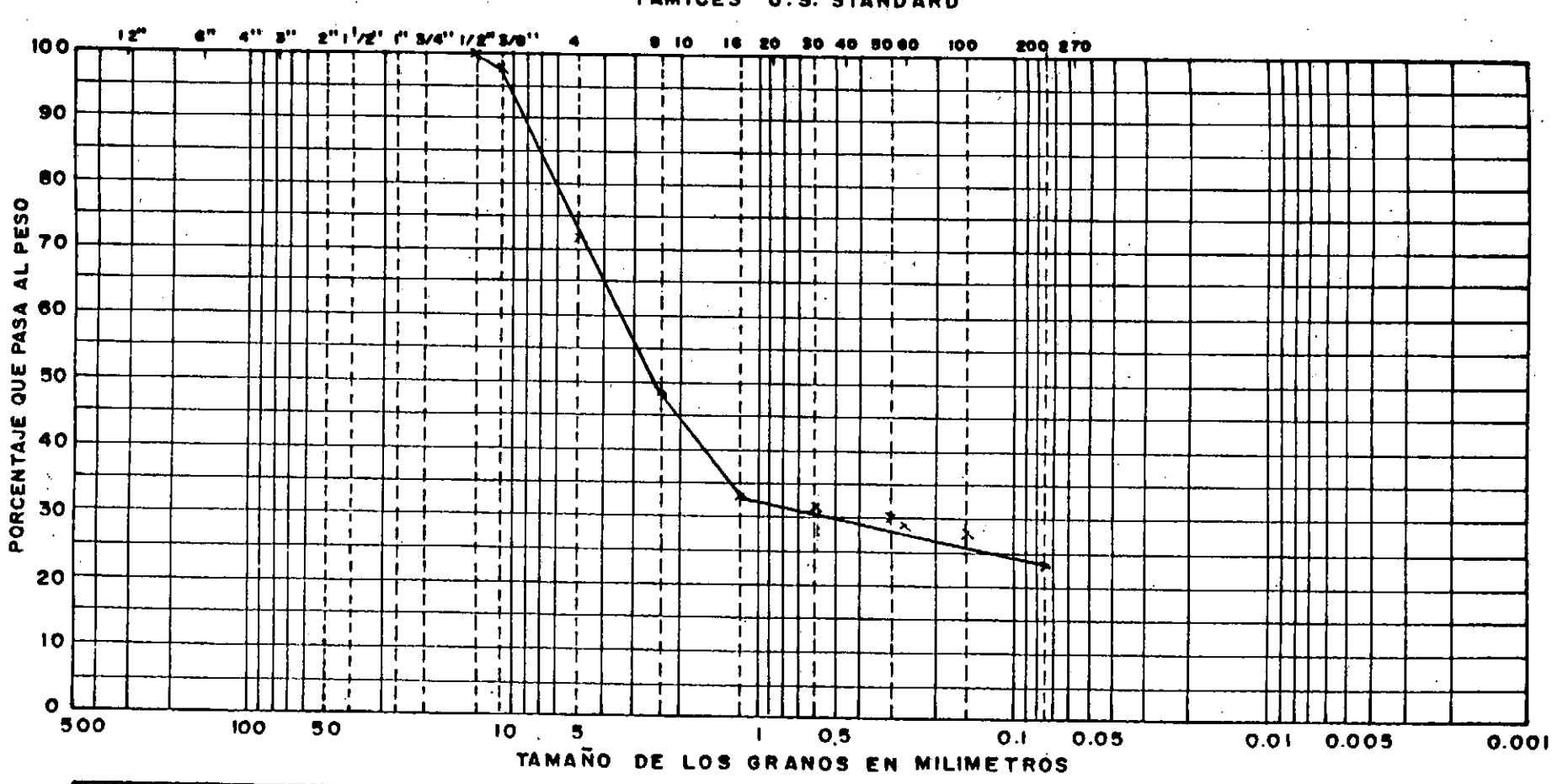
Julio Cesar

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias
FOPAE

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 22
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO — Sondeo Nº:
Fecha : APRIL 30/93 — Profundidad :

Distribución Granulométrica



LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 23
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____ Tamaño máximo : _____
Peso bandeja (gr) = _____ Forma de partículas: _____
Peso suelo seco (gr) = 900.5

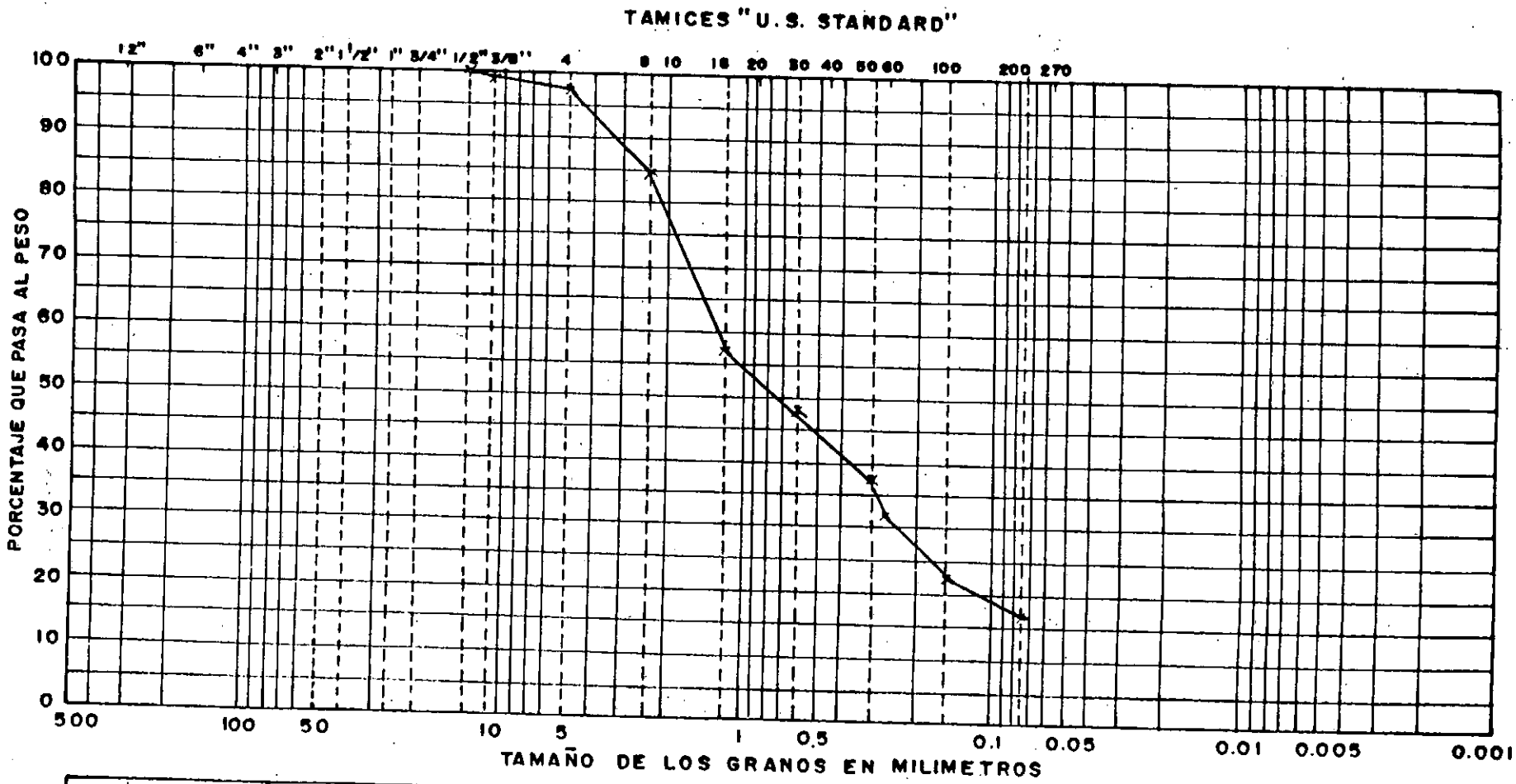
	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7	—	—		100.0
*		3/8	9.51	5.3	0.6		99.4
*	4	0.187	4.76	22.0	2.4		97.0
*	8	0.0937	2.38	109.5	12.2		84.8
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	251.0	27.8		57.0
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	83.4	9.3		47.7
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	95.0	10.5		37.2
	60	0.0098	0.250	53.5	5.9		31.3
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	83.3	9.2		22.1
*	200	0.0029	0.074	52.6	5.8		16.3
			SUMA DE PESOS	755.6	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____
* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 23
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO — Sondeo Nº: ____
Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad : ____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA	ARENA			LIMO O ARCILLA
		GRUESA	MEDIA	FINA	

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA
Cliente : Dr. CARLOS MOLANO
Fecha : ABRIL 30/93

Muestra Nº : 24
Sondeo Nº : _____
Profundidad : _____

Análisis Granulométrico por tamizado

Peso suelo seco + bandeja (gr) = _____
Peso bandeja (gr) = _____
Peso suelo seco (gr) = 758.8

Tamaño máximo : _____
Forma de partículas: _____

	TAMIZ No.	ABERTURA DEL TAMIZ PULGADAS	ABERTURA DEL TAMIZ MILIMETROS	PESO DEL MATERIAL RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO RETENIDO	% QUE PASA
		4	101.6				
		3	76.1				
		2 1/2	64.0				
*		2	50.8				
*		1 1/2	38.1				
*		1	25.4				
*		3/4	19.0				
*		1/2	12.7				
*		3/8	9.51	———	———		100.0
*	4	0.187	4.76	10.0	1.3		98.7
*	8	0.0937	2.38	28.2	3.7		95.0
	10	0.0787	2.00				
*	16	0.0469	1.19	36.6	4.8		90.2
	20	0.0331	0.841				
*	30	0.0234	0.595	34.1	4.5		85.7
	40	0.0166	0.420				
*	50	0.0117	0.297	81.4	10.7		75.0
	60	0.0098	0.250	58.9	7.8		67.2
	80	0.0070	0.177				
*	100	0.0059	0.149	124.7	16.4		50.8
*	200	0.0029	0.074	97.9	12.9		37.9
			SUMA DE PESOS	471.8	PASA TAMIZ No 200		

Observaciones _____

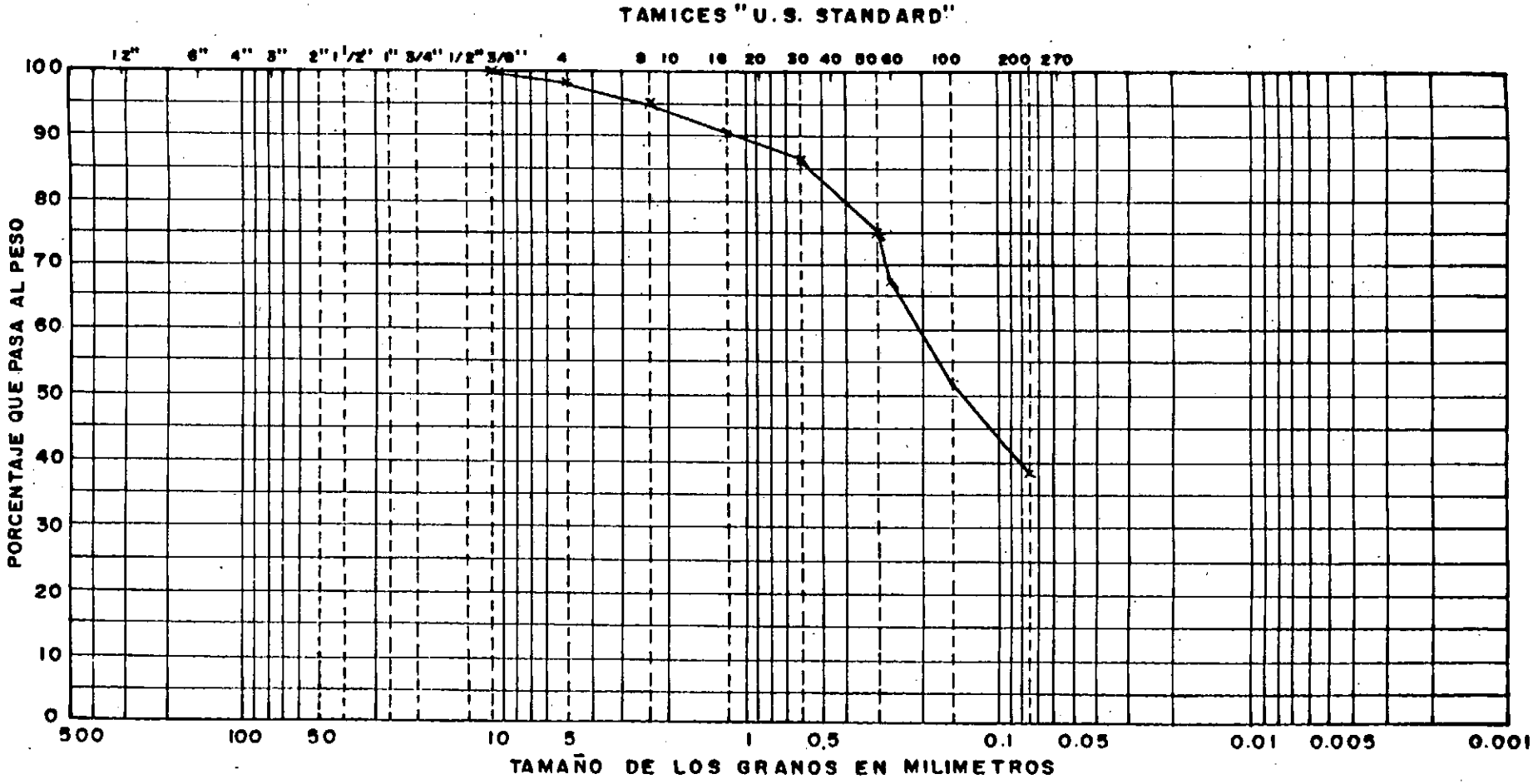
* Tamices para granulometría de agregados para concreto.

J. Rio Cesar

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Proyecto : SANTA BARBARA — Muestra Nº: 24
Cliente : DR. CARLOS MOLANO — Sondeo Nº: ____
Fecha : ABRIL 30/93 — Profundidad : ____

Distribución Granulométrica



PIEDRAS	GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
			GRUESA	MEDIA	FINA	

ANEXO VI
RESULTADOS DE ANALISIS FISICO-QUIMICOS

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO ESTACIONES DE SERVICIO

INGENIERO CARLOS MOLANO

FECHA: ABRIL 28 DE 1993

No	PIEZOMETRO	LOCALIZACION	BICARBONATOS	NITRATOS	ACIDO SULFIDRICO	CALCIO	MAGNESIO	SODIO	POTASIO
			CaCO3-mg/L	NO3-mg/L	H2S- mg/L	Ca -mg/L	Mg- mg/L	Na-mg/L	K-mg/L
1	2	Texaco-Sep	32.7	0.8	< 0.1	3	1	21.6	4.2
2	6	Arboleda 124	16.2	0.5	< 0.1	4.4	3.2	4.3	1.2
3	7	Calle 124 #8A-20	12.4	0.9	< 0.1	6	1.8	4.8	1.3
4	8	Instituto de Cornea	5.3	0.9	< 0.1	4.2	0.4	3.62	1.5
5	19	Calle 121#8A-28	15.9	0.6	< 0.1	9.2	1	3.2	1.2
6	17	Analac	15.8	0.8	< 0.1	6	1	1.8	3.1
7	18	Calle 123#9A-36	16.2	0.8	< 0.1	5.6	0.6	1.6	6.3
8	14	Calle 120A#8-86							
9	4	Calle 121 Cra 9	15.9	0.5	< 0.1	3	0.2	1.98	1.3
10	13	Clinica SantaFe	79.5	1.5	< 0.1	2.5	7.5	1.88	4.85
11	20	Calle 120 Av 9	6.3	0.8	< 0.1	2	1.8	3.82	3.4
12	10	Av 127A#9A-19	42.4	3.5	< 0.1	4	4.8	2.3	4.17
13	9	Av 127A#8A-15	15.9	0.5	< 0.1	9.2	6.5	2.8	3.11
14	1	Terpel CAI	15.4	1.2	< 0.1	3.8	1.4	3.4	1.4
15	24	Terpel Oriental	26.5	0.8	< 0.1	7.6	4.1	1.7	2.3
16	3	Cra 7 Calle 126	16.8	1	< 0.1	10.4	2	1.96	1.8
17	21	Cra 8 Calle116	11.2	0.5	< 0.1	3	2.9	3.64	1.66
18	11	Calle 126#9-15	15.8	0.9	< 0.1	6.8	1.8	3.2	1.5
19	23	Calle 123 Cra 7	10.6	0.8	< 0.1	10.4	0.6	3.1	1.2
20	12	Cra 7 Calle 123	26	0.5	< 0.1	14.4	5.1	2.6	3.3
21	16	Sep- ESSO	26.5	7	< 0.1	33.2	1.2	2.8	3.3
22	15	UNIROYAL	37.1	1.5	< 0.1	16	5.8	3.2	4.8
23	5	Sep-MOBIL	99.8	0.5	< 0.1	19	8.9	19.3	3.8
24	22	Calle 116	45.7	0.8	< 0.1	15.6	4.4	2.65	3

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Departamento de Ingeniería Civil

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO ESTACIONES DE SERVICIO

INGENIERO CARLOS MOLANO

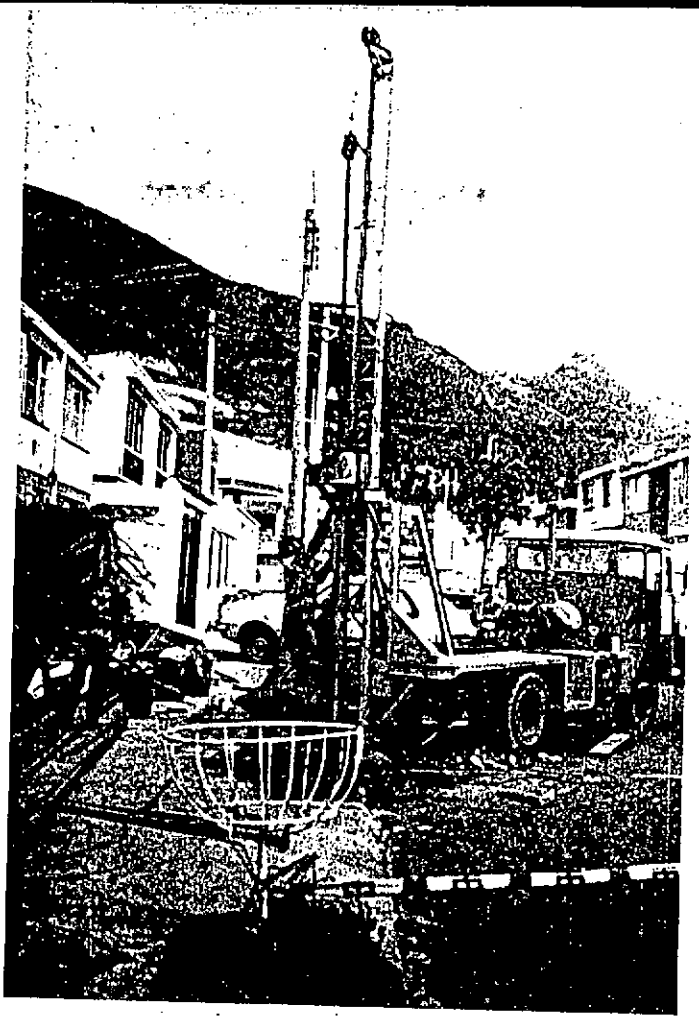
FECHA: ABRIL 28 DE 1993

No	PIEZOMETRO	LOCALIZACION	HCT	pH	CONDUCTIVIDAD	STD	CLORUROS	SULFATOS	OBSERVACIONES
			mg/L	UN	micromhos/cm	mg/L	Cl mg/L	mg/L	CONTRAMUESTRA
1	2	Texaco-Sep	0.963	6	463	280	19	2.5	ICP
2	6	Arboleda 124	N.D.	6	245	195	12	< 2.5	
3	7	Calle 124 #8A-20	N.D.	6.4	275	184	19	< 2.5	
4	8	Instituto de Cornea	N.D.	5.2	115	76	10	2.5	ICP
5	19	Calle 121#8A-28	N.D.	5.6	129	73	16	2.5	
6	17	Analac	N.D.	6.4	74	48	17	2.5	
7	18	Calle 123#9A-36	N.D.	6.4	62	50	14	2.5	
8	14	Calle 120A#8-86							No hubo muestra suficiente
9	4	Calle 121 Cra 9	N.D.	6.2	75	45	15	< 2.5	ICP
10	13	Clinica SantaFe	N.D.	6.6	200	118	14	2.5	
11	20	Calle 120 Av 9	N.D.	6.8	140	71	19	2.5	ICP
12	10	Av 127A#9A-19	N.D.	6	190	128	15	2.5	
13	9	Av 127A#8A-15	N.D.	5.9	330	198	25	2.5	
14	1	Terpel CAI	N.D.	6.6	410	276	14	17.5	ICP
15	24	Terpel Oriental	N.D.	5.7	215	140	11	2.5	
16	3	Cra 7 Calle 126	N.D.	5.7	138	90	14	2.5	
17	21	Cra 8 Calle116	N.D.	5.6	60	45	13	2.5	ICP
18	11	Calle 126#9-15	N.D.	6.3	150	112	10	2.5	
19	23	Calle 123 Cra 7	N.D.	6.3	105	68	18	< 2.5	
20	12	Cra 7 Calle 123	N.D.	5.4	240	145	25	2.5	
21	16	Sep- ESSO	N.D.	6.5	350	250	45	< 2.5	
22	15	UNIROYAL	N.D.	6.8	140	105	34	2.5	
23	5	Sep-MOBIL	N.D.	6.4	324	214	18	7.5	
24	22	Calle 116	N.D.	6.4	180	110	17	< 2.5	

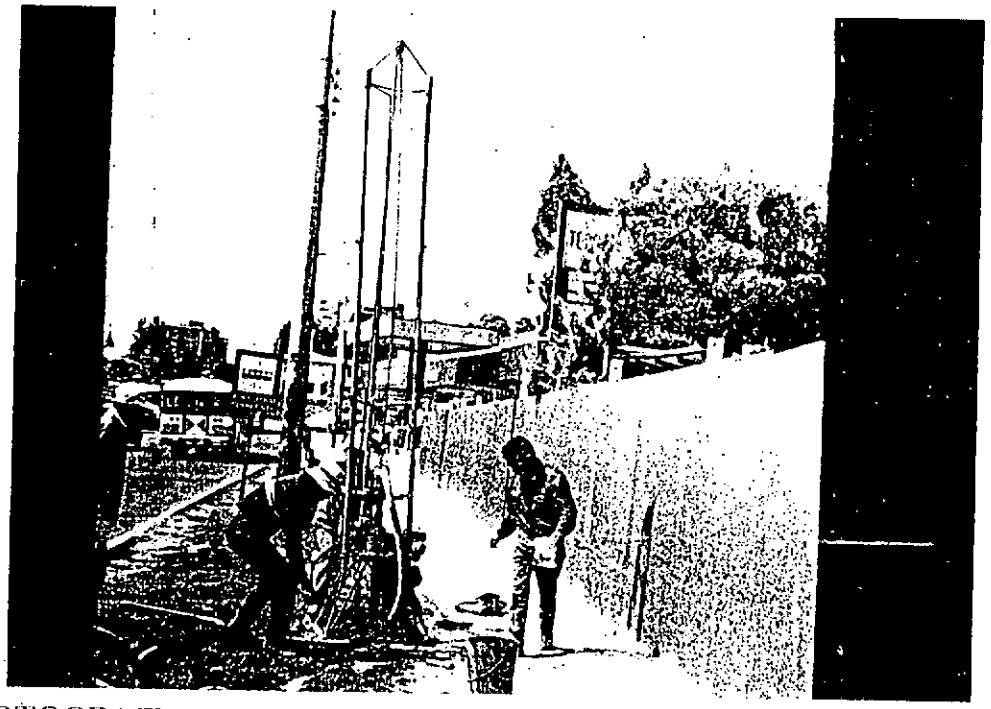
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
Departamento de Ingeniería Civil

ANEXO FOTOGRAFICO

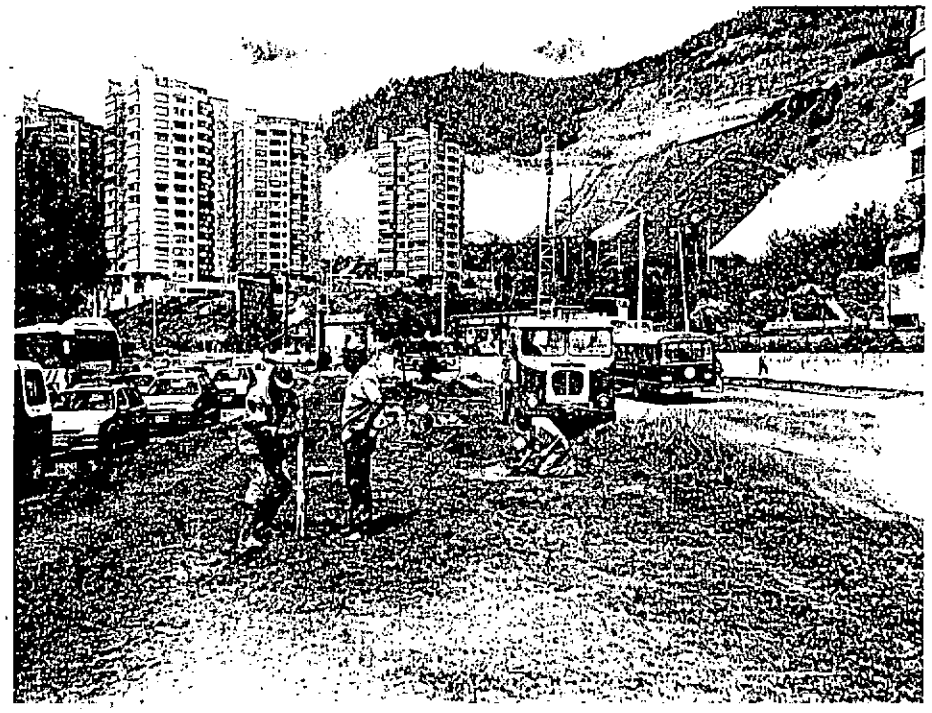
Propiedad del Fondo de
Prevención y Atención de
Emergencias
FOPAE



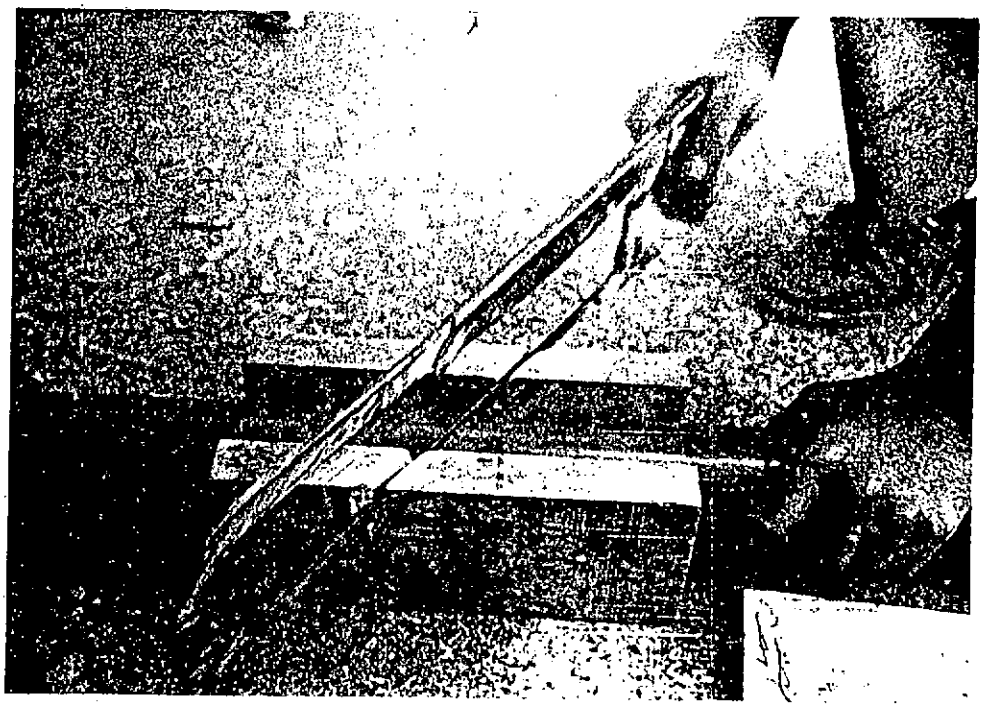
FOTOGRAFIA 1. Labores de perforación con un equipo de mediana capacidad



FOTOGRAFIA 2. Labores de perforación del piezómetro 24, cercano a la estación TERPEL



FOTOGRAFIA 3. Sistema de perforación manual empleado en la capa superior



FOTOGRAFIA 4. Detalle del ranurado de un piezómetro



FOTOGRAFIA 5. Preparación del pozo para el registro eléctrico en el piezómetro 23

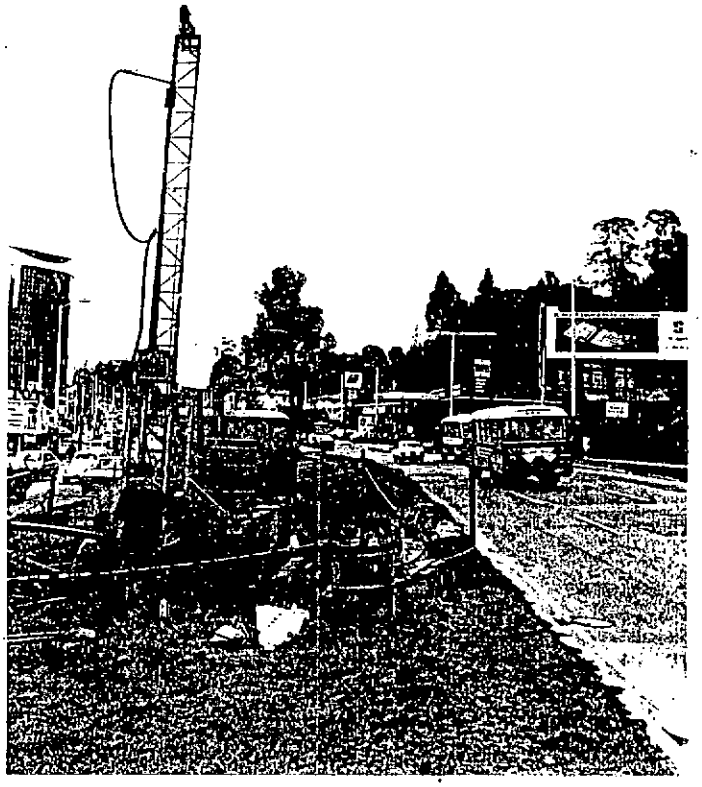


FOTOGRAFIA 6. Detalle de la toma del registro eléctrico en el piezómetro 17



FOTOGRAFIA 7
Entubado del piezómetro 18

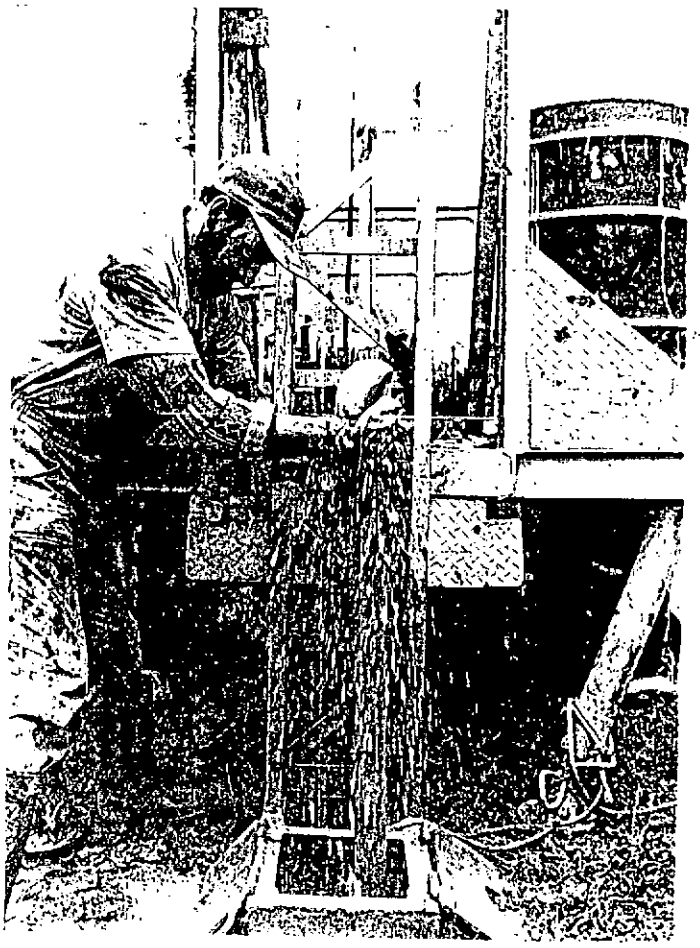
FOTOGRAFIA 8
Entubado del piezómetro 8





FOTOGRAFIA 9
Labores de engravillado

FOTOGRAFIA 10
Pistoneo inverso por engravillado





FOTOGRAFIA 11
Flujo inverso durante el engravillado del piezómetro 19

Propiedad del Fondo de Prevención y Atención de Emergencias
FOPAE



FOTOGRAFIA 12
Desarrollo y purga con cuchara (bailer)



FOTOGRAFIA 13. Limpieza, purga y desarrollo del piezómetro 8 (Cerca al Instituto de Cornea)



FOTOGRAFIA 14. Limpieza, purga y desarrollo del piezómetro 5



FOTOGRAFIA 15. Limpieza del piezómetro 20