

1981



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROSPECCION GEOFISICA APLICADA EN LA  
CONSTRUCCION DE LA PLANTA  
TERMoeLECTRICA CD. JUAREZ, CHIH.

T E S I S

Que para obtener el título de:  
INGENIERO GEOFISICO

presenta

JUSTA ALICIA BRITO CASTREJON

México, D. F.

1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

CAPITULO 1	INTRODUCCION . . . . .	1
1.1.	ANTECEDENTES . . . . .	1
1.2.	LOCALIZACION . . . . .	1
1.3	GENERALIDADES . . . . .	1
1.4	OBJETIVO DEL ESTUDIO . . . . .	3
1.5	METODO DE TRABAJO . . . . .	4
CAPITULO 2	CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL AREA .	5
2.1.	GEOLOGIA SUPERFICIAL. . . . .	5
2.2.	BARRENOS EXPLORATORIOS . . . . .	6
CAPITULO 3	PROSPECCION GEOFISICA . . . . .	5
3.1.	CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS METODOS GEOFISICOS EMPLEADOS . . . . .	9
3.2	METODOLOGIA DE CAMPO . . . . .	17
3.3	INTERPRETACION DE DATOS DE CAMPO . . . . .	34
3.4	INTEGRACION DE RESULTADOS . . . . .	44
CAPITULO 4	DETERMINACION DE PROPIEDADES ELASTICAS- EN EL SITIO DE LA CASA DE MAQUINAS . . . . .	48

CAPITULO	5	CONCLUSIONES . . . . .	57
		BIBLIOGRAFIA . . . . .	59
		FIGURAS . . . . .	62

# CAPITULO 1

## INTRODUCCION

### 1.1 ANTECEDENTES.

A solicitud de la Sub-Gerencia de Ingeniería Preliminar Electromecánica se realizó el presente estudio con el objeto de conocer las condiciones geológicas del subsuelo en el sitio seleccionado para construir la P.T.-Cd. Juárez.

### 1.2 LOCALIZACION.

El sitio para la P.T. Cd. Juárez se localiza a 1.5 Km. al sur del poblado de Samalayuca, aproximadamente 45-Km., costado derecho sobre la carretera panamericana en su tramo Cd. Juárez-Chihuahua.

### 1.3 GENERALIDADES.

Durante los trabajos de perforación de los pozos exploratorios Samalayuca 1 y 3 y pozo de observación 1 del estudio geohidrológico para la P.T. Cd. Juárez, ubicados en la parte central de la planicie de Samalayuca, se presentaron numerosas pérdidas del fluido de circulación-

entre los 0.0 y 30.0 m. perforados, debido a la existencia de grandes cavernas secas intercomunicadas en el subsuelo de esta zona. Esta condición del terreno provocó hundimientos y amplias cavidades cuando equipos pesados del tipo Pettybone de 50 toneladas se desplazaron a los sitios de los pozos realizando diversas maniobras.

Los depósitos que constituyen la cubierta superficial de la planicie de Samalayuca, indican un ambiente de sedimentación en una paleolaguna hoy geológicamente extinguida, la cual controló la secuencia evaporítica depositada en el área (ver plano A 9.2.8 "Distribución probable del paleoambiente"., Estudio geohidrológico del área Cd.- Juárez-Samalayuca, T-III; C.F.E.).

Una característica de estos depósitos es la formación de cavernas por la disolución del carbonato de un horizonte calcáreo-calichoso de color blanco, que aflora en la mayor parte de la zona central de la planicie de Samalayuca y el cual tiene un espesor promedio de 20 m., subyaciendo a este horizonte se tienen una secuencia limo-arcillosa del tipo lacustre con presencia de yesos en la cima, la cual presenta más de 100 m. de espesor.

Al observar tales condiciones en el subsuelo de esta zona las cuales complicarían las obras de cimentación-

para la P.T. Cd. Juárez, se seleccionó otro sitio que presentará mejores características geológicas en el subsuelo.

De esta manera se concentraron los estudios en las cercanías de la Sierra de Samalayuca.

#### 1.4 OBJETIVO DEL ESTUDIO

Los objetivos principales fueron:

- 1° Reconocimiento de una zona en la que los depósitos laguneros, se acuñen, evitando la presencia de las cavernas de disolución.
- 2° La ubicación de una zona en la que el basamento rocoso sea poco profundo y presente características de estabilidad y resistencia apropiadas para soportar la estructura del equipo pesado de casa de máquinas.
- 3° La correlación de horizontes representativos para establecer una columna estratigráfica en la que se obtenga la relación tentativa del esfuerzo compresivo de los elementos que la componen.

## 1.5 METODO DE TRABAJO.

La metodología empleada en la elaboración de este estudio se dividió en tres fases:

- a) Geología superficial a detalle de una superficie de 800 x 1000 m.
- b) Prospección geofísica empleando métodos geoelectrónicos y sísmicos.
- c) Perforación de barrenos exploratorios con máquina rotaria y broca de diamante, con el objeto de detectar condiciones estructurales, litología, contactos geológicos, fracturas, fallas, cavernosidad, el nivel estático y pérdidas de agua de circulación.



## CAPITULO 2

### CARACTERISTICAS GEOLOGICAS

#### 2.1 GEOLOGIA SUPERFICIAL

La información geológica se vació en un plano topográfico del sitio, levantado en escala 1:2,000 con curvas de nivel a cada metro, en el cual se puede apreciar la distribución de las principales unidades geológicas aflorantes, que fueron identificadas como Aluvi6n Cuaternario y Reciente (Qal) y afloramientos rocosos (K1) .

#### El Aluvi6n

El aluvi6n lo constituyen dep6sitos granulares no-cementados, del tipo c6lico, limos-arenosos y limos-arcillosos con fragmentos muy dispersos de roca, gravas y arenas gruesas, todos ellos producto del arrastre actuado sobre las rocas preexistentes.

Los dep6sitos finos son de tipo calc6reo principalmente y los gruesos son producto de rocas silíceas.

## Afloramientos rocosos

Los afloramientos rocosos se observan en el costado-sur de la zona en estudio (ver plano geológico), estos forman una serie de lomeríos suaves con alineamiento general NW-SE, que sobresalen en 10 a 50 m. sobre las partes planas.

Estos afloramientos los constituyen principalmente rocas sedimentarias de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior. Estas rocas son calizas en estratos mayores de 1 m. de color gris verdoso y areniscas de color gris oscuro que se presentan en estratos delgados con espesores del orden de 50 cm.

Las calizas muestran echados de 30° a 70° al NE, - ambas rocas están parcialmente alteradas, apreciándose mayor grado de intemperización en las calizas, igualmente se observan un fracturamiento y cizallamiento no muy intenso con un rumbo general sensiblemente al Norte franco.

### 2.2 BARRENOS EXPLORATORIOS

El programa de barrenación se llevó a cabo utilizando un equipo rotario Longyear 24. En total se perfora con 411.37 m. en 18 barrenos; 333.05 m. con tricónica de-

3 1/2" de diámetro y 78.32 m. con recuperación de núcleo en diámetro NQ con broca de diamante.

La barrenación se realizó en dos etapas:

- a) Perforación con broca tricónica sobre material suave, llevándose un registro riguroso de los tipos de penetración, pérdidas de circulación y muestreo litológico de canal a cada metro de material perforado. La profundidad de la perforación con este método se estableció al llegar al contacto con boleos subyacentes con altos tiempos de penetración.
  
- b) Perforación con diamante después de conocer las condiciones generales del paquete superior a la posible roca basal con la perforación con tricónica, se perforaron los barrenos 3, 14, 16, 18, 90 y 91 (ver plano de localización) del contacto con boleos hasta los 30.5 m. recuperando núcleo y en ocasiones perforando sin agua.

Para determinar la calidad y estructura del macizo rocoso, se siguió el criterio de U. Deer o R Q D (Rock - - Quality Designation); en la que señala que la calidad está en función de la longitud de fragmentos recuperados ma

yores de 10 cm. con relación a la longitud total perforada, estableciendo los siguientes rangos de calidad:

0	a	25%	Muy pobre
25	a	50%	Pobre
50	a	75%	Satisfactoria
75	a	90%	Buena
90	a	100%	Excelente

En el caso del sitio estudiado, se observó que los materiales extraídos; aluviones, caliza y una roca al parecer de tipo ígneo intrusivo mostraron rangos de calidades de 50%; 25 a 75% y 50 a 100% respectivamente.

En el plano 2 . 2 se señalan con más detalle la calidad y características geológicas de los materiales - cortadas en las exploraciones.

## CAPITULO 3

### PROSPECCION GEOFISICA

#### 3.1 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS METODOS GEOFISICOS EMPLEADOS.

La prospección geofísica ha llegado a convertirse en una herramienta de gran interés para conocer el subsuelo de una futura obra.

La elección del método geofísico para conocer las condiciones geológicas del subsuelo, dependerá de las características que plantea el problema geológico a resolver y de la efectividad económica del mismo.

Los métodos geofísicos que se emplearon para el estudio, fueron el sísmico de refracción y el eléctrico de resistividad los cuales correlacionados proporcionan la información requerida para contribuir a la selección del sitio.

El método sísmico y el geoeléctrico utilizan fuentes artificiales y la posibilidad de modificar la posición y características de ellas lleva consigo ventajas importantes. Puesto que cada una de las dos técnicas mide

los efectos de diferente propiedad física de los materiales del subsuelo, sus respectivos campos de aplicación serán también diferentes. Por esta causa ocurre frecuentemente que una combinación de técnicas resulta más efectivo que el empleo de sólo una

#### TEORIA DEL SONDEO ELECTRICO VERTICAL

Los métodos eléctricos se basan en el estudio de la circulación de una corriente eléctrica (natural o artificial) en el subsuelo y se llevan a cabo mediante técnicas de medición de ciertas propiedades del campo eléctrico.

La operación consiste en medir, a partir de la superficie, los efectos producidos en el flujo de una corriente eléctrica, por su paso a través de las formaciones que luego son correlacionadas con información geológica a fin de definir las estructuras del subsuelo.

Existen varios métodos de investigación que se fundan en el estudio de la circulación de la corriente eléctrica, a fin de establecer una relación entre la propagación de la corriente y las características físicas del subsuelo.

Esta circulación se produce en forma natural mediante corrientes telúricas, o en forma artificial, cuando se introduce una cantidad de corriente conocida. Todos los materiales facilitan en mayor o menor grado el flujo de la corriente, ya sea a través de los elementos sólidos, (conductividad electrónica) o por medio de los iones de las sales disueltas en el agua que ocupa intersticios de las rocas y suelos (conductividad iónica).

Una circulación artificial de la corriente es la que se lleva a cabo creando un campo de potencial al introducir una corriente continua o alterna de baja frecuencia, de intensidad conocida y medir los efectos que dicha corriente provoca, es decir, medir el valor del potencial.

Para la prospección sobre las características de roca y suelos, los métodos eléctricos resultan de gran valor porque la conductividad iónica está relacionada con el volumen de los poros y con la disposición y el volumen de los poros reemplazados por agua; lo que significa que si un terreno es compacto, presentará una resistencia elevada al paso de la corriente eléctrica; en caso contrario, si es poroso, tendrá baja resistencia, la cual disminuye más si los poros contienen agua y más aún si es agua salada.

En la prospección eléctrica, lo más común es emplear corriente continua, estableciendo contacto entre los aparatos de medición (transmisor y receptor) y el suelo, protegiéndolos de fenómenos parásitos como la polarización y la resistencia.

Los diferentes efectos que se producen en el subsuelo y que son medidos en superficie, han dado lugar a diferentes métodos de prospección que se conocen como: relación de caídas de potencial, resistividad, polarización espontánea y polarización inducida.

El método que a nosotros nos interesa es el de resistividad, ya que es sin duda, en todas sus modalidades el más importante de todos los métodos eléctricos.

Esta técnica se caracteriza, en que envía corriente al terreno mediante dos electrodos A y B que se clavan en el subsuelo y una vez establecido así un campo eléctrico artificial, se investigan sus condiciones con otros dos electrodos M y N adicionales, también clavados en el terreno y cuyas distancias se varían convenientemente.

Se puede determinar de este modo la resistividad aparente del terreno, que es función del cociente entre la diferencia de potencial medida entre los electrodos de in-



vestigación y la intensidad de corriente con que se alimenta el terreno. En la función interviene un coeficiente que depende, a su vez, de la disposición de los electrodos.

Este coeficiente es lo que se conoce como factor de penetración porque es el que controla la profundidad de investigación a que se está operando.

De esta forma suministra una información cuantitativa de las propiedades conductoras del subsuelo y podremos determinar aproximadamente la distribución vertical de su resistividad.

Se han venido usando muchos tipos de dispositivos para los electrodos de corriente y de medida. La mayor parte de ellos están en desuso; el dispositivo Schlumberger es el que se ha empleado en el presente trabajo. En dicho dispositivo, los electrodos de medida M y N se sitúan simétricamente a la distancia del punto estación O.

Los electrodos de corriente, de igual forma, a la distancia variable L, y de forma que los 4 electrodos que den alineados sobre el terreno.

En resumen podemos decir que el dispositivo Schlumberger es un dispositivo lineal simétrico en el que la distancia MN es muy pequeña (una quinta parte de la distancia AB). Figura 1.

### Generalidades del Método Sísmico de Refracción

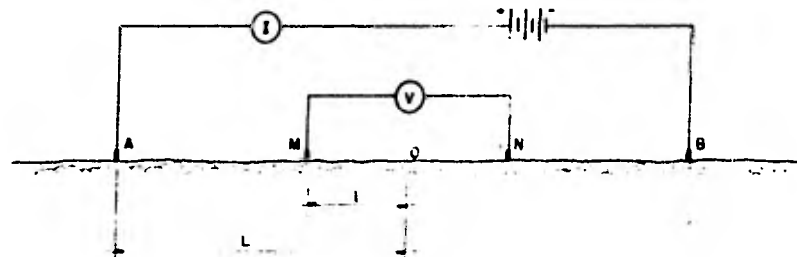
En obras de Ingeniería Civil se requiere con frecuencia el empleo de un método que reconozca grandes espacios de terreno a poca profundidad.

Es justamente el método de refracción que mejor se adapta a este tipo de estudio. La teoría matemática en que se fundamenta este método es muy conocida sigue prácticamente las leyes usuales de la óptica. Se emplean ondas elásticas producidas por medio de perturbaciones instantáneas del estado de tensión del material.

Estas ondas se propagan siguiendo leyes que dependen de las características mecánicas del sólido y su contorno. La energía necesaria para producir estas ondas es muy variable, tiene en cuenta tanto el volumen de los materiales como sus características mecánicas.

Una vez producido el impacto, la onda artificial llega sucesivamente a cada receptor (geófono), el cual

## METODO DE RESISTIVIDAD



DISPOSITIVO SCHLUMBERGER :  $\overline{AB} \geq 5\overline{MN}$

### SIGNOS CONVENCIONALES

- O \_\_\_\_\_ Centro del sondeo eléctrica vertical  
M, N \_\_\_\_\_ Electrodes de Potencial  
A, B \_\_\_\_\_ Electrodes de Corriente

FIG. 1

transforma la energía mecánica en onda eléctrica y por medio de amplificadores, se registra el fenómeno sobre película, papel sensible o contador de tiempo, según el tipo de aparato empleado. Con el tipo de registro y conociendo la ubicación de cada receptor, se traza en coordenadas rectangulares el diagrama correspondiente, dibujando en abscisas las distancias y en ordenadas los tiempos de propagación. Este diagrama se llama "dromocrónica" y constituye la base de los cálculos que permite obtener velocidades de propagación, profundidades e información sobre la calidad de los materiales. Fig. 2

#### Método del Registro Geofísico en Pozos.

Este método se emplea de tal forma que es casi insustituible en la técnica de los sondeos mecánicos. Se destina al reconocimiento del subsuelo, usando una perforación previa.

El registro de potencial espontáneo es el registro de la diferencia de potencial que existe entre un electrodo de referencia situado en la superficie y otro electrodo que se introduce en el pozo.

Esta diferencia de potencial es causada principalmente por dos factores:

## METODO SISMICO POR REFRACCION

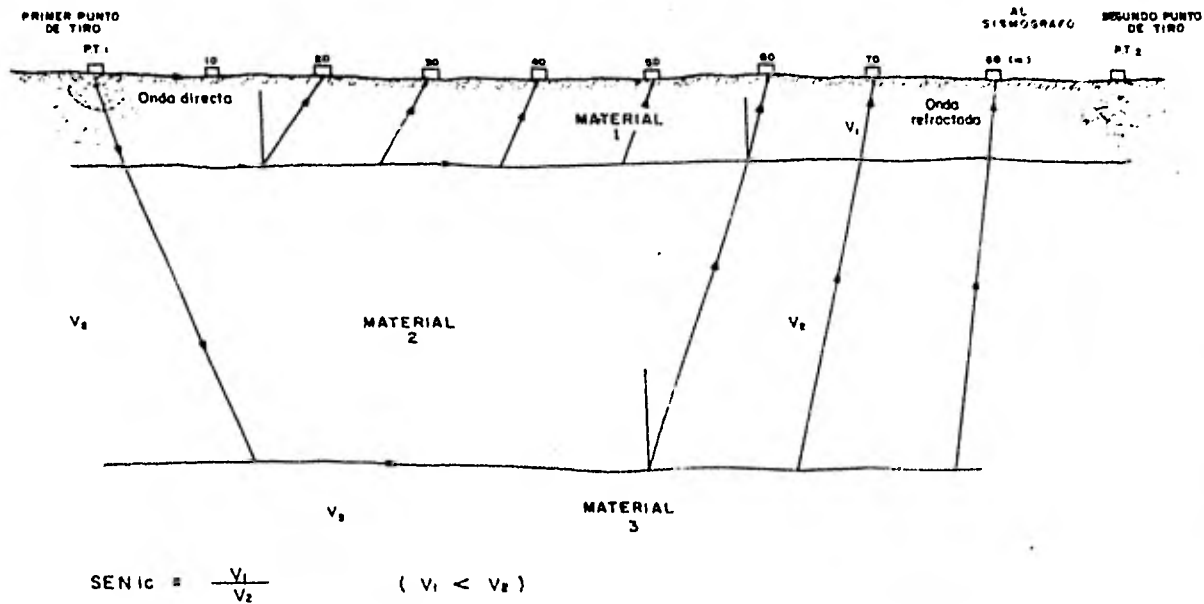


FIG. 2

La electrofiltración, que es función de la diferencia de carga hidráulica, que origina que el fluido fluya hacia - las formaciones permeables o viceversa y el potencial - - electroquímico, que es función de las actividades iónicas del lodo o agua en el pozo, respecto a la actividad del - agua en las formaciones permeables adyacentes.

El potencial originado por efecto electroquímico es generalmente mayor que el producido por electrofiltración.

En el registro eléctrico, la resistividad es de - terminada, mediante la emisión de una corriente eléctrica en el interior del pozo y midiendo la caída del potencial causada por esta corriente.

Existen dos tipos principales de dispositivo para medir resistividades. El primero consiste en medir la re sistividad entre un punto situado en la superficie del te rreno y otro en el interior del pozo. El segundo consiste en colocar los electrodos de diferencia de potencial y - los de emisión de corriente en el interior del pozo.

Con éste último dispositivo es posible obtener re sistividades reales, mientras que con el primero no.

En el caso del registro sísmico, consiste en situar, dentro de un sondeo una serie de geófonos para registrar la energía sísmica procedente de una fuente de energía próxima al sondeo (s). Naturalmente, puede usarse también un dispositivo inverso, es decir, situar los geófonos en la superficie del terreno y la fuente de energía en el interior del sondeo; éste último procedimiento es más desfavorable por el peligro de destrucción del pozo que implica, sobre todo cuando la fuente de energía está constituida por explosivos. Fig. 3

### 3.2 METODOLOGIA DE CAMPO PROGRAMACION DE LAS LINEAS GEOLECTRICAS

La etapa correspondiente al levantamiento de datos de resistividad se llevó a cabo mediante la realización de 80 S.E.V. distribuidos en 10 líneas Geofísicas (a . . . . j) cuyos puntos de atribución fueron a cada 100 m.

Tomando en cuenta las condiciones geológicas y topográficas de la zona, la distribución de los sondeos fue irregular.

La localización y orientación de cada sondeo se hizo considerando la geología superficial, accesibilidad-

# METODO "UPHOLE"

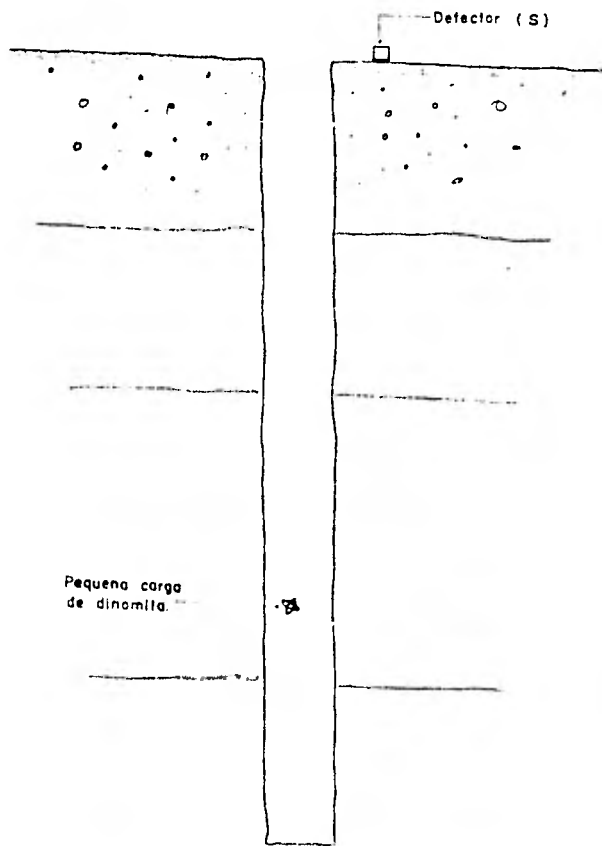


FIG. 3



del área y barrenos exploratorios. (Plano No. 3.1) por lo que el resultado es que la red inicial teórica pierde en regularidad y simetría lo que ganan las mediciones en exactitud y eficacia.

La abertura interelectródica máxima empleada para los electrodos de corriente fue de  $AB = 400$  m., permitiendo este arreglo una penetrabilidad teórica de exploración del orden de 100 m., más que suficiente para el objetivo deseado.

La superficie total cubierta conforme a esta técnica es de  $700,000 \text{ m}^2$ .

#### Levantamiento de datos de Resistividad

El trabajo de campo resulta ser una de las etapas principales del estudio ya que para obtener resultados confiables es necesario realizar un levantamiento de datos de resistividad fidedignos con instrumentos exactos y comprobar que las condiciones del terreno satisfacen las suposiciones que han servido de base al cálculo de las curvas patrón.

Para el levantamiento de datos de campo se utilizó un equipo de resistividad marca SCINTREX modelo 734010-

provisto de una fuente de energía de 2500 watts.

Los principales componentes de que consta son:

#### Circuito de Emisión

Su finalidad es la de hacer circular por el terreno introduciéndola a través de los electrodos A y B una corriente eléctrica de intensidad constante I. Este circuito esta compuesto principalmente de:

- Planta de gasolina de 2.5 Kw.
- De dos electrodos o tomos de tierra A y B.
- De un amperímetro o miliamperímetro para la medición de I.
- Y de los cables y elementos de conexión necesarios.

#### Circuito de recepción

- Voltímetro receptor (analógico) con alta impedancia de entrada.
- Eliminador de potencial espontáneo de fabricación casera.
- Dos carretes chicos con 40 m. de cable cada uno.
- Electrodos (varillas) de cobre.

También fue necesario emplear una calculadora, -  
agua salada, radios, marros, cinta métrica, hojas para el  
apunte y graficación de datos, ocasionalmente una batería  
de 12 volts C.D., y otros implementos de menor importan -  
cia.

La corriente alterna regulada que recibe el transmisor es transformada y rectificada por éste, de tal forma que la corriente a la salida puede considerarse como -  
directa. La conmutación es optativa y se hace en forma -  
manual, sin que exista un control de tiempo para los pulsos, tan sólo cambiando la polaridad en la consola del -  
mismo transmisor.

En el presente trabajo el período de los pulsos -  
fue diferente entre señales consecutivas y por lo tanto -  
también entre señales correspondientes a posiciones electrodicas diferentes.

Aún cuando no se llevó un control de éste respecto, puede decirse que la duración promedio de los pulsos -  
fue de 4 segundos.

## Personal

El personal necesario, para la realización de cada sondeo eléctrico, consistió de seis elementos: dos operadores y cuatro ayudantes. La operación de este equipo requiere la participación de dos personas, una elimina el potencial espontáneo y efectúa las lecturas del potencial resultante, mientras que la otra abre y cierra el circuito de corriente en el transmisor, leyendo la cantidad de corriente circulante. Además, alguno de los operadores - debe calcular y graficar la resistividad aparente con cada terna de datos: diferencia de potencial, corriente - - eléctrica y constante geométrica.

El operador debe ir comprobando la calidad de los resultados que va obteniendo, por lo que debe calcular y dibujar la curva de resistividades aparentes que los expresa.

Durante la ejecución de cada sondeo, los trabajadores pocas veces permanecían ociosos, ya que los que no - estaban encargados de llevar los carretes y cambiar de posición a los electrodos de corriente, que es labor más pesada, estaban al pendiente del cambio oportuno de los - - electrodos de potencial, del transporte del agua salada - de la apertura de brechas en caso de ser necesario o de -

la comunicación entre operadores y "carreteros" cuando se volvía difícil la comunicación por radio.

### Duración

El tiempo de trabajo en el campo fue de aproximadamente tres meses; dos dedicados a la prospección eléctrica y sísmica, el otro para la obtención de los módulos elásticos en el sitio de la casa de máquinas.

### Procedimientos

Para la realización del sondeo eléctrico vertical se lleva todo el equipo, al punto del sondeo, que será el centro del dispositivo de medición, con la brújula se indica el rumbo que deberá seguir los electrodos de corriente. Mientras tanto los carreteros, dejando los extremos atados en la estaca que ubica al sondeo, desenrollaban los cables del circuito de corriente en la dirección y hasta la distancia que les eran indicados, esto último se hacía igualmente para el circuito de potencial a separaciones mucho menores. Los puntos donde eran clavados los electrodos AB o MN eran referidos del cable del circuito-emisor, el cual tenía fijadas las distancias con marcas de cinta de color diferente al del cable, en forma simétrica

respecto al centro del arreglo. Es importante mencionar que el trabajo es un poco más eficiente si las mediciones se hacen comenzando con las separaciones electródicas mayores; esto se debe, entre otras cosas a que el desenrollado completo del circuito AB es más rápido que el enrollado del mismo en toda su longitud y también por la menor probabilidad de que a los carreteros se les pasase alguna de las marcas del cable durante la ejecución del sondeo si estos enrollaban en vez de desenrollar.

Para realizar las mediciones en cada separación-- hay que observar las siguientes reglas.

- 1.- La magnitud  $\Delta V$ , y con el fin de disminuir la influencia de las variaciones de tensión de la batería, se determina antes de la lectura de la intensidad de corriente.
- 2.- Para evitar fallos en los contactos de los electrodos con el terreno, y según las exigencias de la técnica de seguridad, los peones de las tomas de tierra A y B deben hallarse, durante la medición, a distancia de los electrodos de al menos 3 a 4 m.

3.- El paso a la siguiente separación  $AB/2$ , se debe realizar sólo después de que el calculista lleve el valor de  $\rho_0$  obtenido al gráfico bilogarítmico y esté seguro de que el punto obtenido no perturba la marcha suave de la curva. Los datos de observación se anotan en la hoja de campo, junto a la constante geométrica ya calculada, para la separación electrodica que se mide, se anota los valores medidos de  $\Delta V$  e  $I$  y el valor calculado de  $\rho_0$ . En la parte izquierda de la hoja de campo, hay una escala bilogarítmica, en la que sobre la marcha, durante el proceso de observaciones, se dibuja la curva de S.E.V. En la hoja de campo se anotan también la situación del punto, acimut del dispositivo, fecha, hora de comienzo y terminación del trabajo en el punto dado, estado del tiempo y nombres del operador y del calculista.

#### Problemas Frecuentes

Los problemas que se tuvieron en la obtención de los datos de resistividad en el sitio de interés fueron varios, entre ellos mencionaremos los principales:

a) Omisión de marcas en el cable gufa.

Esto fue debido a las deficiencias de comunicación que solían presentarse entre operadores y carreteros, o bien en el descuido de estos últimos que a menudo caminaban enrollando el cable sin poner suficiente atención en la aparición de la siguiente marca.

b) Fugas de Corriente.

Una de las causas de error más frecuentes y graves en las mediciones geoelectricas es la existencia de fugas de corriente en el circuito de emisión. Una fuga consiste en la derivación al terreno de una parte de la corriente I en un punto del circuito diferente de los electrodos A y B por defecto de aislamiento en el cable o accesorios.

El error causado por una fuga pequeña puede ser muy grande.

De lo anterior se deduce que es necesario tomar toda clase de precauciones en evitación de fugas y comprobar frecuentemente su ausencia.

Para el control de fugas de corriente en los cables



del circuito emisor conviene primero desconectar del electrodo uno de los cables y probar si continúa cerrado el circuito de la corriente; en caso afirmativo, el cable desconectado debe poseer al menos una fuga. Después de localizar y aislar el sitio de la fuga, se prueba el otro cable en forma similar, ya que no debe descartarse la posibilidad de que en ambos existieran peladuras.

c) Resistencia de contacto

La resistencia de contacto de los electrodos es el factor que limita en la práctica el valor de la intensidad  $I$ . Para eliminar la resistencia de contacto de los electrodos A y B hubo necesidad de clavar más profundamente los electrodos; disminuir la resistencia del terreno en contacto con los electrodos regándolo con agua salada. Sustituir cada uno de los electrodos A y B por un "tomatierras" compuesto por varias barrenas metálicas conectadas entre sí.

d) Polarización de electrodos

Este fenómeno constituye una de las causas de error más importantes en la medición  $\Delta V$ . Su origen es que si los electrodos M y N son metálicos al estar en contacto con los electrolitos del suelo, se comportan como semi -

elementos de una pila eléctrica. (Orellana, 1972).

La polarización de los electrodos de cobre es menor que la observada en electrodos de acero, pero es mucho mejor el empleo de electrodos impolarizables. Estos constan de un vaso poroso, lleno parcialmente por una solución acuosa de sulfato de cobre y sumergido en este - una varilla de cobre electrolítico, conectada exteriormente a la línea de medición.

#### Programa de Refracción Sísmica

Para la obtención de información del subsuelo, basada en el método de prospección sísmica de refracción - es necesario el siguiente equipo:

- Fuentes de energía sísmica que proporcionen la energía necesaria para provocar un sismo artificial.
- Detectores sísmicos que son los encargados de recibir la energía mecánica del subsuelo y convertirla en energía eléctrica, para su posterior amplificación y filtrado.

- Sismógrafo, tiene como finalidad fundamental el registrar la información obtenida por el detector bien sea en forma analógica o digital.

### Fuentes de energía sísmica

Las fuentes de energía han sido provocadas principalmente por detonaciones de cargas variables de dinamita y estopines eléctricos instantáneos, tratando de darles la dirección adecuada con el fin de evitar la disipación de energía.

Se colocaron varios cartuchos de dinamita (aproximadamente 0.5 Kg.) en el fondo de un agujero de unos 30-cm. de profundidad hechos con pico y pala en los puntos de tiro (P.T.) de los tendidos, a los cuales se les conecta un estopín, ya que la detonación de los mismos se hace mediante una chispa eléctrica automáticamente desde el sismógrafo.

Se escogió como fuente de energía a la dinamita, - debido a que la dinamita resulta muy efectiva, ya que casi es nula la pérdida de energía, sin embargo su costo es alto.

## Detectores Sísmicos

Los detectores sísmicos terrestres o geófonos son los encargados de transformar la energía que reciben del medio geológico como mecánica en impulsos eléctricos, de tal forma que pueden ser transportados al sismógrafo y registrados por éste; estos detectores son principalmente de baja frecuencia aproximadamente entre 5 y 16 Hertz.

## Sismógrafo

Para este estudio se ha empleado el equipo Numbus - 1200 consta de 12 canales, amplificadores de ganancia, sistema de tiro para detonar la dinamita, una fuente de energía y un sistema de grabado en papel fotosensible, el cual se revela al contacto con la luz, sistemas de retardo hasta 9 segundos, de memoria, de apilamiento de control de grabado y de luminosidad y velocidad. Se utilizó también un cable de geófono con las conexiones para éstos separados en 15 m.

## Procedimiento seguido en la "observación"

Antes de salir al campo el observador elabora su programa de tendido de los detectores y líneas sísmicas de acuerdo a los puntos que han de tirarse, de la siguiente manera.

a) Se inicia el tendido generalmente a cierta distancia inicial entre el P.T. y el primer detector para eliminar ruido.

b) Se continúa el tendido hasta colocar 12 geófonos más. Es necesario por otro lado, contar con un P.T. en cada extremo del tendido de geófonos para definir los parámetros del modelo sísmico del subsuelo, porque la información de un sólo P.T. es incompleta y proporciona profundidades y velocidades aparentes que no consideran la inclinación de los contactos bajo el tendido.

Para realizar las operaciones de campo, se hace el tendido de las líneas y de los detectores de acuerdo al programa hecho anteriormente por el operador de la siguiente manera:

1.- Se tiende la línea que ocupa dos puntos de tiro, la extensión de esta es de 165 m.

2.- La conexión de los detectores a la línea se hace por medio de clips (polarizados)

3.- Se procede a checar electricamente la línea del tendido para saber si están bien conectados los geó-

fonos y al mismo tiempo se ve la cantidad de ruido existente en las trazas para tratar de detectar la causa del mismo. Esto lo realiza el observador desde la unidad de pruebas y el oscilador del sismógrafo.

4.- Se tiende la línea de tiro que parte de la caja de tiro, a su vez conectada al sismógrafo, hasta el primer P.T. que ha de tirarse, procurando que vaya paralela a la línea del tendido, pero sin cruzarla ya que puede haber inducciones en el sismograma.

Una vez hecho el tendido y revisado, que todas las conexiones estén bien se procede a tirar los P.T's. teniendo cuidado que haya el mínimo ruido posible al efectuar cada uno. La operación la coordina el observador desde el sismógrafo, ya que es jefe de campo, dándole las órdenes a los peones para que conecten los fulminantes a la línea de tiro (dinamita), y dándole instrucciones al resto del personal para que cuiden que no se encuentren personas o ganado caminando cerca de los detectores ya que producen ruido a la traza correspondiente.- Una vez conectados los fulminantes el observador es el encargado de establecer la diferencia de potencial en la caja de tiro para que pueda hacerse la detonación automáticamente desde el sismógrafo. Realizado el tiro se tiene un registro analógico del mismo que ha de ser revelado por-

el observador en lo que se organiza el siguiente tiro. -  
El observador lo revisa y marca la fecha, el P.T. y línea correspondiente.

La aplicación del Método únicamente se realizó en las líneas geofísicas: (a), (e), (f), (g), (h), (i) y -- (j); donde la separación entre sismodetectores fue de 10.0 m. y puntos de tiro (P.T.) a 5.0 m., excepto en las líneas (a) y (g) donde los sismodetectores se colocaron a 8.0 m. y puntos de tiro (P.T.) a 10.0 m.

La superficie cubierta aproximada con este método es de 468,000 m<sup>2</sup> (Plano No.3.1)

Simultáneamente al estudio de la primera y segunda etapa fueron efectuadas las testificaciones en barrenos-exploratorios con el propósito de detallar y complementar las condiciones litológicas del área.

El registro eléctrico convencional se corrió mediante un equipo Widco-Modelo 1200 que consta de una sonda Mono-electródica (Single-point) La que proporciona cambios de resistividad equivalente y potencial natural de las capas atravesadas en el barreno; obteniéndose un perfil continuo desde la máxima profundidad posible hasta el nivel del lodo de perforación.

El registro de velocidad vertical se obtuvo detonando pequeñas cargas de dinamita en el interior del barreno a diferentes profundidades, dependiendo de los contactos litológicos. Esto se realizó con el propósito de conocer las velocidades en las diversas unidades sísmicas atravesadas por el sondeo donde se realiza este estudio. Estas velocidades halladas son las de las ondas sísmicas que atraviesan las diferentes capas según trayectorias verticales dentro del plano definido por el punto de disparo y el eje del sondeo. Este método se ha empleado también para determinar la ausencia o presencia de zonas, donde la velocidad disminuye con la profundidad y/o cuya potencia hace que no puedan ser detectadas mediante estudios convencionales de refracción.

El tiempo de arribo de las ondas longitudinales -- fue interceptado con un sismodetector colocado en el brocal del barreno.

Estos dos tipos de registros se aplicaran únicamente en los barrenos Nos.: 20, 14, 16, 90, 91, y 3; a los que no fue posible registrar completamente desde la profundidad total de exploración, debido a que el díametro de perforación fue muy reducido y ocasionó obstrucciones.



### 3.3 INTERPRETACION DE DATOS DE CAMPO

Los métodos de interpretación de los resultados de los sondeos eléctricos verticales pueden dividirse en - cualitativos y cuantitativos.

En el presente estudio únicamente se empleó la interpretación cuantitativa.

La finalidad de la interpretación cuantitativa es determinar la distribución espacial de las resistividades del subsuelo, partiendo de los datos de resistividad aparente o de potencial observados en la superficie del terreno.

Debe hacerse notar que aunque los procesos correspondientes se denominan "de interpretación" deberán llamarse más adecuadamente "métodos de ajuste de curvas" ya que la interpretación no se reduce a ellos, puesto que - incluye la correlación entre los resultados de los diferentes S.E.V. y la identificación geológica de las capas geoléctricas y sus estructuras.

Antes de comenzar el proceso, el interpretador debe tener en cuenta que las curvas de S.E.V. pueden estar

alteradas por causa de los efectos superficiales o laterales. El efecto superficial más frecuente es la influencia de la resistividad del material, en que están colocados los electrodos de potencial. Por causa de esta influencia la curva de S.E.V. puede desplazarse verticalmente en uno u otro sentido. Este efecto puede no producirse para la siguiente distancia M N, dando lugar a un salto de empalme. Estos suelen ser pequeños en los trabajos bien ejecutados, pero no siempre sucede así, por lo que las curvas han de corregirse, desplazando verticalmente los distintos tramos hasta que coincidan, manteniendo fijo preferiblemente el correspondiente al mayor M N, que puede suponerse representa condiciones más promediadas.

La aparición de irregularidades en las curvas de S.E.V. de campo, es claro indicio de variaciones laterales. Estas irregularidades pueden consistir en discontinuidades, saltos u otras desviaciones respecto a una curva suave. Puede tolerarse una ligera suavización "a ojo" de las curvas de campo, pero las que requieren considerable alisamiento deben desecharse para la interpretación cuantitativa.

Este procedimiento requiere que las curvas de cam-

po estén dibujadas sobre papel bilogarítmico del mismo módulo utilizado en las curvas patrón. Las curvas patrón empleadas en este estudio tienen módulo de 62.5 mm.

La interpretación de los S.E.V. se efectuó comparando las curvas de campo con curvas patrón, en este caso las de Orellana y Mooney de dos y tres capas junto con los diagramas de punto auxiliar del alemán A. Ebert y Kalenov.

El método del punto auxiliar es el de más amplio uso en la actualidad para el ajuste de curvas de S.E.V. Es rápido y en general suficientemente exacto, excepto cuando el corte se compone de más de seis o siete capas, o existen en él capas delgadas.

El procedimiento seguido aquí para la interpretación de curvas de campo de 3 capas fue el siguiente:

- a) Según su forma se identifica la curva de campo como del tipo H, K, Q, o A.
- b) Se superpone la parte izquierda de la curva de campo con la teórica hasta que, manteniendo los ejes paralelos, la curva de campo coincida con algún patrón, o se pueda interpolar entre dos curvas. Una vez conseguido, se calca sobre el papel de la curva de campo la cruz y la marca de resistividad. Llamaremos a ésta " primera cruz ". Estas determinan  $E$  y  $\rho_1$  y una estimación de  $\rho_2$ . Léase el valor de  $\rho_2/\rho_1$

- c) Posteriormente se superpone el papel transparente de la curva de campo sobre el diagrama auxiliar. Consérvese paralelos los ejes durante todo el proceso.

Para las curvas H y Q se coloca la primera - - cruz sobre el origen de coordenadas del diagrama auxiliar.

Para las curvas A y K se coloca la primera - - cruz sobre el eje vertical de la izquierda del diagrama auxiliar; en la posición correspondiente al valor  $\rho_2/\rho_1$ .

- d) En el diagrama auxiliar, se toma la curva que corresponde el valor  $\rho_2/\rho_1$ . Se calca esta curva sobre el papel transparente. El trazo se hace con línea punteada a partir de la primera cruz.
- e) El papel transparente con la curva de campo se superpone otra vez a la lámina patrón de dos capas, teniéndose cuidado de mantener los ejes paralelos, se desplaza esta sobre aquélla, llevando siempre el origen de coordenadas de la lámina patrón sobre la curva auxiliar trazada-

anteriormente hasta que la parte derecha de la -  
curva de campo, coincide con una de las curvas -  
patrón. En este momento se marca la segunda -  
cruz sobre el papel transparente de la curva de -  
campo y la marca de resistividad de la curva pa-  
trón.

La posición de la marca de resistividad da  $\rho_3$  o -  
resistividad de la tercera capa.

f) La curva de campo se superpone nuevamente sobre -  
el diagrama auxiliar, colocando la primera cruz -  
sobre el origen. La segunda cruz quedará ahora -  
sobre o cerca de una de las líneas de trazos. -  
Esta línea llevará un número de identificación -  
que es igual a  $E_2/E_1$ .

g) Se calcula  $E_2$  a partir de  $E_2/E_1$  y de  $E_1$ .

Estas curvas de tres capas, se pueden también in -  
terpretar con las curvas patrón para tres capas.

Representación de los resultados de la interpreta -  
ción cuantitativa. A partir de los resultados de la in -  
terpretación cuantitativa de las curvas de sondeo, se -  
construyen cortes geoléctricos y mapas estructurales. -  
Para la confección del corte se traza la línea del terre

no y se señala la situación de los puntos de S.E.V., desde los cuales, con la vertical hacia abajo y a la escala elegida se trazan los espesores de los horizontes eléctricos. Uniendo los puntos obtenidos se tienen líneas que corresponden a la posición del techo de los diversos horizontes geoelectricos del corte.

Los horizontes detectados en el área de Samalayuca se identificaron con determinados horizontes estratigráficos o litológicos, adquiriendo con esto el corte geoelectrico un significado geológico concreto. Esto se discutió con el geólogo. Obteniéndose buenos resultados tanto del estudio geológico como la interpretación geofísica por lo que la correlación entre ambas se hizo sin dificultad sin más modificación que algunos cambios de detalle. (Planos Nos. 3.2 a 3.5 )

#### - Interpretacion en refracción

La forma más sencilla de interpretar los datos sísmicos de refracción es construir un diagrama tiempo - distancia. Sobre el eje de abscisas se llevan las distancias punto de disparo-geófonos y sobre el de ordenadas los tiempos de "primeras llegadas"

La tarea más importante de la interpretación es separar en la gráfica los trazos de dromocrona que corresponden, en uno y otro sentido, a cada uno de los refractores existentes en la sección sísmica estudiada. Esta es la parte más difícil de la interpretación en refracción ya que un cambio de pendiente en la dromocrona no significa necesariamente un cambio de refractor, si no que puede significar simplemente un cambio de pendientes en el refractor primero.

Otra norma importante a este respecto es la siguiente: como se puede suponer en la práctica no se registran dromocronas rectas, sino curvas que aproximadamente se pueden representar por trazos rectos (ya que los refractores en la realidad no son perfectamente planos), la interpretación, sin embargo, se basa en velocidades aparentes constantes, por lo que el interpretador, cuando ajuste la velocidad aparente, debe tener cuidado especial en que las anomalías (o desviaciones de la curva real sobre la recta ficticia) se correspondan sensiblemente en uno y otro sentido del tiro. Fig. 4

#### Correcciones Aplicables a los datos de Refracción.

El procedimiento para hacer correcciones a los tiempos observados por el método de refracción, toma en

# EJEMPLO DE DROMOCRONA

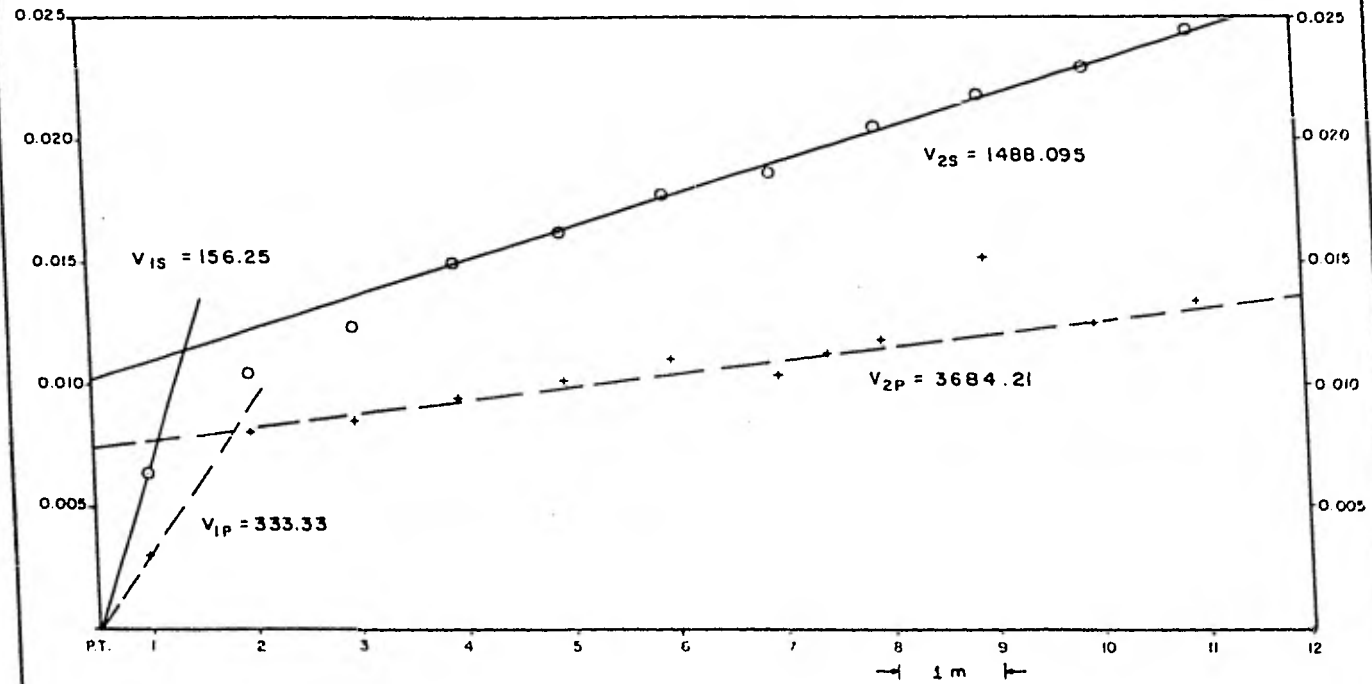


FIG. 4



cuenta las diferencias de nivel de los detectores y de las fuentes así como la presencia de una capa superficial de baja velocidad que se produce por el efecto de agentes físicos y químicos que llamamos zona de intemperismo.

Antes de hacer cualquier cálculo es necesario realizar primero una inspección de la gráfica tiempo distancia obtenida con tiros en ambos sentidos:

- a) Ver que sean rectas las líneas que se trazan
- b) Que la velocidad  $V_1$  sea igual en ambos sentidos y que las rectas pasen por los orígenes.
- c) Que el tiempo de los rayos refractados entre las dos fuentes sea igual en ambos sentidos.

Si se cumple esto podemos hacer cálculos para determinar por medio de las ecuaciones para dos y tres capas separadas por contactos planos inclinados, las velocidades reales de cada uno de los medios, los espesores de éstos en cada extremo del tendido y los ángulos de inclinación de los contactos.

La construcción de perfiles sísmicos se obtienen a partir de los resultados de profundidad y velocidad.

- La interpretación de los registros de velocidad-vertical se realizó como en el caso de los perfiles de refracción, los tiempos de primera llegada, corregidos, se llevan a un gráfico tiempo-distancia, en que las distancias son las profundidades de las pequeñas cargas explosivas medidas según la vertical que pasa por el punto donde se sitúa el geófono. La corrección de los tiempos de primera llegada registrados se hace con el fin de referirlos a estas distancias en vertical, en lugar de a la trayectoria real punto de disparo-geófono. La fórmula de corrección es:  $t_v = t_0 \cos \theta$  con  $\text{tg } \theta = \frac{x}{z}$

$t_v$ = tiempo corregido para trayectoria vertical

$t_0$ = tiempo registrado

$\theta$  = ángulo con vertice en el detector, uno de cuyos lados pasa por la boca del sondeo y otro por la fuente de energía.

$z$ = Profundidad de la fuente de energía

$x$ = Distancia geófono-sondeo. (ver fig. 3 )

Para la determinación de velocidades se realiza de la misma forma que para los perfiles de refracción.

El estudio de "down hole" tiene algunas limitaciones: es necesario disponer de sondeos que deben estar - sin entubar o entubados con un material diferente del - acero, por otra parte, la velocidades determinadas son - aparentes, en un plano vertical, que sólo pueden referirse a la inmediata vecindad del sondeo.

Las velocidades intervalo son las velocidades medias entre dos posiciones sucesivas de la fuente de energía y se determinan simplemente dividiendo la diferencia de profundidades por la diferencia de los tiempos verticales correspondientes.

$$V_i = \frac{\Delta Z}{\Delta t_v} = \frac{Z_{k+1} - Z_k}{t_{v_{k+1}} - t_{v_k}}$$

$V_i$  = Velocidad de intervalo

Una vez hallados, las velocidades intervalo se construye el gráfico tiempos profundidades-velocidades.

(ver figs 11 a 22 )

- La interpretación de las testificaciones en los barrenos, tanto de contactos litológicos como condiciones de compacidad y permeabilidad, es descrita para cada barreno en las figs. 5 a 22.

La interpretación de los registros eléctricos se basó en los contrastes de resistividad que existen entre los distintos tipos de formaciones que atraviesa el barrero.

En cuanto a la perforación, los factores que afectan la curva de resistividad son: el diámetro del pozo, entre mayor sea este, la curva de resistividad tiene cambios menos notables entre las formaciones. La resistividad de los lodos de perforación, así como la invasión de estos en las formaciones, son también un factor que afecta la curva de resistividad.

#### 3.4 INTEGRACION DE RESULTADOS

Analizando e integrando los resultados arrojados por las secciones geofísicas (a, . . . , j) fundamentalmente son detectados cuatro contrastes geofísicos que corresponden a materiales de tipo sedimentario.

El primer contraste corresponde a una capa de cobertura de arena fina y caliche diseminado en todas las secciones, la que presenta como promedio 1.50 m. resistividad variable de 22 a 3000 ohm-m., dependiendo del grado de compacidad prevaleciente. Dicha capa únicamente fue detectada por el método geoelectrico de resistividad

ya que en el sísmico de refracción debido a la disposición de sismodetectores y puntos de tiro no fue perceptible.

El segundo contraste se atribuye a arenas arcillosas detectadas en la mayoría de las secciones a excepción de la (b) y (h); el espesor promedio prevaeciente es de aproximadamente 10.0 m. con rangos de velocidad - de 289 a 728 m/seg. y resistividades de 7.2 a 27 ohm-m.

El tercer contraste corresponde a gravas y arenas con arcillas perceptible en todas las secciones; los espesores dependen del contacto al techo de la roca caliza (basamento local), estando los de mayor potencia en la zona donde se localiza el accidente estructural ocurrido en la caliza (Graven) y que se encuentra delimitado tanto en las secciones geofísicas (a,b,c,d,e y f) como en los planos de iso-resistividad e iso-profundidad al techo de la caliza. Planos 3.6 y 3.7

Los rangos de velocidad y de resistividad dependen de la predominancia de material considerando la siguiente clasificación:

Material	Velocidad m/ seg.	Resistividad ohm - m
Gravas	363 a 1980	22 a 80
Gravas y arenas	432 a 1688	30 a 42
Arena y gravas con poco contenido arcilloso.	712 a 1800	12 a 21

El cuarto y último contraste es atribuible a roca - caliza, las que constituyen el basamento local y que por sus características de velocidad y de resistividad son - las de mayor interés para fines de construcción.

Esta unidad geológica presenta tres condiciones según los parámetros físicos encontrados:

1.- Caliza con poca alteracion .-

Predomina en todas las secciones con rangos de velocidad de 1833 a 5000 m/seg. y resistividad de 95 a 400 Ohm/m.

2.- Caliza alterada.-

Esta se presenta en las secciones (g), (h), - (j) donde el rango de velocidad es de 436 a -

850 m/seg. y resistividades de 75 - 140 Ohm-m-  
prevaleciendo dicha condición principalmente -  
en los afloramientos.

3.- Caliza con posibles fisuras .-

Es deducida predominantemente por el método de  
sondeos eléctricos verticales y que es detecta  
da en las secciones (a, b, c, f, g, h, i, j) -  
el rango de resistividad es de 36 a 172 ohm-m.

En la sección (f) esta unidad se hace presente por  
el método sísmico de refracción en ~~donde~~ la velocidad de  
tectada es de 4756 a 6714 m/seg.; posiblemente la veloci  
dad alcanzada sea debido a la profundidad en que se en -  
cuentra la roca.

La variación de velocidad, resistividad de contac  
tos y de espesores, se puede apreciar con mayor detalle  
en las secciones que se anexan en los planos No. 3.2 a 3.5

## CAPITULO 4

### DETERMINACION DE PROPIEDADES ELASTICAS EN EL SITIO DE LA CASA DE MAQUINAS.

En atención a la solicitud del Departamento de Estudios Experimentales de la Gerencia General de Construcción, se continuó el estudio de prospección geofísica de refracción, con el fin de determinar las condiciones geomecánicas en el sitio donde se construirá la Casa de Máquinas U.1 y U.2; U.3 y U.4 (futuro) de la P.T. Cd. Juárez, Chih.

Las principales propiedades dinámicas de suelos y rocas que es necesario conocer para la solución del problema antes mencionado son:

Módulo de deformación dinámica  
(Módulo de Young)

Módulo de cortante  
(Módulo de Rigidez)

Módulo de deformación volumétrica  
(Módulo de compresibilidad)

Relación de Poisson.

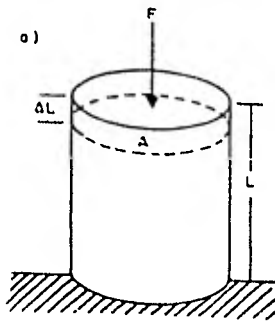


- El módulo de Young (E), se define como la relación entre el esfuerzo unitario (fuerza aplicada por unidad de área) de compresión (o de tracción) y la deformación longitudinal unitaria.
- El método de Rigidez o de Cizalladura ( $\mu$ ), es la relación entre el esfuerzo transversal unitario y el desplazamiento relativo de los planos de deslizamiento.
- El módulo de Compresibilidad (K), es la relación entre la presión y el cambio unitario de volumen.
- Relación de Poisson ( $\nu$ ) relaciona el cambio unitario del área de la sección con la deformación longitudinal unitaria. En el caso de materiales elásticos está comprendido entre los siguientes valores  $0 < \nu < .5$

Los módulos de Young, de compresibilidad y de rigides tienen dimensiones de fuerza por unidad de superficie (presión). El coeficiente de Poisson es adimensional ver fig. 22'

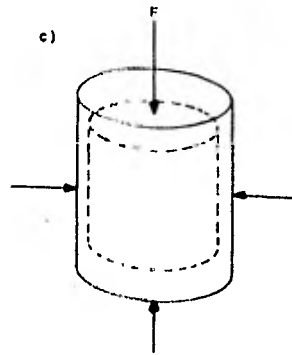
Puesto que las velocidades de propagación de las ondas sísmicas son función de las características elásticas

## PROPIEDADES ELASTICAS



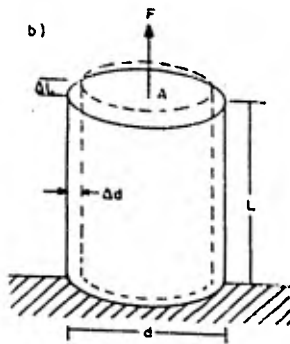
1)  $E = \frac{F/A}{\Delta L/L}$  (MODULO DE YOUNG)

$F/A$  = Esfuerzo Unitario  
 $\Delta L/L$  = Deformación Unitaria

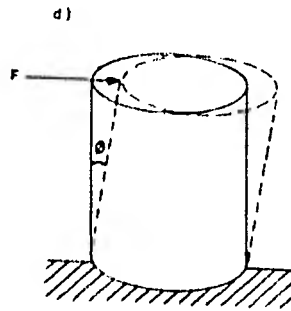


3)  $K = \frac{\Delta P}{\Delta V/V}$  (MODULO DE COMPRESION)

$\Delta P$  = Incremento de Presión  
 $\Delta V$  = Incremento de Volumen



$\nu = \frac{\Delta d/d}{\Delta L/L}$  (MODULO DE POISSON)



$\mu = \frac{F/A}{\Delta d/d}$  (MODULO DE RIGIDEZ)

de los materiales a través de los cuales se propagan, es posible servirse de ellos para calcular el coeficiente - de Poisson de un material.

$$\text{Relación de Poisson} = \frac{(v_L / v_t)^2 - 2}{2(v_L / v_t)^2 - 2}$$

Si en el laboratorio se determina, además la densidad de dicho material, es posible conocer el valor de los otros módulos elásticos:

$$\text{Módulo de Rigidez : } \mu = \rho v_t^2$$

$$\text{Módulo de Young : } E = 2\mu(1 + \nu)$$

$$\text{Módulo de Compresibilidad: } K = \frac{1}{3} \frac{E}{1 - 2\nu}$$

en donde:

$\rho$  = densidad

$v_t$  = velocidad de propagación de las ondas transversales

$v_L$  = velocidad de propagación de las ondas longitudinales.

Estas son las formulas básicas utilizadas para la determinación de las constantes elásticas. Como puede verse, dichas constantes pueden calcularse a partir del conocimiento exacto de los valores de las velocidades de las ondas longitudinales y transversales y de la densidad del material. Mientras los valores de densidad se determinan en el laboratorio, o por testificación Gamma-Gamma de las velocidades de las ondas longitudinales y transversales son objeto de técnicas sísmicas de campo.

Los procedimientos para medir velocidades de ondas longitudinales han quedado expuestos en el capítulo anterior. Para medir las velocidades de las ondas transversales se encuentran mayores dificultades.

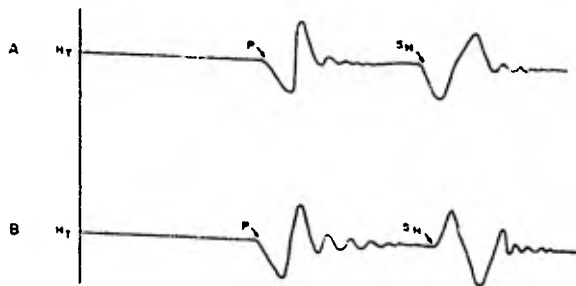
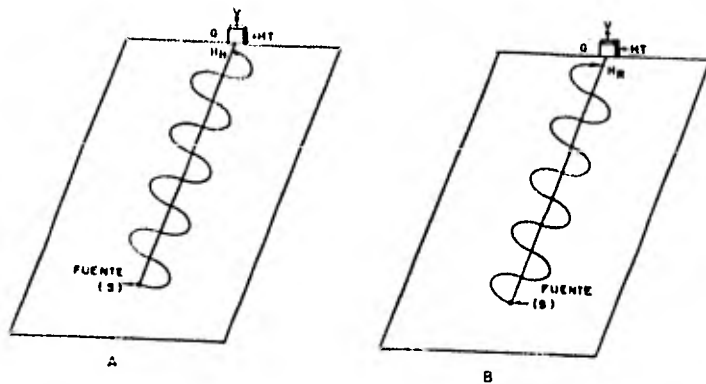
Un método para reforzar las llegadas de ondas transversales consiste en utilizar fuentes de energía que produzcan, primordialmente, este tipo de ondas. Cualquier fuente de energía produce siempre ondas longitudinales y transversales y superficiales, pero, controlando adecuadamente la dirección de aplicación de la energía, pueden llegar a suprimirse algunos tipos de ondas mientras que otros se refuerzan. Por ejemplo, la detonación de dinamita en la superficie del terreno, en el nivel freático o en un contacto da lugar a un más alto nivel de producción

de ondas transversales que el que se obtendría con la dinmita incluida dentro de un medio homogéneo. Desgraciada -  
mente, en el ejemplo citado se produce también un alto nivel de ondas superficiales con la consiguiente dificultad -  
de identificación de las llegadas de ondas transversales.

La energía de las ondas transversales tiene un moviimiento de propagación preferencial y las fuentes asimétricas pueden exagerar esta propiedad. Esto puede hacerse utilizando, por ejemplo, explosivos orientados direccional-mente o impactos mecánicos, dados en determinada direc-ción.

Una investigación en el sentido de aplicación de la fuente de energía produce también una inversión en la polaridad de la primera llegada de ondas transversales. En la fig. 23 se puede observar que la primera llegada de las ondas longitudinales no ha sufrido alteración, por lo que muchas veces, para mejor indentificar la llegada de ondas transversales, se aplica energía en sentidos opuestos.

Para investigaciones de ondas trasnversales suelen elegirse geófonos de tres componentes para registrar el movimiento de las partículas del terreno según tres ejes.



ONDAS TRANSVERSALES  
(SH)

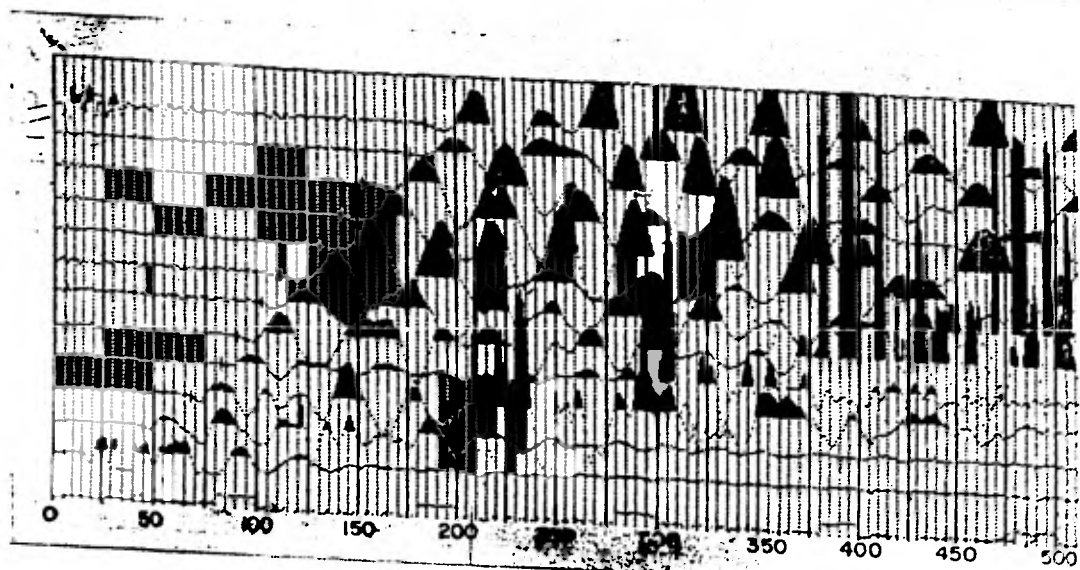
El trabajo desarrollado para esta parte del estudio consistió en el levantamiento de líneas geosísmicas - - - (I, . . . V) distribuidas en el sitio para Casa de Máqui - nas, plano No. 4.1

La técnica de campo utilizada consistió en aplicar fuente de energía mecánica, en general, produciendo impactos horizontales en dos direcciones opuestas sobre un bloque de madera con un marro, manejado a mano. Fig. 24

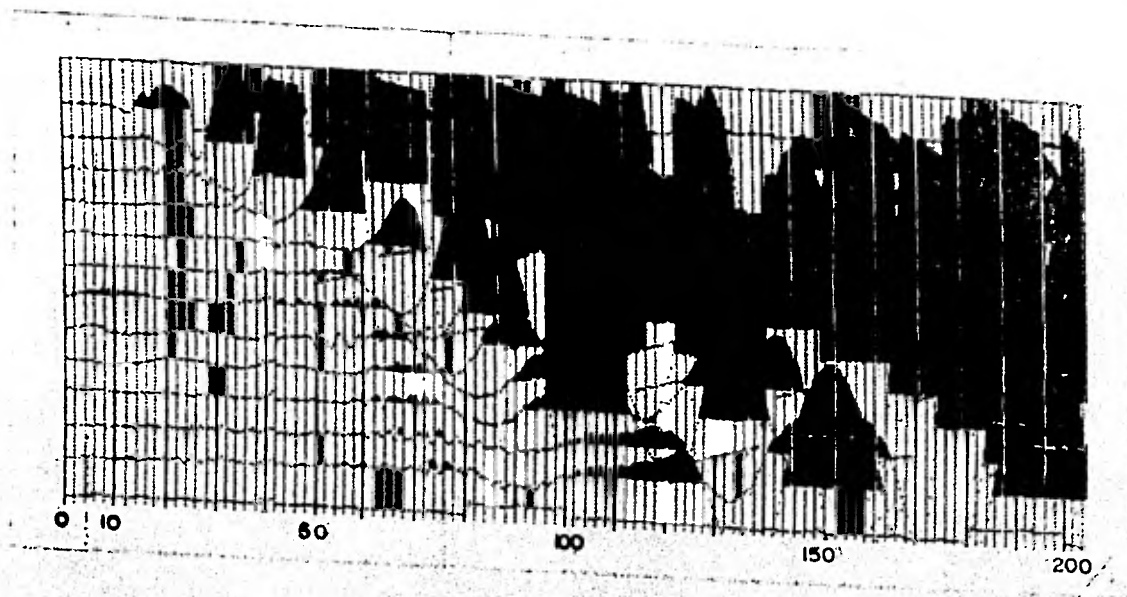
Los tendidos realizados, constaron de impactos dados a 5 m. y geófonos de igual manera, la longitud cubierta por línea es de 120 m., la separación entre línea es de 55 m. involucrando un área total de 26,400 m<sup>2</sup>. El objetivo de esta parte del estudio, fue confirmar los contrastes elásticos (velocidad compresional) de las condiciones geológicas conocidas. En la determinación de las características geomecánicas, se efectuó un tendido para la línea I (tendido No. 1), línea III (tendido No. 2) línea V (tendido No. 1) por considerarse representativas del sitio. Plano No. 4.1

Esta etapa se llevó a cabo con geófonos de tres componentes con los que se determinaron las velocidades transversales, siendo variable la separación de geófonos y puntos de tiro; hasta obtener la velocidad representativa de

— SISMOGRAMAS DE ONDAS P y S —



Ondas Longitudinales



Ondas Transversales



las capas geológicas de interés.

El calculo de las condiciones geomecánicas, se basó en las fórmulas expuestas anteriormente.

## R E S U L T A D O S

Los resultados obtenidos con los medios geofísicos utilizados, definen en el sitio cuatro unidades fundamentales en las cinco líneas (I, . . . V) Planos Nos. 4.2 y 4.3

Unidad ( $U_1$ ) .- Corresponde al material de cobertura caliche con arenas y arcillas, es definido en las cinco líneas, este material se detectó en el estudio de resistividad, presentando un espesor variable de 1.50 a 4.0 m., ya que con el estudio sísmico debido a la disposición de geófonos y puntos de tiro, no fue perceptible.

Unidad ( $U_2$ ) .- Se atribuye a gravas y arenas arcillosas con limos; es definida en las cinco líneas, presentando los mayores espesores en las líneas I, II, III, con un promedio de 29 m., los menores en las líneas IV, y V, con un promedio de 12 m.

El rango de velocidad determinado para esta unidad es de 381 a 610 m/seg.

Unidad ( $U_2'$ ) .- Es localizada únicamente en la línea I, según el rango de velocidad presente 1628 m/seg.,

se puede asociar a gravas y arenas, que corresponden al material de relleno del accidente estructural (graven) - detectado en el estudio preliminar.

Unidad (  $U_3$  ) .- Corresponde al zócalo local que por los rangos de velocidad 3,200 a 2,232 m/seg. se trata de roca caliza poco alterada; esta unidad es definida en las cinco líneas.

Las características geomecánicas correspondientes a los tendidos No. 1, de la línea I, No. 2 de la línea - III, No. 1 de la línea V se denotan en las figuras 25, - 26 y 27.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES.

De acuerdo con la información obtenida con los métodos de estudio efectuados, se puede concluir que existen dos alternativas donde la cimentación para casa de máquinas es más propicia. En el plano 5.1 se les designa como área 1 y área 3.

El área 1 muestra mayor interés, se encuentra cubierta por depósitos eólicos y aluviales entre 1 m. y 12 m. de espesor, susceptibles de removerse económicamente para deplantar. El nivel estático se observó a los 8.12 m. de profundidad. Los depósitos descansan sobre una caliza cuyo promedio en velocidad sísmica es 3,154 m/seg. por lo que no ofrece riesgos para la cimentación.

El área 3 tiene rango de espesores de 1 a 18.3 m. de depósitos aluviales, sin embargo su ubicación la hace poco favorable. El nivel estático se observó a 6.38 m. de profundidad.

De acuerdo con los resultados obtenidos en el sitio de la casa de máquinas se deduce que:

La unidad ( $U_2$ ) conforme a las condiciones geomecánicas deducidas revela una alta permeabilidad y por lo consiguiente, una baja compacidad de los materiales constituyentes.

La unidad ( $U_3$ ) al parecer, por las condiciones geomecánicas encontradas ofrece menos riesgos para cimentación ya que por sus características puede soportar grandes cargas y sufrir deformaciones mínimas.

## B I B L I O G R A F I A

- Dobrin, M. B., 1976 Introduction To Geophysical prospecting:  
Mc Graw-Hill Book Company, third edition.
- Dorantes, A.R. B.A. 1979, Informe final del estudio geoelectrico y sísmico para la P.T. de Cd. Juárez, Chih. Ofna. de Eval. y Est. Esp., Departamento de Geología y Minería, C.F.E., México, D.F. inédito.
- Dorantes, B.A., 1980, Estudio Sísmico de Refracción en el sitio de Casa de Máquinas para el P.T. Cd. Juárez, Chih.: Ofna. de Eval. y Est. Esp., Departamento de Geología y Minería, C.F.E., México, D.F., inédito.
- G. Clark Davenport, Técnicas Geofísicas para la determinación de propiedades elásticas

- Harold M. Mooney, 1977, Handbook of Engineering Geophysics
- Howell, 1917, Introduction geophysics
- Iakubovskii, 1980, Exploración eléctrica: Reverte, S.A.
- Keller - Frischknecht, Electrical Methods in Geophysical Prospecting; International Series in Electromagnetic Waves Val. 10
- Kalenov, E.N. 1974, Interpretación de curvas de sondeos eléctricos verticales: Ministerio de Obras Públicas, Madrid.
- Orellano, E. 1972, Prospección geolétrica en corriente continua: Paraninfo, Madrid.
- Orellana, E. y Mooney, H.M., 1966, Tablas y curvas para sondeos eléctricos verticales: edición bilingüe en español e inglés, Interciencia, Madrid.

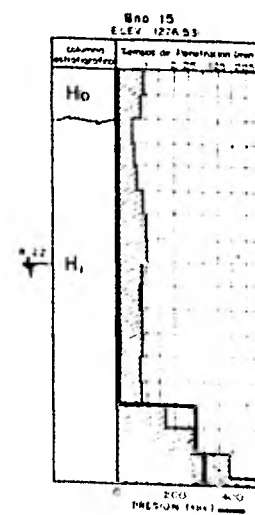
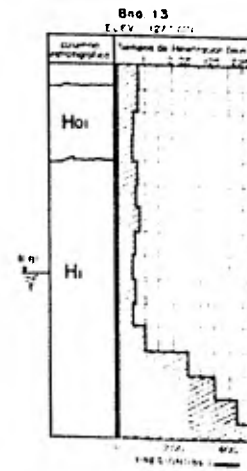
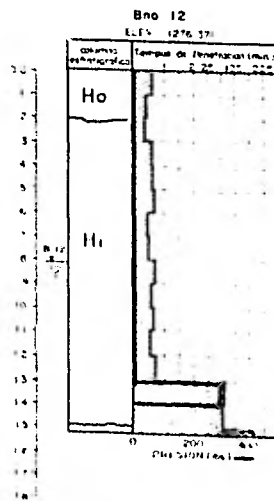
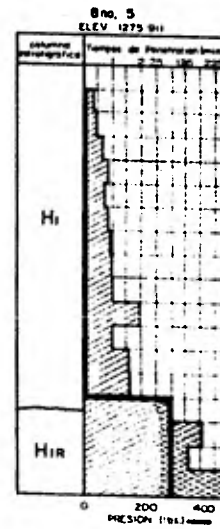
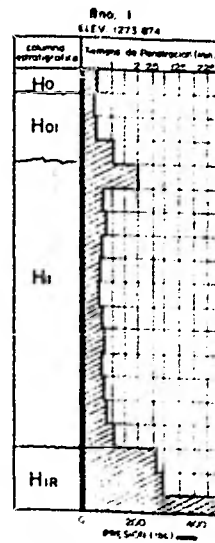
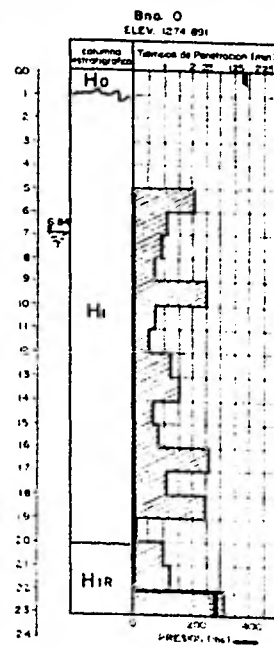
Rangel, M.M. 1979, Estudio Geohidrológico del área Cd. Juárez-Samalayuca, T-III, C.F.E.

Schulmberger; 1968, Fundamentos de la interpretación de Perfiles.

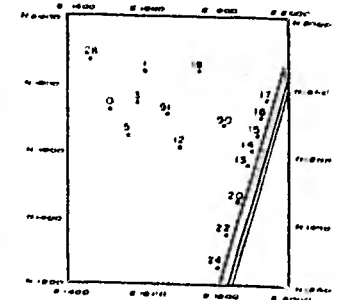
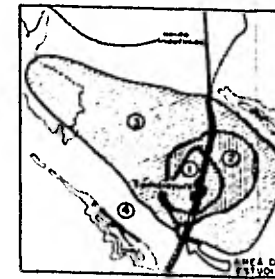
Teleford, W. M., 1976 Applied Geophysics: Cambridge University Press



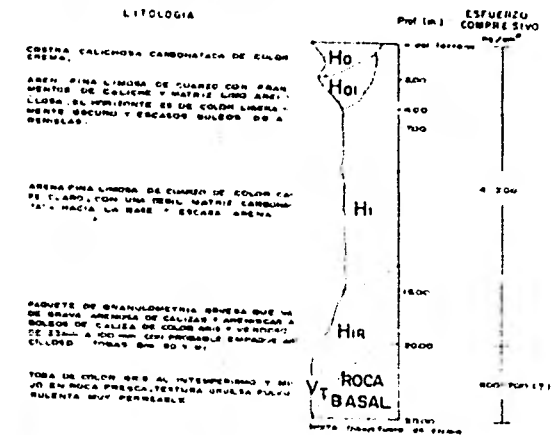
MUESTRAS DE CANAL TRICONICA



LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO



COLUMNA ESTRATIGRAFICA



EXPLICACION

- 1 AMBIENTE DE LOMO PROFUNDO
- 2 AMBIENTE DE LOMO ALTO
- 3 AMBIENTE DE PLATA
- 4 AMBIENTE DE PROFUNDAS SUPERFICIALES

R. Q. D. %

- ARENOS PARELITO
- ▨ ARENOS BUENOS
- COSTRAS CARBONATADAS
- DE 80 PORES
- DE 100 PORES

SIMBOLOGIA

- ▨ CAMBIO DE COLOR EN TIEMPO DE PENETRACION
- NIVEL ESTRATIGRAFICO
- CONTACTO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

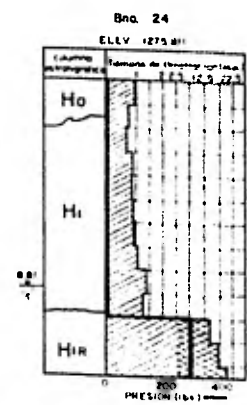
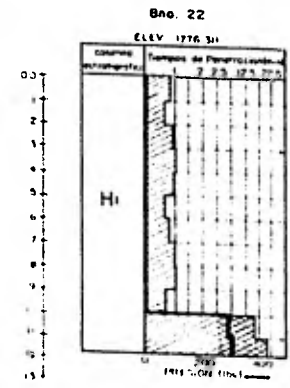
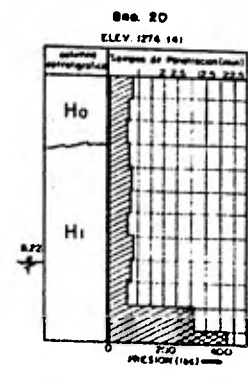
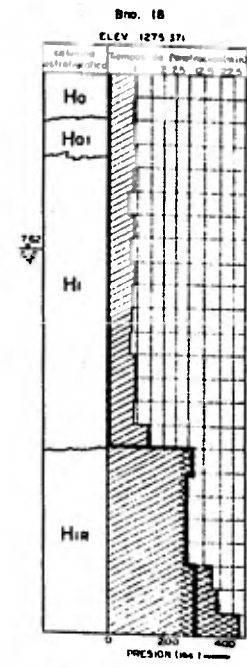
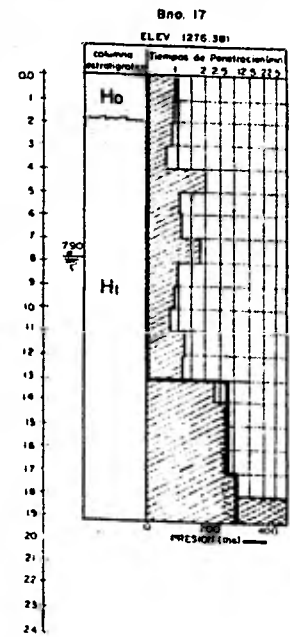
BARRENOS PARA EL ESTUDIO DE CIMENTACION  
0, 1, 5, 12, 13 y 15

TESIS PROFESIONAL

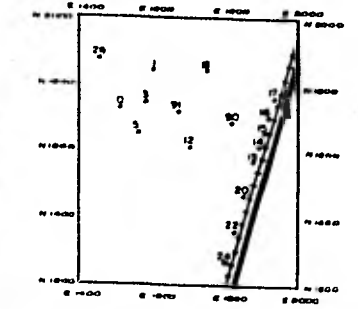
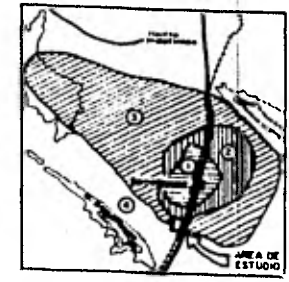
ALICIA BRITO C

OCT 81' PLANO 1.1

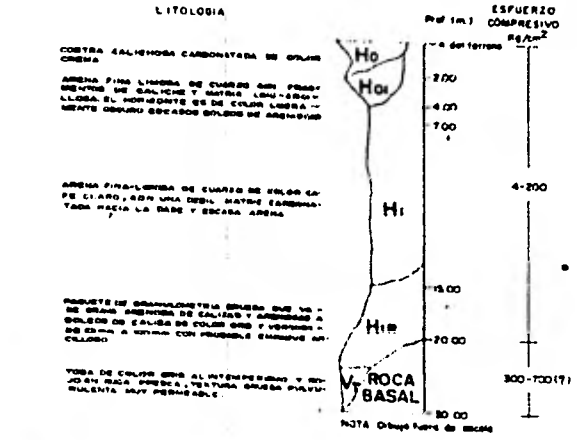
# MUESTRAS DE CANAL TRICONICA



## LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO



## COLUMNA ESTRATIGRAFICA



**EXPLICACION**

- ① AMBIENTE DE LOMO PROFUNDO
- ② AMBIENTE DE LOMO PODEROSO
- ③ AMBIENTE DE PLATA
- ④ AMBIENTE DE ARENA DE SUPERFICIAL

**R.O.D. %**

- 0-10% OBLONGA
- 10-20% OBLONGA
- 20-30% OBLONGA
- 30-40% OBLONGA
- 40-50% OBLONGA
- 50-60% OBLONGA
- 60-70% OBLONGA
- 70-80% OBLONGA
- 80-90% OBLONGA
- 90-100% OBLONGA

**SIMBOLOGIA**

- CAMPO DE ESCALA EN TIEMPO DE PENETRACION
- NIVEL ESTADISTICO
- CANTARERO

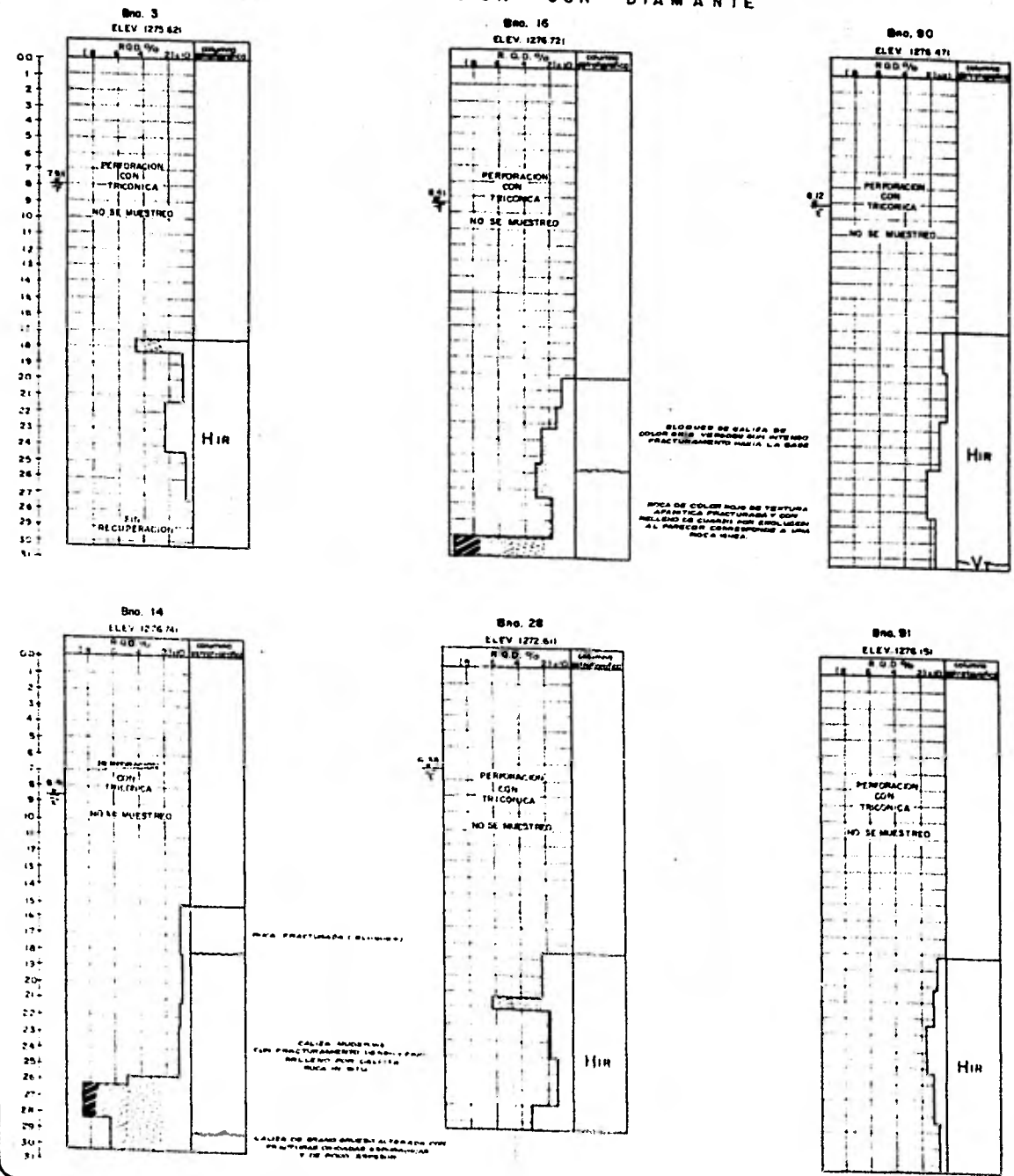
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA

BARRENOS PARA EL ESTUDIO DE CIMENTACION  
 17, 18, 20, 22 y 24

TESIS PROFESIONAL  
 ALICIA BRITO C.

OCT. 81' PLANO. 1.2

# BARRENACION CON DIAMANTE



BLOQUES DE CALIZA DE COLOR OSCURO VERDEADO CON MUY BUENO PRACTURAMIENTO HACIA LA BASE

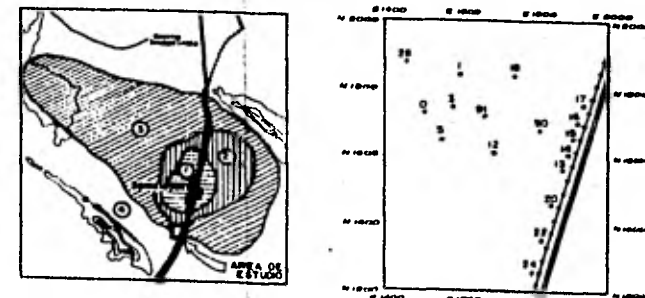
ROCA DE COLOR ROSA DE TEXTURA APARTE PRACTURADA Y CON MUY BUENO PRACTURAMIENTO HACIA LA BASE

ROCA PRACTURADA (BLANCA)

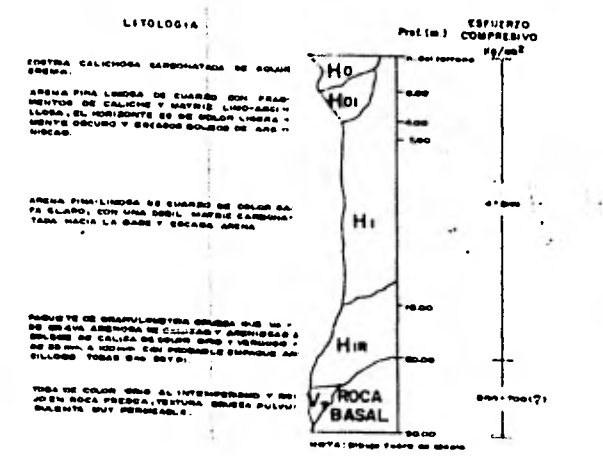
CALIZA MUY BUENA CON PRACTURAMIENTO BUENO Y MUY BUENO HACIA LA BASE

ROCA DE COLOR ROSA DE TEXTURA APARTE PRACTURADA Y CON MUY BUENO PRACTURAMIENTO HACIA LA BASE

## LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO



## COLUMNA ESTRATIGRAFICA



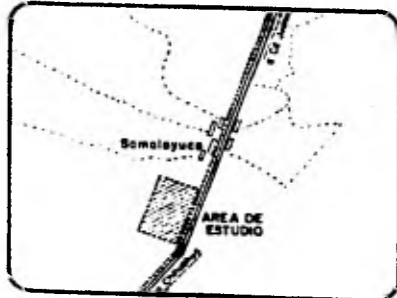
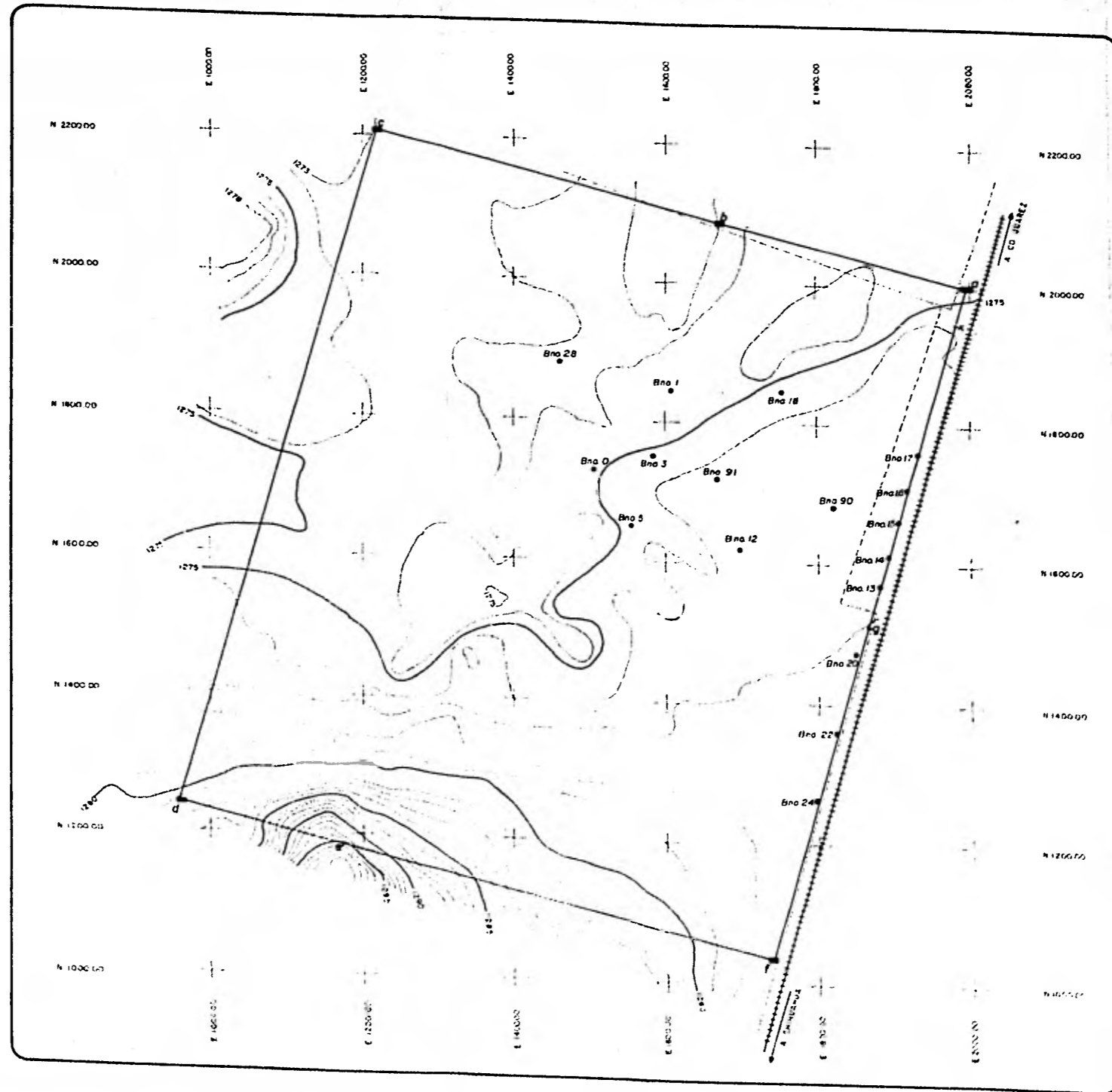
EXPLICACION	R. O. D. %	SIMBOLOGIA
BUENO	BUENO	CAMBIO DE FUERZA EN TIEMPO DE PERFORACION
BUENO	BUENO	NIVEL DE PERFORACION
BUENO	BUENO	CONTACTO
BUENO	BUENO	
BUENO	BUENO	
BUENO	BUENO	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

BARRENOS PARA EL ESTUDIO DE CIMENTACION 3, 14, 16, 28, 90 y 91

TESIS PROFESIONAL  
ALICIA BRITO C.  
OCT. 81 PLANO 1.3

NOTA: TODAS LAS DETERMINACIONES DE ESFUERZO SE EFECTUARON CON MUESTRA SECA



**Simbología y Explicación**

- MOJONERA
- BARRENO
- - - CERCA
- F F C C.
- ~ CURVA DE NIVEL
- Ca CALCAREA
- Al ALUVION

**Cuadro de Construcción**

Pto	X	Y	Elevación
Bno 1	140070	100000	1000.00
Bno 2	140000	100000	1000.00
Bno 3	140070	100000	1000.00
Bno 4	140000	100000	1000.00
Bno 5	140070	100000	1000.00
Bno 6	140000	100000	1000.00
Bno 7	140070	100000	1000.00
Bno 8	140000	100000	1000.00
Bno 9	140070	100000	1000.00
Bno 10	140000	100000	1000.00
Bno 11	140070	100000	1000.00
Bno 12	140000	100000	1000.00
Bno 13	140070	100000	1000.00
Bno 14	140000	100000	1000.00
Bno 15	140070	100000	1000.00
Bno 16	140000	100000	1000.00
Bno 17	140070	100000	1000.00
Bno 18	140000	100000	1000.00
Bno 19	140070	100000	1000.00
Bno 20	140000	100000	1000.00
Bno 21	140070	100000	1000.00
Bno 22	140000	100000	1000.00
Bno 23	140070	100000	1000.00
Bno 24	140000	100000	1000.00
Bno 25	140070	100000	1000.00
Bno 26	140000	100000	1000.00
Bno 27	140070	100000	1000.00
Bno 28	140000	100000	1000.00

NOTA: LAS COORDENADAS DE ESTE PLANO SON ARBITRARIAS Y LAS ELEVACIONES ESTAN REFERIDAS A DORSAL.

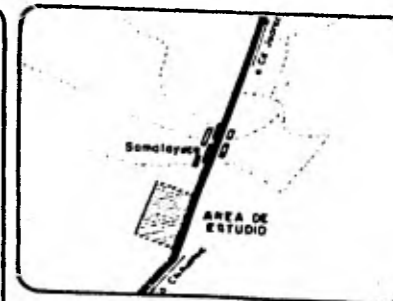
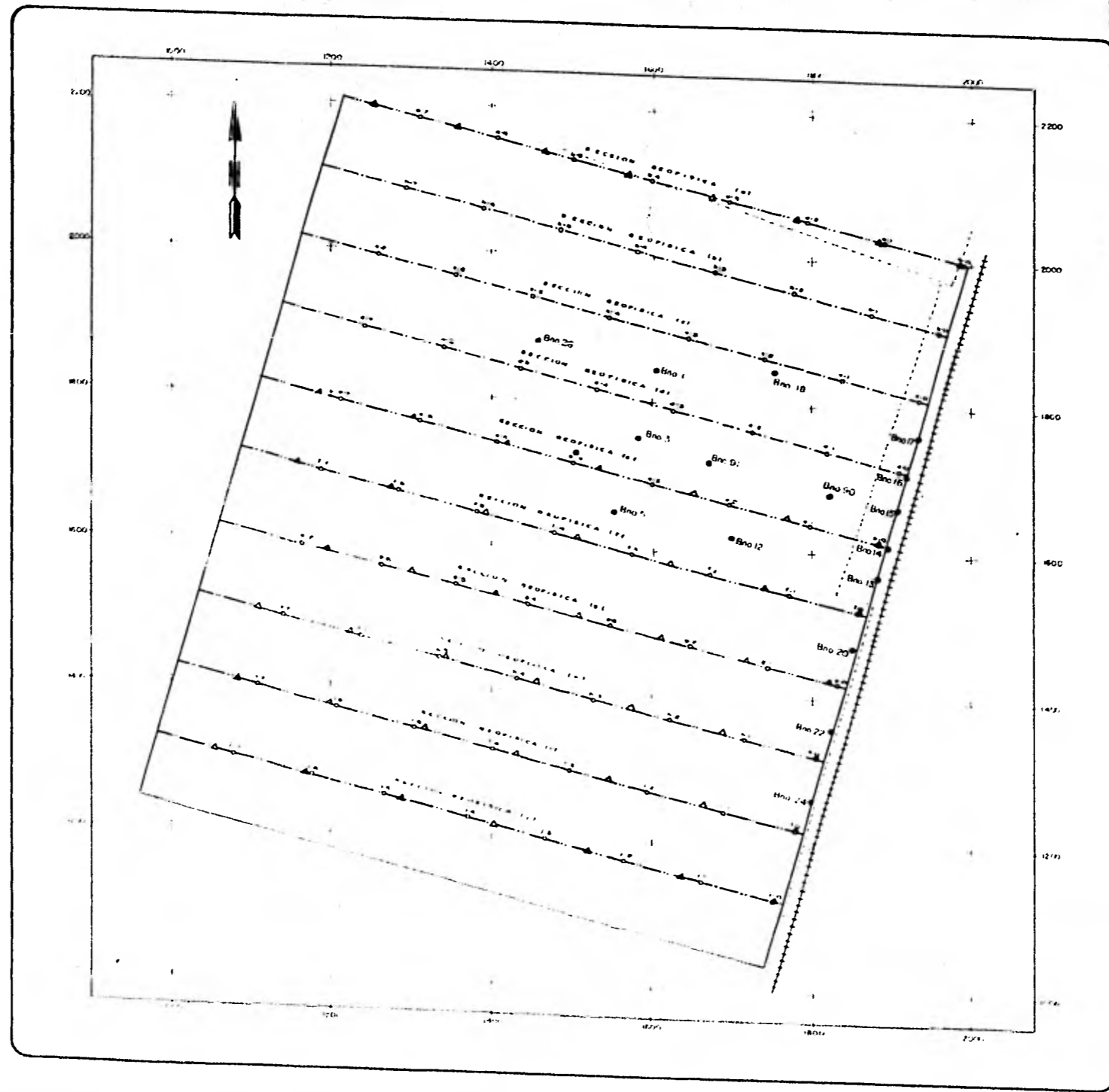
ESCALA GRAFICA  
0 50 100 metros 200


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA


PLANO TOPOGRAFICO  
DEL SITIO


TESIS PROFESIONAL  
ALICIA BRITO C.  
OCT. 81 | PLANO. 2.1








PUNTO DE ATRIBUCION DEL SEX. 


PUNTO DE TIRO. 


PUNTO DE TIRO Y DE ATRIBUCION DEL S.E.V. 

SECCION GEOPISICA (ELECTRICA) 

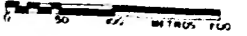
SECCION GEOPISICA (SISMICA Y ELECTRICA) 

BARRENO 

CERCA 

FERROCARRIL 

NOTA: LAS COORDENADAS DE ESTE PLANO SON ARBITRARIAS.

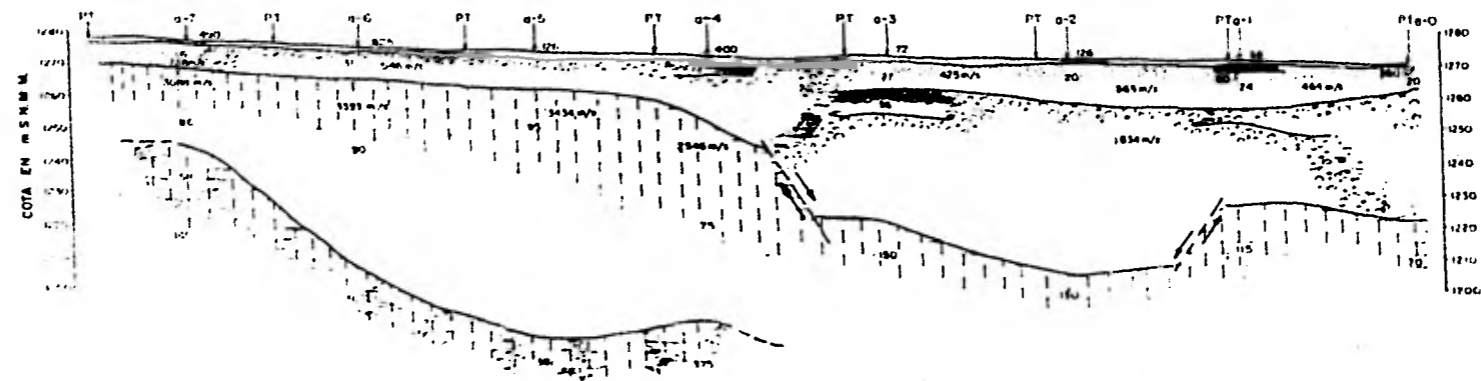
ESCALA GRAFICA  
  
 0 50 100 METROS TUS

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA

LOCALIZACION DE LAS SECCIONES  
 GEOPISICAS (SISMICAS Y ELECTRICAS)

TESIS PROFESIONAL  
 ALICIA BRITO C.  
 OCT. 81 | PLANO. 31

SECCION GEOFISICA (a)



ESCALA GRAFICA HORIZONTAL



SIMBOLOGIA

PUNTO DE TIPO	PT
VELOCIDAD DE PROPAGACION	200 m/s
INTERFASE SISMICA	●
PUNTO DE ATRIBUCION DEL C.E.V.	●
CONTACTO SISMICO Y RESISTIVO	—
INTERFASE GEOLÉCTRICA	—
VALOR DE RESISTIVIDAD EN OHM-m	150
FALLA INFERIDA	—
CALIZA Y ARENA FINA	—
GRAVA	—
ARENA ARCILLOSA	—
GRAVA Y ARENA	—
ARENAY GRAVA CON POCO CONTENIDO ARCILLOSO	—
CALIZA CON Poca ALTERACION	—
CALIZA ALTERADA	—
CALIZA CON TUBOS FIJOS	—

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

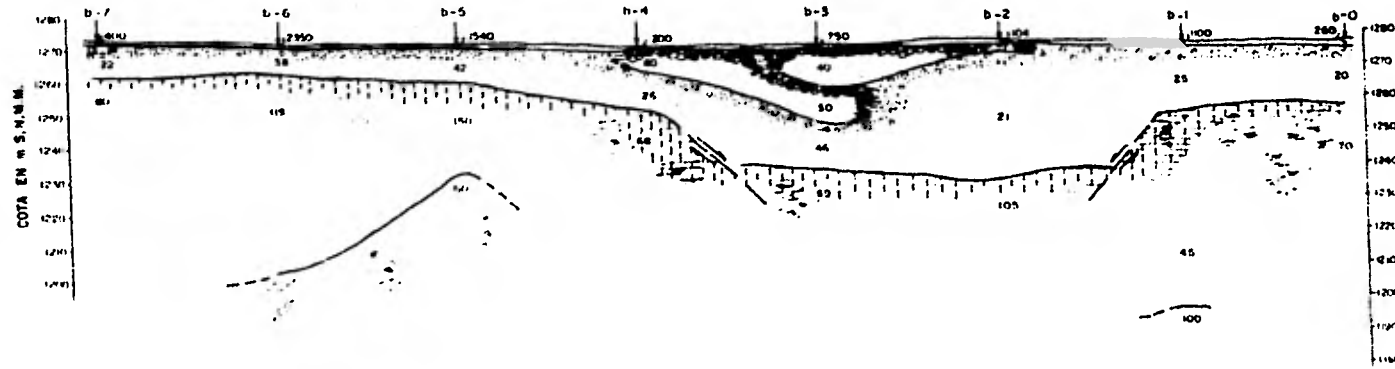
SECCION SISMICA Y ELECTRICA (a)

TESIS PROFESIONAL

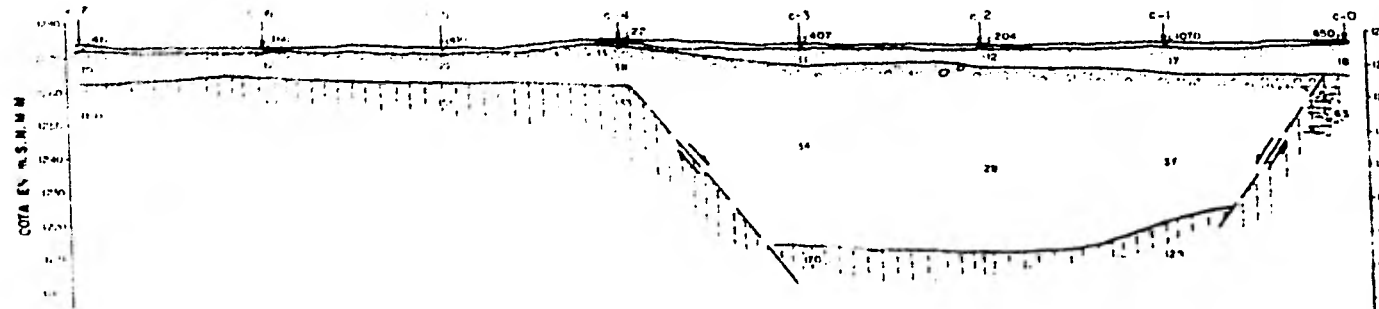
ALICIA BRITO C.

OCT. 81 PLANO. 3.2

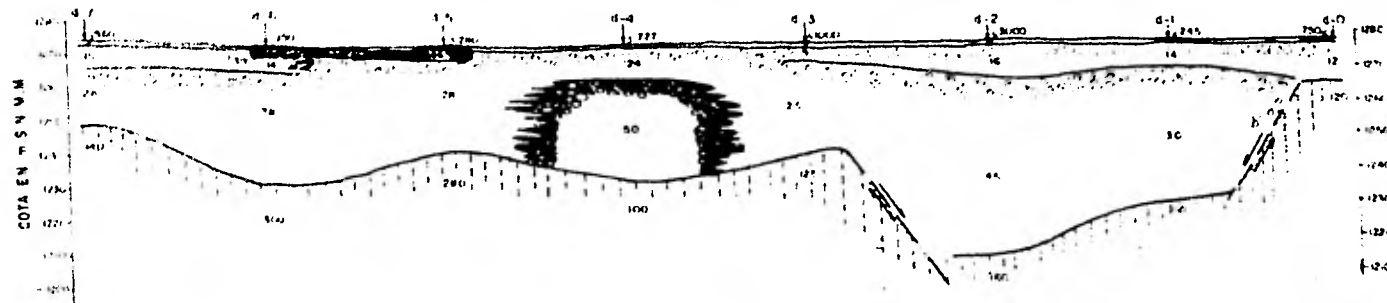
SECCION GEOFISICA (b)



SECCION GEOFISICA (c)



SECCION GEOFISICA (d)



SIMBOLOGIA

- PUNTO DE ATRIBUCION DEL SEV.
- HIERFASE RESISTIVA
- CONTACTO RESISTIVO
- VALOR DE RESISTIVIDAD EN OHM-M
- FALLA IMPERIDA
- CALIZA Y ARENA FINA
- GRAVA
- ARENA ARCHILOSA
- GRAMA Y ARENA
- ARENA Y GRAVA CON POCO CONTENIDO ARCILLOSO
- CALIZA CON POCA ALTERACION
- CALIZA ALTERADA
- FALSA CON PUZOSLE FINAS

ESCALA GRAFICA HORIZONTAL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

SECCIONES GEOELECTRICAS  
(b),(c) y (d)

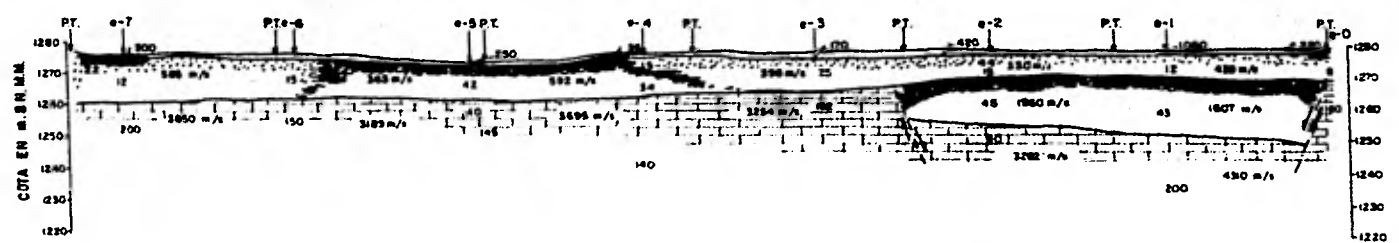
TESIS PROFESIONAL

ALICIA BRITO C.

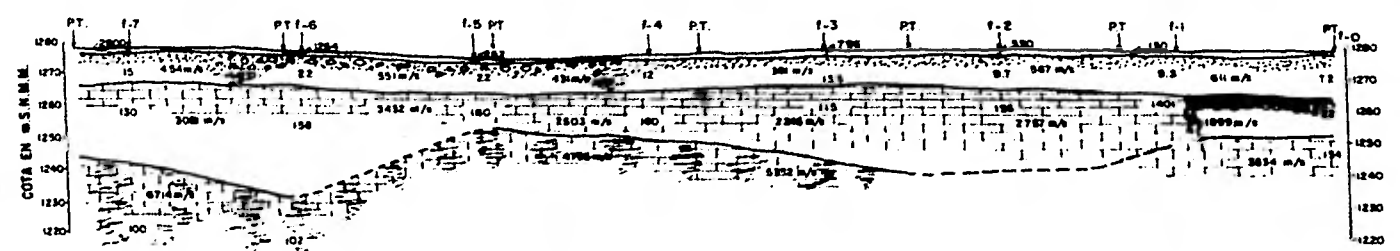
OCT. PLANO. 3.3



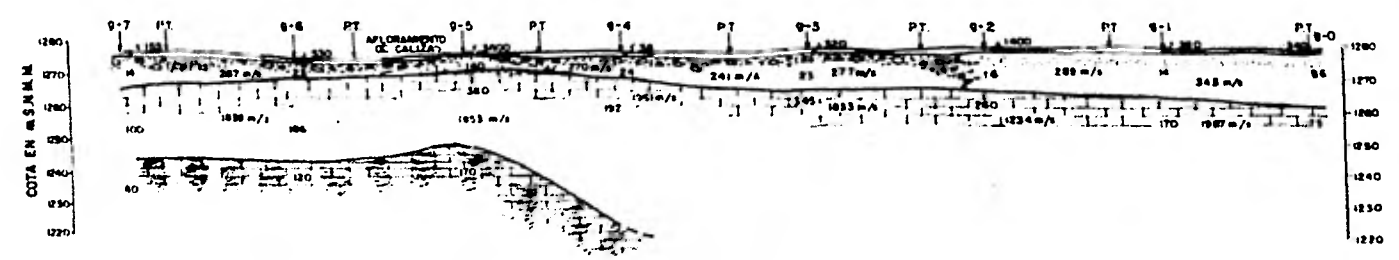
SECCION GEOFISICA (e)



SECCION GEOFISICA (f)



SECCION GEOFISICA (g)



SIMBOLOGIA

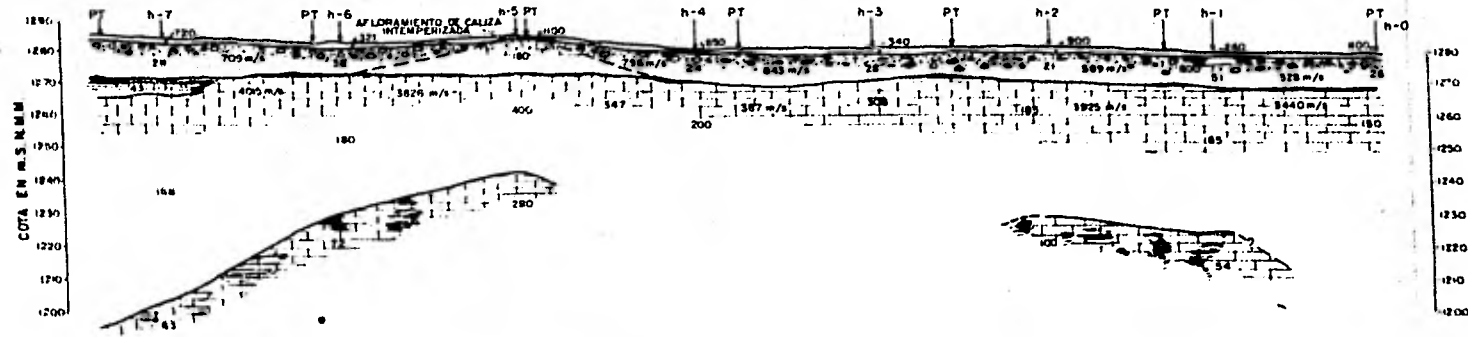
- PUNTO DE TIRO ..... PT
- VELOCIDAD DE PROPAGACION ..... 100m/s
- INTERFASE SISMICA ..... ↕
- PUNTO DE ATENUACION DEL SEV ..... ⌊
- CONTACTO SISMICO Y RESISTIVO ..... —
- INTERFASE GESECTRICA ..... —
- VALOR DE RESISTIVIDAD EN OHM-m ..... Ω
- FALLA INFERIDA ..... ↘
- CALICHE Y ARENA FINA ..... [Pattern]
- GRAVA ..... [Pattern]
- ARENA ARCILLOSA ..... [Pattern]
- GRAVA Y ARENA ..... [Pattern]
- ARENA Y GRAVA CON POCO CONTENIDO ARCILLOSO ..... [Pattern]
- CALIZA CON POCA ALTERACION ..... [Pattern]
- CALIZA ALTERADA ..... [Pattern]
- CALIZA CON POSIBLES FISURAS ..... [Pattern]

ESCALA GRAFICA HORIZONTAL

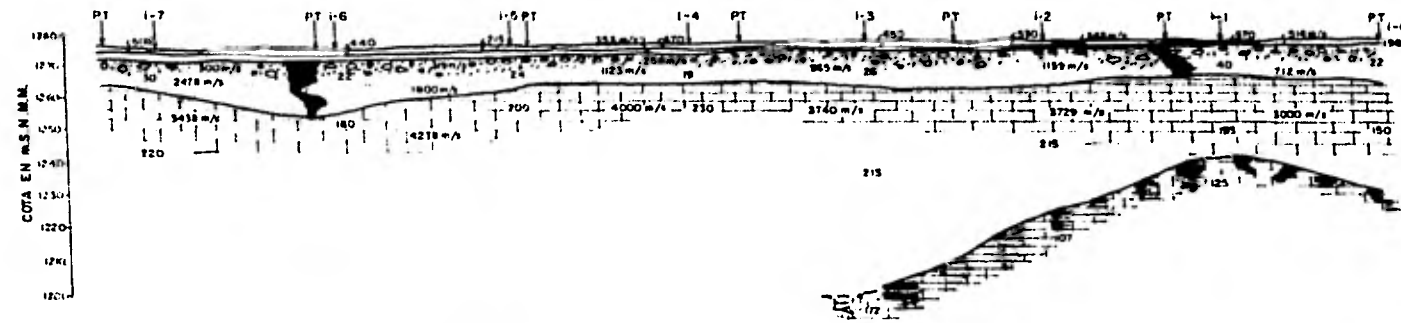


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 SECCIONES SISMICAS Y ELECTRICAS  
 (e), (f) y (g)  
 TESIS PROFESIONAL  
 ALICIA BRITO C.  
 OCT. 81 PLANO. 3.4

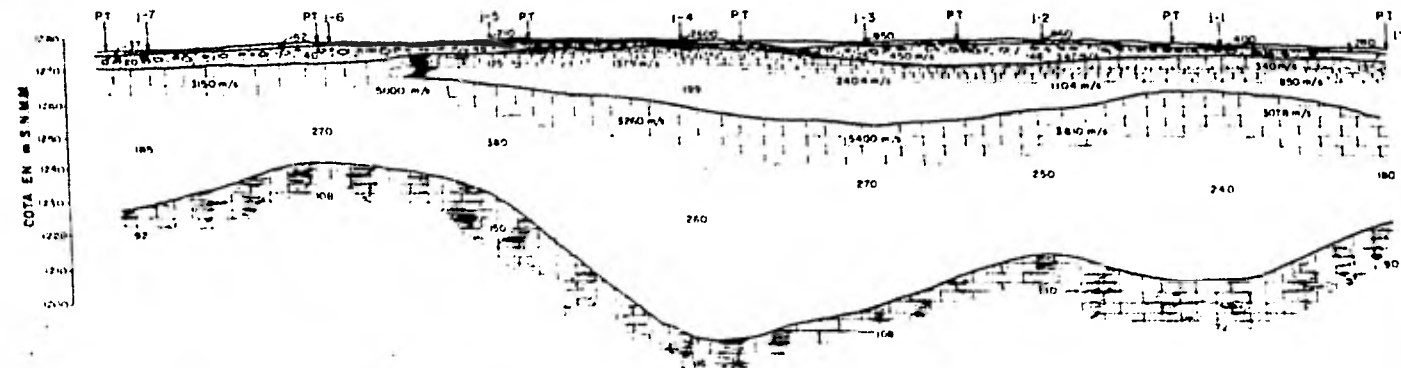
SECCION GEOFISICA (h)



SECCION GEOFISICA (i)



SECCION GEOFISICA (j)

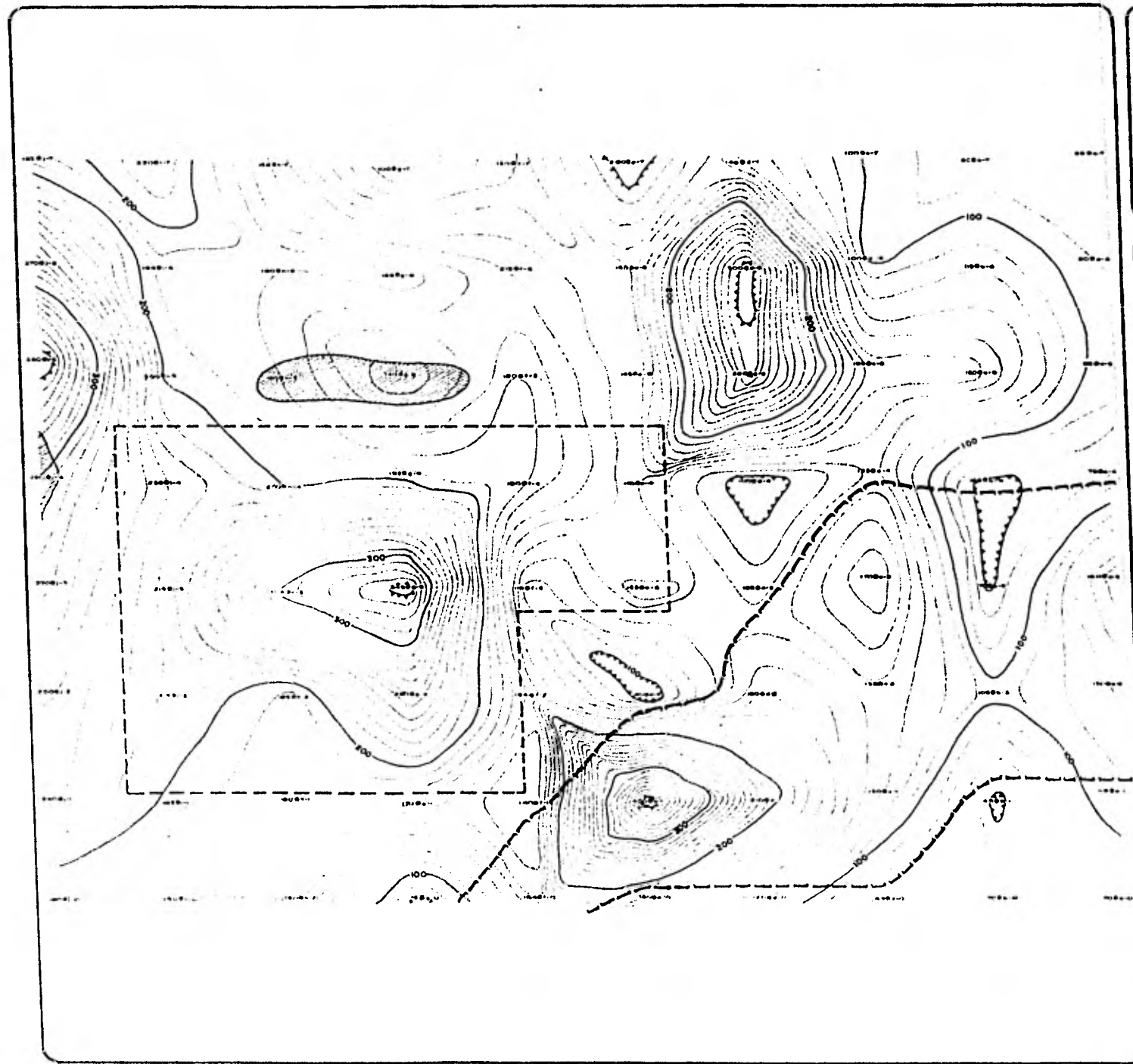


SIMBOLOGIA

PUNTO DE TIRO	PT
VELOCIDAD DE PROPAGACION	PT
INTERFASE SISMICA	PT
PUNTO DE ATRIBUCION DEL S E V	PT
CONTACTO SISMICO Y RESISTIVO	PT
INTERFASE GEOELECTRICA	PT
VALOR DE RESISTIVIDAD EN OHM·M	PT
FALLA INFERICA	PT
CALICHE Y ARENA FINA	PT
GRAVA	PT
ARENA ARCILLOSA	PT
GRAVA Y ARENA	PT
ARENA Y GRAVA CON POCO CONTENIDO ARCILLOSO	PT
CALIZA CON ROCA ALTERACION	PT
CALIZA ALTERADA	PT
CALIZA CON POIBLES FISURAS	PT

ESCALA GRAFICA HORIZONTAL  
0 50 100 METROS 150

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
SECCIONES SISMICAS Y ELECTRICAS  
(h),(i) y (j)  
TESIS PROFESIONAL  
ALICIA BRITO C.  
OCT. 81 PLANO. 3.5



**SIMBOLOGIA**

- PUNTO DE ATRIBUCION DEL SEV. .... 0-7
- VALOR DE RESISTIVIDAD EN OHMS-M ..... 119
- CURVA DE ISO-RESISTIVIDAD (OHMS-M) ..... 200
- ANOMALIA DE ALTA RESISTIVIDAD .....
- ANOMALIA DE BAJA RESISTIVIDAD .....
- FALLA NORMAL (Inferida) .....
- AFLORAMIENTO DE CALIZA .....
- ZONA OPTIMA PARA CIMENTACION .....

ESCALA GRAFICA



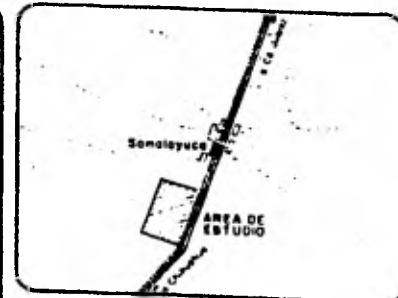
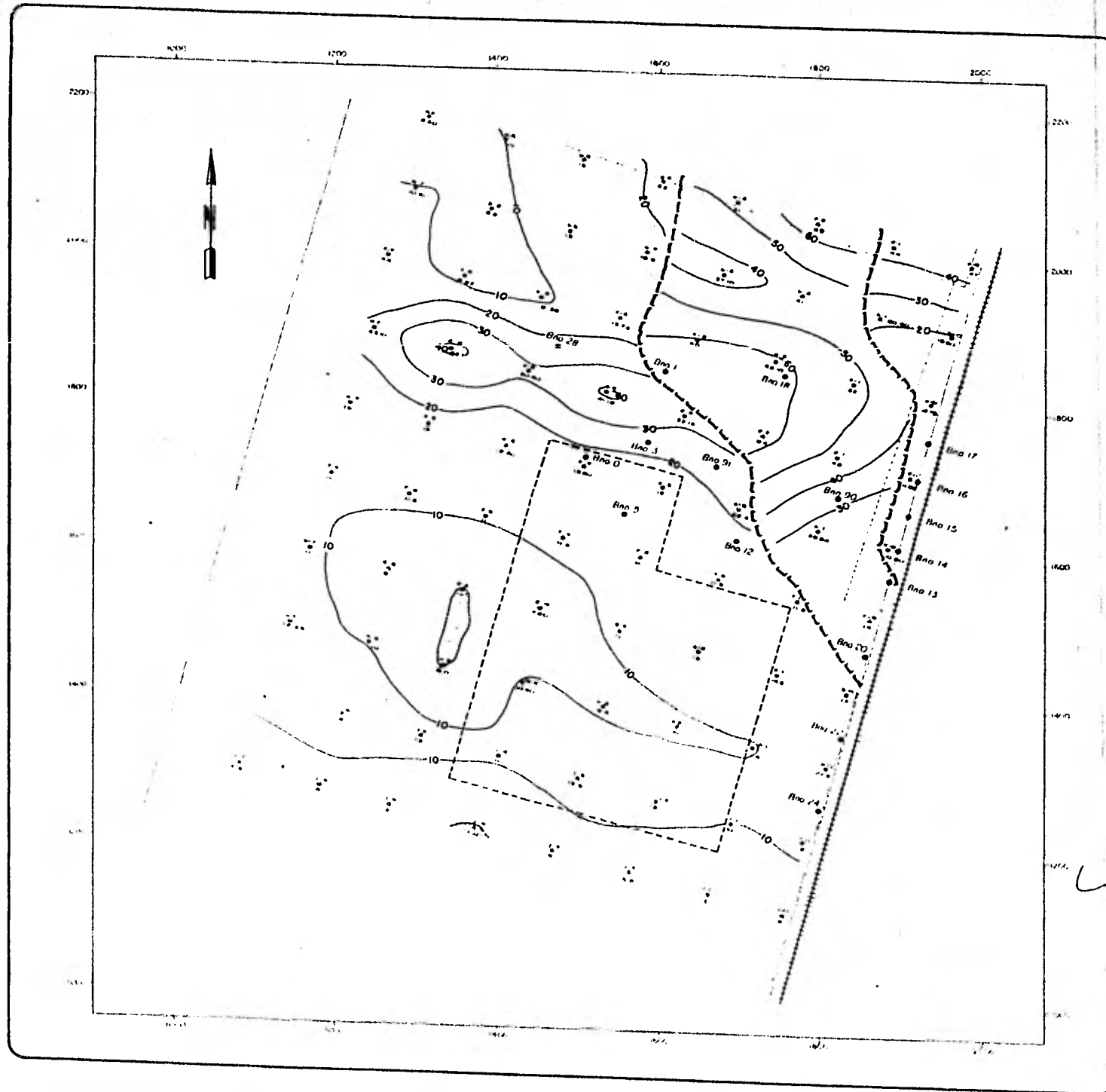
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

ISO-RESISTIVIDAD REAL AL  
TECHO DE LA CALIZA  
(Basamento Local)

TESIS PROFESIONAL.

ALICIA BRITO C

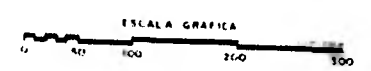
OCT. 81 | PLANO. 3. 6



**SIMBOLOGIA**

- PUNTO DE ATRIBUCION DEL B.E.V.
- BARRENO
- PROFUNDIDAD AL TECHO DE LA CALIZA (Intersección) EN METROS
- AFLOJAMIENTO DE CALIZA
- FALLA NORMAL (Intersect.)
- PLANA GINTIMA PARA CIMENTACION
- CERCA
- E.F.C.C.

NOTA: La profundidad al techo de la caliza se encuentra medida a partir de la sola topografía de las secciones geológicas.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA

ISO-PROFUNDIDAD AL  
TECHO DE LA CALIZA

TESIS PROFESIONAL  
ALICIA BRITO C.  
OCT 81 PLANO 3.7



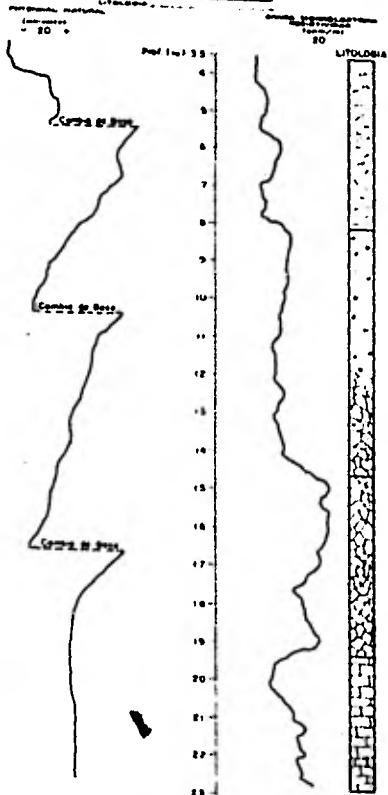
# BARRENO N° 14 REGISTRO ELECTRICO

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
AREA DE GEOLOGIA Y MINERIA

POZO: BARRENO N° 14 LOCALIDAD: LAMA, D.F. CUERPO: ...  
 PROFUNDIDAD: ... S.F. S. ... PAGO: \$ 015. 1978  
 LOCALIDAD SIMBOLICA: ...

DESCRIPCION Y OBSERVACIONES:  
 Yacimiento petrolifero de ...  
 ...  
 ...

Plano de ...  
 ...  
 ...



## SIMBOLOGIA

- Arena fina con poca limo
- Limo arcilloso
- Arena fina
- Arena con fragmentos de conchas
- Arena arcillosa
- Grava y arena
- Caliza fracturada
- Caliza poco fracturada

FIG. 6

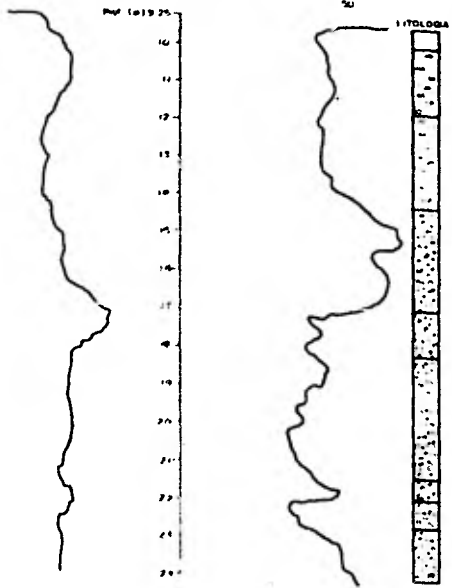


# BARRENO N° 90 REGISTRO ELECTRICO

**COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
AREA DE GEOLOGIA Y MINERIA**

BARRIO DE SAN JUAN - LOCALIDAD DE SAN JUAN DE LOS RIOS  
MUNICIPIO DE SAN JUAN DE LOS RIOS - ESTADO DE GUERRERO  
FECHA: 15 DE MARZO DE 1977  
CANTONAMIENTO DE SAN JUAN DE LOS RIOS

**BOQUETE**  
 1. NOMBRE DEL BOQUETE: BARRIO DE SAN JUAN DE LOS RIOS  
 2. LOCALIDAD: SAN JUAN DE LOS RIOS  
 3. MUNICIPIO: SAN JUAN DE LOS RIOS  
 4. ESTADO: GUERRERO  
 5. FECHA: 15 DE MARZO DE 1977  
 6. CANTONAMIENTO: SAN JUAN DE LOS RIOS  
 7. PROFUNDIDAD: 250 M.  
 8. DIAMETRO: 10 CM.  
 9. TIPO DE BOQUETE: BARRIO DE SAN JUAN DE LOS RIOS  
 10. NOMBRE DEL BOQUETE: BARRIO DE SAN JUAN DE LOS RIOS



## SIMBOLOGIA

- Grava con arena.
- Limo arenoso.
- Arena fina.
- Arena.
- Arena fina con calcite.
- Grava y arena con matriz carbonatada.
- Grava y arena con calcite.

FIG. 8

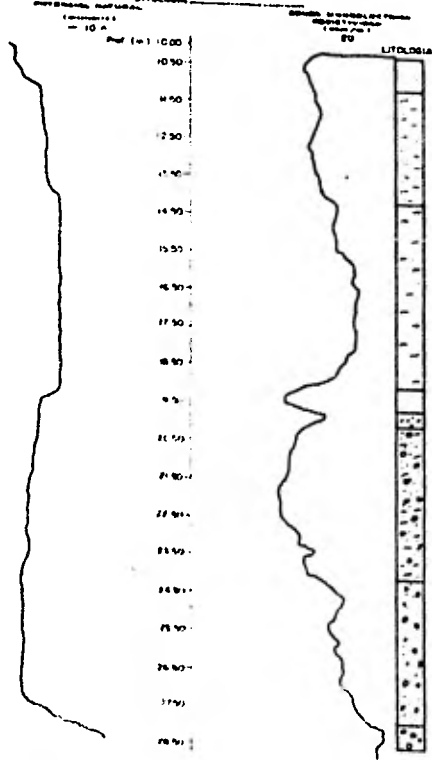


# BARRENO N° 01 REGISTRO ELECTRICO

COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD  
AREA DE GEOLOGIA Y MINERIA

PROYECTO: BARRENO N° 01  
 LOCALIDAD: ...  
 ESCALA: 1:100

PROFUNDIDAD: ...  
 TIPO DE TIPO: ...  
 MATERIAL: ...  
 OBSERVACIONES: ...



### SIMBOLOGIA

- Area fina
- Area
- Area fina en ortizo
- Gras en area

FIG. 9



**BARRENO N° 20  
REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL**

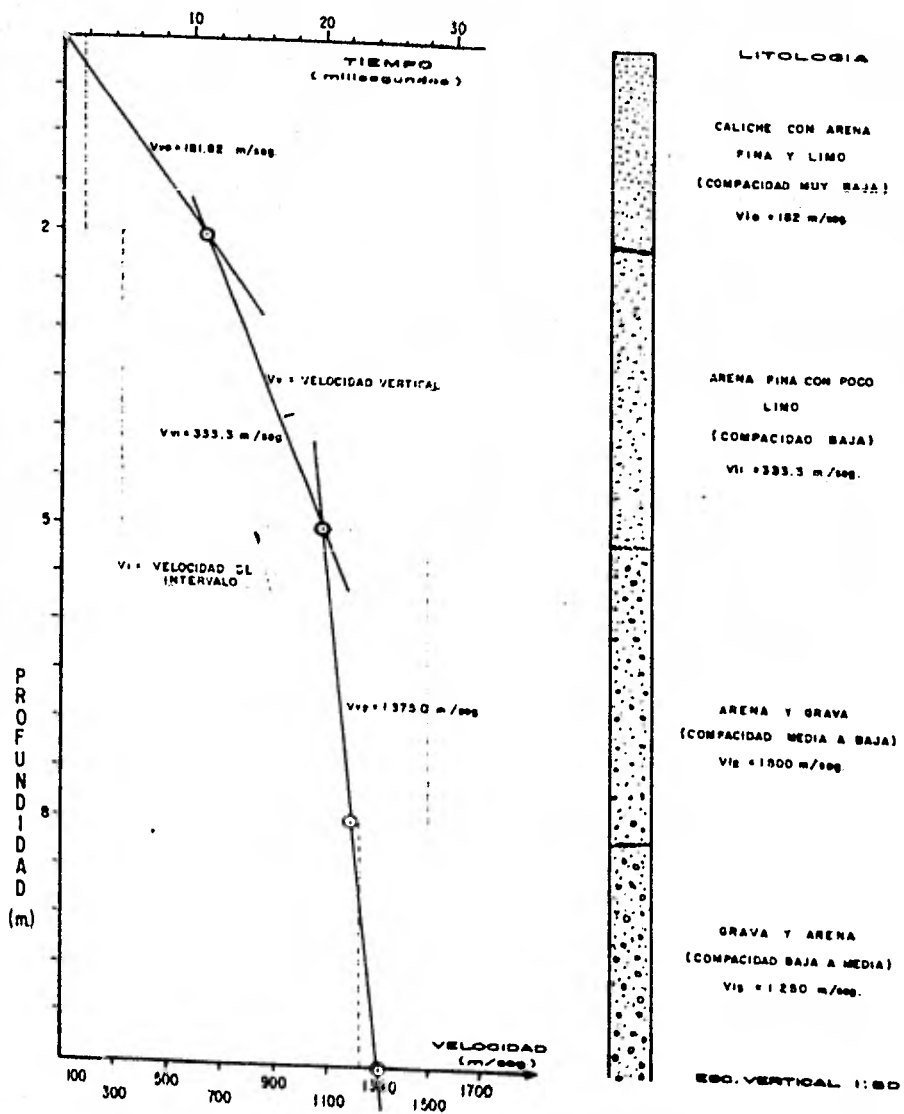


FIG. 11

**BARRENO N° 14  
REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL**

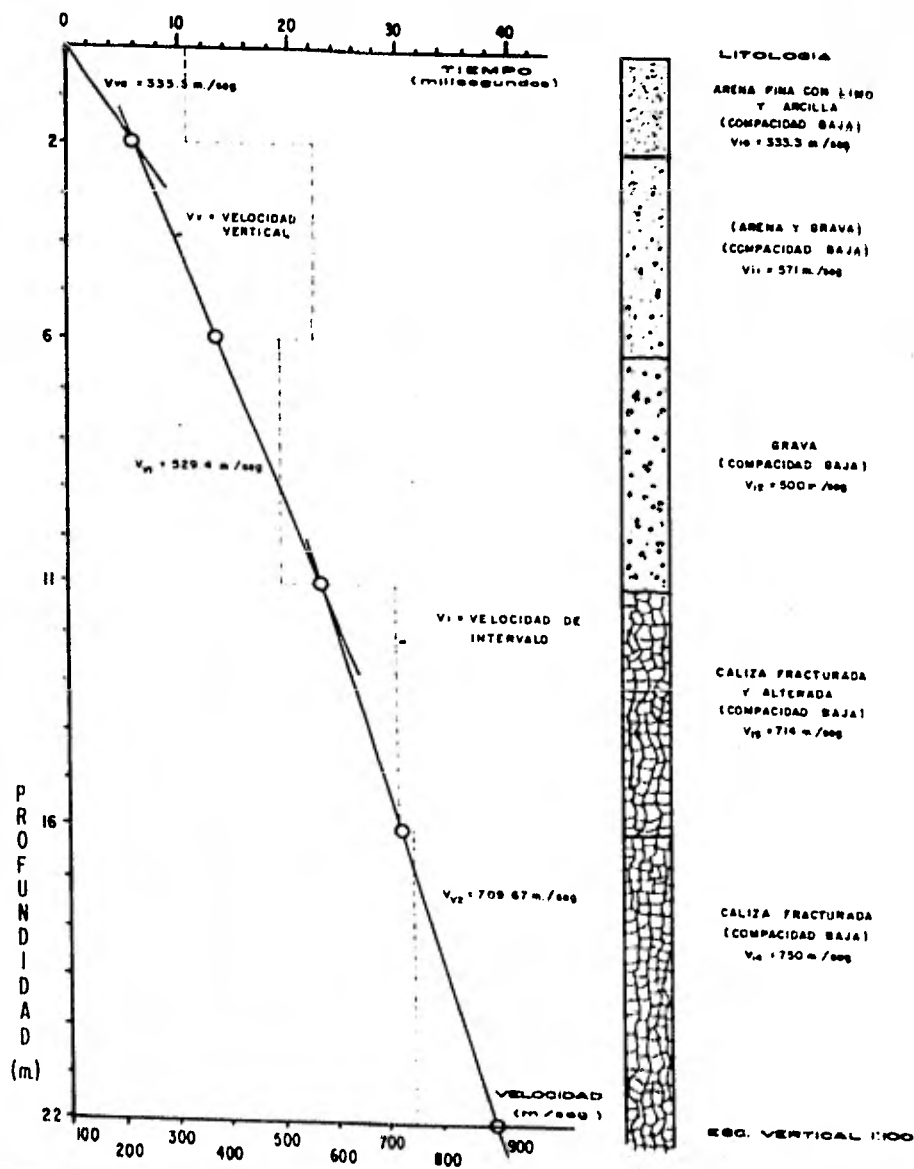


FIG. 12

**BARRENO N° 20**  
**ANALISIS DE LOS REGISTROS ELECTRICO Y DE VELOCIDAD VERTICAL**

REGISTRO ELECTRICO				REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL				OBSERVACIONES
PROFUNDIDAD (mts.)	LITOLOGIA	(SP)PROMEDIO (M.V.)	RESIST. EQUIV. (OHM-m.)	PROFUNDIDAD (mts.)	LITOLOGIA	VELOCIDAD VERTICAL (APARENTE $\frac{m}{seg}$ )	VELOCIDAD DE INTERVALO (REAL $\frac{m}{seg}$ )	
2.80-4.70	caliche con arena fina	2	4	0.00-2.00	caliche con arena fina y lilma	$V_{v0} = 181.8$	$V_{i0} = 18$	MATERIAL SEDIMENTARIO DE ALTA PERMEABILIDAD Y BAJA COMPACIDAD - NO APTO PARA CIMEN- TACION.
4.70-5.00	lilma arenosa	6	6	2.00-5.00	arena fina con poco lilma	$V_{v1} = 333.3$	$V_{i1} = 333.3$	
5.00-6.95	arena fina	14	8	5.00-8.00	arena y grava	$V_{v2} = 1375.0$	$V_{i2} = 1500.0$	MATERIAL SEDIMENTARIO DE PERMEABILIDAD ALTA Y COMPACIDAD DE BAJA A MEDIA NO APTO PARA CIMENTACION.
6.95-9.90	grava y arena	3	19	8.00-10.50	grava y arena		$V_{i3} = 1250.0$	
9.90-11.00	grava con fragmentos de caliza	4	12					

FIG. 13

**BARRENO N° 14**  
**ANALISIS DE LOS REGISTROS ELECTRICO Y DE VELOCIDAD VERTICAL**

REGISTRO ELECTRICO				REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL				OBSERVACIONES
PROFUNDIDAD (mts)	LITOLOGIA	(SP)PROMEDIO (M.V)	RESIST. EQUIV. (OHM-m.)	PROFUNDIDAD (mts)	LITOLOGIA	VELOCIDAD VERTICAL (APARENTE $\frac{m}{seg}$ )	VELOCIDAD DE INTERVALO (REAL $\frac{m}{seg}$ )	
3.50—8.00	arena fina arcillosa	8	11	0.00—2.00	arena fina con limo y arcilla	$V_{10} = 333.3$	$V_{10} = 333.3$	MATERIAL SEDIMENTARIO DE ALTA PERMEABILIDAD Y BAJA COMPACIDAD NO APTO PARA CIMEN- TACION
8.00—14.50	grava y arena	18	14	2.00—5.00	arena y grava	$V_{11} = 529.00$	$V_{11} = 571.00$	
14.50—19.25	caliza fracturada (bloques)	22	24	5.00—11.00	grava		$V_{12} = 500.00$	
19.25—20.50	caliza poca fracturada	14	14	11.00—16.00	caliza fracturada y alterada		$V_{13} = 714.00$	
20.50—23.00	caliza fracturada	no definido	20	16.00—22.00	caliza fracturada	$V_{14} = 709.60$	$V_{14} = 750.00$	

FIG. 14

**BARRENO N° 16  
REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL**

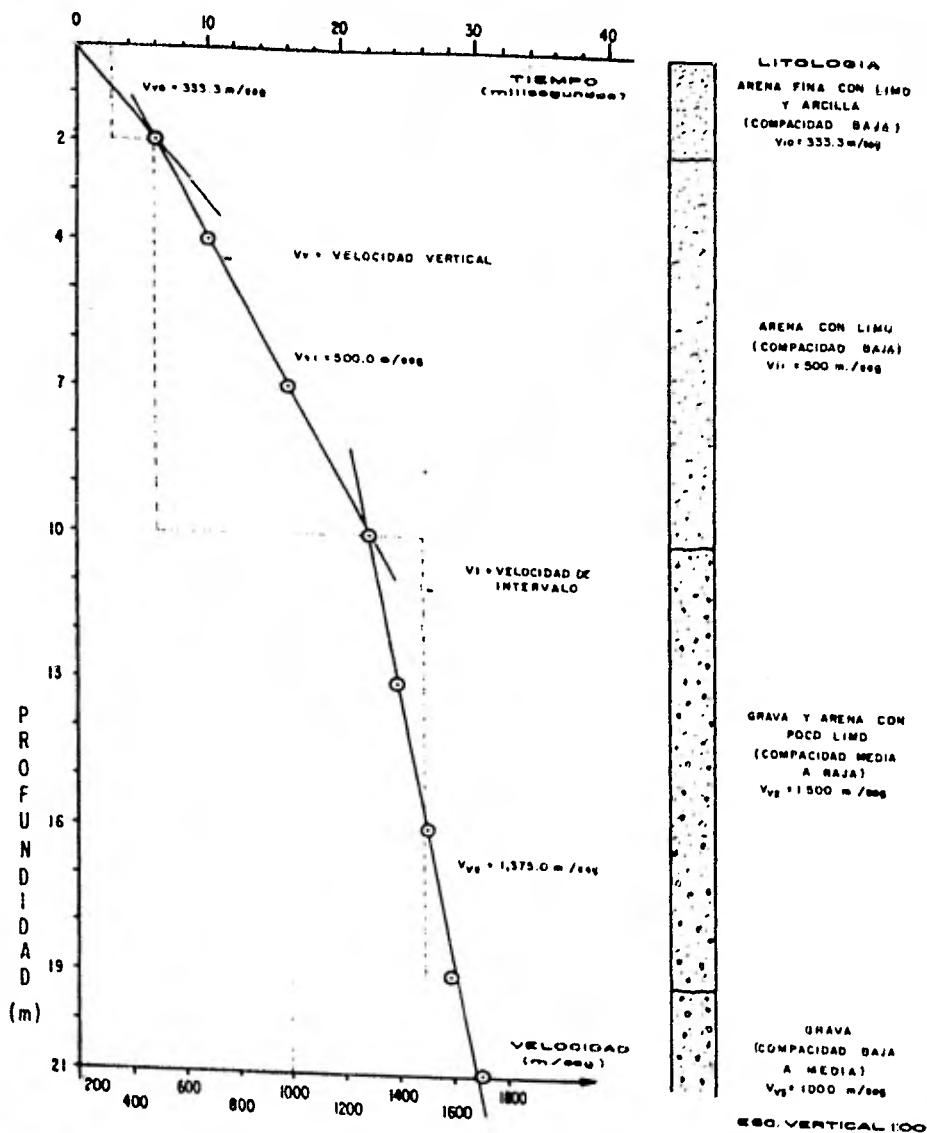


FIG. 15

**BARRENO N° 90  
REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL**

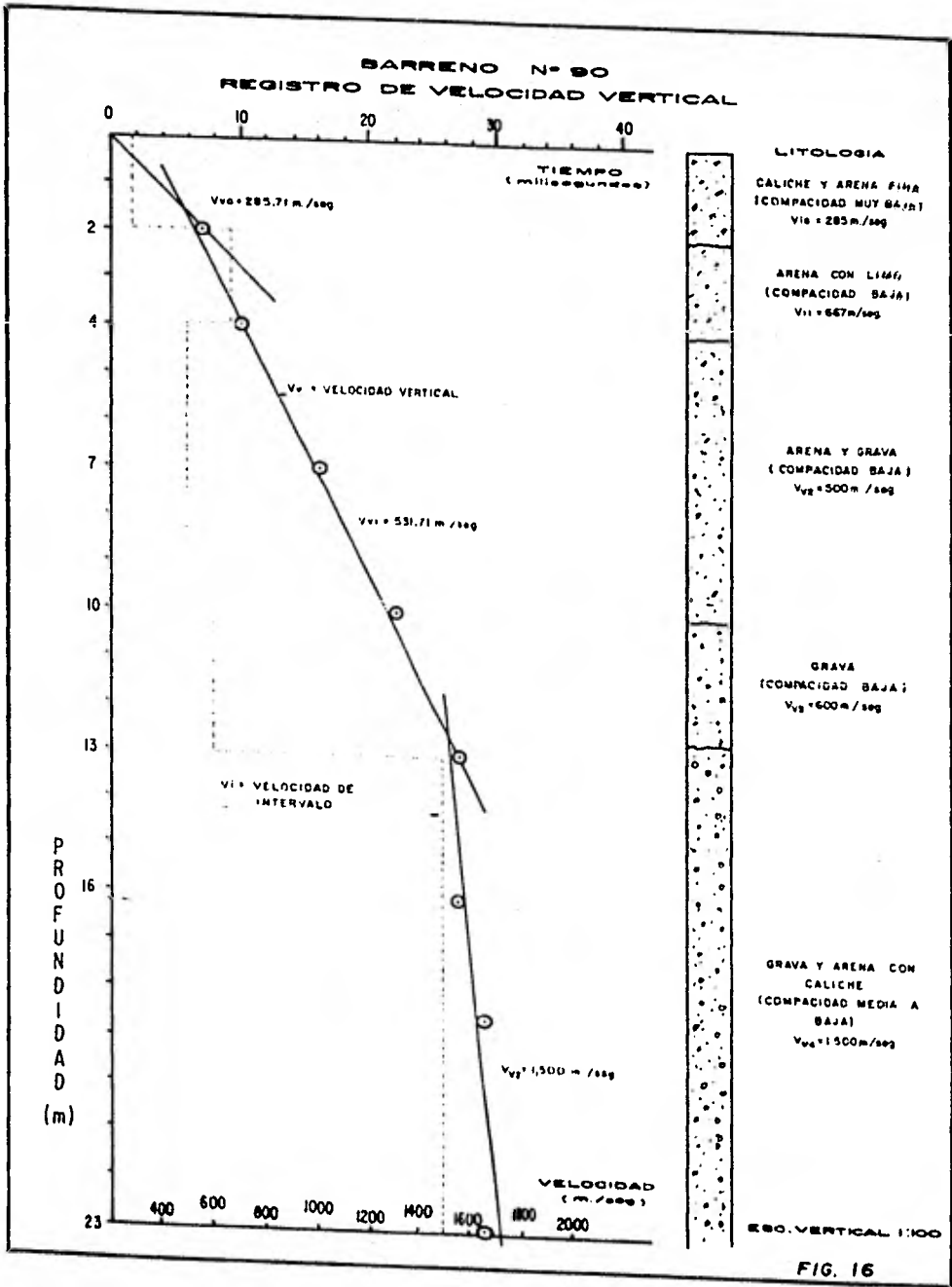


FIG. 16



**BARRENO N° 16**  
**ANALISIS DE LOS REGISTROS ELECTRICO Y DE VELOCIDAD VERTICAL**

REGISTRO ELECTRICO				REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL				OBSERVACIONES
PROFUNDIDAD (mts)	LITOLOGIA	(SP) PROMEDIO (M.V.)	RESIST. EQUIV. (OHM - m.)	PROFUNDIDAD (mts)	LITOLOGIA	VELOCIDAD VERTICAL (APARENTE $\frac{m}{seg}$ )	VELOCIDAD DE INTERVALO (REAL $\frac{m}{seg}$ )	
10.50-11.20	limo con arena fina	2	12	0.00-2.00	arena fina con limo y arcilla	$V_{10} = 333.3$	$V_{10} = 333.3$	MATERIAL SEDIMENTARIO DE ALTA PERMEABILIDAD Y BAJA COMPACIDAD NO APTO PARA CIMENTA- CION.
11.20-12.60	arena	7	13	2.00-10.00	arena con limo	$V_{11} = 500.0$	$V_{11} = 500.0$	
12.60-13.30	arena fina y limo	3	12	10.00-19.00	grava y arena	$V_{12} = 1375.0$	$V_{12} = 1500.0$	
13.30-13.65	arena fina limosa	2	13	19.00-21.00	grava .		$V_{13} = 10000$	
13.65-14.85	limo arenoso	1	11					MATERIAL SEDIMENTARIO DE PERMEABILIDAD ALTA Y DE COMPACIDAD BAJA A MEDIA NO APTO PARA CIMENTACION
14.85-15.10	arena	5	12					
15.10-17.10	limo arenoso	3	17					
17.10-18.00	grava con arena	5	19					
18.00-18.50	limo arenoso	3	13					
18.50-19.20	grava con arena	6	17					
19.20-21.30	grava con arena y limo	4	19					
21.30-22.80	grava con arena	5	28					

FIG. 17

**BARRENO N° 90**  
**ANALISIS DE LOS REGISTROS ELECTRICO Y DE VELOCIDAD VERTICAL**

REGISTRO ELECTRICO				REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL				OBSERVACIONES
PROFUNDIDAD (mts.)	LITOLOGIA	(SP) PROMEDIO (M.V)	RESIST. EQUIV. (OHM-m.)	PROFUNDIDAD (mts.)	LITOLOGIA	VELOCIDAD VERTICAL (APARENTE $\frac{m}{seg}$ )	VELOCIDAD DE INTERVALO (REAL $\frac{m}{seg}$ )	
10.00-11.75	arena con caliche	1.2	55.8	0.00-2.00	caliche y arena fina	$V_{v0} = 285.7$	$V_{i0} = 285.0$	
11.75-14.25	lima arenosa con caliche	LINEA BASE	55.0	2.0-4.00	arena con limo	$V_{v1} = 531.4$	$V_{i1} = 667.0$	
14.25-16.95	grava y arena con carbonatos	0.8	80.0	4.0-10.0	arena y grava		$V_{i2} = 500.0$	
16.95-18.10	grava y arena	1.8	51.0	10.0-13.0	grava		$V_{i3} = 600.0$	
18.10-21.26	grava y arena con caliche	1.2	50.0	13.0-23.0	grava y arena con caliche		$V_{v2} = 1500.0$	$V_{i4} = 1500.0$
21.26-21.80	grava y arena con carbonatos	0.6	60.0					
21.80-22.55	arena y grava	1.2	43.0					
22.55-24.00	grava y arena con caliche	0.4	62.0					

\* MATERIAL SEDIMENTARIO DE MEDIA PERMEABILIDAD Y DE MEDIA COMPACIDAD POSIBLEMENTE APTO PARA CIMENTACION.

FIG. 18

**BARRENO N° 01**  
**REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL**

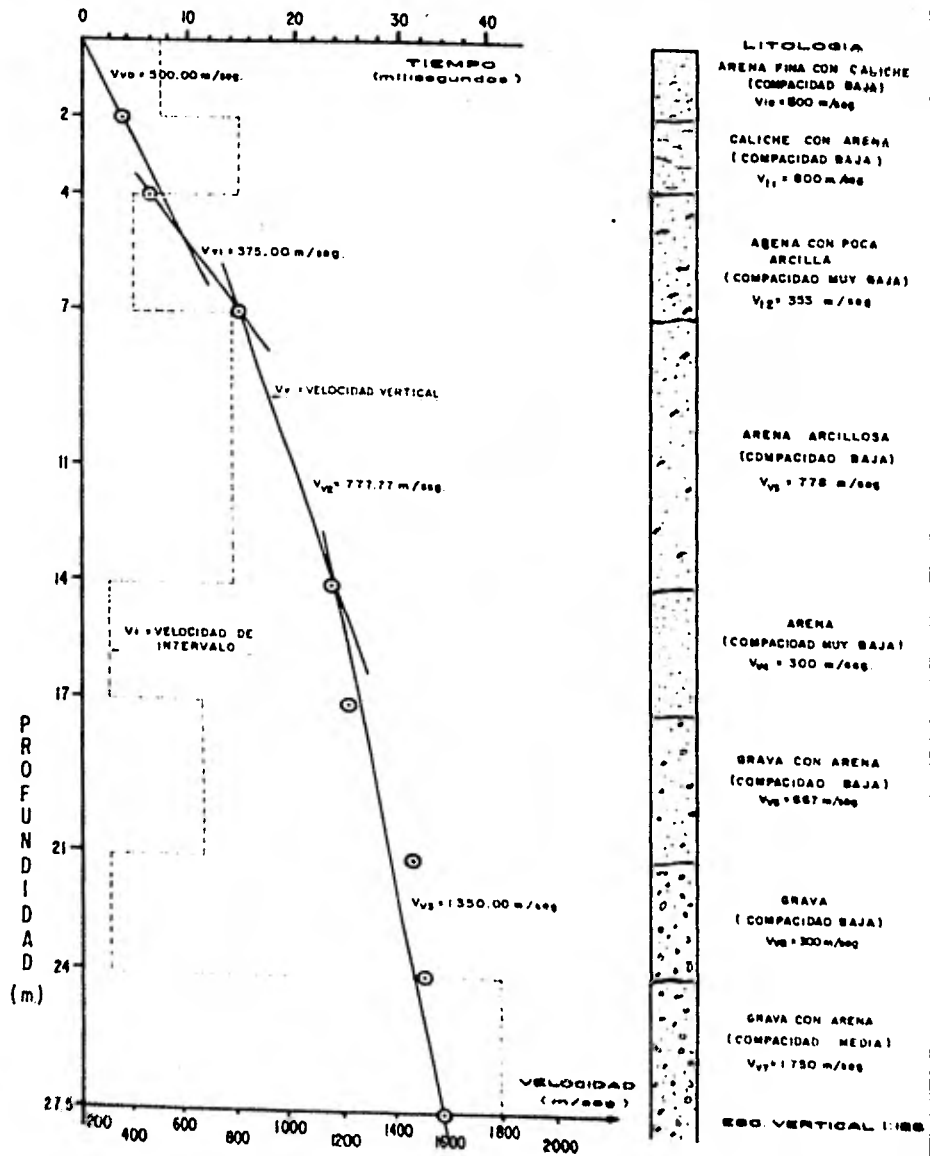


FIG. 19

**BARRENO N° 3  
REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL**

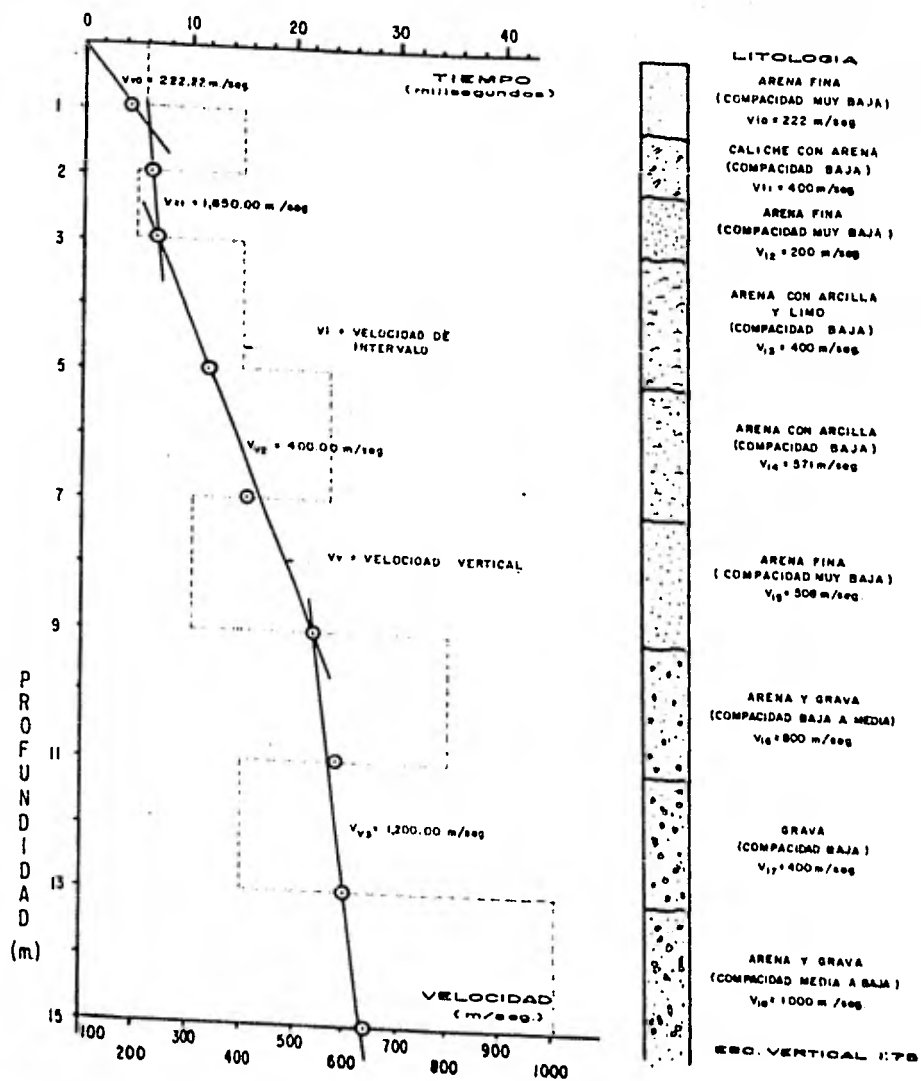


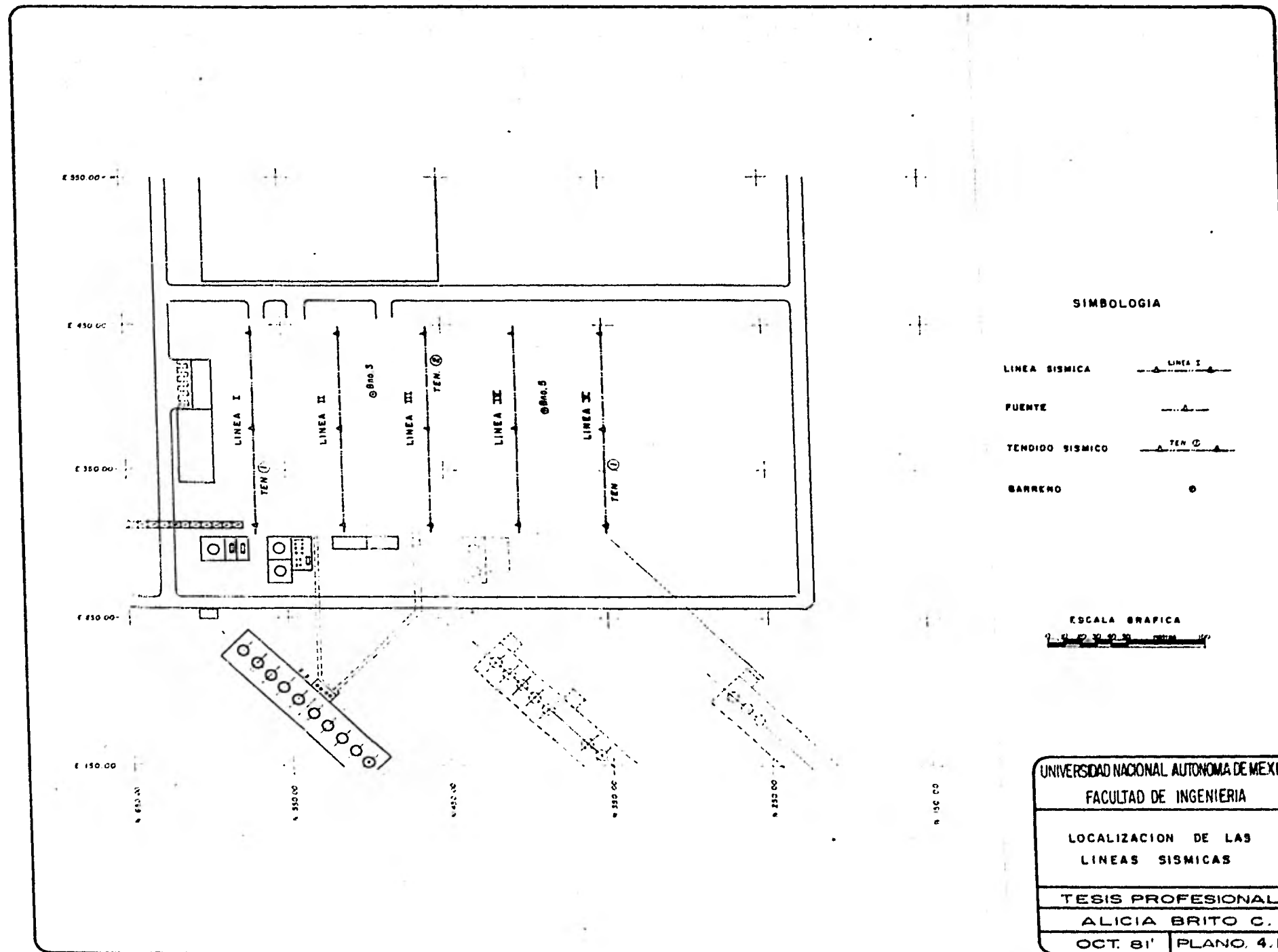
FIG. 20

**BARRENO N° 91**  
**ANALISIS DE LOS REGISTROS ELECTRICO Y DE VELOCIDAD VERTICAL**

REGISTRO ELECTRICO				REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL				OBSERVACIONES	
PROFUNDIDAD (mts)	LITOLOGIA	(SP) PROMEDIO (M.V)	RESIST. EQUIV. (OHM-m)	PROFUNDIDAD (mts)	LITOLOGIA	VELOCIDAD VERTICAL (APARENTE $\frac{m}{seg}$ )	VELOCIDAD DE INTERVALO (REAL $\frac{m}{seg}$ )		
10.30-11.10	arena fina	3	19	0.00-2.00	arena fina con caliche	} $V_{90} = 500.0$	$V_{10} = 500.0$	MATERIAL SEDIMENTARIO DE ALTA PERMEABILIDAD Y DE BAJA COMPACIDAD NO APTO PARA CIMENTACION.	
11.10-14.00	arena fina arcilloso	LINEA BASE	13	2.00-4.00	caliche con arena		$V_{11} = 800.0$		
14.00-18.90	arena fina con limo	2	22	4.00-7.00	arena con poca arcilla	$V_{14} = 375.0$	$V_{18} = 353.0$		
18.90-19.50	arcilla con arena	LINEA BASE	12.4	7.00-14.00	arena con arcilla	$V_{18} = 777.7$	$V_{19} = 778.0$		
19.50-19.90	arena	4	21	14.00-17.00	arena fina	} $V_{90} = 1350.0$	$V_{19} = 300.0$		
19.90-24.00	arena fina con arcilla y grava	2	22	17.00-21.00	grava con arena		$V_{19} = 667.0$		* MATERIAL SEDIMENTARIO DE MEDIA PERMEABILIDAD Y DE MEDIA COMPACIDAD POSIBLEMENTE APTO PARA CIMENTACION. FIG. 21
24.00-27.87	arena con grava	3	21	21.00-24.00	grava		$V_{24} = 300.0$		
27.87-28.50	grava con arena	5	28	24.00-27.50	grava con arena		$V_{27} = 1750.0$		

**BARRENO N° 3**  
**ANALISIS DE LOS REGISTROS ELECTRICO Y DE VELOCIDAD VERTICAL**

REGISTRO ELECTRICO				REGISTRO DE VELOCIDAD VERTICAL				OBSERVACIONES
PROFUNDIDAD (mts)	LITOLOGIA	(SP) PROMEDIO (MV)	RESIST. EQUIV. (OHM-m)	PROFUNDIDAD (mts)	LITOLOGIA	VELOCIDAD VERTICAL (APARENTE $\frac{m}{seg}$ )	VELOCIDAD DE INTERVALO (REAL $\frac{m}{seg}$ )	
3.00 - 4.49	arena fina	8	11	0.00 - 1.00	arena fina	$V_{90} = 222.2$	$V_{10} = 222.2$	MATERIAL SEDIMENTARIO DE ALTA PERMEABILIDAD Y BAJA COMPACIDAD - NO APTO PARA CIMENTACION.
4.49 - 16.35	arena fina con arcilla	5	18	1.00 - 2.00	caliche con arena	$V_{11} = 1650.0$	$V_{11} = 400.0$	
16.35 - 18.45	grava con arena	5	32	2.00 - 3.00	arena fina		$V_{11} = 200.0$	
18.45 - 19.10	grava con arena y arcilla	3	22	3.00 - 5.00	arena con arcilla	$V_{12} = 400.0$	$V_{13} = 400.0$	
19.10 - 20.40	grava y arena	4	30	5.00 - 7.00	arena con arcilla		$V_{14} = 571.0$	
20.40 - 27.00	grava con arena y arcilla	1	20	7.00 - 9.00	arena fina		$V_{15} = 808.0$	
27.00 - 27.65	grava y arena	3	29	9.00 - 11.00	arena y grava	$V_{16} = 1200.0$	$V_{16} = 800.0$	MATERIAL SEDIMENTARIO DE PERMEABILIDAD ALTA Y COMPACIDAD DE MEDIA A BAJA NO APTO PARA CIMENTACION. FIG. 22
27.65 - 28.50	grava con arena y arcilla	2	18	11.00 - 13.00	grava		$V_{17} = 400.0$	
28.50 - 29.00	grava y arena	4	29	13.00 - 15.00	arena y grava		$V_{18} = 1000.0$	



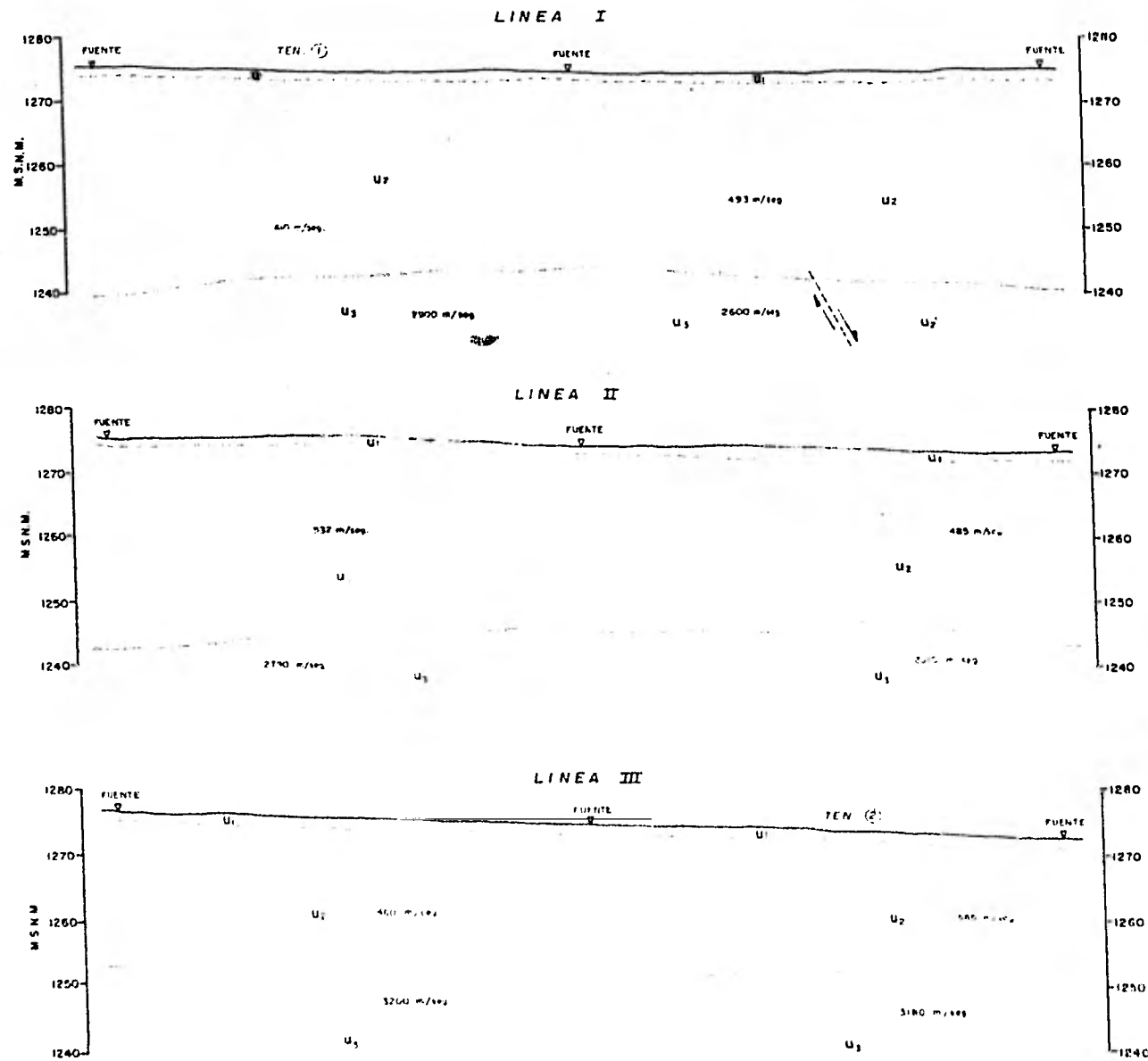
**SIMBOLOGIA**

- LINEA SISMICA      — LINEA I —
- FUENTE              — A —
- TENDIDO SISMICO    — TEN I —
- BARRENO             ○

**ESCALA GRAFICA**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 LOCALIZACION DE LAS LINEAS SISMICAS  
 TESIS PROFESIONAL  
 ALICIA BRITO C.  
 OCT. 81' PLANO. 4.1



**SIMBOLOGIA**

- LINEA SISMICA I
- FUENTE
- VELOCIDAD DE PROPAGACION 610 m/seg
- CONTRASTE ELASTICO 493 m/seg  
2702 m/seg
- TENDIDO SISMICO TEN (D)
- FALLA NORMAL INFERIDA
- CALICHE CON ARENAS Y ARCILLAS U<sub>1</sub>
- GRAVAS Y ARENAS ARCILLOSAS CON LIMOS U<sub>2</sub>
- GRAVAS Y ARENAS U<sub>2</sub>
- CALIZA POCO ALTERADA U<sub>3</sub>

**ESCALA GRAFICA**

HORIZONTAL Y VERTICAL

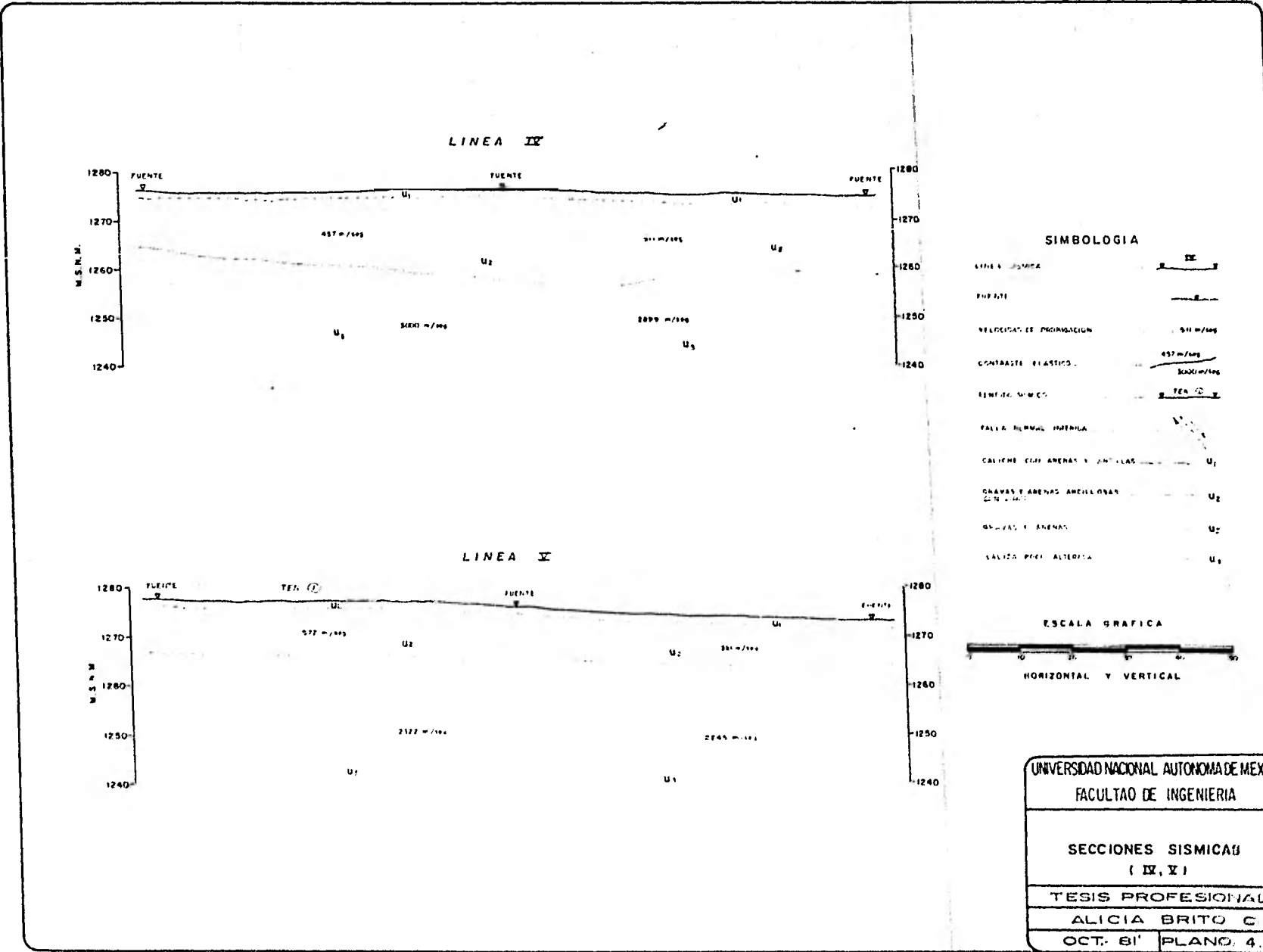
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA

SECCIONES SISMICAS  
 ( I, II, III )

TESIS PROFESIONAL  
 ALICIA BRITO C.

OCT. 81 | PLANO 4.2





**RESULTADOS DE LAS CONDICIONES GEOMECANICAS  
DE LA LINEA I TENDIDO N° 1**

UNIDAD GEOFISICA	LITOLOGIA	CONTRASTES ELASTICOS	CARACTERISTICAS			GEOMECANICAS	
			$\rho$ gr/cm <sup>3</sup>	$\sigma$	$\mu$ Kg/cm <sup>2</sup>	E Kg/cm <sup>2</sup>	K Kg/cm <sup>2</sup>
U <sub>2</sub>	Gravas y Arenas Arcillosas	V <sub>L</sub> = 610.0 m/seg  V <sub>T</sub> = 335.0 m/seg	1.8	0.285	2,061.2	5,297.5	4,106.5
U <sub>3</sub>	Caliza poco alterada	V <sub>L</sub> = 2,900.0 m/seg  V <sub>T</sub> = 1,696.0 m/seg	2.0	0.240	58,702.0	145,581.0	93,321.0

FIG. 25

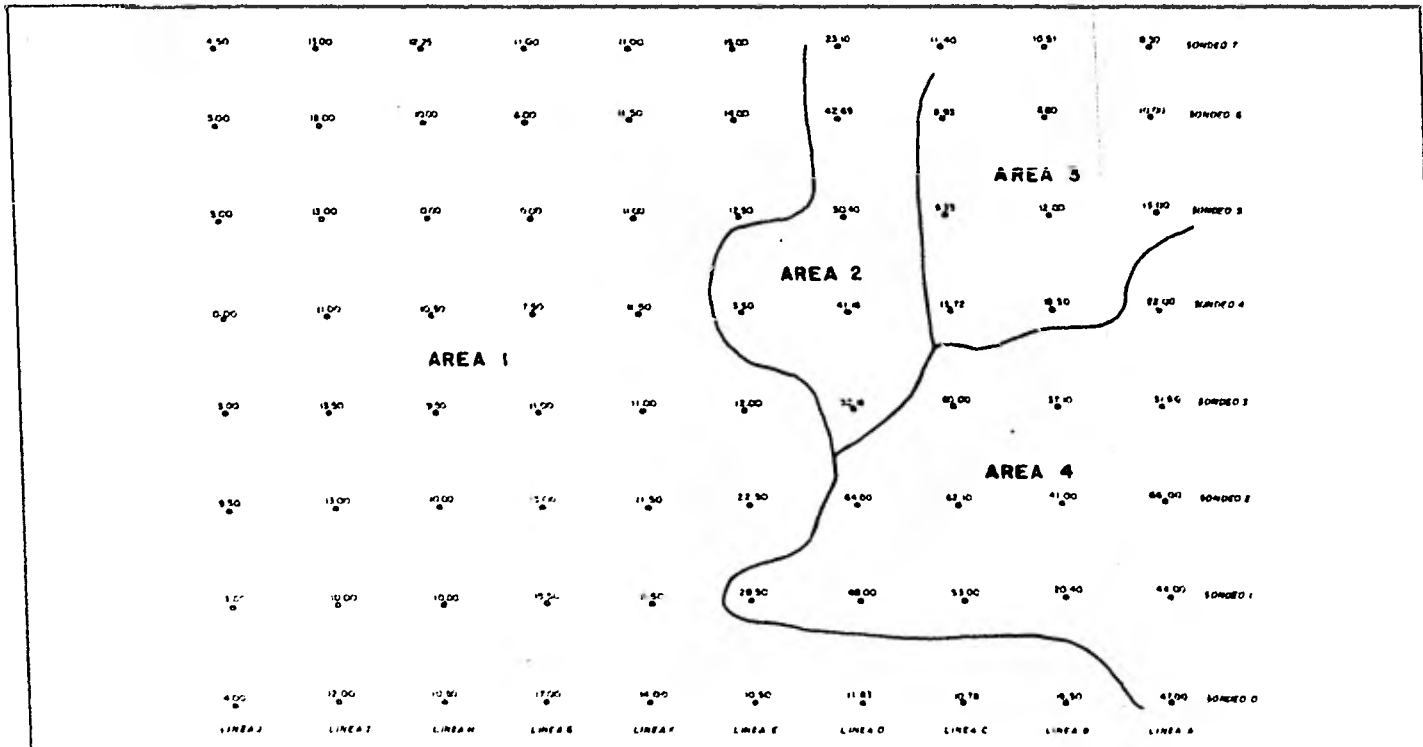
**RESULTADOS DE LAS CONDICIONES GEOMECAICAS  
DE LA LINEA III TENDIDO N°2**

UNIDAD GEOFISICA	LITOLOGIA	CONTRASTES ELASTICOS	CARACTERISTICAS		GEOMECAICAS		
			$\rho$ gr/cm <sup>3</sup>	$\sigma$	$\mu$ Kg/cm <sup>2</sup>	E Kg/cm <sup>2</sup>	K Kg/cm <sup>2</sup>
U <sub>2</sub>	Gravas y Arenas Arcillosas	V <sub>L</sub> = 585 m/seg  V <sub>T</sub> = 314 m/seg	1.8	0.298	1811.0	4,701.3	3,879.0
U <sub>3</sub>	Caliza poco alterado	V <sub>L</sub> = 3,180.0 m/seg  V <sub>T</sub> = 1836.0 m/seg	2.0	0.25	68,794.0	171,984.0	114,656.0

**RESULTADOS DE LAS CONDICIONES GEOMECANICAS  
DE LA LINEA V TENDIDO N° 1**

UNIDAD GEOFISICA	LITOLOGIA	CONTRASTES ELASTICOS	CARACTERISTICAS		GEOMECANICAS		
			$\rho$ gr/cm <sup>3</sup>	$\sigma$	$\mu$ Kg/cm <sup>2</sup>	E Kg/cm <sup>2</sup>	K Kg/cm <sup>2</sup>
U <sub>2</sub>	Grovas y Arenas Arcillosas	V <sub>L</sub> = 572.0 m/seg V <sub>T</sub> = 3060 m/seg	1.8	0.3	1,720.0	4,472.0	3,726.0
U <sub>1</sub>	Caliza poca alterada	V <sub>L</sub> = 2,232.0 m/seg V <sub>T</sub> = 1,305.5 m/seg	2.0	0.24	34,809.0	86,326.0	55,337.0

FIG. 27



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 AREAS ALTERNATIVAS  
 PARA CIMENTACION  
 TESIS PROFESIONAL  
 ALICIA BRITO C.  
 OCT. 81 PLANO. 5 I