

14  
2<sup>a</sup> Gen



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**“FRONTERAS HIDROGEOLOGICAS DEL  
SISTEMA ACUIFERO DEL VALLE DE  
VILLA DE REYES, EN EL ESTADO  
DE SAN LUIS POTOSI .”**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO GEOLOGO**

**P R E S E N T A :**

**María Estela Oropeza Ortiz**



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 está 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

### I.- INTRODUCCION

- 1.1 EL DESARROLLO ACTUAL DE LA GEOHIDROLOGIA EN MEXICO
  - a) El problema en la Mesa Central de México
  - b) El problema en el Valle de Villa de Reyes
- 1.2 ANTECEDENTES
- 1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO
- 1.4 METODOLOGIA DEL TRABAJO

### II.- DESCRIPCION GENERAL DEL AREA

- 2.1 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO
- 2.2 CLIMA
- 2.3 TIPOS DE SUELO
- 2.4 TIPOS DE VEGETACION
- 2.5 USO DEL AGUA EN EL VALLE

### III.- GEOLOGIA GENERAL

- 3.1 FISIOGRAFIA
- 3.2 HIDROGRAFIA
- 3.3 ESTRATIGRAFIA
- 3.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL
- 3.5 GEOLOGIA HISTORICA

### IV.- HIDROGEOLOGIA DEL VALLE DE VILLA DE REYES

- 4.1 UNIDADES HIDROGEOLOGICAS
  - a) Descripción
  - b) Distribución superficial
  - c) Secciones geológicas
- 4.2 SISTEMAS ACUIFEROS EN EL VALLE DE VILLA DE REYES
- 4.3 CARACTERISTICAS CUALITATIVAS DE LAS FRONTERAS HIDROGEOLOGICAS
  - a) Fronteras laterales y horizontales del acuífero superior
  - b) Fronteras laterales y horizontales del acuífero profundo

4.4 INTERPRETACION CUANTITATIVA DEL SISTEMA ACUIFERO

- a) Evolución piezométrica del acuífero
- b) Pruebas de bombeo

4.5 DETERMINACION DEL CARACTER DE LAS FRONTERAS LATERALES Y HORIZONTALES DE LOS ACUIFEROS.

V.- CONSIDERACIONES HIDROGEOLOGICAS DEL MODELO MATEMATICO DEL VALLE DE VILLA DE REYES.

5.1 DESCRIPCION DE LAS APROXIMACIONES DEL MODELO MATEMATICO Y CONCLUSIONES DE ESTE ESTUDIO.

5.2 DISCUSION DE LA MEJOR APLICACION DEL MODELO MATEMATICO

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VII.- REFERENCIAS CITADAS

## I.- INTRODUCCION

### 1.1 EL DESARROLLO ACTUAL DE LA GEOHIDROLOGIA EN MEXICO.

#### a) El problema en la Mesa Central

El agua subterránea en México, constituye el recurso hidráulico más importante del país, dado que las regiones áridas y semiáridas cubren más del 60% del territorio, motivo por el cual su extracción se ha llevado a cabo en forma intensiva.

El creciente desarrollo de los centros de población es responsable de la utilización cada vez más intensa del precipitado líquido. En la Mesa Central la localización geográfica, la climatología y las características geológicas, son factores que controlan en gran medida el potencial de los acuíferos explotados. Adicionalmente el desarrollo demográfico, agrícola e industrial, ha hecho necesario incrementar las extracciones, de manera que los niveles piezométricos se han visto fuertemente afectados.

#### b) El problema en el Valle de Villa de Reyes.

La Comisión Federal de Electricidad, en su afán por cubrir las demandas de energía eléctrica, actualmente construye una Central Termoelectrica en el Valle de Villa de Reyes (fig.No.1), localizada al sur de la Ciudad de San Luis Potosí. La Central Termoelectrica (C.T.) utilizará durante un período de 30 años, a partir de 1985, un caudal de 500 l/s.

El crecimiento económico-social y agrícola, en el Valle de Villa de Reyes, ha ocasionado un incremento en la demanda de agua, la cual ha sido satisfecha casi en su totalidad por el agua subterránea. La carencia de una política adecuada de extracción ha dado origen al abatimiento continuo de los niveles piezométricos.

Mediante el censo de aprovechamientos realizados por la C.F.E. (Residencia de Geohidrología en S.L.P.) se determinó que de los pozos someros, el 80% es usado con fines agrícolas, el 10% en actividades domésticas y el resto con fines varios, los pozos profundos son usados principalmente para fines industriales y en algunos casos con fines agrícolas (El jardín) y recreativos (Cogorrón).

La extracción actual de agua subterránea, aunado a los requerimientos de la C.T. podrían afectar considerablemente a el sistema acuífero del valle.

## 1.2 ANTECEDENTES.

El primer estudio efectuado en el Valle de Villa de Reyes, fué "La Carta Geohidrológica Provisional de la Cuenca de S.L.P." (Stretta) en 1961. Posteriormente en 1972 fué elaborado el "Informe Final del Estudio Geohidrológico de las Cuenas de S.L.P. y Villa de Reyes" (Hidrotec).

El estudio "Abastecimiento de Agua Subterránea para el Anteproyecto Planta Termoelectrica S.L.P." (C.F.E.) se efectuó en 1979, y en seguida se realizó el -- "Estudio Geohidrológico Preliminar de la Zona Jaral de Berrios, Gto." (Geohidrológica Mexicana) en 1980.

Finalmente en 1983 se elaboró el estudio denominado "Un Modelo Matemático de - Computación del Acuífero de Villa de Reyes, S.L.P. para el análisis de Abastecimientos de Agua Subterránea a la Central Termoelectrica San Luis Potosí" (Hidrolegro).

## 1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO.

El principal objetivo del estudio es la determinación de las fronteras hidrogeológicas laterales y horizontales del sistema acuífero del Valle de Villa de Reyes, que es una condición estrictamente necesaria para la resolución analítica o numérica del funcionamiento geohidrológico del sistema acuífero en estudio, ya que el flujo de agua subterránea está expresada en ecuaciones diferenciales parciales y estas requieren para su resolución las condiciones de frontera.

Otro de los objetivos es definir el comportamiento del sistema acuífero, apoyado por geología, hidrogeología, piezometría, perforaciones exploratorias C.F.E. y registros geofísicos.

El estudio del comportamiento de un sistema acuífero, requiere de un modelo -- que relacione las causas (recarga y descarga) con los efectos (evoluciones piezométricas), y las parámetros que ligan unos y otros, son las características físicas e hidrogeológicas. Dentro de los objetivos está el de efectuar una comparación de las aproximaciones del Modelo Matemático de Villa de Reyes y las conclusiones de este estudio, para la mejor aplicación del Modelo Matemático.

## 1.4 METODOLOGIA DEL TRABAJO.

A efectos de lograr el objetivo planteado, se han realizado diferentes estudios dentro de los, que cabe señalar.

- 1.- Estudio de las características hidrogeológicas de las rocas aflorantes.
- 2.- Estudio de las unidades hidrogeológicas en el subsuelo, mediante métodos directos y métodos indirectos.
- 3.- Análisis de secciones geológicas.
- 4.- Análisis de pruebas de bombeo.
- 5.- Análisis de la potenciometría y red de flujo subterráneo.
- 6.- Correlación y comparación entre las aproximaciones del Modelo Matemático y este estudio.

## II.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA.

### 2.1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El área de estudio se encuentra ubicada en el Valle de Villa de Reyes-Jaral de Berrios, que se localiza en la porción sur del Estado de San Luis Potosí y la porción norte del Estado de Guanajuato (fig.No.1) y queda comprendida entre los paralelos 21°30' y 22°00' de latitud norte y los meridianos 100°50' y --- 101°10' de longitud Oeste de Greenwich.

Los centros de población más importantes de la zona de estudio son: Villa de Reyes, S.L.P. y Jaral de Berrios, Gto. La principal vía de comunicación es la Carretera Federal No.57 México-Piedras Negras, donde en el km. 25 de su tramo San Luis Potosí-Queretaro, entronca la Carretera Estatal que cruza el área de estudio en dirección norte a sur, además de un sistema de caminos secundarios de terracería y brechas transitables durante todo el año. Las vías de ferrocarril cruzan el área de estudio de norte a sur. Los Principales poblados cuentan con comunicación telefónica, telegráfica y correos.

### 2.2 CLIMA.

De acuerdo a la clasificación climática elaborado por W. Koppen y modificada por E. García (referencia 11), el clima del área de estudio se clasifica como del tipo seco estepario (BS), dividiéndose en los subtipos (fig.No.2).

BS, (h')w" (e)g: Clima semiseco estepario, el más húmedo de los semisecos, muy cálido con régimen de lluvias en verano, canícula y extremo. Afecta a el Valle de Villa de Reyes.

BS, Kw(w) (e)g: Clima semiseco estepario, el más húmedo de los semisecos, templado con verano cálido con régimen de lluvias en verano y escaso porcentaje de lluvia invernal, extremo y la temperatura del mes más calido se presenta antes del solsticio de verano. Afecta a las serranías que rodean el Valle de Villa de Reyes.

En general el clima ha sido clasificado como de tipo semiárido (referencia 8) con una temperatura media anual que oscila entre 17°C y 20°C con máximos de 38°C y mínimos de -5°C. La precipitación media anual es del orden de 420 mm. y se presenta durante los meses de enero, febrero y marzo. La evaporación potencial anual es del orden de 1930 mm (referencia 8).



### 2.3 TIPOS DE SUELO.

El Valle de Villa de Reyes contiene una gran variedad de suelos por lo que su clasificación está basada en las Cartas Edafológicas de De.Ge.Ge.Te.Nal. (Dirección General de Geografía del Territorio Nacional).

En general dentro del área se presentan 4 clases de suelos, las cuales se describen a continuación:

**LISOTOL.-** Suelos del grupo Azoval los cuales presentan una morfología no muy bien definida y consisten de una masa de fragmentos de roca consolidada, interperizadas en forma incompleta, se encuentran en lugares de pendientes muy empinadas. Son suelos de menos de 10 cm. de espesor no son aptas para cultivo y sólo se utilizan para pastoreo. Se presentan en las partes altas de las sierras de San Miguelito y Santa María.

**XEROSOL.-** Suelos comunes de regiones áridas de textura media su fertilidad varía de acuerdo a sus fases físicas y químicas las que pueden ser aprovechadas en agricultura con disponibilidad de agua de buena calidad. Se encuentran distribuido solo en los extremos N y S del Valle.

**FECZEM.-** Suelos con horizonte mólico presentándose el subgrupo Háptico al que puede presentar horizonte Cámbico, su fertilidad va de moderada a alta. Se distribuye en la parte central del Valle.

**FLUVISOL.-** Suelos de origen aluvial reciente muy variable en su fertilidad ya que esta depende del clima, en el área se presentan muy ricos en nutrientes. Se encuentran sobre los arroyos captados por presas y embalses.

### 2.4 TIPOS DE VEGETACION.

El tipo de vegetación existente en el Valle en general es de tipo, xerofítico en su mayoría son nopales, órganos, pitahayas, garambullos, ágaves, yucas y bayonetas, los cuales son típicos de regiones áridas.

Conforme a un reconocimiento de campo, recolección de muestras e información recopilada (Rzedowski, 1961), se localizaron dentro del área cuatro tipos principales de vegetación los que son definidos por las diferencias de altitud, clima, rocas y tipos de suelo. Cabe mencionar que la mayor parte del terreno es ocupado por áreas de cultivo donde se siembra temporalmente, maíz, chile, frijol y alfalfa principalmente.

Los diferentes tipos son:

**MATORRAL DESERTICO MICROFILO.-** Propio de terrenos planos y partes inferiores -

de los cerros caracterizado por un clima árido, se desarrolla en suelos de origen aluvial pobres en materia orgánica. Las especies predominantes son Mezquite, Maquey, Nopal, Gobernadora y Bisnaga.

MEZQUITAL EXTRADESERTICO.- Ocupa los terrenos planos o poco inclinados caracterizados por un suelo profundo de climas áridos donde la falta de precipitación es compensada por un nivel freático permanente o temporal al alcance de las raíces de la especie predominante, moderadamente ricos en materia orgánica. Las especies predominantes son: Mezquite, Huizache, Granjeno, Coyonostle.

MATORRAL CRASICAULE.- Se desarrolla sobre laderas de cerros riolíticos y basálticos y sobre los abanicos aluviales situados en su base, los suelos son por lo general someros y arenosos. Las especies predominantes son: Nopal, Garambullo y Maquey.

ZACATAL.- Se desarrolla sobre suelos inmaduros poco profundos de las laderas de los cerros.

## 2.5 USO DEL AGUA DEL VALLE.

El Valle de Villa de Reyes, satisface sus demandas de agua para fines agrícolas, industriales y de abastecimiento, mediante el aprovechamiento combinado de sus recursos hidráulicos superficiales y subterráneos.

Esencialmente, la explotación del agua subterránea ha sido la que ha cubierto gran parte de la demanda; para el sector agropecuario los acuíferos superiores representan la fuente principal, mientras que para la industria, los acuíferos inferiores son del mismo orden.

El censo de aprovechamientos hidráulicos del Valle de Villa de Reyes, realizado por C.F.E. (Residencia de Geohidrología San Luis Potosí en 1984), reportó que la extracción del agua se hace a través de 563 aprovechamientos, de los cuales 371 son pozos, 187 norias y 5 manantiales. La profundidad de los pozos varía de 50 a 700 m. con diámetros de ademe que van de 6" hasta 16", columna de bombeo de 3" a 10" de diámetro y diámetros de descarga que varían de 1" a 10", la mayoría se encuentran ademados y equipados con bomba centrífuga y motores eléctricos y/o diesel.

La cuantificación de la extracción de agua subterránea en el Valle, aún está en discusión, debido a la falta de un control estricto. Los estudios realizados para cuantificar la extracción de agua subterránea, han llegado a los siguientes resultados:

EMPRESAEXTRACCION ANUAL

Hidrotec (1971)

 $30 \times 10^6 \text{ m}^3$ 

C.F.E. (1979)

 $35 \times 10^6 \text{ m}^3$ 

Geohidrología Mexicana (1980)

 $128 \times 10^6 \text{ m}^3$ 

Inst. Geol. Metal UASLP (1983)

 $124 \times 10^6 \text{ m}^3$ 

S.A.R.H. (1983)

 $150 \times 10^6 \text{ m}^3$

### III.- GEOLOGIA GENERAL

#### 3.1 FISIOGRAFIA.

El área de estudio queda comprendida dentro de la provincia fisiografica denominada "Mesa Central" (Raisz, 1959 fig.No.3) la cual se localiza en la porción central de la República Mexicana. Esta integrada por diferentes tipos litológicos, dentro de los que destacan las rocas igneas extrusivas y los materiales clásticos que rellenaron las cuencas intermontanas.

En el área se destacan dos elementos geomorfológicos importantes: El Valle de Villa de Reyes de forma ovalada y cuyo eje mayor tiene una longitud aproximada de 60 km. con una orientación de N40°E y con elevación media de 1850 m.s.n.m., este fué originado en el Terciario, como un graben relleno de clásticos y material volcánico. El otro elemento geomorfológico son las cadenas montañosas que limitan al Valle, en la porción NW destaca la Sierra de San Miguelito cuyas altitudes rebasan los 2600 m.s.n.m. y en la porción SE destaca la Sierra de Santa María, cuyas altitudes rebasan los 2400 m.s.n.m.

Geomorfológicamente, el Valle de Villa de Reyes, forma una sola unidad con el Valle de San Luis Potosí, puesto que la topografía no muestra relieve importante y no se observa un avenamiento definido.

#### 3.2 HIDROGRAFIA.

El área de estudio se localiza en la región hidrológica No.26 (referencia 10) denominada "Cuenca del bajo Río Panuco", formando una subcuenca exorreica que tiene su salida hacia el Río Altamira-Santa María (fig.No.4), el cual constituye los orígenes del Río Tampaón que es el principal afluente del Río Pánuco que desemboca al Golfo de México.

Las lluvias que se precipitan sobre el Valle de Villa de Reyes, escurren en forma intermitente por un sistema de arroyos, que se inician en las partes altas de las montañas con fuertes pendientes hasta llegar a las partes planas en donde se infiltran en terrenos permeables.

Hacia el oeste del Valle (referencia 8), existen 3 pequeñas cuencas endorreicas que juntas suman una área de 800 km<sup>2</sup>, en las cuales la precipitación se filtra en las rocas riolíticas bastante fracturadas. Las infiltraciones así producidas pueden en parte aportar cierto volumen a la cuenca en estudio.

El drenaje es de tipo rectangular regido por fallas y fracturas con densidades

mayores en las zonas montañosas y en sus estribaciones va disminuyendo la densidad, hasta perderse los cauces en el Valle por infiltración en terrenos permeables.

La corriente principal que drena el Valle es el Río Altamira-Santa María y --- atraviesa el área en dirección NW-NE, actualmente es de tipo intermitente.

Los arroyos que escurren de las sierras son controlados por presas y bordos cu yas áreas de embalse suman un total de 543.35 hectáreas (fig.No.7) (referencia B), siendo las más importantes las presas de San Bartolo, El Refugio y Ojo Caliente.

Este valle se encuentra artificialmente cerrado por la presa de Ojo Caliente - en la región del ejido de Pardo sobre el Río Altamira-Santa María.

### 3.3 ESTRATIGRAFIA.

La columna estratigráfica esta representada por rocas sedimentarias del Cretácico Superior, rocas ígneas extrusivas del Terciario, Conglomerados Terciarios y Conglomerados y Aluvión del Cuaternario (Plano No.1) a continuación se describen de la más antigua a la más reciente.

#### SISTEMA CRETACICO.

Formación Caracol (Ksc) Conaciano-Maestrichtiano.

Descrita originalmente por Imlay (1936) en la Sierra de Parras. Dentro de el área de estudio sólo existen pequeños afloramientos, consisten de una alternancia de lutitas ffsiles y areniscas de grano fino a medio, de color gris verdoso. Se presentan en estratos de 10 a 50 cm. de espesor y estan fuertemente ple gados, fracturados y afallados con relleno de material arcilloso y calcáreo en estos. Su espesor se desconoce ya que no aflora su base en el área.

Subyace discordantemente a la Formación Cenicera y a la Riolita Quelital. Representa un depósito regresivo de tipo flysh de aguas poco profundas.

#### SISTEMA TERCARIO.

Formación Cenicera (Tc) Paleoceno-Eoceno.

Descrita originalmente por Labarthe-Tristán (1979) en Villa de Reyes, donde aflora aisladamente, consiste de conglomerados poligmíticos, mal clasificados, con clastos de calizas, pedernal y areniscas de subredondeadas a subangulosas con una matriz arcillo-limosa, sé presentan pseudoestratificados. Su espesor - promedio (referencia 1) es de 80 m.

Sobreyace discordantemente a la Formación Caracol y subyace discordantemente a la Formación Quelital y a la Riodacita del Carmen, La Formación Cenicera fué datada por métodos palinológicos (Labarthe-SARR), correspondiendo al Paleoceno Eoceno. Estos conglomerados (referencia 2) son correlacionables con los conglomerados rojos de Guanajuato, Taxco y Zacatecas. Se depositaron en cuencas intermontañas aisladas, con poco arrastre.

Riolita Quelital (Trq) Oligoceno.

Descrita originalmente por Labarthe-Tristán (1979) en San Luis Potosí, aflora en las sierras al NW del Valle de Villa de Reyes, consiste de una ignimbrita de composición riolítica, de color rojizo con textura porfirítica eutaxítica, en una matriz microcristalina parcialmente desvitrificada. En general tiene una estructura columnar prismática. Su espesor promedio (referencia 1) es de 70 m. Sobreyace discordantemente a la Formación Caracol (con un vitrófido negro en el contacto) y subyace a la Riolita San Miguelito (con otro vitrófido). Por su posición estratigráfica (referencia 1) se le asigna una edad del Oligoceno Medio.

Riodacita del Carmen (Tro) Oligoceno.

Descrita informalmente por Labarthe-Tristán (1983) en Melchor, S.L.P. aflora en las sierras al SE del Valle de Villa de Reyes, consiste de un derrame lávico de composición riodacítica que se presenta como una roca de color gris a gris-rosáceo, de textura porfirítica con matriz totalmente desvitrificada. Su espesor promedio (referencia 1) es de 200 m.

Sobreyace a la Formación Cenicera y subyace a la Ignimbrita Santa María (con un vitrófido de 3 m.) también a la Traquita Ojo Caliente.

Ignimbrita Santa María (Tis) Oligoceno.

Descrita originalmente por Labarthe-Tristán (1980) en Santa María del Río, S.L.P. aflora en las sierras al SE del Valle de Villa de Reyes, consiste de una ignimbrita de color gris rosáceo, de textura porfirítica con fenocristales de cuarzo y sanidino. Se encuentra bien soldada con numerosos fragmentos de pómez. En general tiene una estructura columnar, con un espesor promedio (referencia 1) de 80 m.

Sobreyace discordantemente a la Formación Cenicera (con un vitrófido negro) y-

a la Riocita del Carmen. Subyace a la Traquita Ojo Caliente. Su edad (referencia 1) determinada por su posición estratigráfica se estima que pertenece a la parte inferior del Oligoceno.

#### Traquita Ojo Caliente (Toc) Oligoceno.

Descrita originalmente por Labarthe-Tristán (1980) en Santa María del Río, S.L.P. aflora en las serranías al SE del Valle de Villa de Reyes, consiste de un derrame lávico de composición traquítica rica en K. (referencia 1), que se presenta como una roca de color gris claro a café de textura microporfirítica con matriz desvitrificada y bandeamientos de flujo. En general tiene una estructura columnar con juntas verticales. Su espesor promedio (referencia 1) es de 180 m.

Sobreyace a la Ignimbrita Santa María con un contacto casi horizontal, subyace a la Latita Portezuelo, su edad debido a su posición estratigráfica (referencia 1) se estima del Oligoceno Medio.

#### Latita Portezuelo (Tlp) Oligoceno.

Descrita originalmente por Labarthe-Tristán (1978) en San Luis Potosí, aflora en el centro del valle y en las sierras NW del Valle de Villa de Reyes, consiste de un derrame lávico de composición (referencia 1) riocítica rica en K. Es una roca de color café grisáceo, de textura porfirítica con matriz afanítica, intemperiza haciéndose arenosa. Su espesor promedio (referencia 1) es de 300 m.

Sobreyace a la Traquita Ojo Caliente y subyace a la Riocita San Miguelito (con un vitrófido) también a los dos miembros de la Riocita Panalillo. Su edad determinada por el método de K/Ar (referencia 1) es de  $30.6 \pm 1.5$  millones de años que corresponde al Oligoceno Medio.

#### Riocita San Miguelito (Tsm) Oligoceno.

Descrita originalmente por Labarthe-Tristán (1978) en San Luis Potosí, aflora en las sierras al NW y SE del Valle de Villa de Reyes, se trata de un derrame lávico de composición (referencia 1) riolítica rica en K. Es una roca de color gris claro, textura porfirítica en matriz afanítica, totalmente desvitrificada con esferulitas. En general presenta una estructura columnar. Su espesor promedio (referencia 1) es de 80 m.

Sobreyace a la Latita Portezuelo, a la Riolita Quelital con un contacto regularmente uniforme, también a la Riodacita del Carmen, subyace a la Ignimbrita-Cantera y a la Riolita Panalillo, así como también a la Riolita El Zapote. Su edad determinada por el método de K/Ar (referencia 1) es de  $10.0 + 1.5$  millones de años que corresponde al Oligoceno Medio.

#### Andesita Calderón (Tca) Oligoceno.

Descrita originalmente por Labarthe-Tristán (1980) en San Luis Potosí, su afloramiento es local, restringido a un aparato volcánico (Calderón). Consiste de una roca de color gris verdoso de textura porfirítica con matriz afanítica de composición (referencia 1) andesítica rica en K. Su espesor máximo (referencia 1) es de 60 m.

Sobreyace a la Riolita San Miguelito y subyace a la Ignimbrita Cantera.

#### Ignimbrita Cantera (Tic) Oligoceno.

Descrita originalmente por Labarthe-Tristán (1978) en San Luis Potosí, aflora en las serranías al NW y SE del Valle de Villa de Reyes, se presenta como una intercalación de ignimbritas y tobas depositadas por aire. La ignimbrita es de color rosa de composición riolítica, de textura porfirítica (con líticos), y matriz microcristalina. Se presenta con estructura columnar, La toba depositada por aire es de color crema, con abundantes líticos, se encuentra en ocasiones intercalada con horizontes de arena fina a media. En general se presenta con gradación y masiva. Su espesor promedio (referencia 1) es de 200 m.

Sobreyace a la Latita Portezuelo, a la Riolita San Miguelito y a la Andesita - Calderón, subyace a la Riolita Zapote y a la Riolita Panalillo. Su edad determinada por el método de K/Ar (referencia 1) es de  $29.0 + 1.5$  millones de años correspondiente al Oligoceno Medio.

#### Riolita Zapote (Tz) Oligoceno.

Descrita originalmente por Labarthe-Tristán (1980) en San Luis Potosí, aflora en la parte alta de la Sierra de San Miguelito, se trata de un derrame lávico de composición (referencia 1) riolítico rica en K. Se observa como una roca de color gris, textura porfirítica con una matriz fluidal totalmente desvitrificada con esferulitas. En general se presenta en forma masiva y estructura columnar. Su espesor máximo (referencia 1) es de 380 m.



Sobreyace a la Ignimbrita Cantera. Por su posición estratigráfica (referencia-1) se le coloca en el Oligoceno Medio.

Riolita Panalillo (Tap) (Tb) (Trp).

Terciario Oligoceno.

Descrita originalmente por Labarthe-Tristán (1978) en San Luis Potosí, aflora aisladamente siendo más notable en el Valle y en las partes altas de algunos cerros en forma de mesetas. Consiste de un paquete de rocas volcánicas que se han dividido (referencia 1) en 2 miembros: El inferior (Tap) y el superior - (Trp) separados en general por un basalto (Tb).

Miembro inferior (Tap): Consiste de intercalaciones de tobas, depositadas por-medio del aire de, color crema a gris rosáceo, gradada, bien estratificada en capas de 10-40 cm. que varían de grano muy fino a arenoso y conglomerático. Su medio de depósito (referencia 1) fué en lagunas. En general presenta una seudo estratificación.

Miembro superior (Trp): Su base consiste de una ignimbrita de color café rojizo, de textura porfirítica con matriz parcialmente desvitrificada. Hacia su cima consiste de una ignimbrita de composición (referencia 1) riolítica rica en K, de color gris rosáceo de textura porfirítica fluidal, presenta esferulitas rellenas de cuarzo, feldespatos potásico y calcedonia. En general tiene una estructura columnar formando mesetas.

Entre el miembro inferior y superior, se encuentra un basalto lenticular (Tb), brechoso en su base y vesicular hacia su cima de un espesor promedio (referencia 1) de 30 m. también se encuentra sobreyaciendo al miembro superior, de la Riolita Panalillo y a la Traquita Ojo Caliente.

Su espesor promedio (referencia 1) es de 120 m. sobreyace a la Latita Portezuelo, a la Ignimbrita Cantera, así como también a conglomerados de las unidades más antiguas. Su edad determinada por el método de K/Ar (referencia 1) es de  $26.8 \pm 1.3$  millones de años correspondiendo al Oligoceno superior.

#### SISTEMA CUATERNARIO.

Conglomerado y aluvi6n (Qal) Cuaternario.

En esta unidad se encuentran agrupados el aluvi6n y conglomerado. El aluvi6n - esta formado por gravas, arenas y arcillas sin consolidar, que se encuentran - cubriendo el Valle, presentan un espesor que varía de 2 a 10 m. El conglomerado

do forma el relleno del Valle y esta constituido por gravas y arenas que estan subangulosas a subredondeadas, empacadas en una matriz arcillosa, se presenta con una pseudoestratificación y su espesor varía de 20 a 250 m.

Cabe hacer notar que aunque no se han reconocido en superficie, existen con glomerados y en general materiales de acarreo del Terciario Superior (referencia 1) que rellenaron la fosa del graben de Villa de Reyes, con anterioridad al depósito del miembro inferior de la Riolita Panalillo. Estos materiales han sido cortados por varios pozos profundos de .C.F.E. con un espesor promedio de 60 m., a profundidades promedio de más de 200 m.

#### 3.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La principal estructura en el área de estudio es el graben de Villa de Reyes, limitado por dos sistemas de fallas normales escalonadas de orientación preferencial N40°E. El graben esta formado en su porción NW por la Sierra de San Miguelito y en su porción SE por la Sierra de Santa María del Río, en las que se ha determinado tres sistemas principales de fracturamiento: el más importante tiene una dirección preferencial N40°E, en segundo termino un sistema de dirección N40°W y el último de dirección N-S.

El salto de las fallas que originaron el graben, estimado por datos de perforaciones es de aproximadamente de 500 m. Desde su formación ha constituido una zona de acumulación de los sedimentos provenientes de las partes altas; el espesor máximo detectado es de 300 m. de material de relleno.

En la parte central del graben de Villa de Reyes se observa una estructura menor denominada graben de Bledos-Melchor, la cual esta delimitada por fallas normales de dirección NW-SE.

#### 3.5 GEOLOGIA HISTORICA.

Al finalizar el Cretácico, grandes movimientos tectónicos provocaron la emergencia de los fondos marinos formandose la Sierra Madre Oriental, estos movimientos se prolongaron durante el Terciario Inferior y estuvieron acompañados de un gran vulcanismo.

Durante el Terciario inferior (Eoceno-Oligoceno), se depositaron intercaladas con las rocas volcánicas, sedimentos conglomeraticos.

En el Oligoceno inferior (referencia 1) se inicia una actividad volcánica extensa. Hacia el Oligoceno Superior, después de la extrusión de la mayoría de -

las rocas volcánicas, debido a movimientos tectónicos se originó la formación del graben de Villa de Reyes, posteriormente se depositaron los conglomerados rellenando las partes topográficamente bajas. Al finalizar el Oligoceno se efectuó la última actividad volcánica, representada por la Riolita Panalillo. Al mismo tiempo empieza un magmatismo bimodal representada por la intercalación de basaltos entre las rocas riolíticas.

En el Terciario Superior (Mioceno-Plioceno), el vulcanismo continúa en menor magnitud y la sedimentación (referencia 8) fué aluvial y lacustre.

En el período Cuaternario se ha caracterizado más por la erosión que por el depósito, por lo que las rocas de este período sólo están representadas por un pequeño espesor de aluvi6n.

#### IV.- HIDROGEOLOGIA DEL VALLE DE VILLA DE REYES

##### 4.1 UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.

Considerando la posición estratigráfica y topográfica, las unidades permeables pueden actuar como acuíferos ó como zonas de recarga, las unidades semi-permeables como acuíferos de baja producción, semiconfinantes ó como zonas de recarga y las unidades impermeables pueden actuar como barreras del acuífero. En base a las características físicas de las rocas, obtenidas en observaciones de campo como son fracturamiento, litología, etc; así como en perforaciones como son muestras de canal, velocidades de penetración, registros geofísicos, etc. se han definido tres unidades hidrogeológicas basadas en sus posibilidades acuíferas. En la fig. No.5 y 6 se describen las características de los pozos de C.F.E. 4 y 7, para ejemplificar lo anterior. En seguida se hace una descripción de estas unidades.

##### a) DESCRIPCION.

- Unidades Permeables.

##### Traquita Ojo Caliente (Toc)

Esta unidad está constituida por una roca muy fracturada, presenta estructura columnar con un sistema de juntas verticales. Actúa como zona de recarga en las partes topográficamente altas y como unidad productora a profundidad.

##### Latita Portezuelo (Tlp)

Esta unidad está constituida por una roca muy fracturada con un sistema de fracturas inclinadas casi verticales y otro sistema perpendicular a este (foto No.1), actúa como unidad productora a profundidad.

##### Ignimbrita Cantera (Tic)

Esta unidad está formada por una intercalación de ignimbritas y tobas arenosas, tiene una estructura columnar y se presenta muy fracturada (foto No.2), actúa como unidad productora a profundidad.

##### Miembro Superior y Medio de la Riolita Panalillo (Trp y Tb)

El miembro superior está constituido por una ignimbrita muy fracturada, presenta una estructura columnar con un sistema de juntas horizontales. A profundidad actúa como unidad productora.

El miembro medio esta formado por un basalto, que presenta estructura lajosa y tiene un gran fracturamiento (foto No.3). Esta unidad actúa como productora.

pero debido a que su espesor máximo es de 30 m. no es muy importante su ----  
aportación.

#### Conglomerado y Aluvi3n (Qal)

El Conglomerado se encuentra formando el relleno del valle y esta constituido por gravas y arenas, espacadas en una matriz arcillosa. Actúa a profundidad - como una unidad de mediana producción.

El Aluvi3n esta formado por gravas, arenas y arcillas sin consolidar. Actúa - como unidad productora, pero su espesor es pequeño (foto No.4).

Los Conglomerado y materiales de relleno del Terciario Superior que se deposi-  
taron antes del miembro inferior de la Riolita Panalillo, se han cortado por-  
pозos de C.F.E. y actúan como unidad productora.

#### - Unidades Semipermeables.

Las formaciones Riolita Quelital, Riodacita del Carmen, Ignimbrita Santa Ma-  
ría, Riolita San Miguelito, Andesita Calder3n y Riolita Zapote, se consideran  
como unidades semipermeables por sus características físicas y estructurales.  
En superficie pueden actuar como unidades de recarga (foto No.5).

El miembro inferior de la Riolita Panalillo, esta constituida por una toba de  
grano muy fino, depositada por aire (foto No.6), presenta permeabilidad baja.  
Actúa regionalmente como el límite entre el acuífero superior y el acuífero -  
profundo, en general actúa como una unidad semiconfinante para este último.

#### - Unidades Impermeables.

#### Formación Caracol (Ksc)

La Formación Caracol esta constituida por una alternancia de lutitas y arenis-  
cas, sus fracturas se encuentran rellenas por material arcilloso y calcáreo -  
(foto No.7).

#### Formación Cenicera (Tc)

Esta formación esta formada por un conglomerado muy bien cementado, con sus -  
fracturas completamente rellenas, de material arcilloso, calcáreo y de sílice.

En la fig. No.7 se muestra la relación entre las presas y al tipo de roca en-  
que se construyeron, además de su situación actual. De esta relación se dedu-  
ce que las que se encuentran construidas en material permeable tienen una ca-  
pacidad mayor de infiltración.

#### b) DISTRIBUCION SUPERFICIAL

La distribución superficial de las unidades hidrogeológicas se muestra en el

plano No.2, que a continuación se describe.

- Unidades Permeables.

El Conglomerado y Aluvi6n se encuentran localizados principalmente a lo largo del valle y en las estribaciones de las sierras en donde los arroyos han contribuido a su dep6sito.

Las formaciones Traquita Ojo Caliente, Latita Portezuelo, Ignimbrita Cantera, Miembro Superior y Medio de la Riolita Panalillo, se encuentran formando gran parte de las sierras l6mites del valle, constituyendo el 45% de los afloramientos de estas. Tambi6n se localizan en la parte central del valle.

- Unidades Semipermeables.

Las formaciones Riolita Quelital, Riocacita del Carmen, Ignimbrita Santa Mar6a, Riolita San Miguelito, Andesita Calder6n, Riolita Zaporte y el miembro inferior de la Riolita Panalillo, se encuentran aflorando en las sierras l6mites del valle, constituyendo el 50% de estas.

- Unidades Impermeables.

La Formaci6n Caracol y la Formaci6n Cenicera, constituyen el 5% de los afloramientos de las sierras l6mites del valle.

#### c) SECCIONES GEOLOGICAS

Se elaboraron 4 secciones geol6gicas en la zona de perforaci6n de los pozos de la Central Termoel6ctrica San Luis Potos6, se encuentran localizadas en el plano No.1. En base a configuraciones de isopacas, deducido por sondeos geof6sicos se determin6 el basamento del relleno, adem6s del apoyo de cortes litol6gicos de los pozos de la C.T. San Luis Potos6.

A continuaci6n se hace una breve descripci6n de cada secci6n:

##### Secci6n Geol6gica A-A'

Esta secci6n atraviesa la zona de estudio con un rumbo de N 61° 30' E. En esta secci6n podemos observar una estructura en forma de graben, en donde las Formaciones Riolita San Miguelito, Ignimbrita Santa Mar6a, Traquita Ojo Caliente y Latita Portezuelo, estan afectadas por esta estructura.

Sobreyaciendo a la Latita Portezuelo se encuentra el miembro inferior de la Riolita Panalillo (toba), depositada en forma discordante y con un comportamiento hidrogeol6gico de semipermeable; esta formaci6n es la divisi6n entre el acuf6ro superior y profundo. Por 6ltimo se encuentra el relleno del valle

formado por Conglomerado y Aluvi6n que en su porci6n este presenta un espesor mucho mayor que en la porci6n occidental.

#### Secci6n Geol6gica B-B'

Esta secci6n corta el 6rea de estudio con un rumbo de S 31° 30' E. Aqu6 muestra el graben en una profundidad mayor dentro de la zona de estudio, y esto se deduce por fallas inferidas que provocan desplazamientos verticales de magnitud considerable, lo cual es evidente por el espesor de material de relleno cortado en el pozo 462 que no lleg6 a perforar el basamento y que por geofisica se determin6 a una profundidad de m6s de 300 m.

Tambi6n se observa que el miembro inferior de la Riolita Panalillo (toba), - posee a profundidad un espesor de aproximadamente 110 m. en el extremo SW y se acua al NE hasta desaparecer, lo que indica que su lugar de emisi6n posiblemente era al SW. Lo mismo sucede con el miembro superior de dicha formaci6n.

#### Secci6n Geol6gica C-C'

Esta secci6n tiene un rumbo de S 32° 30' E. Se tienen tres pozos perforados por C.F.E. en esta secci6n. Los pozos 16 y 8 se encuentran perforados a m6s de 550 m. se encuentran situados muy cerca de un bloque ca6do, en donde se detecta por registros geofisicos un gran fracturamiento y en consecuencia de una buena producci6n de agua en estos pozos. El pozo 6 tiene una profundidad de 250 m., se localiza en un bloque alto con menor fracturamiento y consecuentemente se tiene poca producci6n de agua.

#### Secci6n Geol6gica D-D'

Esta secci6n atravieza el 6rea de estudio con un rumbo de S 64° 30' E. Aqu6 se observan tres pozos profundos para la extracci6n de agua de m6s de 500 m. de profundidad. Estos pozos se encuentran cementados a lo largo del ac6ifero superior y extraer6n agua unicamente del ac6ifero profundo; presentan buena productividad por lo que se infiere un gran fracturamiento en esta zona. Adem6s se observa la continuidad del miembro inferior de la Riolita Panalillo en el valle.

### 4.2 SISTEMAS ACUIFEROS EN EL VALLE DE VILLA DE REYES.

De acuerdo a la piezometría y geología existentes, se han identificado dos tipos de acuíferos:

- Acuífero Superior.- Se trata de un acuífero libre delimitado superiormente por la superficie freática e inferiormente por capas semipermeables. Está constituido por el Aluvión y el Conglomerado, además del miembro superior (Ignimbrita) y medio (Basalto) de la Riolita Panalillo. En su parte inferior se encuentra limitado por el miembro inferior de la Riolita Panalillo (Toba), en la fig. No. 8 y 9 se muestran las isopropundidades e isopacas de esta, en la zona de perforación de los pozos de C.F.E.

Las características hidráulicas de este acuífero son variables, debido a que se trata de un medio granular y a su falta de homogeneidad, que esta en función del régimen de depósito que prevalecía en cada zona y particularmente al contenido de arcillas. Las transmisividades varían de  $4 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$  a  $60 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$ ; el coeficiente de almacenamiento se le calculo en forma regional (referencia 8) un valor de 0.011. Este acuífero presenta niveles estáticos que varían de 20 a 50 m. de profundidad con gastos de extracción entre 5 l/s a 80 l/s y temperaturas que varían de 20°C a 24°C.

- Acuífero Profundo.- Esta constituido por rocas volcánicas fracturadas, como son Riolita Quelital, Riodacita del Carmen, Ignimbrita Santa María, Traquita-Ojo Caliente, Latita Portezuelo, Riolita San Miguelito, Andesita Calderón, Ignimbrita Cantera y Riolita Zapote. Esta acuífero se encuentra subyaciendo a el acuífero superior y se encuentran separados por el miembro inferior de la Riolita Panalillo (tobas), que se comporta como semiconfinante para el acuífero profundo; en algunas zonas cuando esta, se encuentra ausente, el acuífero superior y profundo estan comunicados y forman puntualmente un sólo acuífero (libre), pero en general y regionalmente su comportamiento es de un acuífero semiconfinado.

Como se trata de un medio fracturado, donde la metodología para estimar el flujo del agua no ha sido completamente desarrollada y aceptada, se ha procedido a efectuar los análisis de las pruebas de bombeo, de manera tal que visto macroscópicamente se comporta de manera semejante al granular.

El comportamiento hidráulico de este acuífero es variable, debido a que esta en función a el grado de fracturamiento. Las transmisividades varían de  $1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$  a  $20 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$ . Presenta niveles estáticos que fluctuan de 10m. a 40 m. con gastos de extracción entre 20 l/s a 80 l/s, con temperaturas del-



agua de 28°C a 44°C en zonas como Gogorrón, El Jardín y algunos pozos de CFE. Su espesor es variable, debido a la actividad tectónica que originó la formación del graben y a los bloques desplazados por fallas, lo que hace que a profundidades mayores de 768 m. (pozo C.F.E. 1) no se ha perforado ninguna formación impermeable como la base del acuífero, pero se le ha calculado un espesor promedio de 800 m. con base a estudios gravimétricos y geoeléctricos.

#### 4.3 CARACTERISTICAS CUALITATIVAS DE LAS FRONTERAS HIDROGEOLOGICAS.

Para determinar las características cualitativas del comportamiento hidrogeológico de las fronteras laterales y horizontales, se hace un análisis por separado del acuífero superior y del acuífero profundo.

Se analizan las secciones geológicas A-A', B-B', C-C', D-D', en las que se representan las variaciones verticales y la continuidad horizontal de los acuíferos.

##### a) Fronteras laterales y horizontales del acuífero superior.

El acuífero superior está constituido por el material de relleno del valle - Aluvión y Conglomerado, así como por la Formación Riolita Panalillo formado en su miembro superior por una ignimbrita, en la parte media por basalto y en la inferior por toba. Como este acuífero se encuentra en un medio granular no homogéneo, en el centro del valle existe un predominio mayor de arcillas que hacia los límites laterales del mismo.

El acuífero superior se encuentra limitado lateralmente en la parte NW, SE y SW del valle, por las rocas que forman las sierras y las fallas normales que forman el graben. Las rocas que constituyen las sierras limítrofes, presentan superficialmente un fracturamiento denso con una orientación preferencial de N 40° E y N 40° W; en la foto No.5 se muestra una parte de la Sierra de San Miguelito con un intenso fracturamiento.

Al precipitarse las lluvias en la zona de estudio y principalmente en las sierras, una parte del agua que cae en éstas va a escurrir superficialmente por medio de arroyos hacia el valle, formando zonas de recarga superficial. La otra porción de agua va a infiltrarse en las sierras por los sistemas de fracturamiento; siendo un factor determinante la densidad de fracturamiento a profundidad, por lo que puede haber dos hipótesis:

- Si las rocas volcánicas a profundidad continúan con gran fracturamiento, el agua infiltrada se conducirá a través de estas y formará conductos de recarga horizontal hacia el acuífero superior y conductos de recarga vertical hacia-

el acuífero profundo, con lo que en este caso el comportamiento cualitativo de estas fronteras es permeable.

- Si las rocas volcánicas tienen un fracturamiento poco profundo, el agua al infiltrarse va a embalsarse y drenará sólo horizontalmente en profundidades someras, para recargar al acuífero superior; en este caso el comportamiento cualitativo de las fronteras laterales es de impermeable y las zonas de recarga para el acuífero profundo estarían lejanas a este valle.

Otro factor determinante son las fallas normales que forman el graben debido al tipo de relleno que tengan los planos de falla; si el material de relleno es arcilloso, su comportamiento es impermeable, pero si además presenta un fracturamiento secundario, entonces su comportamiento es permeable.

El acuífero superior está limitado lateralmente en la parte NE del valle por una frontera de comportamiento impermeable, determinada por piezometría del área en la que se observa que no existe comunicación entre el valle de Villa de Reyes y el de San Luis Potosí.

Este acuífero está limitado horizontalmente en su base por el miembro inferior de la Riolita Panalillo, que está constituido por una toba de grano muy fino depositada por aire (foto No.6) con un comportamiento cualitativo de frontera horizontal semipermeable. En algunas zonas (sección B-B' y C-C') esta unidad está ausente, por lo que se considera como frontera semipermeable al alto contenido arcilloso que tiene el material de relleno, apoyado por registros geofísicos y perforación.

#### b) Fronteras laterales y horizontales del acuífero profundo.

El acuífero profundo está formado por las rocas volcánicas fracturadas de la región, las que son Riolita Quelital, Riodacita del Carmen, Ignimbrita Santa María, Traquita Ojo Caliente, Latita Portezuelo, Riolita San Miguelito Andesita Calderón, Ignimbrita Cantera y Riolita Zapote.

Este acuífero se encuentra subyaciendo a el acuífero superior, por lo que los límites laterales de este acuífero son los mismos que los del acuífero superior y están en función principalmente de la profundidad y densidad de fracturamiento y relleno de los planos de fallas.

Se encuentra limitado lateralmente en la parte NE del valle por una frontera de carga constante, debido a que existe comunicación entre el valle de Villa de Reyes y el de San Luis Potosí, por medio de este acuífero, debido a que se encuentran niveles estáticos de 100 m. en esta zona.

Se encuentra limitado horizontalmente en su cima por el miembro inferior de la Riolita Panalillo (toba), y en algunos sitios cuando está ausente ésta se considera como límite a el alto contenido de arcilla del material de relleno. En general estos límites tienen un comportamiento cualitativo de fronteras - semipermeables.

Debido a que la Formación Caracol se encuentra aflorando en la Sierra de San Miguelito y en la Sierra de Santa María, y que constituye la base de todo el paquete de las rocas volcánicas, se considera como el límite horizontal en la base del acuífero profundo; esta frontera tiene un comportamiento impermeable. Se le ha calculado una profundidad promedio de 800 m. en el valle, - basado en estudios gravimétricos y geoelectrónicos.

#### 4.4 INTERPRETACION CUANTITATIVA DEL SISTEMA ACUIFERO.

##### a) Evolución piezométrica del acuífero.

Para determinar el comportamiento cuantitativo del sistema acuífero, se elaboró un plano de Elevación del Nivel Estático (plano No.3) se seleccionaron 85 pozos pilotos distribuidos estratégicamente en toda el área de estudio, - que cuenta con un total de 371 pozos. En esos pozos piloto se realizó una medición del nivel estático en el mes de mayo de 1984, posteriormente se elaboró el plano de elevación del nivel estático con sus respectivas líneas de corriente.

Unicamente se realizó el análisis para el acuífero superior, debido a que - existen pocos pozos profundos que solamente extraen agua del acuífero profundo (como los pozos para la Central Termoeléctrica San Luis Potosí), ya que la mayoría de los pozos profundos extraen agua de los dos acuíferos y se encuentran muy dispersos en el área.

En el plano No.3 se puede apreciar que existe una dirección dominante del - flujo SW-NE, presentándose desde la entrada subterránea principal en la zona SW del área, que se localiza cerca del poblado de Santa Rosa, hasta una salida principal en el NE del área que se localiza en los alrededores del poblado de Laguna de San Vicente.

Se puede observar también que existen aportaciones locales subterráneas, lo - que indica que en estos sitios las fronteras se comportan como permeables, - como sucede en los alrededores del poblado de Rodrigo.

Por otro lado también se aprecia que existen sitios donde el flujo subterrá-

neo se dirige hacia las fronteras, lo que indica que el comportamiento de las fronteras es permeable o semipermeable, como ocurre en la zona aledaña al poblado de Melchor, en la zona cerca del poblado de San Francisco (San Bartolomé de Berrios) y en la zona de los alrededores de la Estación de Jaral de Berrios. También se observa que hay sitios de frontera donde las líneas equipotenciales son perpendiculares a ésta, lo que indica que el comportamiento de esta frontera es impermeable como sucede en los siguientes sitios: en la zona de derecha e izquierda del poblado de Santa Rosa, en los alrededores de la Presa de San Isidro, la zona derecha de Laguna de San Vicente y en la zona de derecha del poblado de Villa de Reyes.

De lo anterior se puede concluir que en el acuífero se presentan diferentes tipos de fronteras hidrogeológicas, ya que en algunas zonas su comportamiento es impermeable y en otros sitios se comportan como semipermeables y permeables, predominando los sitios donde se comporta como permeable y semipermeable.

Por otro lado, se realizó un plano de Evolución de Nivel Estático (de mayo de 1980 a mayo de 1984), en donde se puede apreciar que en las obras localizadas cerca de las fronteras no presentan grandes evoluciones, lo que indica que en las fronteras hidrogeológicas se comportan como permeables y semipermeables (plano N°4).

#### b) Pruebas de bombeo.

Para la interpretación cuantitativa de las fronteras hidrogeológicas del sistema acuífero del Valle de Villa de Reyes, se analizaron los datos de bombeo efectuados en estudios anteriores en los pozos que se localizan cerca de los límites laterales del valle (plano N° 3). En estos análisis hay que considerar que el radio de influencia que detectaría las fronteras (carga constante o impermeable) en pruebas de bombeo, puede no llegar a ellas y por eso no sabría su comportamiento, además de su corta duración.

A continuación se describe las características de los pozos y el análisis de las pruebas de bombeo.

#### POZO GTO 2.

El pozo GTO 2 se localiza en el poblado de Santa Rosa, Gto. aproximadamente a 3 km de distancia de los límites laterales del valle, tiene una profundidad de 200 m y presenta una transmisividad de  $9.9 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg}$ . Los datos de la prueba de bombeo se representan en la gráfica n° 1 (log. de abatimiento - log. de tiempo). En esta gráfica no se aprecia la presencia de frontera impermeable, ya que el nivel se estabiliza a las 4 hrs de bombeo y en las dos horas siguientes el nivel de bombeo se mantiene.

#### POZO GTO 30

Se localiza en el Ejido de Santa Rosa, Gto. a una distancia de aproximadamente 1.5 Km. de los límites laterales del valle. Tiene una profundidad de 350 m y presenta una transmisibilidad de  $7.5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg.}$

En este pozo se efectuó una prueba de bombeo con 11 hs. de duración, lo cual se representa en la gráfica No.2 (log.abatimiento-log.tiempo). Al observar la gráfica se deduce que las unidades hidrogeológicas que se encuentran en esta zona, no se comportan como fronteras impermeables, ya que no se aprecia un abatimiento brusco.

#### POZO GTO 279

Este pozo se encuentra localizado en el Rancho Rincón de Guadalupe, Gto. a 2 km. de distancia del límite lateral del valle de Villa de Reyes.

Tiene una profundidad total de 190 m. y presenta una transmisividad de  $4.4 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg.}$

Se realizó una prueba de bombeo de larga duración (36 horas), graficándose los datos obtenidos en la gráfica No.3 (log.abatimiento-log.tiempo), en la que se comprueba también que las unidades hidrogeológicas se encuentran en esta zona no presentan características impermeables.

#### POZO 312

Se encuentra en el Rancho de San Diego, Gto. aproximadamente a 1.8 km. del límite lateral del valle. Tiene una profundidad de 100 m. y presenta una transmisividad de  $1.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$

En la gráfica No.4 (log.abatimiento-log.tiempo) en la que se presentan los datos de la prueba de bombeo, se observa que en 16 horas de bombeo, no se llega a estabilizar el nivel dinámico, pero tampoco se presenta ningún cambio de pendiente que indique la presencia de una barrera impermeable.

#### POZO 412

Este pozo se localiza en el Ejido de Calderón, S.L.P. a una distancia de 1.5-km. del límite lateral del valle. Tiene una profundidad de 150 m. y presenta una transmisividad de  $4.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$

En este pozo se efectuó una prueba de bombeo de corta duración (7.5 horas). En la gráfica No.5 (log.abatimiento-log.tiempo) no se puede llegar a ninguna-

conclusión, debido a que el tiempo de bombeo fué corto y la distancia al límite lateral es de 1.5 km. lo que se requeriría sería realizar una prueba de bombeo de larga duración para que el cono de interferencia llegara a las unidades hidrogeológicas y así ver su comportamiento.

#### POZO 354

Este pozo forma parte de una batería de pozos para riego, denominada "El Jardín" se localiza a 4 km. del límite del valle. Tiene una transmisividad de  $11 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{seg.}$

En este pozo se realizó una prueba de bombeo de larga duración con el objeto de observar la presencia de alguna frontera impermeable, pero si observamos la gráfica No.6 (log.abatimiento- log.tiempo), no se detecta la presencia de tal frontera, ya que en esta zona las unidades hidrogeológicas pueden actuar como frontera de carga constante.

#### POZO 397

Se localiza en el Ejido de Palomas, S.L.P. a una distancia de 3 km. del límite lateral del valle. Tiene una profundidad total de 138 m. y presenta una transmisividad de  $6.3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg.}$

Se realizó una prueba de bombeo con una duración de 23 horas. En la gráfica No.7 (log.abatimiento-log.tiempo) se observa que el nivel se mantiene constante durante las primeras 1.2 hs. y posteriormente presenta un cambio brusco, con grandes abatimiento, esto es debido a que el pozo probablemente se encuentra en una zona de rocas fracturadas, en donde al principio recibe grandes aportaciones que posteriormente se agotan y es donde da un cambio brusco de abatimiento.

#### POZO 805

Se localiza en el Ejido de El Boyero, S.L.P. a una distancia de 2 km. del límite lateral del valle. Tiene una profundidad de 185 m. y presenta una transmisividad de  $1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$

Como se observa en la gráfica No.8 (log.abatimiento-log.tiempo) el nivel dinámico se estabiliza rápidamente (10 mint.) y esto se debe a que se encuentra en una zona de grandes transmisividades; además de no detectarse en esta gráfica la presencia de barrera impermeable.

#### POZO 369

Este pozo se encuentra en el poblado de Socavón, estando a 3 km. del límite lateral del valle. Tiene una profundidad de 90 m. y una transmisividad de  $2.3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg}$ .

En la gráfica No.9 (log.abatimiento-log.tiempo) se presentan los datos de la prueba de bombeo, en la que no se aprecia que haya alcanzado ninguna frontera impermeable.

#### POZO 456

Este pozo se encuentra en el Ejido de Laguna de San Vicente, S.L.P. a una distancia de aproximadamente 2.5 km. del límite lateral del valle. Tiene 350 m.- con una transmisividad de  $5.3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{seg}$ .

Se realizó una prueba de bombeo con una duración de 12 hs. en la gráfica No.- 10 (log.abatimiento-log.tiempo), se representan los datos; en la que se puede observar que no se aprecia ningún cambio brusco de la pendiente, por lo que no se detecta ninguna barrera impermeable.

#### POZO C.F.E. 15

Este pozo forma parte de la batería de pozos para el abastecimiento de la Central Termoeléctrica San Luis Potosí, se encuentra a una distancia de 1.5 km.- del límite lateral del valle. Tiene una profundidad de 630 m.

En la gráfica No.11 (log.abatimiento-log.tiempo), se observa la baja transmisividad que tiene este pozo, ya que presenta grandes abatimientos en tiempos cortos y no se logra estabilizar el nivel de bombeo, lo que indica la presencia de una barrera impermeable.

#### 4.5 DETERMINACION DEL CARACTER DE LAS FRONTERAS LATERALES Y HORIZONTALES DE LOS ACUIFEROS.

##### a) Acuífero Superior

Las fronteras laterales del acuífero superior, de acuerdo a todos los análisis anteriores tienen un comportamiento en general de permeables y semipermeables, con excepción de la zona en donde aflora la Formación Caracol, que tiene un comportamiento impermeable.

La frontera lateral NE del valle tiene un comportamiento impermeable, por lo que no existe comunicación entre el valle de Villa de Reyes y el valle de San

Luis Potosí, en este sitio.

La frontera horizontal de la base de este acuífero, esta definida por la toba del miembro inferior de la Riolita Panalillo ó en su ausencia el alto contenido arcilloso del material de relleno del valle, las cuales tienen un comportamiento semipermeable.

b) Acuífero Profundo.

Las fronteras laterales del acuífero profundo, en general tienen un comportamiento de permeables y semipermeables. En este acuífero también se comporta impermeable la zona donde aflora la Formación Caracol, que sobreyace a la Formación Soyatal que presenta también características de ser impermeable fuera del área de estudio.

El acuífero profundo tiene una frontera lateral NE del valle, que presenta un comportamiento permeable, por lo que existe flujo subterráneo del valle de Villa de Reyes a el valle de San Luis Potosí.

La frontera horizontal de la cima de este acuífero, esta definido por el miembro inferior de la Riolita Panalillo (toba), ó en su ausencia la arcillosidad del material de relleno, las cuales tienen un comportamiento semipermeable y actúan como semiconfinantes para este acuífero.

La frontera horizontal de la base de este acuífero, esta definida por la Formación Caracol, que presenta un comportamiento impermeable.



V.- CONSIDERACIONES HIDROGEOLOGICAS DEL MODELO MATEMATICO DEL VALLE DE VILLA DE REYES.

El estudio de un modelo matemático de computación para el análisis del acuífero que abastece de agua subterránea a la Central Termoeléctrica San Luis Potosí, tiene como objeto establecer el comportamiento de los niveles piezométricos, ante diferentes alternativas de explotación del acuífero durante el tiempo de operación de la C.T. San Luis Potosí.

Esta modelación matemática fué resuelta mediante el método de elementos finitos. En seguida se describen los factores que se consideraron para la elaboración del Modelo Matemático y los resultados de este estudio, para hacer una correlación entre ambos.

5.1 DESCRIPCION DE LAS APROXIMACIONES DEL MODELO MATEMATICO DEL VALLE DE VILLA DE REYES Y CONCLUSIONES DE ESTE ESTUDIO.

Las aproximaciones que se consideran para la elaboración del Modelo Matemático del valle de Villa de Reyes, son:

Unidades Geológicas.

Aluvión.- Material arcilloso y arenoso intercalado en forma irregular de pocos metros de espesor.

Basalto.- Presenta pocos afloramientos en el área.

Conglomerados y areniscas.- Materiales clásticos que afloran en las partes planas del valle.

Complejo volcánico.- Son rocas ígneas extrusivas, con 4 unidades principales.

Toba riolítica Unidad IV.- consiste de material riolítico rojizo, compacto con pocas fracturas, aflora en la porción este del área.

Toba riolítica Unidad III.- Constituida por material volcánico riolítico coherente de color rojo-grisáceo, esta muy fracturada, su espesor deducido por sondeos geoelectrónicos verticales de 800 m.

Toba riolítica Unidad I y II.- Están constituidos por material piroclástico de grano medio a grueso, empacados en material fino, su espesor máximo en la cuenca de cada unidad es de 150 m.

Características Acuíferas.

Los materiales de relleno están constituidos por el aluvión, basalto conglomerado y areniscas, toba riolítica I y II. Se encuentran formando el acuífero

más explotado, presentando transmisividades de  $1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$  a  $40 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$  con un coeficiente de almacenaje de 0.0119.

La toba riolitica Unidad III, forma la roca base sobre la cual yacen los materiales de relleno, pero posee a profundidad sistemas de fracturas que se encuentran intercomunicadas, formando un acuífero con caudales específicos de 0.20 a 0.474 l/g/m.

El acuífero en el material de relleno y el acuífero de la toba riolitica Unidad II, se encuentran separados en general por la toba riolitica Unidad I, que aunque es menos permeable, no tiene una diferencia de permeabilidad para clasificarlo como semipermeable; por lo que se infiere que el material de relleno y la toba riolitica Unidad III funcionan como un solo acuífero, que puede considerarse como confinado, aún cuando recibe algo de recarga vertical. Al efectuar el balance del acuífero, la diferencia entre la extracción y la recarga es de aproximadamente  $0.429 \text{ m}^3/\text{seg.}$  por lo que cuanto mayor sea la extracción mayor tendrá que ser la recarga que ocurra en el acuífero.

#### Fronteras Hidrogeológicas.

Las fronteras laterales y sur del acuífero se comportan como fronteras impermeables. Y la frontera norte del acuífero se comporta como frontera de carga constante.

Las conclusiones de este estudio son:

#### Unidades Hidrogeológicas.

Unidades permeables.- Traquita Ojo Caliente, Latita Portezuelo, Ignimbrita Cantera, Miembro Superior y Medio de la Riolita Panalillo, Conglomerado y Aluvión.

Unidades semipermeables.- Riolita Quelital, Riodacita del Carmen, Ignimbrita Santa María, Riolita San Miguelito, Andesita Calderón, Riolita Zapote y el Miembro Inferior de la Riolita Panalillo.

Unidades impermeables.- Formación Caracol y Formación Canicera.

#### Características Acuíferas.

Acuífero superior.- Esta formado por Aluvión, Conglomerado, Miembro Superior, Medio e Inferior de la Riolita Panalillo, constituyen acuífero libre y es el más explotado con gastos de extracción de 5 l/s a 80 l/s.

Acuífero profundo.- Esta formado por el paquete de rocas volcánicas fracturadas. El miembro inferior de la Riolita Panalillo (toba) es la división entre el acuífero superior y profundo. que funciona como semiconfinante para esta -

último. Se trata de un acuífero semiconfinado y presenta gastos de extracción e 20 l/s a 80 l/s.

#### Fronteras Hidrogeológicas.

Las fronteras laterales para el acuífero superior y profundo, tienen un comportamiento en general de permeables y semipermeables, excepto para la zona donde aflora la Formación Caracol que se comporta como impermeable.

La frontera lateral NE, para el acuífero superior se comporta impermeable y para el acuífero profundo tiene un comportamiento permeable.

La frontera horizontal de la base del acuífero superior ó de la cima del acuífero profundo, se comporta como semipermeable.

La frontera horizontal de la base del acuífero profundo se comporta como impermeable.

#### 5.2 DISCUSION DE LA MEJOR APLICACION DEL MODELO MATEMATICO.

Para la mejor aplicación del Modelo Matemático, se proponen las siguientes consideraciones para establecer el comportamiento más real de los acuíferos.

- 1) En las zonas donde las fronteras hidrogeológicas se comporten como permeables y semipermeables, evaluar cuantitativamente las áreas de recarga y de descarga a los acuíferos.
- 2) Considerar también las zonas en donde las fronteras hidrogeológicas sean impermeables.
- 3) Definir detalladamente la frontera lateral NE con exploraciones más directas.
- 4) Con estudios a más detalle, considerar las fronteras horizontales de el acuífero superior y el acuífero profundo, además de la posible comunicación entre ambos acuíferos.

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Las conclusiones principales son:

Unidades Hidrogeológicas.

a) Unidades permeables.- Traquita Ojo Caliente, Latita Portezuelo, Ignimbri-  
ta Cantera, Miembro Superior y Medio de la Riolita Panalillo, Conglomerado y-  
Aluvi6n.

b) Unidades semipermeables.- Riolita Quelital, Riodacita del Carmen, Ignimbri-  
ta Santa Marfa, Riolita San Miguelito, Andesita Calder6n, Riolita Zapote y -  
Miembro Inferior de la Riolita Panalillo.

c) Unidades impermeables.- Formaci6n Caracol y Formaci6n Cenicera.

En el 6rea de estudio se ha determinado la presencia de dos acuíferos:

a) Un acuífero superior, que es libre y esta alojado en un medio granular -  
(material de relleno del valle) con espesores de 200 m. presenta transmisivi-  
dades que varían de  $4 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$  a  $60 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$  con niveles est6ticos-  
que fluctúan entre 20 m. a 50 m.

b) Otro acuífero profundo, que es el que se va a explotar para abastecer a la  
Central Termoeléctrica San Luis Potosí, esta constituido por un paquete de ro-  
cas volcánicas fracturadas con un espesor promedio de 700 m. tiene un compor-  
tamiento de acuífero semiconfinado, presenta transmisividades que varían de -  
 $1 \times 10^{-3}$  a  $20 \times 10^{-3}$  con niveles est6ticos. que fluctúan entre 10 m. a 40 m.

El comportamiento de las fronteras laterales y horizontales de los acuíferos-  
se determin6 con el análisis de secciones geológicas, perforaciones, regis --  
tros geofísicos, configuraci6n piézométrica y evoluci6n del acuífero superior  
y pruebas de bombeo, las cuales son:

Para el acuífero superior, las fronteras laterales tienen un comportamiento -  
en general de permeables y semipermeables, con excepci6n de la zona en donde  
aflora la Formaci6n Caracol que se comporta como impermeable. La frontera la-  
teral NE se comporta impermeable. Por otro lado la frontera horizontal de la-  
base de este acuífero se comporta como semipermeable.

Para el acuífero profundo, las fronteras laterales tienen un comportamiento -  
de permeables y semipermeables, excepto en la zona donde aflora la Formaci6n-  
Caracol. La frontera lateral NE en este acuífero se comporta permeable, por -  
lo que existe flujo subterráneo del valle de Villa de Reyes a el valle de San  
Luis Potosí, la frontera horizontal de la cima de este acuífero, esta defini-  
da por el miembro inferior de la Riolita Panalillo (toba) que se comporta --

como semipermeable y actúa como semiconfinante para este acuífero. Por otro lado la frontera horizontal de la base de este acuífero se comporta impermeable.

Las recomendaciones de este estudio son:

Construir pozos de observación cerca de las fronteras laterales de los acuíferos, para poder determinar con más exactitud el comportamiento y características de estas fronteras, efectuando pruebas de bombeo a largo plazo, para poder aplicar la teoría de imágenes.

Efectuar secciones de geofísica (sismológicas y gravimétricas) perpendiculares a las fronteras y cerca de ellas para determinar con más detalle su geometría. Así como realizar recorridos geológicos a detalle con recolección de muestras y observaciones de campo a lo largo de las fronteras.

Proseguir con lecturas sistemáticas de niveles estáticos del acuífero superior y profundo, así como llevar un control más estricto de las extracciones de agua en éstos.

Localizar sitios estratégicos en el valle y en las sierras para construir estaciones climatológicas e hidrométricas para tener mediciones de factores como son: precipitación, temperatura, evaporación, etc., con el fin de tener datos más confiables para el análisis cuantitativo en el balance hidráulico.

VII.- REFERENCIAS CITADAS.

- 1.- Labarthe, G. Tristán, M. Aranda, J. 1982, Revisión Estratigráfica del -  
Cenozoico de la parte central del Estado de S.L.P. Inst. Geol. Metal (UASLP)  
folleto técnico No.85
- 2.- Labarthe, G. Tristán, M. Martínez, V.J. 1983, estudio Geohidrológico de  
la Hoja Melchor Edos. S.L.P. y Gto. Inst. Geol. Metal (UASLP) folleto técnico  
No.92.
- 3.- Martínez Ruiz.- V.J. 1983, presente y futuro de las cuencas geohidrológi-  
cas de Villa de Reyes, S.L.P. S.L.P. y Villa de Arista, S.L.P. Inst. Geol. Me  
tal (UASLP) folleto técnico No.91.
- 4.- Geohidrológica Mexicana, S.A. 1979, estudio geohidrológico preliminar de  
la zona "Jaral de Berrios, Gto. (elaborado bajo contrato de la Dirección de -  
Geohidrológica y Zonas Aridas S.A.R.H.)
- 5.- Hidrotec, S.A. 1972, informe final del estudio geohidrológico de las cuen-  
cas de S.L.P. y Villa de Reyes, (elaborado bajo contrato de la Dirección de -  
Geohidrológica y Zonas Aridas S.A.R.H.)
- 6.- Stretta, E.J.P. del aranal, R. 1, Carta geohidrológica provisional de  
la cuenca de S.L.P. UNESCO (UNAM).
- 7.- Trujillo Candelaria, J.A. 1977, posibilidades acuíferas en sedimentos con-  
tinentales terciarios de la República Mexicana: Bol. Soc. Geol. Mexicana, to-  
mo XXXVIII, No.2 pp 34-51.
- 8.- C.F.E 1979, Abastecimiento de Agua Subterránea para el Anteproyecto Plan-  
ta Termoeléctrica San Luis Potosí, S.L.P. (Departamento de Geología y Minería  
Brigada de Estudios Geohidrológicos, S.L.P. Documento interno).
- 9.- Hidrolegro, S.C. 1983, un modelo matemático de computación del acuífero -  
de Villa de Reyes, S.L.P. para el análisis de abastecimiento de agua subterrá-  
nea a la Central Termoeléctrica San Luis Potosí. (Elaborado bajo contrato No.

821233 del Departamento de Geología y Minería C.F.E.)

10.- S.A.R.H. 1974, Subsecretaría de Planeación, Boletín Hidrológico No. 32.

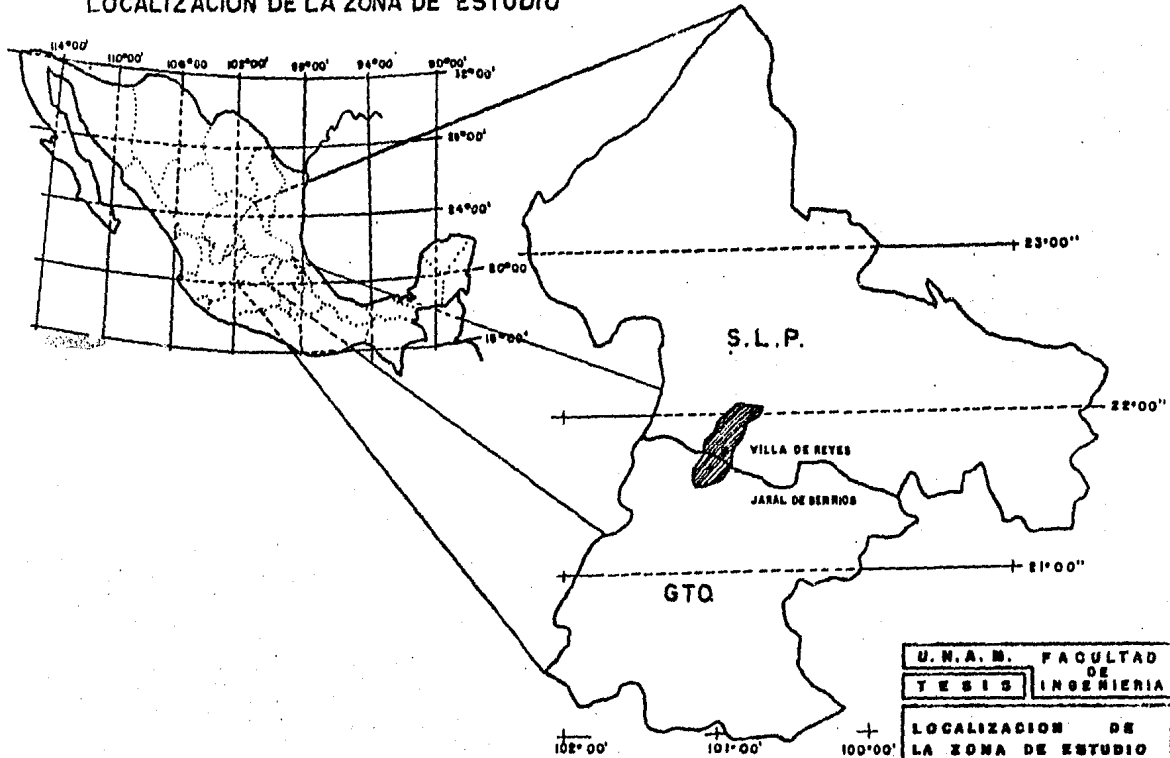
11.- S.A.R.H. 1974, Subsecretaría de Planeación, boletines climatológicos No.-  
5 y No. 3.

INDICE DE FIGURAS.

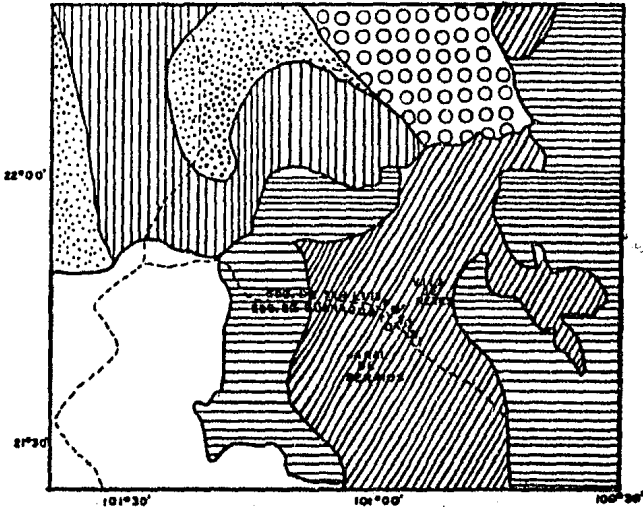
Figura No.1	Localización
Figura No.2	Clima
Figura No.3	Fisiografía
Figura No.4	Hidrografía
Figura No.5	Características pozo No.4
Figura No.6	Características pozo No.7
Figura No.7	Relación de presas y tipo de material.
Figura No.8	Isopropiedades Tap
Figura No.9	Isopacas Tap
Plano No.1	Geología
Plano No.2	Hidrogeología
Plano No.3	Elevación del N.E.
Plano No.4	Evolución del N.E. (mayo 1980 - mayo 1984)
Sección No.1	Sección Geológica A-A'
Sección No.2	Sección Geológica B-B'
Sección No.3	Sección Geológica C-C'
Sección No.4	Sección Geológica D-D'








# LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO



U.N.A.M. FACULTAD DE	
TESIS	INGENIERIA
LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO	
MA. ESTELA OROPEZA C	1984 FIG. 1



- 
BS, (h')w<sup>(e)</sup>      Clima semiseco estepario.
- 
BS, kw(w)(e)g      Clima semiseco estepario.
- 
BS, kw<sup>(e)</sup>      Clima semiseco templado.
- 
BS, kw<sup>(l)</sup>g      Clima semiseco templado.
- 
BSokw<sup>(e)</sup>g      Clima muy seco.

U.N.A.M. FACULTAD DE INGENIERIA  
 TESIS

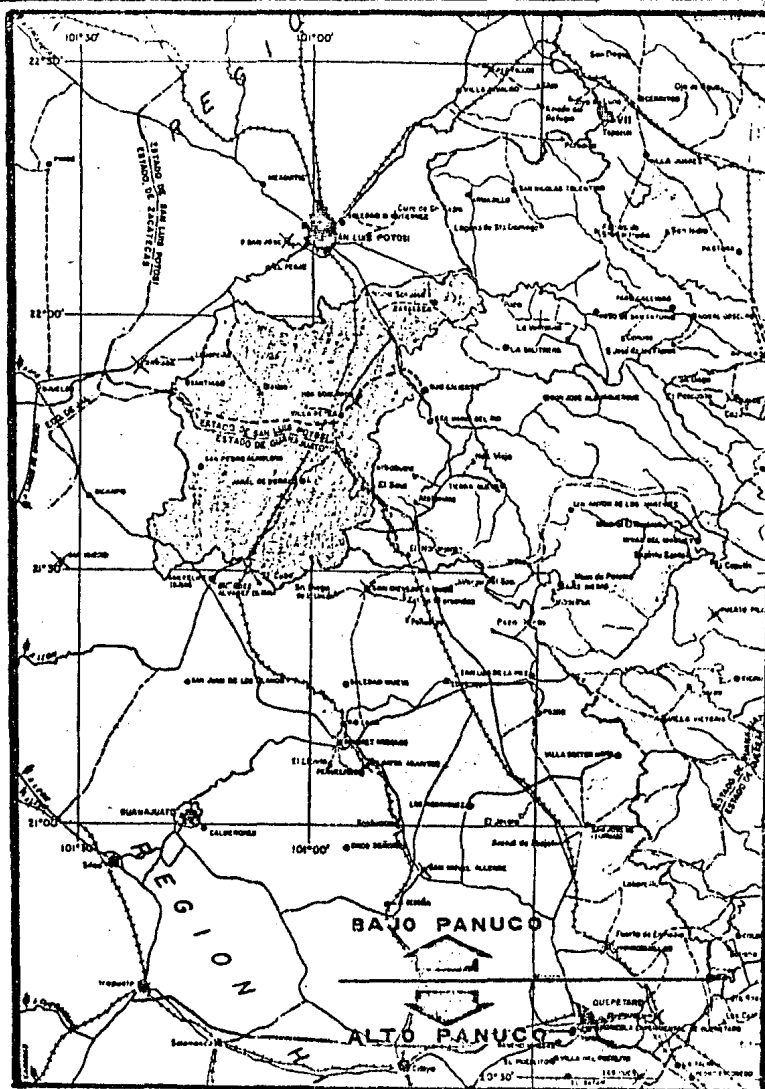
TIPOS DE CLIMA SEGUN KOOPEN

MA. ESTELA OROPEZAC 1964 PAG. 2

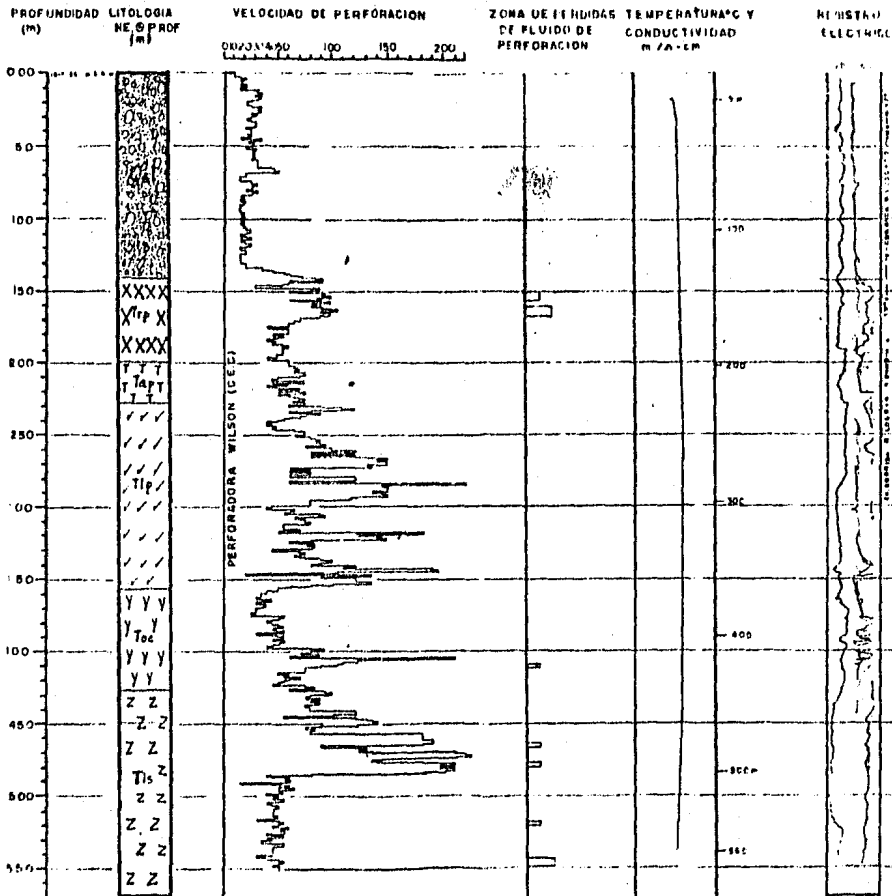


AREA DE ESTUDIO

U. N. A. M. FACULTAD DE INGENIERIA  
TESIS  
PROVINCIAS FISIOGRAFICAS SEGUN RAISS 1959  
MA. ESTELA OROPEZA C. 1984 PÁG. 3



REGION HIDROLOGICA N° 26 "BAJO PANUCO"  
 EN LA QUE SE LOCALIZA EL VALLE DE VI-  
 LLA DE REYES.



**T1p.-** Está constituida por arenas y arcillas separadas en un matriz arcillosa. Presenta velocidades de penetración de medias a altas; el Registro Eléctrico refleja características de ser permeable.

**T2p.-** Está constituida por una ignimbrita fluidal. Presenta velocidades de penetración que varían de bajas a medias; el Registro Eléctrico refleja características de ser permeable.

**T3p.-** Está constituida por una tala debilitada por aire, bastante compacta. Presenta velocidades medias de penetración; el Registro Eléctrico refleja características de ser semi-permeable. Se considera como la división entre el andesito en el relleno y la roca volcánica fracturada.

**T4p.-** Está constituida por un derrame de basita, con algunos tramos de alitración. Presenta velocidades de penetración que varían de medias a bajas; el Registro Eléctrico refleja características de ser permeable.

**T5p.-** Está constituida por un derrame de traquita. Presenta velocidades de penetración que varían de bajas, medias y altas; el Registro Eléctrico refleja características de ser permeable.

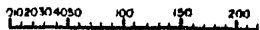
**T6p.-** Está constituida por una ignimbrita, que varía de bien soldada a poco soldada. Presenta velocidades de penetración que varían de medias, altas y bajas; el Registro Eléctrico refleja características de ser semi-permeable.

NOTA: Las escalas de velocidades se leen en la siguiente relación.

Tiempo	0	50	100	>100
	Velocidades	Bajas	Medias	Altas

PROFUNDIDAD LITOLÓGICA  
(m) NE PROF.  
(m)

VELOCIDAD DE PERFORACION

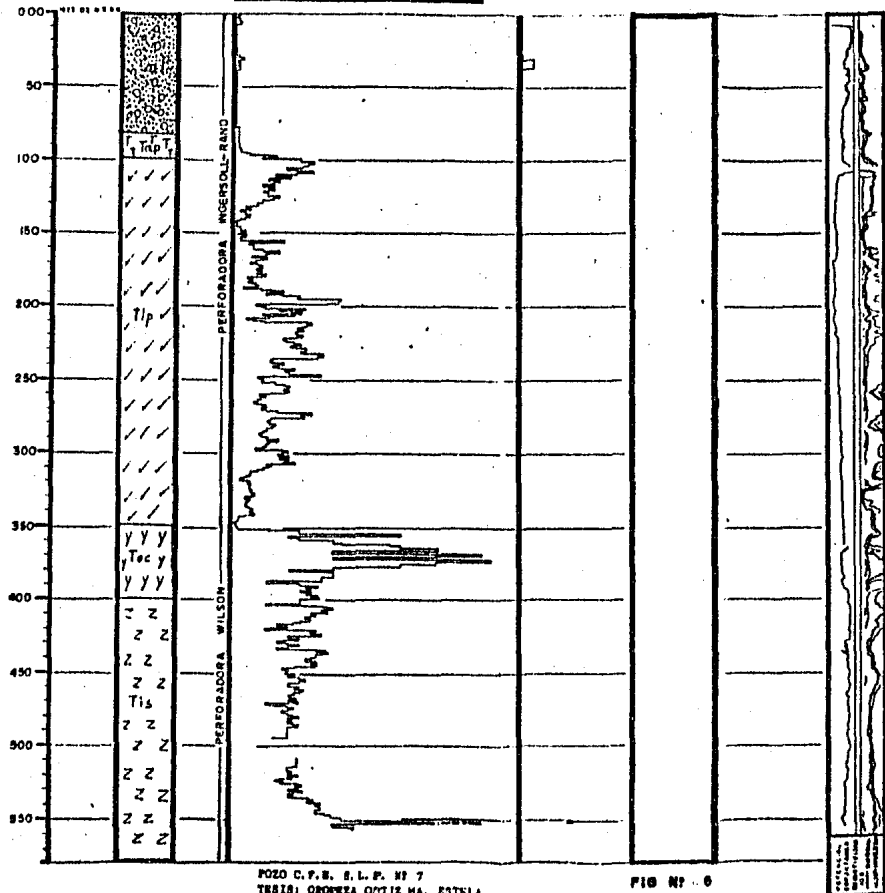


ZONA DE PERDIDAS  
DE FLUIDO DE  
PERFORACION

TEMPERATURA °C Y  
CONDUCTIVIDAD  
m/Ω cm

REGISTRO  
ELECTRICO

OBSERVACIONES  
PUNTUALES.



POZO C.F.B. S.L.P. N° 7  
TRIEBI: OROVEZA OYTEZ MA. ESTELA.

FIG N° 6

**PELLENO DEL VALLE.** - Está constituido por gravas y arenas empacadas en una matriz arcillosa, presenta velocidades altas de penetración y el Registro Eléctrico refleja características de baja permeabilidad.

**Tap.** - Está constituida por una toba depositada por aire, bastante compacta. Presenta altas velocidades de penetración y el Registro Eléctrico refleja características de ser semipermeable. Se considera como la división entre el acuífero en relleno y en rocas volcánicas fracturadas.

**Tip.** - Esta constituida por un derrame de latita, con algunos tramos de alteración. Presenta velocidades de penetración que varían de altas a medias; el registro Eléctrico refleja características de ser permeable (en tramos).

**Toc.** - Esta constituida por un derrame de traquita. Presenta velocidades de penetración que varían de medias a bajas; el Registro Eléctrico refleja características de ser permeable.

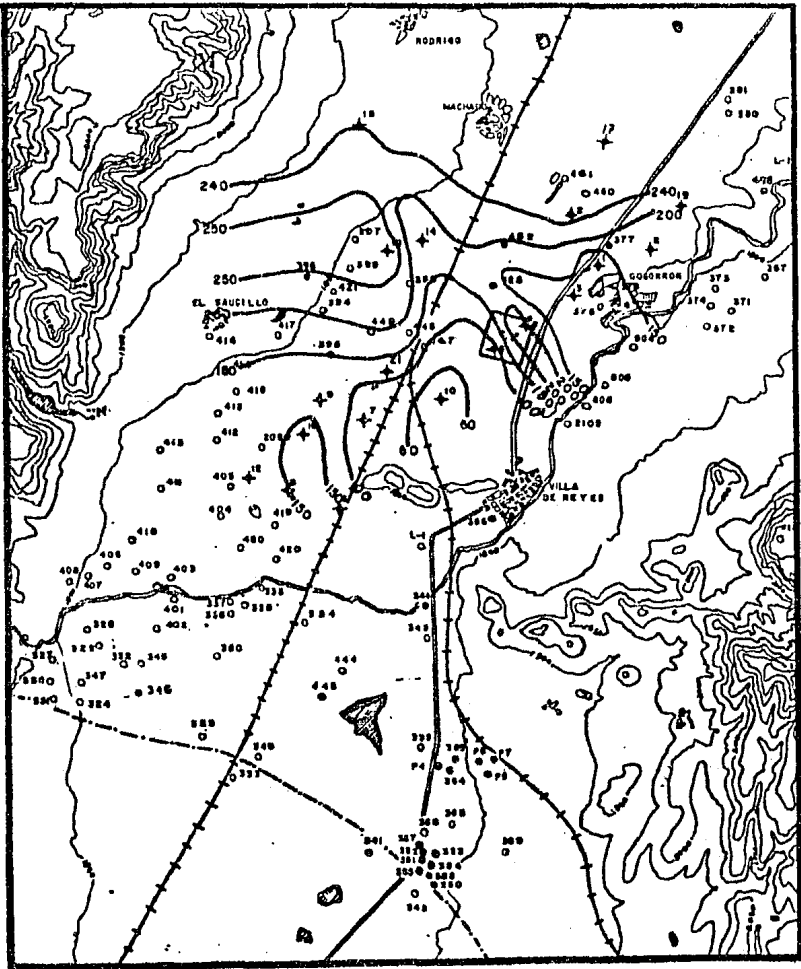
**Tis.** - Está constituida por una ignimbrita, que varía de bien soldada a poco soldada. Presenta velocidades de penetración en promedio medias; el Registro Eléctrico refleja características de ser semipermeable.

NOTA: Las escalas de velocidades se basan en la siguiente relación.

Tiempo	0	40	100	300
	Bajas	Medias	Altas	
Velocidades		Altas	Medias	Bajas

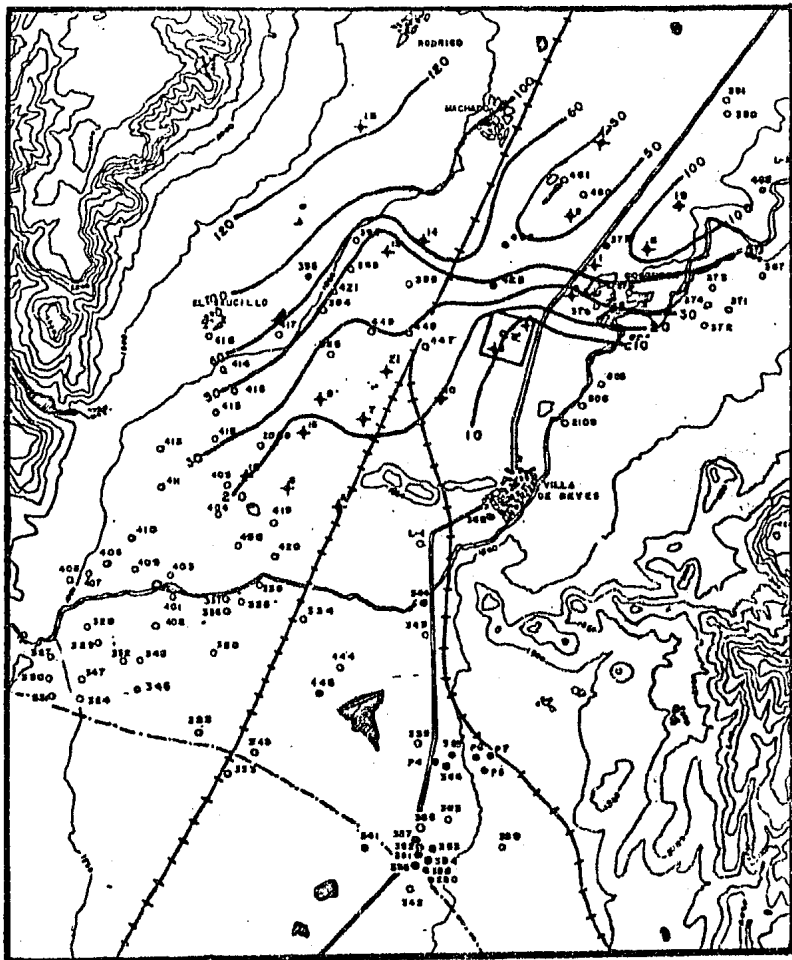
RELACION DE PRESAS Y TIPOS DE ROCA EN EL VALLE DE VILLA DE REYES.

NOMBRE	TIPO DE ROCA	AREA (m <sup>2</sup> )	OBSERVACIONES
PRESA EL REFUGIO	MATERIAL DE RELLENO	450,000	SE ENCUENTRA ALMACENANDO EL AGUA DE DESHECHO DE LA INDUSTRIA PRONAPADE.
PRESA SAN ISIDRO	MATERIAL DE RELLENO	260,000	LA CORTINA SE ENCUENTRA DERRUMBADA.
PRESA JESUS	CONGLOMERADO	141,000	SE ENCUENTRA CON UN ALMACENAMIENTO-DEL 40% DE SU CAPACIDAD TOTAL.
PRESA LOS IZQUIERDO	CONGLOMERADO	40,000	
PRESA PROVIDENCIA	CONGLOMERADO	22,000	
PRESA SAN BARTOLO	MATERIAL DE RELLENO	2,570,000	
PRESA SAN FRANCISCO	MATERIAL DE RELLENO	200,000	
PRESA GUADALUPE	Tlc y Tap	120,000	SE ENCUENTRA CON UN ALMACENAMIENTO-DEL 40% DE SU CAPACIDAD TOTAL.
PRESA SAN JUAN	Tlc y Tap	70,000	SE ENCUENTRA CON UN ALMACENAMIENTO-DEL 40% DE SU CAPACIDAD TOTAL.
PRESA LOS DOLORES	Tap	390,000	SE ENCUENTRA CON UN ALMACENAMIENTO-DEL 50% DE SU CAPACIDAD TOTAL.
PRESA SANTA ANA	Tlc	340,000	SE ENCUENTRA CON UN ALMACENAMIENTO-DEL 40% DE SU CAPACIDAD TOTAL.
LAGUNA DE SAN VICENTE	MATERIAL DE RELLENO	337,000	
LAGUNA EL MONTE DE ENMEDIO	MATERIAL DE RELLENO	110,000	
BORDO SANTA CATARINA	MATERIAL DE RELLENO	175,000	
BORDO DE PASAJEROS	Tap	75,000	
BORDO DE TEJONES	MATERIAL DE RELLENO	22,000	
BORDO DE SAN ANDRES	MATERIAL DE RELLENO	22,000	
BORDO EL BARCO	MATERIAL DE RELLENO	24,000	
BORDO LOS COYOTES	MATERIAL DE RELLENO	15,000	
BORDO LA CAMISA	MATERIAL DE RELLENO	50,000	



ISOPROFUNDIDADES DEL MIEMBRO INFERIOR  
DE LA RIOLITA PANALILLO (Tap) EN EL -  
VALLE DE VILLA DE REYES.





ISOPACAS DEL MIEMBRO INFERIOR DE LA RIOLITA PANALILLO (Tap) EN EL VALLE DE VILLA DE REYES.

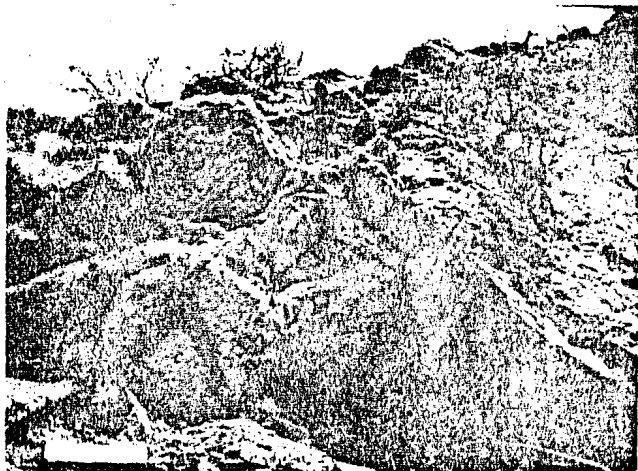


FOTO Nº 1. Latita Portezuelo (Tlp).- Nótese su estructura masiva y su sistema de fracturas inclinadas, casi verticales.



FOTO Nº 2. Ignimbrita Cantera (Tca).- Se observa la ignim  
brita con un gran fracturamiento.



FOTO N° 3. Basalto (Tb).- Se observa la estructura fajosa y el fracturamiento del basalto.



FOTO N° 4. Noria al pie de la Sierra de San Miguelito, ob  
servese la presencia del aluvi3n.



FOTO Nº 5. Contacto entre la Riolita Quelital (Trq) y la Riolita San Miguelito (Tsm). Nótese en la Riolita San Miguelito su sistema de fracturas que se acuñan hacia la -- Riolita Quelital, y en esta su estructura columnar prismá tica con un sistema de juntas verticales.



FOTO Nº 6. Miembro inferior de la Riolita Panalillo (Tap),  
constituída por una toba depositada por aire, notese su —  
seudo-estratificación.

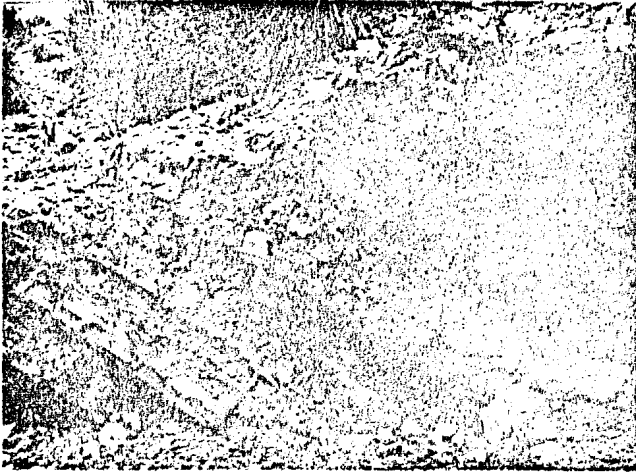
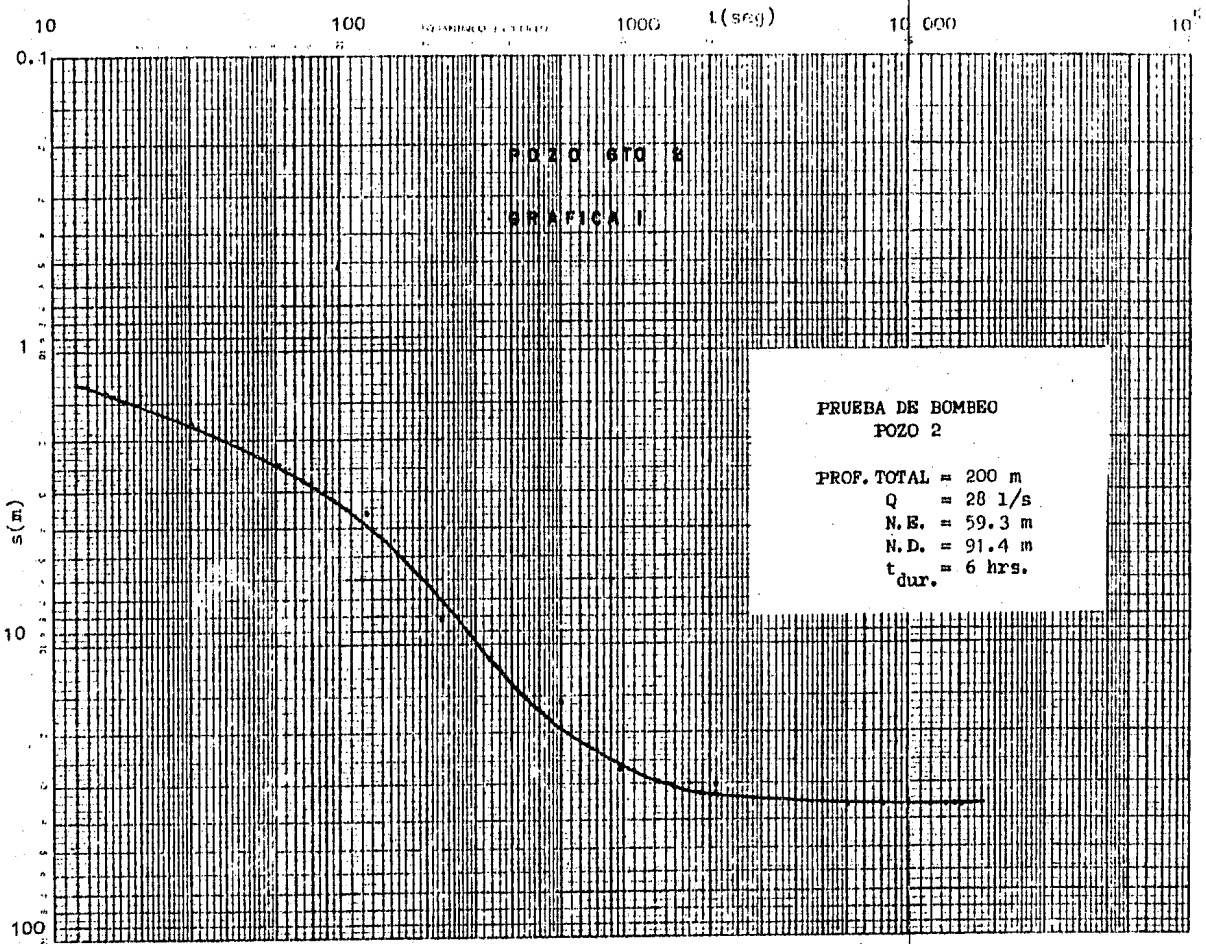
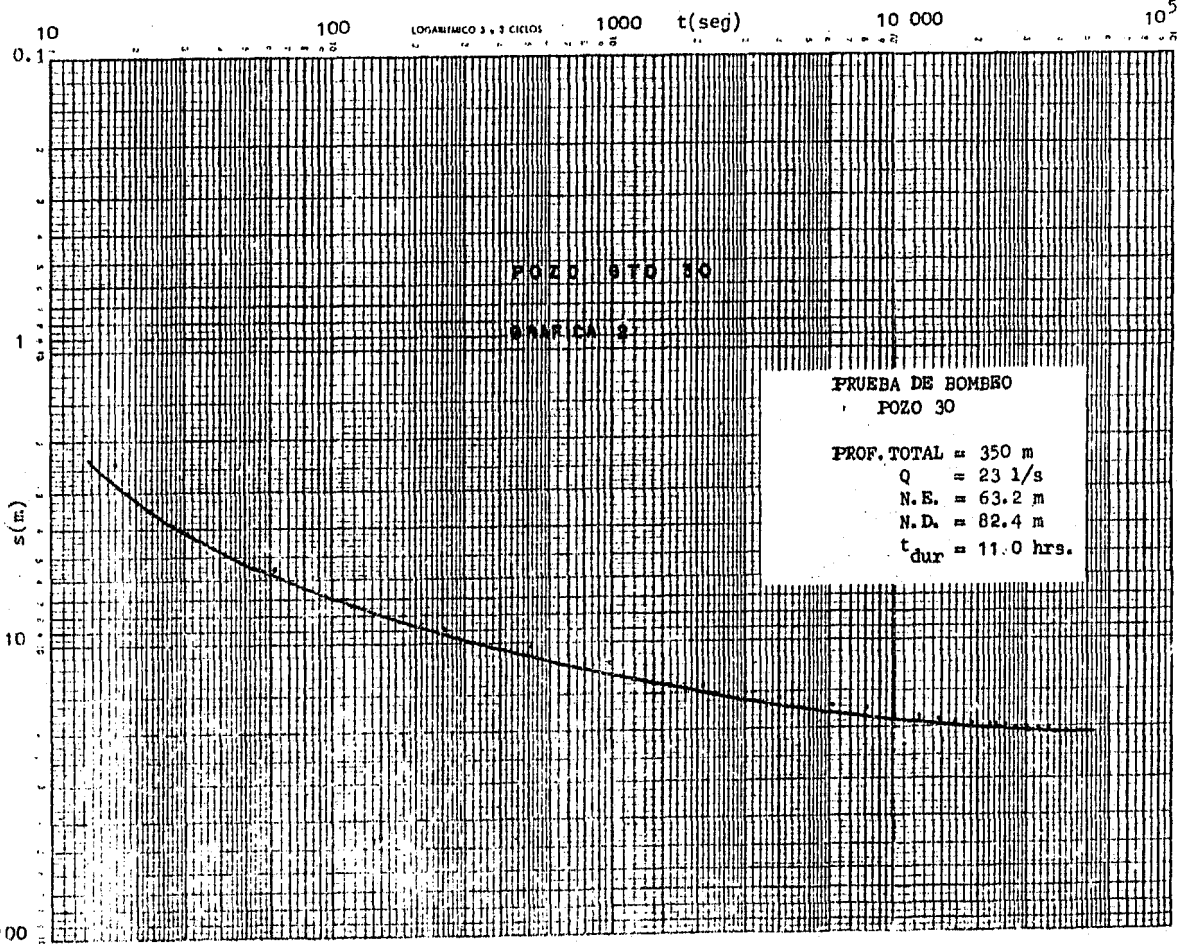
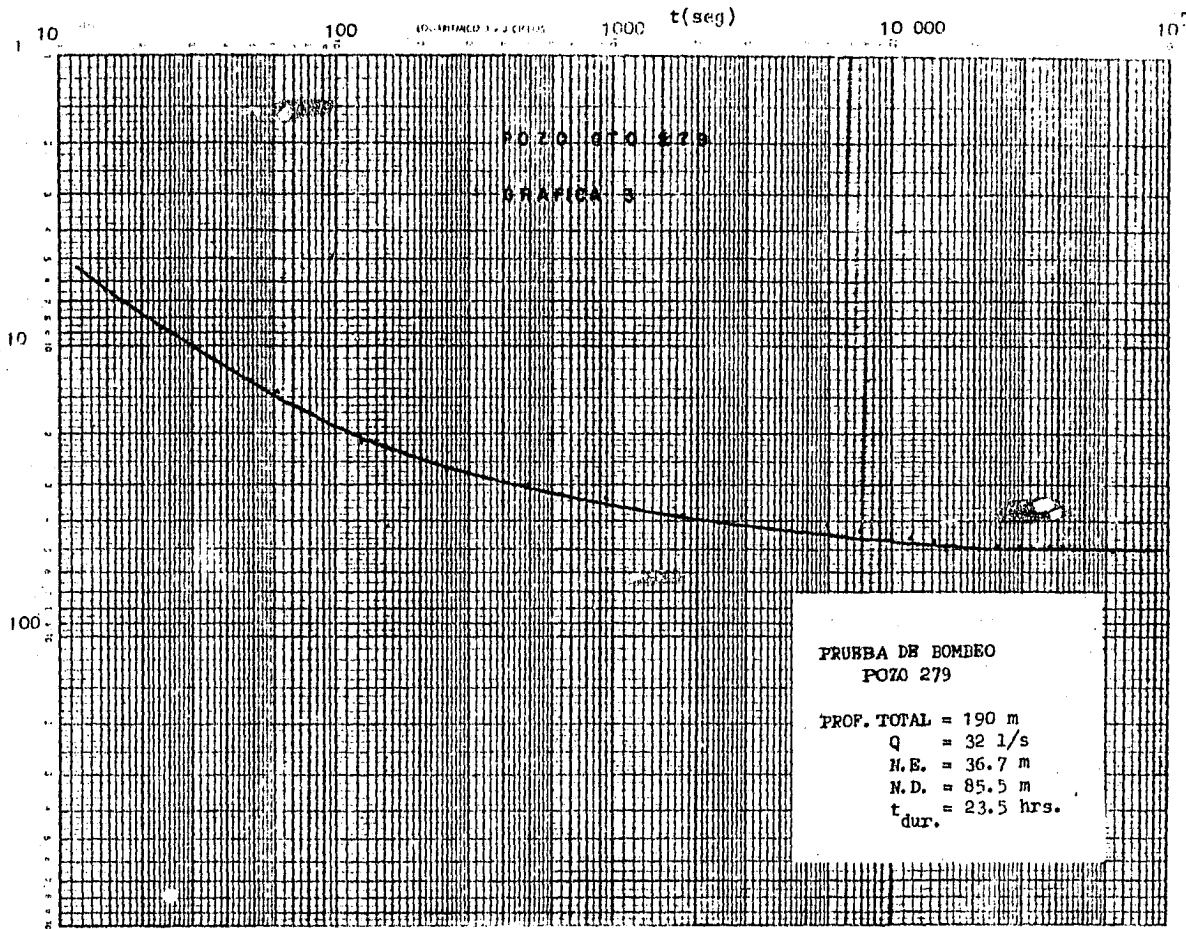


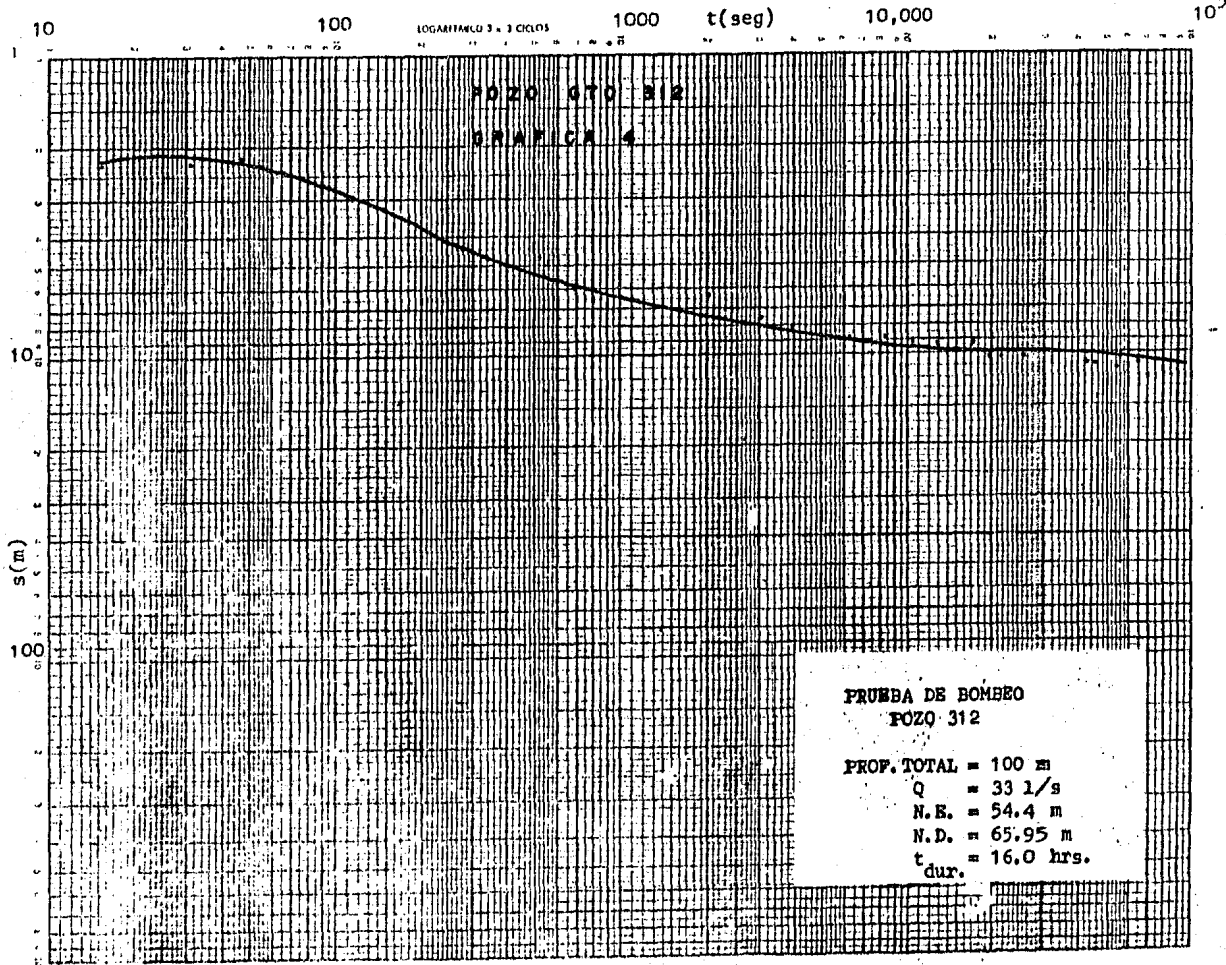
FOTO N° 7. Formación Caracol (Ksc). Se puede observar las intercalaciones de lutitas y areniscas, con sus - fracturas rellenas de material arcilloso y calcáreo.

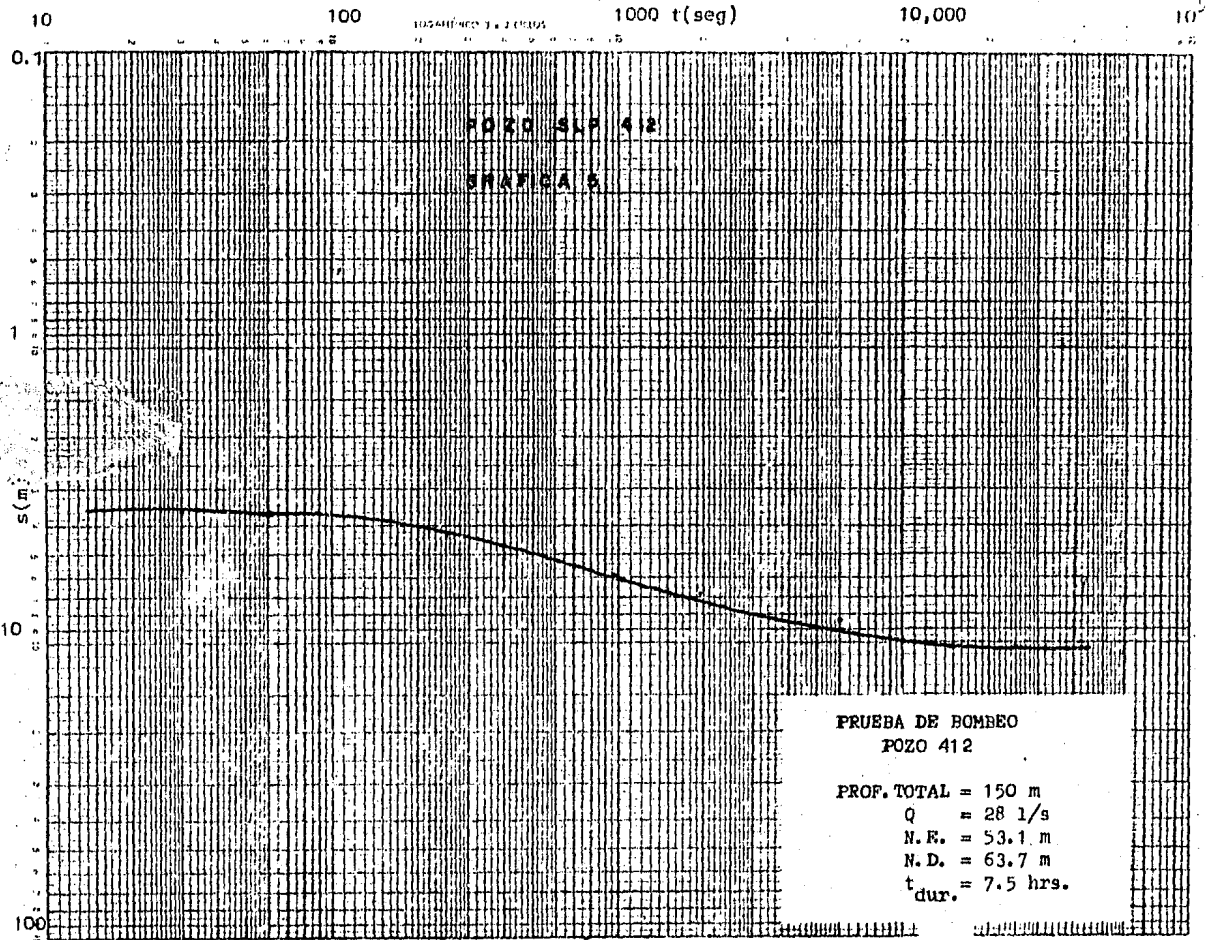


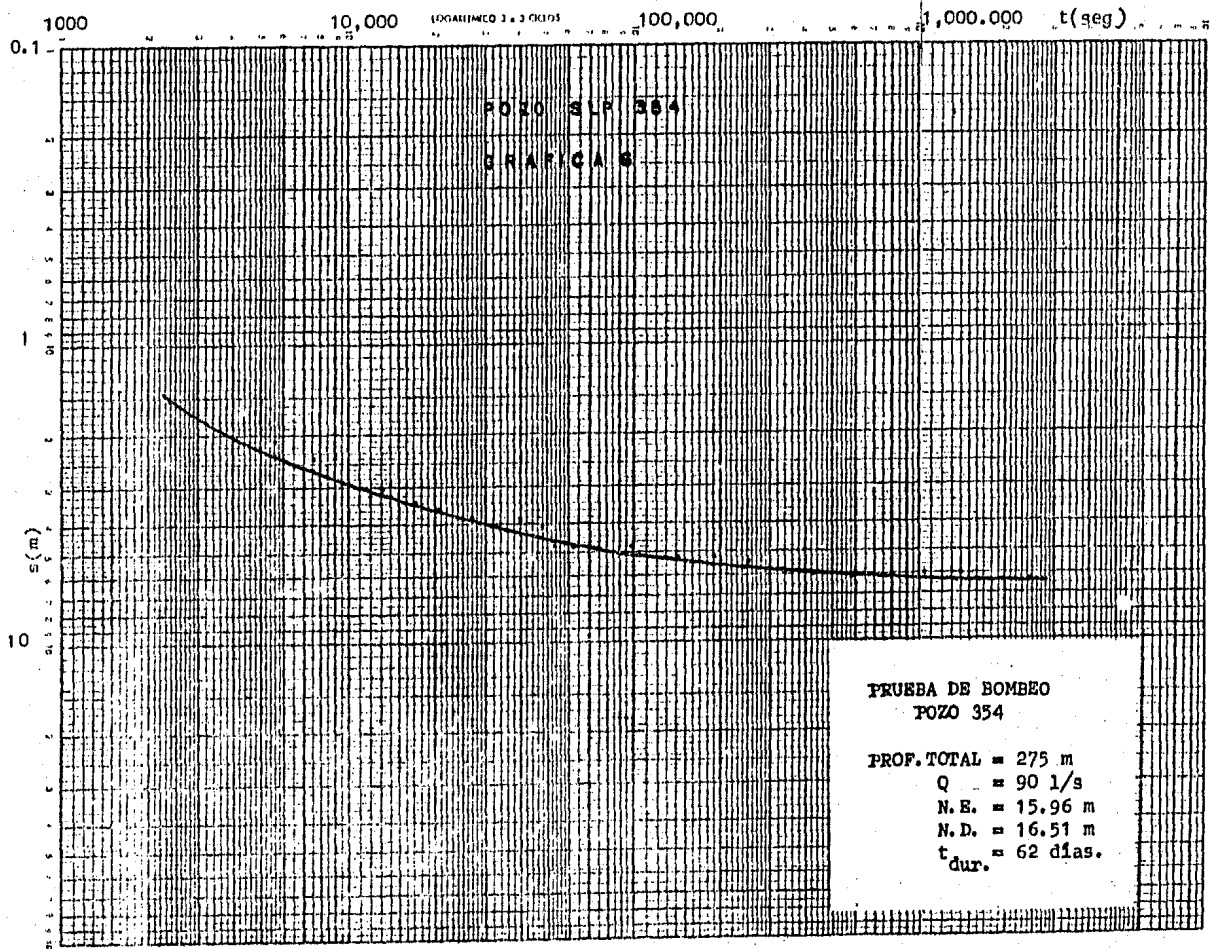


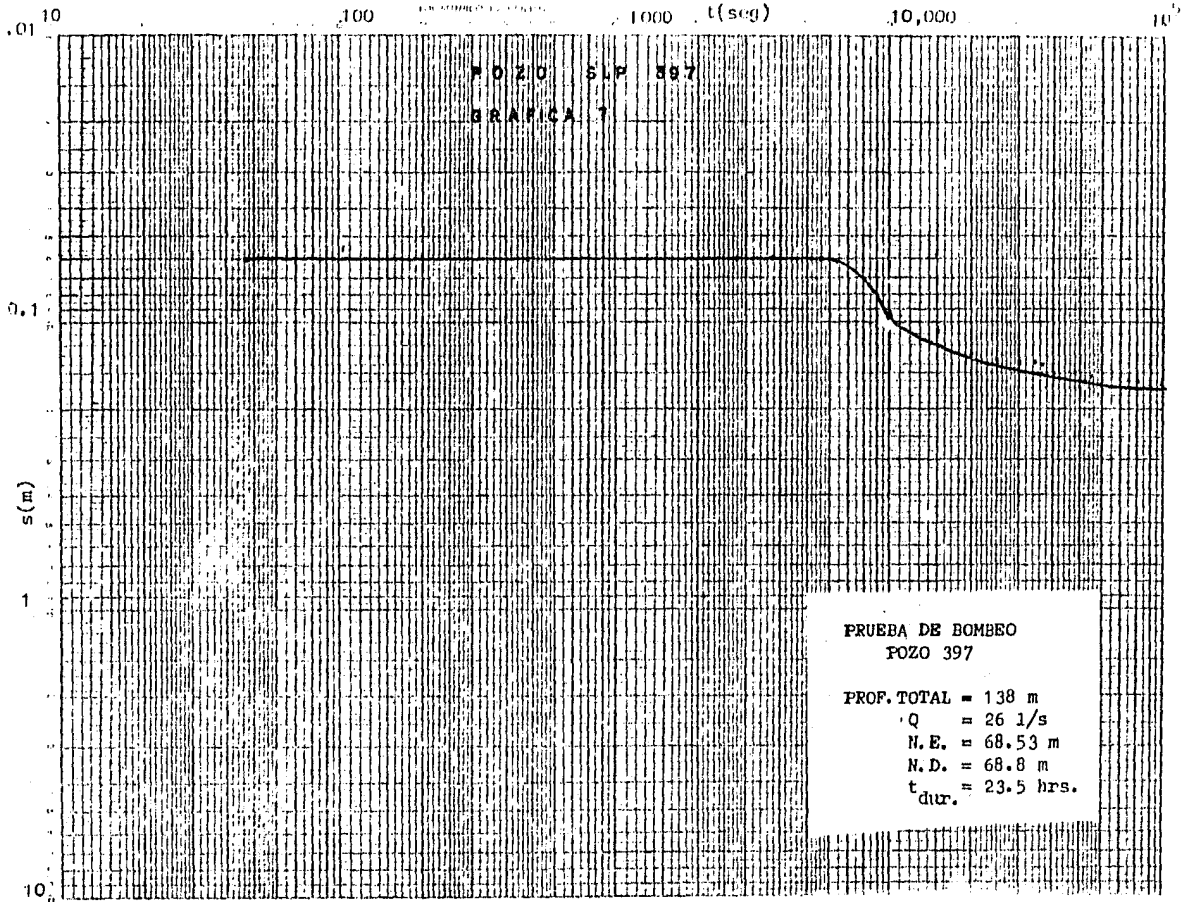


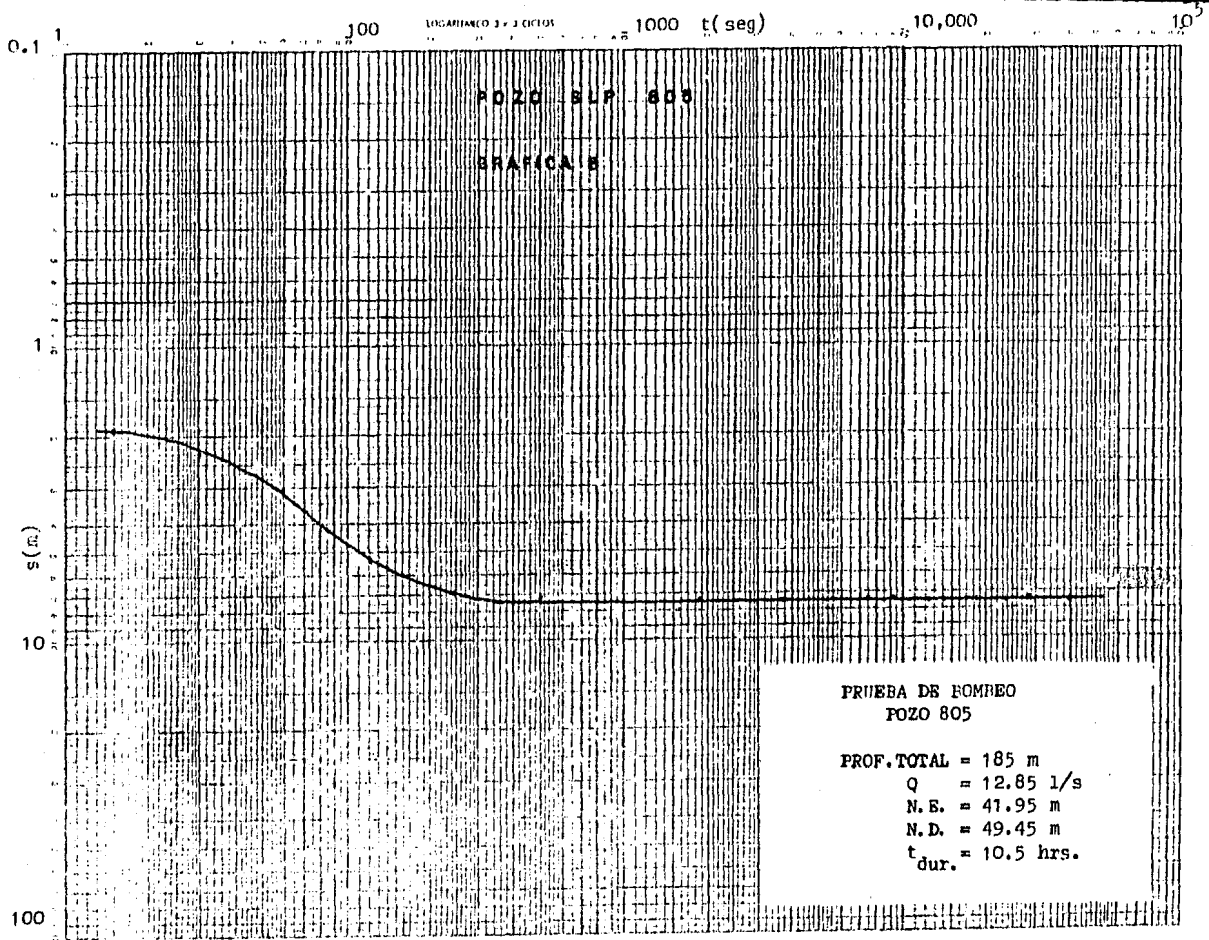














10

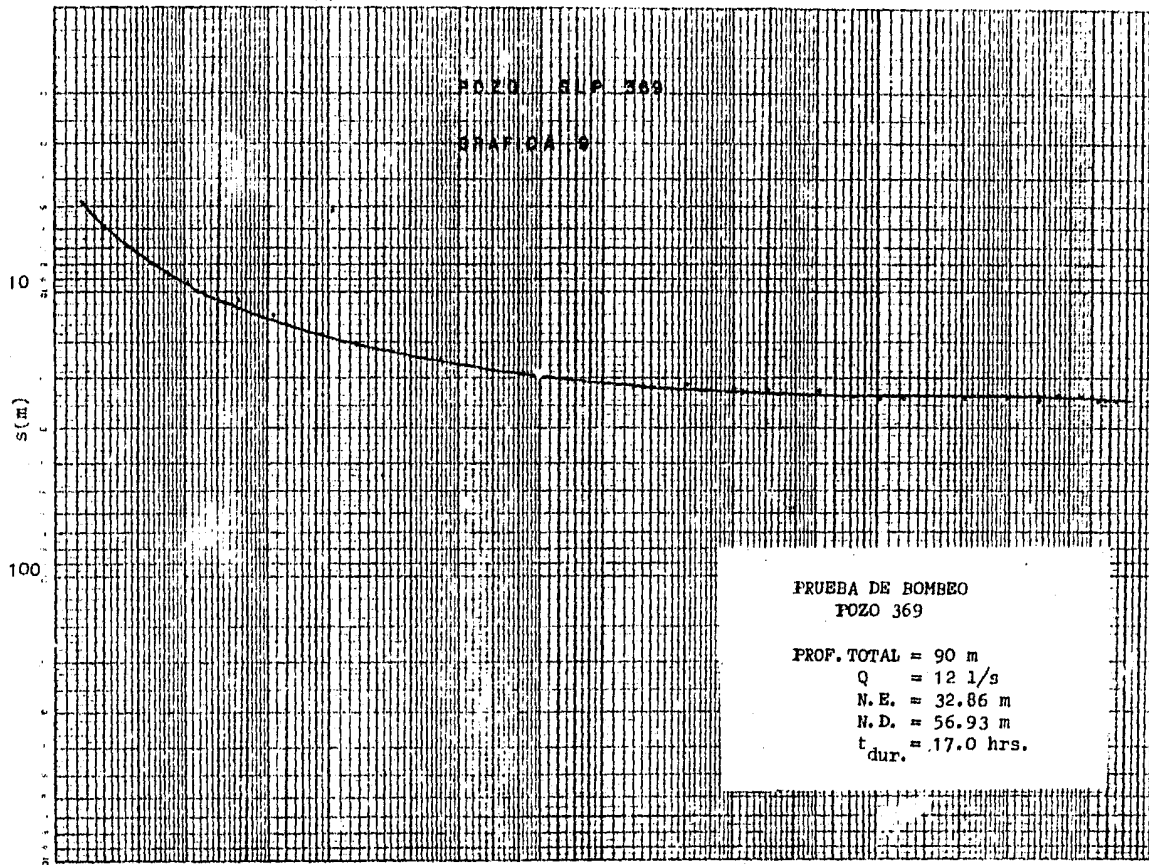
100

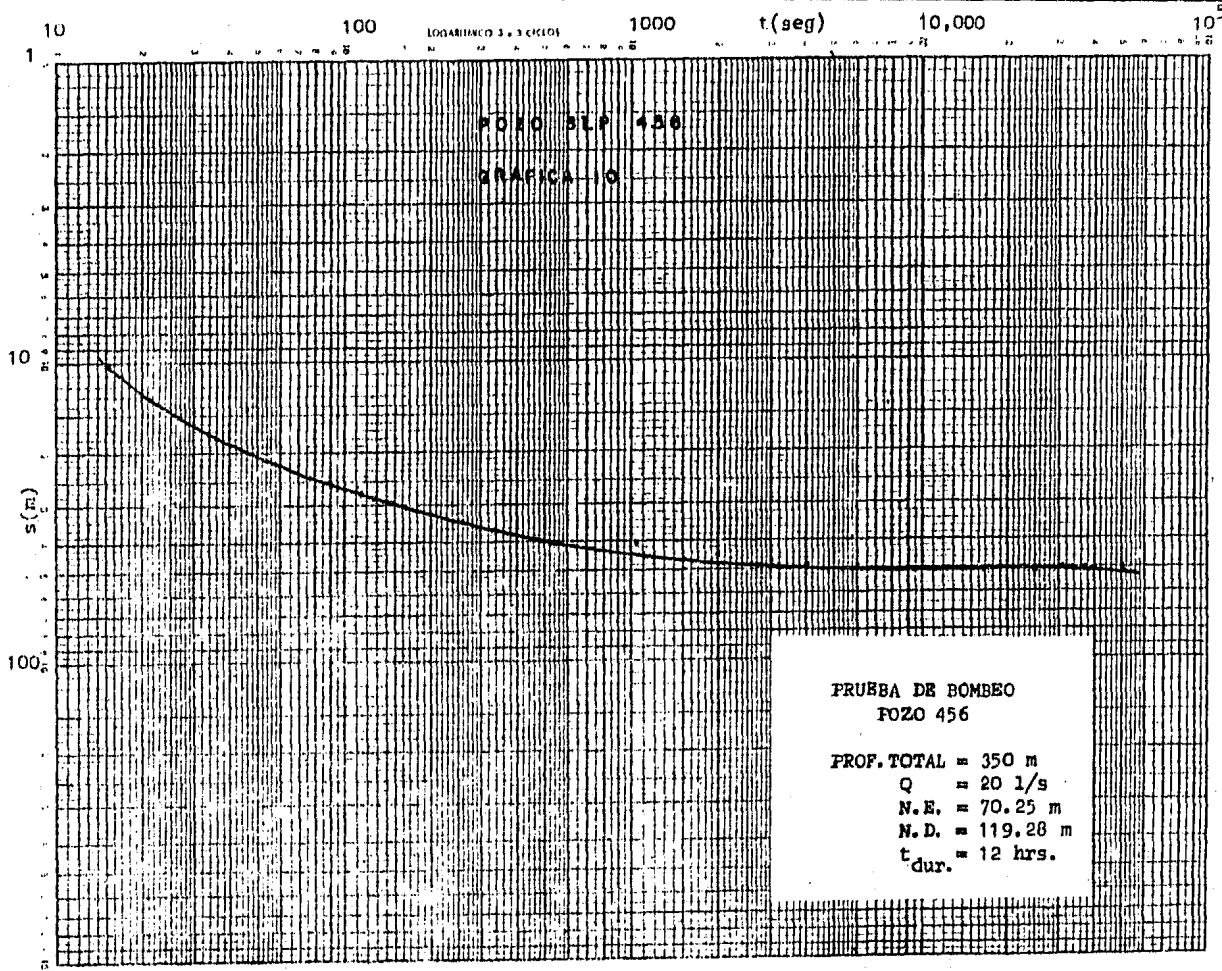
1000

t(seg)

10,000

10

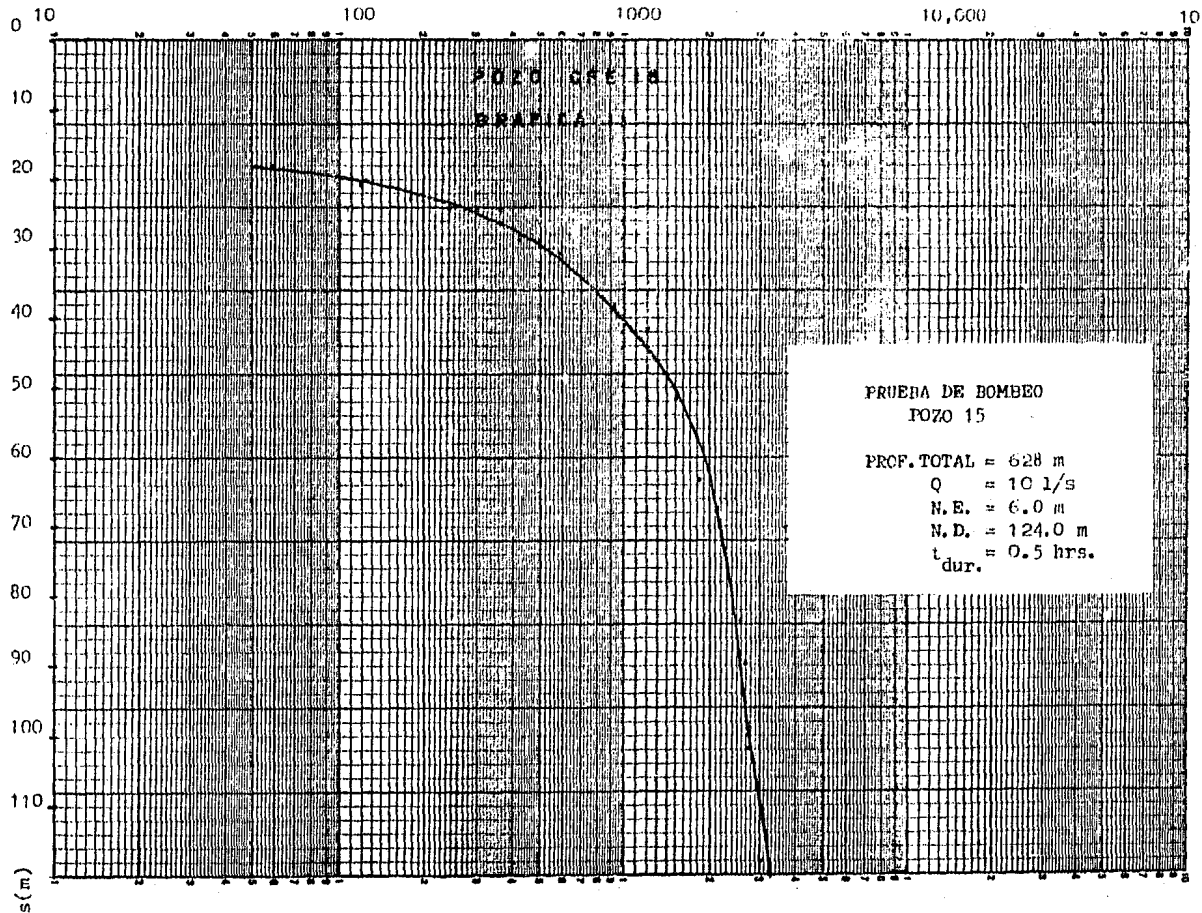


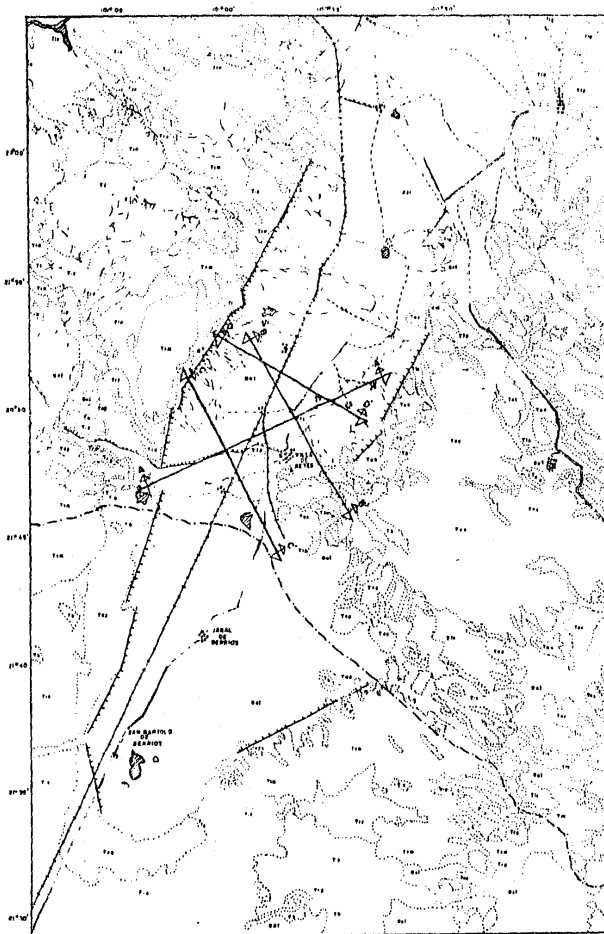


PRUEBA DE BOMBEO  
FOZO 456

PROF. TOTAL = 350 m  
 Q = 20 l/s  
 N.E. = 70.25 m  
 N.D. = 119.28 m  
 t<sub>dur.</sub> = 12 hrs.

t (seg)





**LEYENDA**

- |  |     |                         |
|--|-----|-------------------------|
| ESCALA<br>METROS<br>0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000 | 100 | SEDIMENTOS              |
|  | 101 | SEDIMENTOS SUPERIORES   |
|  | 102 | SEDIMENTOS INTERMEDIOS  |
|  | 103 | SEDIMENTOS INFERIORES   |
|  | 104 | SEDIMENTOS CUATERNARIOS |
|  | 105 | SEDIMENTOS CUATERNARIOS |
|  | 106 | SEDIMENTOS CUATERNARIOS |
|  | 107 | SEDIMENTOS CUATERNARIOS |
|  | 108 | SEDIMENTOS CUATERNARIOS |
|  | 109 | SEDIMENTOS CUATERNARIOS |
|  | 110 | SEDIMENTOS CUATERNARIOS |
|  | 111 | SEDIMENTOS CUATERNARIOS |
|  | 112 | SEDIMENTOS CUATERNARIOS |
|  | 113 | SEDIMENTOS CUATERNARIOS |
|  | 114 | SEDIMENTOS CUATERNARIOS |

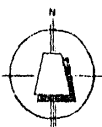
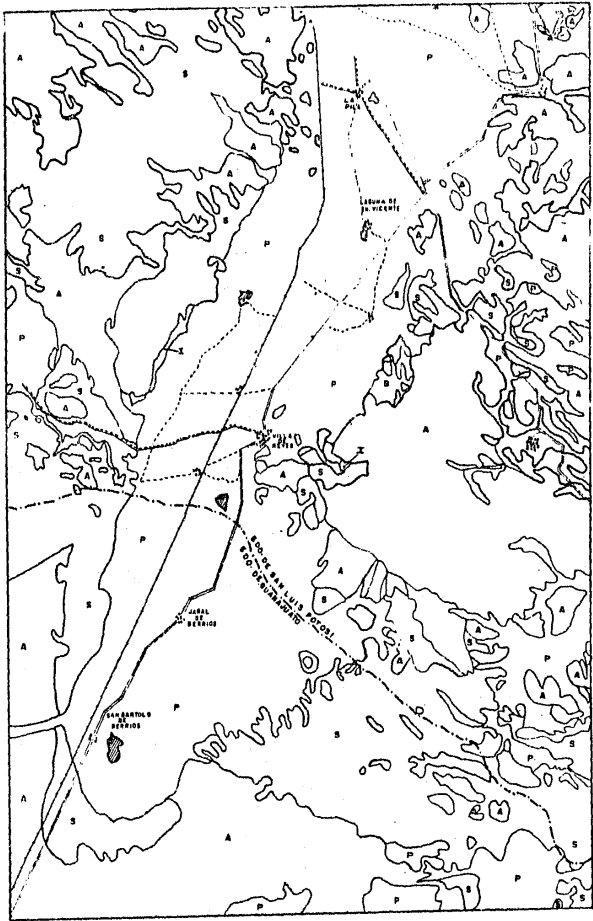
**SIMBOLOGIA**

- CARRETERA PAVIMENTADA
- FERROVIARIA
- SECCION
- FERROCARRIL
- ARROYO
- EMPALME
- POZALADO
- LÍNEA DE SECCION
- CONTACTO GEOLÓGICO
- FRACTURA
- FALLA NORMAL

**NOTA:**  
 BASADO EN EL PLANO GEOLÓGICO 1:200 000 DEL INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y METEOROLOGÍA DE LA UASLP CON MODIFICACIONES GEOLOGICAS DEL C. FREDY REYES PARA POR EL AUTOR.

ESC: 1:200 000  
 0 100 200 300 400 500 600 700 800 900 1000

<b>U N A M</b>	
<b>FACULTAD DE INGENIERIA</b>	
PLANO GEOLOGICO DEL VALLE DE REYES DE REYES	
<b>T E S I S</b>	
MESTRA CRISTINA ORTIZ	
1 9 9 4	Fig. No. 1.1



**LEYENDA**

- P** UNIDADES PERMIANAS ACUFERO SUPERIOR (COLUMBIENSE Y HUYSAI)
- A** UNIDADES PERMIANAS ACUFERO INFERIOR (TRUJANO DE CANTÓN, COSTA MARIACHI, LAGUNAS DE SAN MATEO, CUMACÁN Y SAN JUAN DE LOS RÍOS)
- S** UNIDADES SEPTENTRIONALES (LÓPEZ CORTÉS, SAN JUAN DE LOS RÍOS, SAN JUAN DE LOS RÍOS, SAN JUAN DE LOS RÍOS, SAN JUAN DE LOS RÍOS, SAN JUAN DE LOS RÍOS)
- X** UNIDADES INFERIORES (FORMACIÓN CANTÓN Y FORMACIÓN COSTA)

**SIMBOLOGIA**

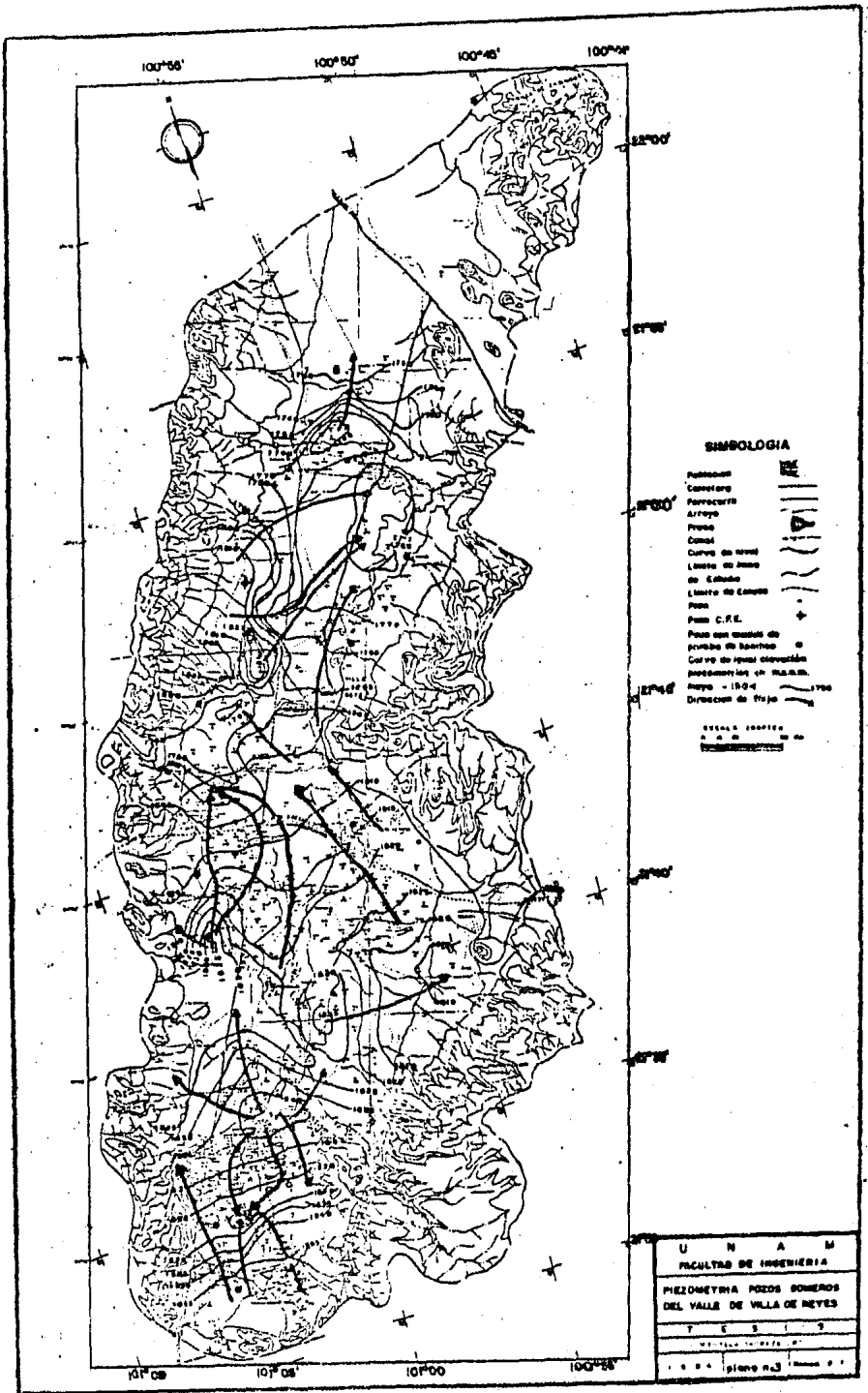
- CARRETERA PERMANENTE
- TERRENERA
- - - - - ADERNA
- - - - - FERROCARRIL
- ▲ ENALCE
- PUEBLO
- CONTACTO METAMÓRFICO

NOTA:  
 BASADO EN RECONOCIMIENTOS GEOLÓGICOS DE CAMPO Y LABORATORIO Y INFORMACIÓN HISTÓRICA RECIBIDA DE LOS PERROS DE C. P. E.

ESC. 1:200000



<b>U N A M</b>
<b>FACULTAD DE INGENIERÍA</b>
<b>PLANO GEOLOGICO DEL VALLE DE VILLA DE REYES</b>
<b>Y E S I S</b>
<b>MESTELA CROPEZA ORTIZ</b>
1 0 0 0    Pag. no. 2-2    Inst. de I. P.

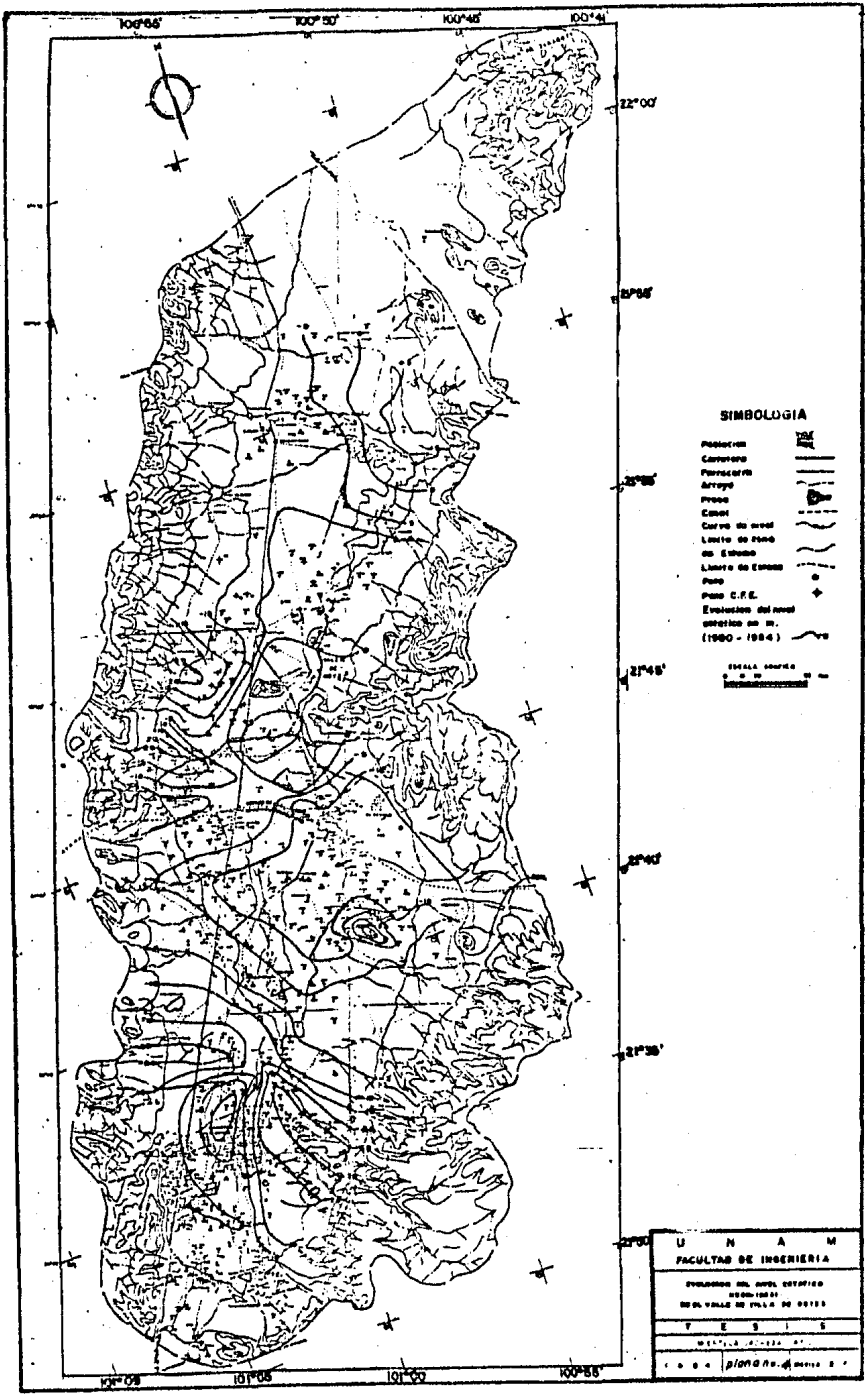


**SIMBOLOGIA**

- Polígono
- Camino
- Parroquia
- Arroyo
- Prado
- Canal
- Curva de nivel
- Límite de zona de Estiércol
- Límite de Campo
- Fin
- Posto C.F.E.
- Posto con resaca de prueba de bovinos
- Curva de igual elevación pedregosa en m.s.n.m.
- Mapa - 1904
- Dirección de Faja

ESCALA GRÁFICA  
 1 : 50,000

U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PIEZOMETRIA POZOS SOMEROS DEL VALLE DE VILLA DE REYES	
T E S I S	
por: _____	
C O N S E J O	
por: _____	



**SIMBOLOGIA**

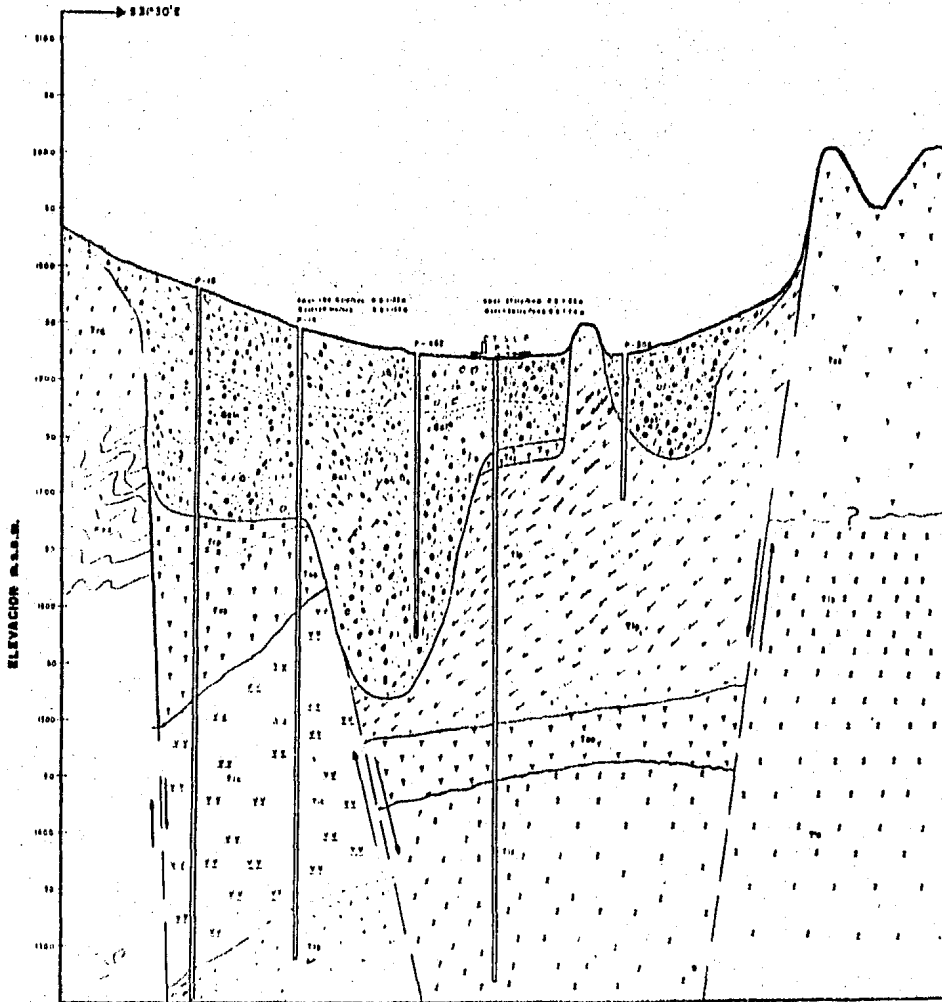
- Pedregal
- Carrero
- Ferrocarril
- Arroyo
- Preso
- Camal
- Curvo de nivel
- Límite de zona de Estero
- Límite de Estero
- Paso C.F.E.
- Elevación del nivel anterior en m. (1980 - 1984)

ESCALA HORIZ. 1:50,000

U N A M  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 DIVISION DEL AREA CATEDRA  
 DE VALLE DE TULA DE OTES  
 T E S I S  
 1984  
 Tema No. 4







### LEYENDA

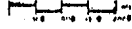
- ALUVIO Y CARBONERAS QUATERNARIAS
- SILICEA PABELLON (F19) SILEX, ALPHEUSO, MARRON, P
- MARMOL IMPURE (F20) CALIFORNIA
- MARMITA CANTERA (F21) PERUANO
- ALTA CALTEZIELITICA PERUANO
- TRONDO QUICHALTESITIC PERUANO
- INMEDIATA MARA MARITIMA CALIFORNIA
- SOLIDA QUICHALTESITIC CALIFORNIA
- FORMACION CARACO, FRESA, INMEDIATA

### SIMBOLIA

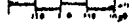
- CONTACTO GEOLÓGICO
- NIVEL ESTÁTICO PROFUNDO
- FALLA DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL

NOTA  
 BASEMENTO DEL RELLENO, DISEÑADO POR  
 GEOLÓGICA Y CORTES LITOLÓGICOS

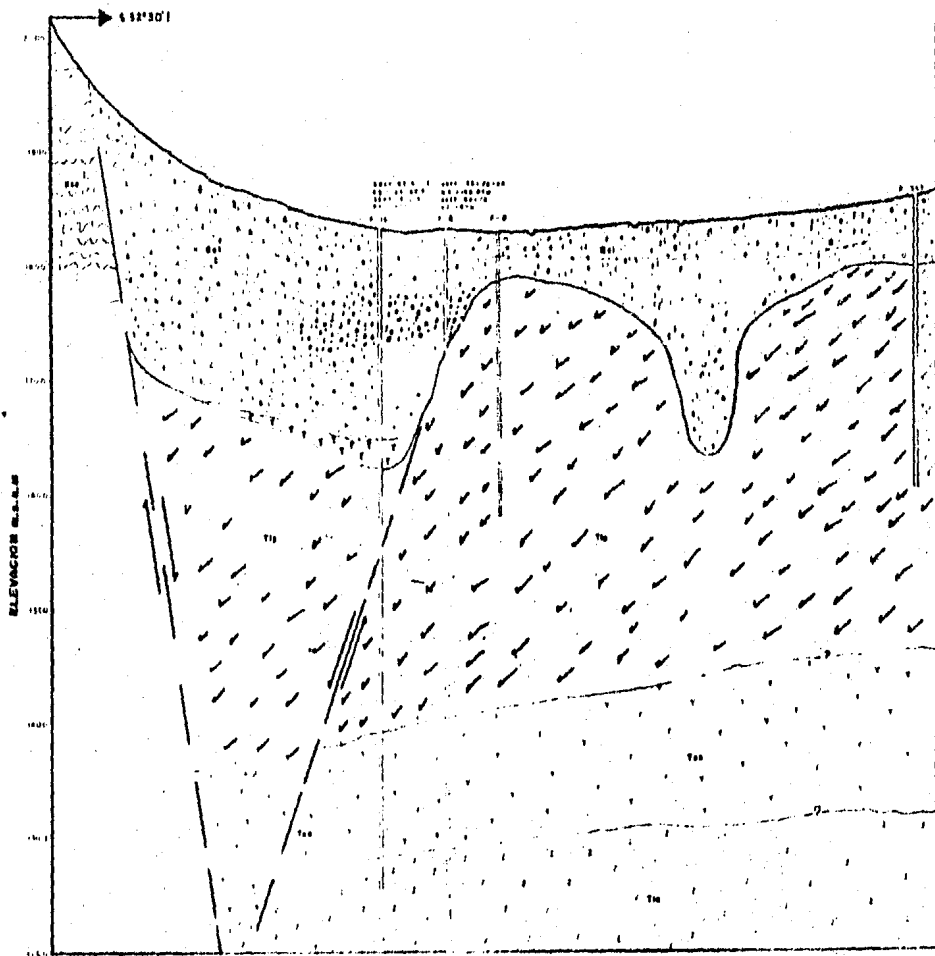
ESC HORIZONTAL 1 50000



ESC VERTICAL 1 25000



U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
SECCION GEOLÓGICA - D <sup>1</sup>	
RUM 5 31° 30' E	
T E S I S	
M E T R O L O G I A	
1 9 8 4	SECCION 2
MAYO D P	



**LEYENDA**

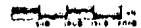
- ARENAS Y COQUELENADO
- ARENAS Y ARCILLAS
- GRISETES Y ARCILLAS
- GRISETES Y ARCILLAS
- GRISETES Y ARCILLAS
- GRISETES Y ARCILLAS
- GRISETES Y ARCILLAS
- GRISETES Y ARCILLAS
- GRISETES Y ARCILLAS

**SIMBOLOGIA**

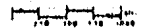
- CONTACTO DENUDADO
- NIVEL ESTÁTICO PROFUNDO
- FALLA DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL

NOTA:  
BASEMIENTO DEL RELLENO, RESULTADO POR  
GRAFÍCA Y LÍNEAS SIMILARES

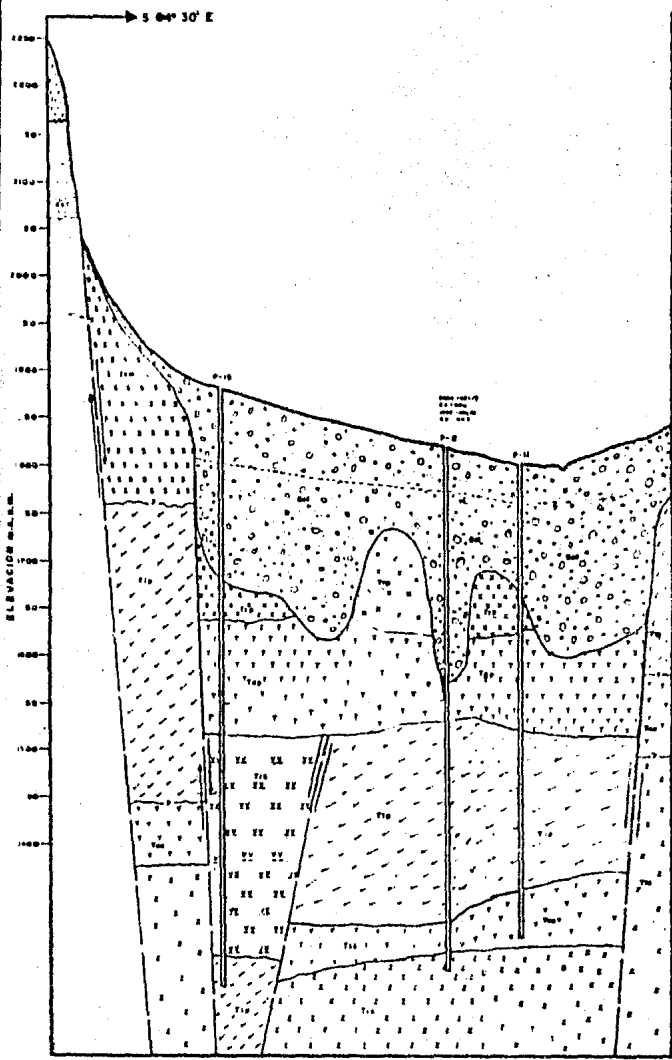
ESC. HORIZONTAL 1:50,000



ESC. VERTICAL 1:25,000



U N A M		
FACULTAD DE INGENIERIA		
SECCION GEOLOGICA - C <sup>3</sup>		
RBO S 82° 30' E		
T E S I S		
1 0 0 4	seccion 3	Hoja No. 1



**LEYENDA**

- Alluvio y limo (arenas y gravas)
- Manto superficial de arena y limo (arenas y gravas)
- Manto superficial de arena y limo (arenas y gravas)
- Sedimentos cuaternarios y terciarios
- Sedimentos del Pleistoceno (arenas y gravas)
- Lava (dolerita) (arenas y gravas)
- Trachita (arenas y gravas)
- Sedimentos sobre basaltos (arenas y gravas)
- Basaltos (arenas y gravas)
- Formación granítica (arenas y gravas)

**SIMBOLOGIA**

- Contacto discordado
- Nivel actual de profundos
- Línea de desplazamiento vertical

NOTA: SECCIONES DEL NEUROLOGO DEL INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS LINGÜÍSTICOS

ESCALA HORIZONTAL 1:50,000

ESCALA VERTICAL 1:25,000

I N S T I T U T O	
NACIONAL DE INVESTIGACIONES Y ESTUDIOS LINGÜÍSTICOS	
SECCION GEOLOGICA - D 0 1	
RHO 5 0 4 ' 3 0 ' E	
F O T O	
MATERIAL GRAFICO 1977	
1 0 0 0	SECCION 0 1