



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

28
166

EXPLORACION DEL AGUA SUBTERRANEA MEDIANTE
ESTUDIOS GEOHIDROLOGICOS DE PROSPECCION.

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el Título de
INGENIERO CIVIL

presenta

RICARDO PONCE GALINDO



MEXICO, D. F.

1983



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

EXPLORACION DEL AGUA SUBTERRANEA MEDIANTE ESTUDIOS
GEOHIDROLOGICOS DE PROSPECCION

C O N T E N I D O :

- I.- INTRODUCCION

- II.- ESTUDIOS PRELIMINARES
 - 2.1 Geológicos
 - 2.2 Hidrológicos

- III.- TRABAJOS DE PROSPECCION
 - 3.1 Geológicos
 - 3.2 Geofísicos (indirectos)
 - 3.3 Exploratorios (directos)

- IV.- PERFORACION DE POZOS PARA EXPLOTACION
DEL AGUA SUBTERRANEA
 - 4.1 Método de rotación directa
 - 4.2 Método de rotación inversa
 - 4.3 Método de percusión

- V.- DISEÑO DE POZOS
 - 5.1 Factores de diseño
 - 5.2 Equipo de bombeo

- VI.- APLICACION PRACTICA

- VII.- CONCLUSIONES

I.- INTRODUCCION

El presente trabajo está encaminado a la aplicación de los fundamentos teórico - prácticos que adquirí a lo largo de los estudios realizados en esta Facultad y complementados con los trabajos hechos en el campo de la práctica.

El trabajo está enfocado hacia el aprovechamiento del agua subterránea, que como recurso natural, es de vital importancia para satisfacer las demandas que de él requiere la sociedad para la realización de sus múltiples actividades.

Las captaciones del agua subterránea deben sujetarse a los requisitos de potabilidad que exigen las Dependencias que rigen la calidad del agua y tomar en cuenta tanto la economía como las necesidades propias de la región.

La metodología seguida fue la de recopilar datos para integrar un estudio preliminar y en base a este hacer un planteo general del posible potencial del acuífero en estudio.

El acuífero se encuentra en la región del Soconusco, expresamente, en las proximidades de la ciudad de Tanachula, Chis. en donde las extracciones de agua subterránea son fundamentalmente con fines de abastecimiento de agua potable y riego.

El trabajo se elaboró con datos obtenidos de las Dependencias oficiales, investigaciones de campo existentes y la participación activa en la perforación de otros, al ser-

Por todo lo anterior con el planteamiento de la metodología, los objetivos que se persiguen para la explotación de los acuíferos por medio de pozos, nos conducen a un aprovechamiento racional y económico del recurso.

II.- ESTUDIOS PRELIMINARES

El área de estudio corresponde a la comprendida entre los paralelos $14^{\circ}40'$ y $14^{\circ}55'$ y los meridianos $92^{\circ}15'$ y $92^{\circ}20'$ como se puede ver en el plano general de localización No. 2.1.

Los estudios preliminares se dividen en Geológicos e Hidrológicos.

2.1 GEOLOGICOS

El contar con la información geológica de la región nos permite conocer los principales factores que influyen en la ocurrencia y movimiento del agua subterránea. Como principales, mencionaremos a:

Naturaleza de las rocas de la región.

Estratigrafía o secuencia y distribución de los diferentes tipos de rocas.

Estructuras geológicas o colocación espacial de las diferentes unidades estratigráficas.

Topografía y morfología superficial de la región.

El relieve del estado de Chiapas se divide en cinco zonas, como lo demuestra el croquis de zonificación No. 2.1.1

La zona de estudio pertenece a la Planicie Costera del Pacífico como lo demuestran los datos anteriores, con la Tierra Madre del Sur al Noreste y el Océano Pacífico al Sur-

oeste.

Toda la planicie se compone principalmente por tres grupos de rocas. El primer grupo corresponde a las llamadas rocas antiguas, presumiblemente de la Era Paleozoica, formando la Sierra Madre del Sur, también llamada Sierra Cristalina. Estas rocas están representadas por los granitos y granodioritas, rocas ígneas de naturaleza intrusiva que presentan a sus minerales formando cristales grandes de colores claros y gris claros de cuarzo y feldespato.

Las rocas cristalinas son consideradas como base y origen de las demás rocas de la región por estar sometidas a un franco intemperismo bajo la acción del agua, el aire y la temperatura. Estas rocas se pueden ver aflorando sobre la superficie de las faldas de la Sierra y en algunas áreas próximas a la ciudad de Tlachula.

El segundo grupo de rocas pertenece a los Períodos Terciario Superior y Cuaternario por ser rocas relativamente jóvenes originadas principalmente por el arrastre fluvial de las rocas cristalinas.

Las del Terciario Superior son volcánicas del tipo ácido y básico, los granitos y granodioritas son del primer tipo y los basaltos y andesitas del segundo.

Los granitos y granodioritas se ven aflorar en las taludes de la Sierra y al Oriente de Tlachula de Huehuetlán, los basaltos y andesitas se encuentran más hacia el

pie de la Sierra, en contacto con el nacimiento de la planicie.

Las rocas encontradas del período más reciente son también de origen volcánico, siendo tobas y cenizas arrojadas por el volcán Tecaná principalmente.

El tercer grupo de rocas encontrada pertenece a las sedimentarias, material que fue transportado y depositado por las corrientes de los ríos y arroyos a lo largo de su cauce; de estas se pueden ver cantos redondos al pie de la Sierra y aluviones en toda la planicie: el aluvión es un conglomerado de gravas, arenas, limos y arcillas.

En la cara superficial se encuentran los materiales más finos con arena, formando el horizonte de cultivo y en la línea de costa hay depósitos de arena fina como consecuencia de las mareas y la baja velocidad de arrastre fluvial a causa de la poca pendiente predominante.

En los planos de distribución de rocas a lo largo de la planicie Nos. 1.1.2 y 1.1.3 se puede observar lo anotado anteriormente.

3.2 HIDRÓLOGOS

Un estudio detallado de hidrología es muy importante para conocer el comportamiento de las aguas superficiales y subterráneas, considerando sus características físicas y químicas.

~~elección de formas, tipos y equipos de explotación del acuífero.~~

La cantidad de datos obtenidos permiten tener una idea generalizada del comportamiento del acuífero, el cual se complementará con trabajos que se presentan en el siguiente capítulo.

Los estudios se enfocarán hacia el análisis de la Hidrología Superficial y al Comportamiento del Acuífero.

2.2.1 HIDROLOGIA SUPERFICIAL

Es de gran importancia un estudio de la Hidrología Superficial por la estrecha relación que guarda con el agua contenida en los acuíferos, considerándose para este caso los datos registrados dentro de la cuenca del río Coatán por pertenecer a esta los ejemplos que se verán posteriormente.

Los aspectos que se analizan son la precipitación, el escurrimiento superficial y la evapotranspiración real.

PRECIPITACION

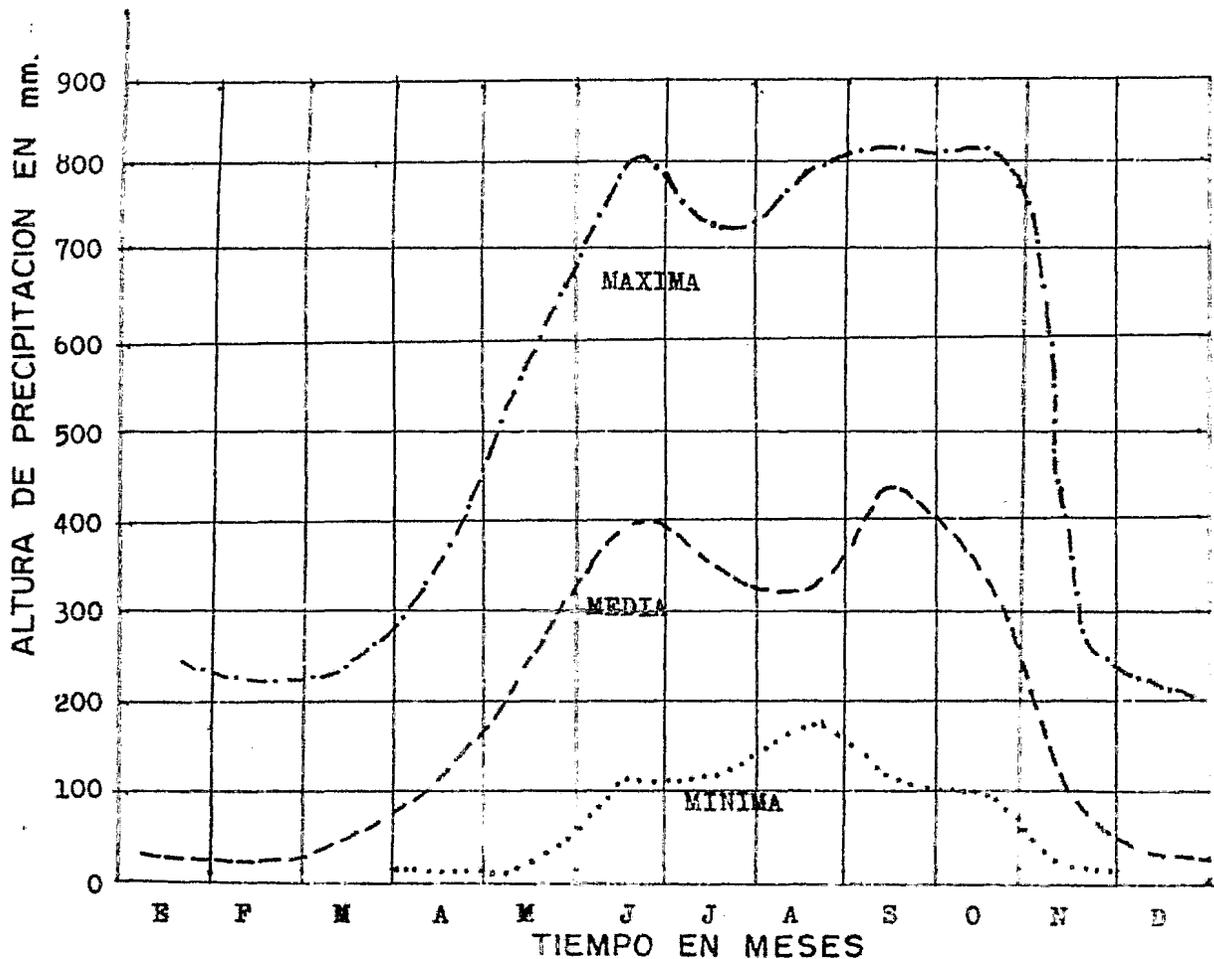
Desde los años de 1931 a 1970 la SAE (hoy SIA) ha venido observando una precipitación media anual de 1973 mm. como promedio. En el período de 1941 a 1970 se ha registrado una precipitación media mensual de 163.4 mm. según muestran los datos de la siguiente tabla.

PRECIPITACION

MES	MIN.	MAX.	MED.
ENE.	0.0	248.5	26.8
FEB.	0.0	220.7	25.9
MAR.	0.0	241.1	50.2
ABR.	4.2	374.3	111.1
MAY.	26.5	608.9	273.0
JUN.	116.3	805.5	403.1
JUL.	122.0	730.4	435.5
AGO.	171.1	552.0	327.3
SEP.	105.7	811.7	458.7
OCT.	99.5	814.7	343.5
NOV.	3.7	273.1	88.0
DIC.	0.0	219.1	29.4
S U M A			2483.4 mm.

La gráfica correspondiente a los datos de la tabla anterior es la siguiente.

DISTRIBUCION MENSUAL DE LA PRECIPITACION MEDIA EN EL PERIODO 1941-1970 EN LA CIUDAD DE TAPACHULA CHIS.



Por último, en un periodo muy corto y reciente que comprende los años de 1975 a 1978 en el área del Aeropuerto Internacional de Tapachula se obtuvieron los siguientes datos:

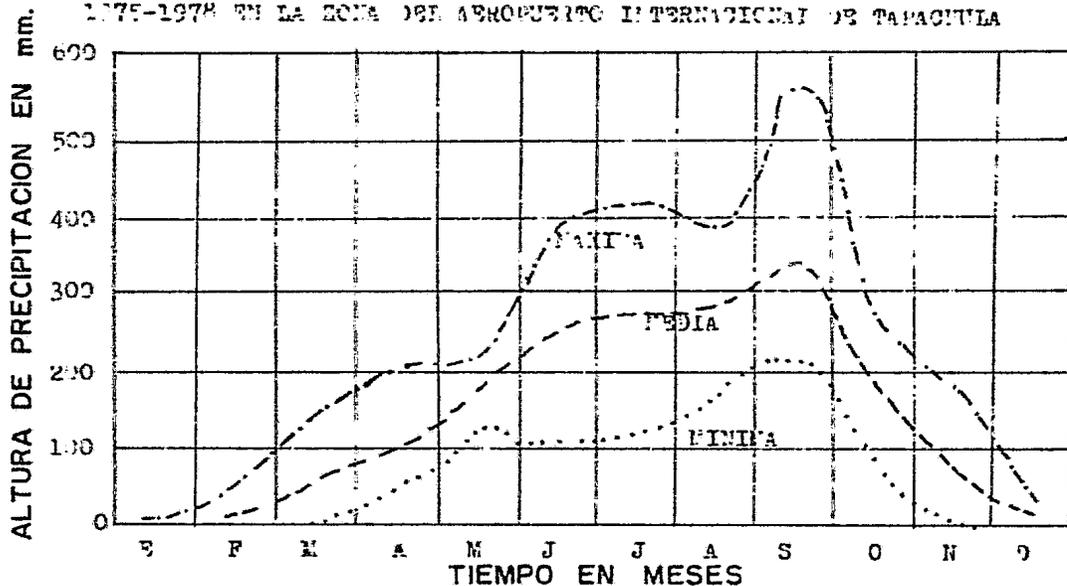
PRECIPITACION

MES	MIN.	MAX.	MED.
ENE.	0.0	1.0	0.4
FEB.	0.0	59.0	13.5
MAR.	1.2	136.2	44.1
ABR.	46.5	107.1	95.9
MAY.	115.0	111.3	173.3
JUN.	106.4	378.6	241.4
JUL.	114.8	414.3	269.1
AGO.	162.4	318.9	272.4
SEP.	220.1	509.0	350.1
OCT.	86.3	264.3	175.8
NOV.	8.8	172.2	71.6
DIC.	1.3	25.6	17.5
S U M A			1736.7 mm.

El promedio anual de 1736.7 mm. es inferior a la de los años 1941 a 1970. Uno de los factores por la disminución es el incremento de áreas desmontadas para la agricultura en toda la zona del Soconusco.

Su gráfica es la siguiente:

DISTRIBUCION MENSUAL DE LA PRECIPITACION EN EL PERIODO 1975-1976 EN LA ZONA DEL AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TAPACHULA



ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

Se ha observado en la estación hidrométrica Mal Pasco sobre el río Soatan un escurrimiento total de 534.5×10^6 m³ de los cuales solo 247×10^6 m³ tienen incidencia directa en el acuífero y el resto escurre horizontalmente. De los 247×10^6 m³, se registran 30.7×10^6 m³ que aumentan el almacenamiento marginal y 216.2×10^6 m³ es el escurrimiento superficial en una área de 406 Km².

EVAPOTRANSPIRACION

En la misma estación hidrométrica se ha registrado un valor de 1812.7 mm, que es poco representativo por ser el área con menor temperatura y más alta la precipitación.

De manera empírica, Turco propone una fórmula que es función de la precipitación y la temperatura dominante en la región, con lo que se puede calcular la evapotranspiración real.

$$E_v = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

Donde: E_v = Evapotranspiración real

P = Precipitación en mm.

$L = 300 + 25 T + 0.05 T^2$.

T = Temperatura media anual en °C.

Si se toma como precipitación la que se registra en los años de 1975 a 1978, la evapotranspiración real es igual a 137.6 mm.

2.2.2 COMPORTAMIENTO DEL ACUÍFERO

Con los datos anteriores se puede obtener una idea generalizada de las recargas al acuífero, si bien no son las que corresponden a la planicie, estos son reflejo de los posibles volúmenes a captar en la zona de estudio, de este caso en particular, por que los escurrimientos se efectúan en toda la planicie y parte de las recargas se realizan en las zonas altas.

Para conocer un poco más a fondo del comportamiento del acuífero de la planicie, es importante saber de algunas de sus características hidráulicas, como el tipo de acuífero, infiltración, nivel de aguas freáticas, recargas, potencial

del acuífero, permeabilidad y transmisibilidad. Por último se analizará la calidad del agua.

TIPO DE ACUÍFERO

El nivel estático de las aguas freáticas está sometido a una presión casi igual a la atmosférica, por que en la zona se han encontrado áreas de recarga muy permeables, constituidas por materiales suficientemente permeables como lo es las arenas lo que hace considerar al acuífero como semilibre o libre.

INFILTRACION

Al hacer el análisis de la infiltración, se debe de considerar que las precipitaciones y los escurrimientos son aproximadamente el 70% inferior a los de las zonas altas en donde el ciclo hidrológico es más amplio que el registrado en la planicie, como lo demuestra el valor obtenido de la precipitación en la zona del Aeropuerto.

De la ecuación del balance Hidrometeorológico obtenemos un valor de infiltración muy bajo, o sea:

$$P - E_s - E_v - I = 0$$

Donde: P = Precipitación en mm.

E_s = Escurrimiento superficial en mm.

E_v = Evapotranspiración real en mm.

I = Infiltración en mm.

$$1730 - 339 - 1337 = 60 \text{ mm.}$$

Valor que debe ser superior porque la pendiente que

domina a la planicie es pequeño y el escurrimiento superficial al bajará en la misma proporción.

Es importante notar que el valor de la infiltración, aún cuando pudiera ser real, no refleja el potencial del acuífero ya que no toda el agua infiltrada pasa a integrarse al total del agua subterránea circulante puesto que una parte importante queda retenida en la zona de percolación y para satisfacer las deficiencias de humedad del suelo.

NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS

Se tienen registros de los niveles del agua freática en los periodos de lluvia y estiaje; durante las lluvias, en casi toda la planicie se encontraron niveles de 2.00 a 3.00 metros de profundidad y la completa saturación en los esteros y zonas de inundación cercanas a la línea de costa, y durante el estiaje se registran niveles de 4.00 a 6.00 m. en la planicie y de 2.00 a 3.00 m. a lo largo de la línea costera.

En el plano No 2.2.2 se pueden notar los niveles en la zona y en el No 2.2.2.a a los niveles piezométricos en el área del Aeropuerto y al mismo tiempo, la dirección del flujo subterráneo.

RECARGAS

Las recargas al acuífero de la planicie se efectúan en las zonas altas cuyo volumen, según datos de la S.A.R.V., es de $14 \times 10^6 \text{ m}^3$ y se descargan por el flujo de agua hacia los cauces en las partes bajas del valle.

POTENCIAL DEL ACUIFERO

Analizando el potencial del acuífero, se notará en los planos No 2.1.2 y 2.1.3 espesores de 40.00 a 160.00 m. en las cotas superiores y de 80.00 a 200.00 m. hacia la costa. Considerando una área de 115.00 Km², un espesor promedio que puede ser aprovechable de 80.00 m. y una porosidad eficaz del 18%, que como lo demuestra la experiencia, para los materiales encontrados en la zona.

El volumen aprovechable es:

$$115 \times 10^6 (80-6) (0.18) = 1531.7 \times 10^6 \text{ m}^3.$$

Este volumen, comparado con el de bombeo en los pozos y norias, censados por la misma Dependencia ya mencionada, de $7.98 \times 10^6 \text{ m}^3$, nos muestra la posible alternativa de explotación en el acuífero.

PERMEABILIDAD Y TRANSMISIBILIDAD

Por último, en el Distrito de Riego No 46, zona similar a la que se estudia por localizarse a pocos kilómetros, se encontró una permeabilidad de $0.5 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ y una transmisibilidad entre 0.18 y $1.33 \times 10^{-3} \text{ m}^2$.

En un ensayo de bomba en un pozo de desarrollo y otro de observación localizada a 450.00 m. continuamente, se notó un descenso de 0.35 m.: la permeabilidad se encuentra con los datos siguientes:

~~r_p = radio del pozo de bombeo = 0.152 m.~~

H_o = nivel dinámico en el pozo de observación
= 46.45 m.

H_p = nivel dinámico en el pozo de bombeo = 36.50 m.

Q = gasto en el pozo de prueba = 0.036414 m³/seg.

Según la fórmula de Dupuit

$$K = \frac{Q \ln \frac{r_o}{r_p}}{(H_o^2 - H_p^2) \pi} = 0.0001174 \text{ m/seg.}$$

$$K = 10.14 \text{ m/día}$$

Esta permeabilidad es más representativa del acuífero por estar en el rango de permeabilidades para las arenas y los aluviones.

CALIDAD DEL AGUA

Un parámetro importante por considerar, es la calidad del agua que fluye a través de los materiales componentes de la estratigrafía del acuífero de la planicie. El agua que se destina para tal o cual uso, debe de reunir determinadas características para un óptimo aprovechamiento.

Analizaremos la calidad del agua existente en la región, la que principalmente, es para abastecer la necesidades de agua potable y riego en ese área.

AGUA POTABLE

El agua que se destina para el uso doméstico, debe de cumplir con los requisitos que garanticen la salud de la sociedad que la consume.

Los análisis, deben cumplir con las normas de calidad y/o los límites permisibles que observa la Secretaría de Salubridad y Asistencia para las principales características físicas, químicas y biológicas.

CARACTERISTICAS	LIMITE MAXIMO	OBSERVACIONES
FISICAS	PERMISIBLE	
Turbiedad	10 (Escala de Sílice)	De no cumplirse
Color	20 (Escala Platino-Cobalto)	con los resultados anteriores, se admitirán aquellos que si sean tolerables para los usuarios.
Sabor	Insípido	
Olor	Inodoro	

CARACTERISTICAS	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
QUIMICAS	EN P.P.M. (EXCEPTO +)
Nitrógeno amoniacal (N)	0.50
Nitrógeno proteico (N)	0.10
Nitrógeno de nitratos (N)	5.00
Potencial Hidrógeno (pH)	8.50 +
Oxígeno consumido (C)	3.00

Sólidos totales disueltos (STD)		150
Alcalinidad total (CaCO ₃)		400
Dureza total (CaCO ₃)		350
Cloruro (Cl)		250
Sulfatos (SO ₄)		250
Magnesio (Mg)		100
Zinc (Zn)		15
Cobre (Cu)		3
Fluoruros (Fl)		1.50
Hierro (Fe) y Manganeso (Mn)		0.30
Arsénico (As)		0.05
Selenio (Se)		0.05
Cromo (Cr)		0.05
Compuestos Fenólicos (Fenol)		0.001

CARACTERISTICAS

NUMERO MAXIMO

BIOLOGICAS

PERMISIBLE

Organismos de los grupos Coli y Coliformes.	20
Colonias Bacterianas por centímetro cúbico de muestra.	200

En México existen algunas regiones en donde, por la gran demanda o escasez de agua, se acepta que las normas se ajusten a las necesidades.

De las características físicas, no se registran valores fuera del límite ya que no se han encontrado muestras de turbiedad y la escala de Sílice, debe ser muy bajo a pesar de la gran cantidad de cuarzo que hay en la región, debido a que se disuelve muy poco. Tampoco se aprecia alguna coloración, el sabor es insípido y no se percibe olor alguno.

Hay excepciones en la zona de saturación, donde el agua tiene poca sal y una turbiedad mayor por la concentración más alta de sal que hay sobre todo, en el área de descarga del río Chhuacán.

De los pocos análisis químicos efectuados al agua, se nota el cumplimiento de las normas de manera tal que casi no requiere ningún tratamiento el agua captada.

Al no haber en la zona grandes pantanos, la materia orgánica en descomposición se presentará en pequeñas cantidades y los nitratos, que aumentan el crecimiento de organismos y algas que producen olor y sabor desagradables, también debe ser mínima. Las concentraciones altas de nitrato indica contaminación, y niveles de 45 p.p.m. causa en los niños resaca la enfermedad "azul" o metahemoglobinemia que causa en la sangre efectos graves que hacen a los niños anémicos y soñolientos.

Los sulfatos totales (S.T.T.) represente un porcentaje entre los niveles de 500 p.p.m. En esta zona se observó una variación de 115 a 345 p.p.m., porcentaje aceptable para el agua potable.

Los carbonatos (CO_3) y bicarbonatos (HCO_3) producen la alcalinidad en las aguas, cuya característica es la de ser incrustante y liberadora de dióxido de carbono corrosivo a la atmósfera. Las calizas disueltas provocan alcalinidad, cosa que no ocurre en esta zona por no haber este tipo de rocas en cantidades considerables, así lo demuestran los resultados de los análisis en los que no sobrepasan de los 400 p.p.m. permisibles, además, pueden ser asimiladas estas cantidades por el organismo del hombre.

La dureza del agua la producen el calcio y el magnesio en solución con el agua. El agua dura es equivalente de dureza de carbonatos y bicarbonatos. Mientras más concentración tenga, el jabón espumeará menos. Tampoco llega a los límites permitidos.

La actividad del potencial Hidrógeno (pH) está dentro de lo óptimo como lo demuestra la variación de 7.1 a 8.0. El pH encontrado indica una tendencia a la neutralidad, fuera del problema de corrosividad.

El Cloro (Cl), el Magnesio (Mg) y el Sodio (Na) son producto de la disolución de la mayor parte de los suelos y rocas aumentando la corrosión, la dureza y la incrustabilidad. Como en los casos anteriores, estos elementos tampoco rebasan los límites permitidos.

De los demás elementos y compuestos no se realizó análisis alguno, pero por el tipo de material aluvial de naturaleza cristalina por la que circula el agua subterránea se cree que no sobrepasan los límites permisibles.

Por último, las características biológicas tampoco se pudieron cuantificar, pero por el tipo de material del que se forma el acuífero y las mínimas recargas causadas por el drenaje y los desechos industriales, hay seguridad de que no rebasen los límites.

AGUA PARA RIEGO

El agua para uso agrícola, debe reunir las características que requiera el tipo de cultivo y al mismo tiempo preserve la calidad del suelo de cultivo.

Se puede conocer la calidad del agua por medio del análisis de la relación de adsorción (RAS) y la conductividad eléctrica (CE).

Para la relación de adsorción, se toma lo propuesto por la U.S. Salinity Laboratory Staff con la siguiente fórmula:

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$$

Donde:

RAS = Relación de adsorción.

Na = Sodio en equivalentes/litro

Ca⁺⁺ = Calcio " "

Mg⁺⁺ = Magnesio " "

Con lo cual se puede obtener el rango de peligro de sodicidad que desarrolla el agua al hacer el suelo alcalino, dando como resultado un terreno estéril.

Los resultados de RAS que varían entre 0.00 y 10.00 indican nulo el problema de sodicidad, los que van de 10.00 a 18.00 muestran probabilidad y superiores a 18.00 sí presentan sodicidad.

El parámetro de la conductividad eléctrica indica el peligro de salinidad al suelo por el uso del agua, los valores hasta de 250 micromhos $\times 10^6$ a 25^oC determinan una baja salinidad, de 250 a 750 es una relación media, de 750 a 2250 es un término alto de salinización y más de 2250 es peligroso usar agua con concentración mayor por que habrá salinidad.

Se puede ampliar esta información en los libros y publicaciones mencionadas en la bibliografía.

Se han graficado los valores en un nomograma para clasificar el agua de riego definida por los parámetros C y S y subíndices. El nomograma se muestra en la figura No 2.2.2.1

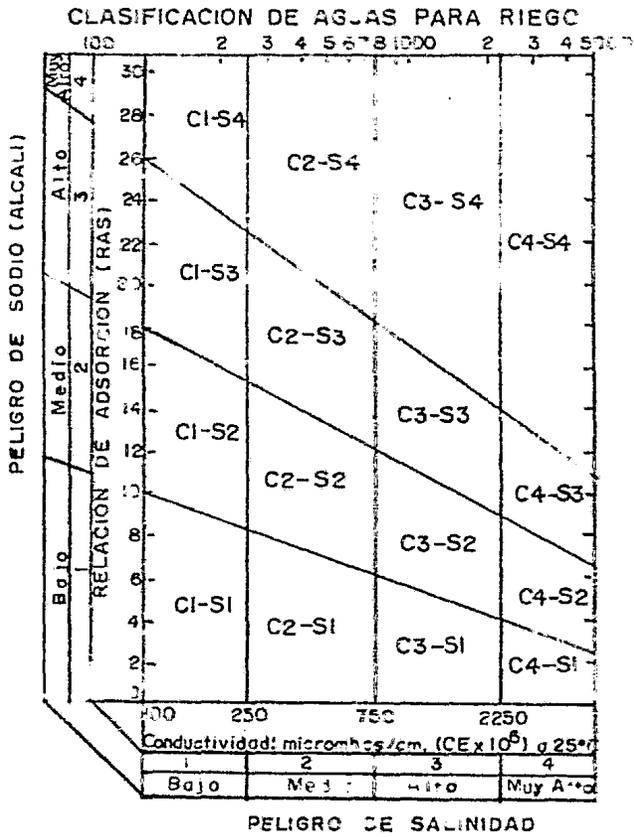


Fig. 2.2.2.1

III.- TRABAJOS DE INVESTIGACION

En estos trabajos de prospección, se harán aquellos estudios que ayudarán a determinar la existencia de agua subterránea en relación al tipo de formaciones geológicas constituyentes del subsuelo.

Los estudios Geológicos, Geofísicos (indirectos) y Exploratorios (directos) integran las investigaciones de la zona de explotación, y en particular, se los llevará a cabo en la zona.

3.1 GEOLOGICOS

La interrelación de estos trabajos, le constituyen la información geológica en cuanto a la distribución de las rocas, al conocimiento que aporta agua en determinadas cantidades y calidad, nivel freático, etc.

Se expuso anteriormente que los materiales componen un estrato aluvial como se puede apreciar en los planos Nos. 2.1.2 y 2.1.3; así mismo, se puede notar en el plano No. 3.1 un espesor considerable entre la colonia Libertad, el Aeropuerto y el poblado de Huatán de materiales por ellos constituidos principalmente por arenas. Entre las arenas se van encontrando basaltos, fragmentos de sílice, cuarzo, areniscas, calizas cristalinas, pizarras, limas, arcillas, mica y las varvas de cuarzo.

Un detalle de estos estudios se detallará en el capítulo de

Tapachula arrojó la estratigrafía siguiente:

ESPESCR	MATERIAL
0 - 4	Arenas limosas y arcillosas
4 - 20	Gravas
20 - 60	Gravas y boleos
60 - 70	Limos y arcillas arenosas
70 - 80	Arena gruesa

Esto demuestra una alta permeabilidad desde el pie de la Sierra y en toda la planicie.

En general, casi todo el acuífero rinde agua libremente, así lo han demostrado los pozos localizados en toda la zona por ser un estrato que no ha alcanzado la consolidación total. El plano topográfico No. 2.2.2 muestra la localización de pozos y norias cuyo promedio de bombeo es de 7.26 l/seg. para el consumo doméstico con excelente calidad de agua.

3.2.- GEOFISICOS (INDIRECTOS)

Un trabajo necesario previo a la explotación, es el conocimiento del perfil estratigráfico saturado, perfil que se puede conocer con sondeos mecánicos de reconocimiento y de pequeño diámetro. Según sea el caso y tipo de investigación, estos trabajos elevan el costo de las captaciones, y aunque muchas veces los mismos sondeos son ampliados para el pozo definitivo, el costo se incrementa con esa actividad.

Los trabajos geofísicos reemplazan y/o complementan muchas veces a los sondeos mecánicos, generalizándose de tal manera que en la actualidad en la mayoría de los trabajos de explotación de agua se hagan testificaciones geofísicas para determinar los estratos saturados.

El método geofísico no mostrará las características del subsuelo como sería la porosidad, permeabilidad o tipo de roca, pero determinará otras, como la resistividad de los materiales que componen el estrato, puesto que con la conductividad de las rocas se conocerá si el acuífero está saturado o seco a la vez que sus fronteras y espesores.

Los materiales componentes del estrato muestran resistividades elevadas al estar secos; pero al ser saturados, esas resistividades bajan en diferente proporción según la relación de minerales disueltos en el agua lo que provoca que esta se vuelva conductora. Una arcilla saturada tendrá una resistividad muy baja, no así las formaciones de gravas por las cuales circula agua con menos minerales disueltos.

Estos trabajos se realizaron con la aplicación de la Geofísica Aplicada, mediante el método eléctrico resistivo, el cual se basa en la aplicación de energía eléctrica al terreno para crear los campos de potencial eléctrico artificiales cuyos resultados pueden dar cabida a la inducción de las características estratigráficas del subsuelo.

Dentro del método eléctrico resistivo existen varios

arreglos en lo que a la disposición de los electrodos se refiere, pero el que más se usa en los trabajos o exploraciones geofísicas encaminados a la prospección del agua subterránea es el de Schlumberger y ocasionalmente el de Wenner.

El dispositivo Schlumberger tiene como base a dos fuentes; el primero es de emisión de corriente compuesto por dos electrodos, uno de ellos aplica corriente al terreno al unirse con el polo positivo de una batería y el otro por el que sale corriente del terreno uniendolo al polo negativo, la segunda fuente es de medición en donde se establece una diferencia de potencial entre dos electrodos.

El dispositivo tiene una restricción muy importante en su operación; los cuatro polos deben estar alineados y ser separados simétricamente con un mínimo de cinco veces mayor en el de emisión que en el de medida.

En cada estación se registran las corrientes aplicadas y los voltajes obtenidos. Estos valores se anotan y con ellos se saca la resistividad con la fórmula siguiente:

$$\rho = K \frac{AV}{I} = \frac{\pi}{2} \frac{L^2 - l^2}{l} \frac{AV}{I}$$

Donde:

ρ = Resistividad de las capas en Ohms - m.

L = Semidistancia entre los electrodos de corriente en m.

l = Semidistancia entre los electrodos de medición en m.

AV = Diferencia de voltaje entre los electrodos de corri-

este en miliamperes.

I = Amperaje medido entre los electrodos de corriente en miliamperes.

A continuación se grafican los valores obtenidos de la resistividad contra los valores de la semi-distancia entre los electrodos de corriente en papel doble logarítmico. Los registros se repiten cuando se tiene duda del resultado. El arreglo de los electrodos se muestra en la figura siguiente:

DISPOSITIVO SCHLEMBERGER

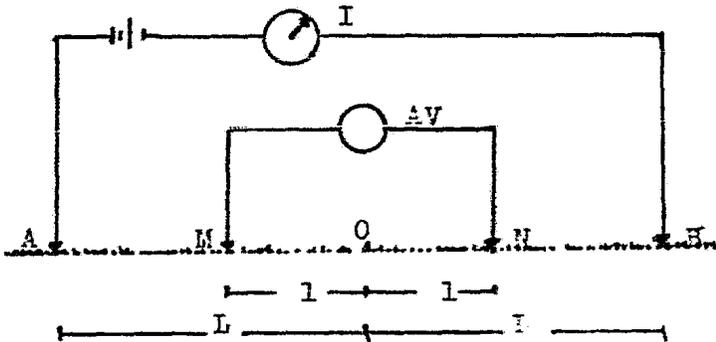


Fig. 3.2.1

El dispositivo Wenner es similar al anterior; pero con la variante de las distancias entre electrodos de corriente y de medida que son iguales, el arreglo se muestra en la siguiente figura:

ARREGLO WENNER

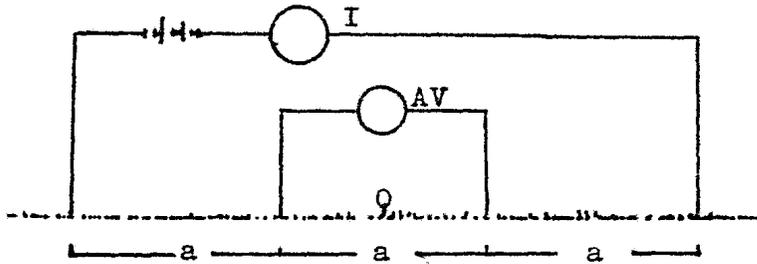


Fig. 3.2.2

La fórmula de la resistividad para el arreglo Wenner es la siguiente:

$$\rho = 2\pi a \frac{AV}{I}$$

De acuerdo con la figura, para cada registro es necesario hacer un nuevo arreglo de los cuatro electrodos.

Los dispositivos anteriores permiten hacer los Sondeos Eléctricos Verticales (S.E.V.), que serán tabulados.

Algunos investigadores han obtenido ábacos de curvas tipo de una gran cantidad de rocas muestreadas con fórmulas para varias capas registradas al obtener cambios de la tangente en las curvas. Estos ábacos dan solución al problema de la resistividad y el espesor de las capas.

Los ábacos fueron elaborados para los dispositivos Schlumberger y Wenner.

La siguiente figura mostrará la relación de ambas para dos capas.

CURVAS PATRON PARA DOS CAPAS
DISPOSITIVOS SCHLUMBERGER Y WENNER

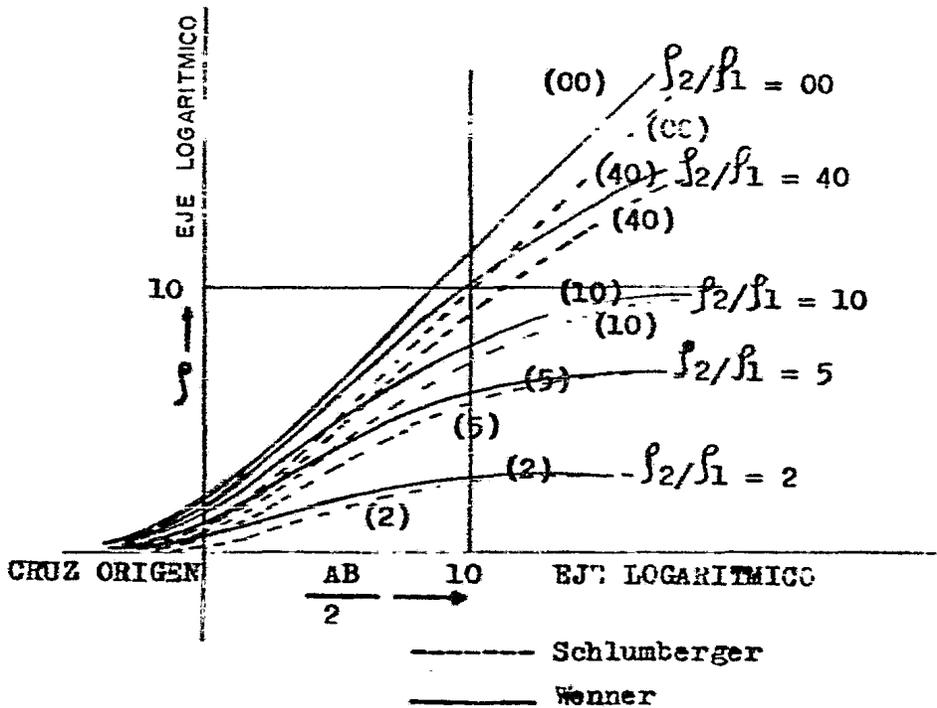


Fig. 3.2.3

De la misma forma, para el dispositivo Schlumberger se han hecho ábacos para el caso de más de dos capas, estos ábacos se complementan con otros auxiliares.

Las curvas patrón se muestran en la figura No 3.2.4 de las tablas de Orellana - Mooney.

ANCHO DE FURTO PATRON DE DOS CAPAS TIPO
 DEPENDENTE ($\rho_2 < \rho_1$)
 PARA EL DISPOSITIVO SCHUMBERGER

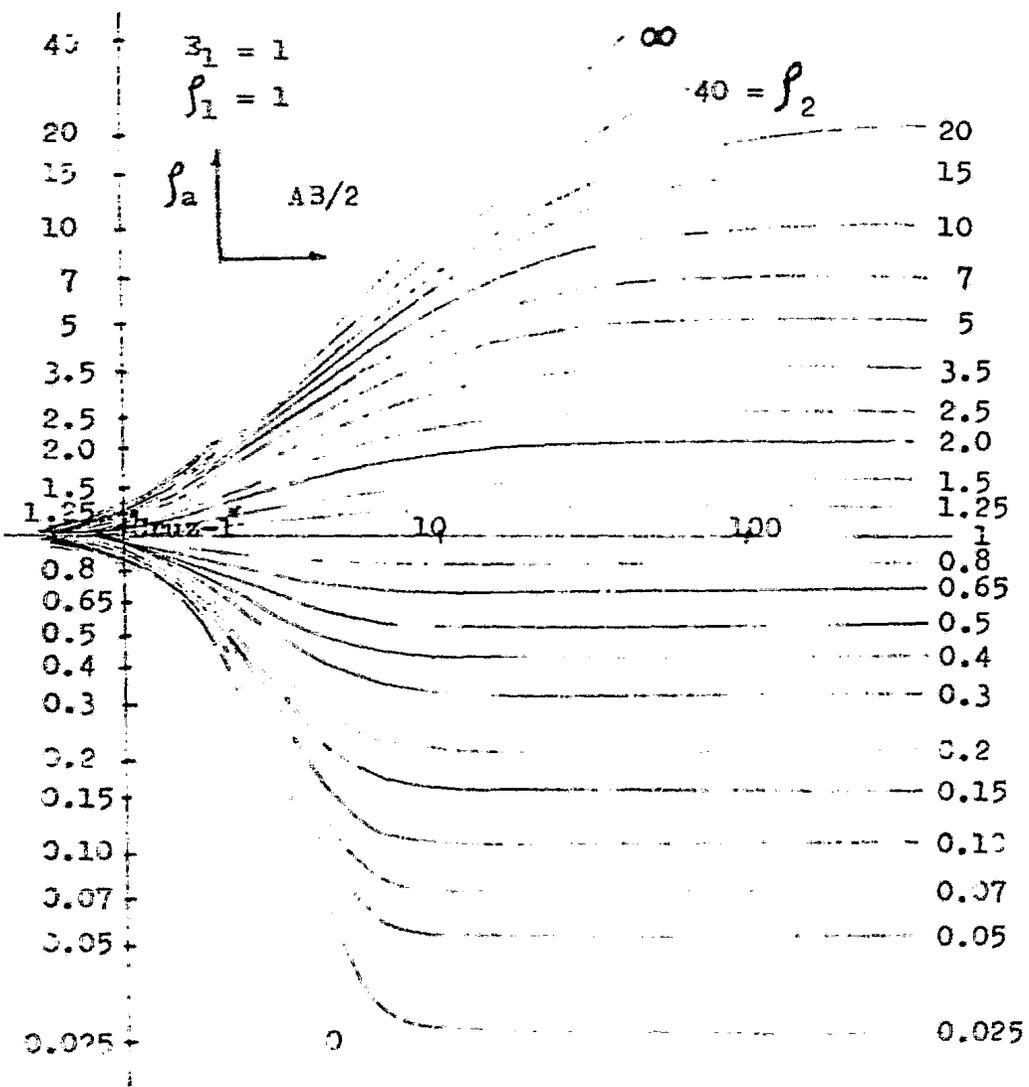


FIG. 3.2.4

El proceso para la interpretación de los resultados es el siguiente:

- 1.- Se dibuja la curva de campo a la escala de las curvas patrón y se calca en papel transparente.
- 2.- Se lleva al ábaco la curva de campo y la parte izquierda de esta curva, se hace coincidir con alguna de las curvas patrón, o se interpola entre aquellas en que quede la de campo. Sobre la curva del papel transparente se marca una cruz que se le denominará "primera cruz", esta curva del papel transparente marcada con la cruz se lleva a la gráfica de campo y la "primera cruz" nos dará la resistividad ρ_1 y el espesor E_1 de la primera capa, al mismo tiempo, nos dará el valor de la relación de curvas anotadas a la derecha de las curvas del ábaco patrón, o sea $\rho_2 = K_1 \rho_1$; de donde se obtiene ρ_2 y el espesor de la segunda capa se considera infinito.

Para el caso de tres capas:

- 3.- Se sustituyen las primeras dos capas por una ficticia, con resistividad y espesor también ficticios.
- 4.- Se lleva la "primera cruz" marcada en la curva

de campo al origen de los ejes del ábaco auxiliar, manteniendo los ejes paralelos, se calca la curva que nos da la relación en el paso No 2

5.- Se lleva nuevamente la curva de campo del papel transparente a la del ábaco de las curvas patrón de dos capas haciendo que la curva calcada en el paso No. 4 pase en el origen del ábaco de curvas al mismo tiempo se debe hacer coincidir la parte derecha de la curva de campo con alguna de las curvas patrón; aquí se marcará la "segunda cruz", que es el origen de las curvas patrón, sobre el papel transparente.

6.- Se sobrepone la curva de campo calcada en el papel transparente sobre la curva de campo original y la "segunda cruz" nos dará la resistividad de la capa ficticia.

7.- Ahora con la relación de curvas, del ábaco, encontrado en el paso No. 5 se tiene:

$$\int_3 = K_2 \int_f$$

En donde:

\int_3 = resistividad de la tercera capa.

K_2 = relación de curvas obtenidas en el paso No. 5

\int_f = resistividad ficticia.

3.- Se sobrepone la curva de campo marcada en la hoja transparente con la "primera cruz" en el origen y conservando el paralelismo se marca la línea de la relación de los espesores del ábaco auxiliar pasando por la "segunda cruz", o sea:

$$v = \frac{E_2}{E_1}$$

v = relación de espesores.

Fórmula con la que se obtiene el espesor de la segunda capa, la tercera capa se considera infinita.

Esto permite la definición de los espesores con las resistividades verdaderas de las capas registradas, que relacionarán sus características geofísicas con las propiedades probables de las formaciones geológicas existentes.

Otro método geofísico es aquel en que las testificaciones se realizan en perforaciones hechas previamente en los estratos por estudiar.

En este método se corren registros eléctricos por medio de electrodos de corriente con los que se exhibirá un perfil de resistividades tomado de las paredes de la perforación.

Este dispositivo se compone de un electrodo de contacto y otro de tierra, entre ellos se encuentra una fuente de corriente o amperímetro y otro de medida o voltímetro.

La siguiente figura muestra el arreglo del disociativo.

ELECTRODO DE UN POLO PARA REGISTROS ELECTRICOS

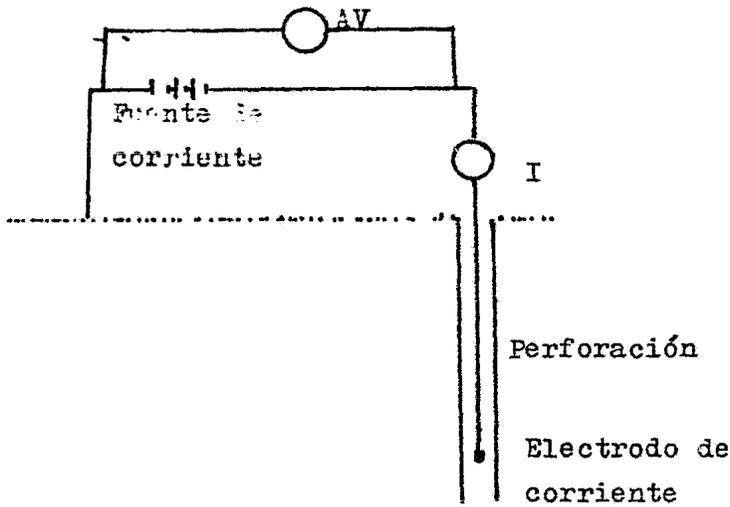


Fig. 3.2.5

Al arreglo anterior se le adapta un graficador para registrar las diferencias de potencial y resistividad del medio a medida que desciende el polo movil en la perforación.

En la gráfica se obtiene por un lado, el potencial en milivolts y por el otro, la resistividad en Ohms - m. en toda la perforación investigada. En la siguiente figura se ejemplifica lo expuesto.

REGISTRO ELECTRICO
MEDICION DEL VOLTEJE MEDICION DE LA RESISTIVIDAD

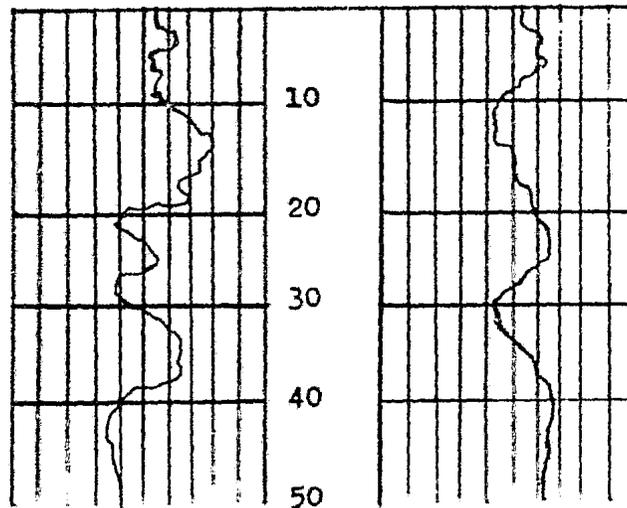


Fig. 3.2.6

En resumen, los métodos nos manifiestan las características geofísicas de las rocas que están íntimamente unidas a la geología del estrato, que si se conoce de antemano en forma general su naturaleza, se pueden determinar los perfiles estratigráficos de los acuíferos en cuestión.

La base de estas determinaciones es el conocimiento de los valores de la resistividad de los diferentes materiales, que investigadores han encontrado en trabajos realizados para el estado seco, húmedo y saturado de las rocas. Con el conocimiento previo de la Geología y los valores de resistividad de las rocas, se puede hacer una interpretación de las curvas de resistividad anteriormente expuestas.

Algunos investigadores muestran cuadros de valores de resistividad, mismas que se transcriben a continuación.

MATERIAL	RESISTIVIDAD EN OHMS - M. (Rango)
Mica	$10^8 - 10^{13}$
Calcita	$10^3 - 10^{13}$
Cuarzo	$0.05 - 10^{12}$
Granito sano	Mayor de 2000
Granito alterado	30 - 200
Granito fracturado y saturado con agua poco salobre	100
Arenisca seca	$10^4 - 10^8$
Limonitas	10^5
Caliza seca	$10^3 - 10^4$
Caliza húmeda	50 - 500
Pirita seca	10 - 100
Pirita húmeda	0.001 - 1
Calcopirita seca	0.001 - 0.01
Calcopirita húmeda	0.00001 - 0.0001
Marga seca	50 - 100
Marga húmeda	1 - 10
Arcilla seca	80 - 120
Arcilla húmeda	0.01 - 1
Arcillas con margas	10 - 100
Grafito	3×10^{-4}

Cobre	1.7 X 10 ⁻⁸
Plata	8 - 10
Pizarras	50 - 300
Rocas hipogénicas y metamórficas	100 - 10 ⁴
Gravas secas	100 - 10 ⁴
Gravas saturadas con aguas salobres	10 - 20
Arenas	130 - 10 ³
Limos	30 - 500

De la misma forma se puede saber el rango de resistividad en el agua.

Agua pura	Hasta	3 X 10 ³
Agua pura de montaña		10 ² - 10 ³
Agua subterránea en granito y rocas hipogénicas		20 - 100
Aguas subterráneas en calizas y acarreos		20 - 50
Agua salobre		1 - 10
Agua con 3% de sal		0.05 - 0.1
Agua de mar		0.2 - 0.3

Hay otros métodos geofísicos que se aplican para la explotación del agua subterránea. Uno de ellos es el Sísmico; técnica basada en los registros de las vibraciones producidas por las explosiones internas o por la aplicación de energía desde la superficie del estrato.

En A se produce la explosión

En G se registra con un geófono o medidor de las velocidades de onda.

El recorrido de reflexión es de ACG

El recorrido de refracción es de ABDG

V_1 = velocidad en el estrato superficial

V_2 = velocidad en el estrato con diferente elasticidad.

h_1 = espesor del estrato superficial.

Se ha calculado por una expresión matemática el espesor de la primera formación geológica, de acuerdo a la figura No. 3.2.7.

$$h_1 = \frac{X}{2} \sqrt{\frac{V_2 - V_1}{V_2 + V_1}}$$

Donde:

h_1 = espesor del primer estrato en m.

X = distancia entre el punto de explosión y el geófono en m.

V_1 = velocidad de propagación de onda en el primer estrato en m/seg.

V_2 = velocidad de propagación de onda en el segundo estrato en m/seg.

Para la segunda capa se tiene:

$$h_2 = h_1 \cdot \left[1 - \frac{\frac{v_2 v_3}{v_1^2} - 1 - \frac{v_3 v_2}{v_1^2} - 1}{\sqrt{\left(\frac{v_3}{v_1}\right)^2 + \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2}} \right] + \frac{x}{2} \sqrt{\frac{v_3 - v_2}{v_3 + v_2}}$$

Se tienen ábacos para calcular los espesores de más de dos capas, estos, son expuestos en la bibliografía citada.

Para la interpretación de los materiales en función de la velocidad, se dan algunos datos que especialistas en la materia dan a modo de orientación.

MATERIAL	VELOCIDAD EN M./SEG. (Rango)
Limos y arenas muy flojas	300 - 500
Margas	1800 - 6000
Arcillas	1000 - 2500
Gravas y arenas sueltas semihúmedas	400 - 900
Gravas y arenas saturadas	1400 - 1800
Conglomerados	2500 - 5000
Aluviones jóvenes	350 - 1500
Areniscas	1400 - 4500
Piscarras	2500 - 4500
Calizas	2000 - 6000
Granitos	4000 - 8000

Rocas metamórficas	3000 - 7000
Dolomias	5000 - 6000
Yeso	3000 - 4000
Anhidritas	3000 - 6000
Gneis	3100 - 5400
Cuarcitas	5100 - 6100
Gabros	6700 - 7300
Dunitas	7900 - 7400
Diabasas	5800 - 7100
Sal	4200 - 6500
Agua	1400 - 1600

Todos los registros sísmicos son representados en dromocrónicas, donde el eje de las abscisas nos da la distancia recorrida por la onda entre el punto de la explosión y el geófono de registro y las ordenadas el tiempo consumido por la onda para ese recorrido desde el momento de la explosión hasta el de registro en el geófono, las pendientes resultantes nos marcan las velocidades.

3.3.- EXPLORATORIOS (DIRECTOS)

Los trabajos exploratorios por extracción de testigos muestran a la formación geológica más exacta al presentar el tipo de material existente en el subsuelo, la profundidad a que se encuentra y el espesor de las capas muestreadas.

Esta información permite tomar los elementos nece-

dirige para hacer un correcto diseño del tubo y lograr una máxima eficiencia de la estructura.

Los métodos que se exponen, son los de perforación de pequeño diámetro; por pequeño diámetro vamos a considerar aquellas perforaciones que no rebasan los cien milímetros de diámetro, a pesar de que el método de percusión en la mayoría de las veces rebasa ese límite.

Existen varios métodos para la extracción de muestras; pero los de rotación y los de percusión son los más comunes.

En el método de rotación se usan, para la extracción de muestras, algunos tipos de muestreadores como los de pared sencilla y los de pared doble principalmente.

El primer tipo solo se usa en estratos consolidados para evitar que el agua o lodo de perforación deshaga el testigo y no se pueda extraer el material. Los de pared doble sirven para la muestra del fluido de perforación porque este circula entre las dos paredes de las que está compuesto este muestreador.

En la siguiente figura se pueden ver algunos tubos muestreadores que más se usan.

CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO DE MUELLER

METODO DE ROTACION

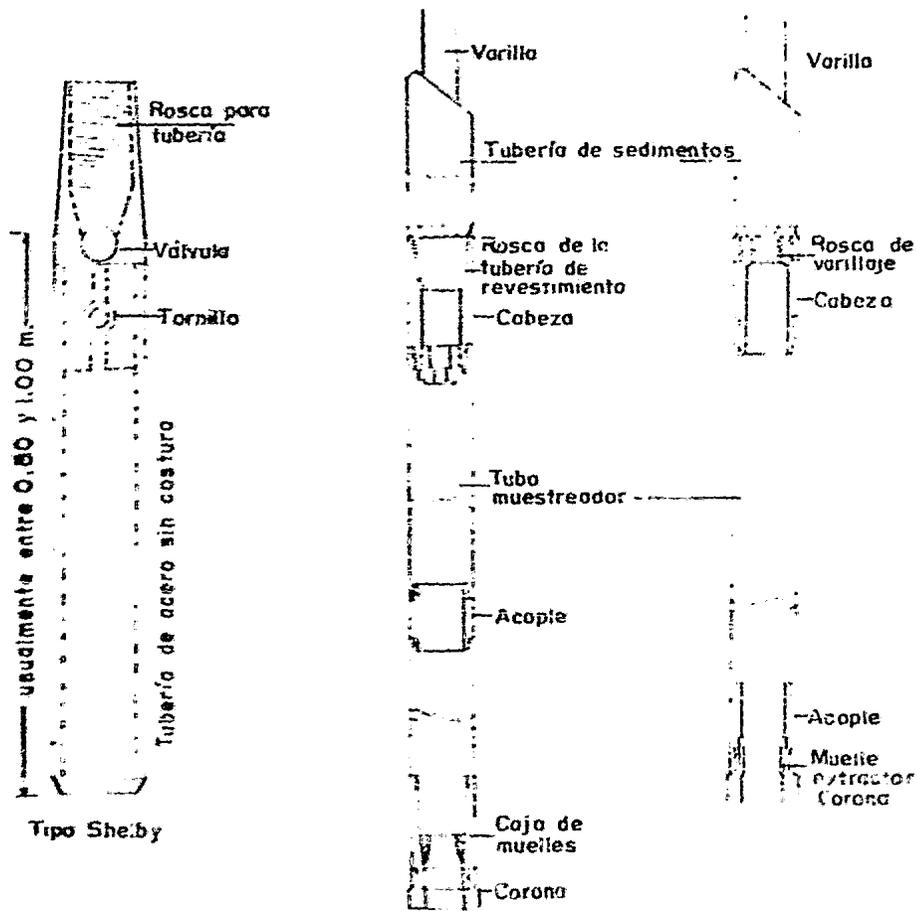
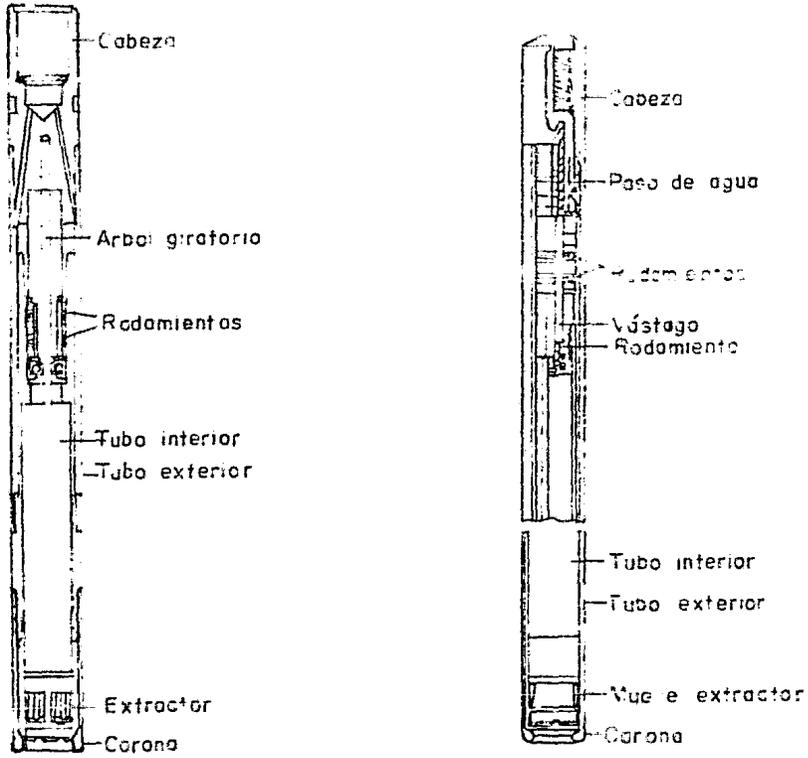


Fig. 3.2.2

DESCRIPCIÓN DE LOS APARATOS
 PARA EL MÉTODO DE RECALZOS



TIPO CRAELIUS

TIPO LONGYEAR

DIAMETROS EN MM.

Corona exterior	Tubos	
	exterior	interior
46	45/40	38/35
56	55/49	47/43
66	65/59	57.5/53
76	75/69	67.5/63
86	85/79	77.5/73

FIG. 3.2.0

Por las características propias del equipo, el método de rotación es más adecuado en perfiles estratigráficos poco consolidados, lográndose obtener el tipo de material que constituye el estrato, su ubicación espacial y los niveles piezométricos encontrados.

Un perforista experto se puede dar cuenta de los cambios de vibración en el varillaje de perforación por los diferentes estratos atravesados los cuales tendrán su propia resistencia al corte.

El método de percusión es más usado en estratos que están consolidados, en materiales de acarreo como los aluviones y en las colizas. Este método usa un tubo en cuya parte inferior tiene una zapata con una cabeza de diámetro biselado para facilitar el corte del material. El corte del material se hace golpeando las herramientas sobre el tubo muestreador con una carrera de 30 cm. aproximadamente. Para sacar las muestras se usan cucharas y válvulas que por diferencia de presión extrae el material hacia el interior del tubo con el que se saca la muestra.

Se presentan en la siguiente figura algunos tipos de herramientas usadas comúnmente en estos métodos.

ESTRUCTURA Y METODO DE MUESTREO

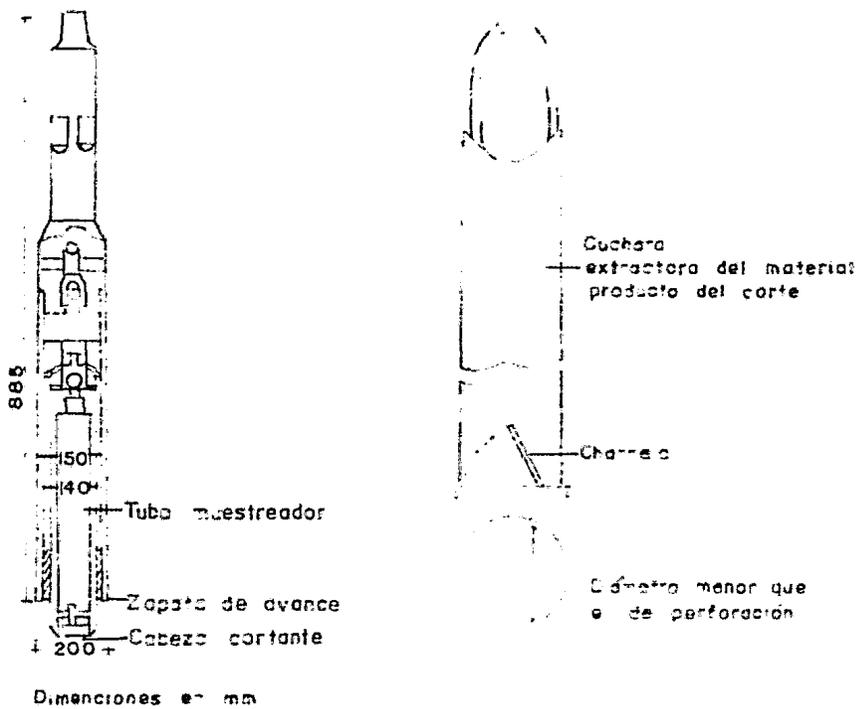


Fig. 2.3.2

Los resultados obtenidos con los métodos expuestos definen de manera más real la formación geológica, factor muy importante para la toma de decisiones en la programación de las captaciones subterráneas.

IV.- PERFORACION DE POZOS PARA EXPLORACION DEL AGUA SUBTERRANEA

La importancia de conocer la Geología de la región, las características hidráulicas del acuífero, las cantidades posibles del agua subterránea y la calidad de la misma, nos hace tener una idea general de los aprovechamientos que se pueden obtener y al mismo tiempo la metodología a emplear en los trabajos para la extracción del agua en forma más económica.

En este capítulo se exponen los métodos que más se usan en la realización de las captaciones subterráneas.

4.1.- METODO DE ROTACION DIRECTA

En este método se utiliza la maquinaria que es capaz de hacer girar el equipo de perforación al mismo tiempo circular un fluido por los mismos.

El equipo referido es un conjunto de tubos y utensilios de características definidas para cada función específica.

La herramienta usada en este método es la siguiente

Un elemento de corte llamado trépano, normalmente es un elemento con adaptación a tres conos por lo que se le denomina tricónico, el trépano se une a una barra cuya función principal es la de proporcionar peso, por encima de la barra se coloca un tubo al cual trépano gira el resto de la tubería.

ría y sobre este último hay un elemento que proporciona el giro a toda la columna y además la circulación del líquido de perforación, a este elemento se le llama cabeza giratoria.

El líquido de perforación es un lodo formado por arcilla disuelta en agua, esta arcilla es una bentonita con la propiedad de pasar del estado sol al estado gel con solo agitarla. El lodo cumple tres funciones principalmente; el primero, a causa de la propiedad de ser una solución en suspensión, conduce hacia la superficie al material triturado producto del corte a través del espacio entre la pared de la perforación y la tubería del equipo y ya en la superficie en un foso, previamente habilitado, se sedimenta el material de la excavación y el lodo pasa a otro foso de donde nuevamente es bombeado; la segunda función es la de enfriar al elemento de corte ya que este se calienta a causa de la fricción que se produce al cortar los materiales; la tercera función es la de formar una pequeña capa en la pared de la perforación para impermeabilizarla con lo que se lograría impedir, en gran parte, la pérdida de lodos cuando el perfil stratigráfico no está saturado, y cuando lo esté, no permita que entre agua a la perforación.

Muchas de las veces se usa solo agua para poner en suspensión al material triturado.

En el capítulo número 11 se presenta un esquema del funcionamiento.

EQUIPO BASICO PARA PERFORACION POR ROTACION DIRECTA

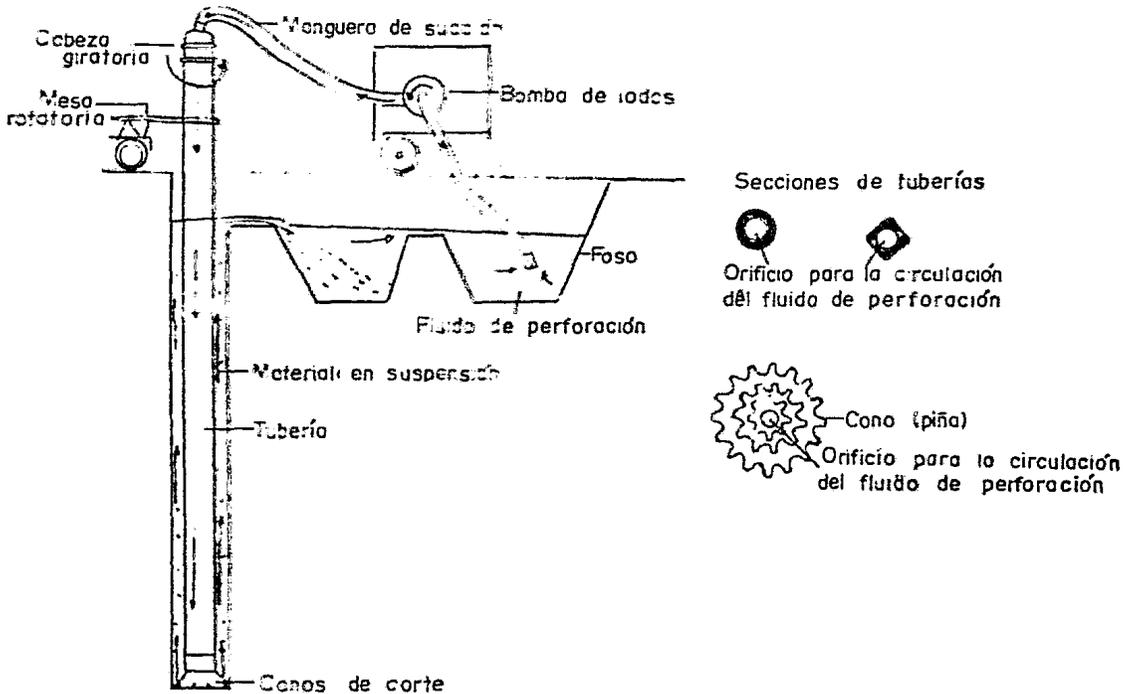


Fig. 4.1

4.2.- METODO DE ROTACION INVERSA

El método de rotación inversa tiene el mismo principio que el método anterior, excepto que en este caso, la circulación del material producto del corte circula por la tubería de perforación al ser succionado por una bomba y el fluido de perforación desciende hacia la perforación por el espacio que hay entre la pared del orificio y las barras de

perforación.

Obviamente, el equipo de perforación es de mayor diámetro para que el material triturado circule a través de la tubería, al mismo tiempo la bomba centrífuga debe ser más potente.

A veces se inyecta aire para reducir la densidad de la mezcla que circula por la tubería para que por diferencia de pesos específicos, el ascenso de la mezcla sea más eficiente.

Este método se recomienda en formaciones suaves y en perforaciones de mayor diámetro.

En la siguiente figura se muestra el funcionamiento del método.

EQUIPO BASICO PARA PERFORACION POR ROTACION INVERSA

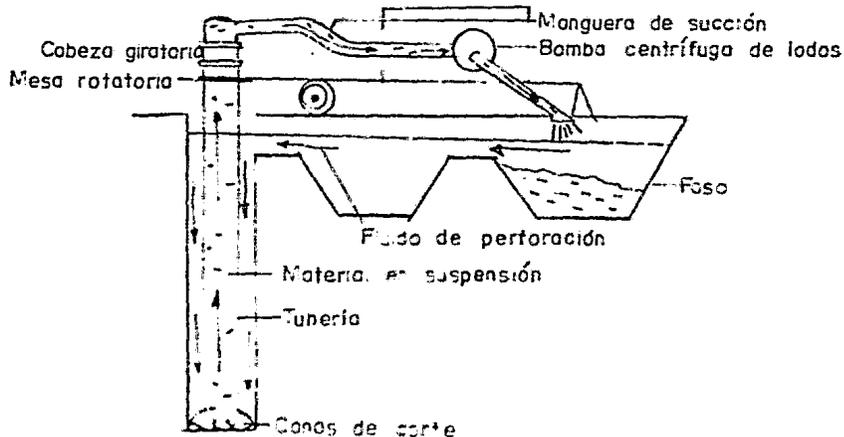


Fig. 4.2

4.3.- METODO DE PERCUSION

En formaciones consolidadas el método de percusión es muy empleado por los perforadores por las mayores ventajas que se obtienen en relación a los métodos anteriores; por ejemplo, en el desarrollo del pozo es más rápido y casi al 100%.

Solo en el caso en que el nivel freático este muy alto y se encuentren horizontes arcillosos, lo que probocaría atrapes del trépano perforador y se forme una película de lodo en la pared del pozo, en los demás casos el avance es mucho más rápido.

Para la ejecución de los trabajos con este método se cuenta con una columna de barras para la perforación; un cable de acero para el sostén, bajada e izado de la columna; una torre de la que penden las barras de perforación y una máquina que proporciona el movimiento de vaivén a la columna de perforación, la extracción del lodo producto del material triturado y el adernado del pozo.

En la figura No. 4.3 se muestra el equipo antes descrito.

TIPO DE PERFORACION DE FUJUNION

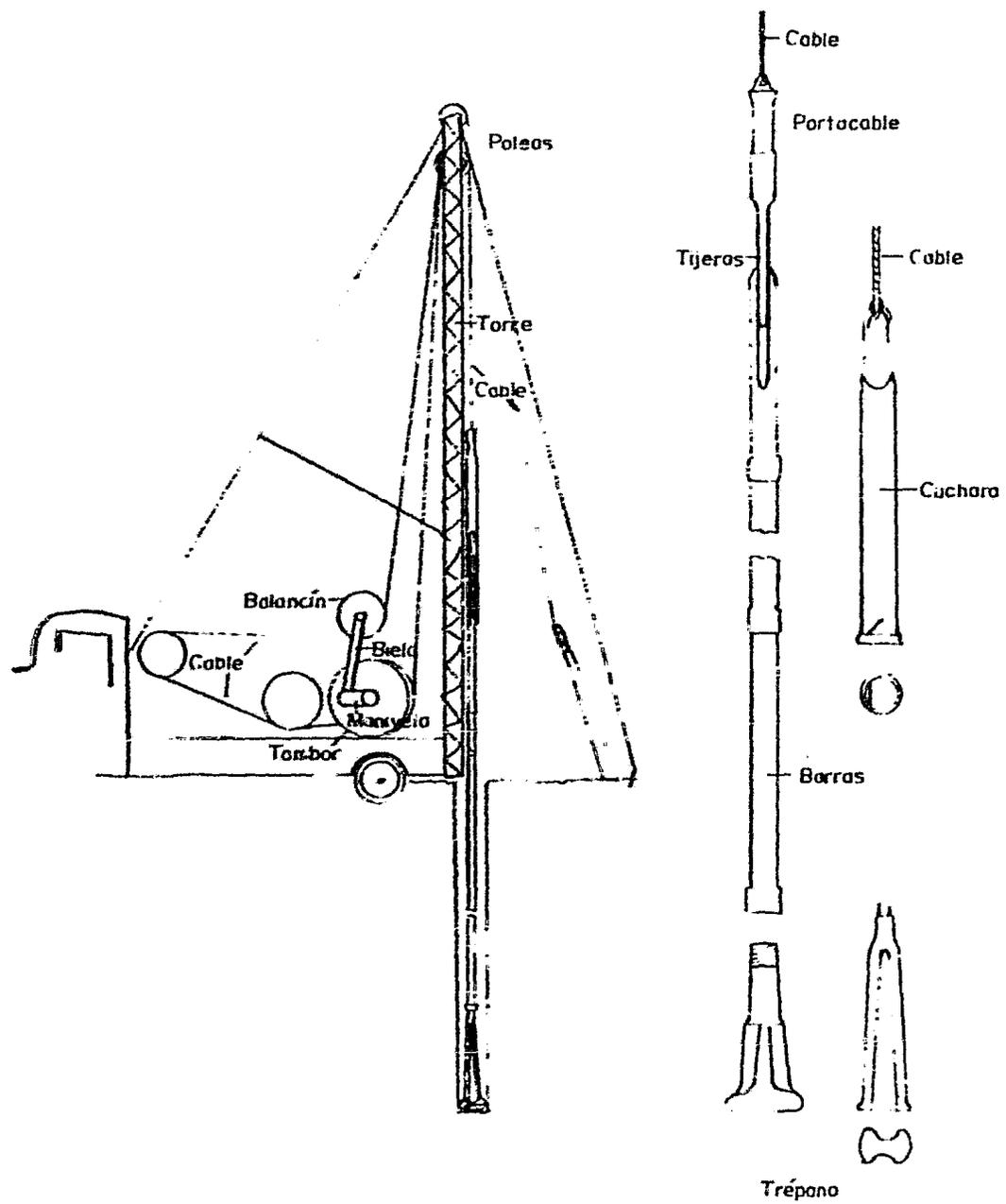


FIG. 4.3

La columna de perforación se compone esencialmente de un trépano que disgrega el material del estrato perforado; barras colocadas sobre el trépano para proporcionar base y energía en el sitio, tijeras para desmenuzar la columna de perforación cuando se quede atrapada por desprendimientos de material de la pared del agujero perforado y un portacable que une a la tubería de perforación con el cable.

El cable es de características específicas para cada trabajo; los hay para perforación, para cuchareo y para el ademado.

La torre permite la aplicación de energía a la columna de perforación, elevándola por medio de poleas situadas en el punto más alto de esta, así como las operaciones de cuchareo y ademado. La operación de cuchareo, consiste en subir y bajar la cuchara algunos centímetros para que los materiales estén en suspensión y puedan ser extraídos y dejar nuevamente preparado para el siguiente avance del trépano.

La máquina posee una manivela que va unida a una biela para dar el movimiento necesario a las operaciones, la manivela a su vez, está unida a unos engranes que reciben la energía de movimiento directamente del motor. Todo el movimiento se traduce al balancín y así al tambor donde se encuentran enrollados los cables de las herramientas.

El trépano afloja el material y lo mezcla con el agua, después se desmenuza la cuchara para extraer la suspen-

sion que se forma de esa mezcla.

Finalmente, dentro de la operación del equipo, se baja el ademe ranurado y el ademe ciego en los diferentes horizontes del estrato que será (como se verá en el siguiente capítulo) función del tipo de material y calidad del agua del estrato.

V.- DISEÑO DE POZOS

Para lograr que la estructura de captación del agua subterránea sea lo más eficiente, económica y con una vida duradera en el funcionamiento, es necesario conocer aquellos factores de diseño que integran la solución más óptima, factores que se analizan a continuación.

5.1.- FACTORES DE DISEÑO

Los factores de diseño que se deben considerar son el diámetro del pozo, la profundidad, tipo de ademe, filtro o relleno de grava y/o el desarrollo.

Esencialmente hay dos parámetros para considerar el diámetro del pozo; estos son el equipo de la bomba para la extracción del agua y la zona de admisión del agua que fluye a través del estrato hacia la perforación.

La bomba, como veremos más adelante, debe ser capaz de extraer un gasto que se fija para cumplir con los satisfactores estudiados de antemano en la demanda del gasto. Esto define las características de la columna de extracción y por ende su diámetro, el cual debe tener una holgura de aproximadamente 4" entre el diámetro de los tazones y el del ademe con el fin de evitar el desplome en la verticalidad del pozo y la de garantizar un buen funcionamiento de la columna.

Para la zona de admisión, es necesario que esta cuente con una área suficiente tal que no produzca una pérdi-

da de carga grande a la entrada al pozo lo que requeriría una potencia mayor de la bomba para elevar el agua con la misma energía.

El diámetro se puede calcular con lo anteriormente anotado. Hay ocasiones en que las características del estrato exigen alguna modificación en el diámetro y se perfora en forma "telescópica" para obtener un mejor funcionamiento con el menor costo.

La profundidad del pozo normalmente lo determina el espesor estratigráfico del acuífero y el nivel del agua freática; por ejemplo, en acuíferos libres se puede llegar hasta la base impermeable, dando con ello buenos gastos de bombeo, a veces por economía pueden ser parcialmente penetrantes. En el caso de acuíferos confinados, se recomienda que el pozo contemple entre el 70 al 80% del espesor que aporta agua y centrado.

El ademado del pozo va a cumplir varios propósitos; los dos principales son el de sostener la pared del pozo y el de ser el medio de captación y conducción del agua. Cuando se usa el método de percusión en materiales poco consolidados, se sigue de cerca a la perforación con un entubado, ya sea provisional o definitivo. Para la conducción u operación del pozo, en el ademe se aloja la columna de extracción de la bomba.

Principalmente las características del ademe son función del tipo de material atravesado y de la calidad del

agua. En acuíferos donde existan horizontes arcillosos, generalmente se proyecta con ademe ciego hasta encontrar o interceptar aquellos que son potencialmente permeables, como las arenas y gravas en los cuales se proyecta ademe de ranura, rejillas o filtros.

Los contratistas generalmente usan los primeros por ser los más económicos y por que en México es lo más comercial.

~~En acuíferos libres, si el pozo se adema con tubo ranurado en un 80%, se pueden esperar buenos gastos, lo mismo se puede decir de los confinados poniendo la rejilla o ademe ranurado del 70 al 80% como se mencionó anteriormente.~~

Hay dos conceptos interrelacionados entre sí por considerar para que la velocidad de admisión del agua sea tal que no se provoque un descenso excesivo al ser bombeada. La experiencia aconseja una velocidad de entrada de 3.0 cm/seg. Esta velocidad se logra con una área de admisión obtenida de la suma de áreas de las ranuras o la relación de áreas de la rejilla; el área de las ranuras debe ser suficiente para que retenga entre 80 y 90% del material que compone el acuífero, esto se logra haciendo un análisis granulométrico de los materiales existentes en el estrato.

El material del ademe lo determina la calidad del agua circulante en el estrato; si el agua es blanda va a propiciar la corrosión, en el caso de que el agua sea dura, esta

causará incrustaciones. Al corroerse los bordes de las ranuras, estas se ensanchan propiciando que entre arena gruesa dando como resultado que se acorte la vida del pozo y que la columna de conducción y la bomba se perjudiquen; si el agua es incrustante, llegarán a taponarse los orificios del ademe ramurado o rejilla hasta cerrarlo totalmente en poco tiempo, inutilizando el pozo.

Un pH menor de 7 en el agua, indica acidez; el agua ácida provoca corrosión en el ademe lo mismo que el oxígeno disuelto, el sulfuro de hidrógeno y los S.T.D. mayores de 1000 p.p.m. en presencia de material diferente en la columna de succión, por eso es recomendable usar un solo tipo de material en todo el entubado.

Cuando el agua es incrustante, se forma una capa sobre el ademe; esto sucede con un pH mayor de 7, carbonato de calcio (CO_3Ca) en más de 300 p.p.m., más de 1.0 p.p.m. de manganeso (Mn) y hierro (Fe) en 2.0 p.p.m.

Hay varias aleaciones de metales para el ademado, desde aceros inoxidable hasta aquellos con alto contenido de hierro para ser usados en cada caso específico.

Ya ademado, es importante considerar a los materiales del estrato, si estos son finos y poco consolidados, van a ser arrastrados hacia la columna de extracción, que como ya se expuso, inutilizaría en poco tiempo.

Se puede incrementar la vida útil del pozo si el

medio inmediato al ademe o rejilla se logra un alto grado de permeabilidad con material grueso y uniforme; más grueso que el medio en cuestión.

Existe un método para lograr que el material que esté en contacto con el ademe sea uniforme, a este método se le conoce como desarrollo natural y consiste en eliminar a los materiales finos para que los más gruesos se acomoden en un empaque alrededor del ademe, esto es para estratos cuyos materiales son o tienden a ser bien graduados.

El desarrollo natural se puede hacer con un gasto muy superior al proyectado para que arrastre los materiales finos cercanos al ademe, con agua a presión o chorros a alta velocidad haciendo el efecto contrario al de la captación o sea inyectando agua a la formación para que el material grueso se acomode formando el empaque ya mencionado.

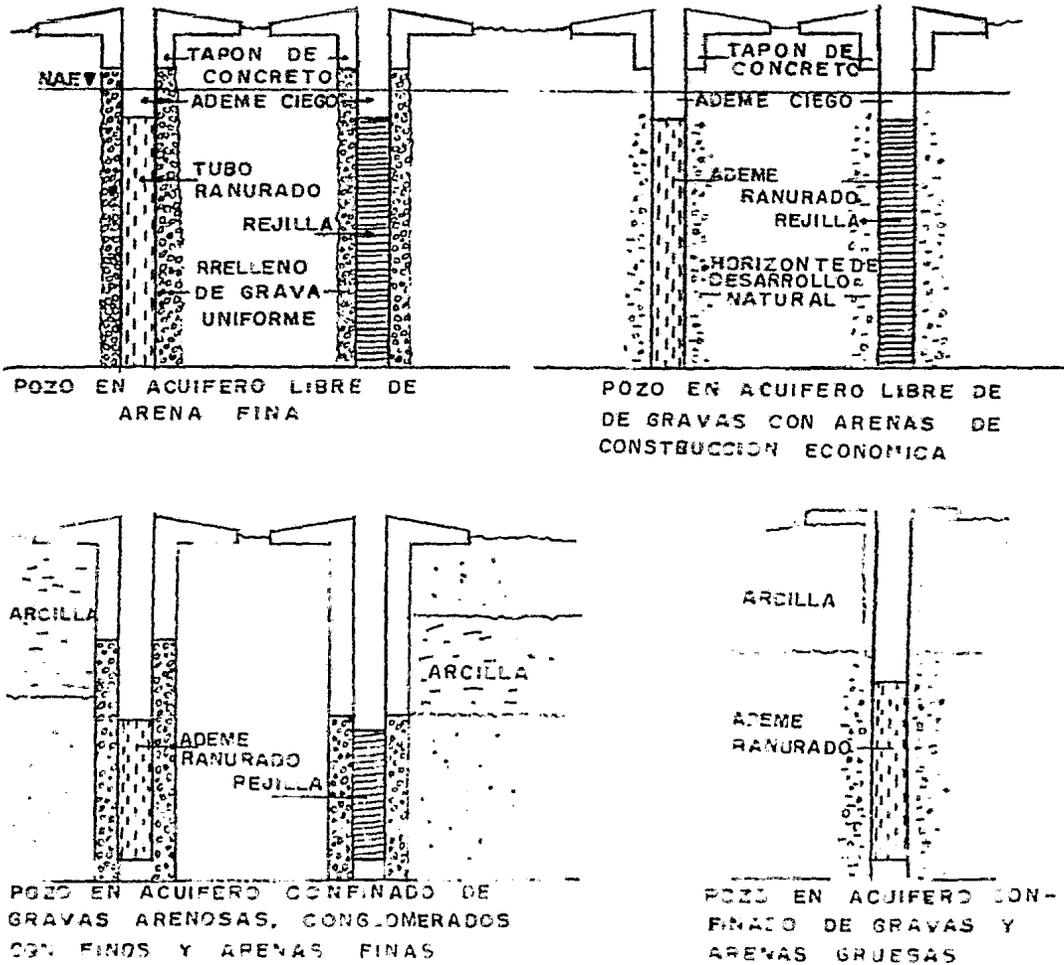
Si el material es uniforme; por ejemplo las arenas finas, es necesario colocar un empaque de grava artificial alrededor de la columna de extracción, logrando con ello aumentar el diámetro efectivo de captación, reduciendo la velocidad de entrada y permitiendo que la abertura sea mayor. El filtro de grava artificial retendrá entre el 80 y 90% de la arena fina. Para seleccionar el tamaño de la grava, existen varios criterios para su cálculo, esos criterios se pueden encontrar en la bibliografía citada.

En pozos perforados por rotación es necesario hacer

el desarrollo aún cuando se les rellene con grava.

Por último, se debe poner un tapón de concreto u otro material impermeable para evitar contaminación por posibles recargas superficiales al pozo.

Se ejemplifican algunos casos en la siguiente figura.



5.2.- EQUIPO DE BOMBEO

En toda captación el equipo de bombeo es un factor importante en el diseño. Los datos necesarios para el cálculo del tipo y capacidad de la bomba son el aforo, el gasto de bombeo, la carga total, tipo de servicio, diámetro del ademe, diámetro de succión y descarga, longitud de conducción y la presión de descarga.

Con una prueba de aforo se determina la capacidad del acuífero, la curva de abatimientos contra gastos nos indica la variación del nivel dinámico con respecto al nivel estático.

El gasto será aquel que satisfaga las necesidades para las cuales es proyectado el pozo, necesidades que nacen en función del tipo de servicio a que se destinará el agua.

La carga total es la suma de la diferencia del nivel dinámico de bombeo hasta la descarga con las pérdidas de carga en la columna de conducción, la longitud de conducción, las piezas especiales y la presión de descarga de la bomba puesto que al descargar libremente a la presión atmosférica, ésta no interviene en las pérdidas por considerarse a la presión atmosférica como cero, en cambio cuando la descarga se hace con presión por válvulas u otros elementos se debe sumar la carga adicional que debe vencer la bomba.

El tipo de servicio es un dato importante que se debe considerar; por ejemplo, si el servicio es intermitente,

no será necesario proyectar una bomba muy eficiente, pero si el servicio es continuo, se tomará en cuenta su larga vida.

El diámetro del ademe nos guiará a la búsqueda de las curvas de trabajo y rendimiento para los diferentes diámetros de succión o de tazonos y los de descarga en los catálogos que los fabricantes presentan.

VI.- APLICACION PRACTICA

La ejecución de los trabajos para la captación del agua subterránea, es el resultado del análisis de los datos recopilados y conjuntados en los estudios preliminares, el planteamiento general de los posibles aprovechamientos, la aplicación de la metodología exploratoria y la observancia de los criterios de diseño.

Se exponen a continuación algunos trabajos llevados a cabo para la extracción de agua subterránea en la zona delimitada anteriormente.

Uno de éstos trabajos es un proyecto para abastecer las instalaciones del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Tapachula ubicado a la altura del Km. 18 + 424.00 de la carretera Tapachula-Puerto Madero.

Los estudios preliminares que se llevaron a cabo en este proyecto fué la de recopilar información del tipo de materiales existentes en la región, después se hizo un estudio geofísico con el fin de conocer el sitio más adecuado para la captación, a continuación se realizó un sondeo en el sitio elegido y finalmente se ensanchó y adezó el sondeo para el pozo definitivo.

Otros tres pozos que integran un proyecto de captación para la colonia Morelos, se les practicó un estudio de testificación geofísica, un sondeo investigativo en el estra-

to y como resultado, se recomendó una estructura cuyo diseño es función de los materiales encontrados.

Un proyecto más como los anteriores, localizado en la ranchería Rosario de las Moras, se le hicieron los mismos estudios.

Por último, en la periferia de la ciudad de Tapachula con el mismo propósito se realizó un sondeo que posteriormente se ensanchó para el pozo definitivo.

Para el proyecto Aeropuerto, después de haberse obtenido la información del tipo de material que existe en la región, se practicó un estudio geofísico con la modalidad del "Sondeo Eléctrico Vertical" (S.E.V.) usando el sistema Wenner que consta de un arreglo como el mostrado en la figura No. 3. 2.2.

En el croquis No. 6.1 se muestran los puntos que fueron sondeados geofísicamente y el resultado de cada uno de esos sondeos se grafican en un papel doble logarítmico, estas gráficas se pueden ver en la figura No. 6.2.

Analizando las curvas, observamos que los sondeos 1, 3, 4, 5 y 7 tienen una tendencia creciente en su resistividad desde los 25 hasta los 45 Ohms-m. en los primeros 30 m. de espesor. En los sondeos 1, 3, 5 y 7 baja la resistividad de 45 a 30 Ohms-m. hasta los 151 m. de profundidad.

Si se analizan las curvas de los sondeos 2, 6 y 8, en ellas podemos notar que parten de un valor relativamente alto, como sucede con las arenas y gravas secas, de entre 45 y 90 hasta 30 y 40 Ohms-m., reflejo fiel de un material saturado. Las arenas y las gravas al saturarse se vuelven más conductoras por las miles de partículas sólidas disueltas en el agua que hacen que forme un puente de corriente eléctrica bajando la resistividad del material.

De las alternativas que presentan los sondeos 2, 6 y 8, solo debe ser elegida una. Al analizar con más cuidado las tres curvas, encontramos que el sitio al que corresponde el sondeo No. 8 reúne las mejores condiciones; el sondeo No. 6 también reúne los requisitos, solo que está se encuentra dentro de un radio de 500.00 m. en el que se encuentra un pozo perforado con anterioridad y que de acuerdo a la actual Ley Federal de Aguas podría acarrear problemas de tipo legal, aun cuando sería conveniente efectuar pruebas de bombeo que determinen cual es el radio de influencia real que alcanza el pozo existente antes de tomar una determinación.

En la figura No. 6 se muestra el perfil de isoresistividades del sitio.

En las figuras Nos. 6.1 y 6.2 se puede observar una uniformidad en la resistividad que puede deberse a la presencia de un material homogéneo que cubre el área del estudio.

Se nota un espesor uniforme de por lo menos 140 m., lo que viene a corroborar lo que nos indica el plano No. 2.1.2 de la distribución de las rocas de la planicie.

En el estudio geofísico del proyecto de la colonia Morelos se aplicó el método de registro eléctrico en el sondeo previamente hecho para obtener el perfil litológico, el registro nos muestra valores semejantes a los obtenidos en el sondeo anterior. Lo mismo ocurre con el registro hecho en la rancharía Rosario de las Moras.

En las gráficas Nos. 6.4, 6.5, 6.6 y 6.7 se esquematizan los resultados de dichos registros.

Los valores obtenidos en las curvas Nos. 6 y 8 del proyecto Aeropuerto muestran similitud con los del pozo No. 11 "Morelos 3" indicando que se trata de un acuífero casi homogéneo en su totalidad.

La S.A.R.H. cuenta con un estudio geofísico en casi toda la región, en ese estudio se sondea con el sistema de Schlumberger, graficándose los resultados. En el estudio se puede ver la extensión sondeada a lo largo de la carretera que une a la ciudad de Tapachula con Puerto Madero; aquí se nota que los sondeos correspondientes al cadenamiento donde se localiza el Aeropuerto, arrojan resultados desde 25 a 60 Ohm-m. predominando los de 25 a 40 que corresponden al perfil que está bajo el área del Aeropuerto.

Este estudio viene a apoyar los resultados obtenidos anteriormente citados; en la gráfica No. 6.8 se muestra el perfil obtenido en esa área por dichos estudios.

Después de haber hecho los estudios geofísicos para conocer la resistividad de los materiales, se procedió a realizar sondeos mecánicos exploratorios, sondeos que serán el objeto de nuestro siguiente análisis.

~~En el proyecto de la colonia Morelos se ejecutaron~~
tres perforaciones mecánicas con el método de rotación usando lodo bentonítico. Los perfiles litológicos encontrados se anotan a continuación.

POZO No. 13 "MORELOS 4"

Prof. (m)	Material
0 - 2	Arcilla y arena muy fina
2 - 6	Arena fina a media
6 - 14	Arena fina a gruesa
14 - 18	Arena gruesa
18 - 22	Arena fina a media
22 - 28	Arena fina y gravillas
28 - 30	Arena fina
30 - 40	Arena media
40 - 44	Arena media a gruesa
44 - 46	Arena gruesa
46 - 50	Arena media a gruesa

POZO No. 9 "MORELOS 2"

Prof. (m)	Material
0 - 4	Arcilla y arena muy fina
4 - 6	Arena fina
6 - 20	Arena media a gruesa
20 - 26	Arena gruesa
26 - 28	Arena media
28 - 30	Arena fina
30 - 38	Arena media a gruesa
38 - 48	Arena fina
48 - 54	Arena media
54 - 60	Arena gruesa
60 - 68	Arena media a gruesa y gravillas
68 - 80	Arena muy fina a fina

POZO No. 11 "MORELOS 3"

Prof. (m)	Material
0 - 6	Arena media
6 - 14	Arena fina
14 - 26	Arena gruesa
26 - 30	Gravillas y arena gruesa
30 - 32	Arena gruesa
32 - 50	Arena media a gruesa
50 - 54	Arena media a gruesa y gravillas

54 - 70	Gravillas
70 - 74	Arenas gruesas y gravillas
74 - 76	Arena muy fina a fina
76 - 80	Arena media a gruesa y gravillas

De la misma manera, en la rancharía Rosario de las Peras se obtuvo el siguiente corte litológico.

-CZO No. 4 "EL ROSARIO"

Prof. (m)	Materiales
0 - 4	Arcilla
4 - 26	Arena gruesa
26 - 32	Arena fina
32 - 36	Arena gruesa
36 - 38	Arena fina a media
38 - 40	Arena fina
40 - 42	Arena fina a media
42 - 44	Arena gruesa
44 - 48	Arena fina a media
48 - 72	Arena gruesa
72 - 80	Arena fina a media

En el área del aeródromo se tiene otro registro, aunque no muy profundo, de significativo carácter compararlo con los anteriores.

POZO No. 8 "AEROPUERTO"

Prof. (m)	Material
0 - 2	Arcilla y limos
2 - 6	Arenas finas y limos
6 - 10	Arenas finas a gruesas
10 - 16	Arenas gruesas con limos
16 - 20	Arenas medias a gruesas
20 - 30	Arenas y gravas
30 - 35	Arenas finas y gravas
35 - 50	Arenas gruesas y gravas

Los resultados arrojados por los sondeos anteriores son los que presenta el acuífero de su parte central hacia la línea de costa. El corte litológico del sondeo practicado en la periferia de la ciudad de Tapachula, exhibe la diferencia de granulometría de la parte cercana al pie de la Sierra con respecto a los del resto de la planicie.

El corte litológico es el siguiente:

POZO "LOS LAURELES"

Prof. (m)	Material
0 - 2	Arcilla y arena fina
2 - 8	Boleo y arena gruesa compacta

8 - 20	Boleo muy compacto
20 - 25	Boleo y arena gruesa compacta
25 - 30	Boleo muy compacto
30 - 34	Grava y arena gruesa
34 - 35	Arena media a gruesa
35 - 38	Grava arenosa
38 - 40	Arena gruesa
40 - 42	Grava arenosa
42 - 44	Roca sana de granito
44 - 46	Grava
46 - 47	Arena gruesa
47 - 52	Boleo y grava gruesa
52 - 56	Roca alterada
56 - 58	Boleo
58 - 68	Arcillas volcánicas
68 - 70	Arena gruesa
70 - 75	Arcillas volcánicas

Estos resultados nos muestran a la distribución de los materiales acarreados; los cercanos al pie de la Sierra son mucho más gruesos y los cercanos a la costa más finos, como se muestra en el plano No. 2.1.2.

Al continuar con la secuela del trabajo, se analizará el potencial del almacenamiento en el acuífero.

Se vio en los estudios hidroológicos los volúmenes

aproximados que se pueden obtener. Se encontró en esta zona un volumen drenable muy considerable del cual es posible aprovechar una cantidad relativamente grande, también se halló un volumen actual de bombeo muy inferior al que se puede disponer y que de programarse volúmenes mayores de extracción no representaría problemas de abatimientos grandes que puedan modificar sustancialmente el comportamiento actual del acuífero.

Con el fin de determinar el equipo de bombeo más conveniente para la operación de los pozos, se realizaron pruebas de aforo en cada una de las perforaciones efectuadas. El obtenido del pozo Aeropuerto, cuya profundidad fue de 55.00 metros, es el siguiente:

POZO No. 8 "AEROPUERTO"

	Fecha
Horas de desarrollo	36
Horas de aforo	40
Horas totales	76
Profundidad total	55.00 m.
Diámetro de ademe	10"
Nivel estático	3.50 m.
Bomba marca	X
Diámetro de descarga	8"
Diámetro de orificio	6"
Diámetro de columna	6"
Longitud de columna	33.00 m.

Marca	6.M
Modelo	4 - 7 LS
Tipo	combustión
H.P.	70
R.P.M.	2300

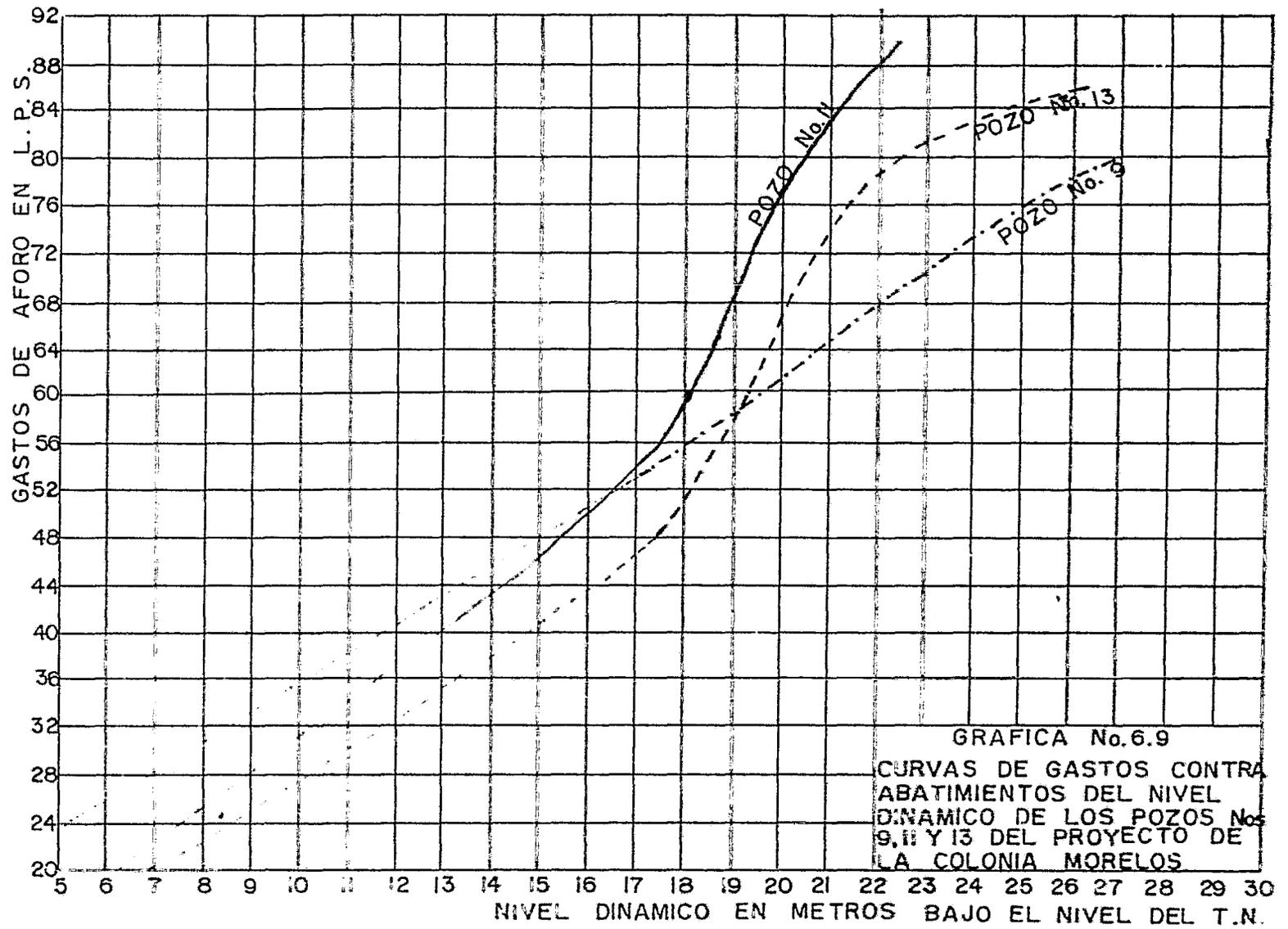
DIA	HORA	R.P.M.	PIZZOM.	GASTO	NIV.	ABATIM.	OBSERVACIONES
			cm.	l.p.s.	m.	m.	
8	7	900	8	28.85	3.50	11.50	En el desarro-
8	9	950	8.5	29.92	3.50	11.50	llo se estuvo
8	11	1000	9	30.43	3.50	11.50	sacando poca
8	13	1050	9	30.43	3.50	12.00	arena
8	15	1100	9	30.43	3.50	12.00	
8	17	1150	10	32.00	3.50	12.00	
8	19	1200	10	32.00	3.50	12.00	
8	21	1250	10	32.00	3.50	12.00	
8	23	1300	10	32.00	3.50	12.00	
9	1	1350	10	32.00	3.50	12.00	
9	3	1400	10	32.00	3.50	12.00	
9	5	1450	11	33.58	3.50	12.00	
9	7	1500	11	33.58	3.50	12.00	
9	9	1550	11	33.58	3.50	12.00	
9	11	1600	12	35.03	3.50	13.00	
9	13	1650	12	35.03	3.50	13.00	
9	15	1700	13	36.41	3.50	13.50	
9	17	1700	13	36.41	3.50	13.50	Agua muyoloro-
9	19	1700	13	36.41	3.50	13.50	sa probblemen-
9	21	1700	13	36.41	3.50	13.50	te contaminada

De la tabla anterior notemos que el máximo abatimiento es de 10.00 m. para un gasto de 36.00 l.p.s. con el 75% de eficiencia de la bomba de prueba, brindando un magnífico gasto de extracción.

Los aforos reportados por los pozos del proyecto de la colonia Morelos es el siguiente:

NOMBRE Y NUMERO DEL POZO	R.P.M.	GASTO l. p. s.	NIVEL DINAMICO
Pozo No 9	1200	53.30	17.10
"MORELOS 2"	1400	66.00	21.40
Nivel estático =	1600	71.90	23.47
3.65 m.	1760	78.90	26.87
Pozo No. 11	1100	57.10	17.64
"MORELOS 3"	1300	65.70	18.57
Nivel estático =	1500	74.30	19.51
6.83 m.	1740	90.00	22.30
Pozo No. 13	1100	48.70	17.43
"MORELOS 4"	1300	53.50	19.30
Nivel estático =	1500	75.40	21.75
6.93 m.	1760	86.40	26.15

La ley de variación de gastos contra abatimientos se puede ver en la gráfica No. 6.9.



En este caso, el pozo No. 11 "MORTUOS 3" es el que nos rinde los mejores resultados para un gasto máximo de 90.0 l.p.s. con un abatimiento de 15.30 m.

El resultado del pozo Rosario de las Moras es el siguiente:

REGISTRO DE AFORO Y DESARROLLO

Equipo de 8" Poblado Ranchería R. de las Moras
 Nivel estático = 5.20 m. Municipio Tapachula
 Programa _____ Estado Chiapas
 Fecha 20 - 23 Feb./78

DESARROLLO

FECHA DE R.P.M.	SONDA	ALTURA	DIAM.	GASTO	OBSERVACIONES
AFORO DE LA BOMBA	ELECTRICA PROF.	PIEZOM. m.	DE RESC. Pulg.	EN LA RESC. l.p.s.	
20 16 1150	9.90	0.60	8" a 6"	49.60	Agua clara
" 18 "	"	"	"	"	" "
" 20 "	"	"	"	"	" "
" 22 "	"	"	"	"	" "
" 24 "	"	"	"	"	" "
21 1 1200	10.15	0.55	"	50.70	" "
" 3 "	10.1	"	"	"	" "
" 5 1250	10.30	"	"	"	" "
" 7 "	10.40	"	"	"	" "
" 19 "	10.50	"	"	"	" "
" 18 1300	10.70	0.50	"	50.00	" "

21	14	1300	38.30	0.76	8 ^{na} 6"	56.80	Agua clara
"	17	"	38.00	"	"	"	" "
"	18	"	38.70	"	"	"	" "
"	19	1350	38.00	"	"	"	" "
"	21	"	"	"	"	"	" "
"	23	"	39.00	0.70	"	53.60	" "
"	24	"	"	"	"	"	" "
22	1	"	40.00	"	"	"	" "
"	3	"	"	"	"	"	" "
"	5	"	"	"	"	"	" "
"	7	"	"	"	"	"	" "
"	9	"	"	"	"	"	" "
"	11	"	"	0.76	"	56.80	" "
"	13	"	"	"	"	"	" "
"	16	"	"	"	"	"	" "

RECUPERACION DEL DESARROLLO

16.05	9.75
16.10	9.06
16.15	8.81
16.30	8.56
16.45	8.20
17.00	8.00

AFORO

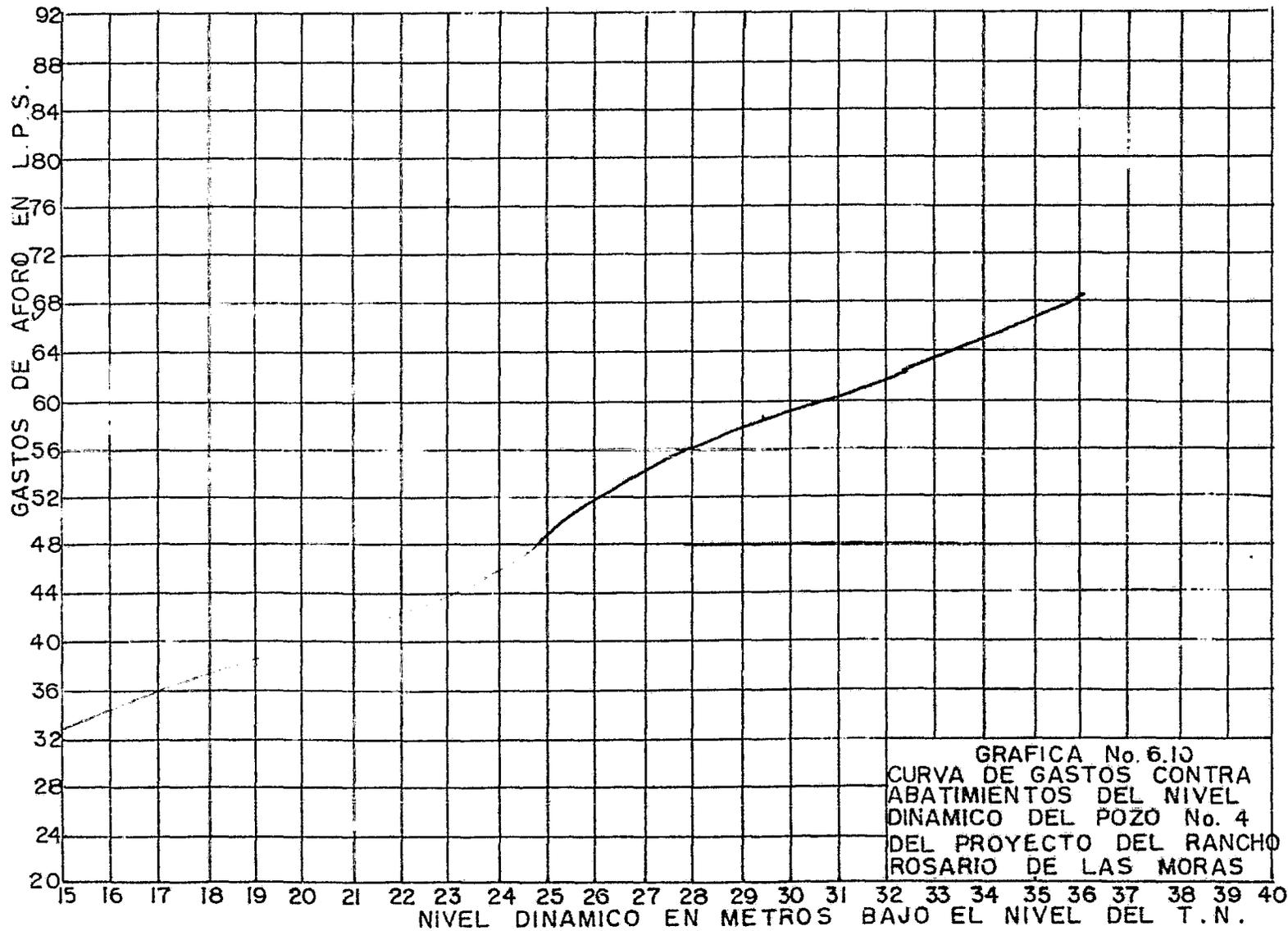
22	17.05	1200	27.45	0.62	8 ^{na} 6"	50.50	Agua clara
"	19.00	"	"	"	"	"	" "
"	21	"	27.25	"	"	"	" "

22	23	1200	27.26	0.62	8"ac"	50.50	Agua clara
23	2	1250	27.70	0.66	"	52.00	" "
"	4	"	"	"	"	"	" "
"	5.05	"	28.03	0.76	"	56.80	" "
"	7	1700	39.00	1.20	"	69.70	" "
"	10	"	40.25	1.10	"	66.80	" "
"	10.30	1200	10.76	0.60	"	49.60	" "
"	12.30	"	24.83	"	"	"	" "
"	14	1400	29.40	0.85	"	59.00	" "
"	16	"	"	"	"	"	" "
"	16.30	1600	32.35	1.00	"	63.70	" "
"	17.15	1750	34.60	1.22	"	70.35	" "
"	18	"	36.00	1.21	"	70.00	" "

RECUPERACION DEL AFORO

18.01	17.80
18.02	13.75
18.03	10.60
18.04	10.14
18.05	9.98
18.10	9.90
18.15	9.07
18.30	8.90
19.00	8.00

En la gráfica No. 6.10 se ve la variación del aforo de este pozo.



GRAFICA No. 6.10
 CURVA DE GASTOS CONTRA
 ABATIMIENTOS DEL NIVEL
 DINAMICO DEL POZO No. 4
 DEL PROYECTO DEL RANCHO
 ROSARIO DE LAS MORAS

Analizando los aflores se puede ver que el promedio, por metro de abatimiento, es de 4.00 l.p.s. de gasto lo que rinde el acuífero. Estos resultados y los encontrados en los estudios preliminares nos sitúan ante un buen acuífero del que se pueden esperar buenos aprovechamientos.

Continuando con la línea trazada, se analizará a continuación la calidad química del agua.

En estudios preliminares se había encontrado que el agua reúne los requisitos que marcan la buena calidad. La S. A.R.F. cuenta con un estudio realizado en pozos y norias en casi toda la zona, estos análisis químicos se presentan en la siguiente tabla:

ANÁLISIS QUÍMICO DEL AGUA

Concepto	Rango de variación
pH	7.08 - 7.97
Conductividad eléctrica (C.E.)	25 - 3800 micro Ohm-cm.
Alcalinidad total	157 - 382 p.p.m.
Dureza total	150 - 365 p.p.m.
Dureza $\left\{ \begin{array}{l} Ca \\ Mg \end{array} \right.$	50 - 130 p.p.m.
	70 - 315 p.p.m.
S.T.D.	309 - 743 p.p.m.
Contenido iónico	4.54 - 10.09 con cationes y aniones en equilibrio

RAS

0.10 - 3.25

Clasificación general de agua para riego C-2 y S-1 de baja sodicidad y baja a media salinidad.

Se cuenta también con otro análisis en los pozos de la colonia Morelos, aunque no muy completos, sí muestra la calidad del agua que se encuentra en el subsuelo.

LOCALIZACIÓN: "MORELOS 9"			FUENTES: POZO		
Conductividad eléctrica $\text{ca } \text{C}3 \times 10^6$	150		Relación de adsorción de Sodio	1.13	
Actividad del ión Hidrógeno (pH)	7.1		Clasificación por salinidad y sodicidad	Cl-S1	
S.T.D. en p.p.m.	115.46		Carbonato de Sodio residual (C.S.R.)	0.11	
Porcentaje de Sodio	67.59		Salinidad efectiva (S.E.)	1.08	
Turbiedad	No presenta		Salinidad potencial (S.P.)	0.81	
Color	Incoloro		Olor	Inodoro	
			Naturaleza del sedimento	Orgánico	
CATIONES		me/lt p.p.m.	ANIONES		me/lt p.p.m.
Calcio (Ca)	0.77	15.43	Carbonatos (CO_3)	0.22	6.6
Magnesio (Mg)	1.16	1.95	Bicarbonatos (HCO_3)	0.60	30.60
Sodio (Na)	0.73	16.72	Fluoruros (Cl)	0.81	28.72
Potasio (K)	0.24	9.58	Sulfatos (SO_4)	0.00	0.00
			Nitratos (NO_3)	-	-
SUMA			SUMA		

La tabla anterior nos dá valores confiables para usar el agua con fines agrícolas sin peligro de salinidad y sodicidad.

En resumen, el agua es de magnífica calidad en casi toda la zona estudiada y se puede utilizar para el consumo doméstico con un mínimo tratamiento y/o sin el; para riego se puede usar confiablemente.

Con los datos anteriores, ya estamos en condiciones de proyectar la estructura del pozo con sus características. Un ejemplo es el mismo pozo localizado en el Aeropuerto, pozo proyectado para un gasto que abastecerá las instalaciones del sistema.

El total del gasto calculado fue hecho para los edificios, hangares, el sistema contra incendio, la zona de combustibles, los jardines y otros.

Para el gasto en edificios, se siguió el método del Dr. Roy B. Hunter, método fundamentado en la teoría de las probabilidades. El método se aplica en donde existen grupos numerosos de muebles sanitarios; este método asigna a cada tipo de mueble un valor correspondiente de costo o unidades mueble el cual es función del diseño propio, la presión mínima a la entrada y el gasto necesario para un correcto funcionamiento.

Con el método se puede calcular el diámetro para la

distribución de agua fría en edificios, basandose en una unidad de descarga denominada "Unidad mueble" establecido por comparación entre los diferentes muebles sanitarios, habiendose escogido como unidad correspondiente a un lavabo de uso particular. Con relación a este se establecen las unidades para el resto de muebles, tanto en uso particular como de uso público, la "Unidad mueble" supone un consumo de 25 lts./min.

La relación que guardan entre si los parámetros gasto - unidad mueble se puede obtener de las gráficas Nos. 6.11 y 6.12, curvas probabilísticas con tendencia asintótica para valores mayores de unidades muebles y que fueron hechas para los sistemas con fluxómetro y para llave ordinaria, si el sistema es mixto se interpola.

El gasto máximo de un grupo de muebles se obtiene sumando las unidades - mueble correspondiente a cada una de ellas según los valores de la tabla de EQUIVALENCIA DE MUEBLES EN U.M., con estos valores al entrar a las gráficas Nos. 6.11 y 6.12 obtenemos el gasto.

En la tabla siguiente se presentan algunos valores de unidades - mueble para el servicio público y privado.

EQUIVALENCIA DE LOS MUEBLES EN UNIDADES MUEBLE

MUEBLE	SERVICIO	CONTRIC	U.M.
Excusado	Público	Válvula	10
Excusado	Público	Tanque	5
Fregadero	Restaurante	Llave	4

Lavabo	Público	Llave	2
Mingitorio pedestal	Público	Válvula	10
Mingitorio pared	Público	Válvula	5
Mingitorio pared	Público	Tanque	3
Regadera o tina regadera	Público	Mezcladora	4
Tina sola	Público	Llave	4
Vertedero	Oficina, etc.	Llave	3
Excusado	Privado	Válvula	6
Excusado	Privado	Tanque	3
Fregadero	Privado	Llave	2
Grupo baño	Privado	Exc. válvula	8
Grupo baño	Privado	Exc. tanque	6
Lavabo	Privado	Llave	1
Lavadero	Privado	Llave	3
Regadera	Privado	Mezcladora	2
Tina	Privado	Mezcladora	2

El gasto en hangares se calcula considerando como si a cada hangar hubiera una dotación instantánea que equivale entre 0.50 U.M.

Hangares = U.M. X número de hangares

ASA recomienda 100.00 lts./hangar en un día

Para calcular el gasto contra incendio, se toma co-

mo un suministro durante 3.00 hrs. con 31.50 lts./seg. distribuyéndose de la siguiente manera:

1.- El almacenamiento secundario en la zona de combustibles tiene un volumen de 4000 litros con una capacidad de extracción por bombeo de 9.50 lts./seg. = Q_e

2.- Del almacenamiento primario se restablece la extracción anterior a razón del 80% de la capacidad = Q_r

$Q_r = 0.8 Q_e = 7.6 \text{ lts./seg.} = \text{diseño para combustibles}$

Por otro lado, el edificio del Cuerpo de Rescates y Extinción de Incendios tiene un almacén secundario con capacidad de 10,000 lts. y opera con motobombas y carros-cisterna que se abastecen de dicho almacén. El tiempo de llenado de los carros-cisterna se le considera de 30 min., tomando en cuenta ciertos factores como el número y capacidad de las unidades, tiempo de recorrido, etc.

$$Q_{CRESI} = \frac{V}{T} = \frac{10,000 \text{ lts.}}{0.5 \times 3600 \text{ seg.}} = 5.55 \text{ lts./seg.}$$

El gasto de los jardines se calcula con el número de aspersores.

$$Q_j = 4 \times 2$$

El gasto total calculado con esta fórmula es de 15.55 lts./seg. por las bombas principales.

En el aforo se pudo constatar que este perfil rinde buenos resultados, suficientes para el gasto calculado.

Las características del pozo serán de acuerdo con lo anteriormente encontrado.

El diámetro del pozo se ensanchó a poco más de 14" (35.5 cm.).

La tubería o ademe se proyectó de acero con un diámetro de 10" (25.4 cm.) y un espesor de 1/4", siendo suficiente para los efectos que pudiera tener la incrustación, efecto con mayor probabilidad de presentarse.

La longitud del ademe es de 10.00 m. liso porque en los primeros 6.00 m. se encuentran materiales arcillosos con arena fina y en los 4.00 m. siguientes arena fina; los 45.00 metros restantes serán de ademe ranurado, este ademe quedará en el corte más grueso compuesto por arenas y gravas.

El espacio entre la pared de la perforación y el ademe debe ser ocupado por grava que funcionará como filtro reteniendo un buen porcentaje de arena fina, la grava debe ser de 1/2" a 1" como máximo.

Por último se le puso un tapón de concreto de 60 cm. para proteger al pozo de posibles contaminaciones.

Todo lo anterior fue con referencia al pozo, quedando por elegir la bomba para extraer el gasto que satisfaga

La cabeza sifónica.

Para el efecto, se debe calcular la carga sifónica total en donde intervendrá: la carga o altura de succión hasta la descarga, la carga estática, que es la elevación de la bomba con respecto a la descarga, la presión final en la descarga, la longitud de conducción, la pérdida de presión en la columna de succión y las pérdidas por fricción en la conducción. Todos estos valores deben ser convertidos a metros de columna de agua.

$$H_{\text{diseño}} = H_c + H_s + H_e + H_p + H_f$$

Donde:

H_c = Carga por columna de succión (en este caso se consideró despreciable).

H_s = Carga de succión = 13.50 + holgura de 5.00 m.
(se toma un total de 20.00 m.).

H_e = Carga estática = Desnivel entre la bomba y la descarga = - 1.50 m. por tener a la tubería de descarga a 1.50 m. de profundidad con relación al nivel del terreno natural.

H_p = Carga de presión final = carga a la presión final de la descarga en la cisterna, para vencer la válvula de control = 0.05 Kg./cm^2
= 5.00 m.

H_f = Carga por fricción en la conducción = 0.00 m.

multiplicado por el coeficiente de pérdida de carga en metros por kilómetro de longitud que da la tabla No. 6.13 para tuberías de 4" de diámetro hecha para valores de C de la fórmula de Hazen - Williams y el gasto de dotación; el valor de C para tuberías de asbesto - cemento se encuentra en la tabla No. 6.14, valor que en este caso das de 112 con el gasto de 15.0 lts./seg. se obtiene un valor de 32.65 de pérdida de carga por kilómetro de longitud, que en porcentaje es aproximadamente el 3.3%, siendo inferior al 10% de H_f permisible.

$$H_f = \frac{33 \times 650}{1000} = 21.50 \text{ m.}$$

$$H_{\text{diseño}} = 20.00 + 1.50 + 6.00 + 21.50 = 48.00 \text{ m.}$$

La potencia requerida en la bomba debe ser calculada con la fórmula siguiente:

$$H.P. = \frac{Q \cdot h_d}{76 \times \eta} = \frac{15 \times 48}{76 \times 0.65} = 14.0 = 15 \text{ H.P.}$$

Para las bombas tipo turbina del catálogo Fairbanks Morse, con un diámetro de tazones de 8" (7-8/16") y una presión de descarga 8-B se encuentra una carga dinámica total para cada paso de 10.6. Este valor se puede ver en la figura No. 6.15.

$$\text{Número de pasos} = \frac{48.00}{10.6} = 4.5 = 5 \text{ pasos.}$$

En resumen las características de la bomba son:

Modelo: F.M. 6970 de 5 (cinco) pasos.

Longitud de columna de succión: 20.00 m.

Diámetro de succión: 6" (150 mm.).

Diámetro de descarga: 6" (150 mm.).

Cabezal de descarga: Modelo 12 x 6 .

Cuerpo de tazones: Modelo 8 LC - B, diseño T-6.

Motor eléctrico vertical de 15 H.P., 4 polos

3/60/220-440, - 1770 R.P.M.

Eficiencia al nivel del mar: 78%.

Número de unidades: 1 (una).

Con estas características se asegura el gasto de bombeo para abastecer las instalaciones del Aeropuerto Internacional de la Ciudad de Tapachula, Chis.

Las especificaciones de construcción del pozo e instalación de la bomba se presentan en el plano No. 6.16.

Otro ejemplo de diseño de pozos es el que se hizo en el proyecto de la colonia Morelos, diseño que fue función de los datos encontrados anteriormente para este proyecto.

Según los resultados obtenidos en los pozos: mostrados en la gráfica No. 6.9, el pozo número con el No. 11

"Modelo ..." nos da las mejores recomendaciones, cuando se hace todo el perfil es de material granular.

Perforación total: 80.00 m.

Diámetro de perforación: 32" (81.3 cm.).

Diámetro de ademe: 24" (61.0 cm.).

Ademe liso: 0.00 m.

Ademe ranurado tipo canastilla: 74.00 m.

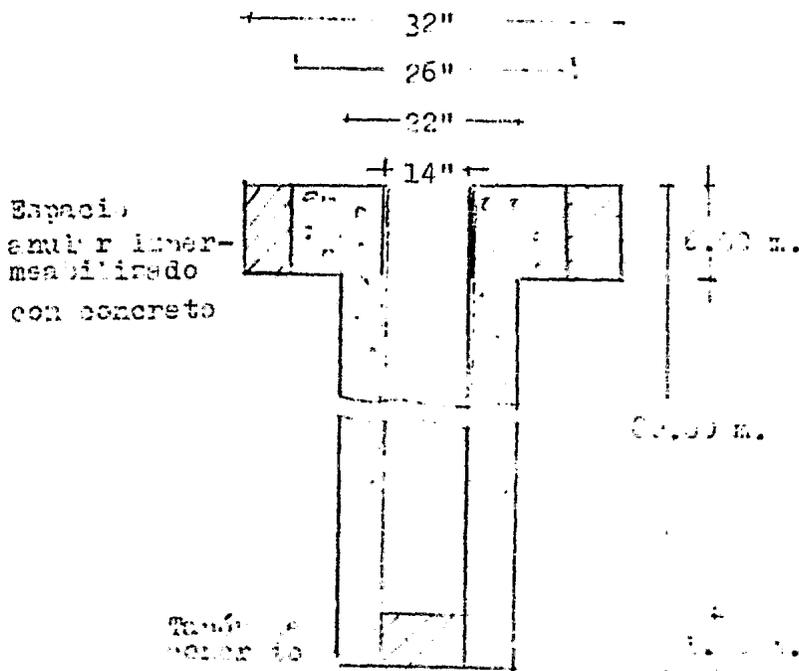
Contra ademe liso de 26" (66.0 cm.): 6.00 m.

Tapón de concreto de 32" (81.3 cm.) para evitar la contaminación: 6.00 m.

Tapón de concreto en el nivel inferior del pozo para evitar arrastre de material granular: 1.50 m.

Filtro de grava cuarcífera: de 1/2" a 1/4".

La siguiente figura nos muestra lo anteriormente anotado.



VII.- CONCLUSIONES

Los estudios realizados en la zona, demuestran que el acuífero encontrado en la planicie puede ser explotado con un adecuado planteamiento para el aprovechamiento racional y económico de las aguas subterráneas.

La naturaleza, edad y granulometría de las rocas y materiales de la región determinan las características físicas del acuífero. Por los sondeos mecánicos y geofísicos hechos en la zona, se encontró que el estrato es granular, poco consolidado y de un espesor suficiente para las necesidades mencionadas.

Al mismo tiempo, se encontró que el agua es de magnífica calidad, por circular a través de materiales gruesos y de naturaleza granítica.

Con los aprovechamientos subterráneos se puede abastecer de agua potable a toda la región; para riego se ha aprovechado muy poco, pero es posible programar un aprovechamiento mayor para incrementar la agricultura en todo el año, aunque esto debe ser proyectado para las cotas de más de 20.0 metros para evitar el posible avance de la interface salina, además de que en la época de estiaje los niveles freáticos suelen bajar alrededor de los 5.00 m.

Las recargas al acuífero, como se dijo anteriormente, se efectúan en los contactos de las zonas altas con el

acuifero y por la infiltración directa de las precipitaciones.

Por las condiciones que brinda el deposito existente en la planicie se puede proyectar las estructuras de los pozos de manera sencilla, sin llegar a la sofisticación.

En el Aeropuerto al proyectarse el pozo, fue con la seguridad de obtener los volúmenes requeridos para abastecer las necesidades, lo mismo se puede decir de los pozos proyectados en la colonia Morelos y en el rancho Rosario de las Noras.

Los métodos exploratorios y de perforación para la explotación fueron tratados en este trabajo a grandes rasgos, para una información completa se puede consultar a la bibliografía que se cita, y aún así, solo la experiencia nos dá el criterio suficiente para decidir el o los métodos a emplearse para cada requerimiento en particular.

TABLE NO. 113

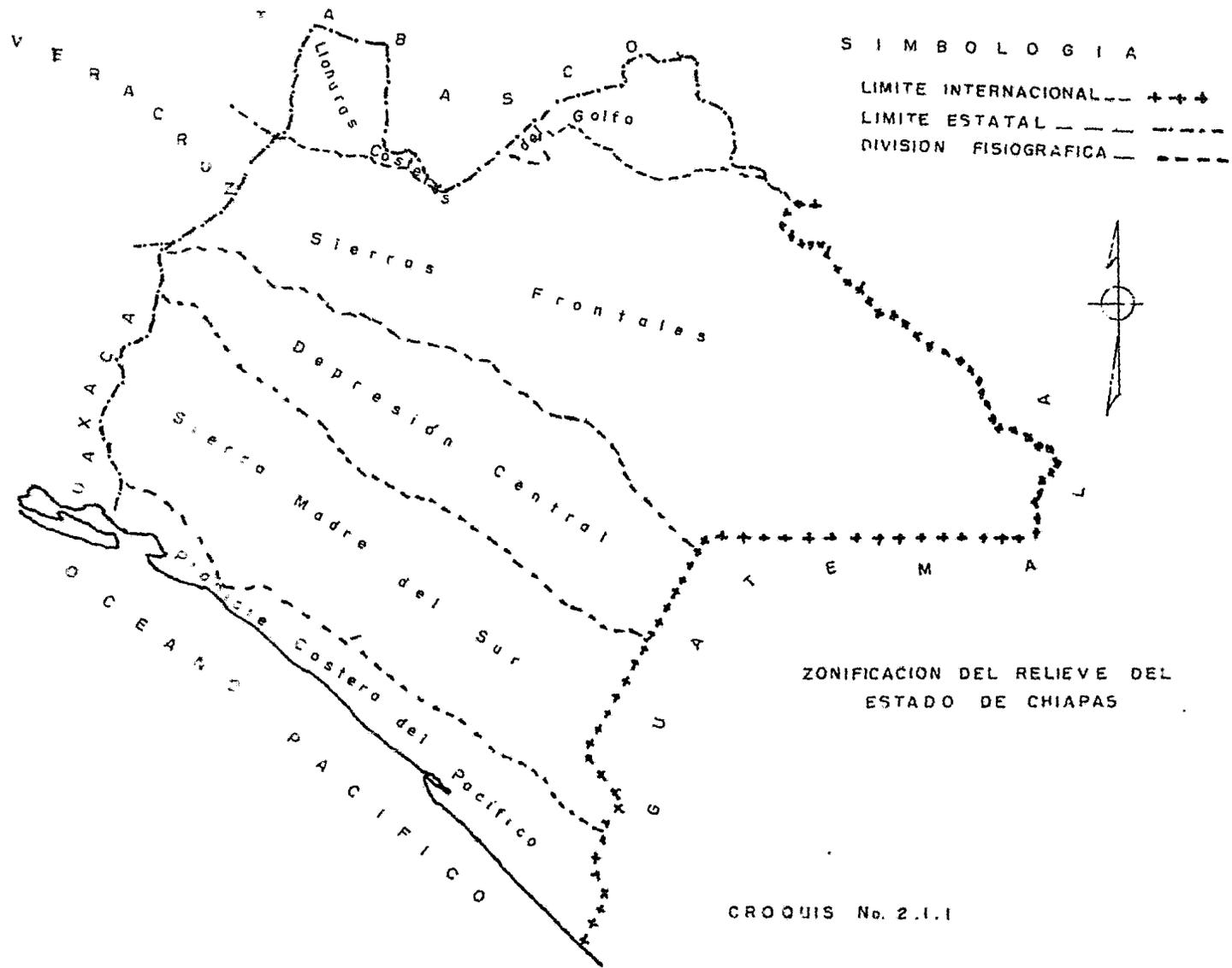
PERDIDA DE CARGA EN METROS -OR KM. DE LONGITUD
 TUBERIA DE 121.00 MM. (4") DE DIAMETRO

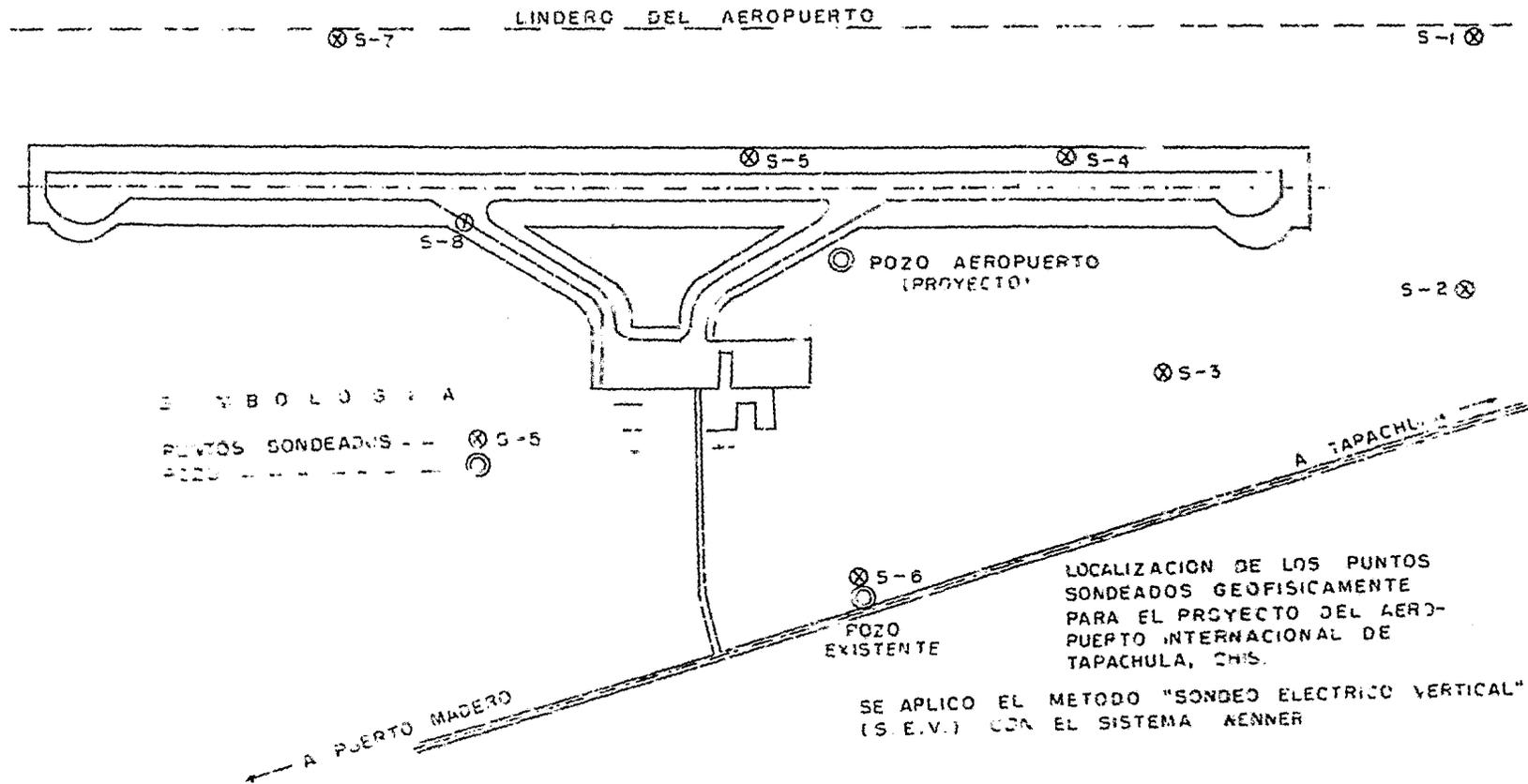
GASTO L/S33	VELOC M. S33	CARGA METROS	VELOCES DE "C"						
			80	90	100	110	120	130	140
4.00	1.43	0.012	7.34	6.40	5.87	4.41	3.76	3.04	2.80
4.50	1.56	0.014	8.10	7.16	6.55	5.49	4.67	4.03	3.51
5.00	1.62	0.0.9	12.03	9.68	7.86	6.67	5.68	4.90	4.27
5.50	1.65	0.023	14.26	11.54	9.50	7.96	6.78	5.84	5.03
6.00	1.74	0.024	16.87	13.56	11.16	9.35	7.96	6.86	5.88
6.50	1.80	0.023	19.55	15.73	12.84	10.85	9.23	7.96	6.94
7.00	1.86	0.038	22.44	18.04	14.84	12.44	10.53	9.13	7.96
7.50	1.93	0.044	25.50	20.50	16.87	14.14	12.03	10.38	9.05
8.00	1.97	0.050	28.73	23.10	19.01	15.03	12.58	11.63	10.13
8.50	1.95	0.056	32.15	25.85	21.27	17.83	15.17	13.08	11.41
9.00	1.11	0.063	35.74	28.73	23.74	19.82	16.87	14.54	12.68
9.50	1.17	0.070	39.53	31.76	26.13	21.90	18.84	16.07	14.01
10.00	1.23	0.076	43.44	34.93	28.73	24.09	20.50	17.68	15.41
10.50	1.30	0.085	47.55	38.23	31.45	26.36	22.44	19.35	16.87
11.00	1.36	0.094	51.82	41.67	34.27	28.73	24.42	21.04	18.37
11.50	1.42	0.103	56.27	45.24	37.12	31.20	26.56	22.90	19.96
12.00	1.48	0.112	60.88	48.95	40.07	33.76	28.73	24.78	21.60
12.50	1.54	0.121	65.67	52.80	43.44	36.41	31.07	26.72	23.35
13.00	1.60	0.131	70.61	56.77	46.71	39.15	33.33	28.73	25.05
13.50	1.67	0.141	75.72	60.88	50.19	41.99	35.74	30.81	26.86
14.00	1.73	0.152	81.00	65.13	53.87	44.91	38.23	32.96	28.73
14.50	1.79	0.163	86.45	69.50	57.75	47.93	40.77	35.17	30.67
15.00	1.85	0.174	92.14	74.00	61.81	51.03	43.44	37.45	32.65
15.50	1.91	0.186	97.91	78.63	66.07	54.23	46.16	39.80	34.71
16.00	1.97	0.198	103.77	83.40	70.61	57.51	48.85	42.21	36.83
16.50	2.04	0.211	109.71	88.29	75.34	60.88	51.63	44.68	39.05
17.00	2.10	0.224	115.75	93.30	80.37	64.34	54.77	47.21	41.37
17.50	2.16	0.237	121.85	98.45	85.61	67.89	57.77	49.83	43.74
18.00	2.22	0.251	128.01	103.72	90.84	71.53	60.85	52.50	46.16
18.50	2.28	0.265	134.30	109.12	96.25	75.25	64.15	55.23	48.75
19.00	2.34	0.280	140.71	114.64	101.80	79.06	67.31	58.02	51.50
19.50	2.41	0.295	147.21	120.29	107.57	82.98	70.51	60.85	54.37
20.00	2.47	0.310	153.81	126.07	113.50	87.14	74.11	63.81	57.37

TABLA No. C.14

VALORES DEL COEFICIENTE "C" DE LA FORMULA
 DE HAZEN-WILLIAMS PARA DIFERENTES
 MATERIALES Y CONDICIONES DE LOS CONDUCTOS

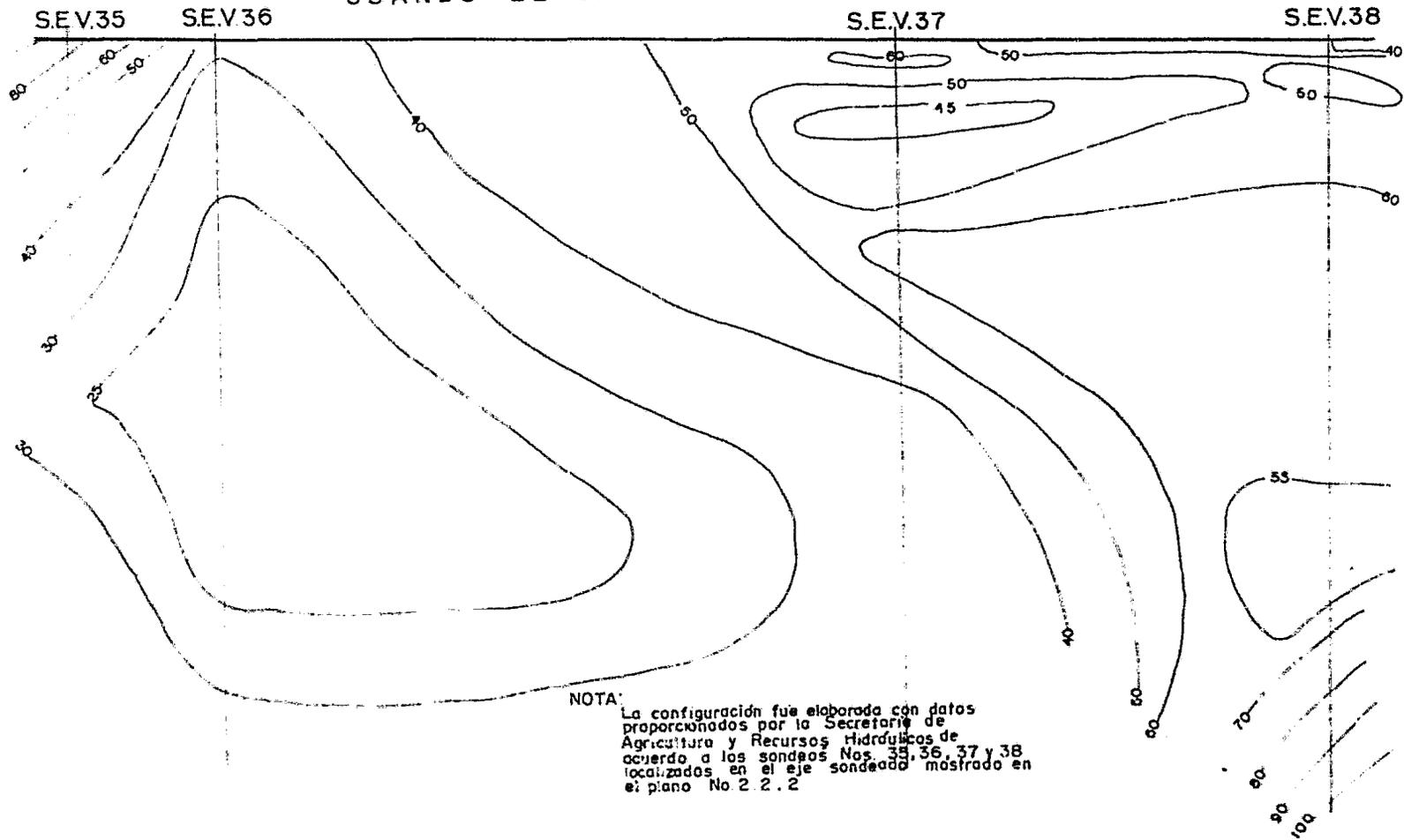
MATERIAL	CONDICION	C
Fierro fundido	Nuevo	130
	5 años de edad	120
	10 " " "	110
	20 " " "	100
	30 " " "	90
	40 " " "	80
Acero revestido, juntas soldadas	Nuevo	140
	Edad incierta	100
Acero revestido, juntas remachadas	Nuevo	110
	Edad incierta	90
Concreto	Nuevo	140
	Edad incierta	130
Duela de madera	Promedio	130
	Nuevo	140
Asbesto-cemento y plástico	Edad incierta	130
Vitrificado	Promedio	110





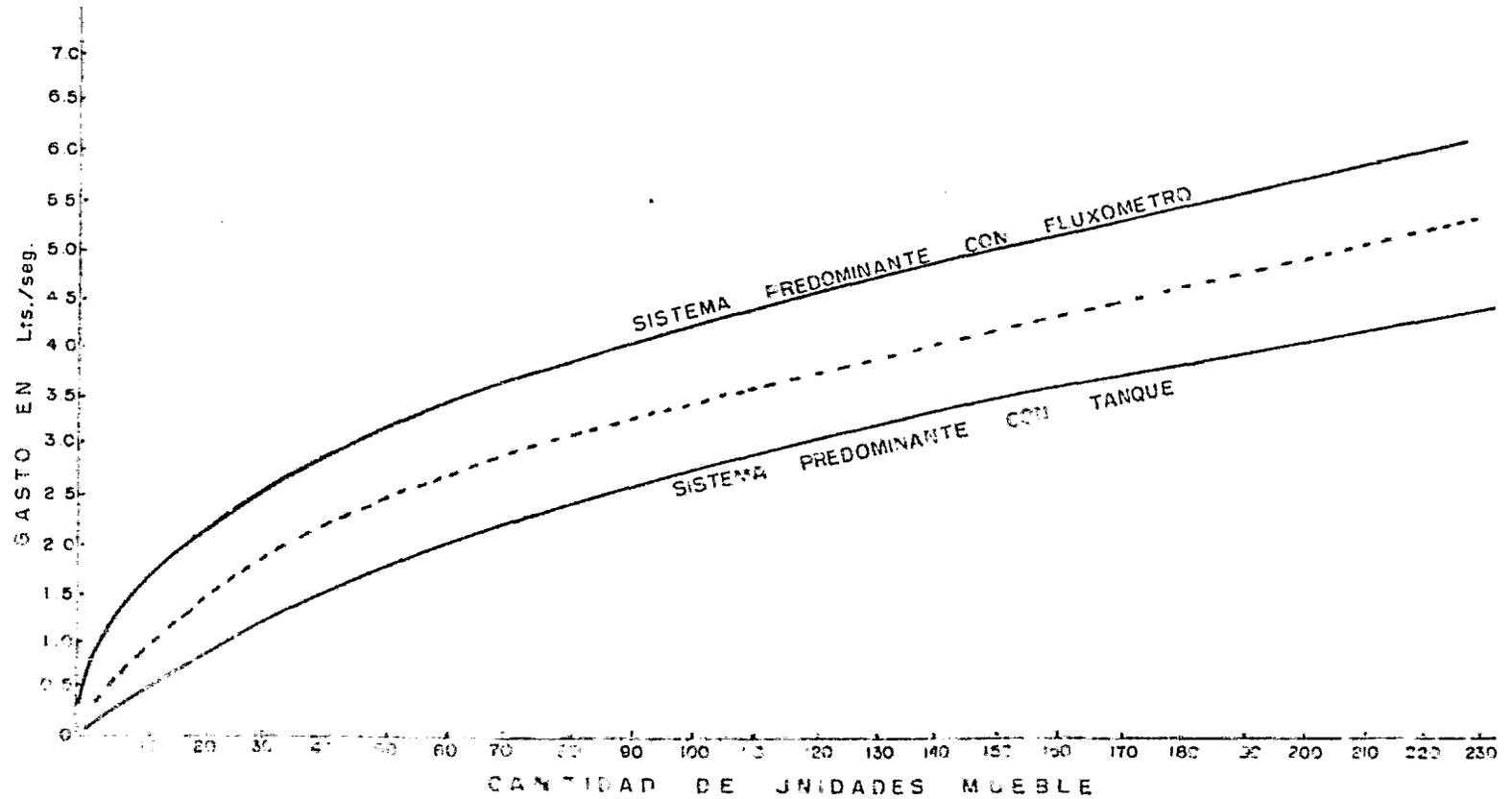
CROQUIS No. 6.1

GRAFICA No.6.8
CONFIGURACION DE ISORRESISTIVIDADES
OBTENIDO CON SONDEOS GEOFISICOS (S.E.V.)
USANDO EL SISTEMA SCHLUMBERGER



CURVAS GASTO-UNIDADES MUEBLES

PARA ALIMENTACIONES Y DESAGÜES

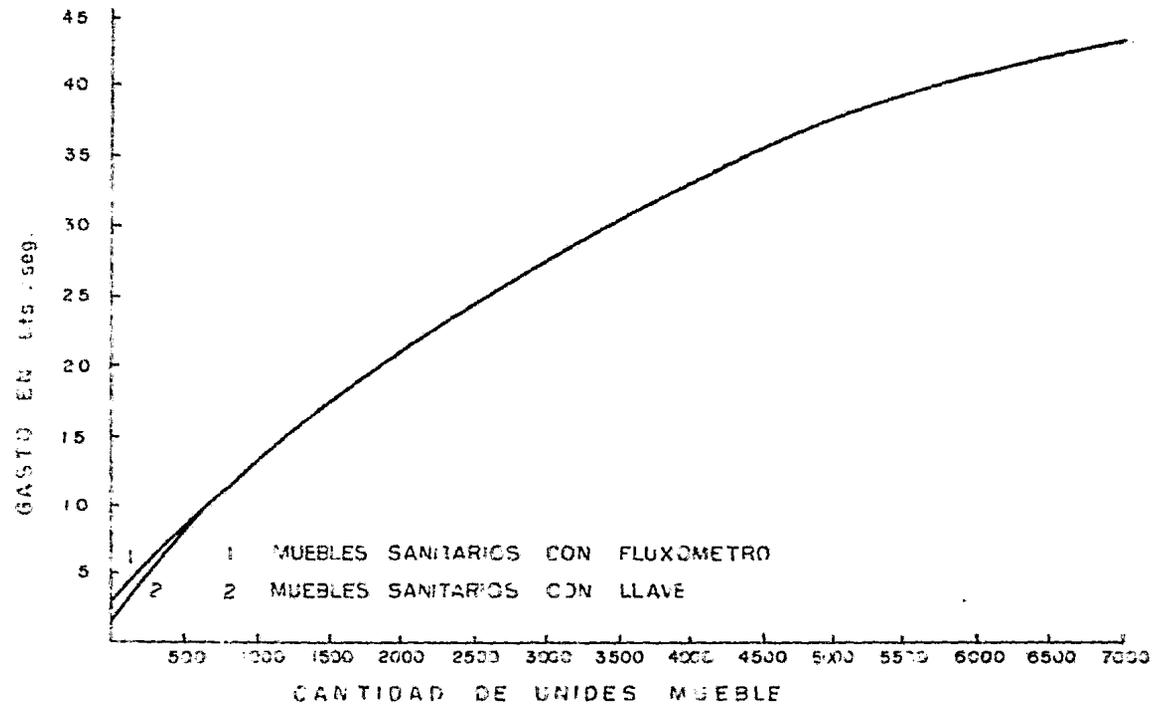


GRAFICA No. 6.II

SEGUN HUNTER

CURVA GASTO-UNIDADES-MUEBLES

PARA ALIMENTACIONES Y DESAGÜES



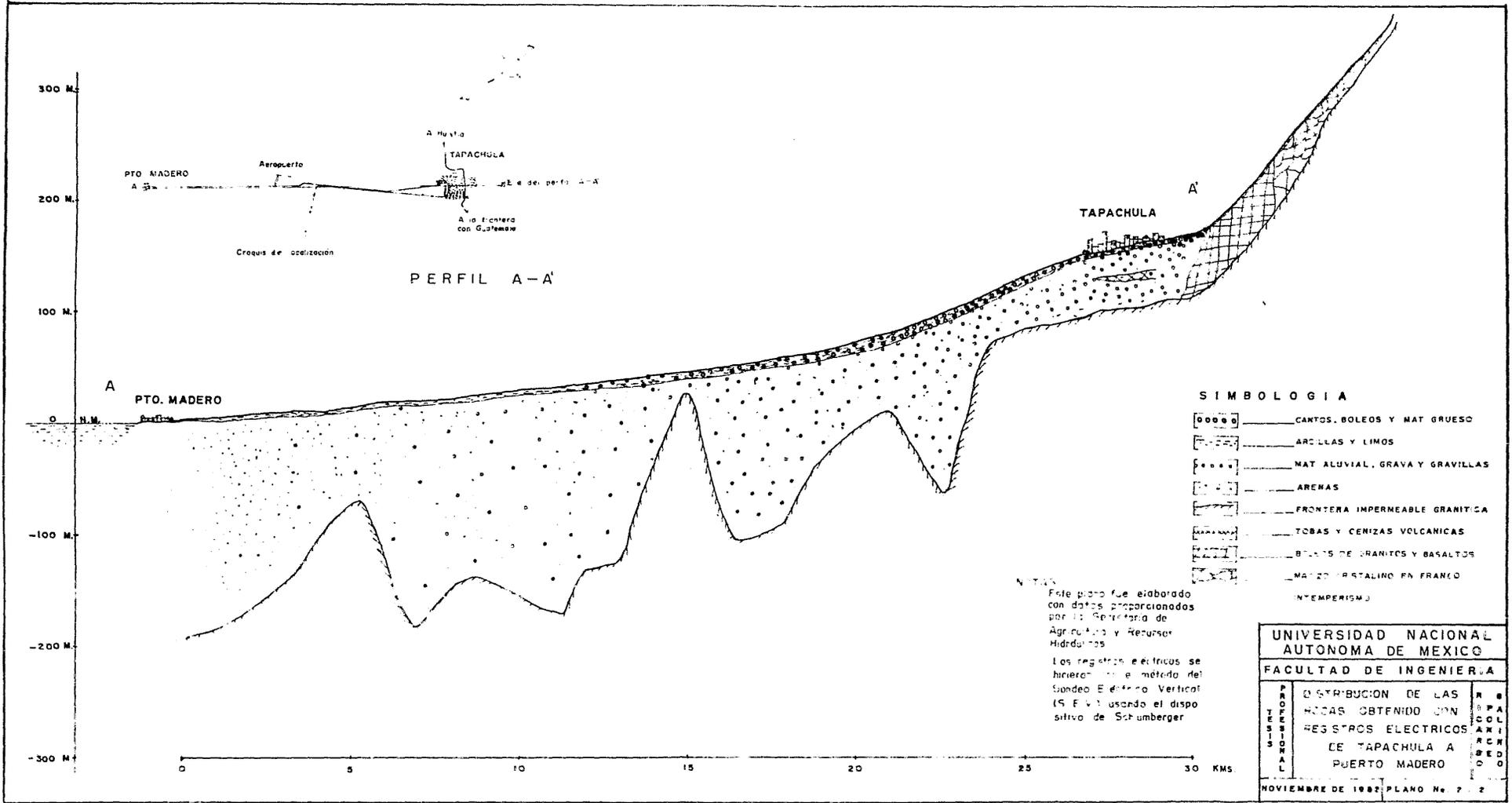
GRAFICA No. 6.12

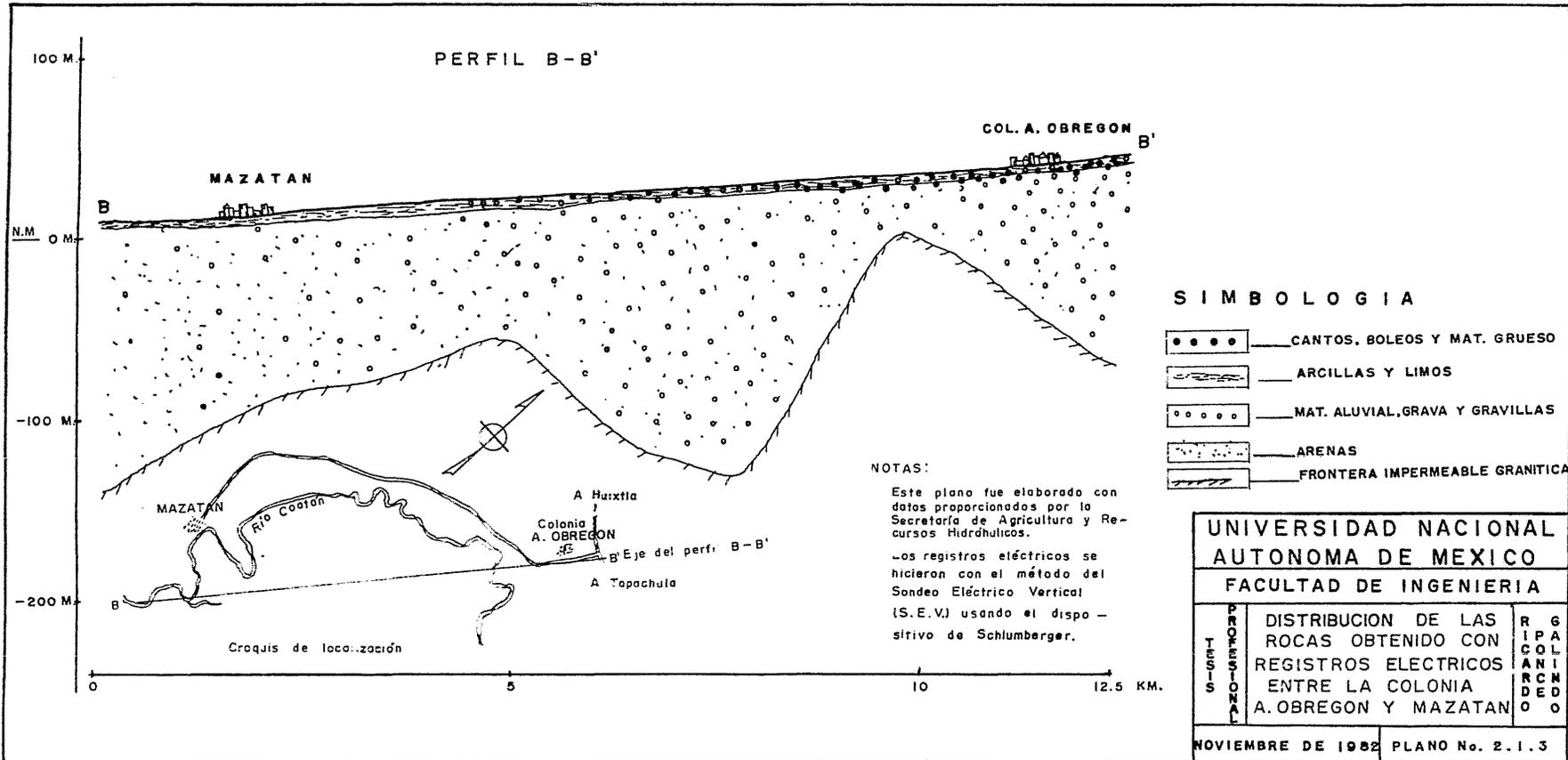
SEGUN HUNTER

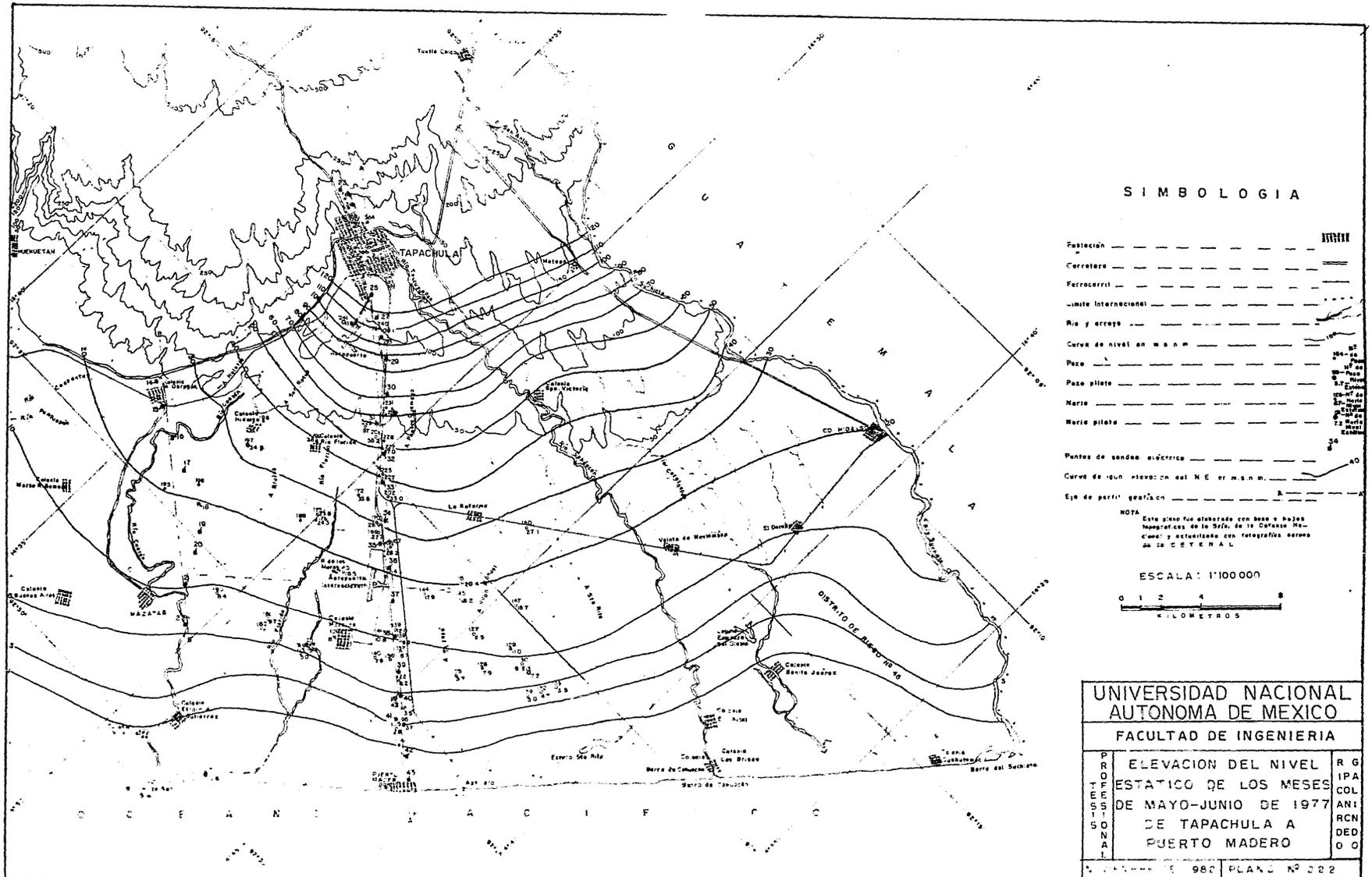
B I B L I O G R A F I A

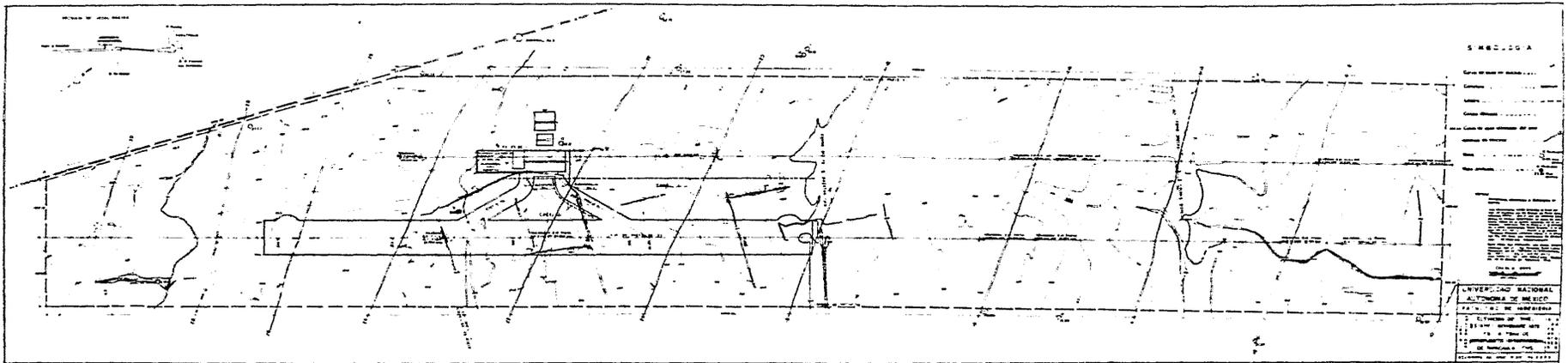
- Edward E. Johnson, Inc. "El Agua Subterránea y los Pozos"
- E. Custodio/E. R. Llamas "Hidrología Subterránea"
Tomos I y II.
- José Santos Figuerola "Tratado de Geofísica Aplicada".
- S. A. R. H. "Estudio Geohidrológico de Evaluación y Censo en el Estado de Chiapas, Región del Soconusco".
- S. R. F. "Boletín Hidrológico No. 23
(Costa de Chiapas)" Tomos I y II.
- S. A. F. O. P. "Estudios Geológicos del Pozo de Agua Potable del Aeropuerto Internacional de Tapachula, Chis."
- S. R. F. "Boletín de Divulgación "énica"
No. 2 Abril 1976.
- Centro de Educación Continua "Apuntes de Instalaciones Hidráulicas".
- Gastón Merino: "Cálculo Hidráulico de Conductos Circulares Trabajando a Presión" Folleto De Diciembre 1976.

Alme A. Tinajero González "Apuntes de clase de Geohidro-
logía".

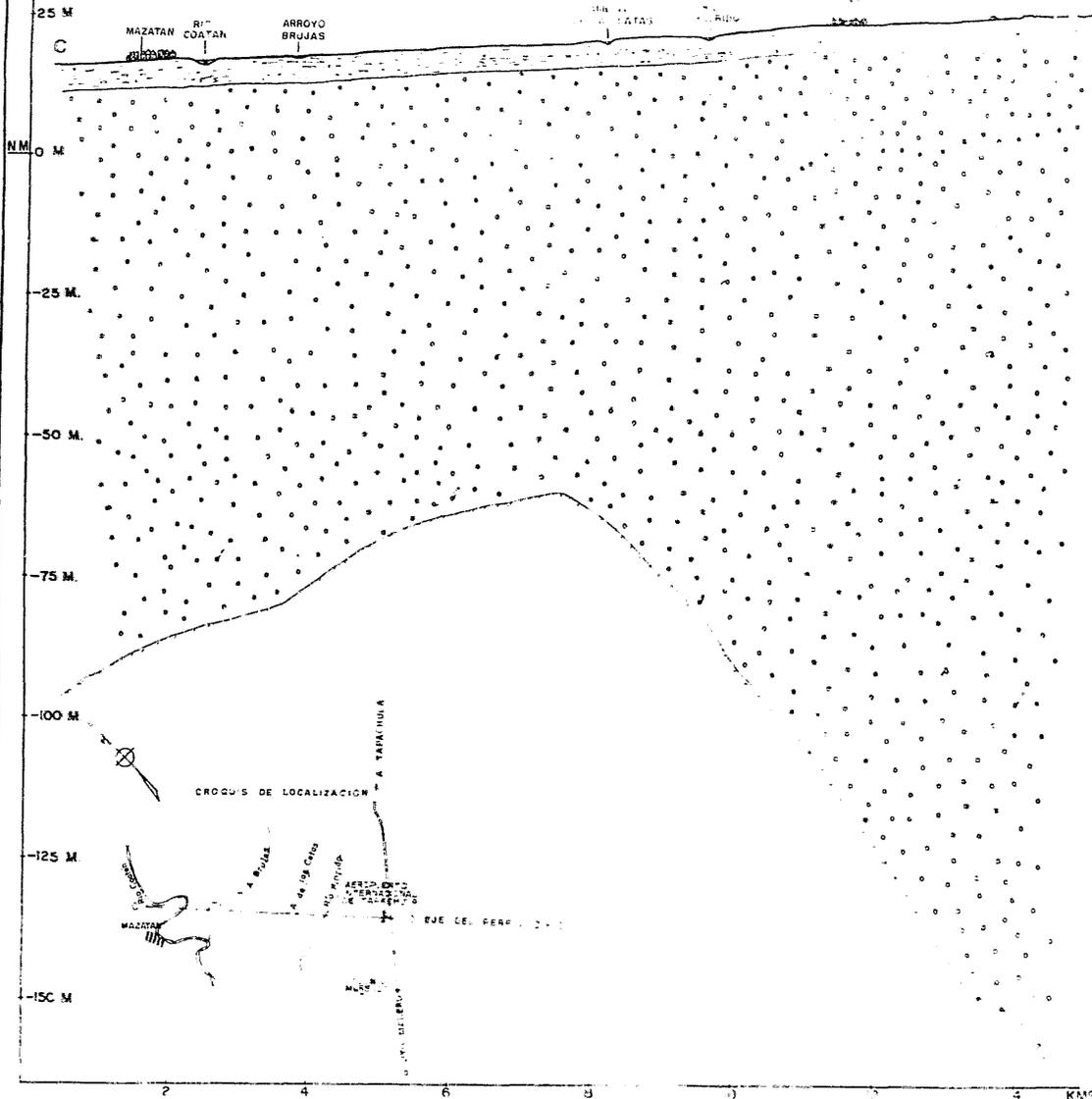








PERFIL C-C'



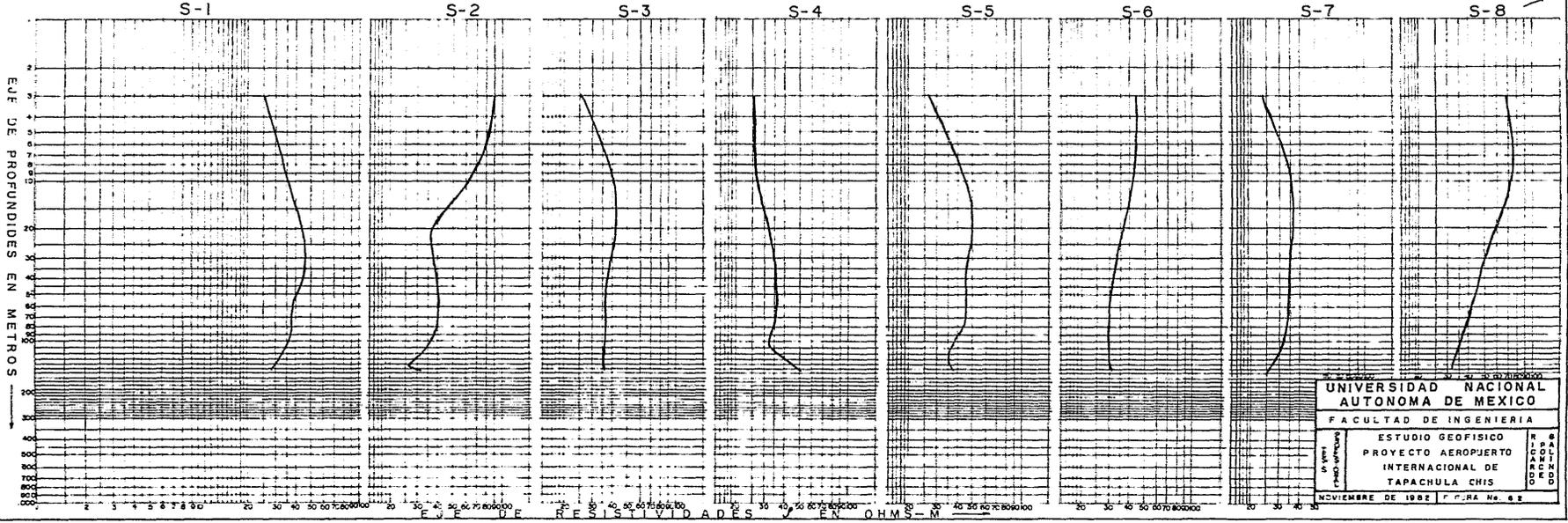
SIMBOLOGIA

-  ----- Arcillo
-  ----- Arenas de sílice, mármol, areniscas, calizas cristalinas y pizarras, margas de cuarzo y basaltos
-  ----- Frontera impermeable

NOTA:
 Este plano fue elaborado con datos proporcionados por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
 Este perfil fue obtenido a partir de los datos de los planos Nos. 212 y 213 cuyos sondeos eléctricos se hicieron con el Sondeo Eléctrico Vertical (S.E.V.) usando el dispositivo Schumberger.

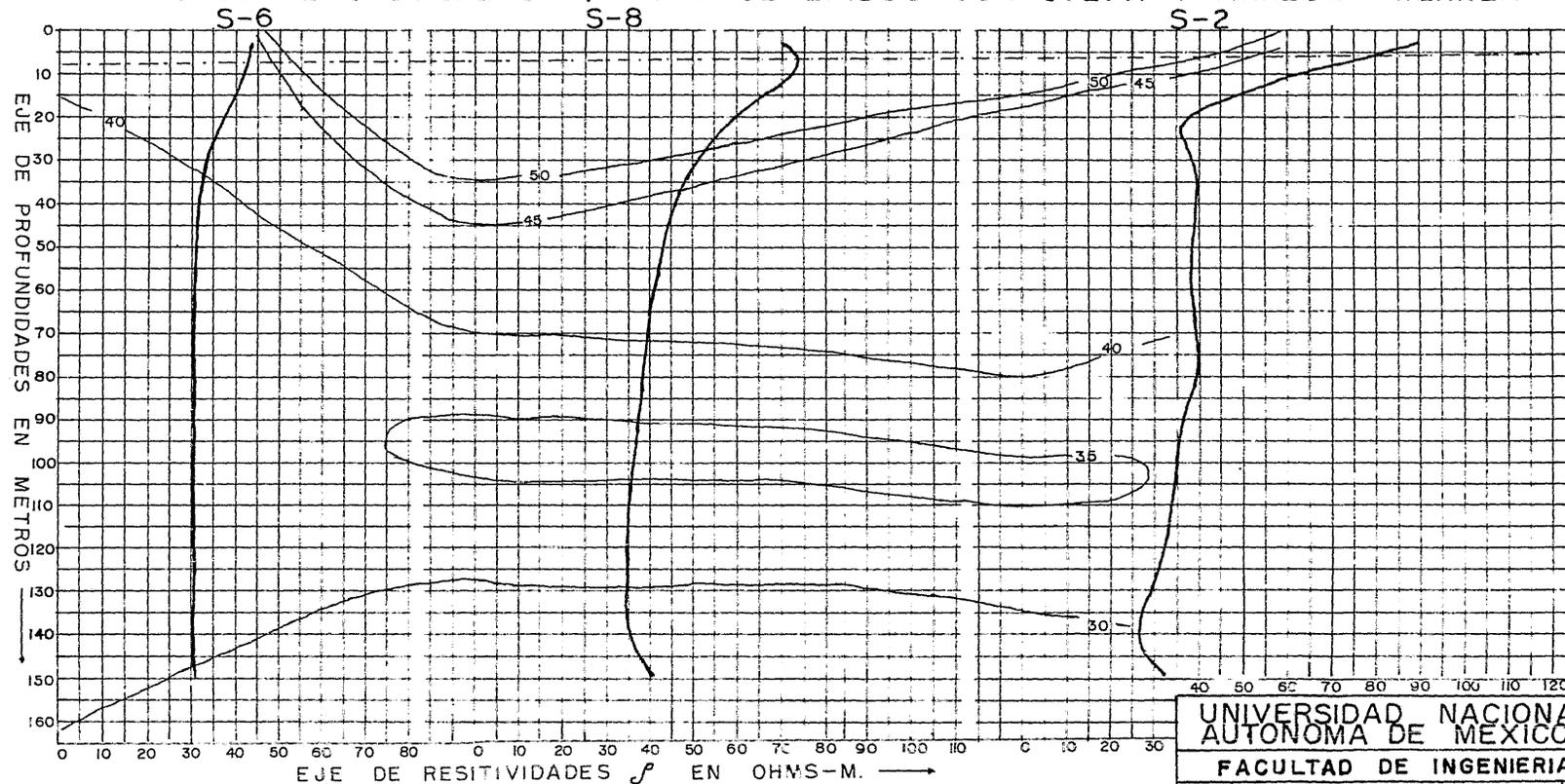
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		
FACULTAD DE INGENIERIA		
1	PERFIL DEL ESTRATO OBTENIDO CON REGISTROS ELECTRICOS EN LA ZONA DEL AEROPUERTO-COLONIA MORELOS-MAZATAN	1

SONDEOS ELECTRICOS VERTICAL (S.E.V.) CON SISTEMA WENNER



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESTUDIO GEOFISICO
PROYECTO AEROPUERTO
INTERNACIONAL DE
TAPACHULA CHIS
NOVIEMBRE DE 1982 FOLIO No. 82

PERFIL DE ISORRESISTIVIDADES
SEGUN LOS SONDEOS 2, 6 Y 8 OBTENIDOS CON S.E.V. Y ARREGLO WENNER



SIMBOLOGIA
 GRAFICA DE SONDEO
 CURVA ISORRESISTIVA DE IGUAL VALOR ---40---
 NIVEL DE AGUAS FREATICAS - - - - -

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	ESTUDIO GEOFISICO
	PROYECTO AEROPUERTO INTERNACIONAL DE TAPACHULA CHIS.
NOVIEMBRE DE 1982	GRAFICA No. 6.3

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

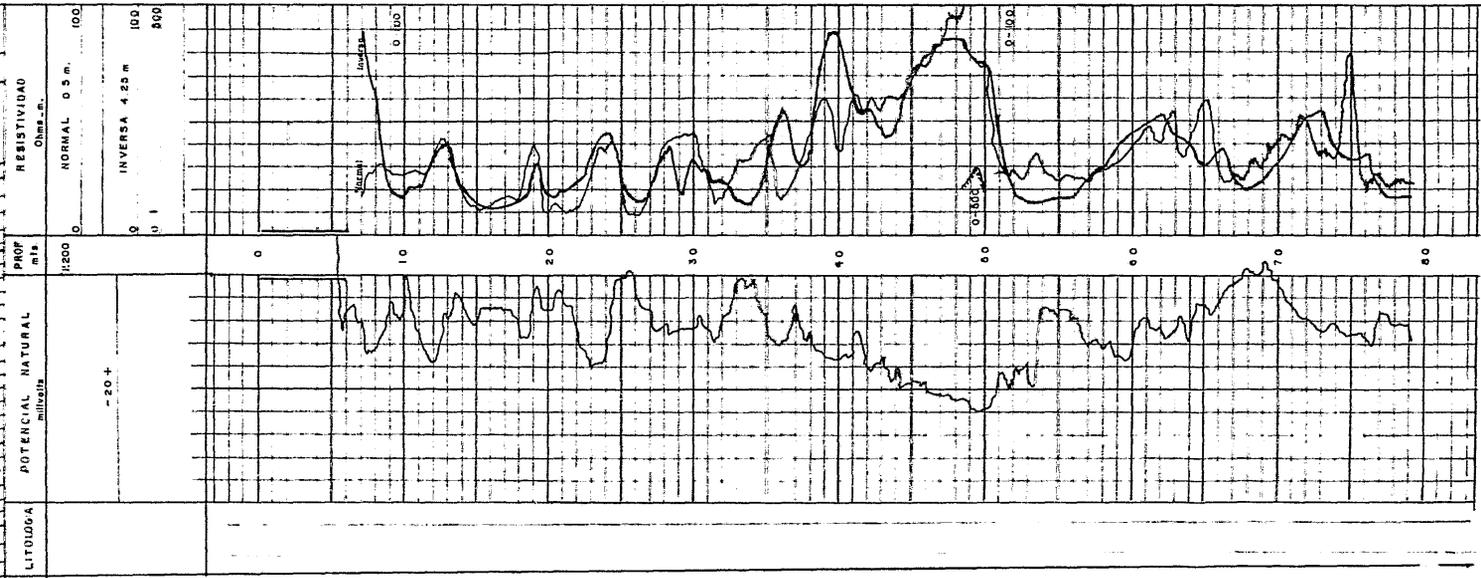
REGISTRO
ELECTRICO

NOVIEMBRE DE 1982 | GRAFICA No 6.4
POZO II Ejido J. Maria Morelos No. 3
PERFORADO PARA
MUNICIPIO Tapachula
ESTADO Chiapas

Fecha _____
Carr. de No. Una
Profundidad perforada 80.00 m.
Lectura inferior 79.30 m.
Lectura superior 79.00 m.
Registrador No. P.S. 6-6
Tipo de sonda resistivadora Balanza
Diametro de sonda 12 1/2" de 6.00 m a 80.00 m
Diametro de tuberia de sonda 26" de 0.00 m a 8.00 m
Fluido en perforacion Lodo bentonitico
Nube 1.50 m
Resistividad 11 Ohm m. a 26 °C

Observaciones INTERPRETACION: Zonas permeables 20.00 m
Zona de as/mash. sed. med. 30.00 m
" " buena permeabilidad 30.00 m
Se sugiere terminar el pozo agomando con tuberia de 6.00 a 20.00 m. y reduciendo de 20.00 m. a 80.00 m.

Litología _____
Pared _____
Registros _____
Orientación geologica 80°



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

REGISTRO ELECTRICO

NOVIEMBRE DE 1982 GRAFICA No. 0.5

POZO 9 Edo J. Maria Morelos, No. 2

PERFORADO PARA

MUNICIPIO Tapachula

ESTADO Chiapas

Escafo
 Carga No. Uno
 Profundidad perforada 80.00 m
 Lectura inferior 78.50 m
 Lectura superior 7.80 m
 Resistencia No. P.S. A-4
 Tipo máquina perforadora Rotativa
 Diámetro de barrenos 16" de 7.00 m a 80.00 m
 Diámetro de tubería de acero 26" de 0.00 m a 7.00 m
 Tipo de perforación Lado bentónico
 Nivel 3.00 m
 Resistividad 14 Ohm.m a 28 °C

Observaciones: INTERPRETACION: Zona impermeable 28.00 m

Zona de bajo permeabilidad 4.00 m

" permeabilidad media 14.00 m

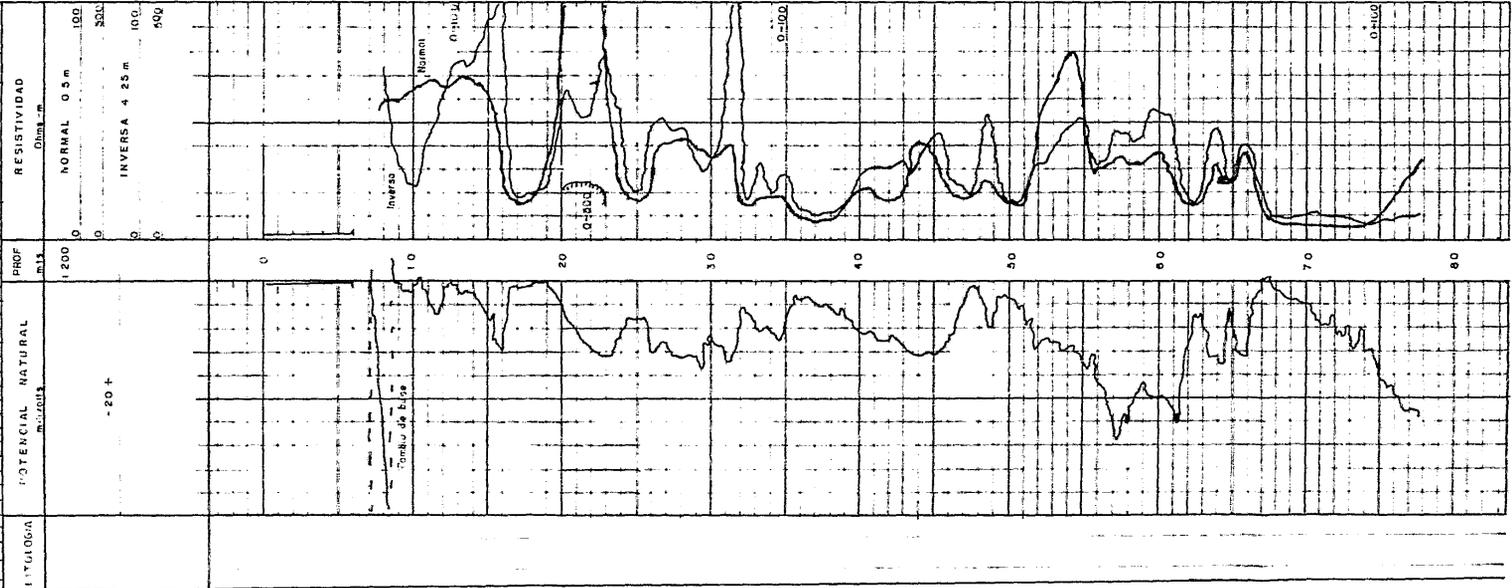
" buena permeabilidad 38.00 m

Se sugiere terminar el pozo desahogado con tubería de 10.00 m a 18.00 m y coronado de 18.00 m a 80.00 m.

Perfora.

Asist.

Control en perforación: RRC



//

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

REGISTRO ELECTRICO

NOVIEMBRE DE 1982 C.F.A.F.I.C.A. No. 56
CZO 3 Ejido J. María Morelos No. 4
REFORADO PARA
MUNICIPIO Tapachula
ESTADO Chiapas

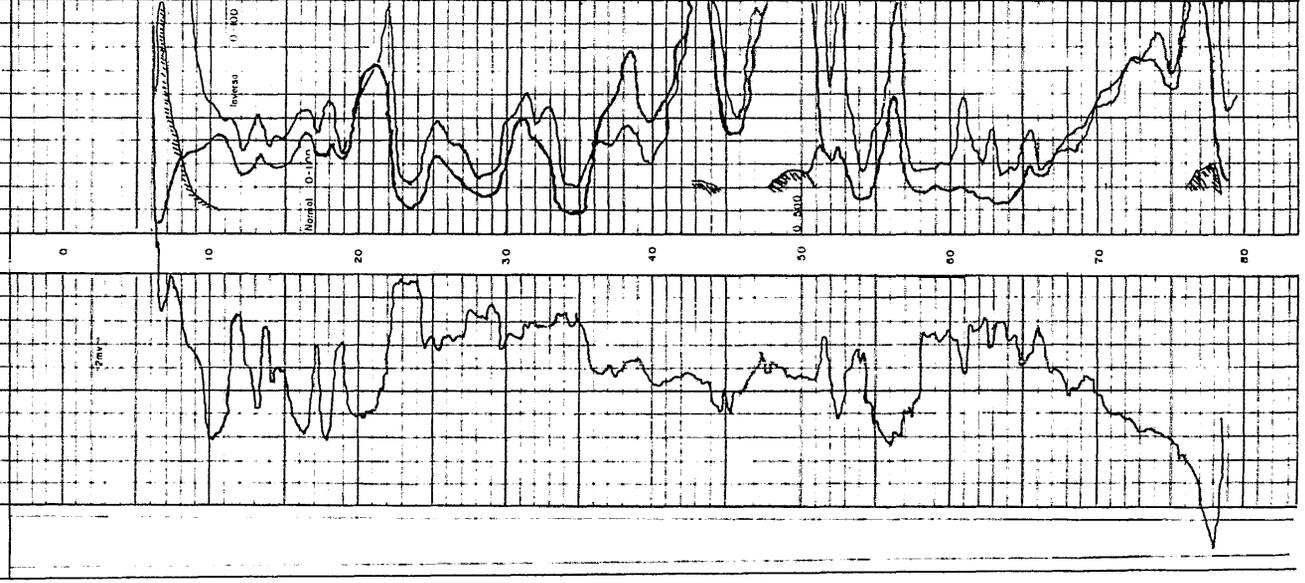
Prof. No. Uno
Cuerpo perforado 80.00 m
Cuerpo interior 79.00 m
Cuerpo exterior 6.00 m
Cuerpo No. 1 25.00 m
Cuerpo No. 2 24.00 m
Cuerpo No. 3 24.00 m
Cuerpo No. 4 24.00 m
Cuerpo No. 5 24.00 m
Cuerpo No. 6 24.00 m
Cuerpo No. 7 24.00 m
Cuerpo No. 8 24.00 m
Cuerpo No. 9 24.00 m
Cuerpo No. 10 24.00 m
Cuerpo No. 11 24.00 m
Cuerpo No. 12 24.00 m
Cuerpo No. 13 24.00 m
Cuerpo No. 14 24.00 m
Cuerpo No. 15 24.00 m
Cuerpo No. 16 24.00 m
Cuerpo No. 17 24.00 m
Cuerpo No. 18 24.00 m
Cuerpo No. 19 24.00 m
Cuerpo No. 20 24.00 m
Cuerpo No. 21 24.00 m
Cuerpo No. 22 24.00 m
Cuerpo No. 23 24.00 m
Cuerpo No. 24 24.00 m
Cuerpo No. 25 24.00 m
Cuerpo No. 26 24.00 m
Cuerpo No. 27 24.00 m
Cuerpo No. 28 24.00 m
Cuerpo No. 29 24.00 m
Cuerpo No. 30 24.00 m
Cuerpo No. 31 24.00 m
Cuerpo No. 32 24.00 m
Cuerpo No. 33 24.00 m
Cuerpo No. 34 24.00 m
Cuerpo No. 35 24.00 m
Cuerpo No. 36 24.00 m
Cuerpo No. 37 24.00 m
Cuerpo No. 38 24.00 m
Cuerpo No. 39 24.00 m
Cuerpo No. 40 24.00 m
Cuerpo No. 41 24.00 m
Cuerpo No. 42 24.00 m
Cuerpo No. 43 24.00 m
Cuerpo No. 44 24.00 m
Cuerpo No. 45 24.00 m
Cuerpo No. 46 24.00 m
Cuerpo No. 47 24.00 m
Cuerpo No. 48 24.00 m
Cuerpo No. 49 24.00 m
Cuerpo No. 50 24.00 m
Cuerpo No. 51 24.00 m
Cuerpo No. 52 24.00 m
Cuerpo No. 53 24.00 m
Cuerpo No. 54 24.00 m
Cuerpo No. 55 24.00 m
Cuerpo No. 56 24.00 m
Cuerpo No. 57 24.00 m
Cuerpo No. 58 24.00 m
Cuerpo No. 59 24.00 m
Cuerpo No. 60 24.00 m
Cuerpo No. 61 24.00 m
Cuerpo No. 62 24.00 m
Cuerpo No. 63 24.00 m
Cuerpo No. 64 24.00 m
Cuerpo No. 65 24.00 m
Cuerpo No. 66 24.00 m
Cuerpo No. 67 24.00 m
Cuerpo No. 68 24.00 m
Cuerpo No. 69 24.00 m
Cuerpo No. 70 24.00 m
Cuerpo No. 71 24.00 m
Cuerpo No. 72 24.00 m
Cuerpo No. 73 24.00 m
Cuerpo No. 74 24.00 m
Cuerpo No. 75 24.00 m
Cuerpo No. 76 24.00 m
Cuerpo No. 77 24.00 m
Cuerpo No. 78 24.00 m
Cuerpo No. 79 24.00 m
Cuerpo No. 80 24.00 m

INTERPRETACION: Zona impermeable 13.00 m
Zona de baja permeabilidad 6.00 m
" " permeabilidad media 18.00 m
" " buena permeabilidad 43.00 m
Se sugiere tener por pozos adyacentes con "Cuerpo Cego de 30 m a 24.00 m y "Cuerpo de 24.00 m a 80.00 m
Cuerpo No. 1
Cuerpo No. 2
Cuerpo No. 3
Cuerpo No. 4
Cuerpo No. 5
Cuerpo No. 6
Cuerpo No. 7
Cuerpo No. 8
Cuerpo No. 9
Cuerpo No. 10
Cuerpo No. 11
Cuerpo No. 12
Cuerpo No. 13
Cuerpo No. 14
Cuerpo No. 15
Cuerpo No. 16
Cuerpo No. 17
Cuerpo No. 18
Cuerpo No. 19
Cuerpo No. 20
Cuerpo No. 21
Cuerpo No. 22
Cuerpo No. 23
Cuerpo No. 24
Cuerpo No. 25
Cuerpo No. 26
Cuerpo No. 27
Cuerpo No. 28
Cuerpo No. 29
Cuerpo No. 30
Cuerpo No. 31
Cuerpo No. 32
Cuerpo No. 33
Cuerpo No. 34
Cuerpo No. 35
Cuerpo No. 36
Cuerpo No. 37
Cuerpo No. 38
Cuerpo No. 39
Cuerpo No. 40
Cuerpo No. 41
Cuerpo No. 42
Cuerpo No. 43
Cuerpo No. 44
Cuerpo No. 45
Cuerpo No. 46
Cuerpo No. 47
Cuerpo No. 48
Cuerpo No. 49
Cuerpo No. 50
Cuerpo No. 51
Cuerpo No. 52
Cuerpo No. 53
Cuerpo No. 54
Cuerpo No. 55
Cuerpo No. 56
Cuerpo No. 57
Cuerpo No. 58
Cuerpo No. 59
Cuerpo No. 60
Cuerpo No. 61
Cuerpo No. 62
Cuerpo No. 63
Cuerpo No. 64
Cuerpo No. 65
Cuerpo No. 66
Cuerpo No. 67
Cuerpo No. 68
Cuerpo No. 69
Cuerpo No. 70
Cuerpo No. 71
Cuerpo No. 72
Cuerpo No. 73
Cuerpo No. 74
Cuerpo No. 75
Cuerpo No. 76
Cuerpo No. 77
Cuerpo No. 78
Cuerpo No. 79
Cuerpo No. 80

RESISTIVIDAD Ohm.m
NORMAL 0.5 m
INVERSA 4.25 m

POTENCIAL NATURAL
-20 +

LITOSIA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
REGISTRO ELECTRICO
NOVIEMBRE DE 1982 C.F.A.F.I.C.A. No. 56
CZO 3 Ejido J. María Morelos No. 4
REFORADO PARA
MUNICIPIO Tapachula
ESTADO Chiapas

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

REGISTRO ELECTRICO

NOMBRE DE 1987 GRÁFICA No. 57

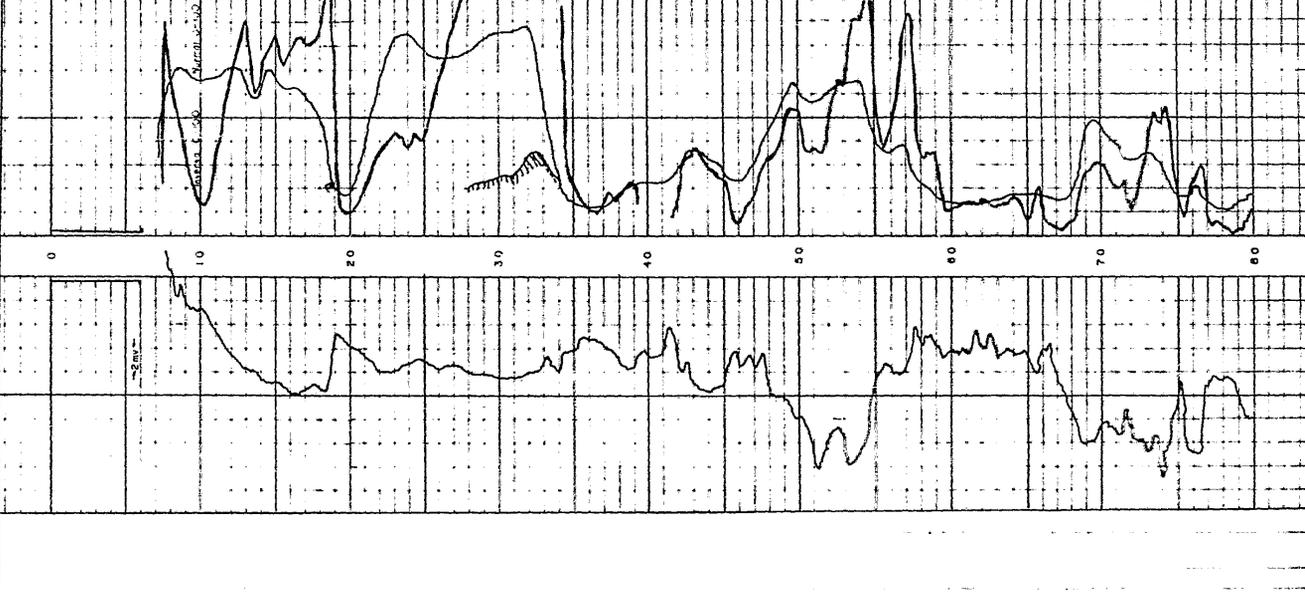
4 Rosario de las Muras
PERFORADO PARA
MUNICIPIO Tapachula
ESTADO Chiapas

Fecha
Carril No. 112
Profundidad perforada 80.00 m
Lectura inferior 80.00 m
Lectura superior 7.00 m
Registrador No. P 5 6-3
Tipo máquina perforadora Rotaria
Diámetro de barrenos 2 1/2" de 7.00 m a 80.00 m
Diámetro de tuberío de ademe 2 1/2" de 0.00 m a 7.00 m
Equipo de perforación tipo betafísica
Nivel 2.50 m
Resistividad 50 Ohm-m a 36 °C

Observaciones INTERPRETACIÓN Zonas Impermeables 14.00 m
Zonas de baja permeabilidad 13.00 m
" " permeabilidad media 12.00 m
" " buena permeabilidad 41.00 m
Se sugiere terminar el pozo esdendole con tuberío ciego de 2.50 m, o 10.00 m, y resaca de 10.00 m a 80.00 m

LITOLÓGICA

RESISTIVIDAD Ohm-m	100	10	1	0.1
PROF. mts	1200	1000	800	600
POTENCIAL NATURAL mV/m	1200	1000	800	600
LITOLÓGICA				



CARACTERISTICAS DE OPERACION			MODELO	FIGURA	R.P.M.
NUMERO DE ETAPAS	CAMBIO DE EFICIENCIA	IMPULSOR BRONCE	8" LC	6970	1770
1	RESTAR 5 PTS.	TAZON Fo Fo	EL COMPORTAMIENTO HIDRAULICO DEPENDE DE SUMINISTRAR A LA BOMBA LA CANTIDAD ESPECIFICADA DE AGUA LIMPIA FRESCA NO AEREAADA SIN EXCEDER DE 85°F (30°C)		
2	RESTAR 2 PTS.	DIAM. TAZON 7-9/16"			
3	RESTAR 1 PTS.	K _T = 6.0			

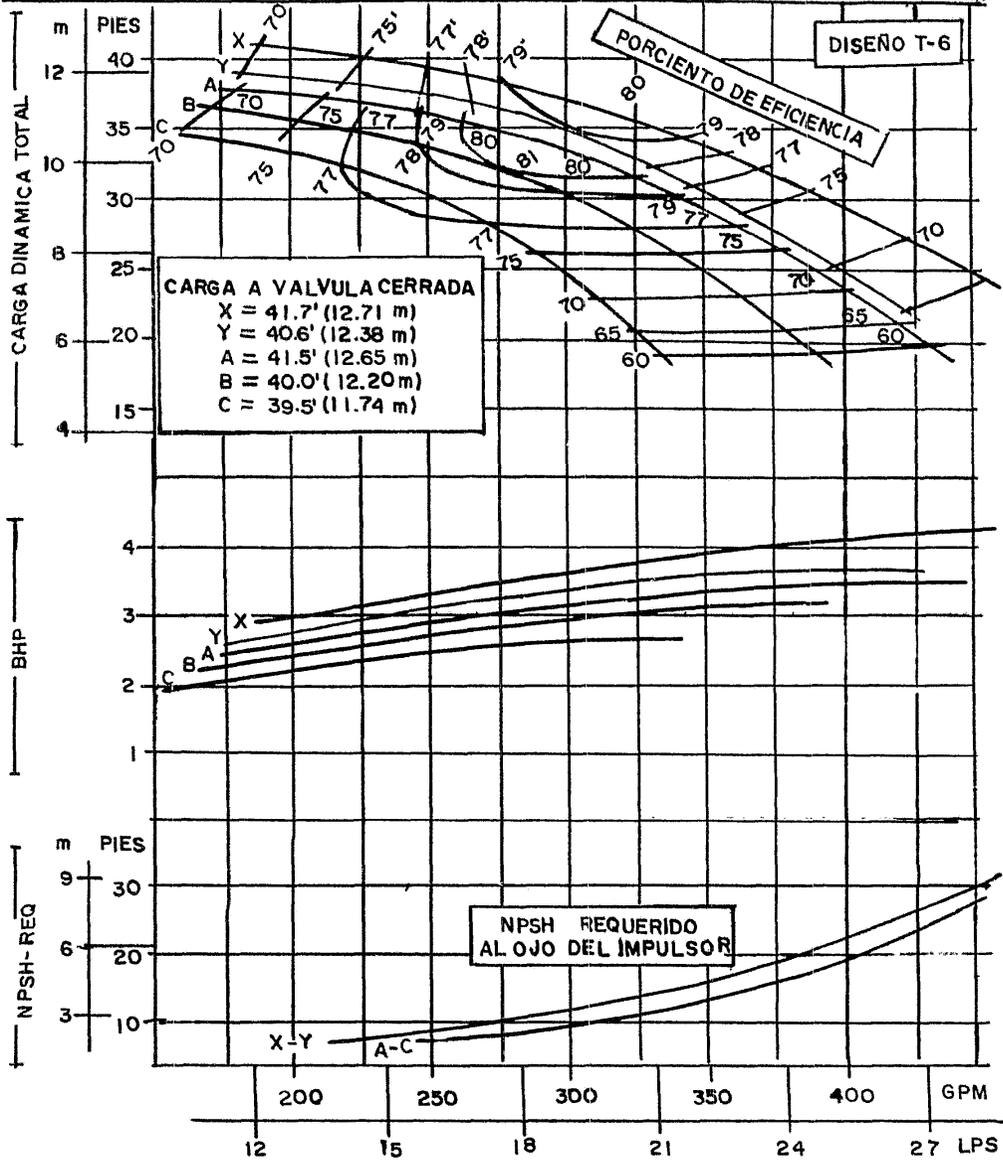


Fig. No. 6.15

13

