

92



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**APROVECHAMIENTO DEL ACUIFERO DEL  
RIO SONORA, "ZONA MESA DEL SERI".**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

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

**ELIZABETH MONROY SOLIS**



**DIRECTOR: DR. RAFAEL CARMONA PAREDES**

292563

**MEXICO, D.F.**

**2001**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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



ACADEMIA NACIONAL  
DE INGENIERIA  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
FING/DCTG/SEAC/UFFIT/212/99

Señorita **ELIZABETH MONROY SOLIS**,  
Presente .

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **Dr. Rafael Carmona Paredes**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

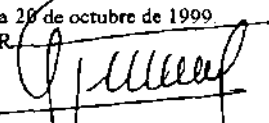
**APROVECHAMIENTO DEL ACUÍFERO DEL RIO SONORA, ZONA "MESA DEL SERI"**

- I. Generalidades.
- II. Objetivos.
- III. Metodología de trabajo.
- IV. Geología.
- V. Climatología.
- VI. Hidrología.
- VII. Construcción de pozos.
- VIII. Análisis, conclusiones y recomendaciones.

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D.F., a 28 de octubre de 1999  
EL DIRECTOR

  
M. en C. GERARDO FERRANDO BRAVO

GFB/GMP/ser

Este trabajo quisiera dedicárselo a todas las personas que me apoyaron para lograr esta meta y a todos aquellos que no creyeron en mí.

Esta tesis que para mí representa un gran logro, es el comienzo del sueño...

Mamá: gracias por tu confianza, trabajo, coraje y todo tu cariño, TE AMO.

Papá: gracias por tu esfuerzo, paciencia y fe, TE QUIERO

Hermanos: a pesar de la distancia y los acontecimientos, muchas gracias por el apoyo y los consejos, SE LES QUIERE MUCHO.

Dr. Carmona: gracias por la oportunidad, paciencia y tiempo.

A mis amigos: gracias por estar ahí aunque no nos veamos mucho (por ahora), nada cambia.

Por supuesto a la Universidad Nacional Autónoma de México por la oportunidad de estudiar en la mejor universidad del país. ¡Gracias!

Y a mi ángel de la guarda que siempre me ofreció paciencia, generosidad, amistad, amor, espacio, respeto, confianza, tiempo, constancia, silencio, ánimo y todo su buen humor, gracias Cucú no hay palabras pues tú lo sabes bien.

Gracias a todos.

## ÍNDICE

I.	GENERALIDADES	3
	a) ANTECEDENTES	
	b) LOCALIZACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO	
II.	OBJETIVOS	4
III.	METODOLOGÍA DE TRABAJO	4
IV.	GEOLOGÍA	10
	a) GENERALIDADES	
	b) GEOLOGÍA REGIONAL	
V.	CLIMATOLOGÍA	18
	a) GENERALIDADES	
	b) CLIMA, CLASIFICACIÓN REGIONAL	
	c) TEMPERATURA, PRECIPITACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN	
VI.	HIDROLOGÍA	31
	a) GENERALIDADES	
	b) HIDROGRAFÍA	
	c) UNIDADES GEOHIDROLÓGICAS	
	d) ACUÍFEROS	
	e) COMPORTAMIENTO DEL ACUÍFERO DURANTE EL BOMBEO	
	f) AFOROS DE CORRIENTES	
	g) RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS, POR MUESTREO DE LA CALIDAD DEL AGUA	
VII.	CONSTRUCCIÓN DE POZOS	52
	a) MÉTODO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LOS POZOS EN LA MESA DEL SERI	
VIII.	ANÁLISIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	60

## **I. GENERALIDADES.**

### **a) Antecedentes.**

La prolongada sequía que se ha presentado en el estado de Sonora ha causado muchos problemas para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Hermosillo. Por ello se han realizado diferentes estudios, entre los cuales se encuentra este trabajo de tesis, con el propósito general de alcanzar un mejor conocimiento del comportamiento de las fuentes de abastecimiento actuales, superficiales y subterráneas, para suministro a esa importante ciudad.

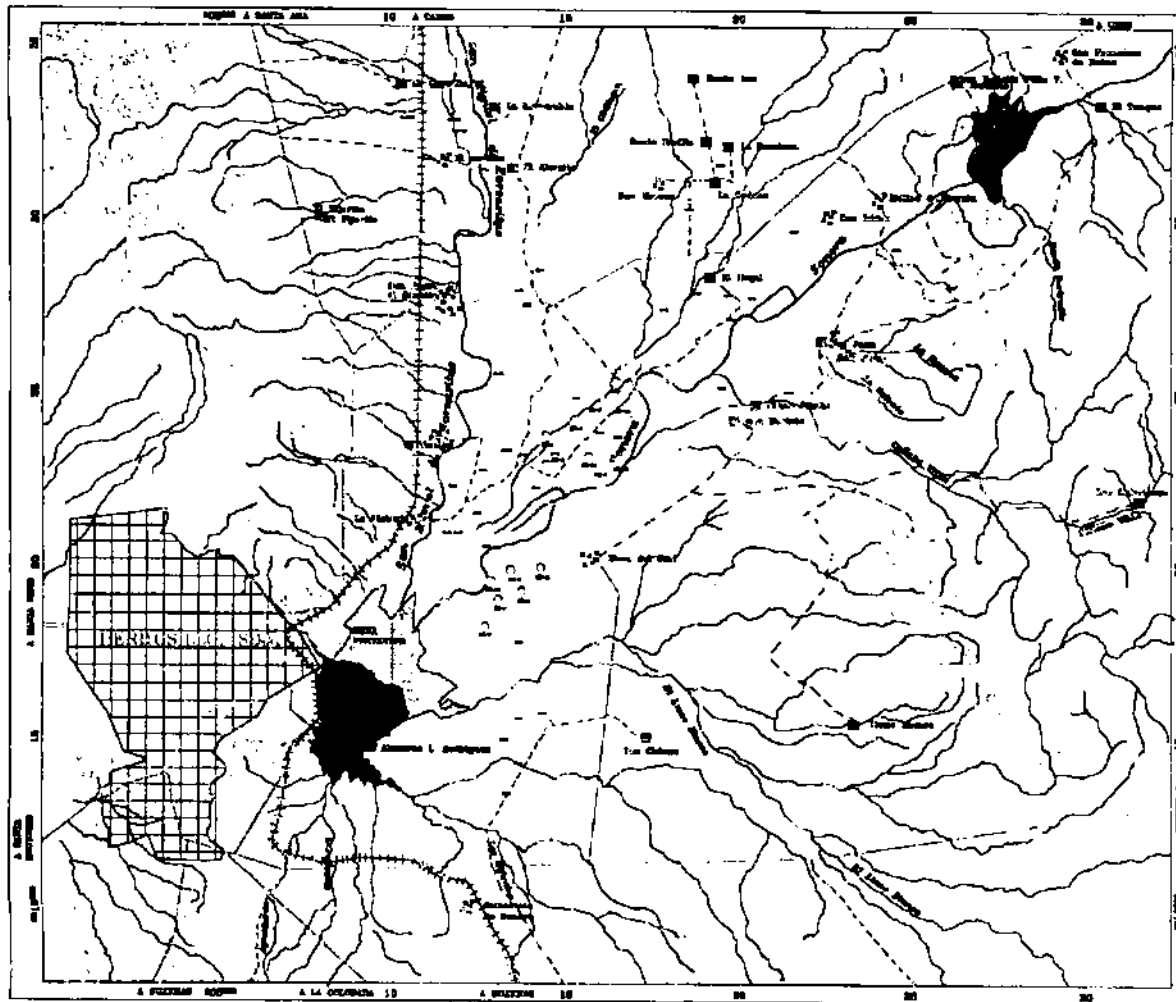
Durante 1998 se llevó a cabo un programa urgente de perforación de pozos en la zona de la Mesa del Seri, en el valle del Río Sonora, con los que fue posible abastecer adecuadamente a la ciudad de Hermosillo durante el ciclo (1998 – 1999).

La zona en estudio está ubicada en el valle del Río Sonora entre la presa " El Molinito " y la presa "Abelardo L. Rodríguez", Sonora, limitando al norte con el valle del Río San Miguel de Horcasitas, donde se ubica el sistema de abastecimiento "La Victoria", hacia el sureste con el río "El Llano Blanco" y al suroeste con la zona de inundación de la presa "Abelardo L. Rodríguez".











Las presas El Molinito y Abelardo L. Rodríguez funcionan como presa de control y de almacenamiento superficial, respectivamente, conectadas tanto por el Río Sonora, como por los acuíferos existentes del valle del mismo río y de la descarga del Río San Miguel de Horcasitas.

### **b) Localización del área en estudio.**

La zona en estudio se localiza en el centro del estado de Sonora, al noreste de la ciudad de Hermosillo, entre los paralelos 29 grados, 9 minutos, 21 segundos y 29 grados 5 minutos 25 segundos de latitud norte y los meridianos 110 grados 52 minutos 24 segundos y 110 grados 48 minutos 38 segundos de longitud oeste.



### LEYENDA

-  CURVA DE NIVEL
-  ARROYO
-  PUEBLO
-  CAMINO FEDERAL
-  CARRETERA pavimentada
-  LIMITE DE MUNICIPIO
-  VIA DE TIEN
-  POZO
-  NORIA
-  POZO MESA DEL SEÑOR

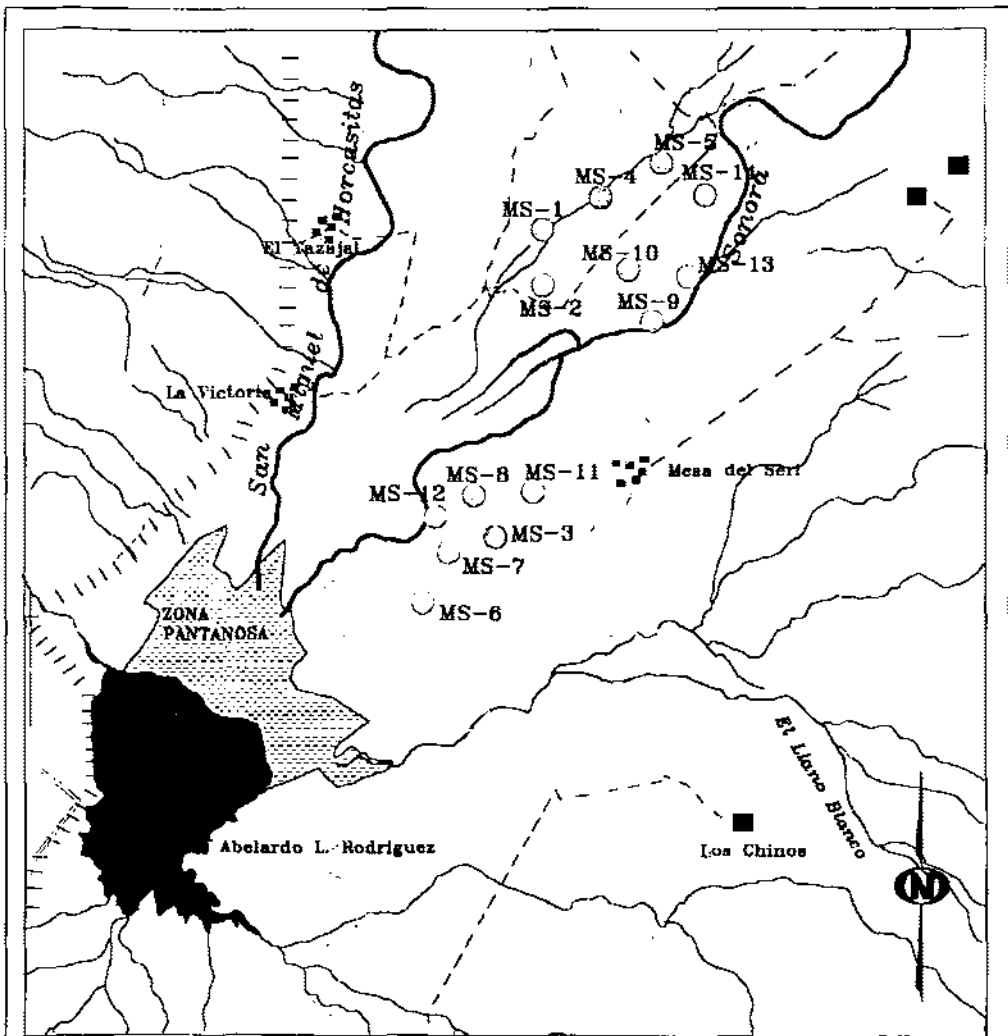


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO  
 FACULTAD DE INGENIERIA  
 INSTITUTO DE INGENIERIA

TESIS DE LICENCIATURA  
 APROBAMIENTO DEL AGUAFUERO DEL SEÑOR MESA DEL SEÑOR  
 MUNICIPIO DE TOLUCA ALAMPA

CU. INGENIERO QUIMICO FERRER, EUGENIA MONTES DE OCA  
 ASESORADO POR EL SEÑOR DR. DE MEXICO

MEXICO, D.F. 1951



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
INSTITUTO DE INGENIERÍA	
TESIS DE LICENCIATURA	
APROVECHAMIENTO DEL ACUIFERO DEL RIO SONORA	
ZONA MESA DEL SERI	
DIRECTOR DE TESIS	ALUMNA
DR. RAFAEL CARMONA PAREDES	ELIZABETH MONROY SOUS
ABRIL DE 2001	PLANO: APROVECHAMIENTOS MESA DEL SERI



El área en estudio (Mesa del Seri) tiene una extensión aproximada de 44.5 km<sup>2</sup>, incluye al poblado de "Mesa del Seri", mientras que los poblados La Victoria, El Tazajal, San Pedro El Saucito, San Bartolo, Santa Emilia y el Nogal se encuentran cercanos a la zona de estudio.

El estado de Sonora cuenta con varios medios de comunicación. La carretera principal es la No. 15 que une Navojoa, ciudad Obregón, Guaymas, Hermosillo y Nogales con el resto de la República Mexicana. A lo largo de la carretera No. 15, se encuentra la vía de ferrocarril que une la ciudad de México D.F. con la ciudad de Nogales y puntos intermedios.

Por lo que se refiere a la comunicación aérea, la ciudad de Hermosillo cuenta con aeropuerto internacional.

## **II. OBJETIVOS.**

1. El objetivo principal es el estudio de la zona del acuífero del Río Sonora, específicamente en la Mesa del Seri, como fuente de abastecimiento de agua potable a la ciudad de Hermosillo.
2. Otro objetivo importante es el análisis de las condiciones generales para la recomendación y construcción de pozos, en la zona ya delimitada.

## **III. METODOLOGÍA DE TRABAJO.**

Este trabajo de tesis, se ha basado principalmente en la recopilación de la información existente referente a la zona de la Mesa del Seri en el estado de Sonora. Se consultó la bibliografía necesaria para complementar el trabajo realizado en campo y definir los conceptos fundamentales que se requieren para la mejor comprensión de los capítulos desarrollados

Una vez que se obtuvo la información pertinente, contenida en planos, libros, tesis, fotografías aéreas, cartas geológicas, etc., se ordenó, se distribuyó y se analizó para cada una de las partes que conforman los capítulos de este trabajo.

Se procesó la información recopilada y de campo y se hizo un análisis de los resultados de los trabajos que se llevaron a cabo en la zona para determinar la situación de los aprovechamientos en los lugares donde fue posible medir niveles estático y dinámico y tomar muestras de agua para conocer sus propiedades físico químicas.

### **Recopilación de información**

Como parte inicial de la presente tesis, se procedió a recopilar la información publicada por INEGI habiéndose obtenido los siguientes planos y fotografías aéreas:

<b>Planos topográficos</b>	<b>Escala</b>	<b>Clave</b>	<b>Fuente</b>
Hermosillo, Son.	1:50,000	H12D41	INEGI
	1:250,000	H12-8	INEGI
	1:250,000	H12-11	INEGI

<b>Hidrológicos</b>	<b>Escala</b>	<b>Clave</b>	<b>Fuente</b>
Carta hidrol. aguas subterráneas	1:250,000	H12-8	INEGI
Carta hidrol. aguas subterráneas	1:250,000	H12-11	INEGI

<b>Cartas climatológicas</b>	<b>Escala</b>	<b>Clave</b>	<b>Fuente</b>
Hermosillo	1:500,000	12R-IV	INEGI

<b>Cartas geológicas</b>	<b>Escala</b>	<b>Clave</b>	<b>Fuente</b>
Hermosillo	1:250,000	H12-8	INEGI
Sierra Libre	1:250,000	H12-8	INEGI

### **Espaciomapas**

Hermosillo	1:250,000	H12-8	INEGI
sierra libre	1:250,000	H12-8	INEGI

### **Información recopilada y consultada**

- Síntesis geológico - Minera del Edo. de Sonora por C.R.M. (Consejo de Recursos Minerales)
- Enriqueta García, "Modificaciones al sistema de Köppen", 1964
- "Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana", Tomo XXIV No. 2, 1961
- Emilio Custodio / Manuel R. Llamas, "Hidrología Subterránea", 1976
- Francisco J. Aparicio Mijares, "Fundamentos de Hidrología de Superficie", 1989
- Arthur Holmes, "Geología Física", 1970
- G. Gorshkov, A. Yakushova, "Geología General", 1970
- J.C. Harvey, "Geología para ingenieros geotécnicos", 1987
- Estudio hidrológico del Estado de Sonora, 1993 INEGI y Gobierno del Estado.
- Reporte técnico sobre la construcción de los pozos de la Mesa del Seri y Río Sonora, programa emergente para el abastecimiento del agua potable en Hermosillo, Son., CNA, Grupo Mofat, S.A. de C.V. ( 1998 )
- "Manual de construcción de pozos", Andrés Benton Cuéllar (1986)

- Página web de la Comisión Nacional del Agua
- Página web del Gobierno del Estado de Sonora

## **INFORMACIÓN RECOLECTADA DE TRABAJOS DE CAMPO. INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM.**

Mediante recorridos de campo, el Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) llevó a cabo la localización de las obras de captación, tanto en la Mesa del Seri como en los alrededores, donde ello fue posible ya que no se pudo identificar la totalidad de las obras que existen en la zona, por que algunos de los usuarios se opusieron a que se tuviera acceso a su propiedad.

Las coordenadas y elevación sobre el nivel del mar de los brocales de los aprovechamientos en observación antes mencionados, se obtuvieron con un posicionador GPS y se ubicaron en un plano topográfico digitalizado, verificando las elevaciones con el auxilio de un altímetro y su posición en el plano topográfico correspondiente.

Se censaron un total de 14 obras de captación en la Mesa del Seri, no teniendo acceso a una de ellas, ya que el propietario se opuso a que se tomaran datos, así como también se obtuvo la información disponible de otros aprovechamientos en donde se realizaron los recorridos correspondientes.

Para detectar los niveles estáticos y/o dinámicos se efectuaron lecturas piezométricas en la Mesa del Seri y en la mayoría de las obras que se encuentran dentro del Valle del Río Sonora, (pozos profundos).

Se llevaron a cabo nueve recorridos de medición en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre de 1998 para ver el comportamiento del acuífero.

Dentro de los trabajos de campo se realizaron pruebas de abatimiento, recuperación e interpretación de aforos en pozos en la Mesa del Seri, todo esto con la

finalidad de observar y vigilar el comportamiento de los niveles estáticos y dinámicos de los aprovechamientos.

Para el análisis físico – químico se tomaron muestras de agua en diferentes aprovechamientos localizados en el valle del Río Sonora y en los 14 pozos de la Mesa del Seri.

Este trabajo de tesis está formado por los siguientes capítulos principales.

*Geología:* Presenta una revisión de las propiedades de distintos tipos de materiales con relación a su influencia en el comportamiento de acuíferos, hace un análisis de la información existente, da a conocer el tipo de rocas existentes en el acuífero e infiere la posibilidad de encontrar agua con base en propiedades como la permeabilidad y la porosidad.

*Climatología:* El tipo de clima está directamente relacionado con las precipitaciones y con la evapotranspiración necesarias para estimar el excedente de lluvias que es la cantidad de agua que escurre o se infiltra en el acuífero. Se identificó el tipo de clima y las precipitaciones anuales que en promedio se presentan en la región y, con la información recopilada en las estaciones meteorológicas ubicadas dentro de la Cuenca del Río Sonora, se evaluó el excedente de lluvias para el ciclo más crítico de precipitaciones, dando así valores conservadores para analizar la explotación del acuífero.

*Hidrología:* En este capítulo se detalla el balance hidráulico del acuífero en función de los resultados del capítulo anterior y de los usos del agua identificados. Además se hace una correlación de la calidad del agua con la información geológica ya presentada.

Lo anterior se basa esencialmente en las características de los principales escurrimientos superficiales que existen en el lugar, los datos de aforos de corrientes, los niveles de los pozos en distintas fechas y los resultados de los análisis físico – químicos del agua.

**Construcción de pozos:** La construcción de pozos en la Mesa del Seri, aportó información importante correspondiente a la litología del lugar y a la cantidad de agua almacenada en dicha zona. Gracias al seguimiento del proceso de construcción se obtuvo información de las muestras del material perforado y de los datos del aforo realizado a cada uno de los aprovechamientos, con lo cual se conoció tanto el caudal aportado por cada pozo, como la profundidad a la que se encuentra la parte más productora del acuífero.

**Análisis, conclusiones y recomendaciones:** Es el resultado del análisis de la información contenida en cada uno de los capítulos anteriores.

En este capítulo se presentarán recomendaciones o sugerencias que aporten posibles soluciones al sistema actual de abastecimiento a la ciudad de Hermosillo.

## IV GEOLOGIA

Haciendo un análisis de la información geológica existente, en este capítulo se podrán distinguir las propiedades de los distintos tipos de materiales que existen en el lugar. Así, se podrá conocer qué tipo de roca hay en el acuífero e inferir la posibilidad de encontrar agua con base en sus propiedades como lo son: la permeabilidad, la porosidad, etc.

### a) Generalidades

Las rocas se dividen en tres grandes grupos: rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

#### Rocas ígneas

Las rocas ígneas presentan dureza y abrasividad y sus propiedades químicas las clasifican en cuatro grupos: ácido, intermedio, básico y ultrabásico. [1] *pág. 41*

Entre las rocas más comunes de este tipo se tienen:

#### Granito

El granito es una roca ígnea ácida de grano grueso, compuesta esencialmente por otros minerales: cuarzo (10 a 25%), feldespato (60 a 80%), mica (2 a 5%) y algunos otros componentes secundarios, presentándose con frecuencia el mineral de boro, turmalina. [2]

#### Basalto

El basalto es formado por medio del material líquido (magma) que proviene de las zonas profundas de la corteza terrestre, escapa a la superficie y mediante la extrusión de lava de las erupciones volcánicas es formado, cristaliza durante un rápido enfriamiento en minutos u horas, la roca es muy permeable y el agua puede penetrar con facilidad. [3] *pág. 38*

## Rocas sedimentarias

Entre las rocas sedimentarias se encuentran las siguientes:

### Conglomerado y brecha

El conglomerado y la brecha son dos variedades de rocas sedimentarias de grano grueso. Se componen de guijarros cementados por material de grano fino como arcilla, lodo, arena, cuarzo, óxido de hierro (rojo) e hidróxido de hierro (café). Estas rocas se forman por la acción de la erosión y la sedimentación. La porosidad de la roca puede ser alta, así como su contenido de agua, en cuyo caso será un acuífero. [3] pág. 46

### Arenisca

La arenisca es una forma endurecida de la arena. Se compone de granos de cuarzo, mica y fragmentos de roca de grano fino.

### Arcilla

Arcilla es un nombre genérico de distintas variedades de minerales ya descompuestos en la sección sobre minerales formadores de rocas. Las capas de arcilla que separan las capas permeables de lodo y arena impiden el flujo del agua subterránea y la concentración en la zona de contacto entre las capas permeables superiores y las capas impermeables inferiores. [3] pág. 51

### Caliza

La caliza es una roca sedimentaria muy importante. Esta roca, por lo general, es dura, compacta. Está compuesta principalmente por carbonato de calcio. La caliza se disuelve con gran facilidad, de modo que el agua de lluvia que cae sobre la misma se filtra rápidamente hacia abajo de la superficie donde abre canales de solución, cavidades y cavernas, los cuales paulatinamente son agrandados por la acción del agua subterránea. La escasez de agua superficial con arroyos y ríos es un rasgo característico de las regiones donde abundan las calizas. [1] pág. 50



## **Rocas metamórficas**

Las rocas metamórficas se forman a partir de otras clases de roca por la acción del calor y la presión, por separado o actuando en forma simultánea.

Las rocas metamórficas tienen una composición química y mineral similar a la de varias clases de rocas ígneas, pero los minerales están distribuidos según ciertos patrones que dan la clave para distinguir las rocas metamórficas de las ígneas. [3] pág. 61

## **Depósitos superficiales**

En un sentido amplio, los depósitos superficiales son todo el material no consolidado formado por los diversos procesos de intemperismo y erosión y que en la actualidad se acumulan en la superficie terrestre o en el fondo del mar.[3] pág. 59

### **Aluvión**

Nombre genérico que comprende los depósitos de arcilla, limo, arena, grava y cantos rodados que se depositan en el fondo y a los lados de los valles fluviales. [3] pág. 61

## **Estructuras geológicas**

### **Fallas**

Las rocas que se encuentran sometidas a compresión o estiramientos se pliegan y finalmente se rompen. Las grietas de las rocas se llaman fallas. [3] pág. 83

Todas las fallas causan desplazamiento de las capas y se les puede detectar fácilmente en el terreno. La zona donde se ha producido el movimiento principal de la falla es a menudo una masa de roca triturada, esta masa rocosa, fragmentada y triturada en la zona de falla, se intemperiza con facilidad y contiene comúnmente muchos poros o espacios, los cuales se rellenan con agua durante la temporada de lluvias o con agua

subterránea si la zona es profunda. El agua en estas zonas de falla puede fluir con mucha rapidez debido a la alta permeabilidad de la roca triturada. [3] pág. 83 - 84

A continuación se presentan las propiedades de los materiales como lo son la permeabilidad, porosidad, velocidad del agua en materiales no consolidados y la relación entre la porosidad y permeabilidad.

#### PERMEABILIDAD k PARA ALGUNOS MATERIALES

MATERIAL	k (m / día)
Arcilla	$10^{-5}$ a $10^{-7}$
Limo	$10^{-1}$
Arenas Fina	$10^{-1}$ a $10^0$
Arena Media	$10^0$ a $10^2$
Grava	$> 10^3$

#### VELOCIDADES DEL AGUA EN MATERIALES NO CONSOLIDADOS

TIPO DE MATERIAL	VELOCIDAD (m/día)
Gravas	2.0 - 3.5
Arenas de grano grueso	1.5 - 2.0
Arenas de grano fino y arenas arcillosas	0.5 - 1.0
Arcillas	0.1 - 0.3

#### POROSIDAD DE DIVERSOS MATERIALES

MATERIALES	N(%)
<b>Depósitos no consolidados</b>	
Arcilla	40 - 70
Limo	35 - 50
Arena	25 - 50
Grava	25 - 40
<b>Rocas</b>	
Arenisca	5 - 20
Caliza	0 - 20
Caliza karstica	5 - 50
Lutita	5 - 10
Basalto fracturado	5 - 50
Rocas cristalinas	0 - 5
Rocas cristalinas fracturadas	0 - 10

## RELACIÓN ENTRE POROSIDAD Y PERMEABILIDAD

MATERIAL	POROSIDAD (%)	PERMEABILIDAD (Darcys)
Arcilla	45	$5 \times 10^{-4}$
Arena	35	$5 \times 10^{-1}$
Grava	25	$5 \times 10^{-3}$
Grava y Arenas	20	$5 \times 10^{-2}$
Arenisca	15	$5 \times 10^{-3}$
Calizas y esquistos	5	$5 \times 10^{-2}$
Cuarcita y granito	1	$5 \times 10^{-4}$

Con esta información se pueden distinguir los tipos de materiales en donde existen posibilidades de infiltración de agua o que favorecen la recarga del acuífero.

### b) Geología regional

Es importante aclarar que esta descripción regional está hecha con base en la trayectoria del principal afluente que es el río Sonora y se apoya en la carta geológica escala 1:250,000 editada por el INEGI.

Los rasgos más característicos de la región están representados, en lo general, por montañas complejas constituidas por rocas ígneas y sedimentarias principalmente.

Regionalmente el área de estudio está compuesta principalmente de un grueso espesor de rocas volcánicas. [4]

A continuación se hace una breve descripción de las unidades litológicas existentes en la región:

#### Rocas calizas.

Estas rocas se localizan al sur – sureste respecto de la ciudad de Hermosillo, en el área que constituye la cuenca del valle Arroyo La Poza. Se encuentran alternando, con horizontes de areniscas y cuarcitas, de color gris claro. [6] cap. V

### **Grupo Barranca:**

Este se encuentra constituido por areniscas de cuarzo, conglomerados y lutitas, los fragmentos de los conglomerados son de pedernal y calizas principalmente. Se ubica al sureste de la Cd. de Hermosillo.

### **Granitos y granodioritas.**

Unidad constituida por granitos y granodioritas de grano grueso a medio de coloración clara.

Esta unidad aflora prácticamente al sur, sureste y suroeste respecto de la ciudad de Hermosillo, en las partes bajas y en cerros aislados que forman una topografía suave.  
[6]

### **Secuencia volcánica**

Esta unidad litológica es la más abundante distribuida en toda el área de estudio, presentándose con diversidad de texturas y composición.[6]

### **Conglomerados. ( Cg ).**

Unidad constituida por conglomerados y areniscas. Presentan pseudoestratificación y están medianamente cementados y se encuentran prácticamente al sur este de la ciudad de Hermosillo.

### **Basaltos.**

Unidad constituida por basaltos de color negro, que intemperiza a color café, se observa con un fracturamiento intenso, esta unidad se encuentra aflorando al sur, suroeste de la cd. de Hermosillo.

[6]

## **Aluvión, depósitos de pie de monte.**

Estos depósitos están representados por sedimentos, clásticos no consolidados y van desde boleos, gravas, arenas, limos y arcillas y se encuentran hacia el sureste de la ciudad de Hermosillo. [6]

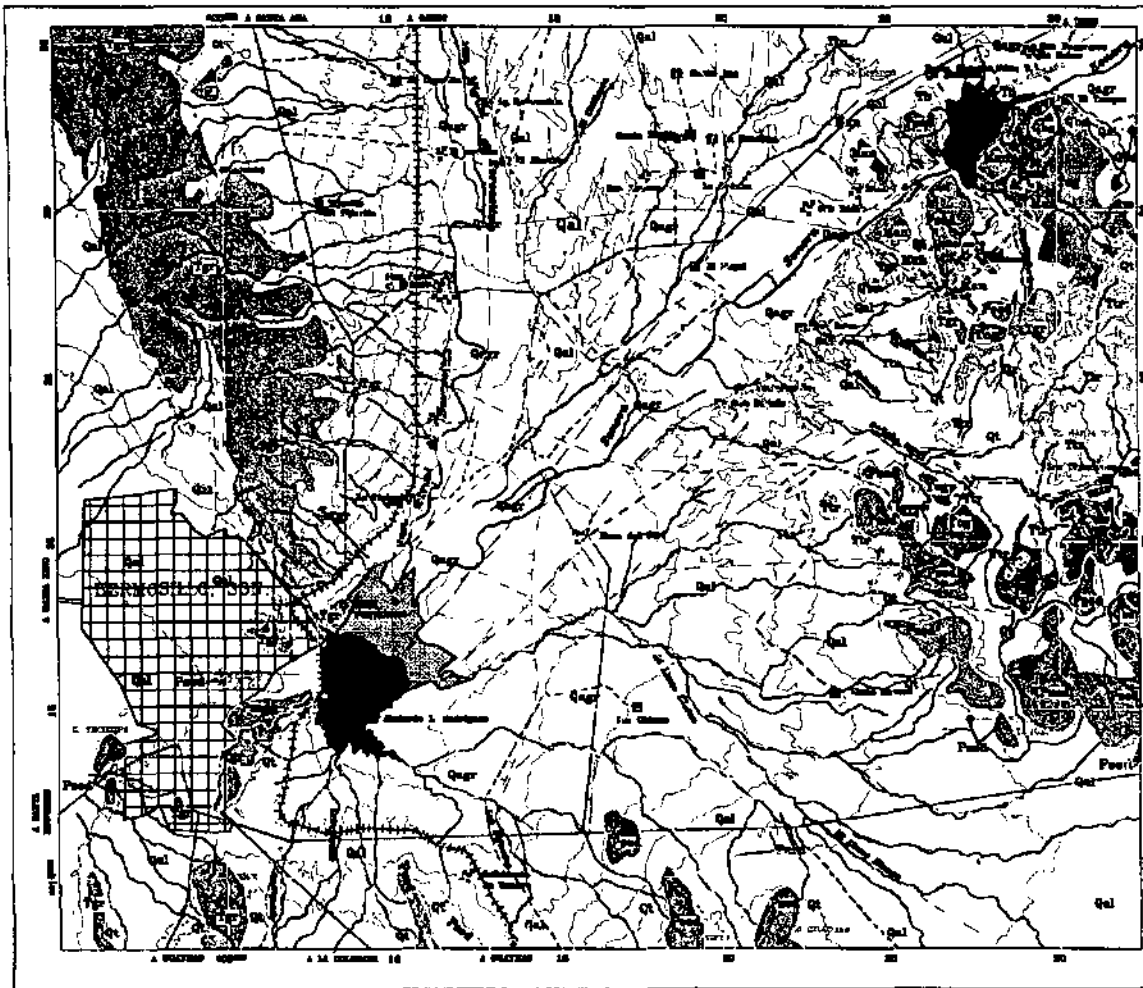
Específicamente, en la región que se encuentra delimitada entre la presa "El Molinito" y la presa "Abelardo L. Rodríguez", en donde se encuentra ubicada la Mesa del Seri, encontramos que en una amplia zona del lecho del río Sonora se presenta material de relleno como lo es: arcillas, gravas y arenas lo que favorece la infiltración de los escurrimientos superficiales, con base en las propiedades de los materiales vistas en las generalidades del presente capítulo. (Se anexa el plano correspondiente).

El Instituto de Ingeniería hizo la verificación en campo de la geología existente, lo cual es muy importante para poder dar sustento a lo que se establece respecto a las formaciones y al tipo de rocas que se encontraron en la zona de estudio.

En el capítulo siguiente, se verán las características del lugar con respecto al tipo de clima y precipitaciones, con lo cual se obtendrá información importante que tendrá influencia en el balance hidráulico que se presentará en el capítulo VI y en el correspondiente a: Análisis, conclusiones y recomendaciones.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Arthur Holmes, "Geología Física", 1970      Capítulo V
  
- [2] G. Gorshkov, A. Yakushova, "Geología General", 1970      Capítulo 2, Tabla 1  
Capítulo VII páginas: 165 - 181
  
- [3] J.C. Harvey, "Geología para ingenieros geotécnicos", 1987      Capítulo 3
  
- [4] Síntesis geológico - Minera del Edo. de Sonora por C.R.M. (Consejo de Recursos  
Minerales)
  
- [6] Instituto de Ingeniería de la UNAM, "Potencial de abastecimiento de agua potable  
del sistema presa "El Molinito" – Acuífero "Mesa del Seri" – "La Victoria" Capítulo V
  
- [7] "Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana", Tomo XXIV No. 2, 1961      Pág. 18 y  
29 - 37



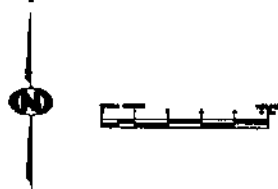
LEYENDA

- REDES DE REFERENCIA**

  - Línea de base
  - Línea de nivelación
  - Línea de tránsito
  - Línea de medición
- REDES DE EXPLORACIÓN**

  - Línea de exploración
  - Línea de perforación
  - Línea de muestreo
  - Línea de observación
- REDES DE INVESTIGACIÓN**

  - Línea de investigación
  - Línea de estudio
  - Línea de análisis
  - Línea de síntesis



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
INSTITUTO DE INGENIERÍA	
TÍTULO DE LICENCIATURA	
APOYAMIENTO DEL ACUÍFERO DEL RÍO BOMORA	
ZONA MEDIA DEL RÍO	
DIRECTOR DE TESIS	A. GARCÍA
DR. RAFAEL CARRERA PAREDES	ELIZABETH MONROY SOLÍS
ABRIL DE 2001	PLANO: GEOLOGÍA

## V. CLIMATOLOGÍA

En este capítulo se verá la importancia e influencia que tiene el clima en la zona de estudio, así como el valor de los excedentes de lluvias que se presentan en el lugar.

Para tener una mejor comprensión de lo aquí se hará una descripción de conceptos que nos serán útiles y que se utilizaran a lo largo del capítulo.

Para la clasificación del clima, es importante tener un conocimiento de cómo fue que se llegó a esta clasificación para su comprensión. En un principio Köppen hizo una clasificación muy general de los climas que existen en el mundo, utilizando las estaciones climatológicas existentes en cada lugar y en lo cual Enriqueta García se basó para hacer una clasificación mas apegada a la de nuestro país ya que la clasificación original hecha para México no es tan específica para cada región, por lo que surgió la necesidad de hacerle modificaciones que se adecuaran a las condiciones de cada región.

Posteriormente, se hablará a cerca de los resultados que obtuvo el Instituto de Ingeniería, al hacer un análisis de las precipitaciones presentadas durante los años en que se pudo tomar información meteorológica de las estaciones, aproximadamente 25 años, para cada una de éstas, ubicadas cerca de la región en estudio, con lo que se pudo observar el periodo más crítico en donde se presentó menos precipitación.

Este periodo que se eligió, como ya se ha mencionado, es el ciclo en que menos lluvias se presentaron en la región y ésto ayudará a tener una idea aproximada del volumen menor con el que contamos para la infiltración de agua por lluvias en el lugar. No se tomó el dato con mayor cantidad de precipitaciones ya que ésta área presenta serios problemas de sequías por lo que se debe analizar el caso más crítico, así como también el ciclo en que se contaba con la información más completa.



## a) Generalidades

### Sistema de clasificación de Köppen y sus modificaciones.

El sistema de clasificación de climas de Köppen utiliza fórmulas empíricas y valores derivados de las variaciones de ciertos elementos climáticos para delimitar y describir cinco grandes grupos de clima y las subdivisiones correspondientes, que en conjunto constituyen 11 tipos climáticos fundamentales. Dichas fórmulas y valores fueron calculados y escogidos por hallarse en relación con importantes características de agrupaciones de plantas superiores y de otros seres vivientes. Además de lo sencillo de su aplicación, tiene el sistema de Köppen la enorme ventaja de utilizar solamente los datos de temperatura y precipitación media mensual y anual que se toman en casi todas las estaciones meteorológicas, por insignificantes o pequeñas que sean.[9]

Por ser el de Köppen un sistema general de clasificación, concebido para definir las grandes áreas climáticas del mundo, al ser aplicado a México en su concepción original, resultan muy extensas regiones del país dotadas de climas homogéneos. Sin embargo, dentro de estas extensas áreas de clima aparentemente uniforme hay diferencias climáticas notables que es importante señalar. Por lo tanto, se consideró conveniente subdividir algunos de los tipos climáticos fundamentales del sistema Köppen con objeto de que hubiera correspondencia con las variantes particulares, pero importantes, de dichos tipos en la República Mexicana. Para lograr las indicadas subdivisiones de los tipos de clima de Köppen se utilizaron métodos de cálculo estadístico, empleándose series de valores formadas por cocientes que relacionan los dos elementos más importantes del clima: precipitación y temperatura.

*Enriqueta García, "Modificaciones al sistema de Köppen", 1964*

Designaciones de Köppen a los grupos climáticos y a los tipos principales de clima, tomadas del mismo autor (1936, 1938 y 1948)

#### Grupos de clima

A – clima tropical lluvioso

B – clima seco

C – clima templado lluvioso

- D – clima boreal
- E – clima frío o polar

#### Tipos principales de clima

- Af – clima de selva
- Aw – clima de sabana
- Bs – clima de estepa
- Bw – clima de desierto
- Cw – clima sinico
- Cs - clima mediterráneo o etesio
- Cf – clima templado húmedo
- Dw – clima transbaicático o continental boreal
- Df – clima ruso canadiense, de los abedules, de los pinos u oceánico boreal
- Et – clima de tundra
- Ef – clima de hielos perpetuos

Modificaciones a las designaciones de los climas.

*Enriqueta garcía, "Modificaciones al sistema de Köppen" 2ª. Edición 1964*

Las modificaciones y adaptaciones al sistema de Köppen se hicieron necesarias porque este sistema climático fue concebido fundamentalmente para definir las zonas climáticas del mundo que se extienden en latitud. Por consiguiente los valores y cálculos en que se funda pueden no corresponder exactamente a las condiciones de un país como México, en el que los cambios esenciales de clima no son debidos solamente a la latitud, sino también a las grandes variaciones de la altitud que crean condiciones muy especiales en los cambios y distribución de los elementos climáticos. [9]

Las designaciones originales correspondientes a los grupos climáticos A, B, C, D y E se conservan iguales.

El clima Af, es designado como "clima caliente y húmedo con lluvias todo el año", en México existen también bajo climas Aw (lluviosos) zonas cubiertas de selvas

relativamente densas y altas y a veces verdaderas sabanas en regiones con clima Af. El clima Aw, designado por Köppen "clima de sabana", es denominado por nosotros "clima caliente subhúmedo con lluvias en verano", ya que en la mayoría de los lugares en México que tienen este tipo de clima la vegetación no es de sabana, sino que predominan otras asociaciones vegetales completamente diferentes, como selvas altas o bajas.

A los climas Bs, denominados climas secos o áridos, Köppen los denomina "climas de estepa". Aquí de nuevo la denominación no corresponde con la vegetación dominante en los climas Bs de México, en los cuales no hay ordinariamente estepas verdaderas, sino que la vegetación más difundida consiste en asociaciones muy diferentes: asociaciones cactáceas, matorrales espinosos o inermes, etc.

Los climas Bw, designados por Köppen como "climas de desierto", se les ha denominado "climas muy áridos o muy secos".

A los climas Cw, denominados "climas síncos por Köppen, se les ha designado como "climas templados subhúmedos con lluvias en verano".

Los climas Cf, llamados de muy diferentes maneras por Köppen, se les ha designado como "climas templados subhúmedos con lluvias todo el año".

Los climas Et se encuentran en México sólo en los lugares muy elevados de la zona tropical y es denominado como "clima frío".

Para el clima que Köppen denomina "clima con invierno seco" w, se adoptó la designación de "clima con lluvias en verano", no importando que a veces el mes mas lluvioso no se halle incluido en esta estación, pues en el caso en que no lo esté, se puede indicar usando los símbolos de Köppen: w' (mes mas lluvioso desplazado hacia el otoño) o w'' (dos estaciones lluviosas separadas por una temporada seca corta en el verano y una larga en la mitad del año en que está el invierno).

El clima que Köppen denomina "clima con verano seco" s, fue designado "clima con lluvias en invierno"; lo mismo que en el caso anterior, no importa que el mes mas lluvioso no lo esté, se pueden usar los símbolos de Köppen: s' (mes mas lluvioso desplazado

hacia la primavera) o s'' (dos temporadas lluviosas en la mitad del año en que se encuentra el invierno separadas por una seca corta en esta estación y una larga en el verano).

Resumen general de los límites térmicos de los principales tipos climáticos. *Köppen*

Climas húmedos	Símbolos	Temperatura media
Cálidos	a	sobre 22° c
Semicálidos	a(c); (a)c	entre 18° y 22° c
Templados	ca; cb	entre 12° y 18° c
Semifríos	c(b'); cc	entre 5° y 12° c
Fríos	e(t); e(t) c	entre -2° y 5° c
Muy fríos	ef	bajo -2° c

Climas secos	símbolos	temp. Media anual
Cálidos	b(h')	sobre 22°c
Semicálidos	bh'(h); bh	entre 18°c y 22°c
Templados	bk; bk'	entre 12° y 18°c
Semifríos	b(k'')	entre 5° y 12°c

Otros símbolos útiles para la clasificación de climas en nuestro país.

General	{ estación más seca nieblas frecuentes	{ en el invierno ..... W, w', w'' en el verano..... S, s', s''
		..... N

{9}

Con todo lo anterior, podremos comprender mejor cómo es que se llevó a cabo la clasificación del lugar al que nos estamos refiriendo y cuál fue el motivo por lo que se hicieron modificaciones al sistema original de clasificación de climas.

Otros conceptos importantes que tenemos que definir, son los de precipitación, evaporación, transpiración y evapotranspiración, con esta información visualizaremos adecuadamente lo que está sucediendo con las precipitaciones en el lugar.

#### Precipitación.

La precipitación es una de las dos fuentes de alimentación o recarga del acuífero. Cuanto más elevada sea la precipitación sobre la cuenca que, directa o indirectamente, afecta la zona de alimentación, mayor será ésta y mayor, por tanto, la recarga. [10]

Las lluvias intermitentes dan menos infiltración por ser superficiales. Las lluvias torrenciales también dan baja infiltración por el corto tiempo que duran.

#### Evaporación.

La evaporación es el resultado del proceso físico, por el cual el agua cambia de estado líquido a gaseoso, retornando, directamente, a la atmósfera en forma de vapor.

#### Factores importantes en el proceso de evaporación.

La tasa de evaporación varía dependiendo de factores meteorológicos y de la naturaleza de la superficie evaporante.

Factores meteorológicos.- Se puede decir que la tasa de evaporación es afectada por la radiación solar, la temperatura del aire, la presión de vapor, el viento y posiblemente la presión atmosférica. Debido a que la radiación solar es un factor importante, la evaporación varía con la latitud, época del año, hora del día y condiciones de nubosidad. [11]

Superficie de evaporación.- Todas las superficies expuestas a la precipitación, tales como vegetales, edificios, calles pavimentadas, son superficies potenciales de evaporación. Como la tasa de evaporación durante los periodos de lluvia es pequeña, la cantidad de agua precipitada que se evapora está limitada esencialmente a la cantidad necesaria para saturar la superficie. A pesar de que esta evaporación es apreciable con base en el año,

rara vez se evalúa por separado y se considera una parte de la evaporación y transpiración total. La tasa de evaporación desde superficies de suelo, está limitada por la disponibilidad de agua, o por la oportunidad de evaporación. [12]

Transpiración.- Es el resultado del proceso físico – biológico, por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, a través del metabolismo de las plantas y pasa a la atmósfera. [10]

Del agua absorbida por el sistema de raíces de una planta, sólo una porción minúscula permanece en los tejidos de la misma; virtualmente, toda el agua retorna a la atmósfera en forma de vapor, debido a la transpiración. Este proceso constituye una fase importante del ciclo hidrológico debido a que es el mecanismo principal por medio del cual el agua precipitada sobre la superficie de la tierra regresa a la atmósfera. [10]

#### Factores que afectan la transpiración

El tipo de planta es un factor importante en el control de la transpiración cuando la humedad del suelo es limitada. Cuando se secan las capas superiores del suelo, las especies con raíces poco profundas no pueden obtener agua y se marchitan, mientras que las especies con raíces profundas continúan transpirando hasta que la humedad del suelo se reduce a profundidades mayores hasta el punto de marchitez, por lo tanto, la vegetación de raíces profundas transpira más agua durante períodos secos sostenidos que las plantas de especies con raíces poco profundas. [12]

Evapotranspiración.- Es el resultado del proceso por el cual, el agua cambia de estado líquido a gaseoso, y directamente, o a través de las plantas, vuelve a la atmósfera en forma de vapor, es decir, la evapotranspiración no es un fenómeno distinto a los descritos anteriormente, sino la suma de evaporación y transpiración, y el término, sólo es aplicable correctamente a una determinada área de terreno cubierta por vegetación. Cuando ésta no existe, únicamente podrá hablarse de evaporación. Por el contrario, en condiciones naturales, y aunque el fenómeno tiene sus características propias, no es posible la ocurrencia exclusiva de transpiración. [11]

Dado que la evapotranspiración depende, entre otros, de dos factores muy variables y difíciles de medir: el contenido de humedad del suelo y el desarrollo vegetal de la planta, Thornthwaite (1948) introduce un nuevo concepto optimizando ambos. Es la llamada evapotranspiración potencial o pérdidas por evapotranspiración, en el doble supuesto de un desarrollo vegetal óptimo y una capacidad de campo permanente completa. Será, por tanto un límite superior de la cantidad de agua que realmente vuelve a la atmósfera por evaporación y transpiración y que se conoce con el nombre de evapotranspiración real. [11]

La unidad más usual para expresar las pérdidas por evapotranspiración es en mm de altura de agua, que equivale a 10 m<sup>3</sup>/ha, ésta medida siempre se refiere a un determinado intervalo de tiempo. [11]

Estimación de la evapotranspiración potencial a partir de datos meteorológicos.

Se han desarrollado varias técnicas empíricas para estimar la evapotranspiración potencial a partir de datos climatológicos y de la latitud (posible extensión de horas sol por día). Thornthwaite ha obtenido un procedimiento en el que se utilizan solamente las temperaturas medias diarias del aire, la duración real del mes y el número máximo de horas de sol, según la latitud del lugar. [11]

## b) Clima, clasificación regional

Según la clasificación de Köppen, modificada por E. García (1964), en la región en estudio existe el siguiente tipo de clima:

**BW - ( h' )h - w( x' )**

el cual corresponde a:

B = grupo de clima seco.

BW = subtipo muy seco o desértico.

( h' )h = clima cálido, temperatura media anual mayor a 22° c., La temperatura media del mes mas frío es menor a 18° c.

w( x' ) = régimen de lluvias en verano, con un porcentaje de lluvias invernal menor a 10.2 % respecto al anual.

La localización geográfica y la cercanía al Golfo de California, principalmente, permiten en el área distinguir seis subtipos de climas de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García ( 1973 ), como son:

El **muy seco semicálido** localizado al oeste de la zona, que comprende las sierras Jojobal, Batepito y La Cobriza, así como los cerros La Gloria, El Mezcal, El Volteadero y El Molibdeno.

El **seco semicálido** se encuentra en la porción central norte, en las sierras La Pala y San Jerónimo, además en los cerros La Vinorama y La Cabrera.

**Muy secos, muy cálidos y cálido**, se distribuyen en el centro de la región y abarca el norte del valle de Hermosillo y una pequeña área al noroeste de ésta ciudad.

El **semiseco semicálido** se localiza en la parte noreste y este en las sierras Pinta, El Pajarito, Batamote, La Cañada, Los Locos y la parte baja de la sierra Mazatán, así como el Cerro Agua Prieta.

El **seco muy cálido y cálido** está presente al este de la región, en las márgenes del río sonora a la altura de la población de Ures.

El **semiseco templado** se localiza en la porción noreste de la carta en las sierras: Aconchi y Verde, además de la parte más elevada de la sierra Mazatán y los cerros El Ermitaño, Santo Verde, El Dátil y El Borrego.

### **c) Temperatura, precipitación y evapotranspiración**

La distribución de las temperaturas anuales promediadas, nos permite diferenciarlas de la siguiente forma: la región se encuentra dominada por temperaturas medias que oscilan entre 25° a 28° C hacia la parte sur de la Mesa del Seri y alrededor de la ciudad de Hermosillo son superiores a 32° C. [6]



La temperatura mas alta oscila alrededor de los 40°C y la mas baja llega a ser de 8°C.

En la cuenca del río Sonora, en una superficie mayor al 50% de la carta, la precipitación que se presenta es entre 200 y 400 mm./año como promedio; sin embargo, las precipitaciones en éstas áreas son muy irregulares y varían desde 200 mm hasta 500 mm por año.

La precipitación mayor a 500 mm anuales, se manifiesta en la porción este del área, en la zona de mayor elevación. El régimen más alto de lluvias es en el verano, aunque se presentan precipitaciones en invierno. [6]

Un dato muy importante y que nos será de mucha utilidad, es el de la evapotraspiración potencial, evapotraspiración real y excedentes de lluvia, todo esto con el fin de conocer la cantidad de agua que escurre o se infiltra en la zona de interés, ya que de esta manera podremos conocer nuestras entradas de agua en esta zona.

A continuación se presenta el resumen de la información recopilada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, el cual consta de las estaciones meteorológicas que cubren el área de la cuenca del río Sonora, así como también los datos correspondientes a cada una de ellas, incluyendo la evapotranspiración real anual y el excedente de lluvias en el ciclo de junio a mayo en los años indicados para cada caso.

Como se hizo mención al principio del capítulo, se tomó el ciclo mas crítico de los 25 años (aproximadamente) que se analizaron en los años en que se tenía información de las estaciones meteorológicas.

## ESTACIONES METEOROLÓGICAS

ESTADO: SONORA

INSTITUTO DE INGENIERÍA. UNAM.

CLAVE	NOMBRE	LAT.	LONG.	ELEVAC.	FECHA (INI- CIO DATOS	FIN DATOS
00026005	ARIZPE, ARIZPE	30 20	110 11	870.0	1969-01-01	1987-04-31
00026008	BANAMICHI, BANAMICHI	30 01	110 13	4.0	1966-01-01	1987-08-31
00026016	CARBÓ, CARBÓ	29 41	110 57	464.0	1974-01-01	1987-12-31
00026025	CUCURPE, CUCURPE	30 20	110 42	718.0	1967-06-01	1986-10-31
00026032	EL OREGANO, HERMOSILLO	24 14	110 43	282.0	1969-02-01	1987-12-31
00026046	LA COLORADA, LA COLORADA	28 48	110 35	500.0	1966-01-01	1987-12-31
00026074	QUEROBABI, OPEDEPE ( DGE )	30 03	111 01	657.0	1969-01-01	1987-12-31
00026105	URES, URES ( SMN )	29 26	110 23	432.0	1961-01-01	1977-06-31
00026139	HERMOSILLO, HERMOSILLO	29 06	110 58	211.0	1961-01-01	1987-12-31
00026180	EL CAJÓN, S.M. HORCASITAS	28 29	110 44	390.0	1974-01-01	1987-12-31
00026182	PESQUEIRA, S.M. HORCASITAS	29 22	110 53	350.0	1979-04-01	1987-12-31

## DATOS METEOROLÓGICOS ANALIZADOS

PERIODO DE JUNIO – MAYO

ESTACIÓN METEOROLÓGICA	CICLO CONSIDERADO
ARIZPE	1970 – 1978
BANAMICHI	1977 – 1978
EL CARBÓ	1977 – 1978
CUCURPE	1977 – 1978
EL OREGANO	1971 – 1978
LA COLORADA	1969 – 1978
QUEROBABI	1977 – 1978
URES	1975 – 1976
HERMOSILLO	1977 – 1978
EL CAJÓN	1977 – 1978
PESQUEIRA	1977 – 1978

Con estos datos se llevaron a cabo los análisis climatológicos diarios para determinar la evapotranspiración real por cada día en el ciclo junio – mayo. Con los datos de evapotranspiración potencial resultantes y de precipitación, se realizaron los cálculos de evapotranspiración real y de excedentes de lluvia, que escurren o se infiltran en la cuenca, en el área de influencia de cada estación y cuyos resultados se resumen en las siguientes tablas:

### ESTACIONES METEOROLÓGICAS

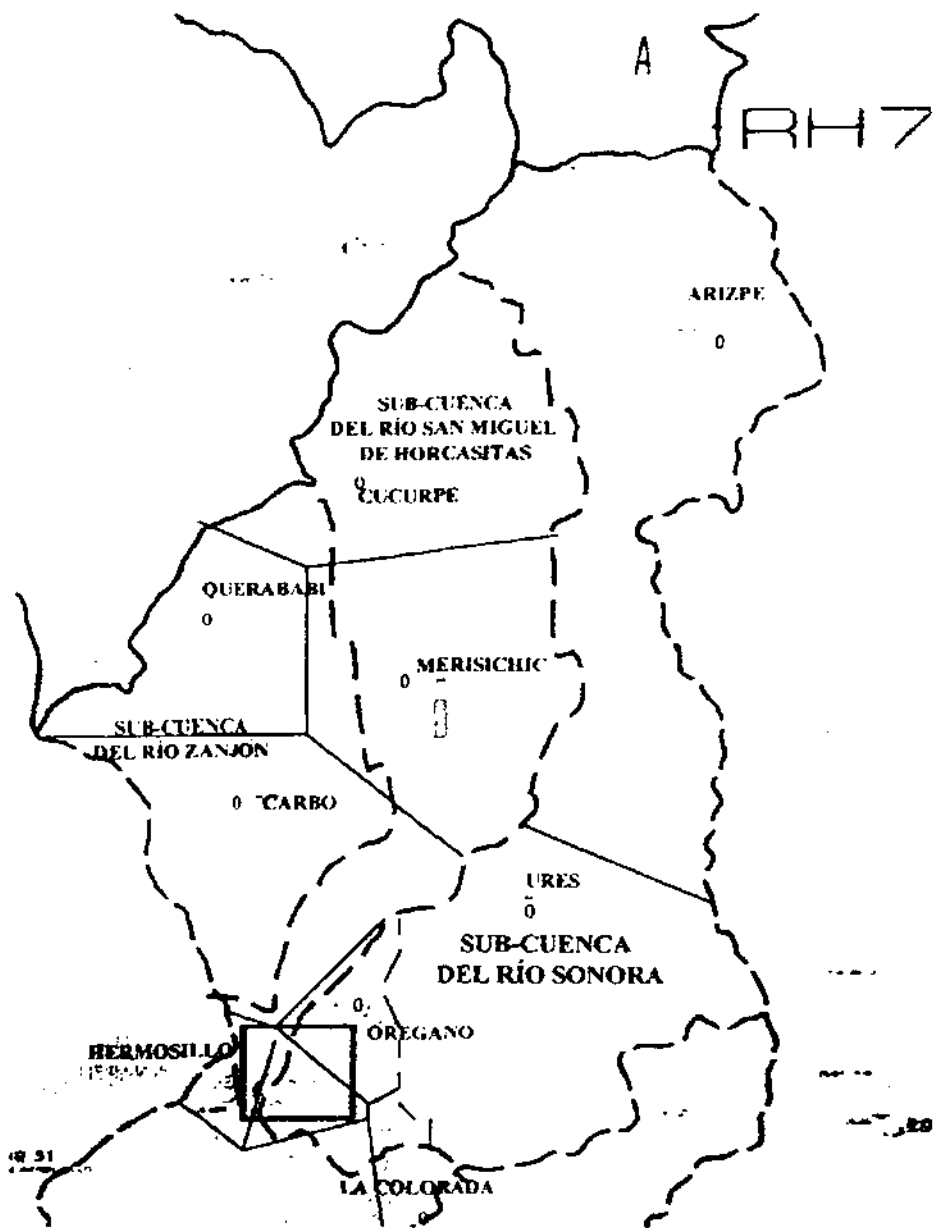
*INSTITUTO DE INGENIERÍA, UNAM.*

ESTACION	CICLO CONSIDERADO	PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)	EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL ANUAL (mm)	EXCEDENTE DE LLUVIAS ANUAL (mm)
ARIZPE	1970 – 1978	432.67	299.40	117.42
BANAMICHI	1977 – 1978	483.00	399.07	82.28
CARBÓ	1977 – 1978	367.00	300.21	65.84
CUCURPE	1977 – 1978	579.00	363.66	199.51
EL OREGANO	1977 – 1978	441.00	361.58	78.42
LA COLORADA	1969 – 1978	357.28	303.34	34.51
QUEROBABI	1977 – 1978	356.00	287.50	68.50
URES	1975 – 1976	499.00	440.50	45.14
HERMOSILLO	1977 – 1978	391.00	346.80	44.20
EL CAJON	1977 – 1978	495.00	335.44	157.96
PESQUEIRA	1977 – 1978	425.00	331.24	93.76
<b>SUMA</b>		4,825.94	3,768.74	987.54
<b>PROMEDIO</b>		438.72	342.61	89.78
<b>PORCENTAJE</b>		100	78.09	20.46

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [6] Instituto de Ingeniería de la UNAM, "Potencial de abastecimiento de agua potable del sistema presa "El Molinito" – Acuífero "Mesa del Serí" – "La Victoria" Capítulo V
- [8] Enriqueta García, "Modificaciones al sistema de Köppen", 1964
- [9] Emilio Custodio / Manuel R. Llamas, "Hidrología Subterránea", 1976
- [10] Francisco J. Aparicio Mijares, "Fundamentos de Hidrología de Superficie", 1989

# PLANO: ESTACIONES METEOROLÓGICAS



## VI. HIDROLOGÍA

En este capítulo se detalla el balance hidráulico del acuífero en función de los resultados del capítulo anterior y de los usos del agua identificados. Además se hace una correlación de la calidad del agua con la información geológica ya presentada.

Lo anterior se basa esencialmente en las características de los principales escurrimientos superficiales que existen en el lugar, los datos de aforos de corrientes, los niveles de los pozos en distintas fechas y los resultados de los análisis físico - químicos del agua.

### a) Generalidades

En términos generales, la región se ubica en la vertiente del pacífico (Golfo de California) y está comprendida en las regiones hidrológicas 8 y 9 denominadas Sonora Norte y Sonora Sur, respectivamente. Es drenada principalmente por el río Sonora, aunque también pasa muy cerca de la Mesa del Seri el río San Miguel de Horcasitas.

El río Sonora es el principal y más importante flujo que drena la Mesa del Seri, el cual tiene su origen en el extremo norte del estado de Sonora, entre las sierras Los Ajos al este y Azul al oeste. En lo correspondiente al área de estudio, el río Sonora presenta una dirección general norte - sur controlado por un sistema de presas.

Aguas arriba se encuentra la presa de control "Rodolfo Felix Valdés" (El Molinito) y aguas abajo se encuentra la presa de almacenamiento "Abelardo L. Rodríguez", la cual almacena agua para uso doméstico.

Como otro de los tributarios principales en la zona tenemos al río San Miguel de Horcasitas, el cual tiene su origen al norte de la población de Opodepe, donde es retenido en la presa "Abelardo L. Rodríguez" y se destina para consumo doméstico.

En la parte occidental se presentan los flujos de un sistema de arroyos que tienen como dirección el noroeste - suroeste. Todas estas corrientes son de escurrimiento

temporal y cuando se presentan fluyen sin que su caudal llegue a ser muy importante, ya que no llegan a desembocar al mar [5].

A continuación se presentarán los conceptos necesarios que se utilizarán a lo largo del capítulo.

**ACUÍFEROS.-** Unidades geológicas saturadas de agua, que pueden transmitir a través del subsuelo dicho fluido en cantidades significativas y de las cuales es económicamente factible extraerlo. A este grupo lo forman los depósitos de arenas y las rocas fracturadas.

**TIPOS DE ACUÍFEROS.-** En el subsuelo, el agua se puede encontrar bajo una amplia gama de condiciones, desde el agua que circula libremente, hasta el agua que se encuentra formando parte de la estructura de las rocas. [12] *cap. 2 pág. 8*

Generalmente se distinguen tres grandes zonas, la no – saturada, la franja capilar y la zona saturada. La primera se extiende desde la superficie del terreno hasta donde comienza la denominada franja capilar. Esta franja es una zona de transición entre las zonas no saturada y la saturada, su superficie es irregular y su posición varía al cambiar el nivel freático.

**ACUÍFERO LIBRE.-** Un acuífero se considera libre cuando presenta como límite superior la superficie freática y como límite inferior una unidad del tipo impermeable. Este tipo de acuíferos funcionan como conductos abiertos y su espesor varía en el tiempo con las variaciones del nivel freático. [12] *cap. 2 pág. 10*

Un acuífero libre presenta ciertas ventajas con respecto a los otros tipos de acuíferos:

- ❖ Cede volúmenes de agua mucho mayores por cada metro de abatimiento del nivel del agua.
- ❖ Presenta mejores condiciones de recarga, por estar totalmente abierto a la superficie en su límite superior. [12] *cap. 2*

Características principales:

- ❖ En su mayoría, contiene agua sin presión, debido a que cuenta con una superficie libre y con comunicación directa con la atmósfera.
- ❖ La recarga se produce debido a:
  - La infiltración de las precipitaciones atmosféricas
  - La infiltración de las aguas de los ríos, lagos y canales
  - La condensación de los vapores de agua dentro del terreno
  - La recarga procedente de otros acuíferos
- ❖ Son fácilmente accesibles a la explotación, debido a que se encuentran a poca profundidad.

[12] cap. 2

## ACUÍFERO CONFINADO

Un acuífero confinado es aquel que se encuentra verticalmente limitado por unidades litológicas impermeables. En un acuífero de este tipo, la presión del agua es generalmente más elevada que la presión atmosférica, de ahí que también se les conozca como "cautivos". [12] cap. 2 pág. 13

[12] cap. 2

Algunas características de los acuíferos confinados son:

- ◆ Se localizan a mayor profundidad que los acuíferos libres
- ◆ Su espesor saturado no varía en el tiempo.
- ◆ En comparación con los acuíferos libres, el agua contenida en los acuíferos confinados está menos expuesta a la contaminación desde la superficie, en virtud de que permanecen recubiertas por rocas relativamente impermeables.

[12] cap. 2



## **ACUÍFERO SEMICONFINADO**

Un acuífero semiconfinado es aquel que se encuentra limitado, tanto superior como inferiormente, en la parte superior por un acuitardo y en la parte baja por una unidad litológica impermeable.

Un acuífero semiconfinado se encuentra a mayor profundidad que los acuíferos libres y algunas ocasiones, menor que los confinados.

Algunas características importantes de los acuíferos semiconfinados son las siguientes:

- La mayoría de estos acuíferos presentan agua a presión, de menor magnitud que la de los acuíferos confinados.
- Su recarga se produce tanto localmente, por efecto de infiltración a través del acuitardo, como en regiones lejanas, en donde el acuífero, aflora y se recarga de manera libre.
- Su distribución natural es extensa, pero es menor a la que sucede en los acuíferos libres.

[12] *cap. 2 pág. 15*

**POROSIDAD.-** La porosidad se define como el volumen de espacios vacíos o poros que existen en un material por unidad de volumen, específicamente se establece como la relación que existe entre el volumen que ocupan dichos espacios vacíos y el volumen total que ocupa el material expresada en porcentaje. [10]

En rocas y materiales consolidados se distinguen dos tipos de porosidades, una primaria, generada cuando la roca se formó, y una secundaria, desarrollada después de su formación. En teoría, la porosidad primaria de una roca o materiales consolidados es cero. Y su matriz es impermeable. [11] *cap. 2 pág. 31*

**PERMEABILIDAD.-** La permeabilidad es una de las propiedades hidráulicas de la formaciones rocosas, cuya relevancia en la geohidrología es importante, debido a que es

la responsable fundamental, junto con el gradiente hidráulico, de la velocidad con que circula el agua en el subsuelo a través de las formaciones. [12] cap. 2 pág. 27

La permeabilidad es una propiedad que depende de los siguientes factores:

Tamaño y forma de los granos  
Distribución granulométrica  
Tamaño y forma de los poros  
Orientación y arreglo de las partículas  
Grado de compactación  
Nivel de cementación  
Densidad de fracturamiento  
Abertura del fracturamiento  
Nivel de descomposición química, etc.  
[14]

**CONDUCTIVIDAD HIDRAÚLICA.-** Se conoce como conductividad hidráulica ( $k$ ) a la cantidad de agua que circula a través de una sección de área unitaria normal al sentido del flujo, bajo un gradiente hidráulico unitario. Es también, una propiedad que caracteriza cuantitativamente la permeabilidad de los acuíferos y depende de las características del fluido y del medio poroso a través del cual circula. [12] cap. 2

Por ejemplo, en lo que respecta a variaciones en las propiedades físicas del agua, resulta que el agua salada circula con mayor velocidad que la dulce, por ser más densa, y el agua caliente fluye más rápido que la fría por ser menos viscosa. Es importante considerar estos factores, sobre todo al relacionarlos con problemas de contaminación.  
[14]

**TRANSMISIVIDAD.-** Es el producto de la permeabilidad por el espesor del acuífero. Es una de las propiedades de mayor relevancia de los acuíferos y determina directamente el rendimiento de los aprovechamientos hidráulicos. A través de ella se puede calcular la cantidad de agua que puede proporcionar un acuífero por una sección de interés determinada o estimar el rendimiento probable de una captación. [12] cap. 2

**COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO.-** Determina la capacidad que tiene un acuífero, para almacenar o ceder agua, misma que depende de manera directa, tanto de las características físicas del agua, como de las condiciones petrofísicas e hidráulicas del acuífero y de las presiones a las que se encuentra sometida el agua y las partículas granulares que en general se consideran constantes, salvo que sean modificadas de manera artificial. [11] cap. 2

**CUENCA DE ALIMENTACIÓN.-** La alimentación a un acuífero por medio de una cuenca depende directamente del estado del lecho del río. Un primer factor es la magnitud de la cuenca que alimenta directamente el acuífero. A mayor cuenca mayor recarga. En los tramos bajos y medios la velocidad del agua es pequeña, lo que facilita el depósito de materiales limoarcillosos que impermeabilizan el cauce; estos depósitos pueden lavarse durante grandes crecidas, mejorando entonces la permeabilidad. En los tramos de pendiente fuerte, la velocidad es elevada y los cauces se encuentran limpios de elementos finos; las condiciones para la infiltración son buenas por tanto. [11] cap. 2”

Las condiciones óptimas de recarga se dan en las llanuras de sedimentos permeables.

## b) Hidrografía

### RÍO SONORA

Ocupa el tercer lugar en la región noroeste del país en cuanto a extensión de cuenca y magnitud de aportaciones, las que se almacenan y regularizan en la presa “Abelardo L. Rodríguez”, sitio que limita la zona de estudio de este trabajo de tesis. En esta cuenca se tiene un área de captación de 21,297 Km<sup>2</sup>, colinda por el norte con la del río San Pedro, que se origina en territorio mexicano y fluye hacia el norte pasando por las inmediaciones de Benson, Arizona, E.U.; por el norte y oriente colinda con las cuencas de los ríos Bavispe Y Moctezuma, afluentes del Yaqui; por el sur – oriente con el río Mátape y el arroyo de la Bandera; por el noroeste con la cuenca del río Asunción y, por el suroeste, con la del río Bacoachi.

A lo largo del río Sonora se tienen aprovechamientos de aguas subterráneas, principalmente para riego de las tierras agrícolas que se encuentran en sus márgenes.

[6] cap. 6

A la altura de la presa "Abelardo L. Rodríguez", confluye al río Sonora su aportador más importante, el río San Miguel, cuya cuenca tiene un área de 8,590 km<sup>2</sup>, que representa el 40% del área drenada hasta la presa, misma que tiene sus orígenes en el parteaguas con el arroyo Cocóspera, en la Sierra Azul, a una elevación de 1,200 m.s.n.m. Su curso general es hacia el sur, el que descarga hacia la margen derecha y aguas arriba del sitio en que actualmente se localiza la cortina de la presa.

Los principales aportadores al río San Miguel son el río Saracachi y el río Zanjón.

Los escurrimientos del río Sonora a la altura de la presa "Abelardo L. Rodríguez" se determinaban, antes de la construcción de ésta, por la suma de los escurrimientos registrados en la estación hidrométrica de Hermosillo, situadas en el río y sobre el canal principal. El escurrimiento medio anual total observado en el periodo enero de 1944 a abril de 1947 fue de 125 millones de m<sup>3</sup> con un máximo de 250 millones de m<sup>3</sup>. [6] cap. 6

#### Cuenca del río Sonora

Esta cuenca se origina en el parteaguas de la Sierra de Magallanes con una elevación de 2,400 m y recibe como influentes de importancia al río Bacamuchi que confluye al río Sonora, aguas abajo de Taquichopa, a 780 m de elevación y más abajo a la altura de la presa "Abelardo L. Rodríguez" al río San Miguel de Horcasitas que se origina en la Sierra Azul a una elevación de 1,200 m descargando en el área de la presa a una elevación de 200 m.

La cuenca del río Sonora se localiza en el noreste de la entidad y dentro de la región hidrológica 9, D, Sonora sur.

En la cuenca del río Sonora, la precipitación que se presenta está entre 200 y 400 mm/año, como promedio. *Carta climatológica: Hermosillo Escala: 1:500,000 Clave: 12R-IV Fuente: INEGI*

A continuación se presentan las áreas de las subcuencas que integran a la cuenca del río Sonora hasta la presa Abelardo L. Rodríguez.

**CUENCA PRESA ABELARDO L. RODRIGUEZ  
RESUMEN DE SUBCUENCAS DEL RÍO SONORA**

<b>SUB-CUENCA RÍO SAN MIGUEL HORCASITAS</b>		
<b>ÁREA DE LA CUENCA DEL RÍO SAN MIGUEL HORCASITAS</b>	<b>4,266 Km<sup>2</sup></b>	<b>% 20.0</b>
<b>SUB-CUENCA RÍO ZANJON</b>		
<b>ÁREA DE LA CUENCA DEL RÍO ZANJON</b>	<b>4,324 Km<sup>2</sup></b>	<b>20.3</b>
<b>SUB-CUENCA RÍO SONORA</b>		
<b>ÁREA DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA</b>	<b>12,707 Km<sup>2</sup></b>	<b>59.7</b>
<b>ÁREA TOTAL DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA</b>	<b>21,297 Km<sup>2</sup></b>	<b>100.0 %</b>

[6] FUENTE: INSTITUTO DE INGENIERÍA. UNAM

**USOS DEL AGUA**

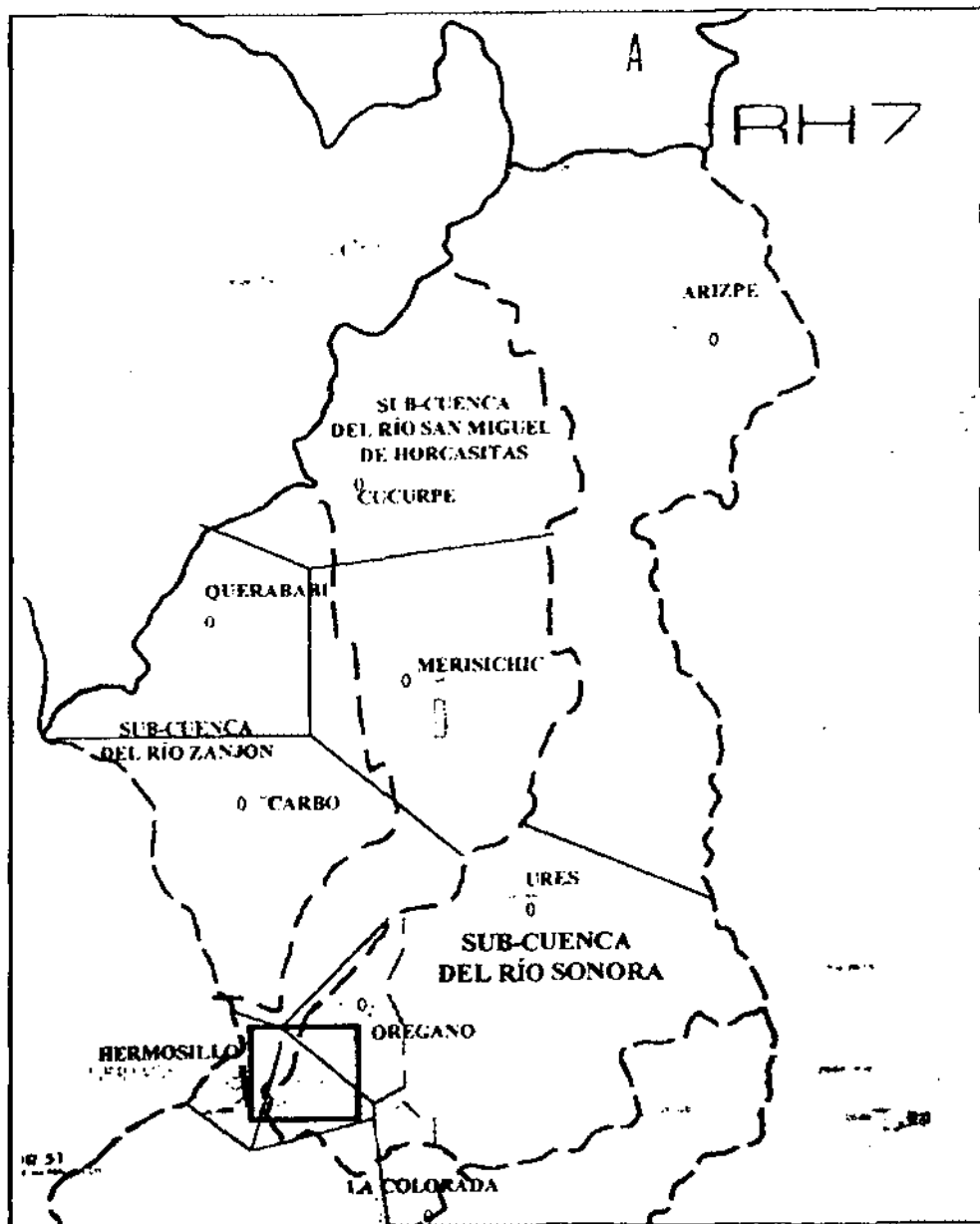
Los usos del agua que se explota del acuífero del río Sonora (de acuerdo con los aprovechamientos a los que se tuvo acceso), quedan como a continuación se presenta.

En la parte occidental de la cuenca, a lo largo de la carretera Hermosillo - Nogales, el uso del agua subterránea es industrial.

En la Mesa de Serí, Valle Verde, en el centro de La Victoria, El Tasajal y San Pedro en la parte sur, el uso del agua se utiliza principalmente para granjas avícolas y porcícolas, para fines de abrevadero y doméstico, también existen pozos para abastecer de agua potable a la población de la ciudad de Hermosillo.

Aguas abajo de la cortina de la presa "Abelardo L. Rodríguez", existen una serie de pozos dedicados al abastecimiento de agua potable a la ciudad de Hermosillo, en la

# PLANO: SUBCUENCAS



zona de "La Saucedá" y de "La Hacienda de la Flor" y otros puntos distribuidos en la ciudad.

Se encuentran también pozos para agua potable ubicados en cada uno de los poblados, así como todos los aprovechamientos a lo largo del río San Miguel de Horcasillas y los catorce pozos construidos en la Mesa de Seri.

En resumen, las cantidades destinadas para cada uso del agua quedan de la siguiente manera:

#### CANTIDADES DEL USO DEL AGUA

USO	Mm <sup>3</sup>	PORCENTAJE
AGROPECUARIO	31.138	36%
AGUA POTABLE Y USO DOMESTICO	51.475	59%
INDUSTRIAL	<u>4.426</u>	<u>5%</u>
TOTAL	87.039	100%

[6]

### **c) Unidades geohidrológicas**

Las unidades geohidrológicas se determinan por medio del estudio geológico de base, complementado con los datos obtenidos del acuífero por medio de pozos, norias, sondeos, etc., con los que se conforma la situación hidrológica (piezométrica y caudales).

#### **Arenas, gravas y aluvión ( Qagr – Qal )**

Estas unidades, constituidas por materiales arenosos de relleno y aluviones, se encuentran constituyendo las partes bajas y en la porción centro y suroeste del valle río Sonora. Estos depósitos manifiestan una alta permeabilidad primaria, cuyos espesores varían de 20 a 70 m, según cortes litológicos obtenidos en los pozos de la Mesa del Seri. Esto se observa muy claramente en las secciones geológicas piezométricas A – A' y G – G' [6], las cuales se realizaron a lo largo y ancho de los ríos San Miguel de Horcasitas y Sonora.

Esta unidad, desde el punto de vista hidrogeológico, representa el acuífero más importante del área de estudio y en la cual se encuentran ubicados la mayoría de los aprovechamientos.

Geológicamente esta unidad constituye el relleno de los ríos San Miguel de Horcasitas y Sonora. [6]

#### **VALLE RÍO SONORA**

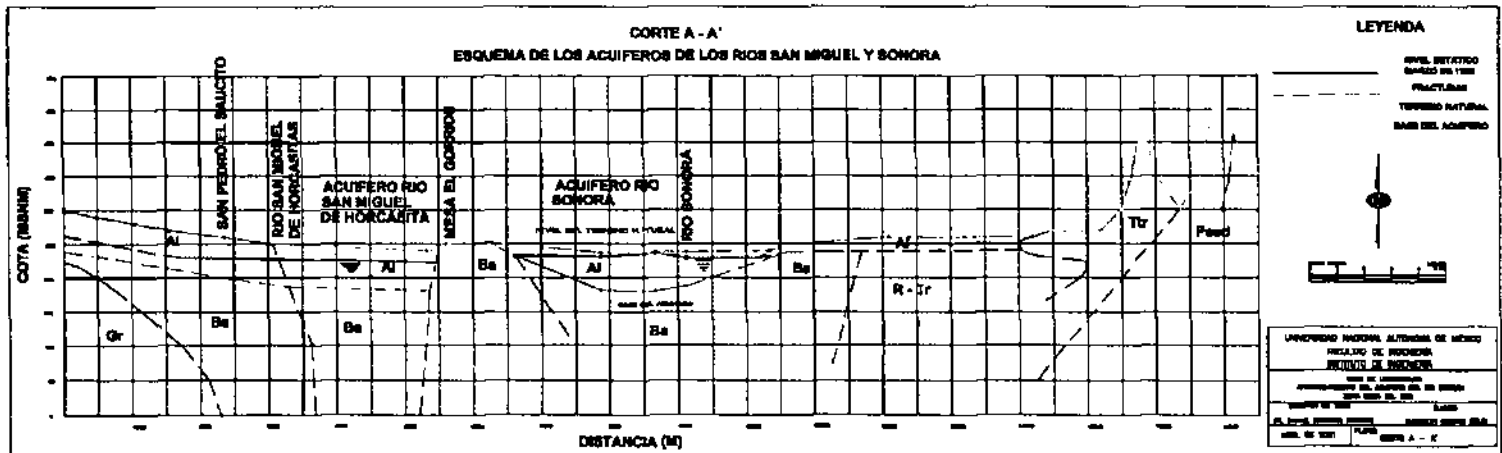
Observando la sección G – G' a lo largo del río Sonora y describiéndola de NE a SW, es evidente que los espesores de los depósitos aluviales, en la zona del Molinito son menores respecto a la parte de la Mesa del Seri que es donde el espesor es mayor: Continuando en dirección hacia la presa "Abelardo L. Rodríguez", el espesor no varía pero también se encuentran materiales más finos como son limos arenosos y arcillas. [6]

#### **Depósitos de talud**

En la periferia de las sierras que circundan al valle están presentes depósitos de

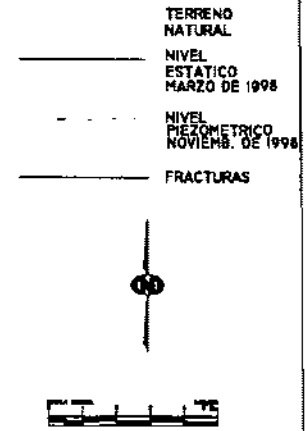
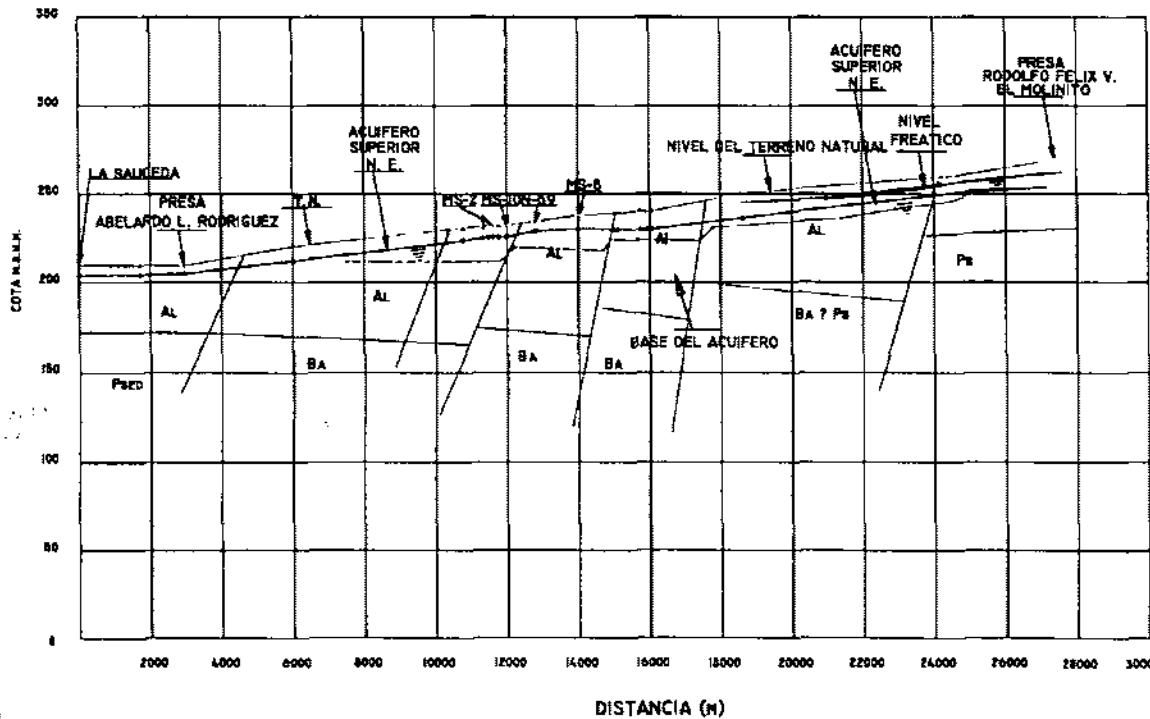






# RIO SONORA CORTE G-G'

## LEYENDA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
FACULTAD DE INGENIERÍA	
INSTITUTO DE INGENIERÍA	
TÍTULO DE LICENCIATURA	
APROVECHAMIENTO DEL ACUÍFERO DEL RÍO SONORA	
ZONA: MEDIA DEL SUR	
DIRECTOR DE TESIS	ALUMNA
DR. RAFAEL GONZÁLEZ PÉREZ	ELIZABETH MONROY SOLÍS
ABRIL DE 2001	PLANO: CORTE G - G'

talud, así como aluviones gruesos, los cuales funcionan como zonas de recarga hacia las partes bajas: Esto debido a que en parte se encuentran parcialmente cementados lo que hace posible la infiltración. Existen algunos aprovechamientos en esta unidad, su uso es de tipo doméstico y de abrevadero y estos se ubican en la margen derecha del río San Miguel de Horcasitas. [6]

#### **Rocas basálticas Q ( ba )**

Por sus características de fracturamiento esta unidad facilita la infiltración y recarga de los acuíferos. Estas rocas se encuentran presentes en las partes altas de la sierra existente al SSE de la presa "El Molinito". [6]

#### **Rocas calizas – areniscas P ( sed )**

Estas rocas sedimentarias se encuentran aflorando al SSW de la presa "El Molinito", así como hacia el SE de la presa "Abelardo L. Rodríguez", esta unidad se presenta en las zonas que se encuentran plegadas y fracturadas, es decir en zonas de falla o choque y, por lo tanto, permiten la infiltración hacia el acuífero del valle. [6]

#### **d) Acuíferos**

Los principales acuíferos del área son de tipo libre y semiconfinado. Están constituidos principalmente por conglomerados, gravas, arenas y arcillas.

Al este de la ciudad de Hermosillo se ubican los acuíferos Mesa del Seri – La Victoria y Santa Rosalía. Al occidente y centro se localiza la porción norte del acuífero de la costa de Hermosillo. [6]

#### **ACUÍFERO RÍO SAN MIGUEL – ZANJÓN**

En la parte central que conforma este río se encuentran presentes depósitos de tipo aluvial ( gravas, arenas, limos, arcillas), producto de la degradación de las partes altas, lo que conforma el acuífero que actualmente se aprovecha en esta zona. [6]

## ACUÍFERO RÍO SONORA

Este acuífero se ubica a lo largo y ancho del cauce del río y en dirección noreste – suroeste, rumbo a la presa “Abelardo L. Rodríguez”. Se tomó como apoyo los cortes litológicos de los pozos de la Mesa del Seri, así como el nivel estático para definir los materiales que constituyen dicho acuífero y la profundidad a que se encuentra su nivel estático.

Los materiales que constituyen el acuífero, están constituidos por arenas y limos arcillosos. [6]

El espesor del acuífero varía, entre 25.0 y 60.0 m con un valor medio de 35.0 m, su longitud aproximada es de 24.0 km .

Las salidas del acuífero son las propias a través de la presa “ Abelardo L. Rodríguez ”, ya que esta presa es de tipo flotante sobre el aluvión que se presenta en la boquilla de la misma y por lo tanto permite el flujo y salida de aguas subterráneas, y las del bombeo de aguas subterráneas para diversos fines; agropecuarios, industriales y para abastecimiento de agua potable de la población.

Este acuífero de aluviones es alimentado por las aportaciones superficiales provenientes desde la presa “El Molinito” y las que se presentan desde la dirección del canal Camou.

### e) Comportamiento del acuífero durante el bombeo

Con el objeto de conocer el comportamiento durante el bombeo de los pozos construidos en la Mesa del Seri, y que actualmente abastecen a la cd. de Hermosillo, se procedió a la medición de niveles.

Como antecedente es importante mencionar lo siguiente: a partir del día 2 y hasta mediados del mes de agosto de 1998, se inició la descarga al cauce del río de 20.0 millones de m<sup>3</sup> de agua almacenada en la presa “ El Molinito ”, con la finalidad de evitar

las pérdidas por evaporación y para recargar el acuífero y establecer la posible llegada del agua desde " El Molinito " hasta el vaso de la presa " Abelardo L. Rodríguez " .

Del día 2 al 12 de agosto a través de la obra de toma inferior instalada a la cota 270.00 m.s.n.m. Se descargaron aproximadamente 9.5 millones de m<sup>3</sup> y el resto en los días siguientes, habiéndose iniciado con una descarga de 20.0 m<sup>3</sup>/seg. La que posteriormente disminuyeron a 10.0 m<sup>3</sup>/seg y así sucesivamente hasta descargar prácticamente todo el volumen almacenado y las entradas adicionales que se presentaron en esos días entre 0.66 y 0.44 m<sup>3</sup>/seg y que fueron aforadas en esos días en la estación hidrométrica de "El Orégano".

El agua discurrió por el cauce, hasta alcanzar la Mesa del Seri, La Victoria y el inicio de la zona de inundación de niveles máximos extraordinarios de la presa Abelardo L. Rodríguez, habiéndose infiltrado al acuífero toda el agua descargada, sin haber alcanzado a entrar a la presa.

Con los datos obtenidos se elaboraron las gráficas respectivas anexas de las cuales se observa lo siguiente:

En el grupo donde se incluyen los pozos MS-1, 2, 4 y 5 (Gráfica No. 1), se observa claramente que del 24 de abril al 29 de julio de 1998 se presenta un descenso del nivel dinámico, siendo mayor en el pozo MS-1. El 7 de agosto el pozo MS-4 presenta una ligera recuperación de su nivel de bombeo y en general los cuatro pozos no manifiestan variaciones importantes a partir del 29 de julio hasta el 12 de septiembre.

Durante los últimos días de octubre de 1998 la CNA llevó a cabo un paro programado, dentro del cual se tomaron datos del nivel estático con las siguientes diferencias entre la profundidad del nivel estático original y el correspondiente a dicho paro.

POZO	PROF. N.E. (M)		DIF.
	ORIGINAL	OCTUBRE 98	
MS-1	10.12	15.84	-5.72
MS-2	9.02	13.42	-4.40

MS-4	9.00	15.25	-6.25
MS-5	9.50	15.71	-6.21

Esta diferencia de niveles estáticos, muestra el descenso que está generando el bombeo de la Mesa del Seri.

En la gráfica número 2, correspondiente a los pozos MS-9, 10, 13 y 14, se observa que el pozo MS-10 manifiesta un descenso paulatino en su nivel dinámico, pero el 4 de agosto, el MS-10 y el MS-13 manifiestan un incremento en su nivel dinámico debido a la recarga del acuífero por infiltración de agua descargada de la presa "El Molinito". Posteriormente se observa un descenso a partir del 7 del mismo mes hasta el 16 de septiembre. Por otra parte el pozo MS-14 manifiesta un ascenso a partir del 7 de agosto hasta el 31 de octubre fecha en que se tiene el último dato, probablemente este incremento refleje la recarga del acuífero producto del vaciado de la presa "El Molinito", la cual inició su descarga en el río Sonora el día 2 de agosto.

En el paro de octubre, se tomaron los datos de los pozos MS-9 y MS-14, donde se observan los siguientes abatimientos.

POZO	PROF. N.E. (M)	PROF. N.E. (M)	DIF.
	ORIGINAL	OCTUBRE 98	
MS-9	5.30	14.93	-9.63
MS-14	6.30	11.40	-5.10

[6]

En la gráfica integrada por los pozos MS-3, 6, 7, 8, 11 y 12, se observa que el pozo MS-3 manifiesta prácticamente el mayor descenso en sus niveles dinámicos a partir del 24 de abril y hasta el 16 de Septiembre.

En este pozo el comportamiento diferente a los que se ubican en esa zona, probablemente se deba a que el acuífero fue tapado con ademe liso entre 0 y 20 metros, es decir, la parte mas productora.

El pozo MS-11 manifiesta un descenso más rápido entre el 12 y el 19 de septiembre. Los pozos MS-7, MS-8 y MS-6 presentan un nivel dinámico casi uniforme del

30 de agosto hasta el 12 de septiembre. Solo cabe indicar que el pozo MS-8 en su nivel de bombeo, manifiesta una pequeña recuperación en el mes de agosto al igual que el pozo MS-3 lo que muy posiblemente se deba a la recarga del acuífero, debido a la aportación de agua producto del vaciado de la presa "El Molinito".

El comportamiento del pozo MS-6 no coincide con los datos de su aforo inicial. Este pozo fue aforado con fecha 30/12/97, habiéndose registrado el nivel estático de 19.00 m y la curva muestra un comportamiento normal, por lo que se infiere que actualmente dicho pozo está conectado con el acuífero freático, lo que modificó y mejoró su comportamiento, y que la base de dicho acuífero freático está arriba de los 12.0 m cubiertos por el ademe ciego. [6]

Durante el paro de octubre se registraron los siguientes niveles estáticos y diferencias:

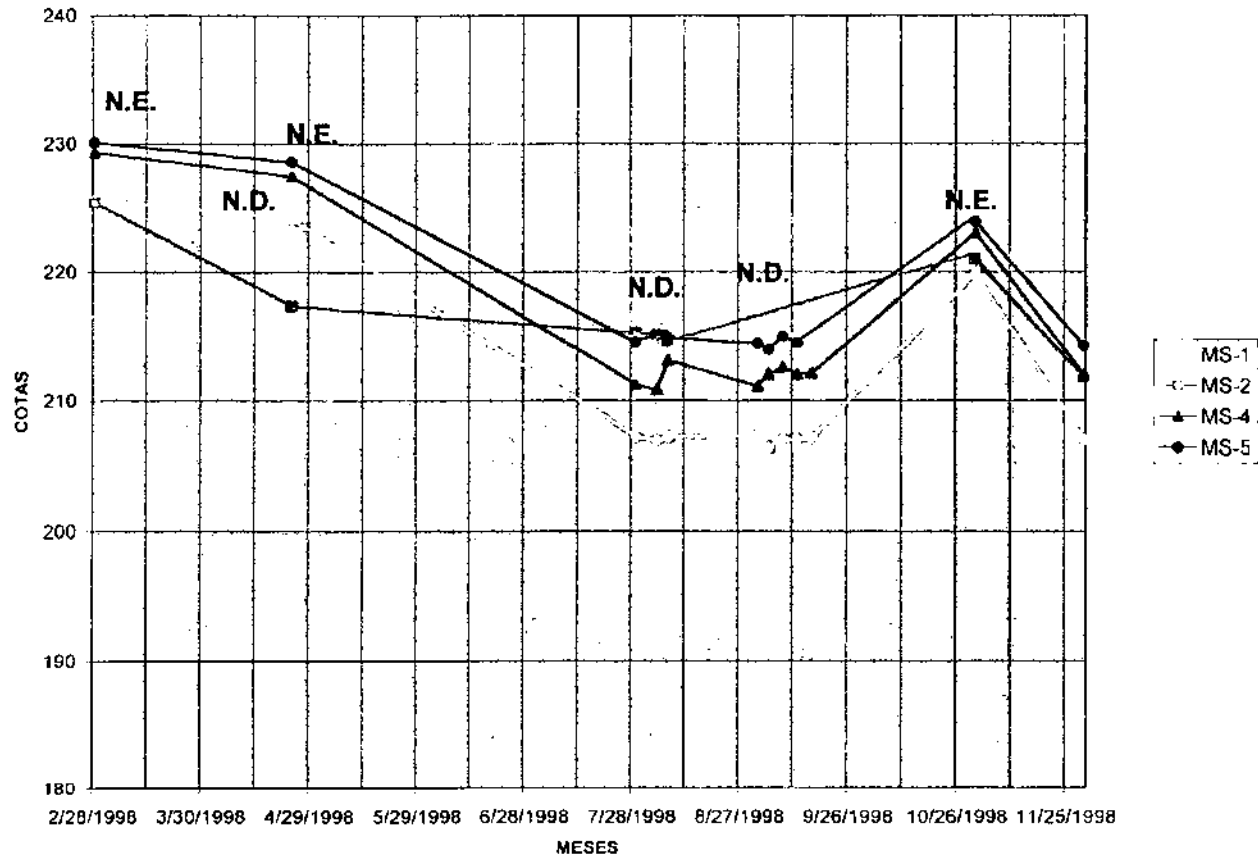
POZO	N.E. (M) ORIGINAL	N.E. (M) OCTUBRE	DIF. (M)
MS-3	7.25	20.00	-12.75
MS-6	19.00	8.75	+11.75
MS-7	4.30	9.80	- 5.50
MS-8	6.25	10.69	- 4.44
MS-11	5.60	10.60	- 5.00
MS-12	6.22	9.95	- 3.73

[6]

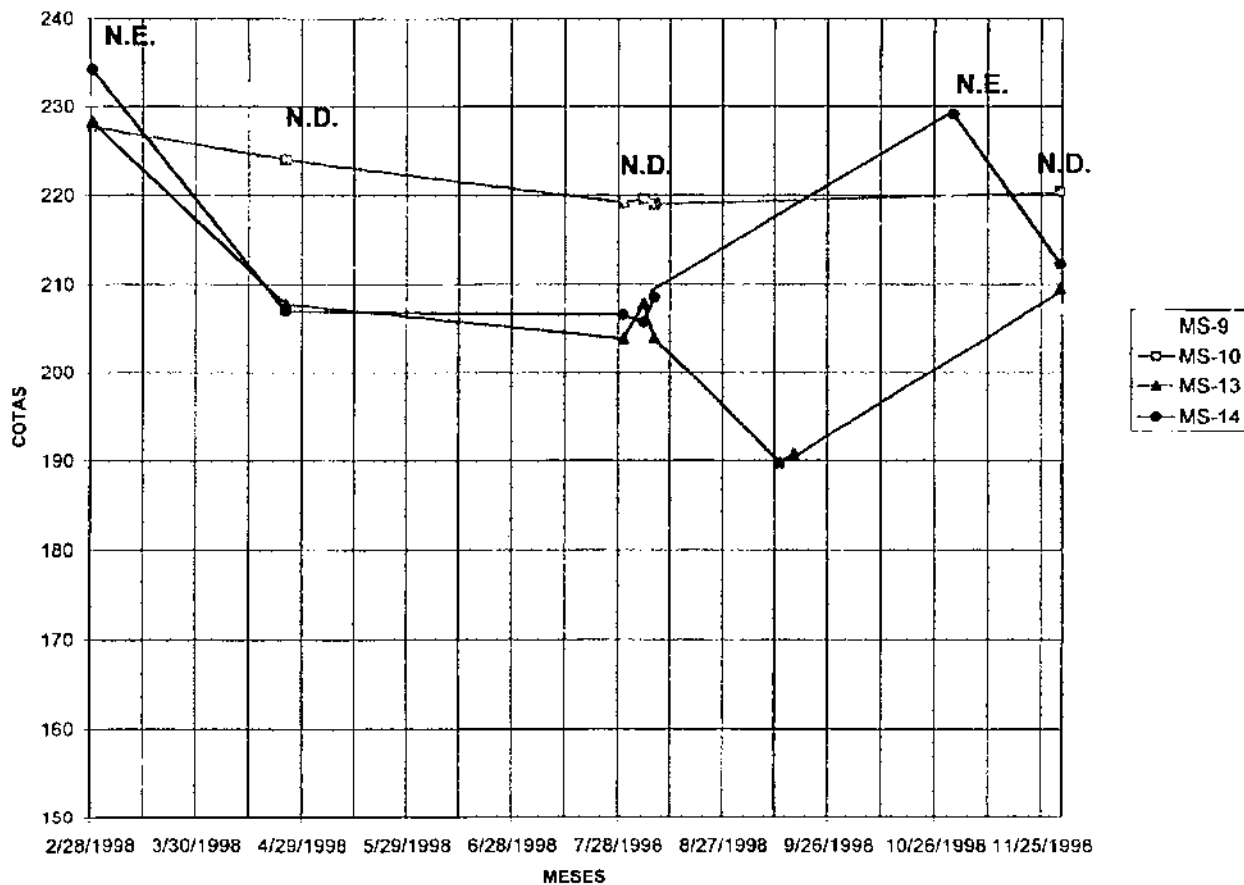
Es importante mencionar que el comportamiento de niveles en la Mesa del Seri no sólo se presenta por la explotación que se está llevando a cabo en dicho lugar a través del proyecto de los 14 pozos de la "Mesa del Seri", sino que la explotación que se hace de los aprovechamientos existentes en el valle del río Sonora tiene una gran influencia en dichos pozos, es por eso que a continuación se presenta el comportamiento de niveles de pozos y norias de las cuales se pudo obtener información, tanto en el mismo ciclo en que se midieron los de la Mesa del Seri, como en periodos anteriores.



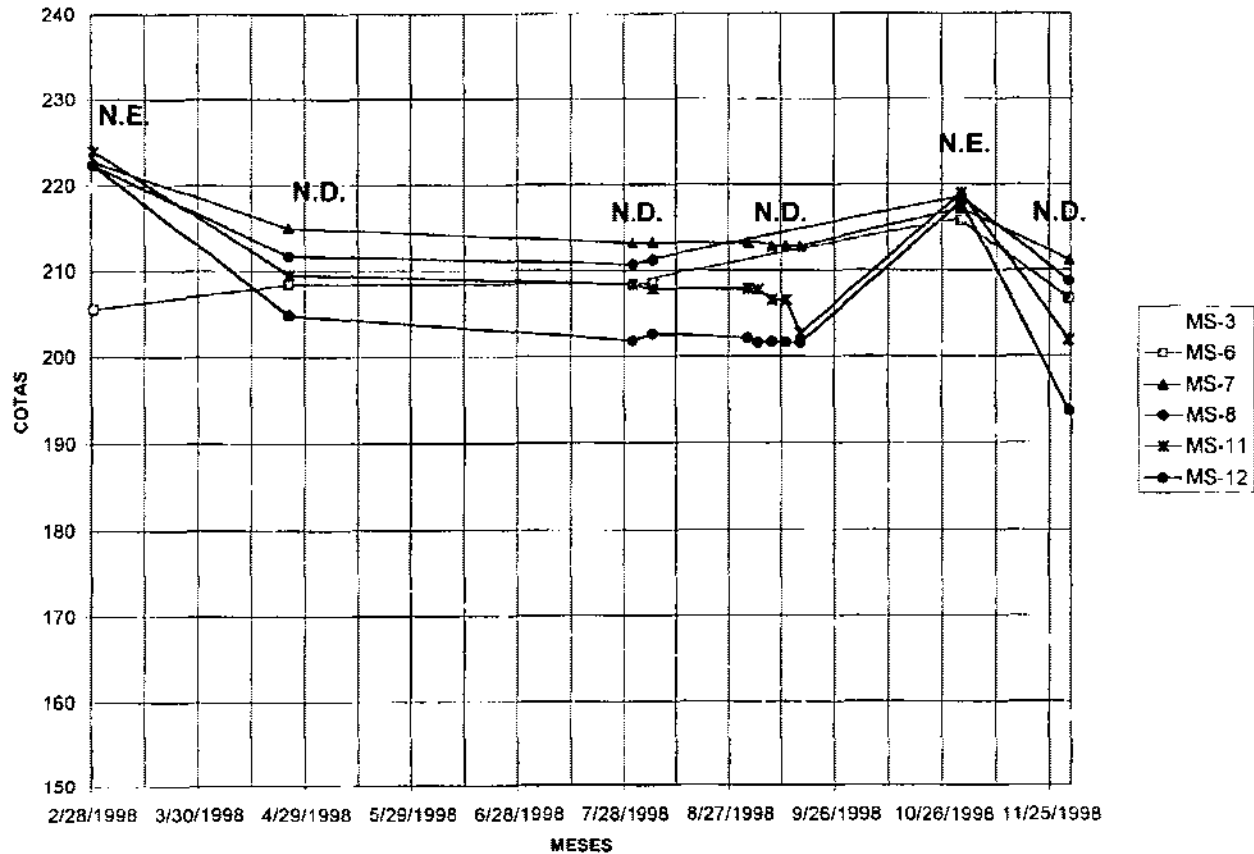
COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES DE POZOS, MESA DEL SERI,  
SONORA  
GRÁFICA No. 1



**COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES DE POZOS, MESA DEL SERI,  
SONORA  
GRÁFICA No. 2**



COMPORTAMIENTO DE LOS NIVELES DE POZOS, MESA DEL SERI,  
SONORA  
GRÁFICA No. 3



**DATOS DE APROVECHAMIENTOS  
MESA DEL SERI, SONORA**

CLAVE	APROV.	LOC UTM	E. BROCAL m.s.n.m.	PROFUND. N.E. (m) ORIGINAL	28/2/1998 COTA N.E. ORIGINAL	24/4/1998			29-7-98				
						PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)	PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)
						N.E. (m)	N.D. (m)			N.E. (m)	N.D. (m)		
MS - 1	POZO	N. 3223887 E. 514400	235.72	10.12	225.8	11.59		224.13		28.50	207.22		
MS - 2	POZO	N. 3222887 E. 514402	234.4	9.02	225.38		17.02	217.36	90.00	19.12	215.28		
MS - 3	POZO	N. 3219235 E. 513703	227	7.25	219.75		50.06	178.94	57.00				
MS - 4	POZO	N. 3224130 E. 515237	238.32	9	229.32	10.88		227.44		27.09	211.23		
MS - 5	POZO	N. 3224650 E. 516100	239.81	9.5	230.11	11.04		228.57		25.09	214.52		
MS - 6	POZO	N. 3218279 E. 512650	224.5	19	205.5		16.13	208.37	80.00				
MS - 7	POZO	N. 3218888 E. 513028	227	4.3	222.7		12.02	214.98	86.00				
MS - 8	POZO	N. 3219819 E. 513405	228.64	6.25	222.39		23.80	204.84	80.00				
MS - 9	POZO	N. 3222531 E. 515975	236	5.3	230.7		26.05	213.45	54.00	28.67	208.33		
MS - 10	POZO	N. 3223084 E. 515644	235.8	8.1	227.7		13.78	224.04		18.66	219.14		
MS - 11	POZO	N. 3219882 E. 514243	229.81	5.8	224.01		20.07	209.54	78.00				
MS - 12	POZO	N. 3219511 E. 512838	228.55	6.22	222.33		16.86	211.69	78.00				
MS - 13	POZO	N. 3222993 E. 516509	237	8.7	228.3		32.19	207.81	42.00	33.08	203.91		
MS - 14	POZO	N. 3224163 E. 516750	240.5	8.3	234.2		32.78	207.00		33.95	206.55		

DATOS DE APROVECHAMIENTOS  
MESA DEL SERI, SONORA

CLAVE	E. BROCAL m.s.n.m.	30-7-98			4/8/1998			5/8/1998					
		PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)	PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)	PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)
		N.E. (m)	N.D. (m)			N.E. (m)	N.D. (m)			N.E. (m)	N.D. (m)		
MS - 1	235.72					28.81	206.91						
MS - 2	234.4					19.23	215.17						
MS - 3	227		61.13	165.87						60.92	166.08		
MS - 4	238.32					27.46	210.86						
MS - 5	239.81												
MS - 6	224.5		16.14	208.36						16.06	208.44		
MS - 7	227		13.82	213.18						13.80	213.20		
MS - 8	228.64		26.86	201.78						26.06	202.58		
MS - 9	236					30.28	205.72						
MS - 10	235.6					16.28	219.52						
MS - 11	229.61		21.27	208.34						21.87	207.74		
MS - 12	228.55		17.87	210.68						17.37	211.18		
MS - 13	237					29.16	207.84						
MS - 14	240.5					34.78	205.74						

**DATOS DE APROVECHAMIENTOS  
MESA DEL SERI, SONORA**

CLAVE	E. BROCAL m.s.n.m.	7/8/1998			1/8/1998			4/9/1998					
		PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)	PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)	PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)
		N.E. (m)	N.D. (m)			N.E. (m)	N.D. (m)			N.E. (m)	N.D. (m)		
MS - 1	235.72		28.51	207.21		28.39	207.33	35.00		29.36	206.36	35.00	
MS - 2	234.4		19.74	214.66									
MS - 3	227				63.40	163.60	52.00		65.55	161.45	52.00		
MS - 4	238.32		25.20	213.12	27.21	211.11	90.00		26.30	212.02	90.00		
MS - 5	239.61		24.70	214.91	25.19	214.42			25.63	213.98			
MS - 6	224.5												
MS - 7	227				13.84	213.16							
MS - 8	228.54				26.54	202.10	80.00		27.10	201.54	80.00		
MS - 9	238												
MS - 10	235.8		16.80	219.00									
MS - 11	229.61				21.80	207.81	75.00		21.89	207.72	75.00		
MS - 12	228.55												
MS - 13	237		33.03	203.97									
MS - 14	240.5		31.93	208.57									

**DATOS DE APROVECHAMIENTOS  
MESA DEL SERI, SONORA**

CLAVE	E. BROCAL m.s.n.m.	8/9/1998				11 AL 12 DE SEPTIEMBRE DE 1998				15 AL 16 DE SEPTIEMBRE DE 1998			
		PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)	PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)	PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)
		N.E. (m)	N.D. (m)			N.E. (m)	N.D. (m)			N.E. (m)	N.D. (m)		
MS - 1	235.72		28.68	207.04	34.00		28.71	207.01	34.00		28.59	207.13	
MS - 2	234.4												
MS - 3	227		68.80	158.20	50.00		68.77	158.23	50.00		67.93	159.07	50.00
MS - 4	236.32		25.70	212.62	90.00		26.29	212.03	90.00		26.18	212.14	
MS - 5	239.61		24.61	215.00	90.00		25.12	214.49	90.00				
MS - 6	224.5												
MS - 7	227		14.21	212.79	82.00		14.17	212.83	82.00		14.19	212.81	80.00
MS - 8	228.64		27.00	201.64	78.00		26.98	201.66	78.00		27.08	201.56	78.00
MS - 9	236												
MS - 10	235.8												
MS - 11	229.61		23.05	206.56	75.00		23.07	206.54	75.00		26.97	202.64	75.00
MS - 12	228.55												
MS - 13	237						47.80	189.20			46.21	190.79	44.00
MS - 14	240.5												

**DATOS DE APROVECHAMIENTOS  
MESA DEL SERI, SONORA**

CLAVE	E. BROCAL m.s.n.m.	OCTUBRE 1998				NOVIEMBRE 1998			
		PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)	PROFUNDIDAD		COTA (m.s.n.m.)	GASTO (l.p.s.)
		N.E. (m)	N.D. (m)			N.E. (m)	N.D. (m)		
MS - 1	235.72	15.84		219.88			206.99	32.00	
MS - 2	234.4	13.42		220.98			211.73	83.00	
MS - 3	227	20.00		207.00			158.30	49.00	
MS - 4	238.32	15.25		223.07			212.00	85.00	
MS - 5	239.61	15.71		223.90			214.25	85.00	
MS - 6	224.5	8.75		215.75			206.65	79.00	
MS - 7	227	9.80		217.20			211.17	77.00	
MS - 8	228.64	10.69		217.95			193.74	70.00	
MS - 9	236	14.93		221.07			207.23	44.00	
MS - 10	235.8						17.38	220.42	47.00
MS - 11	229.61	10.60		219.01			201.87	75.00	
MS - 12	228.55	9.95		218.60			208.70	75.00	
MS - 13	237						30.43	209.57	40.00
MS - 14	240.5	11.40		229.10			212.32	42.00	



## **FLUJO SUBTERRANEO.**

Con los datos obtenidos en la Mesa del Serí, el comportamiento de los niveles de los aprovechamientos puede ser representado en curvas de nivel que muestren sus valores en un plano para facilitar su interpretación y su comportamiento.

### **PLANO DE ISOPIEZAS DEL NIVEL ESTÁTICO EN LA MESA DEL SERI EN MARZO DE 1998.**

En las curvas obtenidas en el plano No. MS - NEMARZO se observa el flujo y la recarga que viene en dirección del cauce del río del noreste al suroeste y hacia los pozos MS-8, MS-12, MS-7 y MS-6, para después alcanzar la cola del vaso de la presa "Abelardo L. Rodríguez".

### **PLANO DE ISOPIEZAS DEL NIVEL ESTÁTICO EN NOVIEMBRE DE 1998.**

Hacia noviembre en la Mesa del Serí, se observa (plano No. MS - NENOVII) el caso de abatimiento causado por el bombeo del pozo MS-3, al que no le está entrando directamente agua del acuífero somero, lo que provoca que el abatimiento sea mayor.

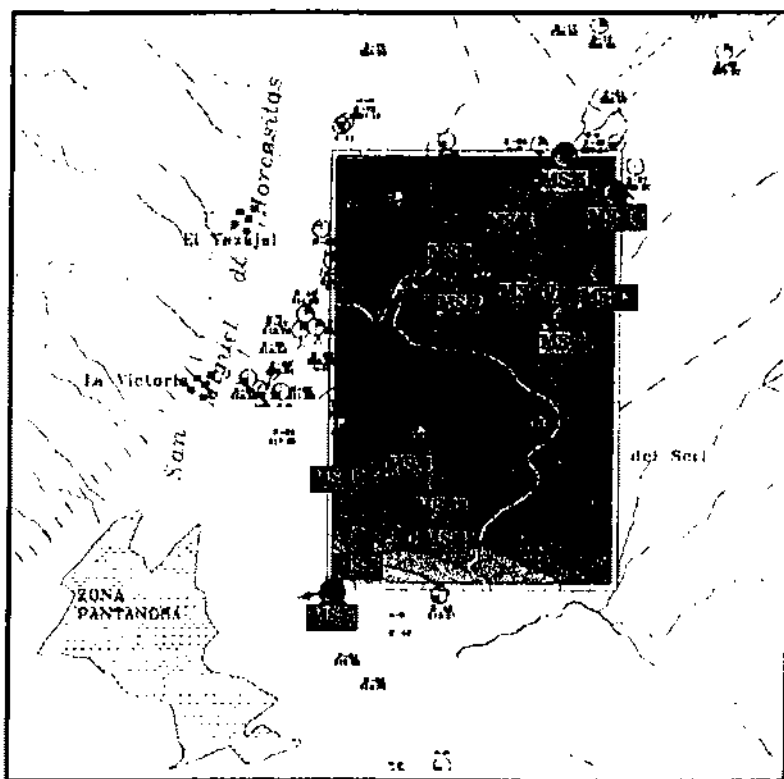
El nivel estático general ya había descendido en el área del poblado de Mesa del Serí, hacia la cota 219.0 m.s.n.m. y al sur del Nogal hacia la cota 233.0 m.s.n.m.

El flujo de aguas subterráneas presenta la tendencia del escurrimiento de aguas superficiales de NE a SW en el acuífero del río sonora y de norte a sur en el río San Miguel, conforme ya se comentó. [6]

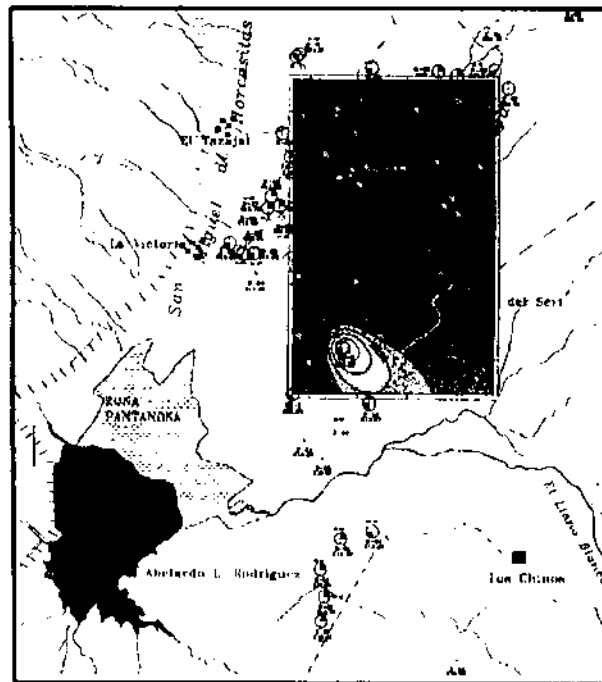
#### **f) Aforos de corrientes**

En la cuenca del río Sonora, incluyendo toda el área que aporta agua superficial y subterránea hasta la presa "Abelardo L. Rodríguez", se tienen cuatro estaciones hidrométricas, la principal de ellas, ya que controla el 55.24% del área total, es la de "El Orégano", ubicada inicialmente en el vaso actual de la presa "El Molinito" y reubicada en 1995 aguas arriba del sitio, para proseguir con las mediciones de escurrimientos superficiales.

# PLANO: NIVEL ESTÁTICO, MARZO DE 1998 MESA DEL SERI



# PLANO: NIVEL ESTÁTICO, NOVIEMBRE DE 1998 MESA DEL SERI



Los datos de los reportes hidrométricos que se consideran son los siguientes:

- Estación El Orégano, río Sonora, son.:  
De julio de 1941 a junio de 1990 y de julio de 1995 a mayo de 1997.
- Estación El Cajón, río San Miguel de Horcasitas, son.:  
de julio de 1974 a junio de 1993  
Esta estación, controla el 17.8% del área total.
- Estación Hermosillo, río Sonora, son.:  
de enero de 1944 a abril de 1947
- Estación Camou, canal Camou, son.:  
de enero de 1959 a dic. de 1973

El promedio anual de volúmenes de escurrimiento registrados en esos periodos de tiempo, fueron los siguientes:

EST. HIDROMÉTRICA	PERIODO	VOLUMEN ANUAL MILES DE M <sup>3</sup>
EL OREGANO	ENE 1942 - JULIO 1990	114,654.0
	JULIO 1995 - MAYO 1997	93,519.7
EL CAJON	ENE 1975 - DIC. 1994	53,508.2
HERMOSILLO	ENE 1944 - ABRIL 1947	153,246.4
CANAL CAMOU	ENE 1959 - DIC. 1973	3,224.7

Para tener un primer valor de las posibilidades de aprovechamiento de las aguas subterráneas existentes, se llevó a cabo un balance con los datos correspondientes al periodo de 1969 – 1987, como fueron los escurrimientos por el río Sonora provenientes de la cuenca aguas arriba de la presa "El Molinito" y entradas directas por lluvia al espejo del agua de la presa, así como la recarga derivada de los excedentes de lluvia que escurren o se infiltran en la cuenca entre las presas " El Molinito " y " Abelardo L. Rodríguez ". [6]

Los valores aplicados en el balance, son los correspondientes a la media del periodo considerado, en el caso del escurrimiento superficial se consideró el dato arrojado de la estación hidrométrica "El Oregano" ya que esa estación es la que contaba con más información (1941 – 1991), además de cubrir un área de medición de escurrimientos extensa. En el balance se tomó el dato de escurrimiento superficial anual, pero solo del ciclo considerado.

Para el caso de los excedentes de lluvia se tomó el dato de la estación meteorológica "La Colorada", para el periodo critico, según se discutió en el capítulo V. Fue elegida como representativa porque se encuentra aproximadamente a la mitad del valle del río Sonora y porque el valor que se obtuvo da una mayor seguridad por ser el menor reportado en los resultados. [6]

### BALANCE PERIODO 1969-1987

**ENTRADAS:**

ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	124.711 Mm <sup>3</sup>
LLUVIA DIRECTA AL MOLINITO	3.561 Mm <sup>3</sup>
EXCEDENTES DE LLUVIA (SUB-CUENCA)	34.825 Mm <sup>3</sup>
<b>ENTRADAS</b>	<b>163.097 Mm<sup>3</sup></b>

**SALIDAS:**

BOMBEO AGUA POTABLE SEPT. 1998.	
MESA DEL SERI	31.536 Mm <sup>3</sup>
INDUSTRIAL	4.426 Mm <sup>3</sup>
FINES AGROPECUARIOS	31.138 Mm <sup>3</sup>
LA SAUCEDA, HDA. DE LA FLOR	15.338 Mm <sup>3</sup>
ADICIONAL LA SAUCEDA	4.601 Mm <sup>3</sup>
EVAPORACION DEL VASO DEL MOLINITO	28.604 Mm <sup>3</sup>
<b>SALIDAS</b>	<b>115.643 Mm<sup>3</sup></b>
<b>BALANCE</b>	<b>47.454 Mm<sup>3</sup></b>

En este balance se observa que en las condiciones de aprovechamiento actual del acuífero, el resultado es positivo, con un valor de 47.5 millones de m<sup>3</sup> aproximadamente, lo que equivaldría a una extracción adicional de 1,506 lps durante un año, para que las entradas y salidas se equilibren.

Sin embargo, el clima semidesértico y la irregularidad de las lluvias por año, provocan variaciones importantes en los escurrimientos que llegan a las presas y en los excedentes de lluvias que escurren o se infiltran en las cuencas aportadoras y que escurren hacia los acuíferos, por lo que aunque sus posibilidades de aprovechamiento con respecto a la media anual son de interés, el incremento en la extracción de volúmenes adicionales durante una época de sequías, causará abatimientos adicionales y afectará a los aprovechamientos como norias y los pozos someros. Mientras las entradas no equilibren el nivel estático en las zonas de los aprovechamientos de aguas subterráneas, no deberá incrementarse el gasto de explotación del acuífero.

**g) Resultados de los análisis físico – químicos, por muestreo de la calidad del agua.**

El Instituto de Ingeniería de la UNAM, tomó 28 muestras de agua distribuidas en el área del río Sonora y La Sauceda y 2 muestras de agua en los pozos Willard 1 y 3 al sur de la presa "Abelardo L. Rodríguez" llevando a cabo los análisis físico-químicos correspondientes. La Comisión Nacional del Agua analizó 11 muestras de agua del área en estudio y COAPAES (organismo operador del agua en Sonora) tomó en el mismo año (1998) 27 muestras de agua cuyos datos se incluyen en esta tesis, así como 34 análisis reportados por GYMSA en el año de 1990.

De las 30 muestras tomadas por el Instituto de Ingeniería 13 son dulces y 17 salobres, 26 son de carácter bicarbonatadas y 4 son sulfatadas.

De los 11 muestreos y análisis hechos por la C.N.A., 6 son de agua dulce y 5 de salobre, 5 son de carácter bicarbonatado y 6 sulfatadas.

De las 27 muestras tomadas por COAPAES, 26 son de agua dulce y una de agua salobre, 21 son de carácter bicarbonatado, 5 son sulfatadas y una clorurada. [6]

Del reporte de GYMSA (año 1990), se incluyeron los análisis de 32 muestras de agua, de las cuales 21 son de agua dulce y 11 son de agua salobre, 24 tienen carácter bicarbonatado, 6 cloruradas y 2 son sulfatadas. [6]

En resumen, el carácter geoquímico del 54% del agua subterránea en el área es bicarbonatada – sódica, el 32% bicarbonatadas cálcicas o magnésicas, principalmente en los rellenos del río sonora, el 17% sulfatadas y el 7% restante son cloruradas.

El 66% del agua es dulce y el 34% es salobre.

El carácter del agua en los pozos de agua potable de la Mesa del Seri es del tipo bicarbonatada – cálcica, con excepción del pozo MS – 3, el cual tiene un agua de tipo bicarbonatada – sulfatada – sódica. El carácter cálcico se debe a la presencia de las rocas calcáreas que conforman el relleno aluvial. Estas rocas sedimentarias se encuentran aflorando al NE del área de estudio, esta información se obtuvo de los resultados de los muestreos de agua en los pozos de la Mesa del Seri, los cuales fueron interpretados por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. [6]

### **Correlación geoquímica**

Con los datos correspondientes a los contenidos de cloruros, sólidos totales disueltos y sulfatos disueltos, se elaboraron planos (anexos).

En el de isocloruros y sólidos totales disueltos, se observa claramente que el agua menos antigua proviene del área donde descarga el río (canal) Camou, lo que confirma la importancia del graben existente en esa zona, detectado en los trabajos de magnetometría realizado por el consejo de recursos minerales (hoja H12-8 esc. 1:250,000).

Se detecta también la entrada de agua del mismo tipo en el acuífero del río San Miguel y que llega a la zona al norte del poblado Mesa del Seri.

Así mismo, es evidente que el acuífero del río Sonora contiene agua del mismo tipo a partir del área del sur del Nogal, ubicado a la salida del río Camou, mejorando la mezcla de agua en el acuífero del valle del río Sonora en esa zona, hacia el suroeste donde se ubican los pozos MS-6, MS-7, MS-12 y MS-8 de la Mesa del Seri y algunos otros pozos al sur de la misma, conformando toda ésta área la zona de mayor infiltración.

El plano de isopiezas de sulfatos muestra la existencia de contenidos altos de sulfatos disueltos en el área del Tasajal y hacia el sur de la Mesa del Seri. [6]

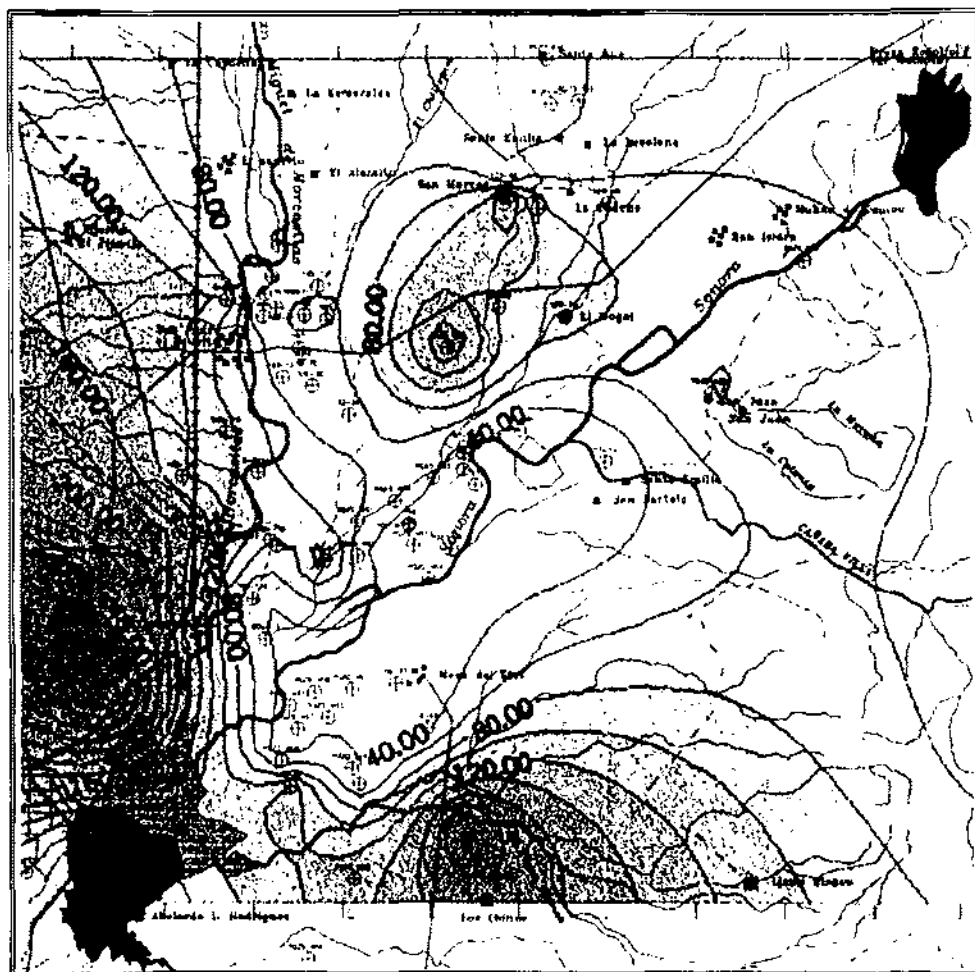
En general, se puede concluir y observar que el agua que se encuentra en el área de la Mesa del Seri es de buena calidad, sin embargo, la sobre explotación podría ocasionar la intrusión de agua de menor calidad contaminando el acuífero existente o inclusive agotar el acuífero.

#### **BIBLIOGRAFÍA**

- [6] Instituto de Ingeniería de la UNAM, "Potencial de abastecimiento de agua potable del sistema presa "El Molinito" – Acuífero "Mesa del Seri" – "La Victoria" Capítulo V
- [11] Andrés Benton Cuéllar, "Manual de construcción de pozos", (1986)

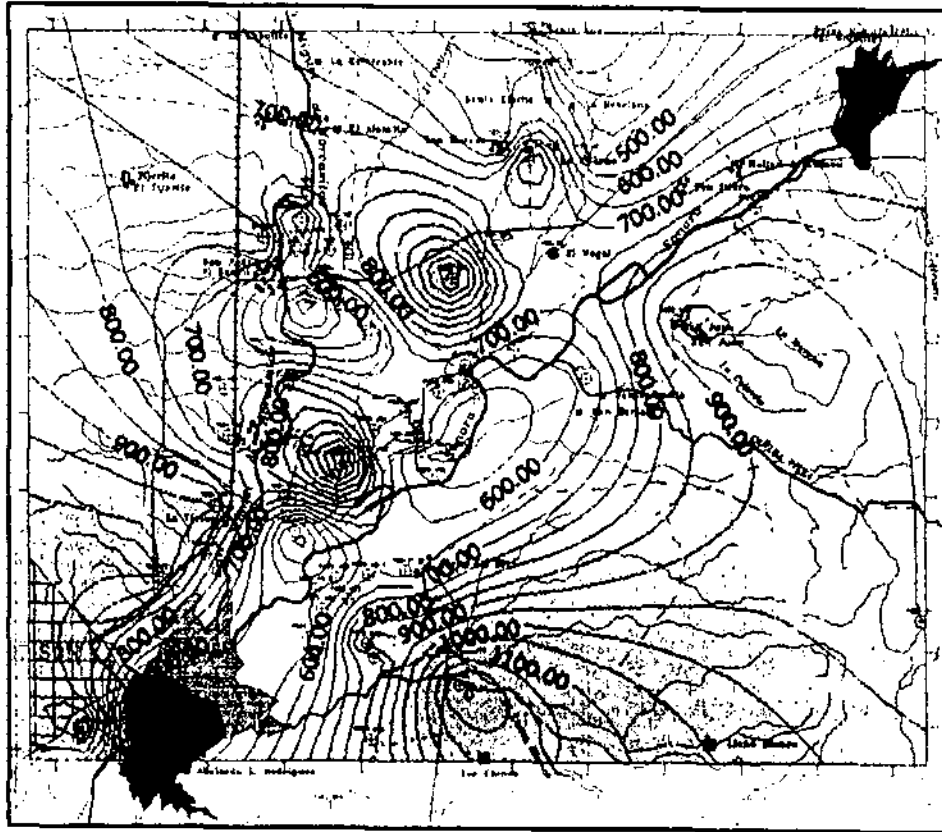


# PLANO ISOPIEZAS DE CLORUROS



TESIS DE LICENCIATURA  
ELIZABETH MONROY SOLIS  
UNAM

# PLANO: SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS





## VII. CONSTRUCCIÓN DE POZOS

Las obras que se realizan para captación de aguas subterráneas son generalmente norias, galerías filtrantes y pozos.

### Tipos de pozos

Existen diferentes tipos de pozos y dependiendo del diámetro de excavación, pueden denominarse como norias o pozos y en función de su profundidad, como someros y profundos, también suelen denominarse según el uso a que van a ser destinados. [1]

En éste capítulo se hará una descripción del proceso de construcción de los pozos de la Mesa del Seri, es decir, de los pasos más importantes que se llevaron a cabo para la construcción de este sistema de suministro a la ciudad de Hermosillo, Sonora. También se mostrarán los resultados de las pruebas de abatimiento y cómo se clasificó el corte litológico de cada pozo, lo que ayudó a la descripción de las unidades geohidrológicas en el capítulo de Hidrología y a reforzar lo descrito en el capítulo de Geología, mediante la correlación de la información obtenida.

#### a) Método de la construcción de los pozos en la Mesa del Seri.

Una vez que la Comisión Nacional del Agua ubicó los sitios para la perforación de pozos, con base en estudios de geofísica y geohidrología se procedió a realizar los siguientes pasos:

Se definió el diámetro y la profundidad probable para realizar la perforación exploratoria la cual sirve para conocer la estratigrafía y confirmar los resultados de los estudios previos de geofísica y geohidrología.

Durante la perforación se tomaron muestras de los materiales atravesados a cada 2 metros de avance en dicha perforación. Además de haberse tomado las muestras adicionales en los cambios de formación. Las muestras obtenidas fueron guardadas en frascos de vidrio y etiquetados con el nombre o número de identificación de cada uno de los pozos, número progresivo de la muestra y profundidad a la que corresponde cada uno.

Con la información que arrojaron las muestras que se tomaron en cada uno de los pozos, se hizo la clasificación del material y la realización del corte litológico, detectado en cada pozo.

Los materiales quedan clasificados en grupos (i, ii, iii) los cuales a su vez contienen los siguientes tipos de materiales:

#### Material tipo I

- Arcilla
- Arenas y gravas
- Limos
- Tobas redepositadas
- Depósitos lacustres
- Pómez, lapilli y cenizas volcánicas

#### Material tipo II

- Areniscas
- Conglomerados y brechas
- Lutitas
- Pizarras
- Calizas y dolomitas
- Rocas ígneas alteradas
- Rocas metamórficas
- Tobas no depositadas
- Tezontle

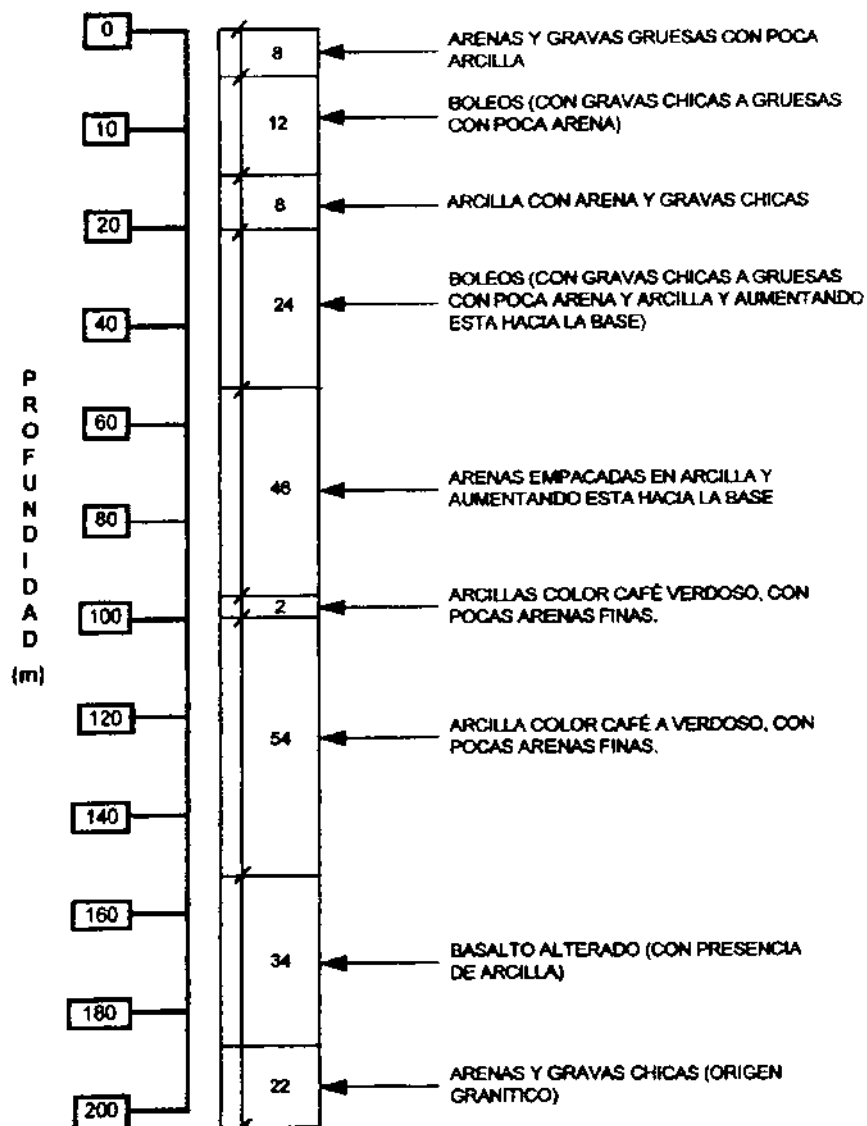
#### Material tipo III

- Rocas ígneas extrusivas
- Rocas ígneas intrusivas
- Cuarcitas
- Cantos y boleos inestables
- Aglomerados volcánicos

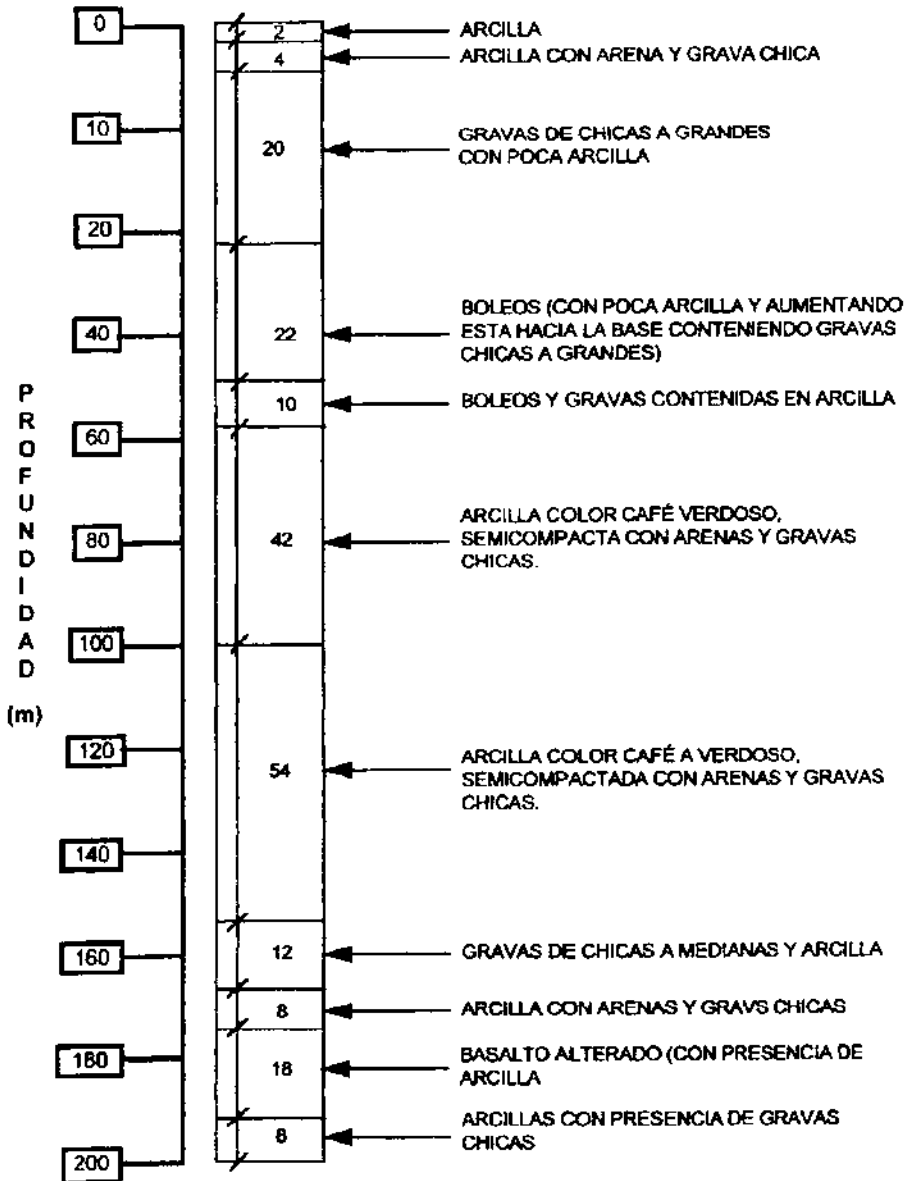
[1]

A continuación se presenta el corte litológico de cada uno de los pozos.

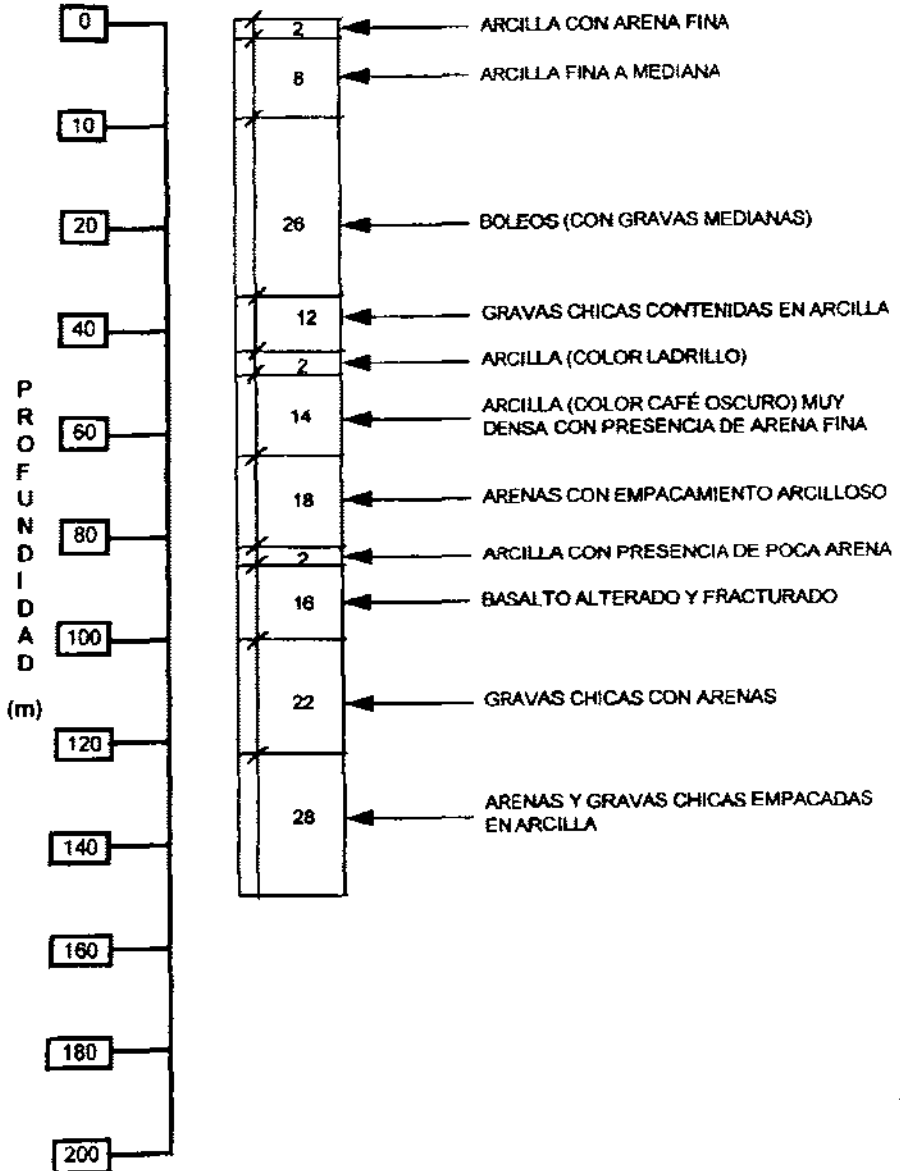
**CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-1**



**CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-2**

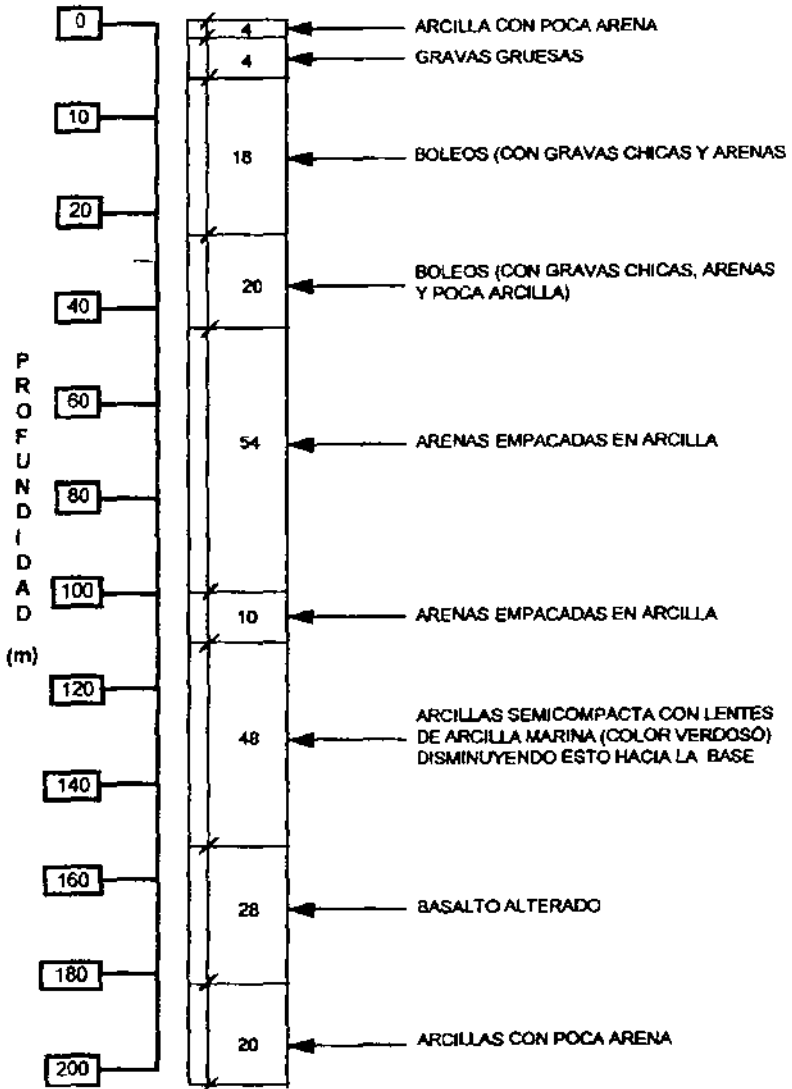


CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-3

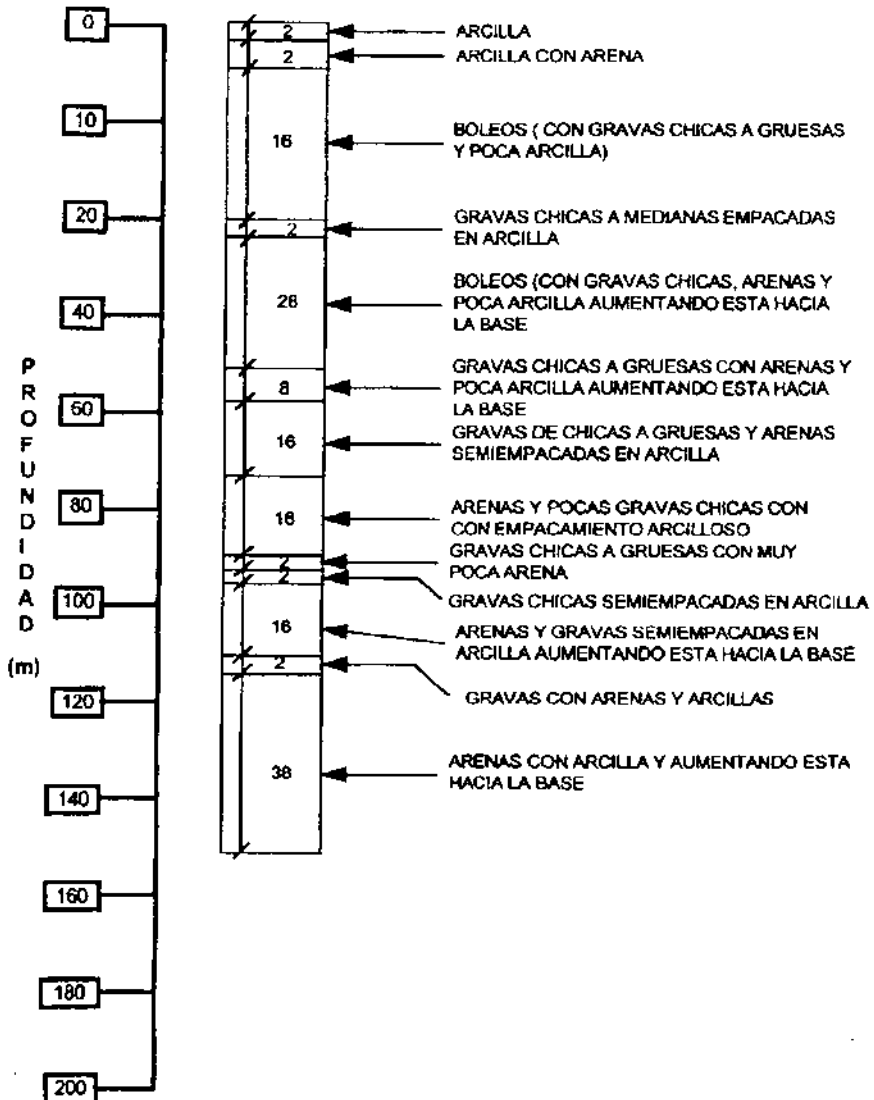




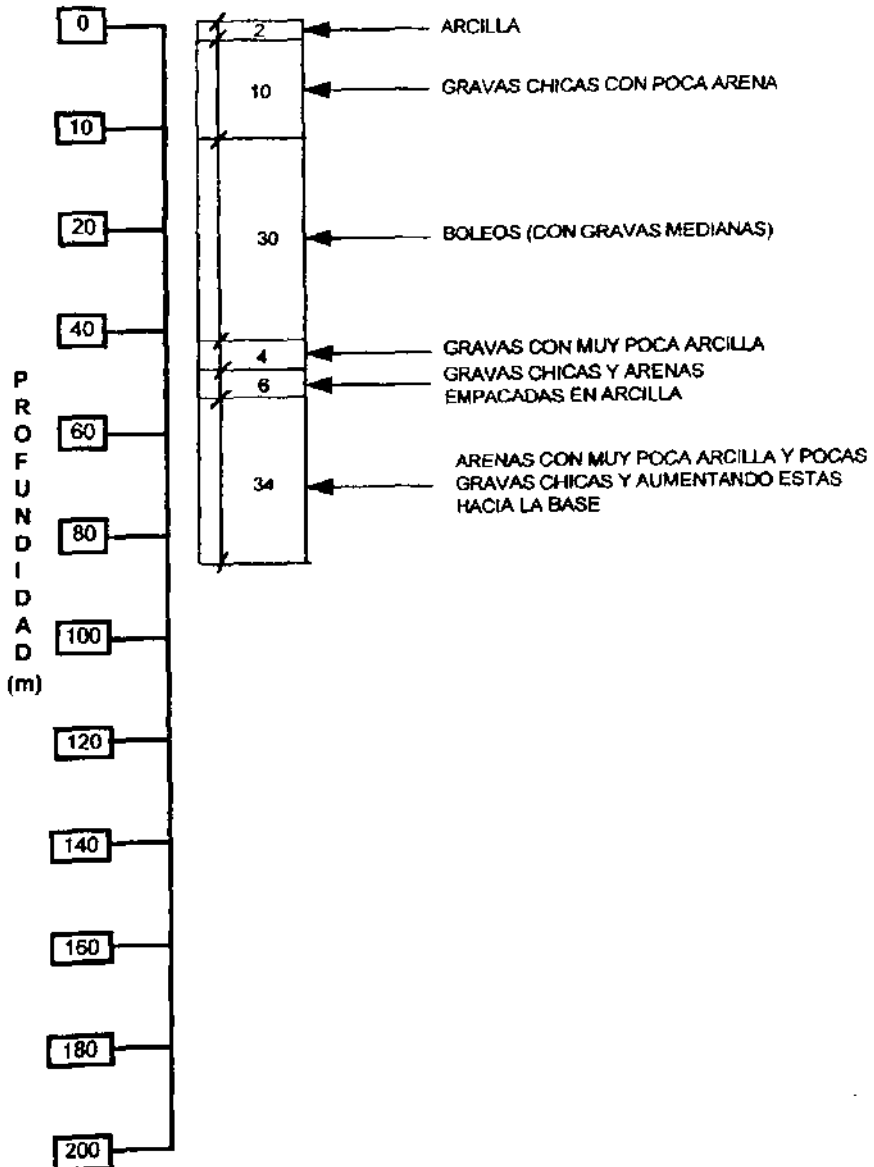
**CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-4**



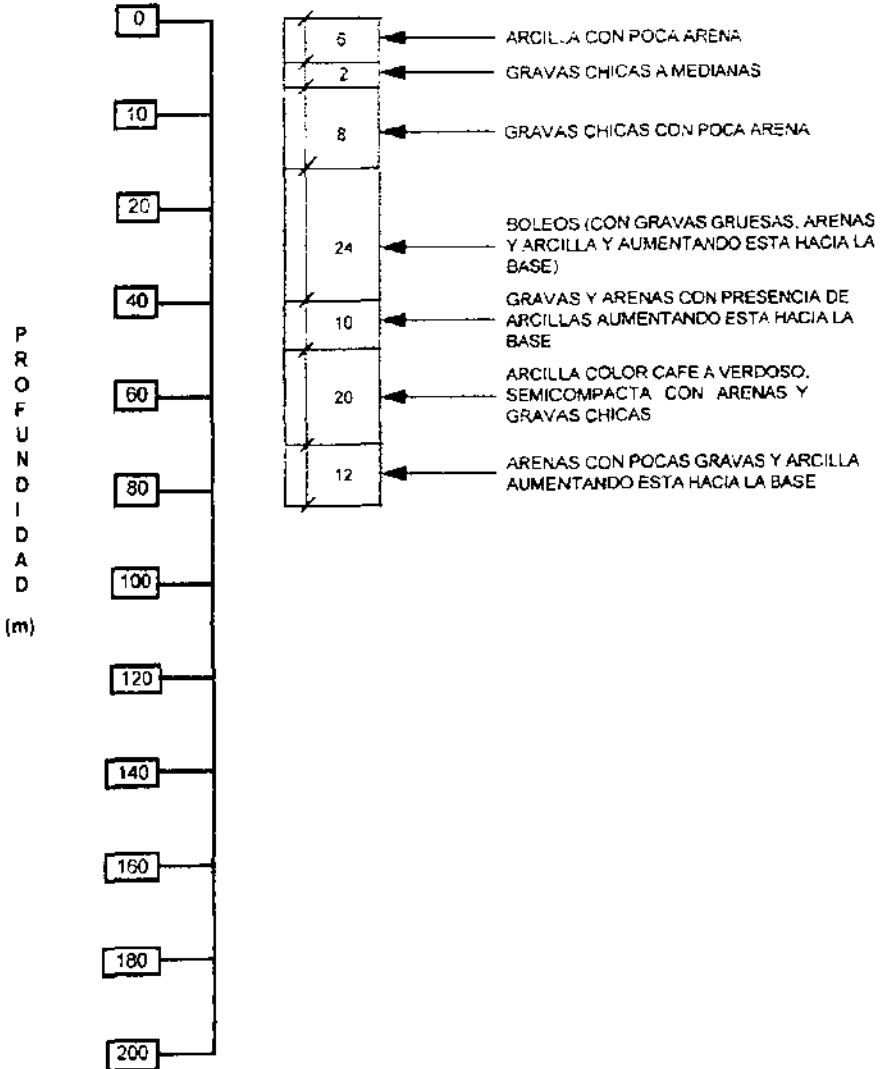
**CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-5**



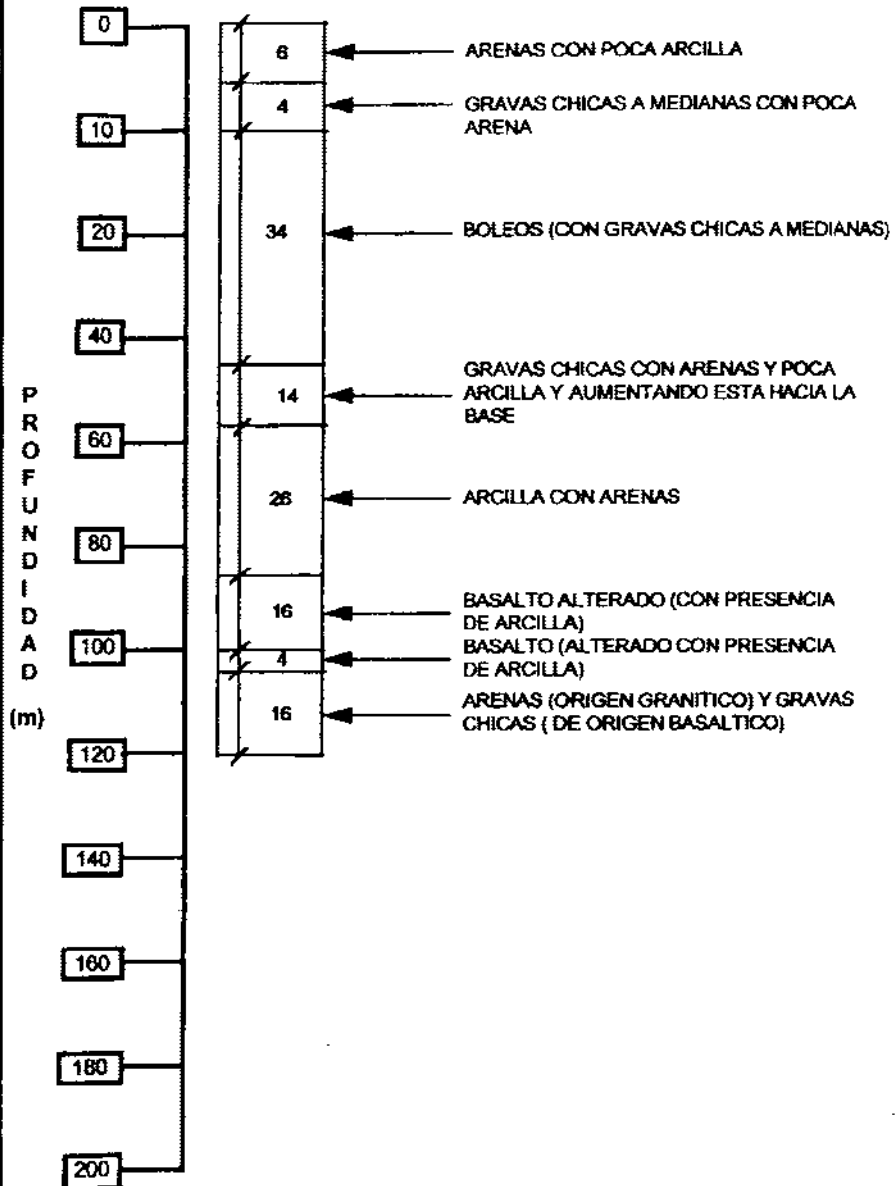
CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-6



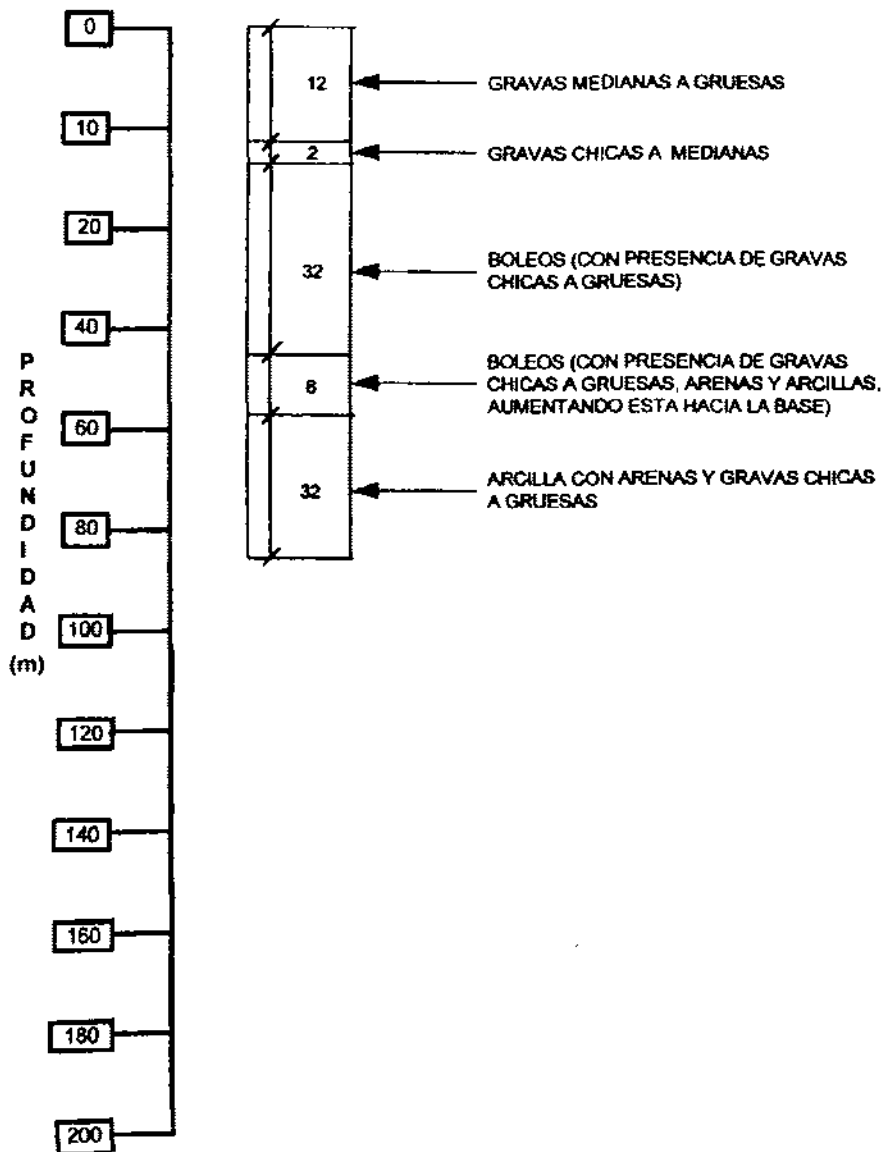
CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-7



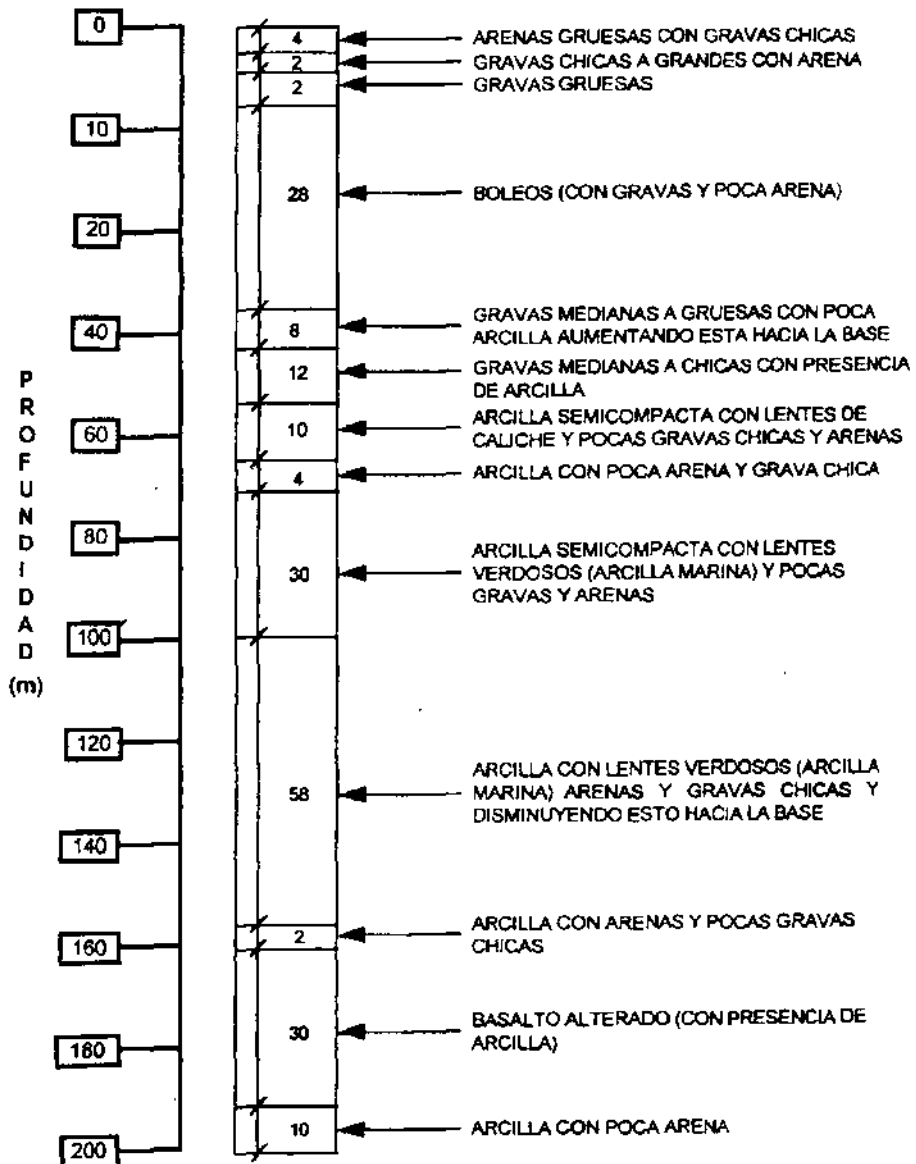
**CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-8**



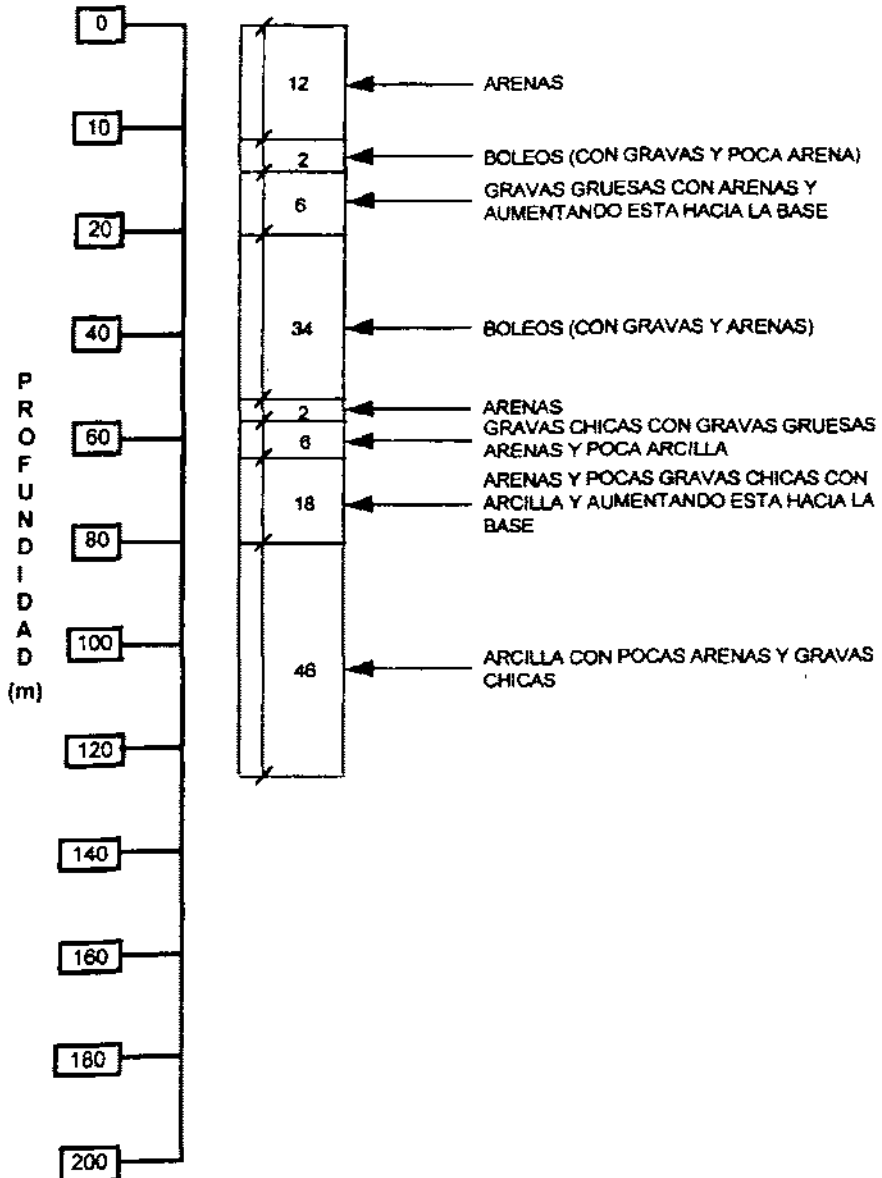
**CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-9**



**CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-10**

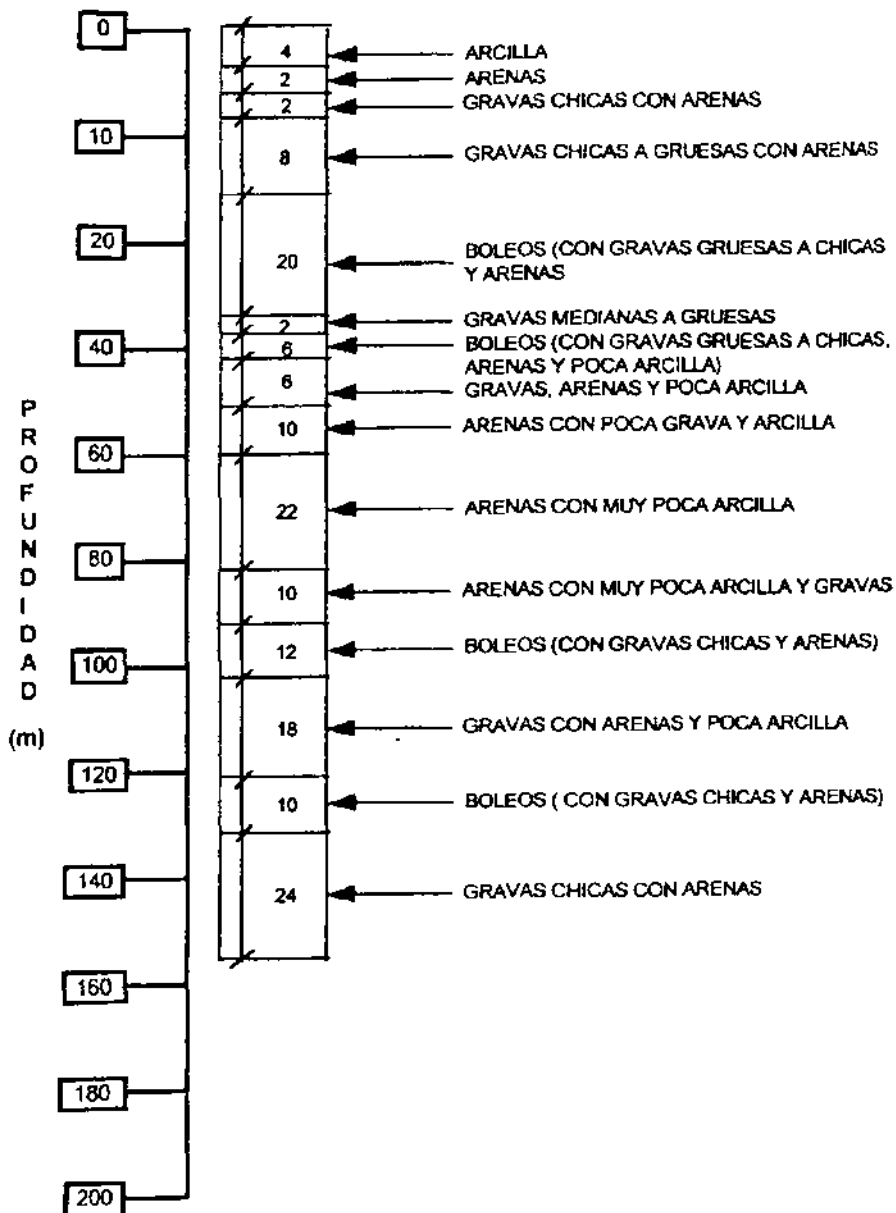


**CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-11**

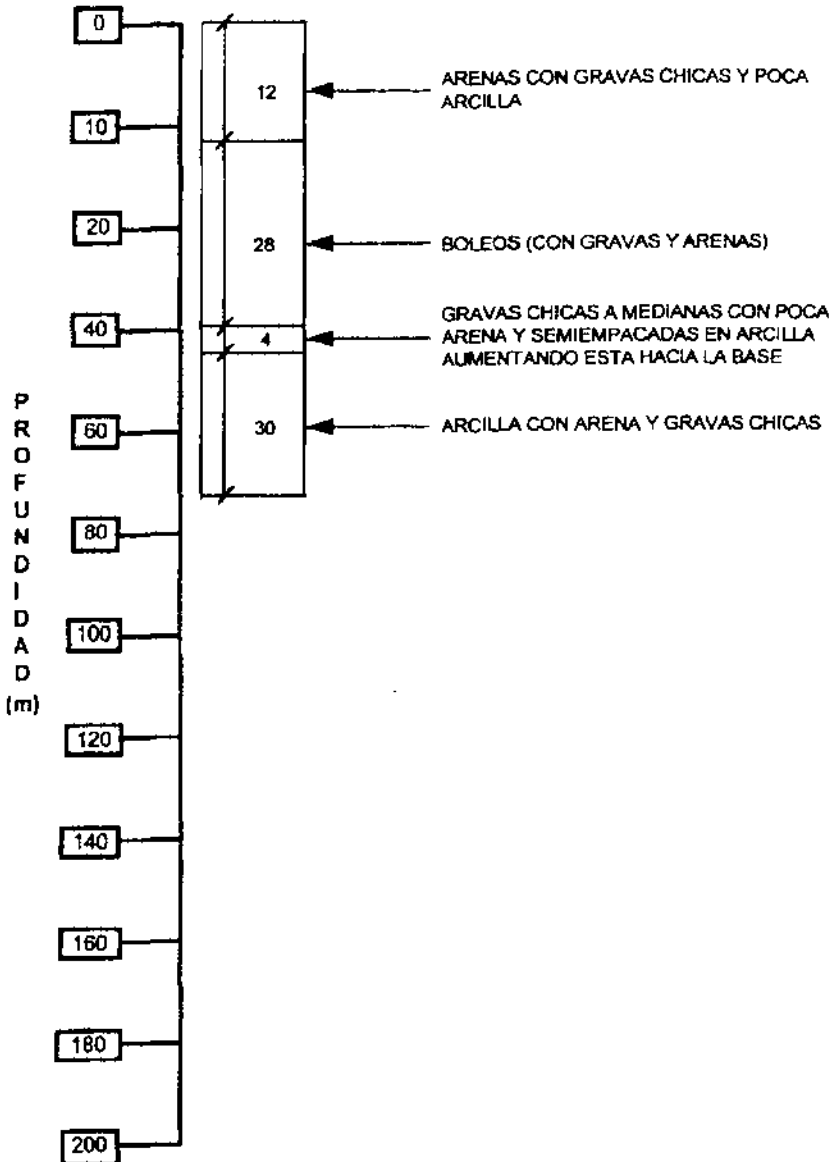




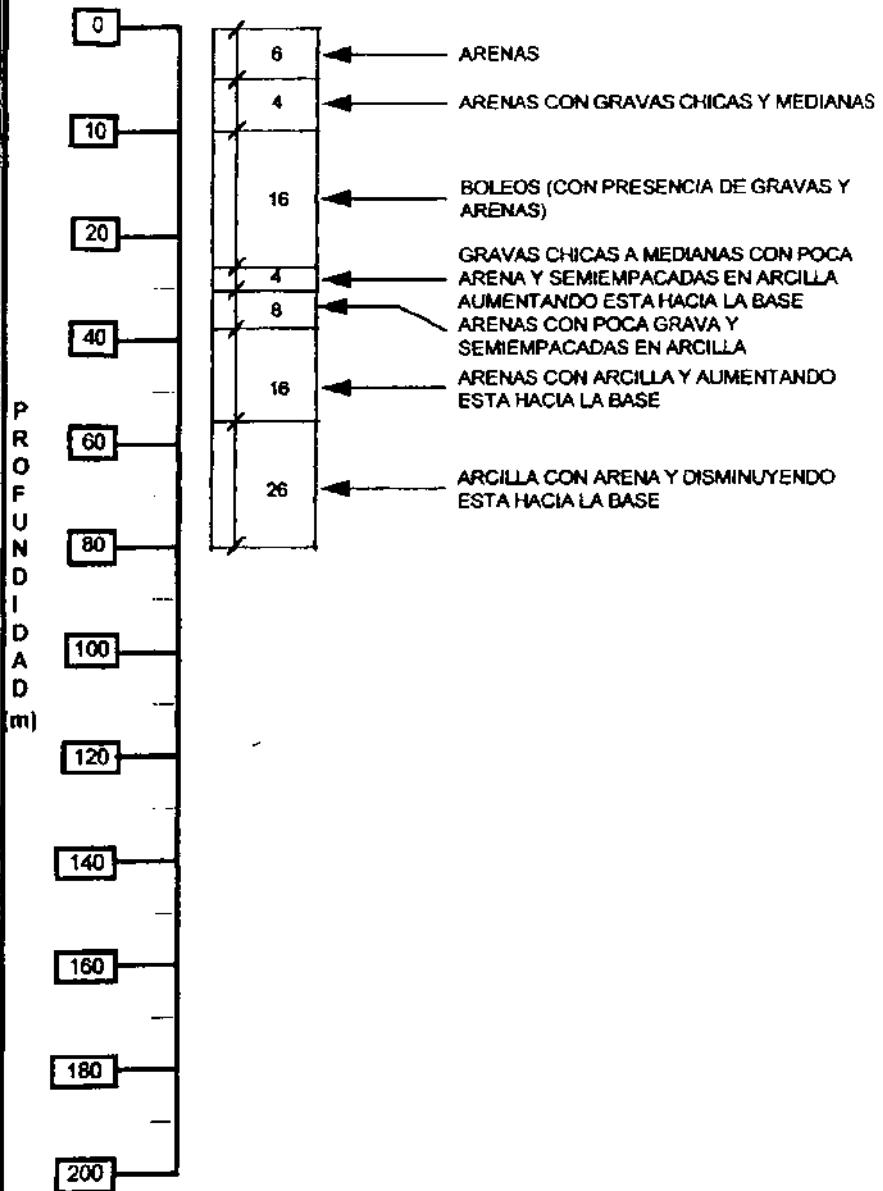
**CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-12**



**CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-13**



**CORTE LITOLÓGICO  
POZO MS-14**



Una vez que se llegó a la profundidad recomendada y se hizo la clasificación de los materiales, se corrió un registro eléctrico el cual da como resultados la resistividad y el potencial de las formaciones atravesadas.

Si el resultado del registro eléctrico es positivo se procede al diseño del pozo, con la definición de la profundidad, la selección del tipo de ademe y contra – ademe, conforme sea necesario, incluidos los diámetros de ampliación para alojarlos, y el diseño del filtro del pozo.

Las ampliaciones tienen la finalidad de crear un espacio anular para colocar el filtro de grava, entre la formación y el ademe ordenado y cedazo.

Se hizo, entonces, el ademado del pozo, el cual se instala para prevenir que se colapsen las paredes del pozo y para usar como camisa protectora para las columnas y bombas dentro del pozo. Debe ser lo suficientemente fuerte para resistir las presiones ejercidas por el material que rodea al pozo, o por presiones impuestas durante su instalación, además deberá resistir la corrosión de los componentes del suelo y agua. La longitud total del ademe para cada caso es tal que sobresale por lo menos un metro del terreno natural.

Debe recordarse que la tubería debe entrar holgadamente en la perforación y deberá girar libremente cuando esté suspendida, no debiendo ser hincada en ningún caso.

En materiales poco consolidados y en ciertas condiciones en materiales consolidados, en la zona bajo el nivel freático, deberá proveerse de cedazos o de ademes ranurados con determinadas aberturas que permitan el paso del agua dentro del pozo, al mismo tiempo que impidan o reduzcan al mínimo la entrada de materiales finos durante el bombeo.

Lo anterior se logra con la combinación de una granulometría adecuada del filtro introducida entre el ademe y la pared del pozo y con aberturas apropiadas del ademe de tal manera que sólo se permita la entrada de agua y no de finos o materiales en el entorno

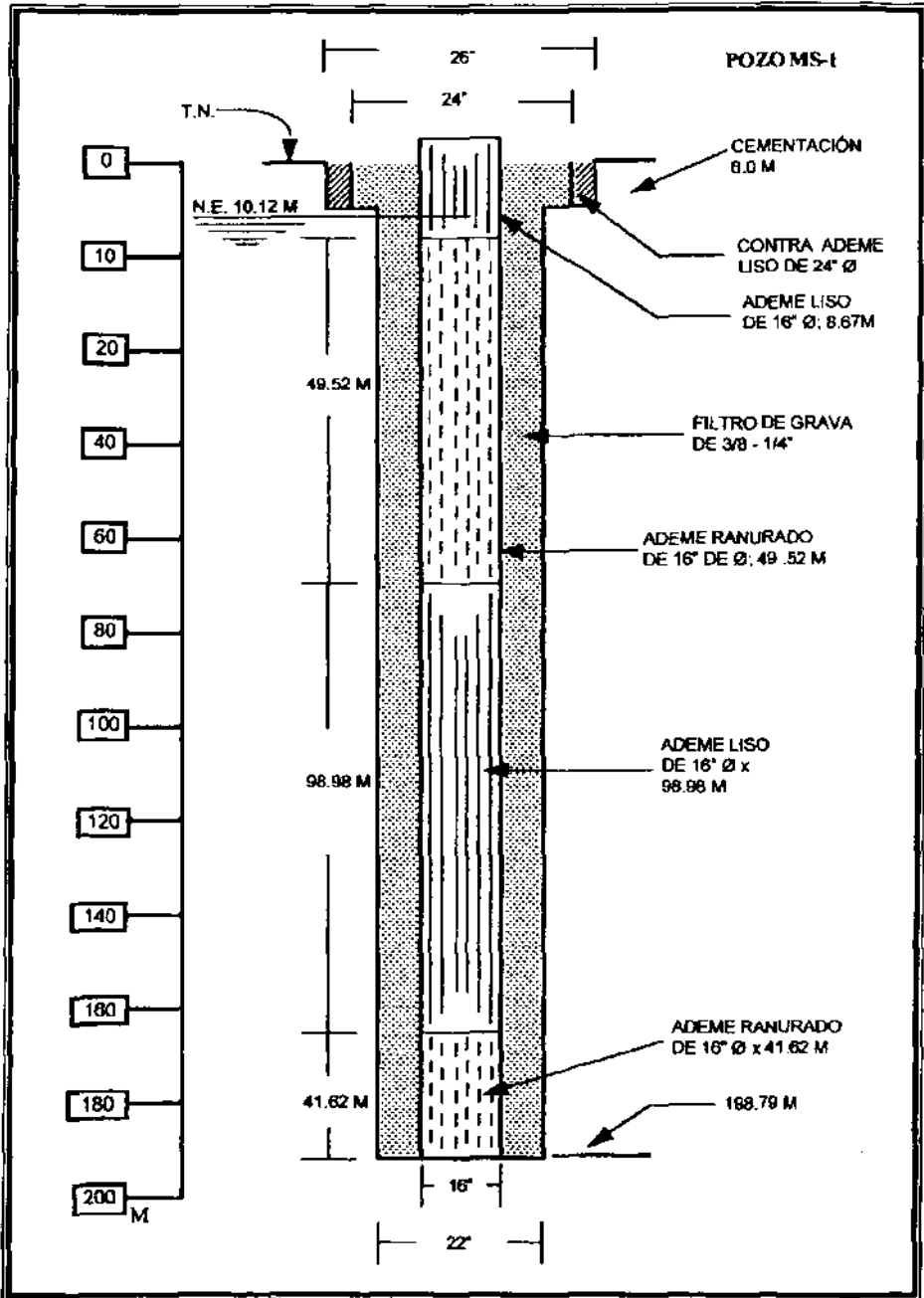
del pozo, sin llevar por supuesto a una excesiva pérdida de carga hidráulica en el recorrido desde la formación hasta el pozo.

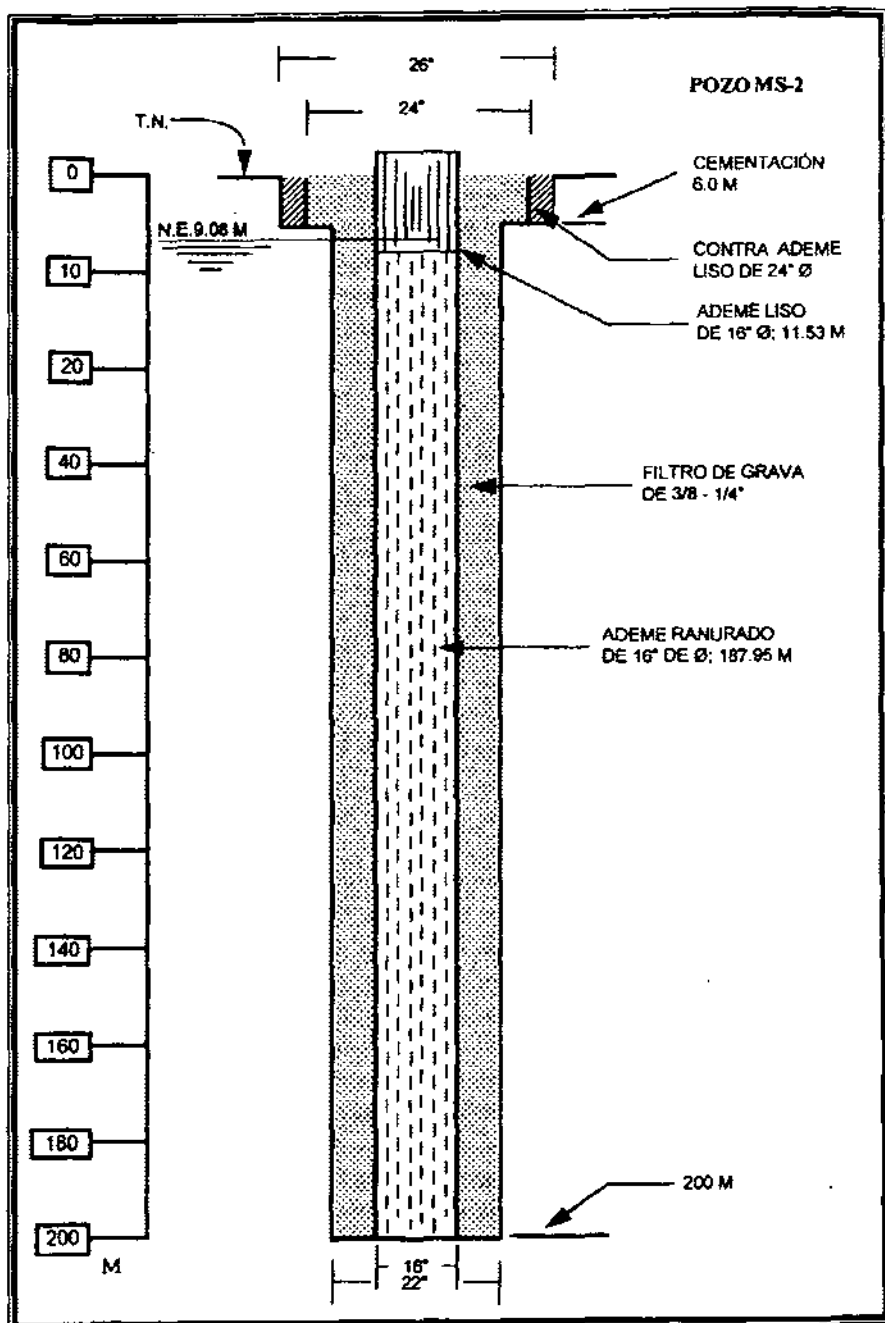
Posteriormente se colocó un filtro de grava que consiste en un material de una determinada granulometría que se instala en el espacio anular entre el cedazo y la formación. Tiene como función, aumentar la eficiencia y la capacidad específica del pozo y reducir, además, el excesivo acarreo de arenas y finos dentro del pozo.

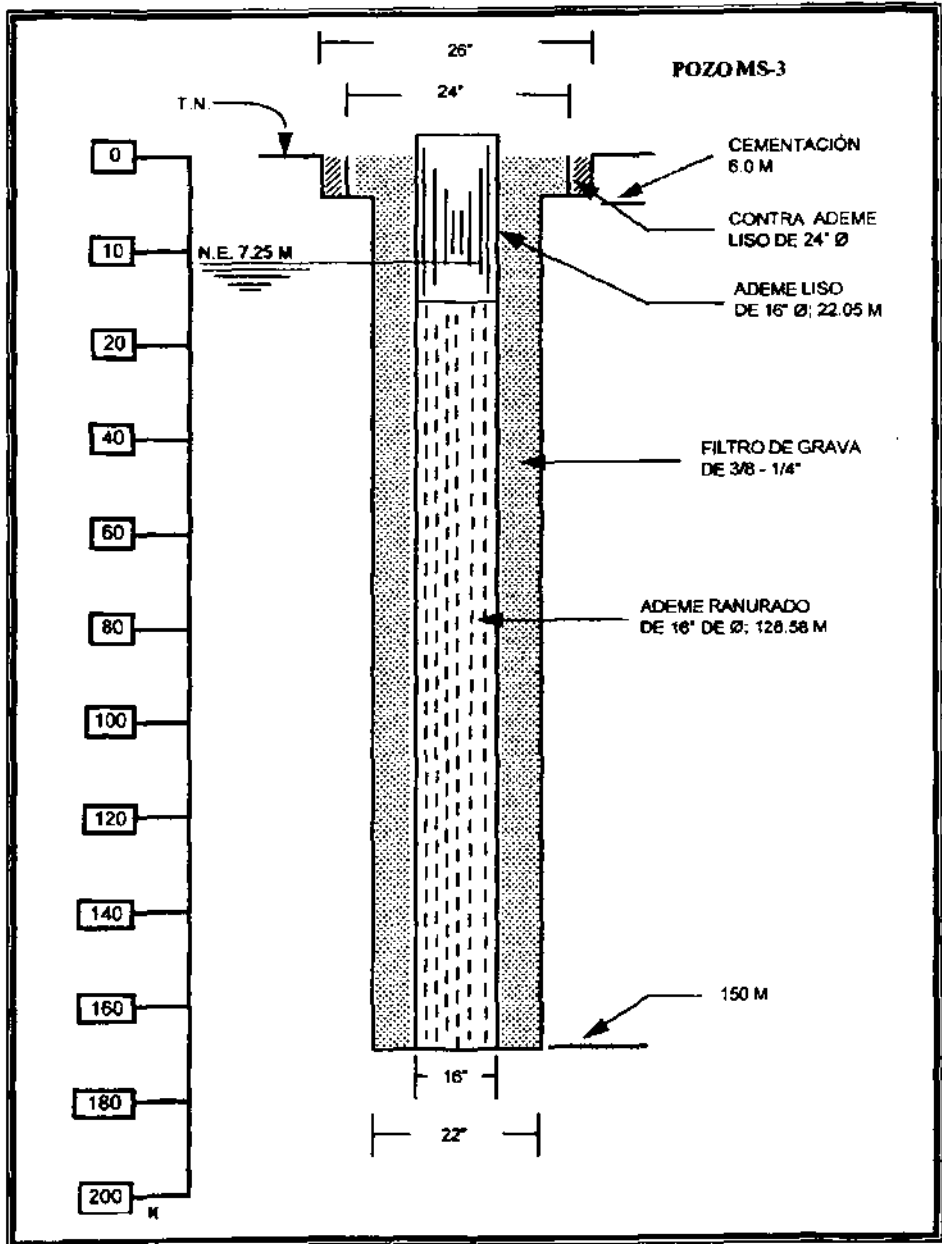
El filtro debe tener una permeabilidad considerablemente más alta que la formación, de tal manera que puede considerarse como un aumento del diámetro efectivo. La grava debe consistir en un material limpio, granular, redondeado y debe estar prácticamente libre de arcilla, mica o materia orgánica.

Otra de las actividades que se realizó fue la colocación del contra – ademe, el cual tiene como función proteger e impedir alterar las formaciones someras, además de dar la protección necesaria a la captación. Cuando se cementa, también se impide la conexión directa desde la superficie al acuífero profundo y su contaminación y protege al pozo cuando se presentan caídos o fallas de las formaciones profundas, impidiendo la salida del caído hasta la superficie.

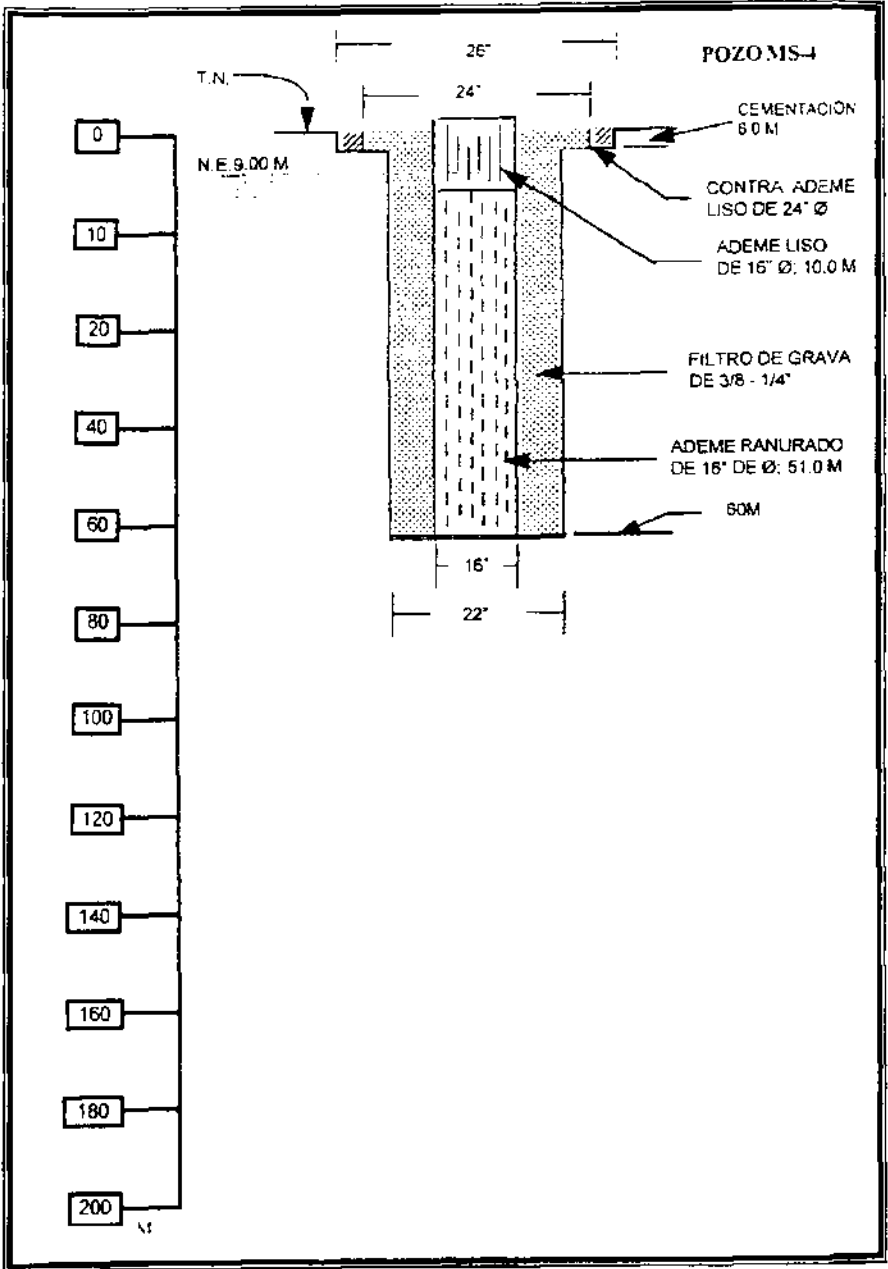
A continuación se presentan los esquemas correspondientes a la terminación de los pozos.



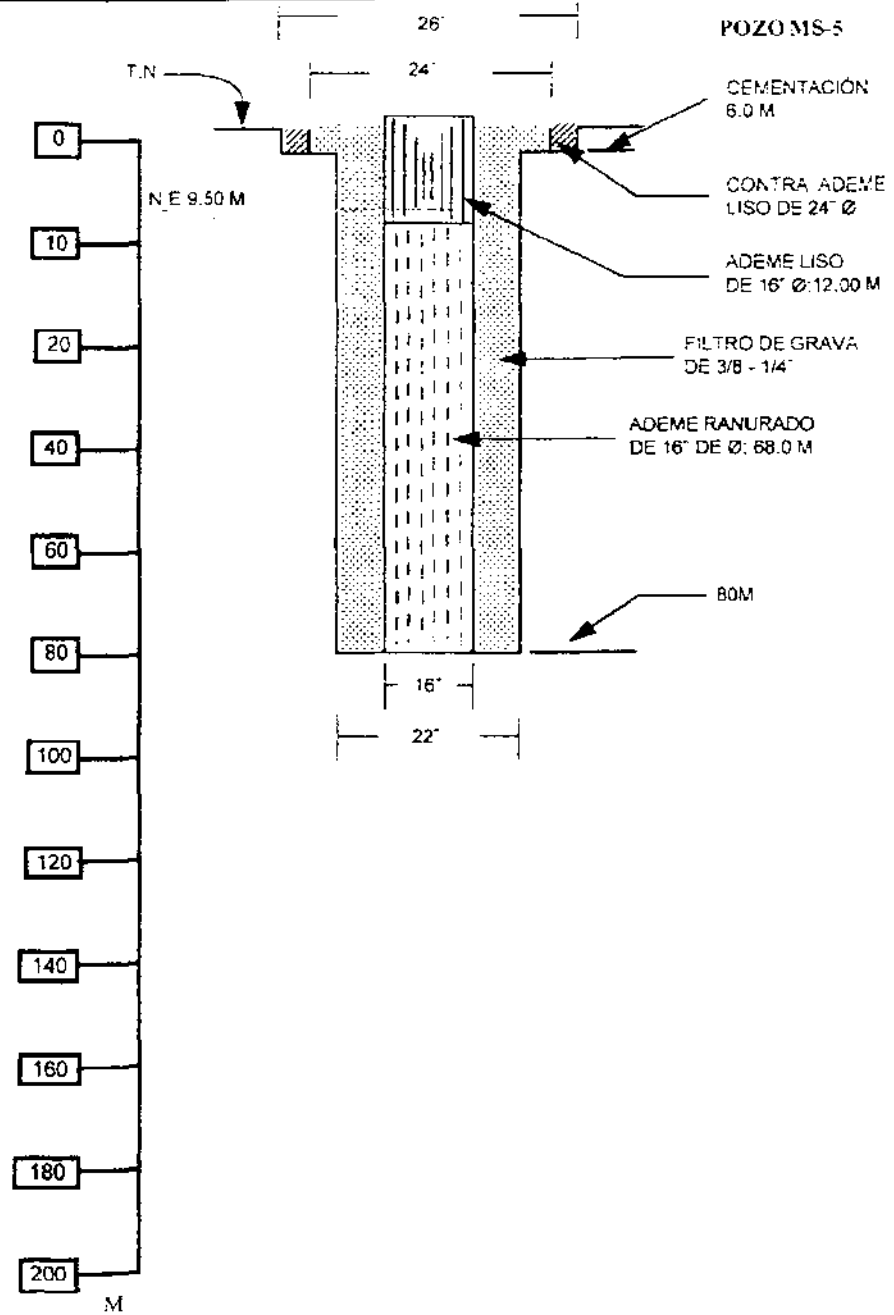


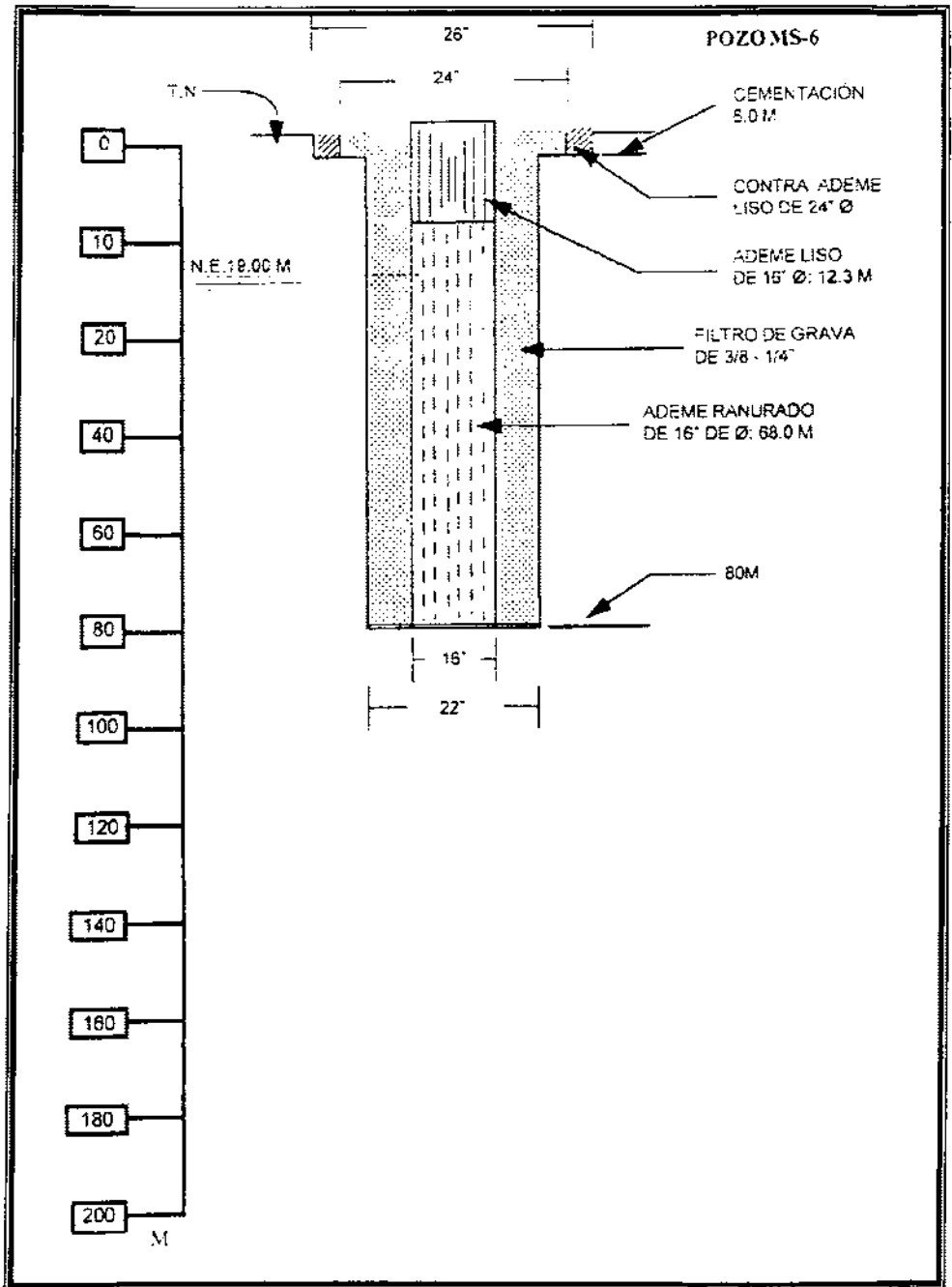


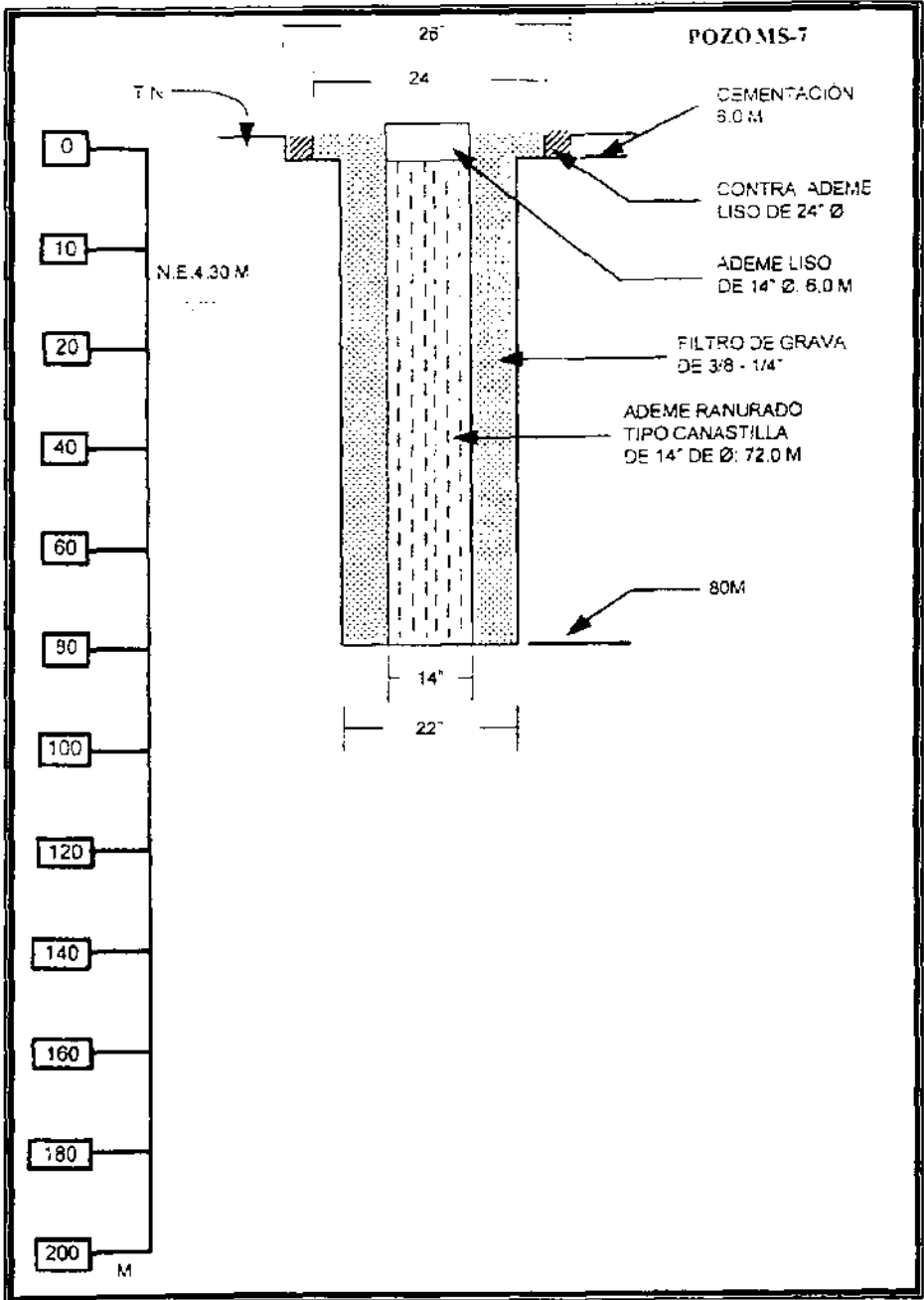


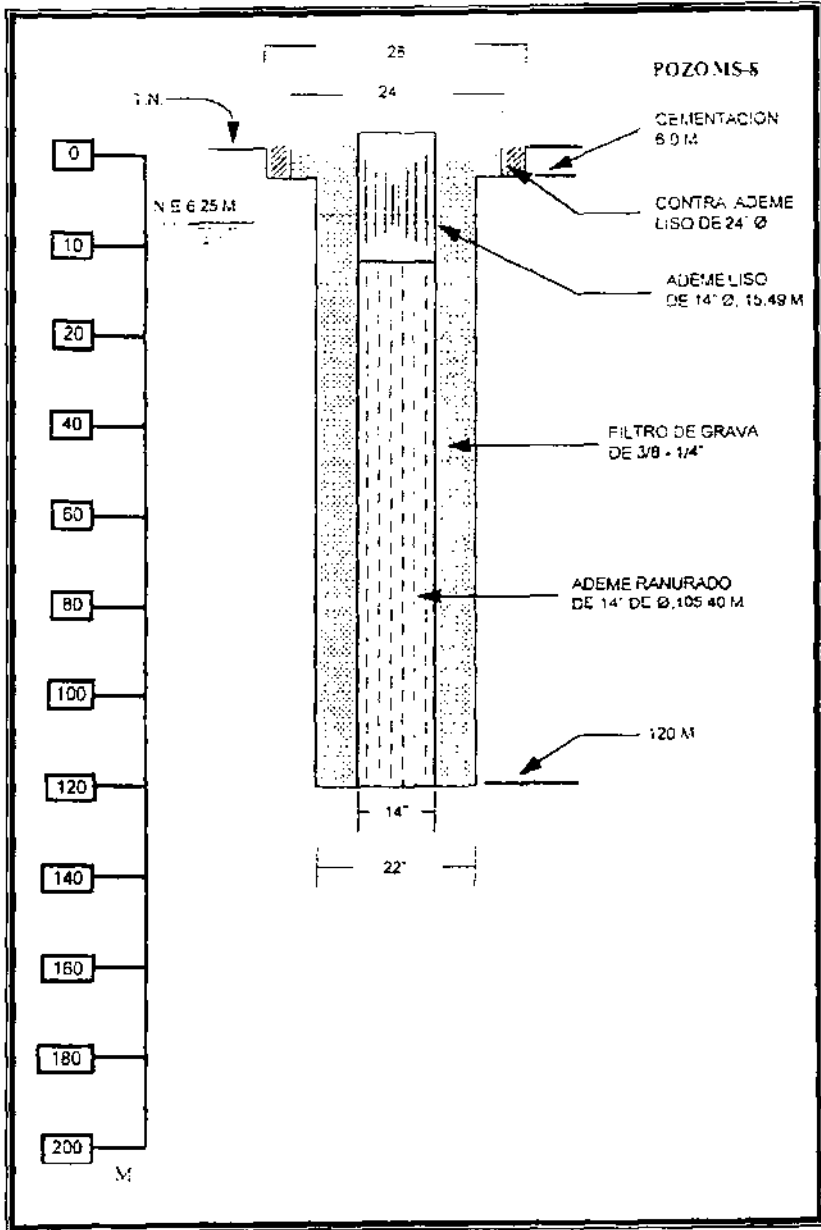


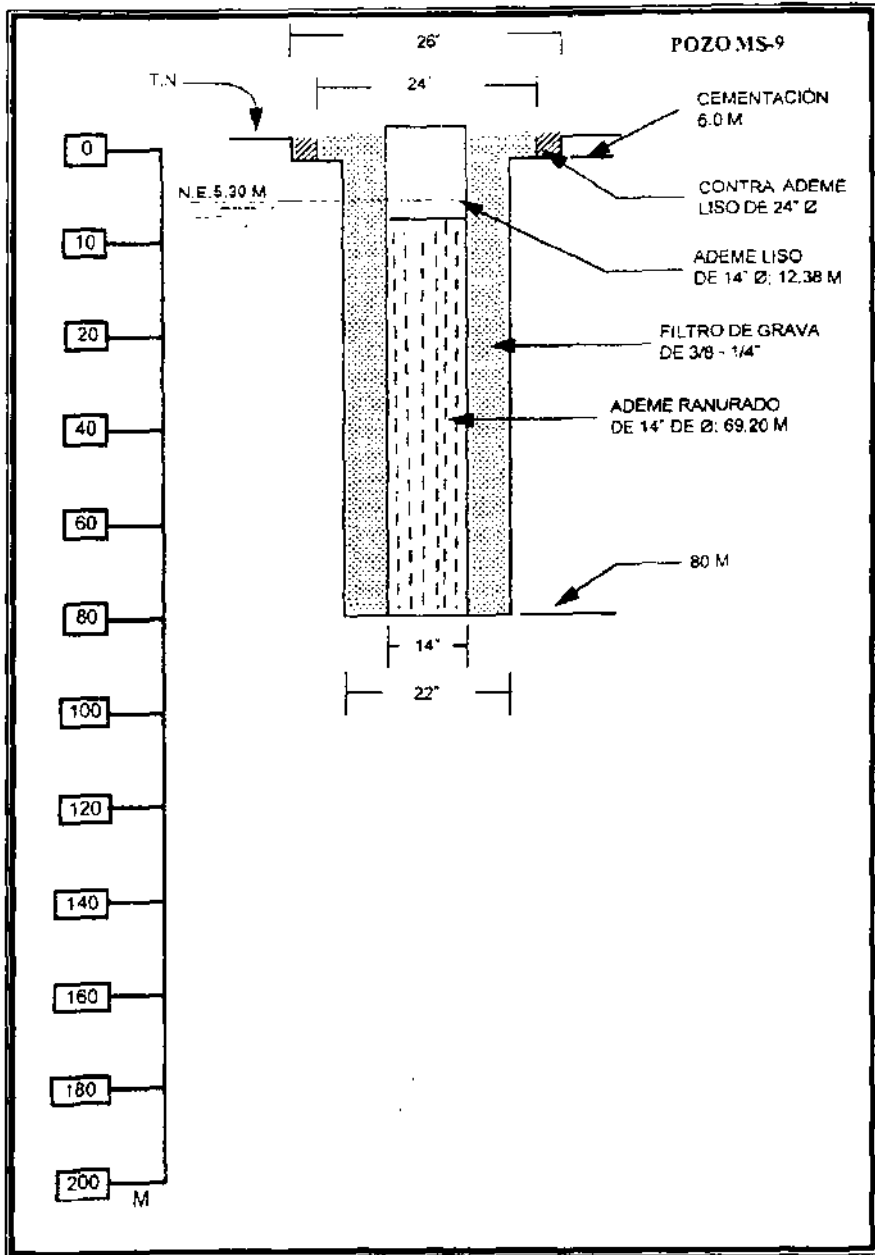
POZO MS-5

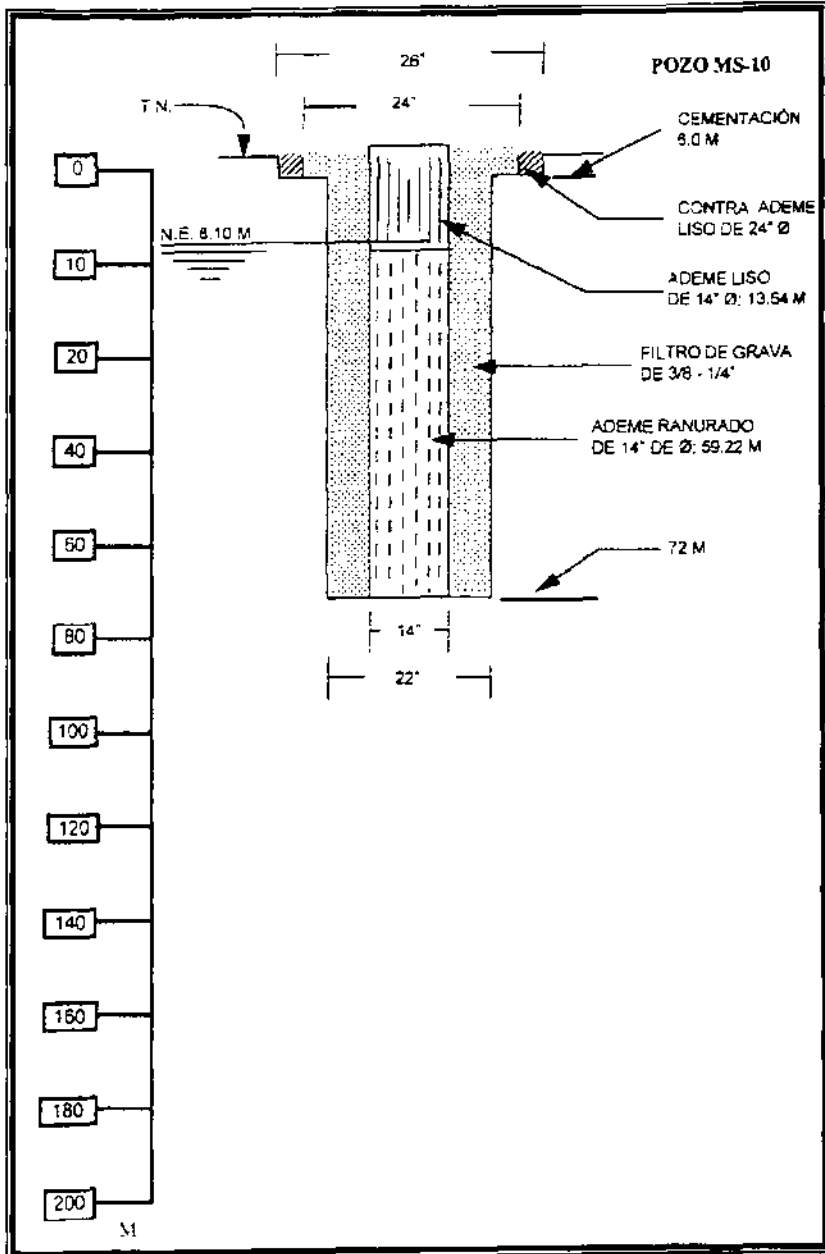


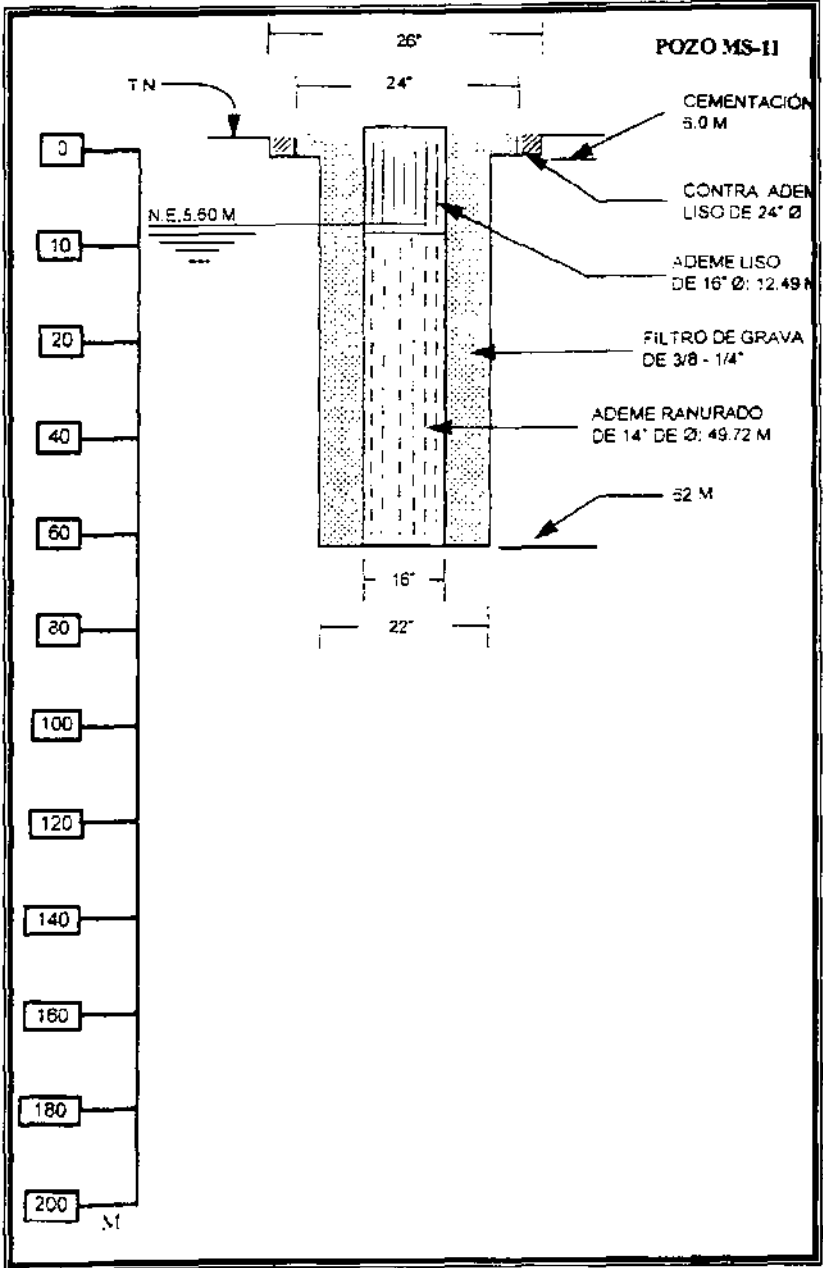




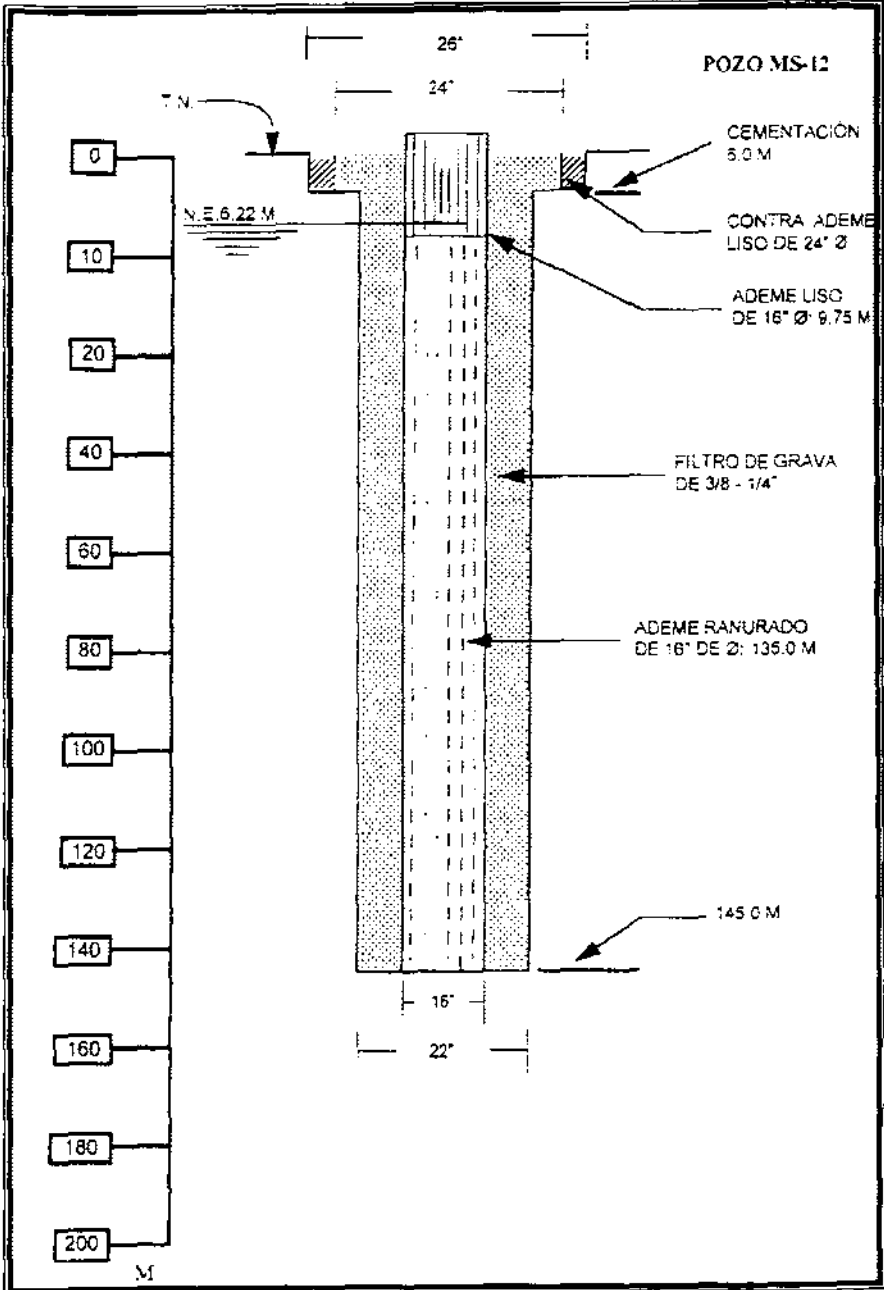


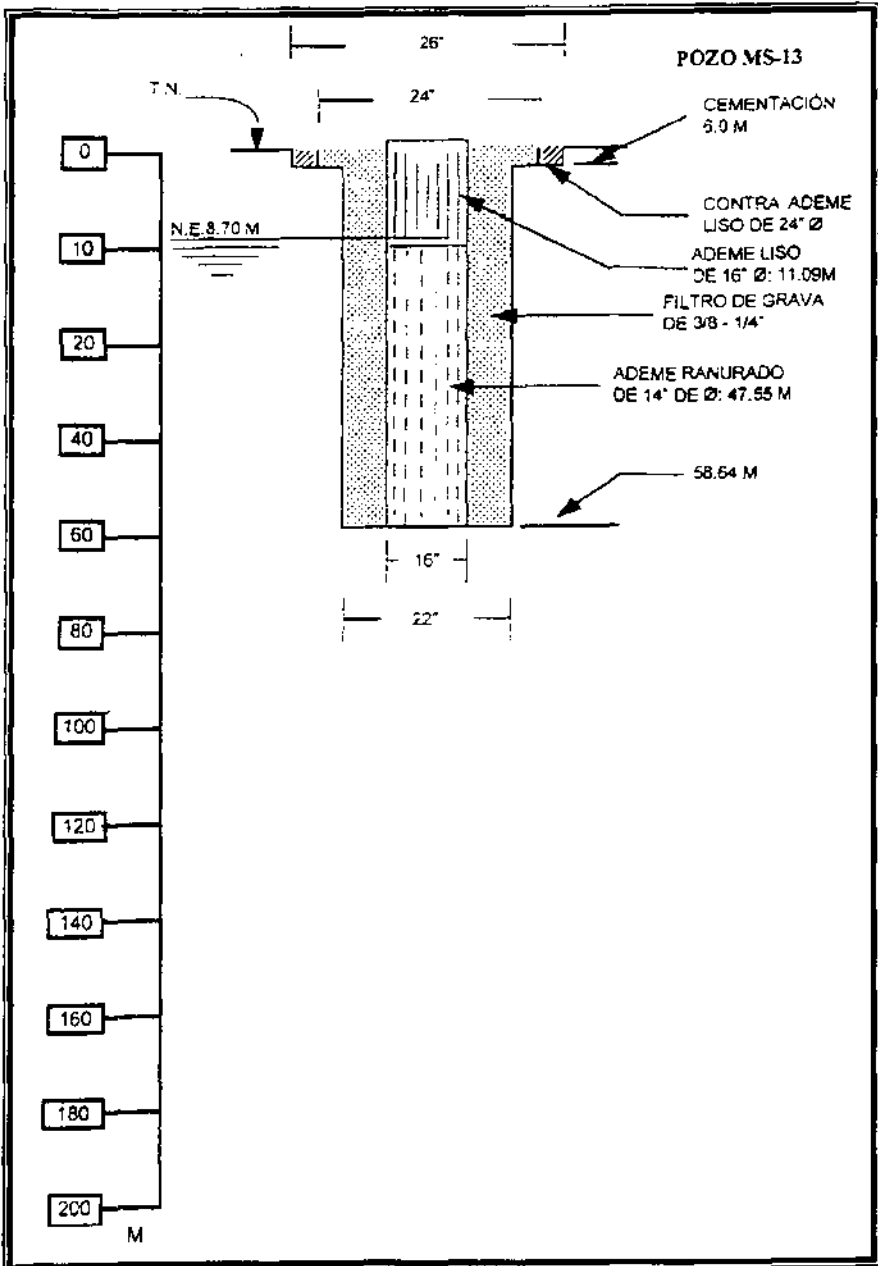












Para llevar a cabo la actividad de terminación del pozo, se hizo la limpieza de los lodos, materiales finos y de residuos presentes, además de la extracción del asolve depositado en el fondo del pozo, mediante el lavado, pistoneo y cuchareo del pozo.

### **Pistoneo y cuchareo**

Mediante este procedimiento se da energía al agua en la zona donde se está pistoneando, creando un flujo hacia la rejilla al bajar el pistón que presiona a la columna de agua y, posteriormente, un ligero bombeo desde la rejilla mediante la succión generada en dicha columna al subir el pistón.

Este procedimiento puede ser efectuado simple y rápidamente cuando se utiliza una máquina de percusión (pulseta), ya que en este caso es posible crear el efecto del pistón con la cuchara, lo que permitirá ir extrayendo los cortes y finos con ella misma, una vez que se han acumulado en el fondo del pozo, y así proseguir sucesivamente.

### **Lavado, pistoneo y cuchareo**

Este procedimiento de desarrollo es prácticamente el mismo que el descrito anteriormente, sólo que el tiempo de cuchareo se reduce notablemente, ya que los finos y residuos de lodo son extraídos mediante la circulación de agua limpia que se inyecta a través de tubería (generalmente de perforación) manejada desde la superficie.

Debe hacerse mención que ésta es una de las actividades más importantes para la terminación del pozo ya que del adecuado desarrollo puede depender el buen funcionamiento del pozo construido.

Con el desarrollo se elimina cualquier tipo de gel o enjarre que se haya adherido en las paredes del pozo y los finos que hayan penetrado en la formación, disminuyendo la permeabilidad de algunos acuíferos importantes. Se extraen los finos que están cerca o en contacto con el material filtrante, formando un filtro natural con una permeabilidad mayor que la de la formación, además se reacomoda el material del filtro y de la formación adyacente estabilizándolo, evitando de esta forma el paso de finos y

contribuyendo a tener un pozo más eficiente, con mayor vida y bajos costos de mantenimiento y operación.

Después de la limpieza y desarrollo inicial del pozo, se procedió al desarrollo con bomba que se realiza con varios incrementos de caudal, conforme se limpia el agua bombeada y se estabiliza el nivel dinámico, hasta alcanzar el mayor caudal posible, ya sea por la productividad del pozo o por la capacidad del equipo de bombeo utilizado durante el aforo. Generalmente, los incrementos se escalonan en cinco pasos o más hasta alcanzar el desarrollo final.

En este caso se utilizaron perforadoras rotarias, este tipo de equipos está integrado por la mesa rotaria, la flecha de perforación, que transmite la fuerza de rotación a la herramienta que le es conectada al ir profundizando el pozo, los sistemas de transmisión y embrague, así como la toma de fuerza del motor y la caja de velocidades. Todo lo anterior es complementado con cuñas y collarines que permiten sostener la herramienta en la mesa rotaria y efectuar las conexiones.

Cuando se perforan materiales suaves, con el incremento de la velocidad de rotación generalmente se obtiene un aumento del rendimiento de penetración.

El sistema de circulación de lodos o fluidos, da los caudales y presiones necesarias de trabajo.

La acción perforadora es debida a la aplicación de un peso suficiente en el fondo del pozo, para romper la estructura de la roca, mediante la utilización de la barrena auxiliada por el movimiento de rotación.

La broca al girar, corta y desmenuza el material conforme penetra en la formación y una vez realizada esta operación se limpia el fondo del pozo y desalojan los cortes, mediante la circulación del fluido de perforación que se alimenta a través de la herramienta y que sólo al descargar a través de la broca, golpea el fondo del pozo limpiándolo de las partículas quebradas y ayudado en algunos casos de rocas suaves, a fracturar la roca. El fluido prosigue desplazándose hacia afuera del pozo con determinada velocidad, acarreado los cortes a la superficie para extraerlos, mientras la tubería y

broca prosiguen su accionar profundizando el pozo, el fluido descarga finalmente en la superficie, donde se separan los cortes mediante su decantación en las fosas construidas para tal efecto por vibración, mediante el uso de mallas adecuadas.

A continuación se hará un análisis de toda la información contenida en este capítulo y en cada uno de los anteriores para poder llegar a conclusiones y finalmente hacer las recomendaciones pertinentes que aporten posibles soluciones al actual sistema de abastecimiento de agua potable a la ciudad de Hermosillo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [13] Reporte técnico sobre la construcción de los pozos de la Mesa del Seri y Río Sonora, programa emergente para el abastecimiento del agua potable en Hermosillo, Son., CNA, Grupo Mofal, S.A. de C.V. ( 1998 )

**ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA**

## VIII. ANÁLISIS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

- El acuífero del río Sonora, es recargado por entradas de aguas superficiales que se infiltran desde el noreste provenientes de la presa "El Molinito", por la zona del canal Camou, desde el norte, así como cerca del vaso de la presa "Abelardo L. Rodríguez" por las entradas del río San Miguel de Horcasitas y por el acuífero existente en esa zona. Además de lo anterior, se tiene la recarga de los excedentes de lluvia que escurren o se infiltran en la sub – cuenca propia, correspondiente a esta zona del río y que finalmente alcanzan el cauce del mismo.
- El espesor del acuífero varía, entre 25.0 y 60.0 m con un valor medio de 35.0 m, su longitud aproximada es de 24.0 km.
- Las salidas del acuífero son: las propias a través del aluvión que hay bajo la presa "Abelardo L. Rodríguez" y las del bombeo de aguas subterráneas para diversos fines: agropecuarios, industriales y para abastecimiento de agua potable de la población.
- Por lo anterior, el agua antes de almacenarse en la presa "Abelardo L. Rodríguez", se pierde por flujo subterráneo.
- Como se pudo observar a través de los cortes litológicos de los pozos, al final de su perforación, en las secciones geológicas - piezométricas el acuífero está conformado principalmente por materiales de relleno, así como la presencia de dos acuíferos, uno superior y otro inferior siendo el superior más productor por las condiciones de infiltración que ya se han comentado.

• **RESUMEN DE SUBCUENCAS DEL RÍO SONORA**

SUB-CUENCA RÍO SAN MIGUEL HORCASITAS		
		%
ÁREA DE LA CUENCA DEL RÍO SAN MIGUEL HORCASITAS	4,266 Km <sup>2</sup>	20.0
SUB-CUENCA RÍO ZANJON		
ÁREA DE LA CUENCA DEL RÍO ZANJON	4,324 Km <sup>2</sup>	20.3
SUB-CUENCA RÍO SONORA		
ÁREA DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA	12,707 Km <sup>2</sup>	59.7
<b>ÁREA TOTAL DE LA CUENCA DEL RÍO SONORA</b>	<b>21,297 Km<sup>2</sup></b>	<b>100.0%</b>

• Los escurrimientos superficiales están siendo controlados por las estaciones hidrométricas como a continuación se presenta:

**Estación "El Oregano"**

En el río Sonora, aguas arriba de la Presa "El Molinito"

Area cubierta 11,764.0 km<sup>2</sup>

**Estación "El Cajón"**

En el río San Miguel de Horcasitas

Area cubierta 3,791.0 km<sup>2</sup>

Area total controlada 15,555.0 km<sup>2</sup>

Los volúmenes promedio aforados son los siguientes:

**Estación "El Oregano"**

De 1941 – 1991 113'862,139 m<sup>3</sup>/año

**Estación "El Cajón"**

De 1979 – 1994 56'440.819 m<sup>3</sup>/año



- El uso actual del agua en el área del valle del río Sonora, es el siguiente:

**CANTIDADES DEL USO DEL AGUA**

USO	Mm <sup>3</sup>	PORCENTAJE
AGROPECUARIO	31.138	35.77%
AGUA POTABLE Y USO DOMÉSTICO	51.475	59.14%
INDUSTRIAL	4.426	5.08%
<b>TOTAL</b>	<b>87.039</b>	<b>100.00%</b>

- La piezometría muestra que el flujo del agua subterránea, coincide con el superficial, tanto en el río Sonora, como el río San Miguel de Horcasilas.

- Se llevó a cabo un balance en un periodo entre los años 1969 y 1987 como sigue:

<b>BALANCE</b>	
<b>PERIODO 1969-1987</b>	
<b>ENTRADAS:</b>	
ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL	124.711 Mm <sup>3</sup>
LLUVIA DIRECTA AL MOLINITO	3.561 Mm <sup>3</sup>
EXCEDENTES DE LLUVIA (SUB-CUENCA)	34.825 Mm <sup>3</sup>
<b>ENTRADAS</b>	<b>163.097 Mm<sup>3</sup></b>
<b>SALIDAS:</b>	
BOMBEO AGUA POTABLE SEPT. 1998.	
MESA DEL SERI	31.536 Mm <sup>3</sup>
INDUSTRIAL	4.426 Mm <sup>3</sup>
FINES AGROPECUARIOS	31.138 Mm <sup>3</sup>
LA SAUCEDA, HDA. DE LA FLOR	15.338 Mm <sup>3</sup>
ADICIONAL LA SAUCEDA	4.601 Mm <sup>3</sup>
EVAPORACION DEL VASO DEL MOLINITO	28.604 Mm <sup>3</sup>
<b>SALIDAS</b>	<b>115.643 Mm<sup>3</sup></b>
<b>BALANCE</b>	<b>47.454 Mm<sup>3</sup></b>

Este balance presenta un resultado positivo de 47.5 millones de m<sup>3</sup>, lo que, en un año, equivaldría a una extracción adicional del 1500 l.p.s. para que a largo plazo se equilibren las entradas y salidas. Sin embargo, debido a la irregularidad con que se presentan las lluvias y los escurrimientos, se tienen variaciones muy importantes, por lo que durante sequías prolongadas gastos de explotación mayores que el actual causarían fuertes abatimientos en los niveles freático y profundo del acuífero, poniendo en peligro calidad del agua, operación de pozos y norias, y al mismo acuífero.

- En cuanto a la calidad de agua en el valle del río Sonora, en resumen, el 66% del agua es dulce y el 34% es salobre, el agua de mejor calidad se ubica en el acuífero de la Mesa del Seri.
- Con la correlación geoquímica y con base en el plano de cloruros, se observa que el agua más reciente proviene del graben existente arriba del canal Camou. En este mismo plano se observa la zona del valle donde es favorable la infiltración, ya que sólo mediante la infiltración del río al acuífero es posible que éste muestre ese contenido de cloruros.

En el plano de isopiezas de sulfatos se observan altos contenidos de sulfatos en el área del Tasajal en el valle de San Miguel y hacia el sur de la Mesa del Seri,

En los pozos de la Mesa del Seri, el agua es del tipo bicarbonatada – cálcica, con excepción del pozo MS – 3, el cual tiene un agua de tipo bicarbonatada – sulfatada – sódica. Esto define que en general la constitución de los rellenos existentes en el acuífero es de origen calcáreo, producto de la destrucción, erosión y acarreo de rocas sedimentarias, principalmente en la zona de la margen izquierda del río y hacia el este de la cuenca donde aún se presentan rocas calcáreas.

## **RECOMENDACIONES**

Para el abastecimiento de agua potable a la población de la ciudad de Hermosillo se hacen las siguientes recomendaciones, con base en toda la información obtenida a lo largo del desarrollo de esta tesis:

1. Los recursos existentes en las captaciones ubicadas en la Mesa del Seri deben ser utilizados, pero disminuyendo la explotación actual con el fin de permitir la recuperación de los niveles en dichos pozos.
2. En general en todos los aprovechamientos situados en el Valle del río Sonora, se debe disminuir el caudal extraído para favorecer la recuperación de sus acuíferos.
3. No se deben perforar más pozos en la Mesa del Seri, ni en ningún otro lugar en el valle del río Sonora, ya que esto no resolvería el problema del abasto de agua potable en la ciudad de Hermosillo. Por el contrario, no permitiría que el acuífero se recuperara.
4. Se sugiere utilizar a la presa "El Molinito" solo como presa de control, es decir, tenerla prácticamente vacía para evitar pérdidas por evaporación, esto se puede lograr descargando los caudales que vayan llegando para que escurran por el río Sonora y se logren infiltrar. Se debe descargar cierta cantidad de agua tal que no llegue hasta la presa Abelardo L. Rodríguez y cause su almacenamiento, para evitar pérdidas de volúmenes importantes de agua por evaporación, todo esto con la finalidad de la recuperación de los niveles piezométricos de los acuíferos del valle del río Sonora.
5. Si por algún motivo, los caudales que lleguen a la presa "El Molinito" provocan su derrame o alguna otra descarga alcance el vaso de la presa "Abelardo L. Rodríguez", deberá de utilizarse toda esta agua para el abastecimiento de agua potable, en proporción adecuada a las plantas de tratamiento que existan para purificarla, suspendiendo la extracción del sistema de captación en la zona de la Mesa del Seri para favorecer la recuperación de niveles.
6. Otra recomendación importante es llevar a cabo el seguimiento periódico del comportamiento de los niveles piezométricos de los pozos en la Mesa del Seri y de ser posible en todos los demás aprovechamientos situados dentro del valle del río Sonora, con esto se obtendrán las variaciones que se presenten en el periodo de la toma de datos y así se podrá hacer un balance de los volúmenes de agua subterránea que entran y salen en cada acuífero.

7. Otra medida de control que se debe implementar es la actualización del padrón completo de usuarios, separando los distintos usos del agua, así como las cantidades a las que están autorizados a extraer según las disposiciones del organismo operador del uso y manejo del agua en el Estado, así como vigilar el cumplimiento de los volúmenes autorizados para cada aprovechamiento por medio de la implantación de medidores o algún método empírico mientras se regulariza adecuadamente el pozo.
8. Además, se recomienda estudiar otras posibilidades de abastecimiento de agua, distintas a la captación superficial o subterránea, como la desalación de agua proveniente del mar o el tratamiento de aguas residuales.

Esta última alternativa es de gran importancia ya que se deben considerar soluciones que puedan resolver el problema sin generar otro mayor, como el abatimiento de los mantos acuíferos. Por otro lado, esta opción ayudaría al aprovechamiento de cierto tipo de agua que hasta ahora no se le ha brindado ningún uso lo suficientemente adecuado para aprovecharla en su totalidad.