

2011 14



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO GEOHIDROLOGICO REGIONAL DE LA ZONA  
DE CHALCO - AMECAMECA ESTADO DE MEXICO

**Tesis Profesional**  
Que para obtener el titulo de  
**INGENIERO GEOLOGO**  
p r e s e n t a

**JESUS RUBEN MONTAÑO FUENTES**



México, D. F.

1987



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

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

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

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

# I N D I C E

RESUMEN	3
CAPITULO I	
1. GENERALIDADES	7
1.1. INTRODUCCION	7
1.2. OBJETIVOS	8
1.3. METODO DE TRABAJO	8
2. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO	12
2.1. LOCALIZACION Y VIAS DE ACCESO	12
2.2. ECONOMIA	14
2.3. EDUCACION	15
2.4. SERVICIOS	15
2.5. CLIMA	16
2.6. VEGETACION	17
2.7. CAPTACION DE AGUA	17
3. FISIOGRAFIA	20
CAPITULO II	
2. GEOLOGIA	24
2.1. ESTRATIGRAFIA	24
2.1.1. FORMACION IXTACCIHUATL	24
2.1.2. FORMACION TLALOC	26
2.1.3. FORMACION TARANGO	27
2.1.4. FORMACION CHICHINAUTZIN	28

2.1.5.	FORMACION POPOCATEPETL .....	30
2.1.6.	SUELO ALUVIAL Y LACUSTRE.....	31
2.3.	GEOLOGIA ESTRUCTURAL .....	32
2.3.1.	TECTONICA .....	32
2.3.2.	GEOLOGIA ESTRUCTURAL .....	34
2.4.	GEOLOGIA HISTORICA .....	36

### CAPITULO III

5.	HIDROLOGIA SUPERFICIAL .....	38
3.1.	ZONA DE AMECAMECA .....	38
3.2.	ZONA JUCHITEPEC .....	39
3.3.	ZONA DE CHALCO .....	39
3.4.	ZONA DE OZUMBA .....	40

### CAPITULO IV

4.	GEOHIDROLOGIA .....	42
4.1.	DESCRIPCION Y BALANCE .....	42
4.1.1.	SUBCUENCA DEL RIO DE LA COMPANIA .....	42
4.1.2.	SUBCUENCA DEL RIO AMECAMECA .....	43
4.2.	BALANCE HIDROLOGICO .....	44
4.2.1.	PRECIPITACION .....	45
4.2.2.	EVAPOTRANSPIRACION .....	47
4.2.3.	ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL .....	48
4.2.4.	INFILTRACION .....	49
4.2.5.	CALCULO DE W .....	50
4.3.	CENSO DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS SUBTERRANEAS ..	51

4.3.1.	CUENCA DE CHALCO .....	53
4.4.	HIDROMETRIA DE LOS APROBECIAMIENTOS DE AGUA SUBTERRANEA .....	55
4.4.1.	VOLUMEN DE EXTRACCION DE POZOS .....	55
4.4.2.	VOLUMEN DE EXTRACCION DE MANANTIALES....	55
4.4.3.	ZONA DE OZUMBA .....	56
4.5.	GEOQUIMICA .....	57
4.5.1.	MUESTREO Y ANALISIS .....	57
4.5.2.	CUENCA DE CHALCO .....	58
4.5.2.1.	CALIDAD DE AGUA .....	58
4.5.2.2.	INTERPRETACION GEOQUIMICA .....	58
4.5.2.2.1.	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (STD) .....	59
4.5.2.2.2.	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE CALCIO Y MAGNESIO .....	59
4.5.2.2.3.	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE SULFATOS (SQ)..	60
4.5.2.2.4.	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE SODIO..	60
4.5.3.	ZONA DE AMECAMECA Y ZONA DE OZUMBA.....	61
4.5.3.1.	CALIDAD DEL AGUA.....	61
4.5.3.2.	INTERPRETACION GEOQUIMICA .....	61
4.5.3.2.1.	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE S.T.D..	62
4.5.3.2.2.	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE CALCIO Y MAGNESIO .....	62
4.5.3.2.3.	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE SO <sub>4</sub> ....	63
4.5.3.2.4.	CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE SODIO .	63

4.6.	PIEZOMETRIA .....	64
4.6.1.	ANALISIS DE LA INFORMACION .....	64
4.6.1.1.	PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTATICO .....	65
4.6.1.2.	ELEVACION DE LOS NIVELES ESTATICOS .....	66
4.6.1.2.	EVOLUCION DE LOS NIVELES ESTATICOS .....	67
4.7.	PRUEBAS DE BOMBEO	

CAPITULO V

5.	INTERPRETACION DE DATOS .....	71
5.1.	MODELO DE FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO .....	71
5.1.1.	PERMEABILIDAD DE LAS FORMACIONES.....	71
5.1.2.	RECARGA .....	73
5.1.3.	DESCARGA .....	74
5.1.4.	CIRCULACION DE AGUA SUBTERRANEA .....	76

CAPITULO VI

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	78
6.1.	CONCLUSIONES .....	78
6.2.	RECOMENDACIONES .....	81

BIBLIOGRAFIA	82
--------------	----

TABLAS

## R E S U M E N

El área de estudio queda comprendida dentro de la Cuenca de México, a la cual se la ha denominado "Cuenca del Valle de México". En la disertación sobre si es un valle o una cuenca, que explica Fernando Hernández H., en su tesis profesional -- (IPN, 1982), llegó a la definición de que se trata de una cuenca, visto desde la óptica geográfica, hidrológica, tectónica, por lo cual en el presente trabajo se le denominará cuenca de Chalco.

La superficie del área de estudio es de 1 437 km<sup>2</sup>, correspondiendo 350 km<sup>2</sup> a la cuenca anexa del valle de Cuautla y 1 087 km<sup>2</sup> a la cuenca de Chalco, esta última de mayor importancia, obvio, por lo que el trabajo se enfoca más a la segunda cuenca.

### a) Cuenca de Chalco.

Esta cuenca se conforma por rocas volcánicas que afloran en las sierras y cerros que circundan la zona, así como de materiales de tipo aluvial y lacustre, ubicados en las partes bajas; donde se encuentra el acuífero principal, primordialmente hacia el oriente.

Debido a la permeabilidad de los materiales volcánicos, la mayor parte de la infiltración ocurre en ellos a través de las fracturas y oquedades desarrolladas en las laderas de las sierras y cerros; y sólo una parte de dicha infiltración llega al acuífero de Chalco, ya que otra parte circula probablemente al Valle de Cuautla.

El balance hidrológico de la cuenca arrojó los siguientes valores: la precipitación es del orden de 1 000 millones de  $m^3/año$ ; el escurrimiento es de 13 millones de  $m^3/año$ ; la infiltración fue de 700 millones de  $m^3/año$ ; datos calculados previas estimaciones de las ecuaciones.

Ahora bien, del volúmen estimado infiltrado se extrae, por medio de pozos y norias cerca de 55 millones de  $m^3/año$  y la descarga por medio de manantiales alcanza los 20 millones de  $m^3/año$ . Dichas extracciones, las de mayor importancia, son las que se practican por medio de pozos, cerca de los contactos entre los materiales aluviales con las rocas volcánicas, principalmente las de la Formación Chichinautzín.

La calidad química del agua en general es buena, salvo la que se extrae de los sedimentos lacustres al suroeste del área

ya que llega a tener hasta 1 600 ppm de sólidos totales disueltos y olor desagradable. De los volúmenes extraídos de agua se puede considerar que satisfacen en parte las necesidades, ya -- que al suroeste, debido a la forma irregular y explosiva de -- asentamientos humanos el recurso hidráulico no satisface, por -- lo que se ve complementado con pipas.

b) Cuenca del Valle de Cuautla.

Debido a que esta zona si fue labrada por un río, el Amacuzac; aquí si se puede considerar como la cuenca del Valle de Cuautla. Dada el área reducida de estudio, correspondiente a -- la parte norte de dicha cuenca, el estudio realizado fue muy regional y de baja escala, dado que sólo se tiene datos de norias y pozos someros de explotación reducida que satisfacen parcialmente las necesidades de agua de la zona, ya que las carencias -- del líquido se satisfacen con las captaciones de los manantiales o con el auxilio de las pipas.

No se cuenta con datos que atestigüen la existencia de acuíferos, a pesar de la infiltración, en esta parte de la zona debido probablemente a su posición geográfica y a sus componentes volcánicos. Sin embargo, el continuar con la cuenca aguas abajo en el Valle de Cuautla, y fuera del área de estudio, se estable-

ce un gran acuífero donde los pozos alcanzan profundidades de hasta 200 m y las extracciones y manifestaciones de manantiales son ya considerables.

## CAPITULO I

### 1) GENERALIDADES

#### 1.1. INTRODUCCION

Debido a la creciente demanda de agua por los núcleos poblacionales que se establecieron en el área cerca de 200 000 - habitantes (tabla 1) y su crecimiento constante, debido a la cercanía de la zona urbana del Distrito Federal, ha hecho necesario el conocimiento del recurso agua lo que ha originado una serie de investigaciones acerca del comportamiento de este recurso hidráulico para tratar de satisfacer las necesidades más prioritarias de la población.

#### 1.2. OBJETIVOS

El principal objetivo es el de tener un conocimiento a nivel preliminar del aspecto hidrológico debido principalmente a: su cercanía con el Distrito Federal, ya que implica un problema dada la creciente demanda de terrenos; el crecimiento -- desmedido de la población; y el establecimiento de nuevos centros industriales.

El segundo objetivo es el de obtener el título de Ingeniero.

Para poder satisfacer el primer objetivo es necesario conocer la geología del área así como sus características hidrológicas tanto superficial como subterránea y determinar formaciones permeables e impermeables y así determinar las zonas de recarga y acumulación.

### 1.3. METODOS DE TRABAJO

El método para la elaboración del estudio consistió de:

#### a) Recopilación de información.

Se recabó toda la información disponible, tanto en empresas privadas como instituciones públicas y escuelas o universidades. Dicha información consistió en estudios, boletines, informes inéditos y editados, publicaciones, tesis, revistas, -- así como bases topográficas, etc.

#### b) Fotointerpretación

Con fotografías aéreas verticales, esc. 1: 50 000, se procedió a la interpretación, auxiliado con estereoscopio de espejos y galileo. Con esto se determinaron los tipos litológicos, estructuras, rasgo hidrológicos, morfológicos y de carácter -- infraestructuras para así poder determinar el plano fotogeológico

co preliminar.

c) Reconocimiento de campo

Conociendo los datos anteriores a nivel preliminar y hecho el vaciado el plano, se programó una serie de visitas al campo, para así poder verificar y corregir las unidades litológicas y modificar probables errores de sus contactos, también corroborar si las estructuras concordaban y establecer un panoramà general del área.

En esta misma etapa se llevó a efecto el censo de los aprevechamientos hidráulicos, algunas características constructivas, para estimar los volúmenes de extracción, profundidad de niveles estáticos para establecer posteriormente la dirección de -- flujo. Se realizaron pruebas de bombeo a 14 pozos, para conocer el comportamiento de los niveles dinámicos y de la mecánica del acuífero. Se tomaron muestras de agua para su posterior análisis y así determinar su calidad del agua y poder realizar los planos con las líneas de igual contenidos de sales.

d) Interpretación de los datos de campo

Se recorrigieron todos los datos del plano geológico que presentaban algún error y se modificaron contactos y claves litológicas.

Ya con este plano y los datos de campo, se realizó un nuevo plano geohidrológico en el cual se determinaron nuevas unidades.

En el plano topográfico elaborado por la DGG, se vaciaron los datos geoquímicos y piezométricos y se realizaron las configuraciones necesarias para que ya en conjunto se llegará a los resultados finales.

c)Elaboración de informe

Se realizó en función de todos los resultados obtenidos en las etapas anteriores y en terminos generales se presenta de la siguiente manera:

- La primera parte incluye datos generales de la zona y un marco geológico.
- En la segunda se plantean los aspectos geohidrológicos,

basados en el aspecto geológico, climático, hidrológico, geoquímico, etc.

- La tercera parte, se basa en los resultados del estudio y las recomendaciones derivadas del mismo.

## 2) DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO

El área de estudio queda comprendida en la parte sureste del estado de México y comprende las localidades de Chalco y Amecameca y alrededores. La superficie presentada es de 2 000 Km<sup>2</sup>, de los cuales la cuenca de Chalco abarca 1 097 Km<sup>2</sup> y la parte proporcional de la cuenca de Cuautla 550 Km<sup>2</sup>, el resto corresponde a otras cuencas.

### 2.1. LOCALIZACION Y VIAS DE COMUNICACION

La zona de estudio se localiza dentro del estado de México, cerca de los límites estatales con Puebla y Morelos. Queda comprendido entre los paralelos 19°00'00" y 19°30'30" de latitud Norte y los meridianos 98°30'00" y 99°05'00" de longitud Oeste.

El límite norte corresponde a las sierras de Tlalpizahuac y Santa Catarina; al occidente a los volcanes Ixtacihuatl y Popocatepetl; al sur con el valle de Cuautla y al este, con las estribaciones del Volcán Tlaloc y Cerro Ayaqueme.

Cartográficamente corresponde a los cartas editadas por la DGG, E14-2, escala 1:250 000 y la E14-B51 y E14B41 escala 1: 50 000.

El acceso principal al área de estudio es a través de la carretera federal No. 115, México-Chalco-Cuautla, la cual cruza el área en sentido noroeste-sureste, comunicando las poblaciones de Chalco, Cocotitlán, Tlalmanalco de Velazquez, Amecameca, Ozumba de Alzate y Tepetlixpa. A partir de dicha vía se derivan una serie de caminos secundarios pavimentados y de terracería, que enlazan rancherías y localidades de menor importancia.

Parte la Autopista No. 190 México-Puebla comunica la zona norte del área.

Se tiene acceso al área por la carretera Xochimilco-Oaxtepec.

Existe un camino que conduce de Cocotitlán a Ozumba, y -- que comunica a poblados como Tenango del Aire y Juchitepec.

El ferrocarril tiene un ramal de México-Cuautla cuya dirección noroeste-sureste cruza parte del área. Las comunicaciones aéreas son nulas en esta zona, debido a la cercanía al Distrito Federal.

## 2.2. ECONOMIA

En terminos generales la población económicamente activa, representa el 25% de la poblacion total; a su vez, de este 25% el 53% se dedica a las actividades primarias, 23% a la industria y el 20% a comercio y servicio.

La agricultura constituye la principal actividad de la región, siguiéndole en importancia la ganadería, esencialmente - la caprina, industria y comercio.

Dentro de los cultivos más importantes son: maíz, frijol, cebada, chícharo y haba. De los frutales existen: manzano, durazno, peral, nogal, chabacano, ciruelo, capulín y tejocote entre los importantes.

Es notorio la actividad silvícola en el área ya que abarca cerca del 40% del área.

El aspecto industrial sobresale por la producción de alimentos, textiles, cartón pastas de celulosa y derivados, así - como productos químicos, canteras, calzado y vestido.

### 2.3. EDUCACION

El aspecto educacional es avanzado en la zona ya que el 81% de la población ha sido alfabetizada, de éste el 24% cuenta con primaria terminada o estudios más avanzados.

Los centros educacionales primarios se ubican en las localidades con población mayor a los 2 000 habitantes. Cuentan con secundaria las poblaciones de Amecameca, Chalco Tlalmanalco, Juchitepec, Ozumba, Atlautla. Sobresale la localidad de Amecameca por contar ya con bachillerato incorporado a la UNAM y a la UAEM.

### 2.4. SERVICIOS

Los servicios con que cuentan las localidades más importantes son energía eléctrica, agua potable, alcantarillado, teléfono, telégrafo y correo, siendo carente de los segundos servicios citados las localidades menores de 500 habitantes. Sin embargo, es notable los avances que en este rubro realiza el gobierno estatal para satisfacer a la población de los servicios. /

## 2.5. CLIMA

El aspecto topográfico que impera en el área hace que las condiciones climáticas tengan una variación; ya que a partir de la zona de Chalco la temperatura máxima anual es de 23.5°C, con una temperatura mínima de 6.8°C con una media anual de 15.3°C. Los días nublados son aproximadamente 107 mientras que los días despejados son del orden de 156, en esta zona las heladas afectan alrededor de 60 días. El tipo de clima es C(WZ) (W) (b'); según la clasificación de Copen y es de tipo templado subhúmedo.

Conforme se asciende topográficamente el clima es del tipo C(WZ) (W) big, es decir, templado - subhúmedo siendo aún más -- ahora la temperatura máxima promedio de 32°C. y la mínima de 8°C. con una media de 12.8°C. Los días despejados son ahora en promedio de 100 y los nublados sobrepasan los 110, con más de 70 días con heladas, principalmente entre los meses de junio y octubre.

La precipitación, al igual que la temperatura, presenta una variación de 700mm en el área de Chalco hasta alcanzar -- 1 200 mm anuales promedio al este de Amecameca, (Plano 3).

Es notable la variación a un clima más frío y húmedo hacia la parte alta de la sierra nevada.

## 2.6. VEGETACION

Debido a la gran variación topográfica y climática, así como la gran influencia de la zona urbana, la vegetación en la zona de Chalco se limita a cultivos de maíz, frijol y calabaza, así como pastos naturales e inducidos, plantas herbáceas y algunos arbustos. Hacia la parte de Amecameca y alrededores, se pueden apreciar cultivos de gramíneas, vegetación secundaria de coníferas y otras especies y vegetación predominante de coníferas, encinales y robles, así como helechos y otros arbustos.

## 2.7. CAPTACION DE AGUA

En el área correspondiente a la localidad de Chalco, el agua potable que abastece a las poblaciones asentadas en dicha zona se obtiene de pozos profundos que generan caudales suficientes para abastecer casi a la totalidad de las mencionadas localidades. Además de los pozos se obtiene agua para fines industriales y agrícolas; por lo que la extracción conjunta en el área ha deteriorado las condiciones originales del acuífero variando las condiciones originales de los niveles estáticos.

En el área de Mixquic existe una serie de pozos que con-

forman el Sistema de Aguas del Sur que abastece del líquido a la Ciudad de México. Estos pozos operan las 24 horas del día extrayendo un caudal promedio de 60 l/seg., cada uno, por lo que la extracción es considerada severa.

En los terrenos aledaños que comprenden las localidades de San Lorenzo Chimalpa, Mixquic, Huitzilzingo y San Martín Xico, la problemática de agua se agrava, ya que el acuífero desarrollado superficialmente en esta zona, es considerado con alto índice de contaminación

Desde el poblado de Juchitepec a Orumba de Alzate y a Amecameca la dotación es de los arroyos que se generan en las faldas de los volcanes así como de pozos poco profundos y norias; sin embargo, el caudal no satisface completamente la demanda debido al crecimiento acelerado de la población.

En la localidad El Salto, existen dos captaciones de agua superficial con caudal aproximado de 100 l/seg. y 198 l/seg. -- Una es distribuida entre los poblados de Santiago Cuautenco, -- San Antonio Tlaltecahuacan, San Cristobal Poxtla, Ayapango, Tlamapa,

Tenango del Aire y otros de menor importancia; la otra abastece al poblado de Amecameca.

En Temazcal se ha captado agua superficial y se dota con 140 l/seg., a las localidades de Covadonga, Miahuacan, San Matias Cuijingo y Juchitepec.

En el sitio Las Palmas se capta agua, para que con un caudal de 150 l/seg., se abastezca a las poblaciones de San Pedro Neyapa, San Juan Tehuixtatlán, San Mateo Tecalco, Ozumba de Alzate y otras.

San Rafael y Tlalmanalco son abastecidos del liquido a través de la captación de aguas superficiales en el tunel de Tenecoxco, en las faldas del Iztaccihuatl y llevada por el acueducto. Además, recientemente (1985) en Tlalmanalco se puso en operación un pozo profundo con el fin de complementar la dotación.

### 3) FISIOGRAFIA

La zona de estudio se localiza prácticamente en los límites de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico, con la provincia Sierra Madre del Sur, en la parte de la cuenca de Balsa Mexcala, Erwin Raisz (1969).

Dado que la mayor parte del área lo ocupa la primera provincia, se detallará más. Dicha provincia ha sido denominada -- con diferentes nombres de los que sobresalen : Zona Eruptiva -- por Ordoñez (1969); Sierra de los Volcanes por Garfias y Chapín (1949); Eje Neovolcánico por Erwin Raisz (1969); Faja Volcánica Transmexicana por Mooser y Maldonado (1967); Eje Neovolcánico -- por L. Ramos (1976) y Eje Neovolcánico Transmexicano por A. Demant (1976). Este último ha sido ya el más aceptado en cierta forma, por lo que en este trabajo se tomará este nombre.

El Eje Neovolcánico Transmexicano tuvo origen en la era -- Cenozoico Superior, conformando una gran faja volcánica derivada de emisiones de aparatos volcánicos, de los cuales han sobresalido los de El Pico de Orizaba, Popocatepetl, Ixtlacihuatl, Nevado de Toluca y Nevado de Colima, constituidos primordialmente de emisiones alternas de derrames lávicos y productos piroclásticos, conformando los grandes estratovolcanes. Estas uni--

dades morfológicas se acompañan de estructuras volcánicas más pequeñas, tales como conos cineríticos, distribuidos a todo lo largo de dicho eje.

La composición litológica del Eje Neovolcánico Transmexicano, tiene gran variación ya que predominan las andesitas en los grandes volcanes, así como otras dacíticos, riódacíticos y basálticos, estas últimas del grupo Chichinautzin, aunque presentan cierta discrepancia ya que se han considerado también andesíticas (Mooser et. al. 1974).

Las manifestaciones volcánicas en la cuenca de México, tuvo lugar en el Oligoceno Superior, asociados a fracturas de -- orientación oeste-noreste y este-sureste; siendo en el Cuaternario la última manifestación volcánica, con la presencia de la sierra Chichinautzin.

Los rasgos orográficos más sobresalientes presentan una orientación sensible norte sur y son los volcanes Popocatepetl e Ixtlacihuatl con elevaciones mayores a los 5 000 msnm, Desciende la topografía y aparecen una serie de cerros, volcanes y conos cineríticos distribuidos irregularmente. Hacia el norte, la sierra Quetzaltepec, la altura es del orden de 3 500 m; al

sur, por loma larga de Texcalcoyonqui y cerro Chiconquiac con 2 700 msnm; en Santo Tomas Atzingo la altitud es de cerca de 2 500 msnm; y ya en el área de Chalco, se encuentra una zona de lomerío con altura de 2 500 m, con valles de dimensiones reducidas. Sobresale la depresión topográfica ubicada en los alrededores de la localidad de Amecameca con altura del orden de --- 2 450 msnm.

La Región Hidrológica a la que pertenece el área es a las denominadas con los números 18 y 26, Balsas y Panuco, respectivamente según la SAKH. La cuenca de la primera es el Balsas-Mezcala y la Segunda a la del río Moctezuma. Las corrientes que se generan en el área tiene su origen principalmente en las laderas de la sierra Nevada y de las elevaciones que conforman alrededor de la zona. El Patrón de drenaje que se observa es de tipo dendrítico, espaciado en la zona baja y semiparalelo en las estribaciones de la sierra Nevada, con tendencia a radial en el Popocatepetl. La mayor parte de los arroyos, al llegar a la parte baja se pierden por infiltración, siendo nulo el drenaje ya en la zona de Chalco.

La cuenca Chalco es alimentada a su vez por la subcuenca de Amecameca, prácticamente en las cercanías de Tenango del Aire

y Temamatla, así como por las estructuras que afectan y se comunican en las rocas.

La parte correspondiente a la zona de la cuenca del Valle de Cuautla se ubica al sur del Parteaguas Continental y se caracteriza por su configuración hidrográfica de tipo dendrítico y radial, ésto en los conos cineríticos. Contrasta con la cuenca anterior por las pendientes fuertes que provoca que los arroyos de tipo intermitente en tiempo de lluvias, tengan una gran velocidad.

En esta parte de la cuenca las poblaciones sobresalientes son: Atlautla, Tepetlixpa, San Antonio Zoyotzingo, San Matías Cuijingo, Tlanepantla, Nepopualco y Ozumba, de esta última toma el nombre la subcuenca y también es la localidad que más se ve afectada por falta de agua.

La mayor parte del agua precipitada que se infiltra en esta área, tiene un flujo hacia el sur comprobado esto por los pozos que se hicieron en la parte baja, fuera del área de estudio, y que presentan profundidades de más de 200 m con gastos aceptables.

## CAPITULO II

### 2) GEOLOGIA

#### 2.1.) ESTRATIGRAFIA

En la zona de estudio afloran rocas ígneas de composición básica, intermedia y ácida, así como suelos de origen aluvial y sedimentos volcanoclásticos, principalmente. Estos materiales representan una edad que oscila del Mioceno al Reciente. A continuación se hace una breve descripción de los materiales, iniciando por los más antiguos y terminando por los más nuevos.

##### 2.1.1) FORMACION IXTACCIHUATL Ts (A)

DEFINICION: Corresponde a roca ígnea de composición intermedia denominada "Andesita Ixtaccihuatl" (Mosser, 1962), y corresponde a las lavas superiores del volcán del mismo nombre, compuestas por andesita porfídica de piroxeno.

Schlaepfer, (1968) denominó a las "andesitas" de Mosser, como formación ya que consideró que tiene un rango mayor de composición. Indica que comprende derrames lávicos sobrepuestos; son lavas mesocráticas porfídicas de color gris a gris oscuro, de andesitas de hornblenda; también existen brechas volcánicas abajo de andesita, ambas de color gris con tonos parduz

co y vivos blancos, y en parte presentan textura vesicular. Petrográficamente corresponden a Andesita basáltica, aunque también existen andesita de piroxeno.

La formación Ixtaccihuatl está cubierta por lavas más recientes del volcán Popocatepetl y a su vez cubre a rocas volcánicas del Terciario Medio.

Los afloramientos más significativos corresponden al este de San Rafael, en la cañada del cerro Zocoltepec; en la barranca del río Tlalmanalco y en la cercanía del tanque de agua Nexicoalango, así como en áreas del Parque Ixta-Popo. Es importante señalar que al NE de Nexicoalango existen afloramientos de una secuencia rítmica de brechas y lavas que a lo lejos da impresión de estratificación, por lo que es una de las causas por lo que se ha clasificado el volcán de Ixtaccihuatl como "estratovolcán".

Mooser (1962), la ubicó en el Plioceno y más tarde (1974) él mismo le da edad del Plioceno Tardío. Demant consideró a estas rocas con edad radiométrica menor a un millón de años, por lo que son de la edad Plioceno Temprano.

### 2.1.2. FORMACION TLALOC Ts (A)

DEFINICIÓN: Se denomina así a un conjunto de derrames riocácíticos que forman la parte principal de la sierra de Río Frío, donde se ubica el parque nacional Zoquipan. Esta conforma da por rocas de textura porfídica, de color gris. (Schlaepfer, 1968). Se incluye dentro de la unidad de Ts (A).

Comprende varias unidades de origen volcánico, derivadas de varios centros eruptivos interrelacionados. Es considerada correlacionable con la Formación Ixtaccihuatl.

Las rocas que componen la Formación Tlaloc son andesita y dacita, cuyos minerales característicos observables son andecina hiperstena, augita y biotita en matriz vítrea. También se observan tobas de color gris, a gris oscuro hacia la base.

Los afloramientos se observan en los cerros Tlaloc y oeste del Telapón.

En la sierra de Río Frío las lavas de la formación descrita se interdigitan con los aluviones y tobas y brechas de la Formación Tarango.

Se considera que la Formación Tlaloc se formó durante el Mioceno Tardío hasta el Plioceno Tardío y probablemente al --

Plioceno Temprano.

2.1.3. FORMACION TARANGO Ts (Bs)

DEFINICION: La Formación Tarango fue definida por Buyan - (1948) para depósitos clásticos aluviales con fragmentos de rocas volcánicas de composición intermedia. Considera que en la zona lacustre son depósitos del mismo origen y aluviales de arena y limo-arcilla; Fries (1956) consideró que los materiales de la Formación Tarango provinieron de las sierras del Ajusco y -- Xochitepec, aunque también se asegura que en la formación hubo períodos de volcanismo y es por ello que existen intercalaciones de capas de tobas. Dice el mismo autor que se extiende en forma de abanicos aluviales entrelazadas. Mooser (1964), dice que los abanicos, al E y W de la Cuenca de México, son series clásticas de material andesítico, derivado de la erosión de el material intermedio del Terciario Mexico y Tardío.

La característica de esta formación es lo caótico de su estado en el cual aparecen la serie clástico angulosos de arena, grava de tamaño diferente. El pozo Texcoco I atravieza una sección de 180m, de secuencia de arenas y gravas, con horizontes - de cenizas y pomez, así como derrames basálticos interestratifi

cados; seguidos de una serie de margas y calizas lacustres, alternancia de tobas y coronados por derrames de traquiandesita -- (Schlaepfer op. cit.).

Los mejores afloramientos se observan en la parte oeste de la Sierra Nevada al oriente de Ozumba. En estas áreas de juventud relativa, los abanicos de la Formación Tarango, permitió a Mooser asignarle una edad del Pleistoceno Temprano.

Se correlaciona con la Formación Cuernavaca; es considerada como rocas volcanoclásticas, clásticas.

#### 2.1.4. FORMACION CHICHINAUTZIN Q(B.Tb. B-Bb.)

DEFINICION: Fue definida por Fries (1960) para un grupo de corrientes lávicas de composición básicas e intermedias que comprende además a las tobas y brechas volcánicas, que en conjunto descansan sobre formaciones más antiguas. Originalmente dicho autor las ubicó en el Cuaternario, pero dado que se encuentran interdigitadas con las formaciones Tarango y Atotonilco el Grande, le estimó que son del Plioceno Tardío.

En una redefinición de la localidad tipo, propuesta por Hernández-Ramírez (1982), describen tres derrames de basalto -

intercalados con tres pseudoestratos de brecha volcánica basáltica; son de color gris oscuro, de textura perffídica; con gran cantidad de vesículas. Los reportes petrográficos de basaltos y brechas, son basaltos perffídicos de olivino y piroxeno, en matriz vitria de composición andesítica.

Varios autores han obtenido reporte petrográficos de las muestras que varían desde basalto de olivino, andesita, fenobasalto (Mooser, 1971), así como andesita, cuarzo-andesita y dacita (Negendenk, 1972, de Hernández y Ramírez, 1982).

Es importante resaltar que estas emisiones volcánicas fueron las que probablemente cerraron la Cuenca de México, interrumpiendo el desagüe hacia la cuenca del Balsas, dando lugar a la cuenca endorréica. Oviedo, (1970), concluye que dicho cierre tuvo lugar hace 700 000 años, edad que supone tiene las rocas de dicha formación; sin embargo, no concuerdan las edades de los rellenos que se supone deben ser más recientes, y al parecer son más antiguos. Da otras conclusiones que atestiguan que la cuenca no se cerro con las lavas de la Chichinautzin sino que ya estaba cerrada desde el Oligoceno Tardío.

La morfología del área de Chalco, Amecameca, parte de Netza

hualcoyotl, Santa María Tlacotenco, San Antonio Tecometl y -  
Tlalmanalco es característica por la presencia de derrames, -  
conos cineríticos y lomas.

#### 2.1.5. RIODACITA POPOCATEPETL Ts (A)

DEFINICION: Esta unidad la denominó Fries (1965), para -  
derrames lávicos emitidos en el centro eruptivo Popocatépetl.

Los derrames lávicos son de composición riodacíticas, aun  
que aparecen también dacitas y latitas; Fries (op. cit.) in-  
cluye también los productos volcánicos más recientes. Las ro-  
cas son de color gris oscuro y que al intemperismo cambian a  
marrón; en los cortes se observan plagioclasa y ferromagnesia  
nos; en parte se observan pseudo capas debido al fracturamien  
to en ocasiones las rocas presenta textura más vítrea.

Aflora en la zona SW del albergue Tlamacas y en la zona  
correspondiente a el Parque Nacional Ixtla-Popo.

Fries (op.cit.) les asignó edad Plio-pleistoceno y sin -  
embargo Mooser (1974) la dejó en el Plioceno-Tardío. Dado lo  
reducido de los afloramientos se incluyó dentro de la unidad  
de Ts (A).

#### 2.1.6. SUELO ALUVIAL Y LACUSTRE Q (al-1a)

DEFINICION: Se considera a los materiales más recientes - que se han depositado en la cuenca de México y que cubren a las rocas descritas anteriormente. Los suelos aluviales son de granulometría variable, desde grano grueso gravoso a arcilla, según la cercanía a las grandes sierras, aparece en las zonas de Amecameca, extendiéndose hasta el área de Chalco. El suelo lacustre de caracter arcilloso con gran contenido de sales, se observa en el área de Chalco y su extensión mayor en el vaso del Lago de Texoco.

## 2.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Al hacer un análisis de la geología estructural es necesario relatar en términos muy generales la tectónica de la zona.

### 2.3.1. TECTONICA

Al hablar de la tectónica de la zona nos lleva a establecer las diferentes hipótesis para tratar de explicar la geodinámica que la afecta sin embargo, dada que son muchas y variadas y a la fecha han salido a la luz datos que revolucionan a muchas de las teorías, se plasma brevemente una descripción de la tectónica para tener idea del origen, aunque incierto de la Faja Volcánica - Transmexicana (F.V.T.M.)

La mayor parte de las teorías se basan en aspectos geológicos y geofísico. Algunos como Moore y del Castillo, (1974) relacionan el origen de la F.V.T.M., con la apertura del Golfo de México, diciendo que el segundo se inició al mismo tiempo que la apertura del rift del Atlántico Norte y que el volcánismo - submarino del talud continental sigue una línea que se continua hasta la F.V.T.M.

Menard (1955) indica que dicha F.V.T.M., es una prolongación de la Fractura de Clarión, sin embargo Demant, aclara que en dicha fractura las manifestaciones de volcanismo (Islas Revillagigedo) son alcalinas de tipo islas oceánicas, por lo que -- hasta cierto punto no corresponde.

Mooser y Maldonado (1961), hipotetizan que la falla del -- Golfo de California se podría continuar debajo de la F.V.T.M., -- donde se observan dos alineaciones, una corresponde a la "línea de Humboldt" que pasa del Golfo de México al Océano Pacífico internándose a éste por más de 1 000 km, y otra que es la de "Chapala Acambay" y que es considerado como un ramal de la fractura del Mar de Cortés, el cual entra por Nayarit, siguiendo un arco, que pasa por Chapala para continuar hacia el norte de Veracruz, pasando por la región del Cofre de Perote.

Así han surgido más hipótesis de la F.V.T.M., lo único que si se puede relacionar son la composición de las rocas de la F.V.T.M., que son de tipo calcoalcalino, relacionadas con la subducción, en este caso de la placa de Cocos, debajo de la Americana, además, no sólo esta acción tiene efecto en la geodinámica de dicha faja sino también hay que relacionarla con los movimientos distensivos de otras placas.

Dicha subdivisión de la placa de Cocos sigue manifestándose, ya que el vulcanismo de la F.V.T.M., ha ocurrido casi hasta -- nuestros días como es el caso de las emisiones del Xitle.

Hay que tomar en cuenta que algunos estudios recientes han reportado vulcanismo alcalino en la F.V.T.M., lo que representa cambios en la geodinámica, ya que esto se puede deber a la cercanía de la placa Americana con la cordillera del Pacífico Oriental, tal como en Baja California, o a la reactivación de un supuesto rift.

Lo que si se debe tomar en cuenta es que al vulcanismo calcoalcalino reportado no está íntimamente relacionado con la subducción de la placa de Cocos, sino que hay que relacionarlo con toda la geodinámica existente en el área.

### 2.3.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Desde el punto de la óptica visto en el subcapítulo anterior, tiene su origen en sistema de fallas y fracturas derivadas de la geodinámica existente en el área; y cuya dirección predominante son norte-sur y este-oeste; dando lugar a la delimitación de una serie de bloques, los cuales se manifiestan como -- horst y graben.

Los primeros los constituyen las grandes elevaciones que bordean la cuenca y los segundos vienen siendo las grandes depresiones, las cuales han sido rellenadas al paso del tiempo.

De modo general el área se ve afectada por alineaciones de grandes dimensiones que generalmente se alinean con los grandes volcanes. Sin embargo en la zona se detectaron fallas normales locales tales como:

- 1.- La de San Rafael, al SW del mismo poblado
- 2.- San Felipe Neri, al NW del mismo
- 3.- San Esteban Cuecucuatitla
- 4.- En el cerro de Zoccyuca
- 5.- En el cerro Socho

Las alineaciones menores, aparecen en su mayoría alineadas caóticamente y corresponden a fracturas, las cuales, en ocasiones, han sido labradas profundamente, como es el caso de las de la zona de los volcanes.

#### 2.4. GEOLOGIA HISTORICA

La historia geológica del área de estudio está relacionada con la Cuenca de México. Esta se inició a fines del Cretácico Superior, cuando emerge del mar por efectos de la llamada Orogenia Hidalgoana (De Cserna, 1962) y que se sigue desarrollando dicha cuenca hasta mediados del Eoceno. Las rocas carbonatadas emergidas son plegadas por esfuerzos compresionales y posteriormente debido a tensiones se suceden una serie de fallas y fracturas que dan lugar a fosas o cuencas tectónicas.

Debido a la diferencia topográfica de la cuenca, cerca de 1 000 m de profundidad, la zona sufre un proceso de erosión y se inicia el llenado paulatino de la cuenca, tanto con material pre-terciario como terciario.

En el Oligoceno Medio la actividad volcánica se reanuda con la emisión de rocas de carácter andesítico, donde se desarrollan aparatos volcánicos y calderas de tipo explosivo. La actividad volcánica se prolonga hasta el Mioceno, donde tiene un reposo, para luego reiniciar en el Plioceno hasta el Cuaternario y seguir actualmente.

En la porción central, y con respecto a las emisiones volcánicas se han reconocido 7 fases ocurridas desde el Oligoceno al Cuaternario. La primera en el Terciario Inferior es la del Grupo Balsas; continua la del Grupo del Terciario Medio; en el mismo Terciario Medio aparece el Grupo de Sierras Menores; del Terciario Superior son el Grupo de las Sierras Mayores, que es el más importante ya que dió origen a las sierras Las Cruces, Río Frío y Nevada a fines del Mioceno. En la sexta fase se desarrollan los conos del Ixtlazíhuatl y el cono de actividad del Popocatepetl. La última fase tuvo lugar a fines del Terciario y Cuaternario y es donde se originó el Grupo Chihinautzin, que interrumpió el drenaje de la cuenca de México hacia la cuenca del Balsas. Dando lugar al caracter endorréico de la primera (Mooser et. al. 1972).

Durante el Pleistoceno se han reportado episodios glaciares, (White, 1956-1967) basado en observaciones en las secuencias del Ixtazihuatl.

Los últimos fenómenos desarrollados han sido la acumulación de sedimentos lacustres en la parte de el Lago de Texcoco, el cual fue secado artificialmente y el desarrollo del suelo aluvial depositado en la parte aledaña a las sierras.

## CAPITULO III

### 3) HIDROLOGIA SUPERFICIAL

Dado que el aspecto hidro*l*ógico es importante se tratará de explicar lo mejor posible el comportamiento por áreas espe*c*íficas, que se ven afectadas.

#### 3.1. LA ZONA DE AMECAMECA

Se encuentra limitada al norte del parteaguas continental y al sur de la cuenca de Chalco. Los escurrimientos más importantes son los arroyos Amipulco y El Salto; de este último existen captaciones que abastecen de agua potable a dicersas pobla*ci*ones (ver capítulo de Captación de Agua). Las aguas negras generadas son vertidas a la subcuenca de Juchitepec a través del arroyo Los Reyes, el cual descarga dichas aguas en la cuenca Chalco. El régimen de los arroyos del área son intermitentes y las pocas captaciones que se llegan a realizar son utilizadas para riego en el área. Es importante mencionar que las aguas del deshielo de los volcanes, conforman un volúmen mínimo de escurrimiento comparado con las aguas de lluvia, dado -- que el área nevada es reducida.

### 3.2. ZONA DE JUCHITEPEC

Se limita al oeste de la zona anterior, sur de la cuenca de Chalco y norte del parteaguas continental. Está compuesta por una densa red de cauces de trayectoria corta que confluyen, en su mayoría al arroyo Tocautila, éste a su vez desemboca a Los Reyes que a su vez da origen a la corriente Amecameca, cuyo fin es el área de Chalco, a la altura de Temamatla, para que finalmente se conecte con Xochimilco vía San Juan Ixtayopan y Tulychualco por un canal que conserva el nombre de Amecameca. El régimen de las corrientes que conforman esta zona son intermitentes.

### 3.3. ZONA DE CHALCO

Se ubica al este de la Ciudad de México y sur de la zona de Juchitepec. Está considerada como la más importante, dada su cercanía al Distrito Federal, los asentamientos humanos que se realizan y por las extracciones que rehacon. Esta bordeada por una serie de sierras cuyos arroyos desembocan y se infiltran a poca distancia de recorrer el área.

Recibe escurrimientos provenientes del sur, de la sierra Nevada a través de la zona de Amecameca y Juchitepec; más al

este de la zona de San Rafael y Tlalmanalco por donde llega el arroyo San Rafael que junto con el de Santo Domingo y San Francisco forman el canal Miraflores y que cambia de nombre a "La Compañía" a la altura de la autopista México-Puebla, para salir del área hacia el Lago de Texcoco.

Las corrientes son de régimen intermitentes lo que ocasiona que sólo en tiempo de lluvias lleven agua, que al juntarse con las aguas negras que permanentemente fluyen, provocan inundaciones en la parte baja del área; por tal motivo, el dren del Canal "La Compañía" se ha elevado considerablemente.

#### 3.4. ZONA DE OZUMBA

Está unida al sur de la cuenca general de Chalco y del parteaguas continental. Es una zona elevada, con pendientes fuertes y constituida por materiales volcánicos. Está formada por una serie de arroyos intermitentes y que debido a lo anterior, en tiempo de lluvias tienen un caudal turbulento -- que fluyen a través de profundas cañadas hacia el valle de Cuautla.

CONCLUSIONES: La zona de estudio está ubicada entre el parteaguas continental quedando la parte de Amecameca, Juchitpec y Chalco en la vertiente del Golfo de México y el área

Ozumba a la vertiente del Pacífico. Los arroyos son de régimen intermitente y los de la primera vertiente se conectan a la -  
cuenca de Chalco y los segundos al Valle de Cuautla.

No existe ningún arroyo de importancia salvo el del "Salto", que se ha considerado como capaz de realizar obras de captación. Los arroyos provenientes de la sierra Nevada, originados por deshielo no representan gran importancia. Sin embargo, la mayoría de los arroyos son aprovechados en las poblaciones, captando la poca agua que escurre.

## CAPITULO IV

### 4) GEOHIDROLOGIA

#### 4.1. DESCRIPCION Y BALANCE

Para los fines del estudio, se considero la zona Chalco-Amecameca, como una "cuenca vertiente", denominada Cuenca de Chalco; sin embargo, es necesario aclarar que ésta es en realidad una subcuenca del Río Moctezuma, y a su vez subcuenca del Lago de Texcoco.

Por otra parte, la zona de estudio es drenada por dos corrientes que han sido canalizadas cuyos nombres La Compañía y Amecameca serán tratados a continuación.

##### 4.1.1. SUBCUENCA DEL RIO LA COMPAÑIA

Esta subcuenca se delimita al norte con el cerro Zaltizi pila y la loma Chichicaxtla; al oriente con el Parque Nacional Zoquiápan; al sureste con los cerros Teocamac y Ocotla; al -- Sur con el cerro Chiconquiác; y al oeste se encuentra el desemboque con la zona de Chalco.

El patrón de drenaje que predomina es de tipo paralelo, bien integrado, en donde las corrientes tributarias se orientan

este-oeste; para finalmente unirse al río San Francisco, principal afluente del de La Compañía. En la parte sureste de la Colonia General Manuel Avila Camacho, se interrumpe el drenaje, siguiendo direcciones fortuitas.

Existen corrientes que se inician en las partes bajas y cercanas a la planicie, las cuales están desintegradas, y que se infiltran al llegar a la zona de Chalco.

#### 4.1.2. SUBCUENCA DEL RIO AMECAMECA

Está limitada al norte por la cuenca anterior; al este por el Parque Nacional Ixta-Popo; al sur por volcanes menores cercanos a Juchitepec; y al oeste por el cerro Zoayuca.

El drenaje que constituye a la subcuenca es desintegrado e integrado, este último es de tipo dendrítico, con tendencia a paralelo, de trayectoria larga, para finalmente integrarse y seguir su cauce hacia la zona de Xochimilco.

El drenaje desintegrado lo forma una serie de arroyos de trayectoria corta que al llegar a la planicie se pierde por infiltración.

#### 4.2. BALANCE HIDROLOGICO

El balance hidrológico es la evaluación y análisis de los términos que componen la ecuación del mismo, para una cuenca dada; es decir es el planteamiento de las aportaciones de agua recibidas por concepto de lluvia, el agua evaporada, ocurrida, infiltrada y utilizada para diversos fines, así como los cambios de las condiciones hidráulicas del acuífero, derivadas de dicho balance.

La ecuación del balance hidrológico queda en consecuencia como sigue: .

$$P=E+I+R+W$$

Donde:

P= Precipitación

E= Evapotranspiración

I= Infiltración

R= Escurrimiento superficial

W= Extracción, pérdida, u otro fenómeno que provoque cambio a dicho balance.

Las unidades a manejar son generalmente mm/año, m<sup>3</sup>/año.

#### 4.2.1. PRECIPITACION

En el área de estudio se tienen dos tipos de aportación de agua: una por la precipitación de lluvia y la otra debido a la nieve en los volcanes Popocatepétl e Ixtacuíhuatl. El valor de la lámina de precipitación de la nieve es de 1 100 y 1 200 mm/año, mientras que el de la precipitación pluvial es de 950/mm año. Sin embargo el área afectada por la primera es de 4 a 50 Km<sup>2</sup>, y para la segunda es de más de 1 000 Km<sup>2</sup>, siendo el 0.02% de una con respecto a la otra, en promedio.

Ahora bien, para la evaluación de los volúmenes de precipitación se contó con datos de 14 estaciones pluviométricas distribuidas en la zona (plano 2), de las cuales se dan sus coordenadas de ubicación, nombres, claves y valores de precipitación media y anual en la tabla No. 2.

En el plano 3, aparecen las isoyetas para determinar el rango de influencia de las precipitaciones media anual en la zona de Chalco, basado en la información de la carta climatológica escala 1: 1 000 000 y 1: 250 000 de la D.G.G.

Dichas áreas de influencia de las isoyetas se determinaron para las subcuencas de interés, y así determinar los datos re-

queridos para esto se ayudó con un planímetro; los datos obtenidos son los siguientes, según la fórmula.

$$P = \sum P_i A_i \quad \text{m}^3/\text{año}$$

$$\bar{P} = \frac{P}{\text{área de la cuenca}} \quad \text{mm/año}$$

Donde:

P= Precipitación total

P<sub>i</sub>= Precipitación de la isoyeta i

A<sub>i</sub>= Area de Influencia de isoyeta i

$\bar{P}$  = Precipitación media de la cuenca

Subcuenca de Amecameca

$$P = 203.54 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\bar{P} = 1032.67 \text{ mm/año}$$

$$A = 197.1 \text{ Km}^2$$

Subcuenca de Juchitepec

$$P = 110.62 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\bar{P} = 845.71 \text{ mm/año}$$

$$A = 130.8 \text{ Km}^2$$

Subcuenca de Chalco

$$P = 700.95 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\bar{P} = 921 \text{ mm/año}$$

$$A = 760.5 \text{ Km}^2$$

Valor total de la cuenca de Chalco

$$P = 1015.09 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$\bar{P} = 932.27 \text{ mm/año}$$

$$A \text{ TOTAL} = 1088.85 \text{ Km}^2$$

#### 4.2.2. EVAPOTRANSPIRACION

Para la evaluación de la evapotranspiración existen métodos directos e indirectos. Los primeros los constituyen las mediciones in situ a través de lisímetros y se pueden considerar los más confiables. Los segundos son basados en fórmulas empíricas, donde intervienen la temperatura o la temperatura y precipitación. En estos últimos los errores en la estimación pueden ser considerables. Dado que en el factor evapotranspiración resultado del 70% en el área, considerando que el terreno es semi plano a inclinado con pendiente suave, de no contar con escurrimientos de gran caudal y con terreno prácticamente permeable.

Con dicho coeficiente se estimó el volumen de agua evapotranspirado medio anual con la siguiente fórmula:

$$E = CE \times P$$

Donde:

E= Volúmen evapotranspirado

CE= Coeficiente de evapotranspiración

P= Precipitación total

Resultando

$$E = 0.7 \times 1015 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$$

$$E = 710.56 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$$

#### 4.2.3. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

Para la evaluación de los escurrimientos se recurrió a los datos de medición de 5 estaciones hidrométricas que se ubican en la zona (plano 2) y sus datos se vierten en la tabla 3.

Al analizar las estaciones se encontró que la de los Reyes, sobre el río La Compañía, no es congruente con las que se ubican aguas arriba, ya que la suma de las dos últimas no es compatible con la primera. De esto se optó por no tomar en cuenta dicha estación.

Los volúmenes anuales medios en las estaciones hidrométricas fueron:

Milpa Alta	$0.119. \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$
San Luis II Ameca	$5.7457 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$
San Lucas	$5.97760 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$
San Marcos	$2.0500 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$
	<hr/>
	$12.77342 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$
	$R=13.77 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$

Como se puede apreciar, el volumen escurrido es pequeño, comparado con el de la precipitación.

#### 4.2.4. INFILTRACION

Con los valores de los términos antes determinados, ya se puede calcular la infiltración, según la primera ecuación de balance.

$$I = P - E - R + W$$

$$I = (1015.09 - 710.56 - 13.77) \times 10^6 \pm W$$

$$I = 290.66 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año} \pm W$$

Debido a que el término  $W$ , es para períodos de tiempo largo en los cuales afecta al acuífero, en este caso no se tomó en cuenta.

#### 4.2.5. CALCULO DE W

El censo de pozos arrojó un volúmen aproximado de la extracción que se genera en el área, que asciende a  $54 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/año. Esto, aunado a la descarga que se registra en los manantiales -- que es de  $20 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/año suma aproximadamente  $74 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/año -- que forman a "W". Este valor, es mucho menor que el que registra la infiltración, sin embargo, el área ha sufrido descensos en el nivel estático así como asentamientos de terreno lo que es indicativo de una sobreexplotación del acuífero.

Esto se puede explicar sólo por el hecho de que parte del agua infiltrada tenga comunicación subterránea con el valle de Cuautla, ya que el desnivel topográfico es de cerca de 1 000 m, además hay que recordar que en tiempos geológicos pasados había comunicación hacia aquella cuenca, por lo que probablemente exista una paleocomunicación entre ambas, ésto no pueda comprobarse dado la falta de datos y evidencias.

#### 4.3. CENSO DE APROVECHAMIENTOS DE AGUAS SUBTERRANEAS

En el presente capítulo se describe toda la información captada en cada uno de los aprovechamientos, tales como pozos norias y manantiales (Plano 2, Tabla 4 y 5), de los cuales se clasificaron y se pusieron: clave; el municipio; nombre del propietario o predio; gasto; horas de explotación por día, mes, año; niveles estático y dinámico; uso de agua; profundidad. Se seleccionaron algunos pozos para practicarles estudios químicos.

Es importante mencionar que en algunas zonas el acceso fue difícil por lo cual no fue posible censar algunos pozos y sólo se tomó conocimiento de la existencia, definiéndolo como "dato estimado".

La información captada fue gracias a las visitas que se realizaron a las poblaciones y rancherías de la zona para la investigación de la procedencia del agua, su utilización y datos que son difíciles de obtener de la información. Además se realizaron 4 visitas a campo para la medición de los niveles para conocer la dinámica del acuífero.

En la última visita a campo se recopiló información referente a los volúmenes de explotación y gasto (Q) de cada pozo, mediante varios métodos:

- 1.- Con el tiempo (T) de llenado del tanque del almacenamiento conocido su volumen(V).

$$Q=V/T$$

- 2.- Midiendo la sección transversal (A) del canal de desfogue y multiplicándola por la velocidad del agua (V), determinada por un flotador y midiendo el tiempo en que recorría la distancia dada.

$$Q = V A$$

- 3.- Por el método de la escuadra de la salida del chorro, usando los monogramas correspondientes.
- 4.- Considerando que el gasto en litros por segundo es -- aproximadamente igual al cuadrado del diámetro del tubo de descarga.
- 5.- Mediante información verbal, siempre y cuando estuviera concordante con el valor obtenido de algún método anterior.

El censo y distribución de las zonas, para comodidad del estudio se dividió en dos zonas: la cuenca de Chalco y la de Ozumba.

#### 4.3.1. CUENCA DE CHALCO

Los pozos que se encuentran en esta zona, fueron construidos, en su mayoría, por dependencias gubernamentales como SARH, SSA, SAHOP o por el propio municipio; en menor escala, los mismos rancheros o granjeros los han construido. Las condiciones de funcionamiento de los pozos son variables, ya que los que se operan oficialmente funcionan regular, mientras que los que son manejados por los ejidatarios sufren constantemente descomposturas y muchos pozos han sido tapados o abandonados.

La mayor parte de los pozos están equipados con bombas de motor eléctrico y en menor escala con motor de combustión interna, como es el caso de Tenango del Aire. Dichas bombas están colocadas en brocales o son sumergibles automáticas. La potencia de las mismas es variable según el uso ya que cuentan con motores desde 1HP, como en el Instituto Damian y Nuevo Xico, -- hasta 100 HP, en el rancho el Canutillo.

La frecuencia del uso también es variada ya que hay extracción continua las 24 horas en todo el año para fines domésticos y de unas horas en tiempo de estiaje en caso de riego. Estos datos sirvieron para realizar el cálculo de extracción anual.

Con lo que respecta a los manantiales, existen una serie de ellos, que debido a su ubicación no fue posible censarlos todos sin embargo se hace mención de cuatro ya que representan importancia desde el punto de la óptica de captación como de uso.

A continuación se detallan sus datos: •

Manantial	Derivación	Uso
Col. Cral. M.A. Camacho	25 l/seg.	Doméstico
Coatepec	20 l/seg.	Doméstico
El Salto	298 l/seg.	Doméstico
El Temascal	140 l/seg.	Doméstico

Estas obras hidráulicas, tanto artificial como naturales abastecen prácticamente a la comunidad de la cuenca de Chalco, quedando limitadas de agua las localidades de San Lorenzo Chimalpa, Mixquic, Huitzitzingo y San Miguel Xico, las cuales son abastecidas con pipas de agua, enviadas desde Chalco.

#### 4.4. HIDROMETRIA DE LOS APROVECHAMIENTOS DE AGUA SUBTERRANEA

##### 4.4.1. VOLUMEN DE EXTRACCION DE POZOS

Dado que los datos de extracción, uso, etc., son variables así como la información obtenida directa e indirectamente, no fue del todo confiable, puesto que se incluyen hasta versiones personales y estimadas, el cúmulo de la información está expuesta a error que no pueda ser controlado. Teniendo en cuenta ésto se hizo una estimación de volúmenes de extracción anual por pozos (Tabla 5) para obtener un volumen total de agua.

POZOS	Volúmen m <sup>3</sup> /año
Agropecuarios	26.29 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año
Doméstico	23.48 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año
Industriales	4.0 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año
	<hr/>
	53.77 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /año

##### 4.4.2. VOLUMEN DE EXTRACCION DE MANANTIALES

Para la estimación de los volúmenes se contó con la observación de los caudales aportados por los manantiales, tanto en estiaje como en época de lluvias, así como el comportamiento de las cajas almacenadoras, cuyos volúmenes de los manantiales cap

tados son de 25, 20, 298 y 140 l/seg., que en total dan un valor de  $1.42 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$ .

#### 4.4.3. ZONA DE OZUMBA

Esta zona se estudió dado la cercanía con la anterior y con el fin de tratar de obtener datos que pudieran servir para complementar el presente estudio.

La información captada fue de la misma forma que para la cuenca de Chalco y se vertió en las tablas 4 y 5.

Como se vió en capítulos precedentes esta zona de Ozumba, se caracteriza por la explotación escasa de agua subterránea, debido principalmente a su posición topográfica y a las rocas que la componen. Las pocas obras de captación se limitan a pozos y norias de profundidad menor a 30 m, ubicadas en tobas o cenizas volcánicas, que extraen agua de acuíferos sin importancia; las extracciones son de menos de 5 l/seg., y se utilizan casi exclusivamente para satisfacer las primeras necesidades.

Esta zona es abastecida a través de la captación del agua superficial en la barranca Las Palomas, cuyo gasto promedio es de 150 l/seg., que al año arroja  $4.73 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

## 4.5 GEOQUIMICA

### 4.5.1. MUESTREO Y ANALISIS

Para determinar el modelo de funcionamiento de los acuíferos, se considera que la composición química del agua adquiere concentración de ciertos elementos que éstos tienen una relación directa con las trayectorias que ellas siguen en el subsuelo. Además el conocimiento de la calidad del agua sirve para determinar su mejor utilidad.

Para tal fin, se hizo un muestreo de 73 tomas de agua, las cuales se enviaron a laboratorio de análisis químico para su respectiva determinación basados con métodos volumétricos y colorímetros.

El muestreo consistió en la recopilación de un litro de agua, obteniendo en recipientes de polietileno, tomando la temperatura en el momento de la toma y determinando otras características; los resultados pueden observarse en la tabla 6.

#### 4.5.2. CUENCA DE CHALCO

##### 4.5.2.1. CALIDAD DEL AGUA

En esta cuenca se presentan dos tipos de agua: una donde se puede considerar de buena calidad, ya que cumple con las normas establecidas para tal fin; se ubica en el acuífero más profundo en la mayor parte de la zona. La otra es agua de calidad mala, por contener entre 1 159 y 1 166 partes por millón (ppm) de sólidos totales disueltos (STD), aunque con control pudiera utilizarse para fines agrícolas. Este tipo de agua se encuentra en acuíferos superficiales, ubicados al suroeste de Chalco, donde se ubican las localidades de San Mateo Huitzitzingo, San Pablo Atlazalpa, San Pedro Tetempa y San Juan Teteico, así como en lugares cercanos a los canales de aguas negras que alcanzan a contaminar los pozos más someros.

##### 4.5.2.2. INTERPRETACION GEOQUIMICA

De la configuración de los resultados obtenidos se puede determinar el flujo del agua subterránea, ya que esta apreciación se basa en el hecho de que el agua, en su circulación, disuelve, transporta y deposita según la dirección en que fluye el agua, las sales que en disolución lleva consigo y que provienen de las diversas formaciones geológicas que atraviesa.

La interpretación geoquímica se deriva del análisis de las curvas de ese contenido de sólidos totales disueltos, así como de los iones determinados, estos datos se detallan a continuación:

#### 4.5.2.2.1. CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (STD)

En la configuración de las curvas de STD, expresada en -- mg/l, se aprecia un flujo general del agua subterránea proveniente del este, es decir de la sierra Nevada, sigue una trayectoria hacia el oeste y converge en la zona de Chalco, esto se visualiza atendiendo a la distribución del valor creciente de las curvas (Plano 4).

En flujo subterráneo, en terminos generales, tiene casi la misma dirección que el flujo superficial del área.

#### 4.5.2.2.2. CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE CALCIO Y MAGNESIO

De los datos observados se pueden definir como agua subterránea blanda y de buena calidad para fines de agua potable. Esto no se continua en el área descrita anteriormente (Xico Nue-

vo, San Pablo Atlatzalpa, etc.) donde el agua es de mala calidad debido a la contaminación (Plano 4).

Una característica es que el agua tiene un pH del orden de 8.0, para casi todos los casos (Plano 4).

El flujo subterráneo del agua con dicho elementos, se puede apreciar que el incremento de la concentración de Ca y Mg, tiene la misma tendencia que el caso de las STD, es decir que convergen hacia la zona de Chalco.

#### 4.5.2.2.5. CURVA DE IGUAL CONCENTRACION DE SULFATO ( $SO_4$ )

La concentración de  $SO_4$  es de tales proporciones que le dan al agua una clasificación apropiada para el uso potable así como para riego (Plano 4).

La configuración obtenida arroja que el comportamiento del  $SO_4$ , aumenta en la concentración hacia la zona de Chalco.

#### 4.5.2.2.4. CURVA DE IGUAL CONCENTRACION DE SODIO

Este elemento está concentrado en el agua de la zona de tal forma que el índice de absorción es de 4 a 15, lo que significa que su peligrosidad es de baja a media y por lo tanto se puede considerar como agua de buena calidad para riego.

El flujo subterráneo tiene un comportamiento similar a los otros elementos descritos.

#### 4.5.5. ZONA DE AMECA Y ZONA DE OZUMBA

Se juntaron estas zonas, dado la poca importancia que representan desde el punto de vista de extracción de agua subterránea.

##### 4.5.5.1. CALIDAD DEL AGUA

Las muestras obtenidas desde los pozos y norias representan características de agua, tales que se pueden considerar de buena a regular calidad para utilizarla como agua potable.

##### 4.5.5.2. INTERPRETACION GEOQUIMICA

De los pozos de Ayapango y Ozumba es poco factible y correcto realizar una interpretación adecuada para toda el área, ya que no son representativos.

Sin embargo, con los datos aportados y con interpretaciones geológicas y geohidrológicas se trató de dar una interpretación preliminar del comportamiento de dichas zonas.

#### 4.5.5.2.1. CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE S.T.D.

Como puede verse, en el plano correspondiente, la disminución de la concentración de sólidos totales disueltos tiene una tendencia de el noreste de Ayapango hacia el área de Amocameca, de 400 a 250 ppm

La concentración de los STD, en el municipio de Ozumba de Alcate, tienen un aumento de Norte a Sur, desde Popopark con 150 hasta el sur de las misma Ozuma con 600 ppm; esto representa a su vez el flujo subterráneo que rige en la zona, ya que en una trayectoria tan corta los valores aumentan normalmente.

#### 4.5.5.2.2. CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE CALCIO Y MAGNESIO

En el área descrita en este capítulo es notable el aumento de estos elementos los cuales alcanzan un promedio de 60 ppm -- que le da una clasificación tolerable para poder utilizar el agua como potable.

En cuanto al flujo subterráneo, se puede apreciar que el aumento es de norte a sur, comportándose en igual forma que los STD.

#### 4.5.3.2.3. CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE $\text{SO}_4$

La concentración de este anión llega a ser un promedio de 80 ppm, que hace que se considere el agua como capaz de ser utilizada para fines domésticos (Plano 4).

El comportamiento de el  $\text{SO}_4$  es al igual que los anteriores, un aumento de norte a sur, por lo que se ratifica nuevamente el flujo en esa dirección.

#### 4.5.3.2.4. CURVAS DE IGUAL CONCENTRACION DE SODIO.

Las concentraciones de sodio muestran una tendencia parecida a los otros iones, salvo en la zona de Temamatla, donde aparentemente el flujo tiene una inversión con respecto a la dirección componente .

#### 4.6. PIEZOMETRIA

##### 4.6.1. ANALISIS DE LA INFORMACION

El análisis de los niveles piesométricos en el área de estudio, es básico para la determinación del comportamiento del -- acuífero, pues se puede hacer inferencia de los fenómenos que se relacionan con él, tales como dirección de flujos, recarga, almacenamiento y el efecto de la explotación del agua del subsuelo.

Para dicho análisis se contó con lo siguiente:

- a) Inventario de pozos de los municipios Chalco e Ixtapaluca, proporcionados por la Comisión de Aguas del Valle de México de la SARH.
- b) Información de los resultados de la nivelación de los pozos pertenecientes a la Sección Hidrológica de Chalco, realizados en 1961 por la empresa Ingeniería en Construcción y Perforación, S.A.
- c) Censo de pozos a través de 4 recorridos en campo (tabla 5).
- d) Los datos de nivel estático de pozos. Este aspecto, más importante para poder desarrollar este capítulo fue di

fficial, ya que los pozos se detuvieron horas antes de tomar los datos, lo cual causo grandes trastornos ya que la mayoría de los pozos son de gran utilidad, y por ende algunos datos no son del todo confiables y otros no tan representativos: sin embargo las informaciones obtenidas en general son válidas para el estudio.

- e) Los datos de nivel dinámico. Este aspecto no fue difícil ya que en la mayoría de los pozos la bomba se encontraba en funcionamiento.

Realizado lo anterior y analizada toda la información se realizó la interpretación que a continuación se menciona.

#### 4.6.1.1. PROFUNDIDAD DEL NIVEL ESTÁTICO

Las profundidades del nivel estático en el área está íntimamente relacionada con una serie de fenómenos y características que arrojan una variedad en las profundidades. Ya que mientras en el área de Chalco el agua se extrae de los depósitos aluviales y lacustres que ahí imperan, de la zona de Amecameca y Ozumba es de rocas de origen volcánica. Otra característica es que en la primera zona la extracción es irracional, debido a las actividades realizadas y a los asentamientos humanos y en

la segunda disminuyen ambas. La topografía tiene gran influencia en la profundidad del nivel. De todo lo anterior se tiene profundidad en el área de Chalco, del orden de 30 m, mientras que en San Mateo Teroquiapan y en Ilalmanalco llegan a 150 m. y en la zona de Orumba hay napas de 15 m.

#### 4.6.1.2. ELEVACION DE LOS NIVELES ESTATICOS

Se determinó la cota en metros sobre el nivel del mar para cada uno de los pozos censados, mediante la ubicación de cartas topográficas publicadas por la D.G.G., las cuales, debido a su equidistancia de 10 m, dan a este rango, una idea del flujo (Plano 2).

De los resultados obtenidos, la configuración del movimiento subterráneo se ha determinado que al oriente de Ixtapaluca, en el área de Chalco y en las cercanías de Santa Catarina Ayotzingo existen abatimientos, esto coincide ya que son las zonas de mayor explotación.

#### 4.6.1.3. EVOLUCION DE LOS NIVELES ESTATICOS

Se determinaron al realizar 4 recorridos en el transcurso de un tiempo razonable, en el que se realizaron mediciones en época de lluvias y estiaje y los resultados se observan en la tabla 5.

#### 4.7. PRUEBAS DE BOMBEO

Se conoce como prueba de bombeo al estudio de la evolución del nivel dinámico de un pozo, con respecto al tiempo de operación y con respecto al gasto de extracción del mismo. El objetivo de dicha prueba es con el fin de determinar algunas características físicas del pozo, tales como los coeficientes de permeabilidad transmisibilidad y almacenamiento; así como también del análisis de la curva de descenso contra el tiempo de extracción

El conocer las características físicas y geometría del acuífero, permite determinar los volúmenes del agua almacenada, los abatimientos que sufre, así como los volúmenes de recarga, etc.

Desgraciadamente no fue posible la determinación de los espesores del acuífero de la zona por carecer de geofísicas y datos confiables, lo que impidió hacer el cálculo de los volúmenes almacenados. De lo anterior sólo se realizaron prueba de bombeo y con teoría empírica se sacaron datos de magnitud de dichos volúmenes.

Debido a que este estudio es muy generalizado, las pruebas de bombeo sólo se realizaron a pozos equipados y en operación, ya que debido a que son utilizados constantemente y están conec

tados a la red de distribución no se les pudo aforar bajo condiciones apropiadas.

De lo anterior, se enumeran las condiciones bajo las cuales se realizaron las pruebas:

- El tiempo de operación de aforo fue de 4 a 10 hrs.
- El gasto de extracción de la prueba no fue constante, debido a que las cargas que impone la red son variable.
- Las fluctuaciones del gasto, estimadas de las variaciones de la presión manométrica en la descarga pudieran ser hasta un 30%.
- La evaluación del gasto de extracción en algunos de los pozos, se tuvo que calcular en función del diámetro del tubo de descarga y la potencia de la bomba.
- El tiempo de reposo en la recuperación de los pozos para la medición del nivel estático, fue en general de menos de 15 hrs.

Todo lo anterior y dado que en muchos casos los pozos están sin equipo, inaccesibles, etc., es difícil calcular la potencia real del acuífero; por lo cual es necesario tomar en cuen

ta la interpretación, por lo que se repite que los resultados de las pruebas tienen una validez de magnitud.

En la tabla 7 y 8 se dan los valores calculados de los - coeficientes de permeabilidad, transmisibilidad y almacenamiento así como los gastos específicos (Q).

Del análisis de las pruebas de bombeo se puede concluir, en términos generales y con los limitantes mencionados, que - se tienen pozos con gastos específicos, cerca de los contactos entre suelo aluvial-lacustre y basaltos-andesitas de la Forma ción Chichinautzin. Lo mismo se reporta con los coeficientes de transmisibilidad, siendo mayor en dicho contacto; Ésto com prueba la permeabilidad de dicha formación.

Es importante recalcar que las pruebas de bombeo en este caso, no son las más confiables, y todo lo que sea de interpre tación se presta a error, por lo que sólo se menciona sin dar datos ni gráficas.

## CAPITULO V

### 5) INTERPRETACION DE DATOS

#### 5.1. MODELO DE FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO

Como resultado de la interpretación de la información de campo y gabinete se ha formulado el siguiente modelo de funcionamiento hidráulico para cuya definición se tomaron los siguientes parámetros.

##### 5.1.1. PERMEABILIDAD DE LAS FORMACIONES

Para efectuar un análisis de las características de permeabilidad de las rocas que afloran en la región y de los suelos que cubren, se hizo una descripción por separado para ambos materiales.

Los depósitos aluviales del área, de carácter granulométrico areno-arcilloso, son de permeabilidad media alta y son capaces de conformar acuíferos, como el que sucede en la zona, confirmado por las obras pozos y norias, que se han hecho aquí.

Los materiales lacustres conformados esencialmente de arcilla, han sido considerados como impermeables y con poca capa

idad de conformar acuíferos. Sin embargo, en esta zona los -- suelos lacustres en ocasiones se van asociados a productos piroclásticos y suelos aluviales más arenosos que varían considerablemente su condición y en ocasiones se llega a encontrar -- arena, aunque en muy baja escala y superficialmente.

En el área se considera que la base de la columna son calizas del Cretácico, las cuales aunque no afloran, describen -- que fuera de la cuenca hacen su aparición, y en pozos profundos en la misma cuenca se han atravesado; dadas sus características arcillosas que las componen se han considerado como la roca sello que sostiene a los acuíferos más profundos.

Las rocas que predominan en el área son de origen volcánico, consistente en derrames y productos piroclásticos. Estas -- unidades conforman una serie de condiciones hidrológicas bastante diferentes; debido a que su composición, textura y características físicas así lo demuestran.

La consolidación de los derrames básicos e intermedios le confiere a la roca tal permeabilidad que les hace impermeables, sin embargo el grado de fracturamiento, oquedades, vesículas y otras características les cambia radicalmente su comportamiento y la permeabilidad secundaria aumenta en forma considerable, por

lo que en términos generales se les puede considerar como zona de recarga; sin embargo, algunos basaltos muy fracturados son capaces de almacenar agua, y de aquí existen extracciones someras.

Los materiales piroclásticos dada su baja consolidación textura arenosa, etc., presentan buena permeabilidad condiciones favorables de almacenar agua, aunque en baja escala; estos materiales se encuentran en la zona de Ozumba y Amecameca; y de aquí se extrae agua a través de obras poco profundas. En las sierras donde las características topográficas hace que sea difícil contener agua; los productos piroclásticos son magníficas zonas de recarga de los acuíferos. Esto se manifiesta por la falta de arroyos importantes.

#### 5.1.2. RECARGA

Es conveniente recordar cifras de precipitación, escurrimiento, infiltración, etc., visto en capítulos precedentes, así como las direcciones generales de flujo inferidas de la piezometría y análisis químicos (Plano 2,4).

La precipitación es del orden de  $P=1\ 000$  millones  $m^3$ /año, de los cuales la infiltración se consideró de  $I=300$  millones

$m^3/año$ ; el escurrimiento superficial de  $R= 13$  millones de  $m^3/año$ ; siendo la extracción de obras hidráulicas de 55 millones de  $m^3/año$  así como de manantiales de 20 millones de  $m^3/año$ .

La mayor parte de la recarga se realiza en la parte de Sierra, donde se encuentra el material volcánico tanto fracturado como de caracter permeables, y en la parte baja de la zona en donde los arroyos que alcanzan a bajar se infiltran en los materiales arenosos permeables. Esto es inductivo que en la mayor parte del área existe una recarga.

Una observación importante vista en la cuenca de Chalco es que de la recarga que recibe el acuífero parte sirve a su vez de recarga al valle de Cuautla, dada la diferencia topográfica de más de 1 000 m y por la condición mencionada de que anteriormente había comunicación entre ambas cuencas.

### 5.1.3. DESCARGA

Visto en el resumen del balance hidrológico, se observa que la descarga es de 20 millones de  $m^3/año$  por manantiales de 55 millones de  $m^3/año$  por obras hidráulicas, de éstos, la mayor parte se realiza en la cuenca de Chalco, dando lugar a consecuencias que a continuación se mencionan:

- El abastecimiento de agua a la zona es casi completo, pero dado el gran crecimiento de la población el suministro se -- acrecentó conforme crece dicha población. Esto es más notorio -- dado que existe carencia de agua en las zonas de Mixquic- Xico Nuevo y sus alrededores por la contaminación existentes y en Ama cameca, Ozumba y Juchitepec, debido a la carencia de agua subte -- rránea y al deficit en la captación de las aguas superficiales.

- Lo más crítico son los asentamientos humanos realizados -- en el área de Chalco, a los costados de la Autopista México-Pue -- bla, ya que se requiere de más obras para su abastecimiento, -- existe contaminación y se evita que el acuífero se recargue.

- Debido a que la descarga ha sido considerada del orden -- de  $75 \text{ m}^3/\text{año}$ , ésta no es suficiente como para que existan abati -- mientos en el área, sin embargo es notorio que a partir de años -- atrás dichos descensos se manifiesta, creando descontrol en la -- profundidad de bombeo. Esto podría suponerse a: o los datos ob -- tenidos y proporcionados no son lo verdaderamente ciertos y se -- está extrayendo más de lo marcado; o existe una paleocomunicación -- entre la cuenca de Chalco y Cuautla, por dónde el agua de la -- primera recarga a la segunda.

Con respecto a las zonas altas de Amemcameca, Ozumba y Ayapango la extracción es a través de pozos y norias de poca profundidad y cuyo volúmen de extracción es mínimo, destinado casi exclusivamente a usos domésticos para complementar su difícil de abastecimiento.

#### 5.1.4. CIRCULACION DE AGUA SUBTERRANEA

Para determinar la circulación del agua subterránea existen una serie de condiciones adversas que imperan en el área. Para el trazado de curvas de piezometría suficientemente próximas, que den el detalle del flujo, se requiere de una nivelación precisa de los brocales del pozo, de la cual no se dispone. Existe un estudio de nivelación de pozos realizada por la Compañía Construcción y Perforaciones, S.A., pero no se cuenta con el plano de localización de pozos y la nomenclatura es deficiente; además han existido asentamiento del terreno en la zona, que han variado la nivelación original; otro factor es que la sobrepoblación del área en ocasiones hizo imposible obtener los datos correctos.

A pesar de esto, para poder tratar de inferir a grandes rasgos el flujo subterráneo se basó en la topografía elaborada por la D.G.G., así como de la magnitud de las extracciones, datos de

geoquímica y demás información geohidrológica.

El flujo subterráneo quedó plasmado en el plano 2.

Cabe destacar que la zona de San Antonio Tecomitl - Santa Catarina Ayotzingo, de los resultados de contaminación del agua, en esta área no se observa ninguna contaminación en las aguas de los pozos profundos, y en Huitzitzingo, San Miguel Xico y otra, se observa cierta contaminación, esto se debe a que el flujo es de oeste - este.

En la zona de Ozumba, dado que se ubica en la zona alta, en material altamente permeable el flujo es en general hacia el sur, con dirección hacia el valle de cuautla, donde ya se encuentran pozos con más de 200 m de profundidad. Sin embargo, la piezometría que se tiene de este lugar es de pozos y norias someras que dan información de acuíferos locales.

## CAPITULO VI

### 6) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

- La zona de estudio queda ubicada en la cuenca del Río - Moctezuma específicamente a la subcuenca de los lagos de Texco co y Zumpango. Localmente se ubica en la denominada Cuenca de México, en la zona correspondiente a Chalco. Otra área complementaria, al sur de la anterior, se ubica en la cuenca del Río Balsas, en la subcuenca del Río Cuautla. El área que ocupa es de 1 088 Km<sup>2</sup>.

- La zona de estudio se encuentra ubicada en depósitos de origen aluvial y lacustre y en materiales volcánicos tales como derrames y productos piroclásticos.

- La permeabilidad de los materiales es en general de media a alta en la zona aluvial; baja a media e incluso alta en los basaltos; en la parte de suelo lacustre se considera impermeable.

- La precipitación media anual en la zona es de 1 015 x 10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/año, que afecta a un promedio de 1 088 km<sup>2</sup>.

- El mayor volúmen de la precipitación se pierde por la evapotranspiración, estimada en 700 millones de  $m^3/año$ .

- Los escurrimientos en el área no son sobresalientes, debido a la gran permeabilidad que impera en los materiales, esos se consideran del orden de  $13.77 \times 10^6 m^3/año$ . Los volúmenes por deshielo son mínimos y sin mucha importancia, ya que representa el 0.02% de los escurrimientos, en promedio.

- La infiltración en el área de estudio es de 300 millones de  $m^3/año$  y se efectúa en general en la zona de rocas volcánicas muy fracturadas y en suelo aluvial de carácter arenoso.

- El acuífero más importante se encuentra en el área de Chalco, el cual se explota actualmente; en el área de Amecameca, Juchitepec y Ozumba se extrae agua de acuíferos menos importantes.

- La extracción que se practica en el área es de 54 millones de  $m^3/año$ , la descarga de manantiales es del orden de 20 millones de  $m^3/año$  que hacen en total de 74 millones de  $m^3/año$ , de descarga del acuífero.

- A pesar de que aparentemente el acuífero está en un estado de subexplotación, los niveles estáticos han sufrido descensos considerables del orden de  $1m/año$ , por lo que de esto se concluye que el acuífero se está sobreexplotando, dado que parte del volú-

men infiltrado tiene flujo hacia el acuífero del valle de Cuauhtla.

- Las características de transmisibilidad del acuífero, se aprecian mejor en el contacto de los afloramientos de la Formación Chichinautcin, en los pozos que resultaron los mejores del área.

- La calidad química del agua es en general buena, salvo en la zona suroeste donde existen depósitos lacustres, así como en las otras cercanas a los canales de aguas negras.

- El abastecimiento de agua a la zona es casi completo, pero dado el gran crecimiento de la población el suministro se acrecienta conforme crece dicha población. Esto es más notorio dado que existe carencia de agua en las zonas de Mixquic - Xico Nuevo y sus alrededores por la contaminación existente: y en Amecameca, Ozumba y Juchitepec, debido a la carencia de agua subterránea y al déficit de la captación de las aguas superficiales.

- Lo más crítico en los asentamientos humanos realizados en el área de Chalco, a los costados de la Autopista México - Puebla, ya que se requiere de más obras para su abastecimiento, existe contaminación y se evita que el acuífero se recargue.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la elaboración de estudios geohidrológicos a más detalle de la zona de Chalco, con el fin de evaluar verazmente el potencial del acuífero para así programar correctamente su extracción.

- Así mismo, realizar el estudio correspondiente a la cuena de Valle de Cuautla para conocer y evaluar en conjunto ambas áreas.

- Realizar estudios con el fin de efectuar la nivelación precisa de los brocales con certeza para definir los flujos verdaderos del agua subterránea.

- De lo anterior, complementar el censo de pozos y efectuar un control estricto de los mismo.

- Controlar en forma estricta el crecimiento descontrolado de los asentamientos humanos para evitar al máximo su planeación caótica, con el fin de poder distribuir correctamente su abastecimiento.



- Mooser F. 1962                    Bosquejo Geológico de la parte sur de -  
la cuenca de México. XX Cong. Geol. Int.  
L. Guía Exc. C-9
- Mooser F. 1963                    Historia Tectónica de la cuenca de Méxi-  
co, Bol. Asoc. Mex. Geol. Petrol. V. 15.
- Mooser F. 1972                    Ele Volcánico Mexicano. Debilidad Corti-  
cal Tropicaleónica, reactivada en el Ter-  
ciario Soc. Geol. Mex. Mem. II Conv. --  
Nacional.
- Mooser F. 1974                    Paleomagnetic Investigations. Of. the -  
terciary and Quaternary Igneous Rocks. -  
VIII R. Paleomagnetic and Petrologic. --  
Study of volcanics of the valley of Mé-  
xico. Geol. Rdscn 63.2.
- Oviedo C.D. 1970                  El conglomerado Texcoco y el posible --  
origen de la cuenca de México IMP. julio.
- SARH                                Informes de:
- Estudios geofísicos efectuados en va-  
rias localidades en el municipio de -  
Amecameca.
  - Estudios realizados en los Municipios  
de Amecameca, Ayapango, Ozumba, Tepe-  
tlilpa, Edo. de México.
  - Estudio geohidrológico, efectuados en  
la región nororiental del Eso. de Mé-  
xico.

- Serie de trabajos de Ingeniería sobre Amecameca relacionado con la búsqueda de acuíferos.

Schalaepfer C. 1968.

Resumen de la Hoja México Distrito Federal y Edo. de México y Morelos I.G. -- UNAM.

S.P.P. 1982.

Geología de la República Mexicana. Boletín.

TABLA 1

POBLACION

MUNICIPIO	POBLACION POR 21 MUNICIPIOS
AMECAMECA	21 945
ALTLAUTLA	11 851
AYAPANGO	22 265
COCOTITLAN	4 996
IZTAPALUCA	36 722
OZUMBA	11 026
TEMAMATLA	2 421
TENANGO DEL AIRE	3 600
TEPETLIXPA	8 216
TLALMANALCO	20 655
CHALCO	41 450
JUCHITEPEC	8 301
	<hr/>
	195 426

TABLA 2

ESTACIONES PLUVOMETRICAS - PRECIPITACIONES MEDIAS ANUALES

ESTACION	CLAVE		COORDENADAS		PERIODO CONSIDERADO 1927-1967	PRECIPITACION MEDIA ANUAL (mm/año)
	D.G.G.	Del presen te estudio	Longitud	Latitud		
AMECAMECA	15-006	1	19°07'	98°46'	1927-1967	990.7
HUAYATLACUTLA	15-024	2	19°05'	98°58'	1941-1960	1186.7
OEUMBA	15-050	3	19°02'	98°48'	1929-1939	1097.5
SAN LUIS AMECA	15-066	4	19°11'	98°51'	1953-1974	734.6
SAN RAFAEL	15-068	5	19°13'	98°45'	1923-1950	1079.2
GIALCO	15-104	6	19°16'	98°54'	1961-1975	622.8
JUCHITEPEC	15-106	7	19°06'	98°53'	1961-1975	819.1
AMECAMECA	15-126	8	19°08'	98°46'	1969-1975	1049.3
COLONIA M.A. CAMACHO	15-139	9	19°19'	98°46'	1960-1975	768.6
JUCHITEPEC	15-154	10	19°06'	98°53'	1961-1975	819.1
REPETIDORA DE T.V.	15-179	11	19°07'	98°39'	1961-1974	907
SAN PEDRO NEXAPA	15-200	12	19°05'	98°44'	1960-1975	927.3
SAN RAFAEL	15-204	13	19°13'	98°45'	1961-1975	1078.5
TECNICA AGROPECUARIA No. 32	15-217	14	19°15'	98°54'	1962-1975	780.7

TABLA 3 a

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS  
COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO

ESTACION HIDROMETRICA VERTEDEDOR MILPA ALTA SOBRE EL RIO MILPA ALTA

DESCRIPCION.- La Estación se localiza 80 m aguas arriba - del cruce de la carretera Milpa Alta-Santa Ana Tlacotenco con la corriente. Como estructura de aforos se utiliza un vertedor de concreto con perfil Creager y cresta de 6.91 m de longitud. Dicho vertedor tiene una escotadura, en su extremo próximo a la margen izquierda, de 1.95 m de largo y 0.20 de alto, para medir gastos pequeños.

\*DATOS.- El cálculo de los escurrimientos, en los días en que hubo éste, se basó en la curva de gastos del vertedor. Además se dispuso del registro continuo de un limnigrafo Rossbaca comprobado con lecturas de escala observadas cada cinco minutos durante las crecientes y cada hora después de éstas, hasta que el agua deja correr. Este cauce sólo tiene escurrimientos después de fuertes lluvias.

ESCALA.- Vertical, de madera, instalada en la margen derecha. El cero de la escala está en la Flev. 2 45.88 msnm.

AREA DE LA CUENCA.- Hasta el sitio de la estación: 26.6Km<sup>2</sup>

NOTA.- Esta corriente es efímera y sólo escurre agua, en forma de creciente, después de fuertes precipitaciones.

MES

VOLUMENES MEDIOS  
(1963 a 1976) Miles m<sup>3</sup>

ENERO	0
FEBRERO	0
MARZO	0
ABRIL	5.15
MAYO	12.5
JUNIO	21.1.
JULIO	25.4
AGOSTO	37.3
SEPTIEMBRE	11.3
OCTUBRE	9.71
NOVIEMBRE	0.286
DICIEMBRE	0

ANUAL

118.746

\* Del año de 1976.

TABLA 3 b

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS  
COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO

ESTACION HIDROMETRICA SAN LUIS II SOBRE EL RIO AMECA

DESCRIPCION.- La estación se encuentra localizada 1.5 km al sur de Temamatla, Edo. de México, sobre el camino de este poblado a Juchitepec. Se afora desde una pasarela de concreto de 14m de largo y 0.80 m de ancho.

\*DATOS.- En el período comprendido de enero a marzo, no hubo escurrimiento. El cálculo de los volúmenes de abril, noviembre y diciembre se hizo por interpolación lineal entre 69 aforos y de mayo a octubre se basó en 6 curvas de gastos formadas con 214 -- aforos. El número total de éstos en el año fue de 283, practicados con molinete. Además, se dispuso de las gráficas continuas de un limnógrafo, comprobadas con lecturas de escala diarias, tomadas cada 6 horas (de las 6 a las 18 hrs.), durante todo el año.

ESCALA.- Inclinada, de concreto, instalada en la margen derecha.

AREA DE LA CUENCA.- Hasta el sitio de la estación: 353.2Km<sup>2</sup>

MES	VOLUMENES MEDIOS (1962 a 1976) Miles de m <sup>3</sup>
ENERO	10.6
FEBRERO	1.8
MARZO	0.4
ABRIL	28.7
MAYO	133.7
JUNIO	579.9
JULIO	1 217.9
AGOSTO	1 164.0
SEPTIEMBRE	1 461.1
OCTUBRE	881.9
NOVIEMBRE	212.1
DICIEMBRE	43.6
ANUAL	5 745.7

\* Del año de 1976.

TABLA 3 c

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS  
COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO

ESTACION HIDROMETRICA LOS REYES SOBRE EL RIO LA COMPANIA

DESCRIPCION.- La estación se encuentra instalada 750 m, - aguas abajo del cruce de la Carretera México,-Texcoco con la corriente. Se aflora desde una pasarela a 12.50 m de largo y - 0.80 m de ancho.

DATOS.- El cálculo de los volúmenes escurridos, de enero a diciembre, se hará en 11 curvas de gastos formados con los - 411 aforos con moliente que se practicaron en el año. Además, se contó con las gráficas continuas de un limnógrafo comprobadas con las lecturas de escala, observadas cada 6 horas en febrero, de abril a agosto y de octubre a diciembre; cada hora - en marzo y cada 2 horas en septiembre (de las 6 a las 18 hrs.), diariamente, durante todo el periodo.

ESCALA.- De concreto, instalada en la margen derecha, vertical de 0.00 a 1.00 m e inclinada de 1.00 a 3.40 m.

NOTA.- El 6 de enero comenzó a funcionar el limnógrafo, - el 1º de febrero se iniciaron las lecturas de escala a partir del 10 de febrero se practican los aforos.

MES	VOLUMENES EN 1976 MILES M <sup>3</sup>
ENERO	1 865
FEBRERO	1 331
MARZO	1 556
ABRIL	1 456
MAYO	1 661
JUNIO	1 930
JULIO	2 658
AGOSTO	3 334
SEPTIEMBRE	2 938
OCTUBRE	3 652
NOVIEMBRE	2 340
DECIEMBRE	2 126
<b>A C T U A L</b>	<b>26 837</b>

\* Del año de 1976.

TABLA 3 d

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS  
COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO

ESTACION HIDROMETRICA SAN MARCOS SOBRE EL RIO SAN FRANCISCO

DESCRIPCION.- La estación se encuentra localizada 150m aguas abajo del cruce de la supercarretera México-Puebla con el río San Francisco y 400 m aguas arriba de la confluencia con el largo y -

0.84 m de ancho.

\*DATOS.- Durante los meses de enero a abril y noviembre no hubo escurrimiento. El cálculo de los volúmenes de mayo a octubre y diciembre se efectuó por interpolación lineal entre los 90 aforos que se practicaron en el año con molinete. Además se dispuso del registro continuo de un limnógrafo, comprobado con lecturas de escala observadas cada 6 horas, diariamente (de las 6 a las 18 hrs.) durante todo el año.

ESCALA.- Inclinada, de concreto, instalada en la margen derecha.

AREA DE LA CUENCA.- Hasta el sitio de la estación: 151.5 Km<sup>2</sup>

MES	VOLUMENES MEDIOS (1963-1976) Miles m <sup>3</sup>
ENERO	9.00
FEBRERO	1.03
MARZO	9.00
ABRIL	29.70
MAYO	100.00
JUNIO	323.00
JULIO	418.00
AGOSTO	522.00
SEPTIEMBRE	430.00
OCTUBRE	199.00
NOVIEMBRE	7.80
DICIEMBRE	1.07

A N U A L

2 050.00

\* Del año de 1976.

TABLA 3 e

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS  
 COMISION DE AGUAS DEL VALLE DE MEXICO  
 ESTACION HIDROMETRICA SAN LUCAS SOBRE EL RIO DE LA COMPANIA

DESCRIPCION.- La estación se encuentra localizada unos 800 m aguas arriba de su confluencia con el río San Francisco y del cruce de la carretera México-Cuautla con la corriente. Se afora desde una pasarela de 11.50 m de largo y 0.82 m de ancho.

\*DATOS.- El cálculo de los volúmenes escurridos de enero a diciembre, se basó en 5 curvas de gastos formadas con los 250 aforos con molinete que se practicaron en el año, y en las gráficas continuas de un limnógrafo, comprobadas con lecturas de escala observadas diariamente cada 6 horas (de las 6 a las 18 hrs.), durante el año.

ESCALA.- Inclinada, de concreto, instalada en la margen derecha.

AREA DE LA CUENCA.- hasta el sitio de la estación 295.5 Km<sup>2</sup>.

MES	VOLUMENES MEDIOS (1963 a 1976) Miles m <sup>3</sup>
ENERO	18.8
FEBRERO	12.3
MARZO	6.1
ABRIL	24.4
MAYO	162.0
JUNIO	648.0
JULIO	1 087.0
AGOSTO	1 237.0
SEPTIEMBRE	1 279.0
OCTUBRE	1 050.0
NOVIEMBRE	335.0
DICIEMBRE	118.0
<b>A N U A L</b>	<b>5 977.6</b>

\* Del año de 1976.

TABLA 4

USO DE POZOS

RECORRIDO No.	FECHA	NUMERO DE POZOS	DOMESTICO	U S O		
				AGRICOLA	INDUSTRIAL	CANADERO
1	Oct-Dic/81	48	44		4	
2	Marzo/82	65	60		5	
3	Agosto/82	107	63	39	5	
4	Mar-May/83	165	76	75	14	

TABLA 5  
CENSO DE POZOS

1a. vuelta

CLAVE DEL POZO	POZO O NORIA Y ESTADO	MUNICIPIO DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL POZO DEL PREDIO	GASTO L/SEG. ACTIVO	INACTIVO	EXTRACCIONES			NIVELES EN METROS		DESTINO DEL AGUA									
						HORAS POR DIA	MESES POR AÑO	VOLUMENES EN MILES DE M <sup>3</sup> POR AÑO	DEL POZO	FECHA	DEL AGUA		REGO	DOMESTICO INDUSTRIAL	GANADERO	PROFUNDIDAD DEL POZO	GASTO ESPECIFICO			
											ESTATICO	DINAMICO								
15	Ixtapaluca	Comunidad	Avotla		X						20	21								
24	Ixtapaluca	Comunidad	Ixtapaluca		X						24	26								
38	Ixtapaluca	Comunidad	San Ego. Acautla		X						22	24								
85	Chalco	Comunidad	Cuatralpan		X						66	68								
84	Chalco	Fernando Rayón	Sn. Martín Cuatralpan		X						18	20								
95	Chalco	Ejido	El Cupido		X						17	19								
95	Chalco	Comunidad	Sta. Ma. Huaxocuilco		X						17	22								
101	Chalco	Comunidad	Cuatralpan		X						25	--								
121	Chalco	Comunidad	Chalco P-2		X						20	22								
122	Chalco	Comunidad	Chalco P-1		X						18	23								
123	Chalco	Comunidad	Chalco P-4		X						20	22								
124	Chalco	Comunidad	Chalco P-3		X						18	20								
132	Cocotitlán	Comunidad	Cocotitlán		X						60	--								
134	Temamatla	Comunidad	Temamatla		X						14	--								
135	Los Reyes	Ejido	Santiago Zula		X						60	--								
144	Mixquic	D.D.F.	Sta. Catarina Ayo. Simón		X						60	--								
164	Temamatla	Comunidad	Tenango del airel		X						--	--								
165	Temamatla	Comunidad	Tenango del airel		X						69	--								

LUGAR Y FECHA \_\_\_\_\_ RESPONSABLE DE LA INFORMACION: \_\_\_\_\_ DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_  
 VERIFICO: \_\_\_\_\_ DATO ESTIMADO: \_\_\_\_\_

CLAVE	POZO	POZO 0 NORIA	MUNICIPIO	ESTADO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL POZO	DEL PRECIO	GASTO I/SEC.	ACTIVO	EXTRACCIONES	NIVELES EN METROS	FECHA	ESTATICO	DEL AGUA	DINAMICO	RIEGO	DOMESTICO	INDUSTRIAL	GANADERO	PROFUNDIDAD DEL POZO	GASTO ESPECIFICO
18			Extahuaca	Extahuaca	Comunidad	San Cruz Tolosa		X			72.8	76	35								
24			Extahuaca	Extahuaca	Comunidad	Extahuaca		X			37	11	35								
33			Extahuaca	Extahuaca	Franc. Acetac	Rancho Chiquitico		X			11	11	10								
38			Extahuaca	Extahuaca	Comunidad	San Cruz Acetac		X			74	85	74								
43			Extahuaca	Extahuaca	Estado	M. Huasteca		X			30	36	30								
47			Extahuaca	Extahuaca	Estado	La Huasteca		X			13	13	13								
83			Chalco	Chalco	Comunidad	Guadalupe		X			42.68	41.28	43								
104			Chalco	Extahuaca	Comunidad	Las Guadalupe		X			23	23	23								
107			Tlalmanalco	Tlalmanalco	Comunidad	Tezcuaplan		X			59.15	60.15	59								
108			Tlalmanalco	Tlalmanalco	Comunidad	Tezcuaplan		X			50	53	50								
123			Chalco	Chalco	Comunidad	Chalco P-1		X			30	34	30								
125			Chalco	Chalco	Comunidad	Chalco P-1		X			20.33	23.54	20								
125			Cocotlan	Cocotlan	Comunidad	San Andres-Merla		X			---	---	---								
129			Chalco	Coltejo Duran	Comunidad	Inst. Duran		X			8	9	8								
137			Cocotlan	Cocotlan	Comunidad	Inst. Duran		X			30	---	30								
154			Comarca	Comarca	Comunidad	Comarca		X			46	---	46								
155			Los Reyes	Los Reyes	Estado	San Juan de los Rios		X			47	---	47								

VERIFICADO: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE DE LA INFORMACION: \_\_\_\_\_ DATO ESTIMADO: \_\_\_\_\_

LUGAR Y FECHA: \_\_\_\_\_

DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_

CLAVE	POZO O NORIA	MUNICIPIO	ESTADO	PROPIETARIO	NOMBRE DEL POZO	NOMBRE DEL POZO O DEL PRECIO	GASTO L/SEG. INACTIVO	HOURS POR DIA	METS. POR AÑO	VOLUMENES EN MILES DE M <sup>3</sup> POR AÑO	NIVELES EN METROS DEL POZO	FECHA	ESTATICO DEL AGUA	DINAMICO	BIEGO	DOMESTICO INDUSTRIAL	GANADERO	PROFUNDIDAD DEL POZO	GASTO ESPECIFICO M <sup>3</sup> /AÑO
155		Los Reyes																	
156		Tehuacan																	
157		Tehuacan																	
158		Tehuacan																	
159		Tehuacan																	
160		Tehuacan																	
161		Tehuacan																	
162		Tehuacan																	
163		Tehuacan																	
164		Tehuacan																	
165		Tehuacan																	
166		Tehuacan																	
167		Tehuacan																	
168		Tehuacan																	
169		Tehuacan																	
170		Tehuacan																	
171		Tehuacan																	
172		Tehuacan																	
173		Tehuacan																	
174		Tehuacan																	
175		Tehuacan																	
176		Tehuacan																	
177		Tehuacan																	
178		Tehuacan																	
179		Tehuacan																	
180		Tehuacan																	
181		Tehuacan																	
182		Tehuacan																	
183		Tehuacan																	
184		Tehuacan																	
185		Tehuacan																	
186		Tehuacan																	
187		Tehuacan																	
188		Tehuacan																	
189		Tehuacan																	
190		Tehuacan																	
191		Tehuacan																	
192		Tehuacan																	
193		Tehuacan																	
194		Tehuacan																	
195		Tehuacan																	
196		Tehuacan																	
197		Tehuacan																	
198		Tehuacan																	
199		Tehuacan																	
200		Tehuacan																	

2a. vuelta

VERIFICOS: \_\_\_\_\_  
 RESPONSABLE DE LA INFORMACION: \_\_\_\_\_  
 DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_  
 DATO ESTIMADO: \_\_\_\_\_

CLAVE	POZO O NORIA	MUNICIPIO	ESTADO	PROPIETARIO	DEL	NOMBRE	NOMBRE DEL POZO	GASTO L/SEG.	ACTIVO	HRS POR DIA	MESES POR AÑO	VOLUMEN EN MILES DE M <sup>3</sup> POR AÑO	EXTRACCIONES	NIVELES EN METROS	FECHA		ESTADISTICO	DINAMICO	RIEGO	DOMESTICO	INDUSTRIAL	GANADERO	PROFUNDIDAD DEL POZO	GASTO ESPECIFICO	
															DEL AGUA	DEL AGUA									
45		Xtapaluca		Lic. Barreras		Rdt. Verilante			X							12									
46		Xtapaluca		Carlos Rojas		Rancho La Polar			X							5									
47		Xtapaluca		Roberto Torres		El Capulin, Extrac.			X							20									
87		Chalco		Comunidad																					
88		Chalco		Comunidad		San Lucas Amalme			X							30									
91		Chalco		Elrno		San Mateo			X							16									
92		Chalco		Elrno		El Papado			X							18									
93		Chalco		Elrno		El Papado			X							18									
94		Chalco		Elrno		El Papado			X							18									
101		Chalco		Comunidad		San Gregorio Cuatrecasas			X							16									
102		Chalco		Elrno		R. L. Moral			X							27									
103		Chalco		Elrno		R. L. Moral			X							29									
104		Chalco		Comunidad		Comedataria Llanil			X							27									
107		Tlaximilco		Comunidad		San Mateo Tecuapetlan			X							35									
108		Tlaximilco		Comunidad		Respetuosa																			
109		Tlaximilco		Comunidad		Matehones			X							18									
110		Tlaximilco		Comunidad		Matehones			X							50									
111		Tlaximilco		Comunidad		Matehones			X							50									
171		Chalco		Comunidad		Chalco # 12			X							73									

DEPENDENCIA:

RESPONSABLE DE LA INFORMACION:

VERIFICO:

DATO ESTIMADO:





CLAVE DEL POZO	POCO O NORIA	MUNICIPIO Y ESTADO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL POZO O DEL PREDIO	GASTO L/SEG.	ACTIVO	INACTIVO	EXTRACCIONES			NIVELES EN METROS		DESTINO DEL AGUA				GASTO ESPECIFICO Cv. m <sup>3</sup> /seg.		
								HORAS POR DIA	MESES POR AÑO	VOLUMENES EN MILES DE M <sup>3</sup> POR AÑO	DEL POZO	FECHA	DEL AGUA		RIEGO	DOMESTICO		INDUSTRIAL	GANADERO
													ESTATICO	DINAMICO					
1	P	Istapaluca	Ramón Crespo	Rancho La Asunción	60	X		12	8	622.08		IV-85		24.8	X		X	170	
2	P	Istapaluca	Sabritas																
3	P	Istapaluca	Comunidad	Elasizaburo	9	X		4	12	37.50		III-85	27.3		X			60	
4	P	Istapaluca	Aurelio Loyaton	Granja del Carmen	15*	X		1*	1*	77.80		IV-85	18.7		X				
5	P	Istapaluca	Pedro Traveya	Rcho. Gaudalup		X						IV-85			X				
6	P	Istapaluca	Pedro Traveya	Rcho. Gaudalup		X						IV-85			X				
7	P	Istapaluca	Pedro Traveya	Rcho. Gaudalup		X						IV-85			X				
8	P	Istapaluca	Pedro Traveya	Rcho. Gaudalup	2	X		5	12	15.30		IV-85			X			46	
9	P	Istapaluca	Pedro Traveya	Rcho. Gaudalup	2	X		5	12	15.30		IV-85	17.6		X			42	
10	P	Istapaluca	Isa. Pared. Res.	Elasizaburo	90	X		17	12	2010.42		IV-85			X			176	
11	P	Istapaluca	Isabel Avotla	Avotla		X						IV-85		111.87		X		17	
12	P	Istapaluca	Isabel Avotla	Avotla	30	X		21	12	601.31		IV-85			X			70	
13	P	Istapaluca	Comunidad	Elad. Hch. Avotla	50*	X		16	12	630.73		IV-85			X				
14	P	Istapaluca	Isabel Avotla	Avotla	20	X		21	12	630.73		IV-85			X			32	
15	P	Istapaluca	Comunidad	Avotla	60	X		15	12	1082.00		V-85			X				
16	P	Istapaluca	Pedro Traveya	Rcho. Gaudalup	10	X		5	12	39.42		IV-85	21		X	X		56	
17	P	Istapaluca	Pedro Traveya	Rcho. Gaudalup	2	X		2	12	5.25		IV-85			X	X		56	
18	P	Istapaluca	Comunidad	Elasizaburo	15*	X		15	12	395.66		V-85			X				
19	P	Istapaluca	Comunidad	Valle Verde	15	X		22	12	327.71		IV-85	30		X			68	
20	P	Istapaluca	Senadores de México	Valle Verde	11	X		4	12	378.81		IV-85			X			80	

LUGAR Y FECHA \_\_\_\_\_ RESPONSABLE DE LA INFORMACION: \_\_\_\_\_

DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_

VERIFICO: \_\_\_\_\_ DATE ESTIMADO: \_\_\_\_\_

1a. vuelta

CLAVE DEL POZO	POZO O ANEJA	MUNICIPIO Y ESTADO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL POZO O DEL PREDIO	GASTO L. SEC. A CTIVO	I N S T A C T I V O	EXTRACCIONES			NIVELES EN METROS		DESTINO DEL AGUA			GASTO ESPECIFICO		
							HECTAREAS POR HIA	MESES POR AÑO	VOLUMENES EN MILES DE M <sup>3</sup> POR AÑO	DEL POZO	FECHA	DEL AGUA		RIEGO DOMESTICO		INDUSTRIAL	GANADERO
												ESTATICO	DINAMICO				
21	P	Ixtapaluca	Sagrarios de México	Valle Verde	100	X					1V-83			X			
22	P	Ixtapaluca	Francisca Soto A.	Granja de La Huera	100	X					1V-83			X			
23	P	Ixtapaluca		Granja La Siberia	7	X	6	12	70.95						X		
24	P	Ixtapaluca	Comunidad		60	X	18	12	100.10	226.75	1V-83	31.5	13.08	X			
25	P	Ixtapaluca		Ex-Granja Cerdos	20	X					1V-83				X	38	
26	P	Ixtapaluca	Adolfo Hernández		20	X					1V-83			X			
27	P	Ixtapaluca	Angel Salazar	Baños Angeles	9	X	3	12	36.65					X		40.8	
28	P	Ixtapaluca	Madruco y Cia.	Ixtapaluca	50	X	14	12	258.72					X		100.	
29	P	Ixtapaluca	Casaron Ruiz Velasco	Ixtapaluca	13	X	8	12	87.16					X		50	
30	P	Ixtapaluca	Guadalupe Nieto	Bozon Lu.	20	X								X			
31	P	Ixtapaluca	Guadalupe Nieto	Desmonte No. 1	50	X	10	6	324.00				40	X		105	
32	P	Ixtapaluca	Fracc. Acozac	Reho. 11 Chiquitluc	15	X	18	12	551.8	2269.63	1V-83			X			
33	P	Ixtapaluca	Fracc. Acozac	Reho. 11 Chiquitluc	25	X	18	12	544.0	2269.63	1V-83	52		X	X	85	
34	P	Ixtapaluca		El Tablon Sancti La	100	X					1V-83			X			
35	P	Ixtapaluca	Eladio	Reho. 11 Carmen	20	X					1V-83			X			
36	P	Ixtapaluca	Eladio	Reho. 11 Carmen	50	X	20	8	417.68					X			
37	P	Ixtapaluca	Eladio	Reho. 11 Carmen	35	X	20	8	604.8					X			
38	P	Ixtapaluca	Comunidad	Sn. Pco. Acuantla	50	X	24	12	1576.8	2284.36	1V-83			X			
39	P	Ixtapaluca		Reho. 11 Camutluc	140	X	10	8	345.6					X		15	
40	P	Ixtapaluca	Silviano Nieto	Sn. José Ixtapaluca	30	X	10	6	194.10	252.90	1V-83		25	X		80	

LUGAR Y FECHA: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE DE LA INFORMACION: \_\_\_\_\_ DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_

VERIFICO: \_\_\_\_\_ DADO ESTIMADO: \_\_\_\_\_



CLAVE DEL POZO	POZO O MORIA Y ESTADO	MUNICIPIO DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL POZO O DEL PREDIO	GASTO L/SEG.	ACTIVO	INACTIVO	EXTRACCIONES			NIVELES EN METROS		DESTINO DEL AGUA								
							HBRAS POR EIA	MESES POR AÑO	VOLUMENES EN MILES DE GAL. POR AÑO	DEL POZO	FECHA	DEL AGUA		FIEGO	DOMESTICO	INDUSTRIAL	CANADERO	PROFUNDIDAD DEL POZO	GASTO ESPECIFICO	
												ESTATICO	DINAMICO							
41	P	Ixtapaluca	Silviano Nieto	30	X		10	6	194.40	2252.00	IV-85		24	X						80
42	P	Ixtapaluca	Roberto Barriel	15	X		8	8	150.70		IV-85			X						41
43	P	Ixtapaluca	Luis Barrios		X						IV-85							X		25
44	P	Ixtapaluca	Textiles Aguirre	17	X		5	12	67.00		V-85					X				
45	P	Ixtapaluca	Alfredo Edes	21	X		12	8	217.70	2250.30	IV-85		6.8	X						15
49	P	Ixtapaluca	Alfredo Luez		X						IV-85	1.70		X						35
47	P	Ixtapaluca	Recho La Cortera	30	X		8	8	207.50		IV-85			X						
48	P	Ixtapaluca	Carlos Rosas	55	X		8	8	369.30		IV-85			X						
49	P	Ixtapaluca	Carlos Rosas		X						IV-85			X						20
50	P	Ixtapaluca	Carlos Rosas	15	X		4	12	78.80		IV-85			X						40
51	P	Ixtapaluca	Carlos Rosas	68	X		8	8	370.40		IV-85			X						40
52	P	Ixtapaluca	Recho La Cortera	10	X		1	12	52.50		IV-85			X	X	X				
53	P	Ixtapaluca	Recho La Cortera	30	X		8	8	207.30		IV-85			X				X		
54	P	Ixtapaluca	Quinta Sta. Barbara	82	X		12	8	839.50		IV-85			X						
52	P	Ixtapaluca	Recho San Antonio	17	X		1	12	2.60		IV-85	1.05						X		
56	P	Ixtapaluca	EBucc. Ind. del Edo.	30	X		12	12	475.00		IV-85			X						
57	P	Ixtapaluca	Recho La Espinita											X						
58	P	Ixtapaluca	Recho La Espinita											X						
59	P	Ixtapaluca	Recho La Espinita											X						
60	P	Ixtapaluca	Recho La Espinita											X						

LUGAR Y FECHA \_\_\_\_\_ RESPONSABLE DE LA INFORMACION: \_\_\_\_\_ DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_

VERIFICO: \_\_\_\_\_ DATO ESTADADO: \_\_\_\_\_

CLAVE DEL POZO	POZO O NORIA	MUNICIPIO Y ESTADO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL POZO O DEL PREDIO	GASTO L/SEG.	ACTIVO	INACTIVO	EXTRACCIONES			NIVELES EN METROS		DESTINO DEL AGUA				GASTO ESPECIFICO				
								HORAS POR DIA	MESES POR AÑO	VOLUMENES EN MILES DE M <sup>3</sup> POR AÑO	DEL POZO	FECHA	ESTATICO	DINAMICO	RIEGO	DOMESTICO		INDUSTRIAL	GANADERO	PRODUCTIVIDAD DEL POZO	
81	P	Estanislauca	Elido Sn.M.Huixtoco	San Esteban	75	X		14	8	1017.41		IV-85									
82	P	Chalco	Elido	San Martin Cuautlalpan			X					IV-85									
83	P	Chalco	Comunidad	San Martin Cuautlalpan	15	X		18	12	554.78	2262.85	IV-85	42.68	44.28							
84	P	Chalco	Fernando Rayén	San Martin Cuautlalpan	60	X		15	8	672.11		IV-85									
85	P	Chalco	Elido	San Martin Cuautlalpan			X					IV-85									
86	P	Chalco	Elido	San Martin Cuautlalpan			X					IV-85									
87	P	Chalco	Comunidad	San Lucas Cuautlalpan	8	X		6	12	39.43		V-85	24.29							105	
88	P	Chalco	Comunidad	San Lucas Cuautlalpan			X					V-85									
89	P	Chalco	Elido	San Lucas Cuautlalpan			X					V-85	5.10								
90	P	Chalco	Elido	La Compañía			X					IV-85	9.65								
91	P	Chalco	Elido	Rebo, Miravillas	37.8	X		10	8	285.40		IV-85									
92	P	Chalco	Elido	Rebo, El Cuervo 1	65	X		10	8	591.40	2761.67	IV-85								80	
93	P	Chalco	Elido	Rebo, El Cuervo 2	65	X		6	8	356.90	2753.13	IV-85									100
94	P	Chalco	Elido	Rebo, El Cuervo 3	75	X		10	8	618.00	2755.25	IV-85									
95	P	Chalco	Comunidad	San M <sup>o</sup> Hierro Viejas	15	X		11	12	173.03		IV-85									
96	P	Chalco	Manuel Ruiz	Coahuatpan	16	X		10	8	401.79		IV-85									
97	P	Chalco	Dionis Romero	Ex-Hda. de La Oca	50	X			12	2.49		IV-85									
98	P	Chalco	Federico González		34	X		8	8	235.01		IV-85									
99	P	Chalco	Elido	San Francisco Cuautlalpan			X					IV-85									
100	P	Chalco	Elido	San Benito Cuautlalpan	40	X		10	8	317.40		IV-85									

5805.48

LUGAR Y FECHA \_\_\_\_\_ RESPONSABLE DE LA INFORMACION: \_\_\_\_\_ DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_

VERIFICO: \_\_\_\_\_ DATO ESTIMADO: \_\_\_\_\_

CLAVEL DEL POZO	POZO O SOBRIA	MUNICIPIO Y ESTADO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL POZO O DEL PREDIO	GASTO L/SEG.	ACTIVO	INACTIVO	EXTRACCIONES			NIVELES EN METROS		DESTINO DEL AGUA		GASTO EFICIENTE		
								REPES POR DIA	REPES POR MES POR AÑO	VOLUMENES EN MILES DE M <sup>3</sup> POR AÑO	DEL POZO	FECHA	ESTÁTICO	DINÁMICO		DOMESTICO	INDUSTRIAL
101	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
102	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
103	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
104	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
105	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
106	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
107	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
108	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
109	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
110	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
111	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
112	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
113	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
114	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
115	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
116	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
117	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
118	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
119	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95
120	P	Chalisco	Comunidad	San Gregorio Acatempan	17	X		12	12	351.75		111.27	25.56	39.03	X		95

10-10-1960

LOGAR Y FECHA \_\_\_\_\_ RESPONSABLE DE LA INFORMACION: \_\_\_\_\_ DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_

VERIFICO: \_\_\_\_\_ DATE ESTIMADO: \_\_\_\_\_

CLAVE DEL POZO	POZO O NETA	MUNICIPIO Y ESTADO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL POZO O DEL PREDIO	GASTO P/SEG.	A C T I V O	EXTRACCIONES			NIVELES EN METROS		DESLAFO DEL AGUA							
							HERRAS POR H/A	MUEBES POR AÑO	VOLUMENES EN MILES DE LITROS POR DÍA	DEL POZO	FECHA	DEL AGUA		RIFICO	DOMESTICO INDUSTRIAL	GANADERO	FARMACIA DEL POZO	GASTO ESPECIFICO EN C/seg.	
												ESTATICO	PLANICO						
111	P	Misamis	D.D.F.	Sta. Catarina Avotrincos	50	X	12	12	1876.30		V-85	10.20			X				
112	P	Misamis	D.D.F.	P-9		X					V-85				X				
113	P	Misamis	D.D.F.	P-10		X					V-85				X				
114	P	Misamis	Comunidad	Sta. Catarina Avotrincos		X				2241.15	V-85	12.50			X				
115	P	Misamis	D.D.F.	P-5		X					V-85				X				
116	P	Misamis	D.D.F.	P-7		X					V-85				X				
117	P	Misamis	D.D.F.	P-4		X					V-85				X				
118	P	Misamis	Comunidad	San Juan Banzos P-3		X					V-85				X				
119	P	Misamis	Comunidad	San Juan Banzos P-2	35	X	12	12	544.52		V-85				X				
120	P	Misamis	Comunidad	San Juan Banzos P-1		X					V-85				X				
121	P	Misamis	D.D.F.	Teccom11 # 22		X					V-85				X				
122	P	Misamis	D.D.F.	Teccom11 # 17	25	X	20	12	864.1		V-85	22			X				
123	P	Misamis	D.D.F.	Teccom11 # 20	40	X	13	8	622.03		V-85	27.50	X						
124	P	Misamis	D.D.F.	Teccom11 # 20		X					V-85				X				
125	P	Misamis	D.D.F.	Teccom11 # 15	20	X	18	8	777.60		V-85				X				
126	P	Misamis	D.D.F.	Teccom11 # 16	15	X	24	12	1212.12		V-85	22			X				
127	P	Misamis	D.D.F.	Teccom11 # 15	20	X	21	12	853.30		V-85				X				
128	P	Misamis	D.D.F.	Teccom11 # 11	20	X	24	12	1207.52		V-85				28				
129	P	Misamis	D.D.F.	Teccom11 # 13	25	X	20	12	1576.80		V-85				X				
130	P	Ternateña	Comunidad	Ternateña del Arce	15	X	12	12	650.70		V-85	11.85			X				

1991.04

LUGAR Y FECHA \_\_\_\_\_ RESPONSABLE DE LA INFORMACION: \_\_\_\_\_

DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_

VERIFICO: \_\_\_\_\_ DATO ESTADADO: \_\_\_\_\_

1a. vuelta

CLAVE DEL POZO	POZO O SURTIDA	MUNICIPIO Y ESTADO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL POZO O DEL PREDIO	GASTO L/SEG. A C T I V O	L A T R A C C I O N E S			N I V E L E S E N M E T R O S		D E S T I N O D E L A G U A							
						H O B A S P O R T I R A	M E S E S P O R A Ñ O	V O L U M E N E S E N M I L E S D E M 3 P O R A Ñ O	D E L P O Z O	F E C H A	D E L A G U A		P E L I G R O	E M P E S I C O	I N D U S T R I A L	C A M B I E R O	P U B L I C I D A D	P O Z O
											E S T A T I C O	D I N A M I C O						
104	3	CA	CONCEPCION	Rebo, Sta. M., Acapulco	1	3	1	12	21.02		111-82	3.70	3.50	X	X	X	1.55	
107	3	CA	CONCEPCION	Concepcion	1	3	1	12			111-82			X	X	X	1.55	
108	3	CA	CONCEPCION	Concepcion	1	3	1	12			111-82			X	X	X	1.55	
109	3	CA	CONCEPCION	Concepcion	1	3	1	12										
110	3	CA	CONCEPCION	Concepcion	1	3	1	12										

MANANTIALES Y CAPTACIONES SUBSIDIARIAS

CLAVE	POZO O SURTIDA	MUNICIPIO Y ESTADO	NOMBRE DEL PROPIETARIO	NOMBRE DEL POZO O DEL PREDIO	GASTO L/SEG. A C T I V O	L A T R A C C I O N E S	N I V E L E S E N M E T R O S	D E S T I N O D E L A G U A	
106	3	CA	CONCEPCION	Concepcion	1	3	21	12	18.4
107	3	CA	CONCEPCION	Concepcion	1	3	21	12	18.7
108	3	CA	CONCEPCION	Concepcion	1	3	21	12	21.5.0
109	3	CA	CONCEPCION	Concepcion	1	3	21	12	24.1.1
110	3	CA	CONCEPCION	Concepcion	1	3	21	12	11.7.1
111	3	CA	CONCEPCION	Concepcion	1	3	21	12	12.0.1

LUGAR Y FECHA: \_\_\_\_\_ RESPONSABLE DE LA INFORMACION: \_\_\_\_\_ DEPENDENCIA: \_\_\_\_\_  
 VERIFICO: \_\_\_\_\_ D A T O E S T A D O : \_\_\_\_\_

FABLA 6

ANALISIS QUIMICOS DE LOS POZOS CENSADOS EN LA ZONA CHALCO-AMECAMECA, EDO. DE MEX.

	SO <sub>4</sub>	Cl	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	F	Ca	Mg	Fe	Mn	Na	Nat	Durt	Ph	STD
RANCHO GUERRERO	15	14	0	217	.44	19	55	.01	.01	9	178	192	7.5	324
AGUAC	14	14	0	222	.52	19	56	.01	.05	7	182	200	7.5	324
AGUAY	14	16	0	171	.4	16	52	.01	.01	2	140	172	7.9	251
SFA. CRIC TLAPACUA	24	10	0	171	.32	16	32	.01	.01	5	130	172	7.8	256
INTEMPEREA	14	12	0	200	.52	19	28	.01	.01	14	164	164	7.4	292
LA GIBRERIA (SAN JERONIMO DE SAN JERONIMO DE TOLUCA)	15	10	0	246	.50	22	32	.2	.01	20	202	188	7.7	354
SAN JERONIMO DE TOLUCA	16	10	0	154	.5	10	20	.01	.01	15	110	108	8.0	204
CHALCO P. # 1	19	8	0	266	.4	32	56	.01	.01	8	218	252	8.0	516
CHALCO P. # 2	25	8	0	127	.56	13	12	.02	.01	27	194	80	7.7	308
CHALCO P. # 3	15	8	0	217	.45	14	17	.02	.01	44	178	108	7.9	316
CHALCO P. # 4	16	8	0	124	.32	10	12	.01	.01	26	102	72	7.8	185
INST. DAMAS I	340	50	0	771	.56	116	127	.01	.5	112	652	820	7.7	1525
INST. DAMAS II	124	50	10	485	.4	60	85	.01	.5	49	412	504	8.1	868
MCO SALVO	41	112	0	688	.56	43	51	.01	.01	204	564	320	7.8	1139
SA. G. CHALCO	46	16	0	127	.44	21	21	.01	.01	16	104	140	7.7	280
SA. N. HUECO	49	126	0	732	.52	42	74	.01	.01	191	600	412	7.8	1260
SA. T. HUECO	56	132	0	795	.52	68	91	.01	.5	150	652	518	7.6	1274
S.A. HUECO	57	122	0	752	.64	43	68	.01	.05	200	616	392	7.5	1260
S.P. AMECAMECA I	10	176	5	1015	.56	21	43	.01	.01	398	840	252	8.1	1661
S.P. AMECAMECA II	15	12	0	178	.28	21	16	.8	.05	26	126	120	7.5	266
RANCHO LA ASUNCION	22	10	0	159	.21	18	20	.2	.01	18	150	128	7.0	274
COCHILAN	15	26	0	139	.28	15	22	.01	.01	14	114	124	7.8	276
LA CAMPESINIA TLAPALA	151	10	0	178	.25	46	5	.01	.01	27	136	128	7.2	415
SA. ANDRES ATLA	20	10	0	110	.16	11	12	.01	.01	22	90	80	7.7	210
TEMARILLA	16	10	0	166	.4	16	23	.01	.01	14	156	156	8.0	245
TECANGO DEL ATRIL	10	8	0	102	.56	10	15	.01	.01	18	87	88	7.6	206
TECQUIAPAN (PCOV.)	15	8	0	144	.24	6	24	.01	.01	12	118	116	7.6	225
TECQUIAPAN (PEBILA)	9	10	0	85	.21	5	14	.01	.01	11	68	68	7.8	150
AYAPANG	103	16	12	256	.21	54	28	.01	.05	48	250	252	8.3	517
AYAPANG	39	12	0	54	.4	12	12	.01	.01	5	44	80	7.2	185
QUEMBA SALIDA NORTE	66	46	0	90	.56	26	32	.01	.01	5	74	196	7.4	356
QUEMBA SALIDA SUR	124	70	0	207	.28	56	55	.01	.01	14	170	568	6.9	612

TABLA 6

	SO <sub>4</sub>	Cl	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	F	Ca	Mg	Fe	Mn	Na	Alc. T.	Durt.	III	STD
SAN FRANCISCO ACIUAUTLA	16	6	5	142	0.32	16	7	0.01		35		70	8.1	227
SAN FRANCISCO ACIUAUTLA 1	15	8	0	229	0.32	14	15	0.01		55	168	100	8.0	335
SAN FRANCISCO ACIUAUTLA 2	14	10	0	215	0.27	19	13	0.01		45	176	104	7.8	331
EXTAPALUCA	17	12	14	205	0.32	28	14	0.01		44	---	130	8.1	335
EXTAPALUCA	16	12	0	215	0.41	14	17	0.01		47	176	108	7.9	330
TLAPACOYA	20	10	0	161	0.23	11	14	0.0	0.5	36	132	88	8.1	259
AMITLA	18	14	0	171	0.32	10	14	0.01		43	140	130	8.4	481
SAN MARCOS HUJUNTOO	25	8	14	110	0.23	16	22	0.01		86		90	8.0	219
SAN MARTIN CUAUHUALPAN	15	8	9	146	0.09	8	17	0.01		26		90	8.0	219
SAN MARTIN CUAUHUALPAN	16	8	0	122	0.33	16	10	0.01		22	100	80	7.9	194
GUALO 1	16	6	10	200	0.32	20	19	0.01		34		130	8.0	304
GUALO 4	16	8	0	166	0.27	12	29	0.01		6		150	7.8	238
SAN GREGORIO CUAUTZINCO	48	16	0	129	0.5	16	20	0.1		25	106	124	7.7	255
EL CUPIDO 1	23	14	0	163	0.18	19	17	0.02		26	134	126	7.8	263
EL CUPIDO 2	24	14	0	137	0.32	16	15	0.01		26	112	104	7.6	236
EL CUPIDO EL ROSARIO GIGCO	21	14	0	137	0.18	13	17	0.02		23	112	104	7.9	224
EL CUPIDO EL ROSARIO GRANDE	24	14	0	137	0.18	16	15	0.02		24	112	104	7.9	231
SANTA MARIA BUREBUICO	14	8	7	100	0.23	13	12	0.01		18	94	80	8.2	172
S.C. AYUTZINCO	9	40	4	102	0.23	6	10	0.01		43	84	56	8.4	201
COCOUILAN	14	8	0	144	0.18	10	16	0.02		24	118	92	8.0	217
COCOUILAN	9	7	0	142	0.18	8	14	0.01		25	116	80	8.0	207
SACUJADO ZULA	19	8	0	127	0.32	13	12	0.01		25	104	80	8.0	207
TEMAVILLA	17	8	0	193	0.41	13	21	0.01		31	158	120	7.9	285
TEMAVILLA	15	6	0	203	0.27	16	19	0.01		32	166	120	7.8	290
MIRALDORES (P-2)	12	6	0	85	0.16	6	9	0.01		18	70	52	8.0	136
HALMAVALCO (FGO. S. RAFAEL)	21	4	0	59	0.23	8	5	0.01		16	48	40	8.0	111
TEANCO DEL AIRE	35	4	-	56	0.16	11	12	0.01		5	46	76	7.9	187
APAYANCO (P-1)	71	16	0	205	0.23	35	26	0.3		31	168	196	7.6	405
APAYANCO (P-5)	80	48	0	227	0.47	46	35	0.01		37	186	252	7.6	727
APAYANCO (P-4)	30	12	0	137	0.27	22	14	0.2		20	112	116	7.5	235
APAYANCO (MIXTLA P-1)	38	8	0	81	0.18	16	8	1.0		20	66	72	7.8	219
APAYANCO (MIXTLA P-2)	45	4	0	107	0.27	19	13	0.2		17	88	104	7.6	232
LAS DELICIAS (P-3)	26	8	0	68	0.41	13	11	0.06		8	56	76	7.9	171
LAS DELICIAS (P-4)	20	6	0	83	0.36	16	5	0.01		17	68	60	8.0	182
LAS DELICIAS (P-5)	21	8	0	68	0.45	8	11	0.01		11	56	64	7.8	164
RDND PARK (P-1)	19	5	45	59	0.09	32	6	0.3		20	120	104	9.5	218
RDND PARK (P-4)	16	8	24	49	0.41	13	6	0.01		24	80	56	9.2	153
OLIMPA COL. A. EXHE	78	116	0	110	0.16	46	32	0.01		75	90	248	8.2	639
OLIMPA COL. INDUSTRIAL	78	42	0	71	0.31	38	21	0.01		6	58	184	7.6	459
OLIMPA COL. 5 DE FEBRERO	44	50	0	85	0.32	31	23	0.01		3	70	180	7.6	459
OLIMPA COL. SAN FRANCISCO	71	56	0	78	0.36	40	26	0.01		4	64	208	7.6	559

TABLA 7

-- Pozos en los que se presentó claramente el régimen de equilibrio. Para el cálculo de coeficientes de aplicó la teoría de Dupuit corregida.

1.- Ixtapalucan. Agua potable.

$$K = 4.34 \times 10^{-3} \text{ m/seg}$$

$$Q = 73 \text{ l/seg} = 1.21 \text{ m}$$

$$T = 7.13 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$Q = 69.36 \text{ l/seg. m.}$$

2.- San Marcos Huixtoco (La Chimenea) Riego. Perforado en relle nos

$$K = 4.7 \times 10^{-5} \text{ m/seg.}$$

$$Q = 63 \text{ l/seg} = 0.37 \text{ m (de la 2da. prueba de bombeo)}$$

$$T = 5.1. \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$Q = 170.27 \text{ l/seg. m.}$$

3.- San Marcos Huixtoco (Caja del Agua). Riego. Perforados en relle nos.

$$K = 2.8 \times 10^{-4} \text{ m/seg.}$$

$$Q = 33.6 \text{ l/seg.} = 3.89 \text{ m}$$

$$T = 9.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$Q = 8.44 \text{ l/seg. m.}$$

4.- San Martín Cuautlalpan . Agua potable. Perforado en Relleno s.

$$K = 1.08 \times 10^{-4} \text{ m/seg.}$$

$$Q = 15 \text{ l/seg.} = 2.10 \text{ m}$$

$$T = 8.06 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$Q = 7.14 \text{ l/seg.m.}$$

5.- Rancho Santa María Atoyac. Riego. Perforado en Rellenos.

$$K = a \times 10^{-3} \text{ m/seg.}$$

$$Q = 95 \text{ l/seg.} = 0.27 \text{ m}$$

$$T = 16 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$Q = 351.85 \text{ l/seg. m.}$$

6.- Tlalmanalco (Fca. San Martín) Abastecimiento Industrial per forado en basaltos.

$$K = 3.9 \times 10^{-3} \text{ m/seg}$$

$$Q = 15.8 \text{ l/seg.} = 0.20 \text{ m}$$

$$T = 9.1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$Q = 791/\text{seg. m.}$$

7.- Temamantla. Agua Potable. Perforado en basaltos.

$$K = 1.47 \times 10^{-4} \text{ m/seg.}$$

$$T = 2.28 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{drh.}$$

$$Q = 10 \text{ l/seg.} = 0.59 \text{ m}$$

$$Q = 16.95 \text{ l/seg. m.}$$

8.- Zula Agua Potable. Perforado en basaltos.

$$Q = 4 \text{ l/seg.}$$

$$= 0$$

$$Q = 00$$

(No se presentó abatimiento por lo que T es muy bueno).

En estos pozos se determinó el coeficiente de transmisibilidad considerando a los pozos como completos aunque se sabe que no lo son; las transmisibilidades reales, en consecuencia serán mayores.

$$* \quad Q = k \frac{H^2 - Y_0^2}{\ln (R/r)} \quad \text{donde } Y_0 = h + h'; \quad h' = \frac{0.5 (H - h)^2}{H}$$

Q = gasto de extracción en m<sup>3</sup>/seg.

K = coeficiente de permeabilidad en m/seg.

H = potencia del acuífero libre en m.

h = altura de la columna de agua en el pozo en m

h' = longitud de la zona de lloradero en el pozo en m.

R = radio de acción del pozo en m.

TABLA 8

Pozos en los que no se presentó el régimen de Equilibrio.

- a) Pozos que mostraron una recuperación más regular que su abatimiento, por lo que se usó la curva de recuperación para el cálculo de los coeficientes de Almacenamiento y Transmisibilidad, por medio de la teoría de Theis en régimen transitorio. También aquí se consideraron los pozos como completos.

9.- Chalco (Pozo No.2) Agua Potable. Perforado en rellenos.

$$S = 0.569 \quad T = 1.05 \text{ e } 10^{-2} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

Q = 60 l/seg. (iniciales, pero con un descenso considerable al conectarse a la red).

$$\Delta = 5.50 \text{ m} \quad Q = 10.901/\text{seg.m.}$$

10.- San Gregorio Cuatzingo. Agua Potable.

$$S = 0.15 \quad T = 7.3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{seg. m.}$$

$$Q = 20 \text{ l/seg.} \quad \Delta = 4.40 \text{ m} \quad Q = 4.551/\text{seg.m.}$$

11.- Popo Park (Fraccionamiento Las Delicias) Agua Potable. Perforado en Rellenos.

$$S = 0.5 \quad T = 9.6 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{seg.}$$

$$Q = 2 \text{ l/seg.} \quad \Delta = 10 \text{ m} \quad Q = 0.2 \text{ l/seg. m.}$$

$$* \quad \Delta = \frac{Q}{4} \frac{1}{T} \ln \frac{2.25 T t}{r^2 S} \quad T = K H$$

donde:  $\Delta$  = Descenso en m. para el tiempo en t. en seg.  
 $Q$  = Gasto en  $m^3$ /seg.  
 $T$  = Coeficiente de transmisibilidad en  $m^2$ /seg.  
 $S$  = Coeficiente de almacenamiento sin unidades  
 $r$  = radio del pozo en metros  
 $K$  = coeficiente de permeabilidad en m/seg.  
 $H$  = espesor o potencia del acuífero libre en metros

b) Pozos que calcularon en base a su curva de abatimiento, con la teoría de Theis, en régimen Transitorio y Considerándolos como completos.

12.- Miraflores San Mateo Tezoquipa (Pozo Nuevo) Agua Potable.

$$S = 5.4 \times 10^{-2} \qquad T = 2.2 \times 10^{-2} m^2/seg.$$

$$Q = 15 \text{ l/seg.} \qquad \Delta = 3 \text{ m.} \qquad Q = 1.881/seg.$$

13.- Ayapango Rancho Sta. María (Noria) Riego. Perforado en Relleno.

$$S = 0.45 \qquad T = 4.95 \times 10^{-4} m^2/seg.$$

$$Q = 3.7 \text{ l/seg.} \qquad r = 1.51 \text{ m} \qquad Q = 2.45 \text{ l/seg. m.}$$

14.- Fraccionamiento Hacienda La Alborada Morelos. Agua Potable Perforado en basaltos.

$$Q = 55 \text{ l/seg.} \qquad \Delta = 2.60 \text{ m} \qquad Q = 13.46/seg. \text{ m.}$$

Resultados muy irregulares.

TABLA 9

RELACION DE CLAVES DE LOS POZOS EN DIFERENTES CENSOS

A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	91-39		41	37-39		81		63
2	92-39		42	38-39		82	45-25	
3	101-39		43	39-39		83		
4			44	70-39		84	46-25	
5	55-39		45	78-39		85	43-25	
6	56-39		46			86	44-25	
7	57-39		47	43-39		87	19-25	
8	90-39		48	41-39		88	18-25	
9	80-39		49	76-39		89	77-25	
10	83-39		50	77-39		90		
11	107-39		51	40-39		91	17-25	
12	99-39		52	179-25		92	14-25	
13	102-39		53	42-39		93	15-25	
14	100-39		54	26-39		94	16-25	
15			55			95	57-25	
16	87-39		56	16-39		96	13-25	
17	88-39		57	19-39		97	64-25	
18	105-39		58	21-39		98		
19	106-39		59	22-39		99	80-25	
20		239	60	25-39		100	10-25	
21		240	61	27-39		101	66-25	
22	48-39		62		227	102		122
23			63	20-39		103		121
24	9-39		64		100	104		117
25			65		64	105		139
26			66	14-39		106		35
27	95-39		67			107		85
28	69-39		68	12-39		108		86
29	79-39		69	68-25		109		140
30	98-39		70	67-25		110		59
31	30-39		71	41-25		111		
32			72	42-25		112		37
33			73			113		36
34	4-39		74			114		74
35	5-39		75	3-25		115		73
36	6-39		76	4-25		116		110
37	7-39		77		62	117		69
38	68-39		78		61	118		70
39	13-39		79	20-25		119		71
40	36-39		80		60	120		

TABLA 9

(CONTINUACION)

A	B	C	A	B	C
121			143		24
122			144		124
123			145		128
124			146		130
125		37	147		134
126			148		143
127			149		144
128			150		145
129		100	151		20
130			152		22
131		99	153		9
132			154		21
133			155		11
134		254	156		10
135		255	157		8
136		260	158		7
137		256	159		6
138			160		261
139		138	161		
140		135	162	165-25	
141		125	163	166-25	
142		25			

A.- Clave del censo de este estudio

B.- Clave del Censo de la Residencia de Geohidrología y Zonas Áridas de la SARH el 2º número nos indica el municipio.

C.- Clave del Censo de Dirección General de Organización y Métodos Subdirección del Centro de Cómputo de SARH.