



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Capítulo 2

Metodología

- II.1 Recopilación y análisis de la información
- II.2 Trabajo de campo
- II.3 Pruebas de bombeo
- II.4 Modelo piezométrico 2010

II.1 Recopilación y análisis de la información

Las información que se obtuvo y se analizó consistió principalmente en artículos científicos, informes técnicos previamente realizados sobre la zona de estudio, mapas y material emitido por organismos de gobierno.

Para la recopilación de la información existente se siguió la siguiente metodología:

1. Se identificó la ubicación geográfica del acuífero en cartografía de INEGI escala 1:50,000 y en cartografía del Servicio Geológico Mexicano escala 1:250,000 para llevar a cabo la recopilación de información de la zona de interés y sus alrededores, las cartas consultadas son las siguientes:

- Apaseo El Alto, F14C75.
- La Estancia, F14C76.
- Querétaro, F14C65.
- Querétaro, F14-1

2. Se realizaron visitas a dependencias gubernamentales en donde se consultó información, éstas se enlistan a continuación:

- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua), Querétaro.
- CEA (Comisión Estatal de Aguas), Querétaro.
- CEGEO (Centro de Geociencias), UNAM, Campus Juriquilla.
- Instituto de Geología, UNAM.
- COTAS (Comité Técnico de Aguas Subterráneas), San Juan del Río.
- Gerencia de Aguas Subterráneas de la CONAGUA.

3. Se obtuvo información científica de la zona de estudio mediante la navegación en páginas web de sitios de índole geológico tales como:

- <http://www.ceaqueretaro.gob.mx/>
- <http://www.cna.gob.mx/>
- <http://www.geociencias.unam.mx/geociencias/>
- <http://www.coremisgm.gob.mx/>
- <http://www.geologia.unam.mx/igl/>

4. De la información recopilada, se obtuvieron informes, reportes, planos, cartas, etc., que se revisaron de manera detallada para poder tener un panorama amplio de lo que se ha hecho a la fecha en la zona de estudio y poder entender previamente la situación actual del acuífero.

5. Una vez analizada la información, se realizaron resúmenes apoyados de figuras y tablas para tener de manera sintetizada una idea general del estado actual del acuífero.

A continuación se presenta la información más relevante recopilada de cada estudio:

Guysa, Geofísica de Exploraciones S.A. de C.V., Evaluación geohidrológica de los valles El Milagro y Lagunillas ubicados en los municipios de Villa Corregidora y Huimilpan, 1994, Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro.

Los objetivos de este estudio fueron establecer los elementos y parámetros técnicos que permitan conocer el potencial hidráulico de las zonas; cuantificar el volumen adicional al que pueden ser sometidos los acuíferos y proporcionar los elementos técnicos que sirvan para comparar los resultados que se tienen en las zonas de Pedro Escobedo y San Juan del Río, y se tome la mejor opción económica que permite el máximo volumen de agua subterránea al menor costo.

Los Valles de El Milagro y Lagunillas se encuentran en la región Noreste del acuífero de Huimilpan. En El Milagro se tienen 49 aprovechamientos de los cuales 37 están activos, 10 inactivos y 2 en perforación para esta fecha. De estos el 73% es para el sector agrícola y el 27% para agua potable. En Lagunillas se tiene 7 pozos de los cuales 4 están en operación, 1 inactivo y 2 en perforación.

El nivel freático se encontró a 117 m de profundidad y el acuífero se encuentra en tobas vitrocristalinas.

De las conclusiones se puede resaltar:

- Debido a que el potencial del acuífero del Valle de Lagunillas es limitado, se recomienda que no se extraiga agua más que para el consumo local.
- A diferencia con el Valle de Lagunillas, el acuífero del Valle de El Milagro, es factible la creación de polos de desarrollo urbano ya que con una predicción de crecimiento a 10 años se tiene que el acuífero incluso podría exportar aguas al Valle de Querétaro. Esto se tendría que implementar con la infiltración vertical para favorecer los mecanismos de recarga del acuífero.

- Para ambos acuíferos se recomienda la reforestación en zonas altas para tener, mayor captación que favorezca la recarga del acuífero.
- Es indispensable mantener un programa de preservación de las corrientes superficiales importantes como el Río Huimilpan y la zona de la Falla de Querétaro.

Guysa, Geofísica de Exploraciones S.A. de C.V., Evaluación geohidrológica y modelación matemática en el Valle del Milagro. Municipio de Huimilpan, Estado de Querétaro, 1996, Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro.

El objetivo de este estudio fue el de modelar matemáticamente y predecir el comportamiento del acuífero sometido a una extracción adicional de 150 l/s.

Para 1996 se contaba con 51 pozos activos con respecto a 1993 que se tenían 39 pozos activos, el 65% de los pozos del sector agrícola cuenta con riego tecnificado.

Se presentan cinco predicciones del comportamiento del acuífero a partir de un modelo de simulación de flujo hidráulico subterráneo para el año 2001. Como resultado de la simulación, se tiene que el abatimiento sería del orden de los 10 m a los 17.05 m, por lo que se reitera que esta no es una zona recomendable para aumentar el volumen de extracción, sino que a lo más mantenerlo en el volumen que se tenía para esa fecha.

Servicios en Aguas Subterráneas, Prospección hidrogeológica para la perforación de un pozo de abastecimiento de agua potable a la comunidad "Ceja de Bravo", 2003, Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro.

El objetivo de este estudio fue el de determinar las condiciones geohidrológicas del área, así como definir la existencia de agua subterránea relacionadas a las unidades geológicas dominantes.

De acuerdo a la geofísica hay 4 unidades:

- U1: Boleo, con espesor de 4 m.
- U2: Toba arenosa, con espesor de 310 m.
- U3: Basalto, con espesor de 300 m.
- U4: Andesitas.

La unidad de mayor interés es la toba arenosa, por lo que se recomienda la perforación a 350 m de profundidad.

Dávalos-Álvarez O.G., Nieto-Samaniego A.F., Alaniz-Álvarez S.A., Gómez-González A.F., Las Fases de Deformación Cenozoica en la Región de Huimilpan, Querétaro y su relación con la sismicidad local, 2005, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 22(2), p. 129-147.

La región de Huimilpan se ubica al sur del estado de Querétaro en la porción centro-septentrional de la Faja Volcánica Transmexicana. La estratigrafía y las fallas documentadas en el área de estudio permiten proponer cuatro fases de deformación extensional para el Cenozoico, las cuales se desarrollaron principalmente durante el Neógeno. Contiene mapa geológico de la zona de estudio compuesta por seis unidades de origen ígneo y una de origen sedimentario.

GEO-ALFA Geotecnia – Perforación Exploratoria, Estudio de Prospección Hidrogeológica en el Área de la Comunidad el Fresno, Municipio de Huimilpan, Estado de Querétaro, Agosto 2006, Comisión Estatal de Aguas del Estado de Querétaro.

El objetivo de este estudio fue describir la geología de superficie y del subsuelo determinando las características litológicas, estructurales y estratigráficas para definir la factibilidad de existencia de agua en el subsuelo y elegir un sitio para perforar un pozo para poder extraer agua.

Se logró definir que el área estudiada se encuentra ubicada en rocas ígneas extrusivas. Se trata de tres unidades geoeléctricas a las que se les asocia la litología de tobas, piroclastos y derrames lávicos. El fracturamiento en las tobas arenosas y de las fallas están comunicadas por lo cual pueden formar una unidad geohidrológica en la que se infiltra y almacena agua de lluvia capaz de ser explotada mediante perforación.

II.2 Trabajo de campo

II.2.1 Verificación geológica y geohidrológica de campo

La verificación geológica de campo se llevó a cabo con el objetivo de determinar las relaciones espacio-temporales entre las distintas unidades geológicas, así como el carácter litológico de cada una de ellas.

Con la verificación geohidrológica se definieron tanto aquellas unidades con potencial hidrogeológico para formar parte del acuífero, como las unidades incapaces de almacenar y/o transmitir agua.

La verificación geológica y geohidrológica se programó después de analizar imágenes satelitales obtenidas de Google Earth, a partir de las cuales se trazaron rutas estratégicas que incluyeron al total de las unidades distribuidas en el área. Durante el recorrido de campo, se ubicaron afloramientos en donde fue posible estudiar las propiedades de interés de los distintos medios geológicos.

El equipo que se empleó durante la verificación geológica y geohidrológica es el siguiente:

- Brújula tipo Brunton.
- Formatos de campo.
- GPS, Garmin GPSMAP60CS.
- Cámara fotográfica.
- Lupa 10x y 20x.
- Martillo de Geólogo.

Los aspectos observados en campo permitieron definir principalmente el origen y clasificación de la roca, las características estructurales que se exponían en el afloramiento, el estado de conservación de la unidad y los procesos a los que ha sido expuesta, así como la compacidad y el contenido de materiales arcillosos.

Los puntos de verificación geológica se observan en el Plano 2 (Anexo G) y la información que sustentan la información obtenida en dichos puntos se presentan en el Anexo A.

II.2.2 Censo de aprovechamientos

La obtención de información a partir de visitas directas a un pozo o manantial de interés se obtiene por medio del censo de un aprovechamiento. La información se requiere para fines estadísticos que posteriormente serán interpretados con el fin de obtener resultados que reflejen el comportamiento de un acuífero, así como una base de datos que será útil para estudios posteriores que permitan conocer el funcionamiento de éste.

La importancia de realizar un censo de pozos es principalmente conocer las características del aprovechamiento y del acuífero en estudio. Además,

es posible tomar datos que ayuden a hacer interpretaciones cuantitativas de la geología presente en la zona, el uso del recurso hídrico en cada aprovechamiento, su capacidad de abastecimiento y las limitaciones que se pueden presentar en su explotación.

El equipo que se utilizó dentro del censo de aprovechamientos se enlista a continuación:

- GPS, GARMIN GPSMAP60CSx.
- Sonda eléctrica marca HGE, contiene un circuito que cierra al contacto con el agua, y emite un sonido que indica el momento en el que la sonda llega al acuífero. La sonda tiene marcas cada 5 metros.
- Cámara fotográfica, con el fin de tener un registro digital de imágenes que avalen la visita.
- Pintura vinílica.
- Vehículos, se utilizaron tres vehículos 4x4 para llegar a los predios de los aprovechamientos.

El procedimiento utilizado para el censo de pozos se describe a continuación:

1. Se obtuvo una base de datos con los pozos existentes por acuífero, las cuales proporcionan la ubicación aproximada del aprovechamiento.
2. Se accedió al lugar en vehículo, tomando carreteras federales, caminos locales y terracerías.
3. En algunas ocasiones se entrevistó a los lugareños para conocer la localización exacta del pozo o manantial. Algunas de las personas que facilitaron el acceso al aprovechamiento coincidieron en ser los operadores del mismo.
4. Se adquirió la posición geográfica con GPS, utilizando la antena receptora de alta precisión. La toma del dato requirió de 10 a 25 minutos para obtener la precisión requerida.
5. Se recabaron los datos requeridos en el formato de censo de pozos previamente elaborado.

Toda la información obtenida en los censos de aprovechamientos se registró en la base de datos que se presenta en el Anexo B.

II.2.3 Mediciones piezométricas

La piezometría de una serie de pozos se representa por medio de una configuración piezométrica, la cual da lugar a una representación geométrica de los puntos que señalan la altura piezométrica de cada una de las porciones de un acuífero referidas a una determinada profundidad. Esta representación se realiza por medio de líneas de igual altura piezométrica llamadas líneas equipotenciales. Los mapas de líneas equipotenciales son plasmados en planos que dan a conocer la variación espacial de la carga hidráulica.

Las medidas piezométricas instantáneas se realizan mediante la denominada "sonda de nivel", las cuales se basan en la observación de la profundidad al agua mediante el cierre de un circuito eléctrico cuando un elemento detector establece contacto con el agua, las cuales constan de electrodo, cable eléctrico y detector.

Para llevar a cabo la toma de las mediciones piezométricas se buscó el orificio por el cual se introdujo la sonda eléctrica con el fin de medir la profundidad al nivel estático en el pozo.

La sonda se encendió y se procedió a bajar el cable por la tubería del pozo, tratando de que bajara solamente por gravedad. El cable se detuvo hasta que emitió un sonido que indicaba que el circuito que tiene se ha cerrado debido a la presencia de agua. La profundidad al nivel estático se registra a partir del brocal a la cual el circuito se cerró.

Cuando se trata de conocer la situación piezométrica de un acuífero, es esencial que las medidas a realizar en los distintos puntos de observación sean "simultáneas" entendiéndose por tales a aquéllas que se realizan dentro de un período de tiempo tan corto que no se identifiquen variaciones debidas a recargas o bombeos.

La observación de las variaciones de nivel piezométrico en un cierto punto proporciona información sobre la respuesta del acuífero a procesos de recarga o de extracción, así como sobre la tendencia en el almacenamiento.

II.2.4 Uso del agua subterránea

Una de las principales razones para llevar a cabo el censo de aprovechamientos de agua subterránea es conocer el uso del recurso hídrico y el caudal que se destina a cada uno. Se censaron un total de 79

aprovechamientos de los cuales 64 pozos de ubican en el Municipio de Huimilpan y 15 en el Municipio de Corregidora (Tabla 2.1, Figura 2.1).

Clave Aprovechamiento	x UTM	y UTM	Altitud (msnm)	Clave Aprovechamiento	x UTM	y UTM	Altitud (msnm)
P0004HU	355753.185	2267027.931	1915	P0046HU	358106.265	2265061.766	2013
P0005HU	355712.304	2266305.045	1961	P0047HU	358396.496	2264419.158	1982
P0006HU	354488.896	2264933.539	1988	P0048HU	355559.830	2265749.152	1942
P0007HU	355075.395	2265002.351	1951	P0049HU	355210.487	2265966.129	1929
P0008HU	356307.934	2265812.947	1969	P0050HU	355571.677	2265505.514	1948
P0009HU	359036.676	2265094.649	2005	P0051HU	354553.473	2263737.440	2011
P0010HU	359967.188	2265564.834	2017	P0052HU	354582.101	2262606.224	2021
P0011HU	359452.124	2266353.169	1993	P0053HU	355068.388	2261305.079	2021
P0012HU	359752.363	2266079.492	1992	P0054HU	353549.709	2261445.3166	2025
P0013HU	357762.967	2261832.259	2013	P0055HU	353775.121	2261775.485	2005
P0014HU	361976.160	2259657.632	2114	P0056HU	361641.777	2261964.639	2062
P0015HU	364504.354	2258722.367	2144	P0057HU	358806.443	2259740.672	2043
P0016HU	364923.535	2258506.893	2129	P0058HU	358132.583	2259851.404	2046
P0017HU	365414.767	2258606.340	2116	P0059HU	365038.760	2258341.789	2130
P0018HU	366974.829	2254349.092	2276	P0061HU	355394.724	2265960.877	1947
P0019HU	366631.882	2254690.596	2277	P0062HU	355179.802	2264602.950	1964
P0020HU	356464.585	2264593.949	1961	P0063HU	352596.024	2263446.100	1996
P0021HU	351942.133	2262363.203	2088	P0064HU	353166.865	2263776.359	1982
P0022HU	350927.458	2262659.840	2094	P0068HU	354900.607	2266529.635	1952
P0023HU	351365.875	2261884.812	2102	P0070HU	358917.342	2268324.305	1981
P0024HU	351133.861	2254794.665	2163	P0071HU	359788.092	2267676.924	1956
P0025HU	365282.438	2247274.273	2395	P0072HU	359786.323	2267673.248	1958
P0026HU	362927.705	2262077.893	2052	P0073HU	359050.034	2267764.185	1954
P0027HU	346527.697	2259713.499	2062	P0074HU	358933.588	2267346.343	1967
P0028HU	357932.700	2268854.606	2117	P0075HU	356370.869	2267919.377	1968
P0031HU	359040.764	2263904.624	1977	P0076HU	356719.031	2266461.381	1960
P0032HU	357296.031	2261515.126	2002	P0078HU	366847.352	2248446.504	2363
P0033HU	355839.922	2264329.844	1959	P0079HU	368233.743	2246555.933	2512
P0034HU	357327.275	2265673.405	1997	P0081HU	356897.976	2265894.704	1974
P0035HU	356845.616	2265040.923	1969	P0082HU	356188.260	2265433.891	1966
P0036HU	357369.460	2264202.002	-	P0083HU	358801.739	2244770.977	2481
P0037HU	357859.971	2264296.312	1993	P0084HU	365439.927	2258930.844	2138
P0038HU	357609.420	2264691.375	1985	P0085HU	354808.304	2267327.454	1960
P0039HU	356534.600	2263200.412	1980	P0086HU	361539.816	2262686.831	2040
P0040HU	357628.328	2262787.221	2003	P0087HU	364173.391	2258876.270	2137
P0041HU	359179.173	2262977.319	2019	P0088HU	359031.854	2260292.296	2033
P0042HU	359366.356	2263326.318	1989	P0089HU	353715.806	2263785.181	1973
P0043HU	356426.054	2265180.973	1954	P0090HU	355471.324	2269050.572	2021
P0044HU	355922.467	2266076.338	1961	P0091HU	353224.114	2268276.426	1995
P0045HU	358578.549	2265198.065	2016				

Tabla 2.1 Coordenadas de aprovechamientos censados en el trabajo de campo.

Por otro lado, la medición de los niveles del agua, después del cese de bombeo en el propio pozo de bombeo y/o en los pozos y piezómetros de observación, se llama prueba de recuperación.

Las pruebas de bombeo son llevadas a cabo con la finalidad de determinar, entre otras cosas:

- La cantidad de agua que puede extraerse y la eficiencia real del pozo.
- Las propiedades hidráulicas del acuífero tales como transmisividad (T), coeficiente de almacenamiento (S) y por lo tanto conductividad hidráulica (K).
- Presencia y situación de límites como barreras, fallas geológicas, líneas de recarga, etc.
- Datos para extrapolar razonablemente los descensos del pozo sometido a una larga explotación, permitiendo hacer una planeación a futuro del recurso hídrico.

Para la selección del sitio en el que se realizaron las pruebas de bombeo se tomaron en cuenta factores como la ubicación espacial de los pozos existentes, características constructivas, capacidad de algunos pozos de llevar a cabo pruebas de bombeo de larga duración (24 horas más 12 horas de la prueba de recuperación) y facilidad de acceso.

Adicionalmente, un factor decisivo en la selección del sitio adecuado consistió en la identificación, por medio del censo de pozos y el reconocimiento geológico del área de estudio, de las zonas de entrada y salida horizontal de agua subterránea del acuífero, buscando obtener los valores más representativos del sistema.

Las pruebas de bombeo se realizaron en los pozos P0026HU y P0006HU, los cuales presentan las siguientes características constructivas (Tabla 2.2):

	P0026HU	P0006HU
Diámetro de succión (cm)	7.62	7.62
Diámetro de descarga (cm)	7.62	7.62
Diámetro de ademe (cm)	25.4	25.4
Caudal medido (lps)	8.5	5.42
Tipo de motor	eléctrico	eléctrico
Tipo de bomba	sumergible	sumergible
Régimen de bombeo (hrs/día)	22	menos de 5 hrs

Tabla 2.2 Características de los pozos seleccionados para llevar a cabo las pruebas de bombeo.

El bombeo se realizó durante un periodo de 24 horas y 12 horas respectivamente y las mediciones al nivel dinámico se realizaron con una sonda de nivel marca Solinst.

Así mismo, los datos obtenidos fueron interpretados por el método Cooper-Jacob (Cooper y Jacob, 1946; Jacob, 1950). Aunque este método está diseñado para acuíferos confinados, tiene una gran aceptación para utilizarse en diferentes entornos hidrogeológicos, como en acuíferos libres.

Halford (2006) comparó el método de Cooper-Jacob con respecto a otros métodos de interpretación, basados en la simulación numérica de 628 ensayos en pozo único con transmisividades conocidas que oscilaron de 10 a 10,000 m²/d. Los ensayos fueron interpretados con el método de la línea recta de Cooper-Jacob considerando anisotropía vertical, penetración parcial y rendimiento específico. En esta investigación, los autores reportaron que las transmisividades interpretadas para acuíferos libres con el método de Cooper-Jacob, sobreestimaron los valores conocidos hasta en un 50%, sin embargo, los resultados interpretados con métodos específicos para acuíferos libres, como la solución de Moench (Barlow y Moench, 1999), mostraron en general la misma tendencia.

En este sentido, los autores concluyen que la interpretación de ensayos de bombeo en acuíferos libres y confinados aplicando el método de Cooper-Jacob, sigue siendo hasta hoy, la manera más razonable para estimar la transmisividad.

De acuerdo con el método de Cooper y Jacob (Cooper y Jacob, 1946; Jacob, 1950), se debe generar una recta de regresión lineal con los datos de campo que correspondan con la respuesta del acuífero. De esta recta se calcula su pendiente que corresponde con la caída del descenso en un ciclo logarítmico de la gráfica $((\Delta s)_{10})$ y el punto de corte con el eje del tiempo (t_0), de manera que puede estimarse la transmisividad (T) y el coeficiente de almacenamiento (S) del acuífero por medio de las siguientes ecuaciones:

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi(\Delta s)_{10}} \quad (\text{Ecuación 2.1})$$

$$S = \frac{2.5Tt_0}{r^2} \quad (\text{Ecuación 2.2})$$

Donde:

Q = caudal de bombeo constante [L³T⁻¹].

r = distancia del pozo de bombeo al pozo de observación o radio del pozo de bombeo [L].

La interpretación de las pruebas de bombeo y de recuperación, así como los resultados obtenidos, se muestran en el Anexo C.

II.4 Modelo piezométrico 2010

Para la realización del modelo piezométrico de un acuífero, el fundamento del método es interpolar valores entre puntos cercanos y trazar líneas que unan puntos de igual piezometría para así establecer líneas equipotenciales, en la que debe figurar el valor de cada una.

El sentido del flujo del agua es desde líneas de mayor altura piezométrica hacia líneas de menor altura piezométrica, en la dirección de la máxima pendiente, es decir, perpendicularmente a las mismas, siendo posible dibujar flechas que indican el sentido del flujo.

El desarrollo del modelo piezométrico del acuífero Valle de Huimilpan se realizó a partir de la tabla del censo de los pozos ubicados dentro del mismo. Los datos utilizados para el diseño de la piezometría de 2010 y la configuración de elevaciones del nivel estático (ENE) fueron la profundidad al nivel estático (PNE), la altura del brocal y las cotas referidas a los datos del censo (msnm). Estos datos se obtuvieron en el censo realizado en noviembre-diciembre de 2010 y se muestran en el Anexo B.

La metodología utilizada para realizar la configuración de la piezometría fue la siguiente:

1. Se analizaron y compararon las cotas referidas de INEGI con ayuda del programa ESRI ArcGis 9.3, para determinar cuáles presentaban una correspondencia mayor con los valores obtenidos en el estudio de GUYSA (1994). Se concluyó que los valores de INEGI presentan la menor varianza (± 2.5 m).
2. Con los datos de PNE y las cotas referidas a cada uno de los pozos obtenidos durante el censo, se hizo una comparación con las cotas de INEGI con la finalidad de realizar una tabla con los siguientes atributos:
 - Clave de aprovechamiento (P####HU).
 - Altura del brocal.
 - Cotas de los pozos (msnm).
 - Coordenadas UTM.

- Profundidad al nivel estático (PNE).
 - Elevación del nivel estático (ENE) obtenido de la suma y diferencia de las cotas, altura del brocal y profundidad al nivel estático.
3. Se analizaron, corrigieron y reafirmaron datos de los pozos, tales como claves, ENE, PNE, altura de brocales, cotas obtenidas en el censo y cotas digitales obtenidas de INEGI.
 4. Se creó una base de datos con la información necesaria para la construcción de un modelo piezométrico (clave del aprovechamiento, altura del brocal, PNE, cota digital INEGI, coordenadas geográficas y UTM en Datum WGS84/ITRF92).
 5. Se tomaron los valores de PNE obtenidos con el censo. Los pozos que no contaran con PNE se descartaban y no se consideraron para realizar el modelo piezométrico.
 6. En la base de datos se realizó la suma entre la cota digital INEGI y la altura del brocal, a este valor obtenido se le restó la PNE de los pozos restantes para obtener la elevación del nivel estático (ENE).
 7. Para procesar estos datos y obtener la configuración de la red de flujo se utilizó el programa Golden Software Surfer 8. En esta interfaz se crea una tabla dentro del mismo software la cual contiene los datos ya depurados a partir del censo de pozos, se analizan los pozos y se toma la decisión de discriminar y elegir los que efectivamente logran configurar una piezometría apegada al modelo conceptual del acuífero. Basado en la información de la ENE y empleando el método geoestadístico Kriging se logra definir la dirección de flujo de agua subterránea y los contornos de igual carga hidráulica.
 8. Se detalló la red de flujo con ayuda de ArcGis 9.3 modificando las isolíneas con base en los criterios estructurales, geomorfológicos y geohidrológicos apegados al modelo conceptual y a las observaciones de campo.

La configuración del modelo piezométrico 2010 se observa en el Plano No. 5 (Anexo G).