



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

Maestría en Ingeniería en Construcción

**ANÁLISIS DEL CONTRA-ADEME SANITARIO EN EL
DISEÑO DE POZOS PROFUNDOS CASO:
BATERÍA TÉLLEZ LAGUNA DEL MUNICIPIO DE
ZEMPOALA HIDALGO, MÉXICO.**

TESIS

Que para obtener el grado de
MAESTRO EN INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Presenta:

JAVIER ACOSTA GARCÍA

Asesor de tesis:

M.I. Edgar Villagrán Arrollo

Coasesor de tesis:

M.I. Ana Elena Posada Sánchez

Pachuca Hgo.

Diciembre 2014



Oficio No. SP 295/2011

Ing. Javier Acosta García
Alumno de la Maestría en Ingeniería en Construcción
Primera generación ITP
P r e s e n t e .

El suscrito Mtro. José Ignacio Morales Hernández, Director de esta Facultad, le autoriza realizar el tema denominado: **“La importancia del contra-ademe sanitario en el diseño de pozos profundos en la batería Téllez Laguna del Municipio de Zempoala Hidalgo, México”**, como trabajo de Tesis.

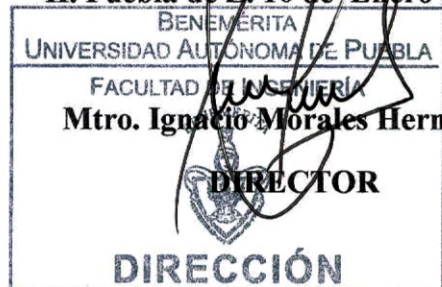
Así mismo se nombra como Asesor del Tema de Tesis al Mtro. Edgar Villagrán Arroyo edgar.villagran@fi.buap.mx (Tel. 253 8418), y como coasesora a la Mtra. Ana Elena Posada Sánchez. ana_elena@hotmail.com (Tel 2295500- 7618-7626)

Sin otro particular de momento, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

“PENSAR BIEN, PARA VIVIR MEJOR”

H. Puebla de Z. 10 de Enero de 2011



J. F.
C.C.P. Dr. Axel Rodríguez Batres. Secretario de Investigación y Estudios de Posgrado
C.C.P. Dr. Edgar Barona Díaz. Coordinador de la Maestría en Ingeniería en Construcción
C.C.P. Mtro. Edgar Villagrán Arroyo. Asesor de Tesis.
C.C.P. Mtra. Ana Elena Posada Sánchez. Coasesora de Tesis.
C.C.P. Archivo

Dedico todo mi esfuerzo y desempeño a mi familia, porque todo esto lo realice por ellos.

A Dios:

Gracias señor, por haberme permitido llegar a esta anhelada meta, por darme la fuerza que necesité en los momentos más difíciles de mi vida, y permitirme estar con mi familia en este largo proceso.

A mi Padre

Que durante todo este proceso no logró llegar
A disfrutar este logro.” Dios lo tenga en su gloria”

A mi Esposa:

Gracias por tu inmenso apoyo, confianza y amor para este proyecto, por estar ahí siempre y en cada paso del camino.

A mis Hijos:

Gracias por su comprensión y tiempo para hacer posible este anhelado sueño, les dedico este triunfo.

ÍNDICE

Introducción

Justificación

1. ESTUDIOS PRELIMINARES

1.1 Exploración Hidrogeológica y Métodos de exploración Geofísica

1.2 Fotografías Aéreas y terrestres de la zona de estudio...

1.3 Secciones Hidrogeológicas 13

1.3.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS UBICADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO

1.4 MÉTODOS DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA UTILIZADOS PARA DETERMINAR LAS ZONAS CON POSIBILIDADES ACUÍFERAS

1.5 MÉTODOS GEOELÉCTRICOS EMPLEADOS EN ESTUDIOS DE PROSPECCIÓN ENFOCADA A LA GEOHIDROLOGÍA

1.5.1 Conducción electrónica

1.5.2 Conducción electrolítica

1.6 Descripción de métodos geoeléctricos

1.7 Métodos de corriente continua

1.8 Cargabilidad

1.9 Métodos de corriente alterna

1.10 Fuente natural

1.11 Fuente Artificial

1.12 ESTUDIOS PRELIMINARES DE LA ZONA DE ESTUDIO E HIDROGEOQUÍMICA DE

1.13 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

1.14 PIEZOMETRÍA

1.15 Acuífero Fisurado

1.16 Acuíferos mixtos:

1.17 Resultados y discusión sobre los estudios preliminares

1.18 LOS METALES PESADOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEA

1.19 CALIDAD DEL AGUA Y USO

1.20 ESTRUCTURA GEOLÓGICA Y FLUJO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO PACHUCA-ZUMPANGO

1.21 Discusión sobre el flujo de las aguas subterráneas en el acuífero Pachuca Zumpango.

1.22 Conclusión sobre el flujo de las aguas subterráneas en el acuífero Pachuca Zumpango.

2. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS, SOCIALES Y CULTURALES DEL MUNICIPIO DE ZEMPOALA, HIDALGO, MÉXICO

2.1 Origen del Municipio de Zempoala.

2.2 Aspectos generales del Municipio de Zempoala.

2.2.1 Colindancias del Municipio de Zempoala.

2.3 Historia del Municipio de Zempoala.

2.4 Personajes Ilustres del Municipio de Zempoala.

2.5 PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

2.6 CULTURA del Municipio de Zempoala

2.7 Religión del Municipio de Zempoala

2.8 Gastronomía del Municipio de Zempoala:

2.9 Toponimia del Municipio de Zempoala

2.10 Clima del Municipio de Zempoala

2.11 Flora y Fauna del Municipio de Zempoala

2.12 Localización del Municipio de Zempoala

2.13 Geografía del Municipio de Zempoala

3. PERFORACIÓN EXPLORATORIA, REGISTRO ELÉCTRICO TERMINACIÓN DE POZO Y PRUEBAS DE PRODUCTIVIDAD.

3.1 RESISTIVIDAD DE LAS ROCAS

3.2 Proteger y estabilizar las paredes del pozo

3.2.1 Enfriar y limpiar la barrena de perforación

3.2.2 Sellar las paredes del pozo

3.2.3 Mantener los cortes y fragmentos de la formación en suspensión

3.2.4 Facilitar la obtención de información del subsuelo

3.2.5 Aditivos de perforación

3.3 PROPIEDADES FÍSICAS QUE DEFINEN A UN MATERIAL

3.4 INFLUENCIA DEL AGUA EN LA RESISTIVIDAD DE LAS ROCAS

3.5 EQUIPO Y ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA PERFORACIÓN ROTARIA DE CIRCULACIÓN DIRECTA

3.5.1 MÁQUINA ROTARIA DE CIRCULACIÓN DIRECTA

3.5.2 BOMBA DE LODOS

3.5.3. SWIVEL (ESLABÓN GIRATORIO)

3.5.4 SARTA DE PERFORACIÓN

3.5.4.1 Vástago giratorio o barra Kelly

3.5.4.2 Tuberías de perforación

3.5.4.3 Drill Collars

3.6 Registro eléctrico.

3. 3.6.2 Registro SP (Potencial Espontáneo)

3.6.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

3.6.3 REGISTRO DE GR (“Gamma-Ray”)

3.6.4 Registro de temperatura y resistividad de fluido

3.6.5 Registros Convencionales de Resistividad

3.6.6 Curvas Normales

3.6.7 Curva Lateral

3.6.8 Resistividad

3.6.9 Resultados alcanzados

4. TERMINACIÓN DEL POZO.

4.1 La terminación del pozo considera las siguientes etapas.

4.1.1 Limpieza del pozo:

4.1.2 Equipo, Herramienta y Materiales empleados para realizar los trabajos.

4.2 Contraademe Sanitario:

4.2.1 Entubado de contraademe:

4.2.2 Equipo, Herramienta y Materiales empleados para el trabajo de entubados del Contraademe:

4.2.3 Procedimiento para entubar el contraademe.

4.2 Cementación de contra-ademe sanitario

4.3.1 Equipo, Herramienta y Materiales Empleados para los Trabajos de Cementado de contraademe sanitario.

4.3.2 Procedimiento para realizar los trabajos de Cementación:

4.4 Colocación del ademe en el pozo (Entubado de pozo).

4.4.1 Ademe de pozo:

4.4.2 Equipo, Herramienta y Materiales Empleados para los trabajos de colocación del ademe en el pozo (Entubado de pozo).

4.4.3 Proceso de colocación del ademe en el pozo (Entubado del pozo)

4.5 Engravado de pozo.

4.5.1 Equipo, Herramienta y Materiales empleados para los trabajos de Engravado de pozo.

4.5.2 Procedimiento para realizar el engravado.

4.6 Pistoneo del pozo.

4.6.1 Equipo, Herramienta y Materiales empleados para los trabajos de entubado de ademe.

4.6.2 Procedimiento para realizar los trabajos de Pistoneo.

4.7 Lavado del pozo.

4.7.1 Equipo, herramienta y materiales empleados para los trabajos de lavado de pozo.

4.7.2 Procedimiento para lavar el pozo.

4.8 Aplicación de dispersor de arcillas.

4.8.1 Equipo, herramienta y materiales empleados para la aplicación del dispersor de arcillas.

4.8.2 Procedimiento para aplicar el dispersor de arcillas.

4.9 Desarrollo y aforo del pozo.

4.9.1 Equipo, herramienta y materiales empleados para realizar el desarrollo y aforo

4.9.2 Procedimiento para realizar el desarrollo y aforo.

4.10 Aforo de pozo

4.10.1 Procedimiento para realizar el aforo.

4.11 Desinfección del pozo.

4.11.1 Equipo, herramientas y materiales empleados para realizar la desinfección del pozo.

4.11.2 Procedimiento para realizar la desinfección del pozo

4.11.3 Resultados del análisis fisicoquímico realizado a una muestra de agua

4.11.4 Informes de la prueba de bombeo

Conclusiones y recomendaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ANEXO A Expediente de pozo

Corte Litológico

Registro eléctrico

Croquis constructivo

Catalogo de conceptos

Informe de videograbación

RESUMEN

La presente tesis se realizó con el proceso de la información previa de los estudios geohidrológicos de la zona Téllez Laguna, municipio de Zempoala, Hidalgo, México, para que en base a este análisis se propongan las características de la perforación exploratoria como es profundidad y diámetro de la perforación, la información obtenida durante este proceso nos ayuda en el diseño ya que la terminación de la perforación obedece a una estricta aplicación de los resultados de corte litológico, registro eléctrico, pruebas de productividad, para que se aplique en base al diseño las cantidades de tubería lisa, ranurada, filtro de grava, y en base a la foro y análisis de calidad de agua resaltar la importancia del contraademe sanitario con el objeto de determinar que si no se aplica este elemento puede ocasionar el suministro de agua de mala calidad a una población urbana.

ABSTRACT

This thesis was performed with the process of the prior information geohydrological studies Tellez Laguna area, municipality of Zempoala, Hidalgo, Mexico, that based on this analysis the characteristics of exploratory drilling depth and diameter as proposed drilling, information obtained during this process helps us in designing since the completion of drilling follows a strict application of the results of lithologic cut, electric log, productivity tests, to be applied based on the design of amounts of smooth pipe, grooved, gravel filter, and based on the forum and analysis of water quality highlight the importance of health contraademe for the purpose of determine if this element is applied can cause the water supply of poor quality an urban population.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de suministro de agua potable a la ciudad de Pachuca Hidalgo, México han provocado la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento ubicadas hacia la zona sur oriente de esta ciudad dentro del Municipio de Zempoala Hidalgo, México ya que el agua que se consumía proviene de dos presas de almacenamiento denominadas La Estanzuela y Jaramillo construidas a principios del siglo pasado ambas ubicadas en el Municipio de Mineral del Chico Hidalgo, México.

Ubicado al norte de Pachuca, durante mucho tiempo este sistema cubrió la demanda de la población la cual fue creciendo sin planeación y sin control lo que ocasionó que en los años de 1974 a 1976 se realizara la exploración de agua subterránea como única solución ya que el sistema de agua potable inicial resultaba insuficiente y de mala calidad.

Las primeras construcciones de pozos fueron realizadas en la zona sur en los municipios de Zempoala, Zapotlán, y Tizayuca Hidalgo, México. La llamada batería de pozos Tizayuca - Pachuca, originalmente destinaban el suministro de agua subterránea a la ciudad de México Distrito Federal.

En 1993, 12 pozos cambiaron su destino suministrando agua potable a Pachuca, se cuenta con otra batería denominada Téllez en el Municipio de Zempoala Hidalgo México. Con 6 Pozos en funcionamiento, que fueron construidos en 1980 y la nueva batería denominada Téllez - Laguna con 8 pozos adicionales construidos en los años de 1997 y 1998 ubicados paralelamente al río de las Avenidas, resaltando que en las baterías que se construyeron inicialmente carecían de contraademe sanitario por lo que en el desarrollo de este tema se establecerán las condiciones mínimas indispensables para la aplicación de este elemento tan importante en la construcción de pozos, evitando con esta acción la contaminación de las fuentes de abastecimiento tan importantes en esta ciudad.

El impacto social y económico que tiene la aplicación del contraademe sanitario se refleja en la calidad del suministro de agua potable porque evita la entrada de contaminantes a las fuentes de abastecimiento, y mejora la calidad de vida de las personas; es importante mencionar que en el año de 1999 se presentó una avenida máxima extraordinaria desbordando el río e inundando todo el valle de Téllez ocasionando la contaminación de muchas de las fuentes que carecían de este elemento. Fue suspendido el suministro de agua en gran parte de la ciudad afectando de manera drástica la economía de la población pues el costo de una pipa oscilaba en más de \$500.00 (Quinientos pesos) por pipa de agua de 10 metros cúbicos, además de la escases que se presentó durante esta inundación.

El impacto ambiental es determinante por que una obra de captación de agua subterránea que no cuente con el contraademe sanitario podría provocar el deterioro de la salud en la población pues el agua es uno de los principales medios transmisores de enfermedades que pueden ocasionar la muerte.

En México, el agua subterránea desempeña un papel preponderante en este sentido, ya que del subsuelo se extrae cerca del 80% del volumen de agua empleada para consumo humano.

Los contaminantes que constituyen una amenaza para la salud humana son innumerables; por tanto, se mencionan algunos de los más peligrosos que se pueden evitar con la correcta aplicación de un buen diseño de contraademe sanitario que son microorganismos patógenos, compuestos orgánicos, compuestos inorgánicos metales pesados entre otros.

La vulnerabilidad de un acuífero tiene parámetros representativos y adecuados que son el tipo de ocurrencia del agua subterránea, las

características litológicas de los materiales existentes en la zona no saturada y la profundidad a la superficie freática la zona de estudio.

Este trabajo está orientado a que las nuevas construcciones de pozos se realicen en el más estricto apego a esta investigación que será propuesta para su validación ante la CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) y que sea anexada como adendum a sus manuales de diseño de agua potable alcantarillado y saneamiento.

El contraademe sanitario es una tubería, generalmente de acero, utilizada en la ampliación de la parte superior de un pozo, cuya función es evitar derrumbes, entradas de aguas superficiales e infiltraciones que contaminen al acuífero.

El agua potable de origen subterráneo que se suministra a la ciudad de Pachuca es de tres baterías de pozos construidas en diferentes fechas.

Las primeras que se construyeron desde 1970 carecen de contraademe sanitario y sólo las más recientes cuentan con él, a partir de este planteamiento se establece que todas las nuevas construcciones de pozos tengan un buen diseño de contra-ademe sanitario derivado de la importancia que representa, aunque el lugar de análisis en este caso es limitado se pretende llevar este planteamiento general que proponga de acuerdo a la zona en estudio los criterios mínimos para el diseño de este elemento y que por su naturaleza obtenga el carácter de obligatorio y se eviten con esto daños irreversibles en los acuíferos, sobre todo en zonas muy susceptibles de inundación.

El planteamiento del problema es evitar la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua potable por no aplicar un buen diseño de contraademe sanitario en el diseño de pozos profundos para la explotación de agua potable.

Dentro de las acciones importantes para garantizar el suministro de agua potable a Pachuca se encuentra el agua subterránea que forma gran parte del sistema circulatorio, el ciclo hidrológico que comprende prácticamente a toda el agua que, en sus diferentes formas, líquida, sólida y gaseosa se encuentra en movimiento en nuestro planeta cada una de las partes juegan un papel importante desde la precipitación, evapotranspiración, infiltración, y evaporación.

Este problema es significativo porque en la mayoría de los casos no se le da importancia a este elemento, en algunos se omite y en otros no se diseña de manera adecuada muchas veces por desconocimiento propio de su uso.

Actualmente se realizan diseños inadecuados por generalizar su aplicación y no plantear las condiciones mínimas que son diferentes para cada caso, es por ello que es significativo tener los soportes de información adecuada del lugar donde se va a aplicar, propugnar por que se realice y resaltar la importancia que tiene este elemento en el diseño y construcción de pozos profundos para agua potable.

El contraademe sanitario es la única forma actual de protección sanitaria y su aplicación es determinante en la protección de acuíferos en esta zona.

Para el caso se beneficiará una parte de la población de Pachuca que asciende a 267 862 personas, las cuales tendrán garantizado el suministro de agua potable dentro de los próximos 20 años. (35. Censo INEGI Pachuca 2010).

El objetivo del trabajo es determinar con base en un análisis de la información, la importancia del contraademe sanitario en el diseño de pozos profundos en la batería Téllez Laguna del municipio de Zempoala Hidalgo, México.

Los objetivos particulares del estudio son:

- ✓ Realizar un análisis detallado de la información proporcionada por el estudio geohidrológico y la información obtenida durante el proceso constructivo del pozo.
- ✓ Correlacionar la información técnica y diseñar las partes de la estructura del pozo apegado a la normatividad de la Comisión Nacional del Agua.
- ✓ Definir, a partir del análisis de los resultados anteriores, las partes de la estructura del pozo y resaltar la importancia del contraademe sanitario en la batería de pozos Téllez Laguna del Municipio de Zempoala Hidalgo México.
- ✓ Presentar un ejemplo de aplicación como referencia para el procedimiento.

Cuando se trata de suministro de agua potable a las poblaciones, por medio de aguas subterránea es importante realizar la construcción de un pozo profundo en forma eficiente, lo que permitirá obtener el vital líquido a menor costo y de mejor calidad.

El suministro de agua potable por medio de la construcción de un pozo profundo debe tener especial cuidado en el contraademe sanitario ya que de éste depende el éxito o fracaso de nuestra obra hidráulica donde se debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Alta calidad en sus materiales
- Un adecuado proceso constructivo
- Certificado de calidad de las tuberías
- Granulometría de los filtros adecuada
- Profundidad adecuada del contra-ademe sanitario
- Garantizar el suministro de agua de calidad
- Pruebas eficientes de productividad
- Pruebas eficientes de calidad de agua

En general, el agua subterránea depende del tiempo de viaje del agua (y de los contaminantes), de la cantidad relativa de contaminantes que pueden alcanzar al agua subterránea y de la capacidad de atenuación de contaminantes de los materiales geológicos.

Como toda el agua subterránea está hidráulicamente conectada a la superficie terrestre, es la efectividad de esta conexión la que determinará la vulnerabilidad relativa a la contaminación. El agua subterránea que recibe fácil y rápidamente agua (y contaminantes) desde la superficie terrestre se considera más vulnerable que el agua subterránea que recibe agua (y contaminantes) más lentamente y en menores cantidades. El tiempo de transporte, la capacidad de atenuación y la cantidad de contaminante son función de los siguientes atributos naturales de cualquier zona:

- Los subsuelos que están por encima del agua subterránea
- El tipo de recarga sea puntual o difusa
- En el caso de arenas/gravas, la profundidad de la zona no saturada
- En el caso de fuentes difusas de contaminación, el nivel superior de suelo
- Conductividad hidráulica

En general, en el lecho rocoso se produce poca atenuación de contaminantes porque el flujo es casi a través de fisuras. En consecuencia, el subsuelo arenas, gravas, depósitos aluviales, (o arcillas aluviales), lodos y arcillas de lagos son las características naturales individuales más importantes que influyen sobre la vulnerabilidad de aguas subterráneas y la prevención de su contaminación. El agua subterránea está más en riesgo donde hay ausencia de subsuelo o es poco profundo.

La correcta aplicación del contraademe sanitario garantiza la utilidad de la obra, en algunos casos se pueden tener todos los aspectos técnicos cubiertos pero, si este elemento tan importante no se aplica, se tendrán serios

problemas de contaminación primeramente en el pozo y posteriormente en el acuífero.

Para el diseño eficiente y óptimo de todas las partes de la estructura es necesario contar con una metodología establecida del proceso, cuyos soportes son:

- ✓ El estudio geohidrológico regional.
- ✓ La descripción detallada del proyecto: características generales, disposiciones consideradas para el diseño, y consideraciones particulares de alguna fuente de contaminación particular.
- ✓ La definición del corte litológico partiendo de la corrida de registro eléctrico a la profundidad de proyecto, tiempos de penetración, y notas de bitácora donde se establezca algún cambio de formación importante o la detección de pérdida total de circulación de lodos bentoníticos que puedan ocasionar un cambio sustancial en el diseño.
- ✓ El dimensionamiento preliminar de la estructura del pozo: longitud de ademe liso, longitud y tipo de ademe ranurado, granulometría del filtro, y contra-ademe sanitario, adecuado al problema en particular.
- ✓ Las pruebas de productividad: a partir de un desarrollo y aforo del pozo durante 72 horas continuas o más si fuese necesario.

- ✓ Las pruebas de calidad del agua obtenida: a partir de un Análisis de calidad del agua de acuerdo a la norma NOM-127 1994.
- ✓ El análisis de resultados: con las pruebas realizadas se correrá una cámara de televisión subterránea que compruebe la calidad de la estructura del pozo y la efectividad de las recomendaciones sobre todo del contra-ademe sanitario y su importancia.

CAPITULO 1

ESTUDIOS PRELIMINARES

El agua subterránea es un recurso omnipresente a mayor o menor profundidad y de buena o mala calidad se le puede encontrar, en casi cualquier sitio, el problema no existe tanto en la localización sino en la identificación de los sitios donde se puede captar económicamente en cantidad suficiente y de calidad adecuada, para satisfacer una necesidad específica de este recurso.

La localización de sitios para el emplazamiento de captaciones de agua subterránea, es relativamente sencilla en las partes bajas de las cuencas donde existen acuíferos granulares, someros extensos y con agua de buena calidad. Por el contrario, en regiones de condiciones geológicas adversas como en amplias zonas del Altiplano Mexicano, la localización de zonas de captación de agua ha sido un gran problema.

En el transcurso de las últimas décadas, el desarrollo de los recursos hidráulicos subterráneos, ha progresado rápidamente. La Hidrogeología, cuya base principal es la geología, es una ciencia multidisciplinaria, en la cual se utilizan métodos y técnicas como: prospección geofísica, perforación de pozos, geoquímica de rocas y agua hidráulica subterránea, percepción, modelación matemática, orientadas a la exploración y caracterización de los acuíferos.

Las técnicas a utilizar dependen de la exploración, de las características y complejidad del marco hidrogeológico; encaminada a evaluar o desarrollar el recurso hidráulico a escala regional o en zonas de hidrogeología compleja.

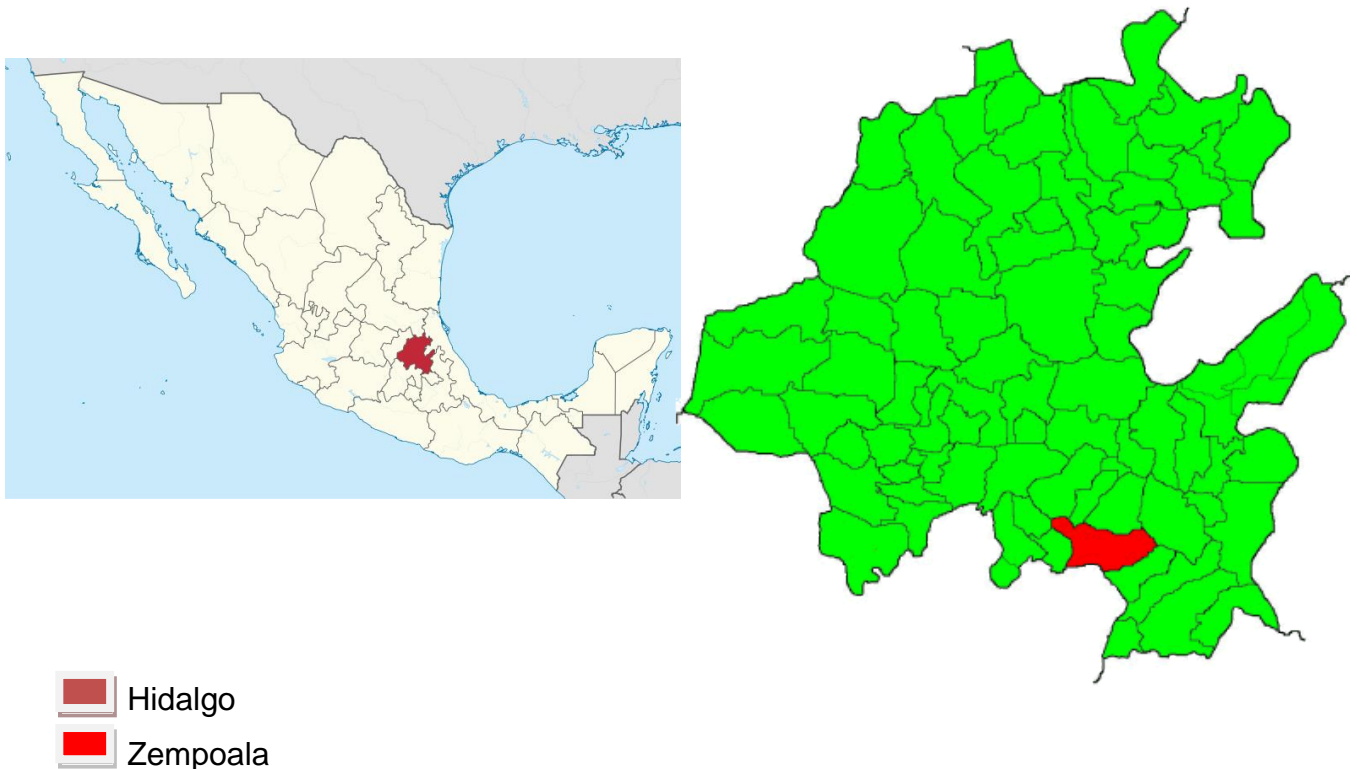
Si se trata de la perforación de pozos en una zona ya desarrollada, un reconocimiento hidrogeológico local, tener un censo de captaciones circunvecinas y los sondeos verticales de resistividad, pueden aportar suficiente información para fijar la ubicación y el anteproyecto del pozo.

1.1 FOTOGRAFÍAS AÉREAS Y TERRESTRES DE LA ZONA DE ESTUDIO

1.1.1 Localización

El municipio de Zempoala se ubica geográficamente entre los paralelos 19° 55´ de latitud norte y 98°40´de longitud oeste, a una altitud de 2,460 metros sobre el nivel del mar.

Limita al norte con el municipio de Epazoyucan; al sur con el Estado de México; al este con los municipios de Singuilucan y Tlanalapa y al oeste con los de Tezontepec de Aldama y Zapotlan de Juárez.



MAPA DE UBICACIÓN DEL MUNICIPIO DE ZEMPOALA HIDALGO MÉXICO.

Para tener una representación de la zona de estudio se puede uno apoyar de las fotografías aéreas, las cuales las encontramos a diversas escalas, como apoyo en la exploración, estas revelan información que no se aprecia sobre la superficie del terreno; las fotografías pueden manejarse separadamente y en conjunto formando mosaicos.

Con la interpretación de las fotografías aéreas se infiere valiosa información hidrogeológica, tal es el caso identificar la distribución y extensión de las unidades aluviales y de otras rocas que constituyen acuíferos; el grado de alteración y fracturamiento de las rocas, propiedades que influyen en su capacidad de infiltración; las características del drenaje superficial y la vegetación.



FIGURA No. 1.1 FOTOGRAFÍA ZONA DEL POBLADO DE TÉLÉZ MPIO. DE ZEMPOALA, HIDALGO MÉXICO.



FIG. 1.2 POZO 8 FOTOGRAFÍA AÉREA



FIG.1.3 POZO 8 FOTOGRAFÍA TERRESTRE



FIG. 1.4 POZO 9 FOTOGRAFÍA AÉREA



FIG. 1.5 POZO 9 FOTOGRAFÍA TERRESTRE



FIG 1.6 POZO 10 FOTOGRAFÍA AÉREA

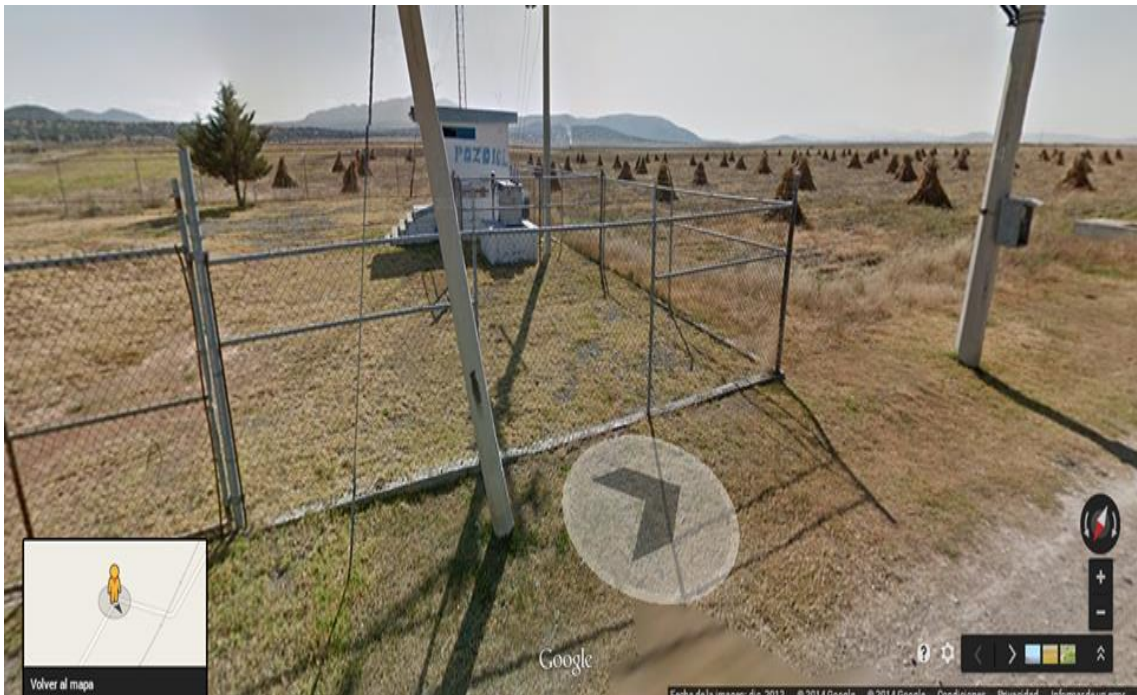


FIG. 1.7 POZO 10 FOTOGRAFÍA TERRESTRE



FIG. 1.8 POZO 11 FOTOGRAFÍA AÉREA



FIG. 1.9 POZO 11 FOTOGRAFÍA TERRESTRE



FIG.1.10 POZO 12 FOTOGRAFÍA AÉREA



FIG.1.11 POZO 12 FOTOGRAFÍA TERRESTRE



FIG.1.12 POZO 13 FOTOGRAFÍA AÉREA



FIG. 1.13 POZO 13 FOTOGRAFÍA TERRESTRE



FIG. 1.14 POZO 14 FOTOGRAFÍA AÉREA



FIG. 1.15 POZO 14 FOTOGRAFÍA TERRESTRE

A partir de la información obtenida de mapas y fotografías aéreas, se elaboran planos y secciones hidrogeológicas de la zona de interés, en los cuales se representan las unidades acuíferas identificadas y un esquema de su modelo conceptual de funcionamiento: posición, dimensiones supuestas y superficie piezométrica, direcciones del flujo subterráneo, conexión con los elementos hidrogeológicos superficiales aéreas de recarga y descarga.

1.2 Secciones Hidrogeológicas

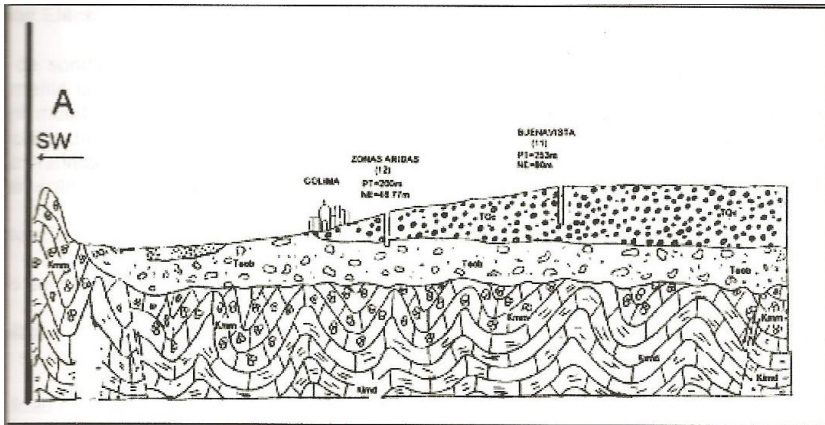


FIGURA No. 1.16 SECCIÓN HIDROGEOLÓGICA

Las unidades hidrogeológicas incluyen acuíferos en la hidroestratigrafía de la zona en estudio, así como su base hidrológica que es la parte impermeable.

1.3 MÉTODOS DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA UTILIZADOS PARA DETERMINAR LAS ZONAS CON POSIBILIDADES ACUÍFERAS

Derivado del grado de dificultad para encontrar el agua subterránea y con costos elevados para la perforación se hace necesario contar con métodos indirectos de exploración que permitan detectar su presencia desde la superficie, se realiza desde hace algunos años en las compañías de prospección geohidrogeológica la aplicación de los métodos indirectos de exploración geofísica.

Otros métodos empleados, corresponden al grupo de los denominados “SENSORES REMOTOS” que son capaces de medir alguna propiedad física de un objetivo a una distancia considerable de éste.

1.3.1 MÉTODOS GEOELÉCTRICOS EMPLEADOS EN ESTUDIOS DE PROSPECCIÓN ENFOCADA A LA GEOHIDROLÓGICA

Existe una gran cantidad de métodos de exploración, entre los cuales podemos mencionar:

- a) Sondeos eléctricos verticales (SEV)
- b) Sondeos con polarización incluida (PI)
- c) Sondeos magnetotelúricos (SMT)
- d) Sondeos por frecuencia (SF)
- e) Sondeos por transitorio electromagnético (TEM)
- f) Seudo sondeos electromagnéticos aéreos (PSEA)
- g) Calicatas electromagnéticas, aéreas y terrestres (CEMA)
- h) Registros geofísicos de pozos que son utilizados en Geohidrología

Para el caso de la zona de estudio el método que se ha utilizado más frecuentemente es el de Sondeos Eléctricos Verticales.

a) Sondeos Eléctricos Verticales (sev)

Este tipo de sondeos desde su creación con los trabajos de Conrad Schumberger, ha sido una técnica frecuentemente utilizada en la exploración del agua subterránea, siendo uno de los métodos más populares en todo el mundo, y se aplica indiscriminadamente aun en situaciones en donde la validez teórica de los modelos utilizados para la interpretación es cuestionable, pues el modelo normalmente utilizado es el espacio estratificado horizontalmente, por tal razón, al inicio de cualquier trabajo se debe analizar cuidadosamente la resolución y alcance del método a emplear.

Para la elección del método deben considerarse los puntos siguientes:

El objetivo del estudio y el tipo de estructura geológica buscada. La sensibilidad del equipo a los cambios que produce el objetivo buscado (agua, roca, etc.) en la profundidad física que se está midiendo.

La validez del método elegido para la interpretación. En el caso de la Geohidrología, el objetivo es determinar la presencia y calidad del agua en las rocas del subsuelo y la propiedad a medir es la resistividad del terreno.

1.3.1.1. Conducción electrónica

La conducción electrónica es un fenómeno exclusivo de los minerales metálicos y los metales propiamente dichos; es la forma de conducción de corriente eléctrica más usualmente utilizada por el ser humano pero la más infrecuente en la naturaleza, pues los minerales con tal capacidad son relativamente escasos y difíciles de hallar.

1.3.1.2 Conducción electrolítica

Durante la formación de las moléculas, muchas quedan con una carga eléctrica, positiva o negativa y reciben el nombre de iones; cuando el material en que se encuentran dichas moléculas lo permite, estas se moverán debido a una diferencia de potencial, de acuerdo con una ley ampliamente conocida.

“Partículas con signo igual se repelen y con signo contrario se atraen”

Este movimiento de iones constituye una corriente electrónica y cumple con las mismas leyes de físicas. La mayoría de las rocas no contienen materiales de tipo metálico, por lo que su conductividad eléctrica se debe a los iones y a su movilidad; la presencia de iones está estrechamente relacionada con el contenido de agua en la roca y las sales que contengan en disolución.

En la prospección del agua subterránea, el interés se concentra en cuatro puntos:

1. Conocer si la presencia de agua subterránea produce un cambio en la conductividad de las rocas que la contienen.

2. La posibilidad de conocer este cambio en la conectividad
3. La existencia de un método para medir este cambio desde la superficie
4. Interpretar los valores obtenidos para diferenciarlos de otros similares, pero no relacionados con la presencia del agua

1.3.1.3 PROPIEDADES FÍSICAS QUE DEFINEN A UN MATERIAL

Las propiedades físicas que definen a un material de acuerdo con su composición electromagnético son:

- ❖ La constante dieléctrica
- ❖ La permeabilidad magnética y la resistividad

La resistividad es la propiedad que se mide en los métodos eléctricos de exploración.

La mayoría de las rocas no son buenas conductoras de la corriente son prácticamente aislantes debido a que también lo son los minerales que se encuentran en mayor proporción en ellas (cuarzo, feldespatos, calcita, etc.)

El fenómeno de conducción eléctrica se presenta por dos razones principales:

- La presencia de minerales del tipo metálico (como la pirita, la pirrotita etc.,) que hace que la roca se comporte como un conductor, cuya conductividad aumentara al incrementarse el contenido de estos minerales y su interconexión.
- La presencia de los fluidos en los poros de las rocas, de los cuales el más común es el agua, pudiendo ser también hidrocarburos o gases.

La resistividad de las rocas varía en amplios márgenes, por lo que es casi imposible asignar valores específicos a los diversos tipos de roca; no obstante se puede estimar criterios observando tablas publicadas en libros y manuales de constantes físicas.

Cuando se estudia una región determinada se observa que el intervalo de variación para una misma roca no es tan grande y usualmente se puede asignar intervalos característicos a los diferentes tipos de roca existentes en la zona de estudio. No obstante, puede incurrirse un error si se asignan esos mismos intervalos a otras zonas en las que existe un tipo similar de roca.

Si tomamos como ejemplo una roca sana y compactada puede tener resistividades mayores a 5,000 ohm-m, mientras que una caliza con alteraciones a arcilla fisurada y saturada de agua puede presentar resistividades de algunas decenas de ohm-m; lo mismo sucede con los basaltos, que en estado compacto y sano son usualmente muy resistivos pero cuando presentan fracturas, alteraciones a arcillas y saturación de agua su resistividad baja considerablemente.

Por otro lado puede decirse que los factores que determinan la resistividad promedio de las rocas se conservan a menudo en toda unidad de roca y debido a esto, puede diferenciarse una formación de otra tomando como base las mediciones de las resistividades.

Estos puntos se pueden comprender mejor en la siguiente tabla:

AGUA Y ROCAS	RESISTIVIDAD (en ohm - m)
Agua de mar	0.2
Agua de acuífero aluvial	10 a 30
Agua de manantiales	50 a 100
Arena y Gravas secas	1000 a 10000
Arena y Grava con agua dulce	50 a 500
Arena y Grava con agua salada	0.5 a 5
Arcillas	2 a 20
Margas	20 a 100
Calizas	300 a 10000
Arenisca arcillosa	50 a 300
Cuarcitas	300 a 10000
Tobas volcánicas	20 a 100
Lavas	300 a 10000
Esquistos grafitosos	0.5 a 5
Esquistos arcillosos ó alterados	100 a 300
Esquistos Sanos	300 a 3000
Gneis, granito alterado	100 a 1000
Gneis, granito sano	1000 a 10000

FIG. 1.17 RESISTIVIDAD DEL AGUA Y LAS ROCAS

Con el sondeo eléctrico vertical pueden medirse desde la superficie cambios de conectividad eléctrica o su inverso: la resistividad y posterior a ello la

interpretación de los datos obtenidos en campo, sin embargo surgen algunas inquietudes como:

La existencia de otros métodos para medir los cambios de la conductividad.

1. Conocer cuál es el mejor método para obtener la información deseada
2. Las limitaciones del sondeo eléctrico vertical
3. La eficacia de los diferentes métodos ante situaciones específicas
4. La adecuada selección y aplicación de dichos métodos para un costo óptimo

1.3.2 Descripción de métodos geoelectricos

Los métodos geoelectricos se dividen principalmente en dos grupos: los que usan corriente directa y los que emplean corriente alterna; estos grupos a su vez se subdividen en los que utilizan corriente que existe en la naturaleza (fuente natural) y los que utilizan fuente creada artificialmente (fuente artificial) en cada una de estas subdivisiones caben dos tipos de métodos: los que se utilizan para medir variaciones de resistividad con relación a la profundidad y los empleados para medir cambios de resistividad en el sentido horizontal; a los primeros se les conoce como SONDEOS y a los segundos como CALICATAS

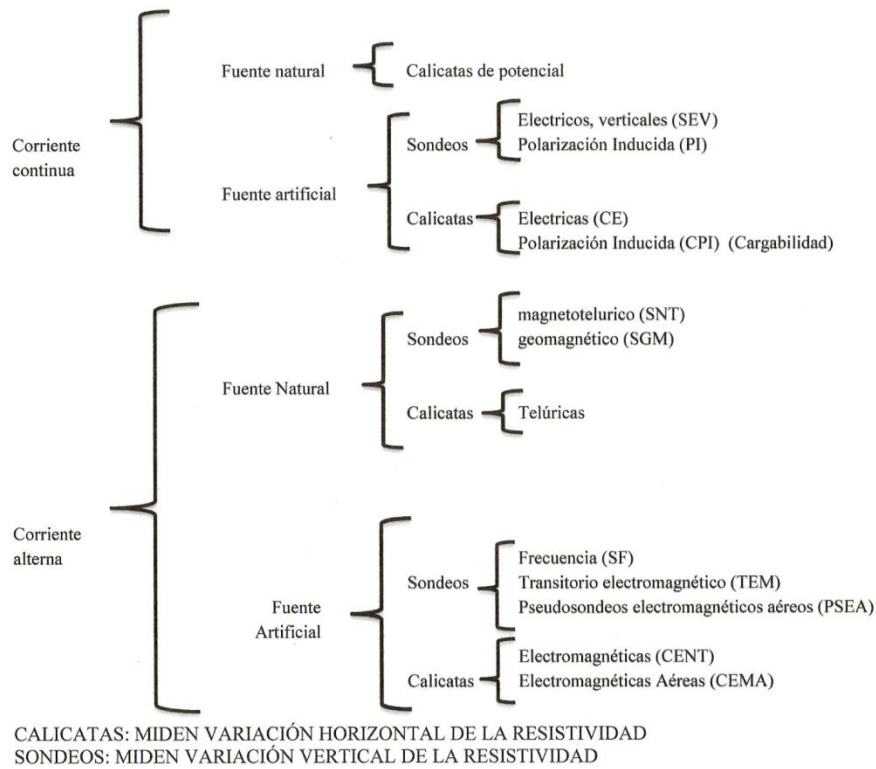


FIGURA No. 1.18 DIAGRAMA DE CORRIENTES

1.3.3 Métodos de corriente continúa

Una vez consultada la tabla anterior, tenemos que los métodos eléctricos de corriente continua se dividen en dos: los que usan como fuentes las corrientes naturales que circulan en la corteza terrestre y los que requieren fuentes artificiales de corrientes introducidas al subsuelo. Del primer tipo solo existe el método de potencial espontaneo, utilizado en la exploración geohidrológica únicamente en los registros geofísicos de peso.

En la exploración geohidrológica superficial: los potenciales naturales ó espontáneos producidos por corriente eléctricas naturales que existen en la corteza terrestre se toman como señales no deseadas y por lo tanto se eliminan. Los métodos eléctricos de corriente continua con fuente artificial son los sondeos que miden la variación vertical y las calicatas que cuantifican variaciones horizontales, estos se enfocan a la detección de dos propiedades de los materiales del subsuelo; la resistividad eléctrica (sondeos y calicatas eléctricas) y la cargabilidad (sondeos y calicatas de polarización inducida).

1.3.4 Cargabilidad

La cargabilidad es la capacidad que tienen los materiales de retener carga eléctrica durante un periodo de suministro de corriente para posteriormente deshacerse de dicha carga cuando aquel se interrumpe.

Muchos minerales constituyentes de las rocas exhiben esta propiedad, incluyendo el agua en estado líquido.

1.4 ESTUDIOS PRELIMINARES DE LA ZONA DE ESTUDIO E HIDROGEOQUÍMICA DE LOS ACUÍFEROS

Las aguas subterráneas en la sub-cuenca del Río de las Avenidas corresponden con el bicarbonato de sodio y bicarbonato de calcio faces hidrogeoquímicas, que resultan de la mineralización del agua que pasa a través de las rocas alcalinas (andesitas) que prevalecen en esta cuenca.

Sin embargo, la presencia de altas concentraciones de Na^+ y K^+ revela la existencia de una entrada externa de estos elementos: el registro los valores

medios son, respectivamente, 94,3 y 19,0 ppm, con las áreas de Tellez y Tizayuca destacándose con los valores reportados de hasta 142 ppm.

En cuanto a la concentración de cationes solubles en agua, se encuentra en orden decreciente: Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , junto con los aniones HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , que se combinan para formar el Ca , $NaHCO_3$, $NaCl$, $(HCO_3)_2$, $MgSO_4$ y sales de KCl . La presencia de la diversidad biológica de contaminantes, P y detergentes en el agua subterránea indica que puede haber sido contaminada por aguas residuales. Además de los contaminantes mencionados, gran cantidad de Pb , B , Zn , Fe , Mn , Cr , Co , y aunque se detectaron Fe , Pb , Zn , B , y Mn están estrechamente relacionados con la litología, las altas concentraciones de estos elementos, junto con la presencia de Co , Cr , Cd , Ni confirman la degradación gradual de los acuíferos en la subcuenca. La temperatura del agua indica la existencia de los procesos térmicos de baja temperatura en la zona.

La cuenca del río de las Avenidas cubre un área de 1.209 km^2 (Figura 1) 25% de la misma se compone de tierras de cultivo, entre los que se riega con el 1,12% de las aguas residuales, el resto en función de las precipitaciones. Por lo tanto, al sur de Pachuca, la descarga de aguas residuales de la ciudad y de los residuos de la empresa minera de Pachuca Real del Monte, que representan un volumen medio de $0,700 \text{ m}^3/\text{s}$ se utilizan sin tratamiento previo para el riego de una superficie de unos 35 km^2 . Por otro lado, al Noreste de Zumpango, existen granjas que utilizan tanto el agua canalizada del Río de las Avenidas y agua de pozo.

Desde 1980, la Gerencia de Aguas del Valle de México (GAVM) ha llevado a cabo análisis mensual de productos químicos del agua de 30 pozos a lo largo de la (RTP) autopista Tizayuca-Pachuca, 3 pozos en Zumpango, 3 en Ciudad Industrial y 3 en Tellez, que hacen el 25% de los pozos existentes en la cuenca (140 aproximadamente). Este seguimiento se realiza para controlar la calidad del agua.

Los residuos domésticos locales están afectando a la calidad de las aguas subterráneas y las propiedades del suelo alrededor de los pozos en uso.

A pesar de la posible degradación de los recursos agua y suelo en esta cuenca, se dispone de estudios sobre la composición hidrogeoquímica de las aguas subterráneas y Agua, Aire, Suelo y Contaminación.

El objetivo de este estudio es para establecer un diagnóstico, pero los estudios hidrogeoquímicos también son importantes para caracterizar químicamente el agua en esta cuenca.

1.4.1 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

El 25% del área de estudio corresponde a una planicie que está rodeada por las cordilleras volcánicas de Teotihuacan, Tolcayuca, Pachuca y por la Sierra de los Pitos.

La cuenca esta geológicamente compuesta por varios tipos de rocas volcánicas, en la Sierra de Pachuca, estas rocas se superponen a las rocas del Cretácico (Geyne et al., 1963). Ellos son presumiblemente de la época del Oligoceno-Mioceno. La Sierra de los Pitos se compone de traquiandesitas. Plio-Cuaternario flujos de basalto y andesita (Cserna et al., 1987), que forman la Sierra de Tolcayuca.

Depósitos cuaternarios, entre los que encontramos rocas basálticas y andesitas, que constituyen el relieve del sur y los depósitos aluviales que van desde el conglomerado de arcilla.

Alrededor del 95% de las lluvias ocurre durante el verano, el resto durante el invierno; El total de las precipitaciones varía entre 1500 mm en la parte superior de la Sierra de Pachuca a 350 mm en las tierras bajas. Las temperaturas anuales oscilan entre los 12 ° C a 19 ° C y la evapotranspiración compone el 54% de la precipitación total en las tierras altas y 81% en las tierras bajas.

En el río de las Avenidas, la corriente principal de esta cuenca tiene un caudal medio del período considerado 1971-1989 de 5 millones de m³ al año, el 80% de lo que se registra durante la estación lluviosa.

1.4.2 PIEZOMETRÍA

En 1976, el nivel del agua en los acuíferos, fue de una profundidad de 40 m en la parte sur, 62 m en la zona de los pozos de Téllez y 90 m en los pozos de 25 al 32 a lo largo de la autopista (RTP) se encuentran a 2229 msnm, 2272 y 2260, respectivamente. Después de 1979, debido a la creciente explotación, el nivel del agua disminuyó considerablemente, alcanzando una profundidad media de 23 m en los pozos ubicados en la autopista (RTP), a finales de 1989.

Estos datos indican que la disminución del nivel de agua promedio en la mayor parte de la llanura es de 1,5 m/año. Basándose en los datos de la Gerencia de Aguas del Valle de México (GAVM), ilustra la superficie potenciométrica para el año 1989, un aumento promedio de Hidroquímica de los acuíferos a 2207 msnm, en el sur y 2270 msnm en el norte, lo que indica un flujo de agua subterránea de norte a sur, con unos conos de reducción locales hacia el interior de la llanura.

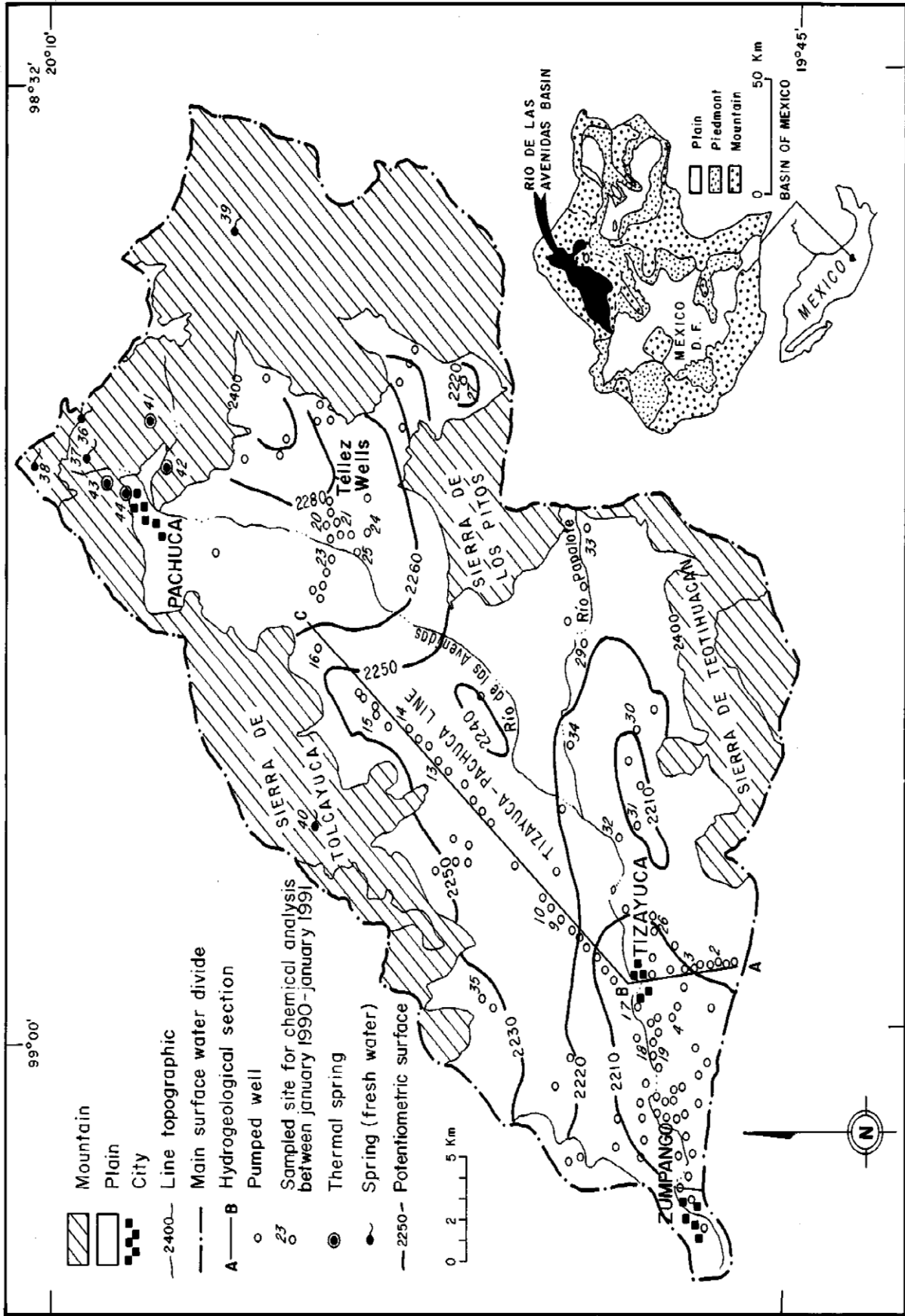


FIG. 1.23 Ubicaciones mapa de la subcuenca Río de las Avenidas y el pozo de agua potable, aguas (agua dulce), aguas termales y que muestra el superficie potenciométrica.

Basándose en las características geológicas, dos tipos de acuíferos fueron identificadas:

1.4.2.1 Acuífero Fisurado:

Un acuífero no confinado con una permeabilidad media que va de 1.5×10^{-4} a $1 \times 10^{-2} m s^{-1}$ está presente en la parte inferior del relieve volcánico, el nivel de agua subterránea está a una profundidad de 90 m, un promedio de $0.5 m^3 s^{-1}$ que se encuentra actualmente se extraen de este acuífero.

1.4.2.2. Acuíferos mixtos:

En los sedimentos aluviales, que en el fondo contienen rocas volcánicas interestratificadas, no hay estratos identificados a una profundidad de 400 m. Se trata de un acuífero libre, con una permeabilidad media que oscila entre 3.9×10^{-4} a $10^{-5} m s^{-1}$. El nivel del agua subterránea, está a una profundidad promedio de 70 m y la descarga se aproxima a $2.5 m^3 s^{-1}$

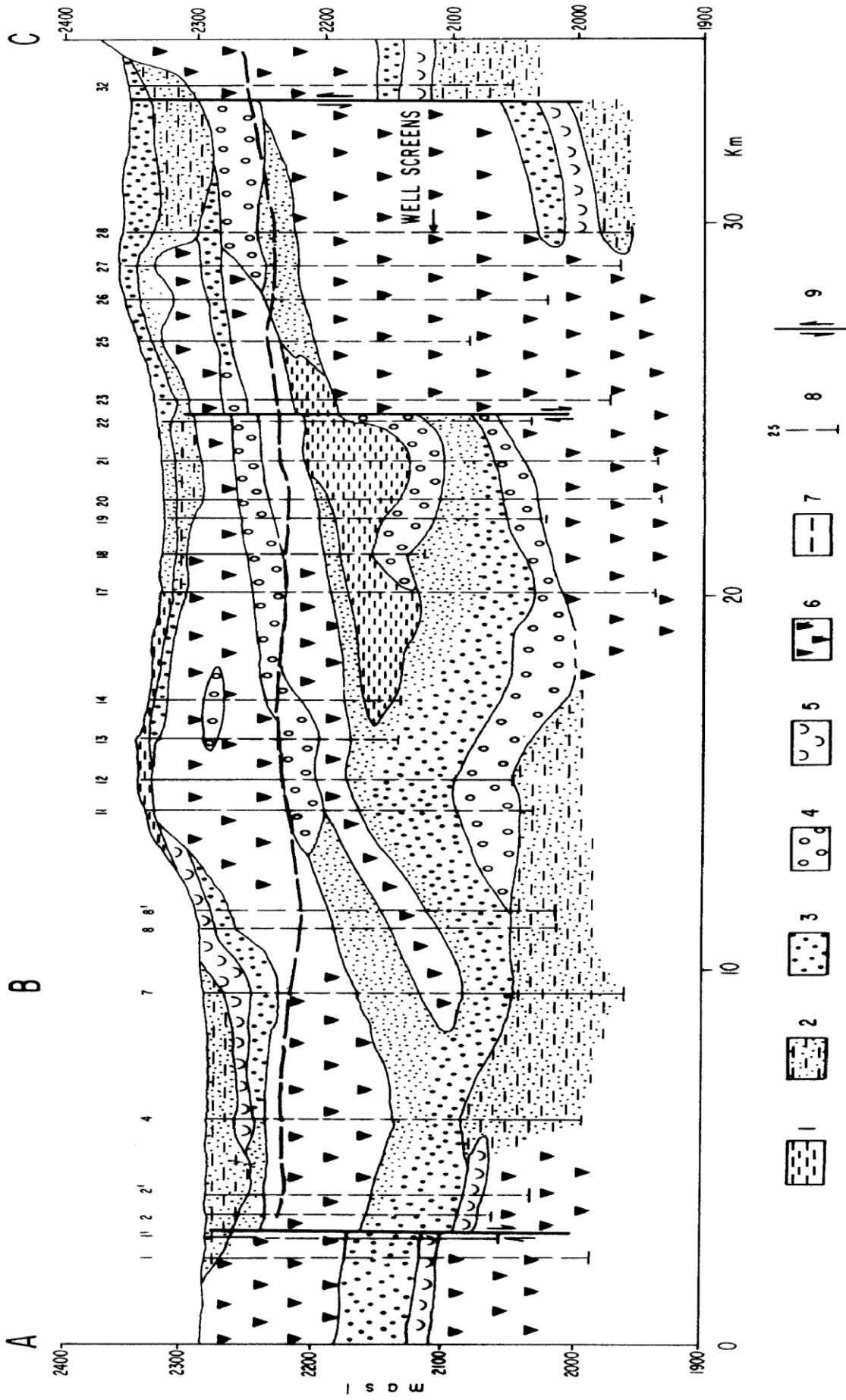


FIG.1.24 sección hidrogeológica lo largo de la línea de pozos Tizayuca-Pachuca.: 1 = Arcilla; 2 = limo; 3 = arena y grava; 4 = Conglomerado; 5 = Brecha; 6 = Roca volcánica, basalto / andesita; 7 = Posición de la tabla de agua en el año 1989; 8 = Bueno. Line Dotted corresponde a las pantallas así; 9 = Fallo.

1.15 LOS METALES PESADOS EN LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.

El contenido de Al, Cd, Ca, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn y B iones en el agua son heterogéneos, la mayoría de ellos se mantienen dentro de las normas de agua potable aprobados de la CEE (1984), la OMS (1984) y SA (1996).

Estos elementos se presentan en mayores concentraciones en los pozos que en las minas, con los valores en circulación en los pozos Téllez: Pb 0.7, Cr 0,06, 0,06 Ni, Fe y 0,26 ppm, y en la zona oeste de Tizayuca; 0,4 Fe, Mn 0,2 y 0,17 ppm de Pb.

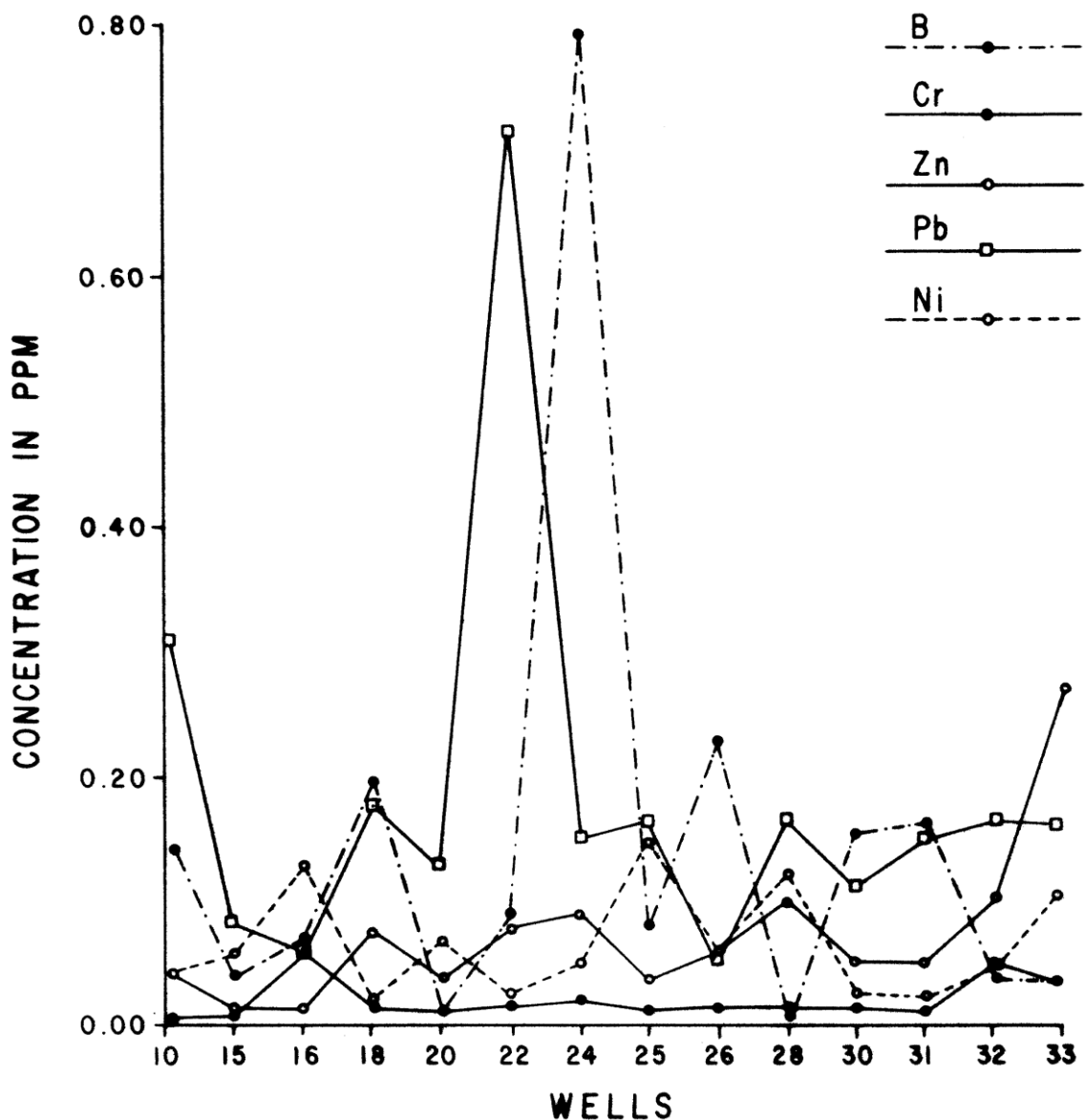


Fig. 1.25 Gráfica sobre los metales pesados contenidos en los pozos.

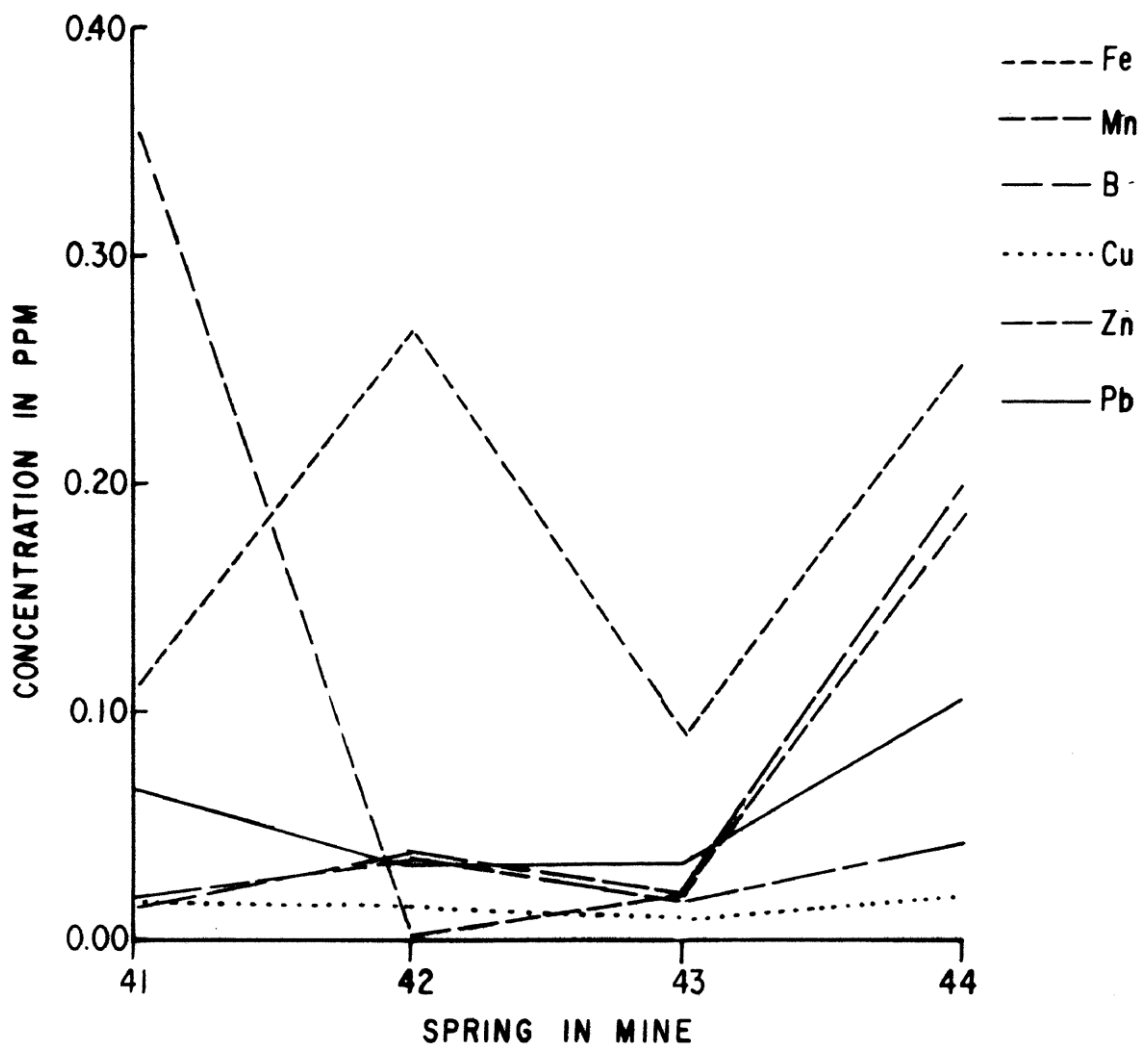


Fig.1.26 Gráfica sobre los metales pesados contenidos en el agua de mina

A pesar de que los pozos en general, muestran un bajo contenido de metales pesados, algunos de ellos están más allá de las normas antes mencionadas. La presencia de estos iones en los pozos y minas sugiere que estos metales derivan de las rocas volcánicas locales.

También apunta a la existencia de fuentes artificiales en los sitios que presentan mayores concentraciones, el uso de aguas residuales para riego puede ser responsable de ella. Flores (1993) reporta altos niveles de Fe 20

ppm, Pb 50 ppm, Mn 40, 30 ppm Zn, ppm Cu y 20 ppm de Cr 14 en los suelos de el área de Téllez, lo que demuestra el poder de retención del suelo y, hasta cierto punto, su papel de protección de las aguas subterráneas.

Sustancias que reaccionan al azul de metileno (MBAS) están presentes en todos los pozos y aunque las concentraciones actuales están por debajo de las normas recomendadas por la CEE (1984), la OMS (1984) y SA (1996), su presencia pone de manifiesto lo necesario que es proteger el acuífero.

Las áreas con mayor concentración de estas sustancias es Téllez, Tizayuca y los pozos 8, 9, 33 y 34.

1.5 CALIDAD DEL AGUA Y USO

De acuerdo a las normas de calidad del agua se basa en la CEE (1984), la OMS (1984) y SA (1996).

Los datos obtenidos muestran que el 50% de los pozos analizados superan el máximo Pb contenido recomendado en las normas anteriormente citadas, y que el 1% del pozo tiene un alto contenido de sulfato, el resto de los pozos tiene agua que es químicamente potable.

En lo concerniente a las bacterias, todos los pozos se encontraron que superan los límites recomendados por las organizaciones antes mencionadas, algunos pozos tienen una menor contaminación.

Se observo que para el sitio de las muestras 1, 4, 5, 10, 11, 16, 22, 25 y 29 los valores de adsorción de la relación de sodio (SAR) son superiores a 10, que de acuerdo con (Cánovas, 1990), revela un contenido de sodio peligroso para los suelos.

En vista del riesgo de salinidad, estos pozos pueden ser clasificados en las clases que van desde media a alta, de la siguiente manera: C_2S_2 , C_3S_2 , C_3S_3 . Para el resto de los pozos, el riesgo de exceso de sodio y contenido de sales es bajo.

El riego con agua de pozo sólo se lleva a cabo al oeste de Tizayuca, un área con problemas de alto contenido de sodio. Las altas concentraciones de sulfato en las muestras de este sitio 20, 22, 24, 30, 35 y en los pozos Téllez se deben a la contaminación.

1.6 ESTRUCTURA GEOLÓGICA Y FLUJO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ACUÍFERO PACHUCA-ZUMPANGO

La caracterización hidrogeológica de la sub-cuenca del centro de México Pachuca, Zumpango, principalmente es de poca profundidad en su estructura geológica de la región y tiene implicaciones en el flujo de agua subterránea.

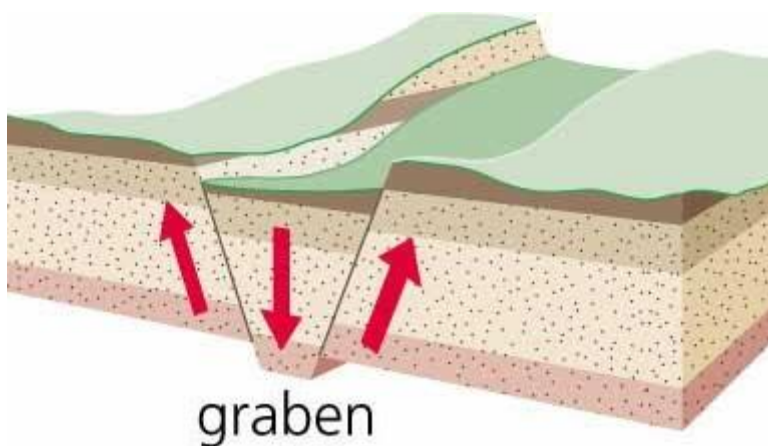


Fig. 1.27 Estructuras graben

La estructura se interpreta como una serie de estructuras graben limitadas por fallas normales de desplazamiento de la superficie métrica. El graben es ocupado por una secuencia de aproximadamente 2000 m en materiales aluviales piroclásticos y flujos de lava.

Existe en la zona un acuífero superior producto de la formación geológica a base de flujo de lava y material clástico donde se puede obtener agua para uso público urbano cuya extracción se ha realizado sin control y da lugar a graves impactos ambientales.

Diversos modelos de simulación con incrementos continuos en la tasa de extracción de 0,660 m³ / s en períodos de 5 años entre 2000 y 2020 predicen un aumento general de la profundidad potenciométrica del orden de 15 m (0,80 m / año). La reducción de la superficie potenciométrica tiene como consecuencia la presencia de hundimientos del suelo, como se observa en otras partes de la ciudad de México.

Durante los últimos 45 años del siglo 20, la población de México ha aumentado en un 400% (INEGI 2000) con una población que ha emigrado de zonas rurales a los centros urbanos.

En la cuenca de México y particularmente en la subcuenca Pachuca-Zumpango, el 80% de la población fue resultado de la emigración de las zonas rurales durante la década de 1950, en el año 2000, el 70% (aproximadamente 3,861,200 habitantes) vive en zonas urbanas. Al ser Constante la migración en la sub-cuenca se produjo un crecimiento intensivo de algunas ciudades importantes que tienen crecientes necesidades de agua para sus actividades económicas lo que ocasionó el incremento indiscriminado en la perforación de pozos (INEGI 2000).

Ariel en (1999) reportó una extracción de agua subterránea de 3,6 m³ / s para la ciudad de Pachuca y 13.0 m³ / s de Zumpango: una total de 16,6 m³ / s para la sub-cuenca. Parte de esta producción de agua (12,6 m³ / s) se utiliza para el suministro local sub-cuenca y sus necesidades otra parte (5 m³ / s) se exporta a la ciudad de México.

Las prácticas actuales de extracción de agua subterránea en los últimos dos décadas han creado una serie de impactos ambientales. Una reducción promedio de la superficie potenciométrica por aproximadamente 1,3 m / año y han provocado un principal efecto que es el deterioro de la calidad del agua. La gestión de extracción de aguas subterráneas debe ser revisado en cuanto a su legislación.

La extracción de aguas subterráneas en el área de la Ciudad México dio lugar a hundimientos severos (Marzal y Mazarí 1969; Alberro y Hernández 1990) y la inducción de agua subterránea de mala calidad por debajo de el acuífero (Edmunds y otros 2001), además de la contaminación del agua subterránea extraída en las zonas donde las aguas residuales y agua del acuitardo se induce en el nivel de extracción de los pozos (SMA 1999).

Debido a la gran homogeneidad hidrogeológica dentro de la cuenca de México, sin el control de extracción de aguas subterráneas en el área de estudio se han producido impactos ambientales similares a los presentados en la capital del país. De hecho, se han presentado hundimientos y grietas que han sido detectadas en el suroeste de la zona de estudio.

Por lo tanto, es esencial estudiar el funcionamiento de la sub-cuenca hidrogeológica de Zumpango para definir los posibles medios de extracción y control para alcanzar el uso racional de las aguas subterráneas. Las restricciones importantes para la gestión de las aguas subterráneas en México son impuestas por la autoridad del agua, que considera que el flujo de agua

subterránea en un campo de pozos es estrictamente horizontal, y que el espesor del acuífero está limitado por la profundidad de los pozos y la extracción lateral de la extensión del acuífero corresponde a la del campo de pozos (Carrillo-Rivera 2000).

El área de estudio abarca una superficie de aproximadamente 3.400 km², y está rodeada de montañas con altitudes de más de 2,900 m sobre el nivel del mar, (Pachuca, Los pitos, Guadalupe y Sierras Tolcayuca) y las pendientes hacia el centro de la sub-cuenca, con una altitud de aproximadamente 2.230 m snm. El clima es semiárido, con una variación significativa en la media precipitación anual en toda la cuenca.

La mayoría de las lluvias (90%) se produce durante todo el verano hasta el otoño. La Precipitación anual varía de 700 mm en el sur Sierra de Guadalupe, y 1,500 mm en la Sierra de Pachuca, y de 350 mm en las zonas topográficas bajas . La temperatura media anual es de 12.5 ° C en la sierra de Guadalupe y Sierras Pachuca, y 20-22 ° C en la parte plana del área de estudio . La tasa de evaporación potencial anual es de aproximadamente 1,400 mm.

La zona cuenta con una amplia variedad de unidades de roca de diferentes orígenes y edades por ejemplo la formación de calizas denominada formación del doctor (Wilson y otros, 1955), que representa la más antigua roca que aflora en la región de Apasco, esta unidad se compone de aproximadamente 400m de los arrecifes de piedra caliza marina que ha sido objeto de intensa tensión tectónica lo que resulta en muy fracturados anticlinales y estructuras de sinclinales.

La unidad volcánica terciaria (TVU) se compone de brechas y tobas y flujos andesíticos, de lava dacítica y riolítica de Oligoceno-Mioceno (Fries, 1962; Segerstrom 1962; Geyne y otros 1963), que aflora en diferentes lugares que

cubre un área amplia y puede alcanzar 1000 m de espesor y contener los siguientes dos unidades principales:

Una unidad riolítica-dacítica del Mioceno Temprano (Tmrd) aflora en las montañas de Pachuca, de los pitos y de Guadalupe (Fries, 1962; Segerstrom 1962; Geyne y otros 1963).

Una unidad riolíticas-andesitas de Mioceno Superior-Plioceno edad (TMRA) aflora en las montañas de Pachuca, Guadalupe y Tepetzotlan (Segerstrom 1962; Geyne y otros 1963; Jacobo, 1986). Los afloramientos de flujo de lava riolítica se presentan como las cúpulas de las sierras de Guadalupe y Xalpan ubicadas al norte de Tizayuca. Jacobo (1986) estimó un espesor de 500 m. Una unidad de toba volcánica pómez (TPP) es una secuencia de aglomerado, brecha volcánica, toba, piedra pómez grava y piedra arenisca con un espesor de 400 m.

Estos materiales se correlacionaron con los observados en la perforación de los sitios en la parte central de la cuenca de México. Espesores de 200 y 280 m se han reportado para este secuencia (SHCP 1969), en Zumpango y áreas de Texcoco, respectivamente

En la zona de estudio se han detectado pozos con temperatura en el agua la cual depende de:

a) La actividad térmica: Las rocas del Plio-cuaternario son una característica imperante geológica en el área de estudio, en muchos casos, la base de volcanes monogenéticos aún más reciente, algunos de ellos están cerca de los lugares donde los valores de la temperatura del agua son los más altos (el Tulipán, Arras, Paraíso y minas N. 16, los pozos y la zona de Téllez, zona que rodea los pozos 13 y 29 con temperaturas de 42 grados centígrados.). Esto sugiere que se trata de fuentes aisladas de calor, que en conjunto pueden tener una influencia local.

El termalismo es respaldado por otras pruebas, es decir, la aparición de las fallas normales, con orientación EW, una orientación dominante en todo el cinturón volcánico Transmexicano. Muchos de estos se consideran fallas activas (Urbina y Camacho, 1913; Martínez y Nieto, 1990; Suter, et al, 1995) en las regiones de Maravatío, Jilotepec y Aljibes, que están bastante cerca de la zona de estudio, en el oeste de la misma.

(Prol Ledesma y Juárez, 1986) dibujó un mapa geotérmico de México, que pone de manifiesto que la cuenca del Río de las Avenidas se encuentra en una zona donde la "temperatura de equilibrio" presenta rangos de 140 a 150 ° C.

b) Las variaciones de temperatura de acuerdo con el gradiente geotérmico no deben tenerse en cuenta, sin embargo, su influencia se supone que es menos importante. Aunque en algunos sitios, las diferencias topográficas entre el área de recarga y el área de descarga es considerable (600 m), la estratigrafía de la Sierra revela varios niveles de baja permeabilidad que impiden que el agua fluya más abajo

1.7 CONCLUSIÓN SOBRE LOS ESTUDIOS PRELIMINARES.

Los análisis químicos indican que los índices importantes de contaminación de las aguas subterráneas en los pozos y la batería Téllez Tizayuca pozos Tz.7b, Tz.321b, Tz.32b, donde el contenido de plomo, boro y manganeso exceden los estándares de agua potable.

El uso de las aguas residuales para riego en parte es responsable de esta contaminación. El análisis bacteriológico en algunos pozos nos permite afirmar que la región se enfrenta a moderados problemas de contaminación. El agua en la zona se utiliza principalmente para fines domésticos e industriales, es por lo tanto recomendable que las fábricas locales y los municipios realicen tratamiento de agua y el reciclaje. Esto ayudaría a prevenir y reducir la contaminación futura de las aguas subterráneas en los centros de entorno urbano, donde se liberan las aguas residuales sin ningún tipo de control de la contaminación. La influencia de la actividad termal local se

observó en toda la cuenca que muestra una temperatura más alta hacia el norte y baja hacia el sur.

CAPITULO 2

ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS, SOCIALES Y CULTURALES DEL MUNICIPIO DE ZEMPOALA, HIDALGO, MÉXICO

ZEMPOALA Hidalgo

H. Ayuntamiento 2012 - 2016



Tamaño de la Fuente [Mayor](#) [Reajustar](#) [Menor](#)



FIG. 2.1 MUNICIPIO DE ZEMPOALA.

2.1 ORIGEN DE ZEMPOALA

El Municipio de Zempoala deriva su nombre del náhuatl Cempohuallan, que se deriva de las raíces cempoalli , veinte; hua, partícula posesiva, y –lan partícula abundancial en función locativa; derivado de ellos su significado sería “Donde tienen o adoran al veinte o a muchos”, por extensión, a los muertos. El nombre otomí de Zempoala fue M’arahte que significa “Lugar de almas” o bien, “Lugar de muertos”.

El Municipio de Zempoala (el número 83) del Estado de Hidalgo, México. De acuerdo a los resultados que presento el II Censo de Población y Vivienda en el 2005, el municipio cuenta con un total de 27,333 habitantes. Por su cercanía con el municipio de Pachuca, este municipio es parte de la Zona Metropolitana de Pachuca. La cabecera municipal es la ciudad de Zempoala.

2.2 ASPECTOS GENERALES

Entidad: Hidalgo Municipio: Zempoala Clave : 13083

Población: 39, 143 Habitantes

Superficie: 320.802 Km²

Densidad de Población: 122.02 Habitantes/Km²

Ubicación en la entidad: Sur

Tipo de Urbanización: Metropolitano

2.2.1 Colindancias:

Al norte: con los Municipios de Pachuca de Soto, Mineral de la Reforma y Epazoyucan

Al este: con los municipios de Singuilucan y Tlanalapa;

Al sur: el municipio de Tlanalapa y el estado de México;

Al oeste: con el estado de México y los municipios de Villa de Tezontepec, Zapotlán de Juárez y Pachuca de Soto.

2.3 PERFIL SOCIODEMOGRÁFICO

Grupos Étnicos

De acuerdo a los resultados que presento el Censo de Población y Vivienda 2010, en el municipio habitan un total de 251 personas que hablan alguna lengua indígena.

Evolución Demográfica

Su población de acuerdo a la información referida por el INEGI de fecha 12 de junio del año 2010 es de aproximadamente 39,143 habitantes, de los cuales 20,074 son mujeres y 19,069 son hombres.

2.4 CULTURA

2.4.1 Datos Generales

Monumentos Históricos

Entre los monumentos históricos más importantes del municipio se destaca el ex convento de Todos los Santos, así como diversas construcciones religiosas del siglo XVI, algunas de ellas completamente remodeladas. Entre los principales edificios históricos se pueden mencionar las iglesias de San Agustín

Zapotlán, San Antonio Oxtoyucan, San Gabriel Azteca, Santo Tomás Tetliztac, San Pedro Tlaquilpan y Tepeyahualco.

En la Plaza Principal de la cabecera se encuentra uno de los monumentos más importantes y emblemáticos de la región, la llamada Picota o Rollo de Zempoala, sólida columna de piedra labrada levantada entre los límites de Zacuala y Zempoala en el año de 1557 para celebrar la congregación de diversos pueblos en el actual asentamiento de Zempoala. También se cuenta con una estatua de Américo Vespucio, un busto de Benito Juárez y un cañón de probable origen francés.

2.5 Toponimia

El Municipio de Zempoala deriva su nombre de Cempoalla, que se deriva de las raíces Cempoalli que significa "veinte" y lan o tlan que significa, "lugar de". Estas raíces dan lugar a las siguientes interpretaciones: "lugar de veintes", donde se venera el veinte o lugar donde se realizaba el mercado cada veinte días.

2.6 Clima

El municipio es de clima templado-frío, el cual registra una temperatura media anual de 14.3°C., con una precipitación pluvial de 494 milímetros por año y el período de lluvias es de junio a septiembre.

2.7 Flora y Fauna

En el municipio la flora está formada por vegetación tal como: cactus, arbustos leñosos de diversos tipos, el árbol de pirul (el más abundante en la región), destaca también el Capulín y hierbas pequeñas de diversos tipos. Es común encontrar las flores de calabaza, flor de maguey, flor de palma, flor de nabo. También son abundantes las hierbas silvestres.

La fauna se encuentra constituida por algunas especies animales, esta diversidad de especies comprende mamíferos tales como: el venado, la ardilla, el conejo, la liebre, el coyote, el gato montés, la tuza, el hurón, el zorrillo y diversos roedores de campo.

Existen diversas especies de aves tales como: patos, garzas, tordos, golondrinas, tortolitas y colibríes; también podemos encontrar algunos insectos y algunos arácnidos; su fauna está integrada de igual manera por diferentes tipos de reptiles tales como: la víbora de cascabel y los cencuates; existen anfibios como: el camaleón, la rana, el sapo, el tlacuache y el murciélago.

2.8 Geografía

Tiene una extensión territorial de 320 kilómetros cuadrados. La orografía en el municipio está constituida por cadenas montañosas que se integran en todo un sistema orográfico, el cual tiene un relieve predominantemente plano. El municipio en su mayoría cuenta con llanos. La hidrografía está constituida por jagüeyes, algibes, pozos de agua y pequeñas presas que frecuentemente son utilizadas para dar de beber al ganado y algunas veces, cuando tiene agua suficiente se utilizan para regar terrenos. Entre ellas se encuentran la Presa Enciso, la Presa de Arcos y la Presa de San José. El único río que corre en el municipio es el río Papalote, de más historia que agua, pues ayudó a la construcción de la arquería más alta del mundo.

CAPITULO 3

PERFORACIÓN EXPLORATORIA, REGISTRO ELÉCTRICO, TERMINACIÓN DE POZO Y PRUEBAS DE PRODUCTIVIDAD.

3.1 Movimiento e instalación de equipo de perforación.

El movimiento de equipo de perforación se inicia con el traslado del equipo de perforación que de acuerdo a sus características puede ser autoportante o remolcado con tractocamión, estas maniobras de traslado deben estar bien abanderadas con camioneta piloto para evitar accidentes ya que normalmente se trasladan en exceso de dimensiones, se debe tener cuidado sobre todo en curvas derechas ya que la torre invade en ambos casos el carril contrario.



Fotografía. 3.1 instalación de equipo de perforación.

Cabe resaltar que posteriormente al traslado se debe tener el terreno limpio y nivelado para proceder a instalar el equipo en forma adecuada e izar la torre cuidando que ésta quede perfectamente contraventeada para evitar volteamiento por efecto del viento y tener muy bien apoyados los gatos hidráulicos que la soportan.

Los equipos de perforación normalmente cuentan con una bomba de lodos por lo que se debe ubicar de manera adecuada las fosas para lodo de perforación y su respectivo canal de retorno para que, con esta acción, se lleve a cabo de manera adecuada el proceso de recuperación de muestras durante la perforación.



Fotografía. 3.2 Preparación de lodo bentonítico con embudo agitador.

La proporción para la preparación de lodos bentoníticos se realiza con 60 kg. de bentonita para 1 metro cúbico de agua se obtiene 1 metro cúbico de lodo con viscosidades de 36 segundos en prueba de viscosímetro March Funel API.

3.2 Proteger y estabilizar las paredes del pozo

El fluido de perforación retiene las paredes del pozo y evita un socavamiento, mediante la presión que ejerce sobre las paredes del mismo; el peso del lodo que se necesita no se puede predecir con exactitud, en la práctica el perforista se basa en su experiencia para preparar el fluido.

3.2.1 Enfriar y limpiar la barrena de perforación

La limpieza y el enfriado de la barrena se efectúan mediante los chorros de fluido que son dirigidos a velocidad relativamente alta hacia las caras cortantes y el cuerpo de la barrena.

Se puede decir que un fluido de perforación preparado adecuadamente, además de constituir un lubricante excelente para la perforadora, la bomba de lodos y la tubería de perforación, redundará en un aumento de la vida útil de la barrena y una disminución de los gastos por mantenimiento.

3.2.2 Sellar las paredes del pozo

Todos los sistemas de fluidos de perforación deberán estar capacitados para controlar las pérdidas de fluidos en formaciones altamente permeables, creando para ello una costra filtrante de arcilla o una película de polímeros sobre las paredes del pozo.

En un intento por controlar la pérdida de fluidos, algunos perforistas han mezclado fluidos con una alta cantidad de sólidos con una circulación a alta presión, de tal manera que grandes volúmenes de fluido son forzados a penetrar en las zonas permeables, a este procedimiento se le ha denominado “self-induced fluid loss”

3.2.3 Mantener los cortes y fragmentos de la formación en suspensión

La capacidad de un fluido para mantener las partículas en suspensión crece rápidamente conforme la velocidad de éste aumente, después de que los cortes son llevados a la superficie, es esencial que estos sean separados del lodo, conforme el fluido se desplaza por la fosa de sedimentación, a una velocidad reducida: los resultados que se desean se obtienen mediante la regulación de la viscosidad y el peso del lodo, ajustando la velocidad del bombeo y proporcionando a la fosa de sedimentación la forma adecuada.

3.2.4 Facilitar la obtención de información del subsuelo

Los sistemas de fluidos de perforación facilitan la obtención de cortes representativos de las formaciones perforadas, mismas que permiten “calibrar” la interpretación de los registros geofísicos del pozo.

3.2.5 Aditivos de perforación

Existe una gran variedad de aditivos que pueden ser adicionados al agua o al aire, y que se emplean con un fin específico en la perforación, dicha diversidad se empezó a desarrollar a partir de 1940, conforme las crecientes necesidades de la industria petrolera.

En la perforación de los pozos productores de agua, la gama de aditivos es más pequeña que en la industria del petróleo.

3.3 INFLUENCIA DEL AGUA EN LA RESISTIVIDAD DE LAS ROCAS

Cuando existe agua relleno de poros, fisuras y fracturas de las rocas, la resistividad global de éstas se modifica dependiendo de los siguientes parámetros:

- ❖ La resistividad de la roca sin presencia del agua.
- ❖ La porosidad de la roca.
- ❖ La resistividad del agua contenida en la roca.
- ❖ El grado de saturación.
- ❖ La tortuosidad (relación entre la longitud de los poros y la longitud de la roca en estudio).

Los anteriores parámetros están ligados por la siguiente relación:

$$\rho_r = (T^2 / P) \rho_a = F \rho_a \quad (1)$$

Dónde:

ρ_r = Resistividad de la roca.

ρ_a = resistividad del agua.

T = Tortuosidad.

P = Porosidad

F = Factor de formación

Cuando se toma en cuenta la saturación se obtiene un parámetro conocido como **índice de resistividad** definido como:

$$I = S^n \quad (2)$$

Dónde:

I = Índice de resistividad.

S = saturación de agua en la roca.

n = exponente que de acuerdo con diversos autores, varía de 1.98 a 2 modificándose la relación (1).

$$\rho_r = I F \rho_a \quad (3)$$

Tomando en cuenta la relación anterior, es importante conocer los órdenes de resistividad esperados tanto de las rocas como de las aguas que las saturan, así como su porosidad promedio; la resistividad es altamente variable, a en un mismo tipo de roca; no obstante, se puede definir un intervalo característico para un tipo específico dentro de una región de interés.

La resistividad eléctrica del agua varía en un amplio intervalo; en estado puro, el agua es poco conductora, llegando a tener resistividades hasta de 104 ohm-m; sin embargo, las aguas naturales presentan buena conductividad eléctrica debido a las sales que llevan en solución. Su cantidad y clase depende del tipo de roca por donde el agua haya circulado, ya sea superficialmente o en forma subterránea.

La porosidad es también un parámetro que varía mucho no solo de roca a roca, si no también dentro de un mismo tipo de roca y depende de factores como los diferentes grados de compactación, el fracturamiento, la homogeneidad en el tamaño de los granos que constituyen la roca, su edad, etc.

La presencia de materiales arcillosos y otro parámetro a tomar en cuenta al tratar de evaluar las variaciones de la resistividad de una roca cuando esta se encuentra total o parcialmente saturada de agua, ya que la interacción entre la matriz de la roca y el agua contenida en sus poros produce dos fenómenos: conducción superficial y la ionización de los minerales arcillosos, que afectan las mediciones de la resistividad global de las rocas en estudio.

3.4 EQUIPO Y ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA PERFORACIÓN ROTARIA DE CIRCULACIÓN DIRECTA

- ✓ Maquina rotatoria de circulación directa, marca Gardner Denver Modelo 200 N° Serie 204423 accionada con motor a diesel Marca GMC Modelo 471.
- ✓ Bomba de lodos (incluida en la plataforma de la maquina rotatoria)

- ✓ Eslabón giratorio o Swivel.
- ✓ Sarta de perforación
- ✓ Cortadores (Barrenas)
- ✓ Cortadores (Limpiadores)
- ✓ Fluido de perforación (Bentonita)
- ✓ Herramientas menores.

3.4.1 MÁQUINA ROTARIA DE CIRCULACIÓN DIRECTA

Su función principal es aplicar energía mecánica mediante un sistema de rotación hacia la sarta de perforación, teniendo como resultado un proceso de perforación, con la ayuda de un conjunto de cortadores.

- ❖ Capacidad de Perforación 450m
- ❖ Capacidad de los motores 471 H.p
- ❖ 4 velocidades y reversa
- ❖ Mástil de 20m
- ❖ Intervalo de operación 75 a 3600 R.P.M
- ❖ Cavidad de la mesa rotaria de 4" de Ø a 8Ø

Esta máquina se encuentra montada en una sola plataforma en la cual se encuentra lo siguiente:

Malacate de menor capacidad

- a) Transmisión
- b) Sistema hidráulico
- c) Mesa rotaria
- d) Cojinetes de guía
- e) Torre o mástil
- f) Poleas viajeras
- g) Planta de luz
- h) Tanque de almacenamiento
- i) Tanque de almacenamiento de aceite hidráulico

- a) **Tablero de control:** Cuenta con los elementos necesarios que controlan los trabajos de perforación desde su inicio hasta su término

- b) **Motores:** Los dos motores se encuentran sincronizados para trabajar en forma conjunta, para la mesa rotaria y bomba de lodos, se puede trabajar con un solo motor si así lo desea el perforista, para tener una economía en el combustible, en los primeros 100 a 150m de profundidad siempre y cuando no existan problemas en la construcción del pozo su consumo de diesel es de 80 a 90 lts. Por turno de 11 horas efectivas.
- c) Existen dos malacates uno para la barra Kelly y el otro para maniobras
- d) Malacate menor capacidad para cuchareo
- e) **Transmisión:** Es la generación de movimiento giratorio a través de engranes a la mesa rotaria a través de una flecha cardan.
- f) **Sistema hidráulico:** comprende bomba de engranes, banco de control hidráulico, dos gatos hidráulicos de levante de acción simple, válvulas de alivio, válvulas de retención y válvulas de seguridad.
- g) **Mesa rotaria:** se encarga de transmitir el movimiento giratorio (rotario) a la barra Kelly
- h) **Cojinetes de guía:** los cojinetes se ubican dentro de la mesa rotaria, los cuales están en continuo contacto con la barra Kelly, permitiendo el desplazamiento propio de la barra.
- i) **Torre o mástil:** la torre permite dar mayor estabilidad al sostener la sarta de perforación en forma perpendicular con relación a la plataforma, así mismo cuenta con una altura suficiente para realizar todas las maniobras durante el proceso de perforación.
- j) **Poleas viajeras:** Estas poleas se encuentran ubicadas en la parte más alta de la torre, por un sistema 6 a 1 de cable de acero, una se utiliza para sujetar el Swivel y la otra para mover la tubería de perforación
- k) **Planta de luz:** la planta de luz se encarga de generar energía eléctrica y convertirla a energía luminosa con el apoyo de un circuito de luminarias durante el proceso de perforación en turnos nocturnos
- l) **Tanque de combustibles:** El tanque de combustibles tiene una capacidad de 800 lts de diesel
- m) **Tanque de almacenamiento de aceite:** El tanque de almacenamiento de aceite tiene una capacidad de 600 lts. de aceite



**Fotografía. 3.3 PERFORADORA ROTARIA DE CIRCULACIÓN DIRECTA
FAILING 2000**

3.4.2 BOMBA DE LODOS

La función esencial de la bomba de lodos es succionar el lodo bentónico desde la fosa de reserva hasta el Swivel, con el propósito de hacerlo llegar a los cortadores (barrena).

Las partes componentes de la bomba de lodos son las siguientes:

- a) Vástagos
 - b) Pistones de hule, válvulas de hule, resortes, camisas de acero lubricador de vástagos
 - c) Manguera de succión
 - d) Manguera de descarga
 - e) Batidor de lodos
- a. **Vástagos:** se encargan de accionar la embolada de lodo bentónico
 - b. **Pistones de hule, válvulas de hule, resortes, camisas de acero lubricador de vástagos:** son un complemento de los vástagos
 - c. **Manguera de succión :** es un conducto por el cual se absorbe el lodo desde la fosa de reserva hasta la bomba
 - d. **Manguera de descarga:** es el conducto por el cual se envía el lodo bentónico desde la bomba de lodos hasta el Swivel
 - e. El batidor de lodos es de gran importancia ya que con este se podrá obtener un lodo homogéneo y se podrá controlar la viscosidad del lodo.

Es de gran importancia contar con el siguiente material:

- ✓ Un kit de reserva para no tener contratiempos
- ✓ Empaques de válvula
- ✓ Hules para camisas
- ✓ Hules para vástagos (Donas)
- ✓ Camisas
- ✓ Vástagos

Mangueras de alta presión

- ✓ Manguera de stand pipe
- ✓ Manguera de succión de lodos bentónicos

- ✓ Manguera para batidor de lodos
- ✓ Clutch
- ✓ Un juego de pastas

3.4.3. SWIVEL (ESLABÓN GIRATORIO)

Es la unión entre la barra Kelly y la manguera de descarga de la bomba de lodos, permitiéndole libre paso de la sarta de perforación.



Fotografía 3.4 Swivel (Eslabón giratorio).

3.4.4 SARTA DE PERFORACIÓN

Su función principal es permitir que fluya el lodo bentónico hasta el fondo de perforación y transmitir movimiento rotatorio a la barrena.

Las partes que componen la sarta de perforación son las siguientes:

- ✓ Vástagos giratorio o barra Kelly
- ✓ Tubería de perforación de 4 ½" Ø
- ✓ Drill Collars de 6 o de 8"Ø
- ✓ Cuñas para Drill Collars
- ✓ Cuñas para tubería de perforación

- ✓ Sustitutos o combinaciones
- ✓ Barrena



Fotografía. 3.5 BARRENAS DE PERFORACIÓN.

3.4.4.1 Vástago giratorio o barra Kelly

Se encarga de transmitir el movimiento rotario que le transmite la mesa rotaria a los cortadores (barrena) cuando se inicia la perforación, a los Drill Collars cuando se tienen avances mayores a la longitud de la barra Kelly y a la tubería de perforación cuando se ha rebasado la perforación igual a la longitud de los Drill Collars.

3.4.4.2 Tuberías de perforación

Esta tubería transmite el movimiento giratorio de la barra Kelly a los drills; esta tubería es de 4 ½" Ø, sus tramo son de aproximadamente 9.20 m de longitud, con un peso aproximado de 300 Kg.



Fotografía. 3.6 Tubería de perforación.

3.4.4.3 Drill Collars

Tubería de peso, transmitiendo el movimiento giratorio de la tubería de perforación o de la barra Kelly, según sea el caso de los cortadores (barrena, ampliadores) manteniendo con su peso propio la verticalidad en la perforación, el peso aproximado del Drill Collars es de 3000 Kg y mide 9.00 de longitud, con 6"Ø.

3.5 REGISTRO ELÉCTRICO.

Descripción de parámetros

3.5.1 Registro SP (Potencial Espontáneo)

La curva de potencial espontáneo o SP ("Spontaneous-Potential") representa la diferencia de potencial eléctrico entre un electrodo fijo en la superficie y otro móvil que viaja dentro del pozo, medida en mv (milivolts). La curva de SP se presenta normalmente en la pista 1 en color azul y de manera tal que indique zonas permeables e impermeables, regularmente cuando se mueven a la izquierda el estrato presenta permeabilidad, como lo muestra la Figura 3.5

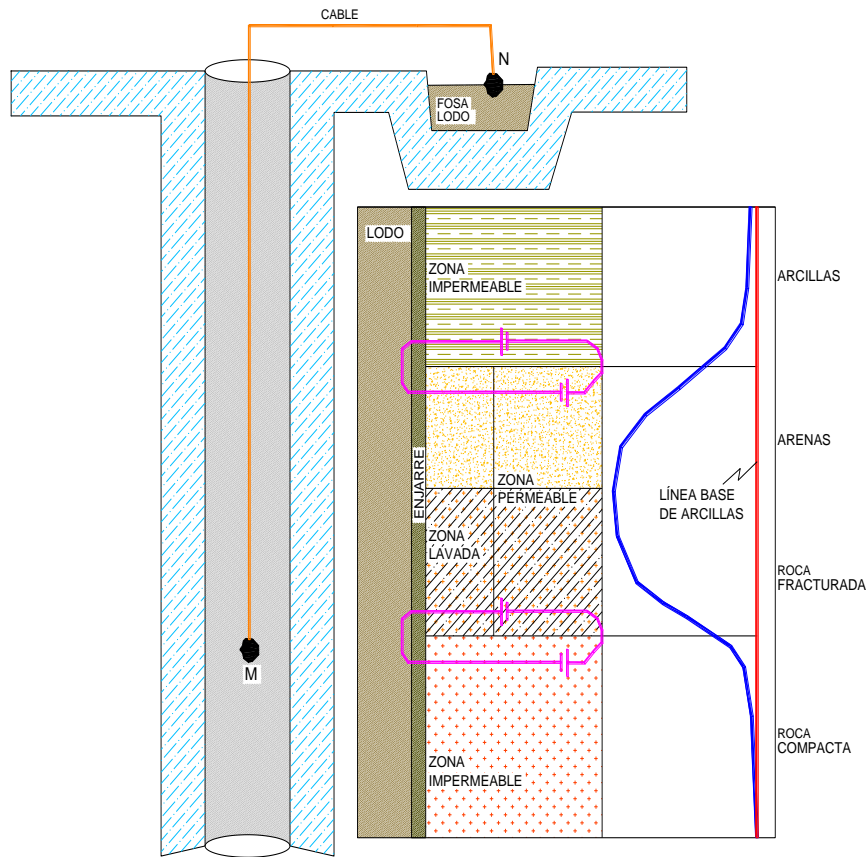


FIGURA 3.5 . FUNCIONAMIENTO Y RESPUESTA DE SP

3.5.2 REGISTRO DE GR

La curva de Rayos Gamma o GR (“Gamma-Ray”) representa la radioactividad natural de las formaciones y se mide en unidades API (“American Petroleum-Institute”). Generalmente la curva de GR se muestra en la pista No. 1 en color negro y se grafica en una escala (regularmente de 0 a 100) que muestrea las zonas arcillosas o limpias, es decir la presencia de rocas sin contenido de arcillas. Es importante mencionar que las rocas volcánicas intermedias (andesitas) y en mayor proporción la ácidas (riolitas), el registro de Rayo Gamma la muestra como rocas arcillosas, sin embargo las curvas de resistividad indican la presencia de rocas volcánicas; por lo tanto es indispensable la interpretación utilizando estos dos parámetros, un ejemplo se muestra en la Figura 3.6

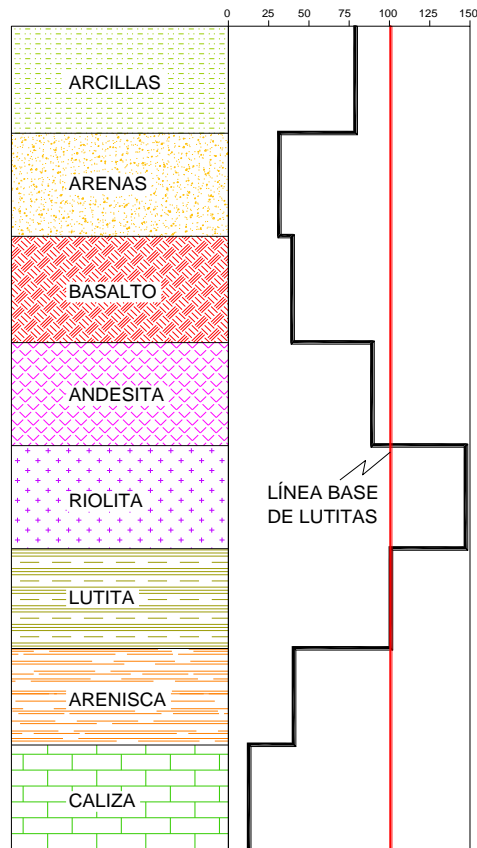


FIGURA NO. 3.6. RESPUESTAS TÍPICAS DE GR.

3.5.3 Registro de temperatura y resistividad de fluido

El registro de resistividad del fluido muestra de manera cualitativa la zonas de aportación del acuífero, ya que cuando hay flujo de agua del subsuelo hacia el pozo, la resistividad de fluido de perforación varía, debido a que hay un cambio en la salinidad del fluido de perforación y es asociado por la presencia de un flujo de agua subterránea; esta variación nos indica regularmente la presencia de un acuífero. Esta grafica se presenta en el tercer carril, junto con el de temperatura.

El registro de temperatura nos indica la variación de ésta en la vertical del pozo. Puede ser indicador de flujos de agua subterránea entre las formaciones

atravesadas por la perforación, se grafica junto con la resistividad de fluidos en el tercer carril, como lo muestra la Figura 3.7

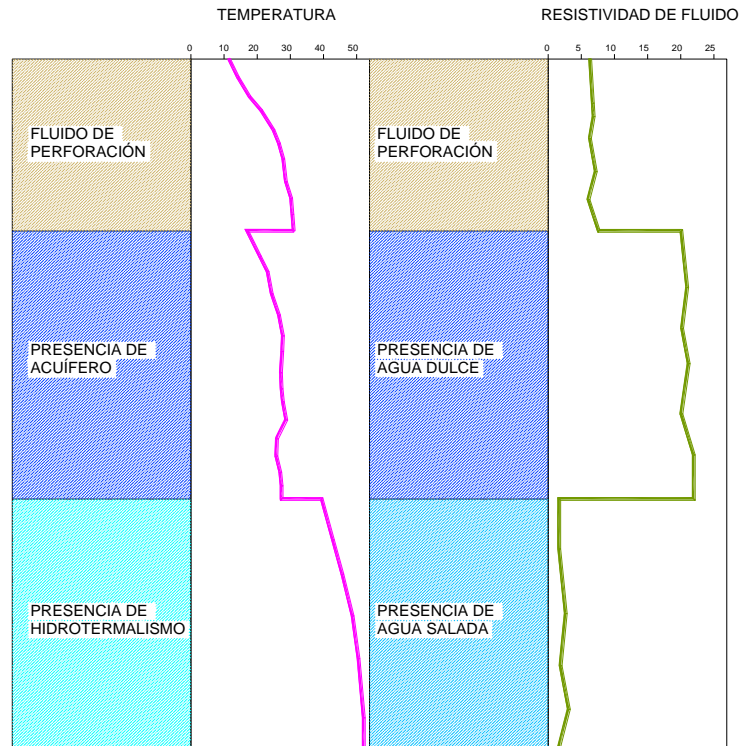


Figura No3.7. Respuestas típicas de resistividad de fluido y temperatura.

3.5.4 Registros Convencionales de Resistividad

El registro resistivo es una medida de la resistividad de la formación. La medición de esta propiedad se logra mediante un arreglo de electrodos emisores de corriente y receptor que están montados en la sonda y se introducen al pozo; siendo un fluido el medio conductor que liga sus electrodos con la formación. Este equipo arroja tres curvas de resistividad llamadas dos normales y una lateral, como lo muestra la Fig.3.8

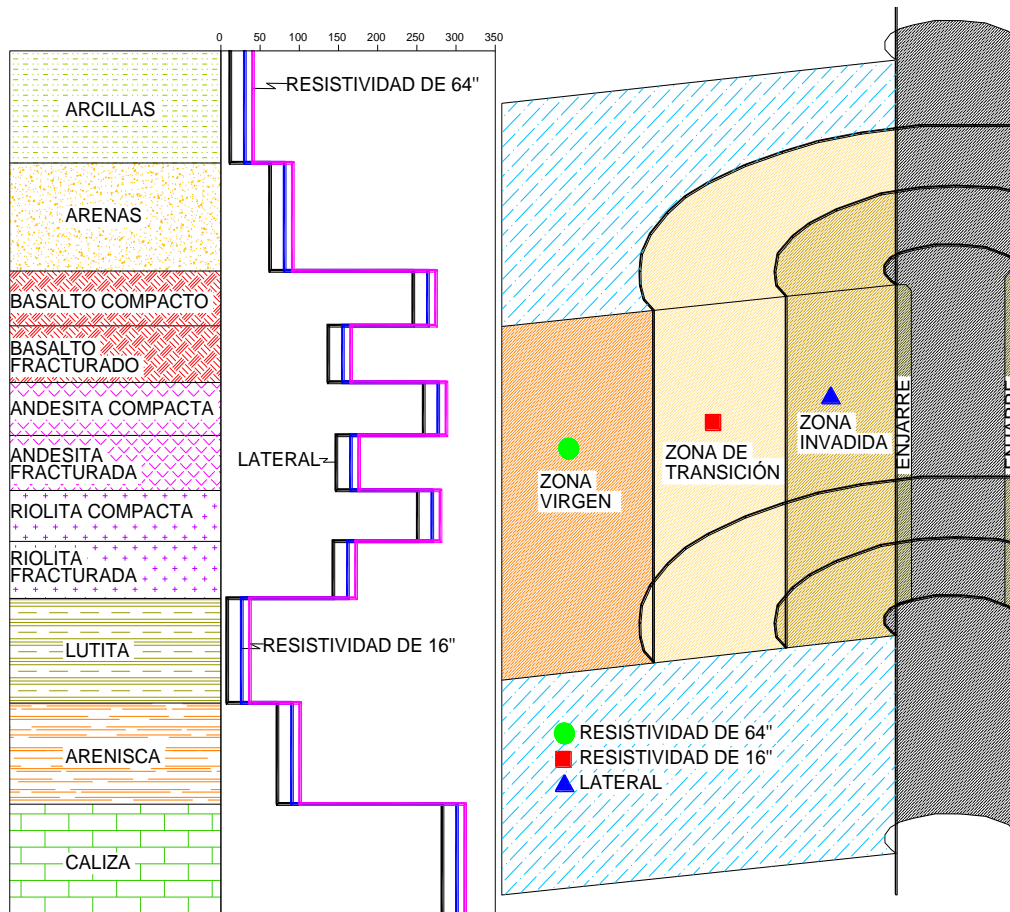


Figura No3.8. Respuestas típicas de resistividad de fluido y temperatura.

3.5.5 Curvas Normales

Consiste de un electrodo A por el cual se emite una corriente alterna, cuya fuente se encuentra en la superficie. El circuito se cierra en un electrodo B, muy alejado de los electrodos A y M. Si el espaciamento entre el electrodo de corriente A y M es de $AM=0.40$ m (16”), ésta tiene una **penetración de aproximadamente 0.80 m** dependiendo de la geología del área y se llama **normal corta**. Si el espaciamento AM es igual a 1.60 m (64”), ésta tiene una **penetración de aproximadamente 3.20 m** dependiendo de la geología del área y se llama **normal larga**.

3.5.6 Curva Lateral

También se conoce como inversa. En este arreglo los electrodos de medida M y N están muy próximos uno del otro, midiéndose el gradiente de potencial entre estos dos electrodos, éste parámetro nos mide la zona invadida por el fluido de penetración. Los radios de investigación de cada una de las curvas descritas anteriormente, se muestran en la Figura No3.8.

3.5.7 Resistencia

Con esta herramienta se obtiene una curva no lineal que comúnmente aumenta o disminuye en magnitud a la respuesta de la resistividad de la formación. El principal uso de estos registros es la correlación geológica, los contactos entre estratos y localización de fracturas, en nuestros registros se grafica en el primer carril en color rojo

3.5.8 Resultados alcanzados

El nivel de lodos se localizó a los cuatro metros de profundidad, la temperatura se incrementó gradualmente 2.1° desde la cima hasta 241 m después en poca profundidad aumento 0.81° . La resistividad de fluido comenzó con 20 Ohm-m y disminuyó rápidamente a 17 Ohm-m en 56 m de profundidad y se conservó así hasta los 223 m, estos cambios en la temperatura y en la resistividad de fluido marcan una posible entrada de agua de la formación al pozo.

Interpretación de los registros

Esta información y la interpretación del registro geofísico arrojan los siguientes resultados:

0 a 13 m

Los primeros cuatro metros no presentan fluido de perforación, después de esta zona la resistividad aumenta considerablemente, marcando una zona drenada y de alta resistividad, el Rayo Gama registró una variación de 28 a 12 unidades API. Geológicamente se asocian a tobas pumíticas, drenadas.

13 a 61 y 70 a 112 m

En esta zona la curva de resistividad profunda (64") presenta valores de 178 a 270 Ohm-m y un contraste de 150 Ohm-m asociado a rocas compactas que con la Radiación Gamma que varía de 25 a 30 unidades API se interpreta como un basalto. La curva de SP registró -412 mV en promedio sin embargo esta zona se encuentra drenada, debido a que el nivel se encuentra a 110 metros.

61 a 70 m

Esta zona muestra una resistividad de 160 Ohm-m en promedio pero existe un aumento en la radiación gamma hasta las 41 unidades API por lo que se asocia a una andesita la cual también se encuentra drenada. El contraste de 66 unidades API es alusivo a la compactación de la formación.

112 a 197 y 218 a 246 m

En este intervalo se presentan pocos cambios en la resistividad, presentan valores que varían de 87 a 114 Ohm-m, RG registra valores de 17 a 38 unidades API, y SP de -412 mV en promedio. Estos parámetros se asocian a una brecha volcánica de matriz arenosa probablemente cementada de baja a nula permeabilidad. Sin embargo existen zonas de fracturas que pueden proveer de agua al pozo.

197 a 218

En estos intervalos las resistividades varían de 65 a 99 Ohm-m y la radiación gamma presenta 15 unidades API en promedio lo que asocia estos valores a depósitos piroclásticos cementados de baja permeabilidad.

246 a 268 m

En este intervalo de profundidad se registraron resistividades que varían de 31 a 37 Ohm-m, RG registró un incremento de 36 a 98 unidades API, SP

mantiene -347 mV en promedio. En esta zona es donde se registra un incremento en los valores de temperatura y resistividad de fluido, sin embargo el SP marca esta zona con baja permeabilidad, siendo solamente en las zonas donde se incrementa la resistividad donde podría aportar agua. El conjunto de estos parámetros se asocian a una brecha dacítica de permeabilidad baja.

268 a 281 m

En este tramo las resistividades varían de 63 a 286 Ohm-m, RG de 74 a 100 unidades API y SP de -380 a -391 mV. El conjunto de estos parámetros se asocian a una riolita fracturada que presenta interés geohidrológico.

281 a 300 m

En este tramo las resistividades varían de 268 a 285 Ohm-m, RG de 81 a 94 unidades API y SP de -395 a -407 mV. El conjunto de estos parámetros se asocian una riolita compacta, que se comporta como un acuifugo, sin embargo en la cima de esta unidad en el contacto con la unidad superior puede presentar agua de paso.

A continuación se presenta un resumen de las unidades geohidrológicas:

Tabla. 3. I Resumen de las características geológicas y geohidrológicas del “Pozo”

PROF. (m)	ESTRATIGRAFÍA	Espesor (m)	Permeabilidad	OBSERVACIONES
0 a 13	Tobas pumíticas.	13	Baja	Drenado
13 a 61	Basalto.	48	Baja	Drenado
61 a 70	Roca andesítica.	7	Baja	Drenado
70 a 113	Basalto	45	Baja	Drenado
113 a 198	Brecha volcánica de matriz arenosa.	71	Baja	Acuitardo* y en las fracturas aportes mínimos.
198 a 219	Depósitos Piroclásticos	11	Baja	Acuitardo*
219 a 246	Brecha volcánica.	27	Media	Acuífero confinado
246 a 268	Brecha dacítica.	26	Baja	Acuitardo
268 a 281	Riolita fracturada.	15	Media a alta	Acuífero confinado
281 a 300	Riolita compacta.	13	Baja	Acuifugo.

***Acuitardo: formación geológica capaz de almacenar agua pero que la transmite lentamente.**

CAPITULO 4

TERMINACIÓN DEL POZO.

Una vez concluida la perforación del pozo a su totalidad se prosigue a la etapa de terminación del pozo la cual consiste en colocar todos los materiales que nos permitan tener un pozo en condiciones de ser utilizado.

Esto con la finalidad que no se presenten derrumbes en el interior del pozo si se le da la terminación a largo plazo.

4.1 La terminación del pozo considera las siguientes etapas.

- a) Limpieza del pozo.
- b) Entubado del contraademe.
- c) Cementación del contraademe.
- d) Entubado del ademe.
- e) Colocación del filtro de grava.
- f) Lavado del pozo.
- g) Colocación del dispersor de arcillas.

4.1.1 Limpieza del pozo:

Se considera como limpieza del pozo, al retirar todo el material que se encuentre en el interior del pozo, ya sea producto de derrumbes o material producto de la perforación.

4.1.2 Equipo, Herramienta y Materiales empleados para realizar los trabajos.

- ❖ Maquina rotatoria Gardner Denver 2000
- ❖ Barra Kelly
- ❖ Tubería de perforación
- ❖ Drill collars
- ❖ Cuñas para Drill Collars
- ❖ Cuñas para tubería de perforación

4.1.3 Procedimiento para realizar los trabajos de limpieza del pozo:

Con la ayuda de la máquina de perforación encendida se mete la barra Kelly, tubería de perforación y drill collar, hasta el fondo del pozo, se enciende la bomba de lodos, se hace circular el lodo bentoníticos en el interior del pozo, sin rotar la sarta de perforación hasta desalojar todo el material producto de la perforación que se encuentre en el interior del pozo.



FOTOGRAFÍA 4.1 LAVADO DE POZO.



FOTOGRAFÍA 4.2 LAVADO DE POZO.

4.2 Contraademe:

El contraademe debe tener la longitud necesaria para evitar la infiltración de agua superficial o agua contaminada contenida en el subsuelo hacia el interior del pozo. El contraademe debe tener una longitud mínima de seis metros y debe sobresalir 0.20 m del nivel del terreno natural o sobreelevado, o bien 0.50 m, dependiendo del diseño del pozo (ver figuras ilustrativas 1 y 2). El espacio anular entre el contraademe y la formación adyacente será rellenado por completo con una lechada de cemento normal.

En el caso de que se perforen pozos donde existan acuíferos con agua de diferente calidad, el concesionario o asignatario deberá presentar a la Comisión el diseño del pozo para evitar la mezcla del agua de ellos por efecto del pozo y que pueda causar la degradación de la calidad del agua de alguno de los acuíferos.

4.2.1 Entubado de contraademe:

Este procedimiento consiste en meter la tubería de 20" de Φ en la tubería de 24" de Φ del pozo.

La tubería empleada es de el proveedor (**Tubería la laguna**) con sus oficinas ubicadas en la ciudad de México, Querétaro, Monterrey, Centroamérica y Sudamérica.

4.2.2 Equipo, Herramienta y Materiales empleados para el trabajo de entubados del Contraademe:

- En la práctica se emplean dos flechas de 3" de Φ por 40" de longitud.
- Tubería de acero al carbón lisa negra especificación ASTM-120 de 20" de Φ , 39 m.
- Se utilizaron electrodos E-6010S (7018) para acero.
- Planta para soldar.
- Equipo de oxicorte (2 cargas de oxígeno y 1 acetileno)
- Cepillo con dientes de alambre, para limpiar el área por soldar de oxidantes.

- Guías como apoyo para unir tubería en forma de rombo de acero al carbón de aproximadamente 0.25 m. de altura al eje mayor por 20 del eje menor.
- Nivel de dos burbujas tipo albañil, para verificar la verticalidad.

4.2.3 Procedimiento para entubar el contraademe.

Primeramente el perforista deberá verificar que la tubería cumpla con la calidad requerida, en este caso para trasportar agua que servirá de consumo humano. Una vez revisada la tubería se marca en orden consecutivo según el diseño definitivo del pozo.

Se realizan dos agujeros en la parte superior de cada tramo de tubería de aproximadamente 3 ½" de Φ , a una distancia de 15 cm del borde de la tubería, procurando que los agujeros queden opuestos, los cuales serán de apoyo para introducir una flecha de 3" de Φ entre ellos, la flecha será sujeta por un cable acero con la ayuda de la polea viajera que se encuentra en el mástil de la maquina.

Se soldan tres placas en forma de rombo en el borde superior de la tubería, distribuidas a la misma distancia una respecto de la otra, dichas placas servirán como guía para soldar el otro tramo de la tubería.

Al colocar la tubería de 20" de Φ , que irá hasta los 38m del nivel del terreno natural hacia abajo, donde se ubica la ampliación a 24" de Φ .

Con la ayuda del cable de acero se levanta la tubería, se hace pasar por la mesa rotatoria y se apoya a la flecha en la mesa rotatoria.

Se procede a realizar los mismos trabajos con el tramo de tubería de 20" de Φ , con la ayuda del cable de acero levantando el tramo de tubería y colocando a tope con el otro tramo ya apoyado, se nivela la tubería observando que su alineación quede verticalmente, con la ayuda del cepillo de alambre se limpia la zona por soldar hasta quedar libre de agentes oxidantes, para tener un

excelente unión con la ayuda de electrodos de ¼ E-6010S, y la ayuda de la mano de obra de un soldador especializado con estos trabajos.

Al quedar ya unido al segundo tramo se levanta la tubería para retirar la flecha del primer tramo, colocando sus respectivas tapas, verificando que queden bien soldadas.

Este trabajo se repitió en toda la longitud del contraademe, considerando que el último tramo deberá tener 80cm por encima del terreno natural



FOTOGRAFÍA 4.3 Colocación del contraademe sanitario.

4.2 Cementación

La función principal de realizar el cementado es evitar que las aguas que se infiltran al subsuelo contaminen el pozo, tal es el caso de zonas de riego de aguas negras.

4.3.1 Equipo, Herramienta y Materiales Empleados para los Trabajos de Cementado.

Considerando que para obtener 1m³ de lechada se deberá mezclar:

- 1.3 Toneladas de Cemento Portland gris Tipo 1.
- Arena con T.M.A. de 1/8" a fino.
- Agua limpia.
- Botes de 19 lt

4.3.2 Procedimiento para realizar los trabajos de Cementación:

Estos trabajos se realizan con la ayuda de la mano de obra de unos de los ayudantes de la cuadrilla, primeramente se mezcla la arena con el cemento hasta tener una mezcla uniforme y posteriormente se le vaciara agua en forma paulatina hasta obtener la lechada.

Una vez contando con la lechada, esta se vierte con la ayuda de botes de 19 litros en el espacio anular entre la tubería de 20" y 24" ϕ , hasta enrasar la superficie del terreno natural.

Se procede a dejar como mínimo 24 horas antes continuar con el proceso de ademado del pozo.



FOTOGRAFÍA 4.4 COLOCACIÓN DE TUBERÍA RANURADA.

4.4 ENTUBADO DEL ADEME EN EL POZO.

4.4.1 Ademe:

Tubo generalmente metálico o de policloruro de vinilo (PVC), de diámetro y espesor definidos, liso o ranurado, cuya función es evitar el derrumbe o el colapso de las paredes del pozo que afecten la estructura integral del mismo; en su porción ranurada, permite el flujo del agua hacia los elementos mecánicos de impulsión de la bomba.

Esta etapa se coloca la tubería de acero negro al carbón especificación ASTM - 120 , dentro de la ampliación de 18", alojada en el interior de la tubería de 24".

4.4.2 Equipo, Herramienta y Materiales Empleados para los trabajos de entubado del ademe.

- En la práctica se emplean dos flechas de 3" de ϕ por 40" de longitud.
- Tubería de acero al carbón negra lisa de 12" ϕ por $\frac{1}{4}$ " de espesor.
- Tubería de acero al carbón negra ranurada de 12" ϕ por $\frac{1}{4}$ " de espesor.
- Soldadura 70 18.
- Planta de soldar.
- Equipo de oxicorte (dos cargas de oxígeno y una de acetileno).

- Guías en forma de rombo de acero al carbón.
- Cepillo con dientes de alambre.
- Nivel tipo albañil.



FOTOGRAFÍA 4.5 ADEMADO DE POZO.

4.4.3 Proceso de entubado del ademe

Considerando que se tiene por terminada la cementación, se realizan los siguientes trabajos:

Primeramente el perforista deberá verificar que la tubería cumpla con la calidad requerida, en este caso para transportar agua que servirá de consumo humano.

Una vez revisada la tubería se marca en orden consecutivo según el diseño definitivo del pozo. Se realizaran dos agujeros en la parte superior de cada

tramo de tubería de aproximadamente 3 ½" de ϕ , a una distancia de 15 cm. del borde de la tubería, procurando que los agujeros queden opuestos, los cuales servirán de apoyo para introducir una flecha de 3" de ϕ entre ellos, la flecha será sujeta por un cable de acero con la ayuda de la polea viajera que se encuentra en el mástil de la maquinaria.

Se soldan tres placas en forma de rombo en el borde superior de tubería, distribuidas a la misma distancia una respecto a la otra, dichas placas servirán como guía para soldar el otro tramo de tubería.

Se realiza un tapón de concreto en la parte inferior de la tubería ranurada tipo cedazo canastilla, el cual se ubicará en el fondo de la perforación del pozo, cuya longitud como mínimo un metro.

Una vez realizado el tapón se procede a pasar una flecha por los agujeros de la parte superior de la tubería de 18", fijando la flecha al cable de acero. Con la ayuda del cable de acero se levantó la tubería, se hizo pasar por la mesa rotatoria y se apoyó la flecha en la mesa rotatoria.

Se procede a realizar los mismos trabajos con el siguiente tramo de tubería de 18" de ϕ , con la ayuda del cable de acero se levanta el tramo de tubería y se coloca a tope con el otro tramo ya apoyado, se nivela la tubería observando que su alineación quedará verticalmente, con la ayuda del cepillo de alambre se limpió la zona por soldar hasta quedar libre de agentes oxidantes, para tener una excelente unión con la ayuda de electrodos de ¼", con soldadura 7018, apoyándose con la ayuda de la Mano de Obra de un soldador especializado en estos trabajos.

Al quedar ya unido el segundo tramo se levanta la tubería para retirar la flecha del primer tramo, colocando sus respectivas tapas, verificando que queden bien soldadas.

Este procedimiento se realiza hasta colocar toda la tubería de 18" ϕ , procurando que el último tramo tuviera 80 cm. por encima del terreno natural,

se procede a cementar el espacio anular entre la pared natural del pozo (Ampliación a 24" ϕ y 18" ϕ).

Una vez colocado el tapón se repite el mismo proceso constructivo para unir la tubería de 12" ϕ , lisa y ranurada.

Ya alcanzada la profundidad del pozo se ancla la tubería por parte superior con el uso de tres ángulos de acero, los cuales fueron soldados a la tubería de 12" ϕ y apoyados sobre la tubería de 18" ϕ .



FOTOGRAFÍA 4.6 FILTRO DE GRAVA REDONDEADA DE ORIGEN ÍGNEO

4.5 Engravado de pozo.

Una vez realizadas las pruebas de granulometría se determina el tipo de filtro de grava por utilizar el cual tiene un tamaño máximo de $\frac{1}{4}$ " y mínimo $\frac{1}{8}$ ", el cual quedara alojado en el espacio anular.

4.5.1 Equipo, Herramienta y Materiales empleados para los trabajos de entubado del ademe.

- Maquina de perforación Rotatoria Garnerd Denver 2000
- Lodos bentoniticos. (baja viscosidad entre 14 y 30 seg.)
- Agua.
- Grava de $\frac{1}{8}$ " a $\frac{1}{4}$ " según las condiciones litológicas.
- Botes de 19 litros de forma práctica.
- Embudo Marshall Funnel.

4.5.2 Procedimiento para realizar el engravado.

Se adelgazarán lodos bentoníticos con la ayuda de agua hasta alcanzar una viscosidad de 28 segundos permitiéndonos el paso de las partículas de menor tamaño de la grava, evitando una segregación del filtro.

Con el uso de la máquina perforadora se introduce al pozo la barra de Kelly, drillas, tubería de perforación haciendo circular lodos bentoníticos a 28 segundos de viscosidad.

Se vierte la grava de origen ígneo en el espacio anular hasta llenarlo a su totalidad.

Una vez colocado el filtro de grava se saca la barra de Kelly, drillas, tubería de perforación y se empieza a realizar un pistoneo del pozo, recorriendo toda la tubería, observando que se requiere de aumentar un porcentaje más de grava.

4.6 Pistoneo del pozo.

La función principal de realizar un pistoneo es acomodar todo el filtro y evitar zonas que no cuenten con este filtro.

El pistón está constituido por dos discos de caucho los cuales se encuentran entre discos de madera y montados sobre un niple de tubería con platos de acero los cuales cuentan con rondanas que permiten un ajuste antes de empezar a trabajar.

4.6.1 Equipo, Herramienta y Materiales empleados para los trabajos de entubado de ademe.

Máquina de perforación Rotatoria Gardner Denver 2000.

Pistón con empaques de caucho.

Agua.

Barra para lastrar.

4.6.2 Procedimiento para realizar los trabajos de Pistoneo.

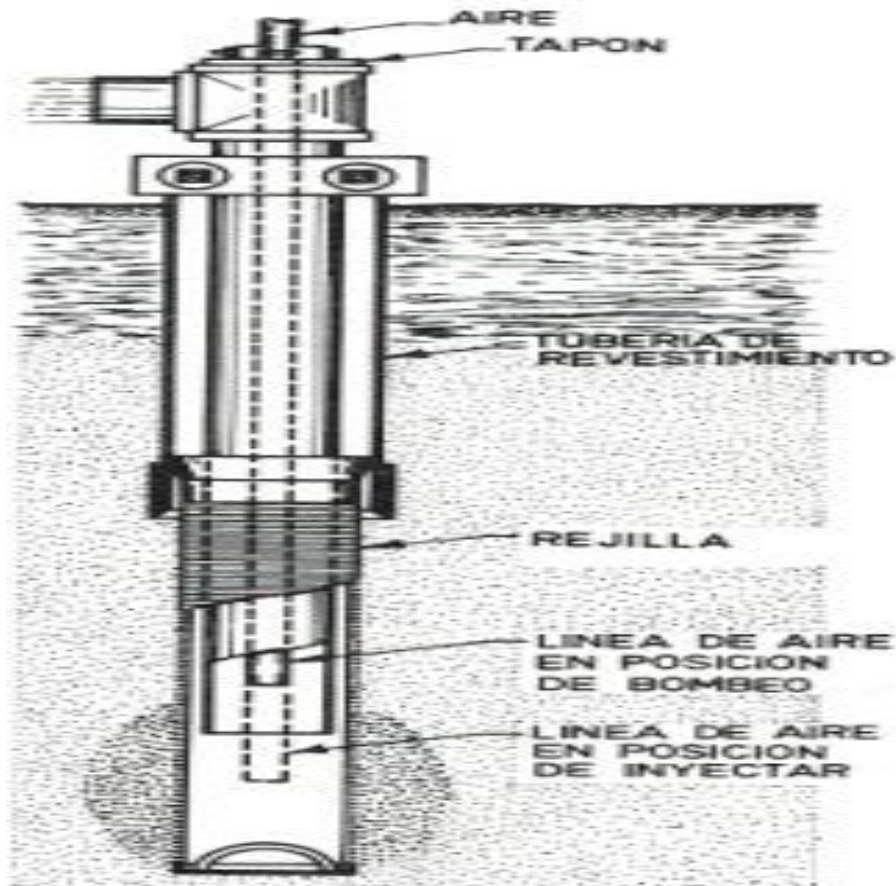


FIG. 4.7 PISTONEO DE POZO.

Para la fabricación de los empaques e caucho, se puede utilizar polietileno el cual lo podemos encontrar en la cámara de llantas de un vehículo, ajustando la medida requerida con los discos de madera.

Al comprimir los discos de polietileno (caucho), con los discos de madera y los platos de acero se ajustan por medio de tornillos.

Se procede a fijar el pistón a la barra de lastre, para poder deslizarse, sin ningún problema al realizar los trabajos.

Se hace deslizar el pistón hacia abajo y hacia arriba a la profundidad de 3 metros, y posteriormente se coloca el pistón a otra profundidad realizando los

mismos trabajos de subirlo y bajarlo, proporcionándonos movimientos de agua y que a su vez se transmite al filtro.

4.7 Lavado del pozo.

El lavado del pozo es la parte en la cual con la ayuda del agua se limpian las paredes del pozo, y a su vez saca todas las partículas trituradas producto de la perforación.

4.7.1 Equipo, herramienta y materiales empleados para los trabajos de entubado del ademe.

- Maquina de perforación Rotaria Garnerd Denver 2000 (incluye boba de lodos).
- Lodos bentoniticos (baja viscosidad).
- Sarta de perforación.
- Camión pipa.
- Agua limpia

4.7.2 Procedimiento para lavar el pozo.

Primeramente se desvía el canal de recirculación de lodos, posteriormente se introduce la sarta de perforación hasta la parte superior de la tubería ranurada. Se inicia la circulación de agua limpia a esa profundidad, posteriormente se procede a bajar 5 metros y se hace circular agua limpia, este procedimiento se realiza a lo largo de todo el pozo, hasta liberar la bentonita acumulada en el filtro.

4.8 APLICACIÓN DE DISPERSOR DE ARCILLAS.

La función principal del dispersor es lograr remover los sedimentos que no se alcanzaron separar de la tubería.

4.8.1 Equipo, herramienta y materiales empleados para la aplicación del dispersor de arcillas.

- Maquina de perforación rotatoria Garnerd Denver 2000
- Sarta de perforación.

- Dispersor de arcillas.
- Botes de 19 litros de forma práctica.

4.8.2 Procedimiento para aplicar el dispersor de arcillas.

1. Se inicia introduciendo la sarta de perforación hasta donde empieza la tubería ranurada.
2. Se vierten 5 galones de dispersor al interior de la tubería.
3. Se baja la sarta unos 40 metros y se vuelven a vaciar 5 galones de dispersor, este proceso se realiza a lo largo de toda la tubería ranurada.
4. Una vez aplicado el dispersor de arcillas se deja reposar por espacio de 24hrs. Para proceder a recibir instrucciones para realizar el desarrollo y aforo.

4.9 DESARROLLO Y AFORO DEL POZO.

Esta etapa es la última en el proceso constructivo de un pozo, permitiéndonos conocer los resultados alcanzados.

Para realizar estos trabajos se instalara una bomba con su columna de bombeo, con la ayuda de un camión grúa.

4.9.1 Equipo, herramienta y materiales empleados para realizar el desarrollo y aforo.

- Camión grúa.
- Motor
- Bomba vertical tipo turbina
- Metros de columna según las condiciones del pozo de 8" de diámetro, C tazonos 11 pasos.
- Tazonos 11 pasos marca F. Morse.
- Flecha cardan
- Tubo de poliducto de $\frac{3}{4}$ " de diámetro.
- Tubería de descarga de 6" de diámetro incluye piezómetro.
- Tacómetro.
- Multímetro.

- Sonda eléctrica.
- Cronometro.

4.9.2 Procedimiento para realizar el desarrollo y aforo.

Para poder instalar la bomba se tiene que retirar la máquina de perforación con todos sus aditamentos.

Se procede a instalar la columna, bomba, motor, flecha cardan, tubería de descarga.

Se verifica que el equipo esté bien instalado, para evitar consecuencias irreparables.

Se inicia el desarrollo con 1500 R.P.M., según marca el tacómetro, por hora, midiendo el gasto con el piezómetro, nivel dinámico con la ayuda de la sonda eléctrica y la calidad del agua con el multímetro.

Durante el proceso del aforo se incrementa las R.P.M. a 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100 y 2200 teniendo agua limpia.

Una vez realizado el desarrollo se deja que se recupere su nivel a un 80% de su abatimiento que fue de 43.42 metros y el tiempo de recuperación se estima en 1 hora.

4.10 AFORO DE POZO

El aforo consiste en la obtención de agua al ir aumentando las R.P.M. cada vez que se establece el nivel dinámico.

Se utiliza el mismo equipo que en el desarrollo y se procede a realizar el aforo.



FOTOGRAFÍA 4.8 AFORO DE POZO.

4.10.1 Procedimiento para realizar el aforo.

Con la ayuda de la bomba se inicia el aforo a 1500 R.P.M. midiendo el gasto obtenido con la ayuda del piezómetro, se checa el nivel dinámico con la ayuda de la sonda eléctrica, calidad del agua con el multímetro.

Este proceso se realiza hasta 2200 R.P.M. obteniéndose los siguientes datos:

- Nivel estático: 43.48 mts.
- Nivel Dinámico: 86.90m
- Abatimiento: 43.42m
- Gasto Obtenido: 65 l.p.s.
- Horas de bombeo 24 hrs



FOTOGRAFÍA 4.9 AFORO DE POZO.

4.11 DESINFECCIÓN DEL POZO

La desinfección del pozo se realiza con el fin de eliminar cualquier organismo patógeno como ejemplo “Huevos de Helminto”.

4.11.1 Equipo, herramientas y materiales empleados para realizar la desinfección del pozo.

- Bomba
- Columna de bombeo
- Cloro

4.11.2 Procedimiento para realizar la desinfección del pozo

El proceso es sencillo se vacía 0.03 lts. de cloro por cada litro de agua, se agita el pozo para homogeneizar el agua, se deja reposar el pozo por un espacio de 24 hrs.

Y se extrae el agua con ayuda de la bomba, hasta observar que el agua se encuentre pura y libre de organismos patógenos.

4.11.3 Resultados del análisis fisicoquímico realizado a una muestra de agua

PARÁMETROS	RESULTADOS
P.H, (UNID. P.H)	7.30
COLOR (INI.COLOR ESC. PT-CO)	40.00
TURBIEDAD (NTU)	144.00
CONDUCTIVIDAD (U MHOS/CM)	930.00
SÓLIDOS TOTALES (MG/L)	300.00
ALCALINIDAD A LA FENOLFTALEÍNA (MG/L)	0.00
ALCALINIDAD TOTAL (MG/L)	652.00
DUREZA TOTAL (MG/L)	434.89
DUREZA DE CALCIO (MG/L)	130.15
DUREZA DE MAGNESIO (MG/L)	304.74
CLORUROS (MG/L)	168.21
SULFATOS (MG/L)	125.14
FIERRO (MG/L)	0.38
MANGANESA (MG/L)	0.19
N-NITRATOS (MG/L)	0.81
NITRATOS (NO3) (MG/L)	5.60
OXIGENO CONSUMIDO EN MEDIO ACIDO (MG/L)	0.00
N-NITRITOS (MG/L)	0.01

ANÁLISIS BACTERIOLÓGICO.

COLIFORMES FECALES TOTALES (UFC/100ML)	2.00
--	------

OBSERVACIONES: AGUA CON EXCESO EN: COLOR, TURBIEDAD, FIERRO Y MANGANESO SEGÚN NORMA NOM-127-SSA1-1994.

FIG.4.10 RESULTADO DE ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA.

4.11.4 Informes de la prueba de bombeo

PRUEBA DE BOMBEO

Diámetro del pozo: 12", traslapes: no existen, profundidad: 200.m columna de bomba: 120m. x 8", c. tazones: 11 pazos cámaras, mod: 10lc marca: f.morse, tipo de zona: eléctrica, nivel estático: real 43.48m orificio calibrado medida: 8" x 6"

No. Prueba	R.p.m. bomba	Nivel Dinámico	Altura piezómetro (m)	Q lts/seg	Horas de bombeo	Observaciones
1	1500	66.5	6	37	10:00-11:00	Agua turbia
2	1500	66.5	6	37	11:00-12:00	Agua turbia
3	1600	71.55	8	43	12:00-13:00	Agua turbia
4	1600	71.55	8	43	13:00-14:00	Agua turbia
5	1600	71.55	8	43	14:00-15:00	Agua turbia
6	1700	72.3	10	50	15:00-16:00	Agua turbia
7	1700	72.3	10	50	16:00-17:00	Agua turbia
8	1700	72.3	10	50	17:00-18:00	Agua turbia
9	1800	73.1	11	53	18:00-19:00	Agua turbia
10	1800	73.1	11	53	19:00-20:00	Agua turbia
11	1800	73.1	11	53	20:00-21:00	Agua turbia
12	1900	76.65	12	55	21:00-22:00	Agua turbia
13	1900	76.65	12	55	22:00-23:00	Agua turbia
14	1900	76.65	12	55	23:00-00:00	Agua turbia
15	2000	80.75	14	58	00:00-01:00	Agua turbia
16	2000	80.75	14	58	01:00-02:00	Agua turbia
17	2000	80.75	14	58	02:00-03:00	Agua turbia
18	2100	84.8	15.5	62	03:00-04:00	Agua turbia
19	2100	84.8	15.5	62	04:00-05:00	Agua turbia
20	2100	84.8	15.5	62	05:00-06:00	Agua turbia
21	2100	84.8	15.5	62	06:00-07:00	Agua turbia
22	2200	86.9	16.5	65	07:00-08:00	Agua turbia
23	2200	86.9	16.5	65	08:00-09:00	Agua turbia
24	2200	86.9	16.5	65	09:00-10:00	Agua turbia

RECUPERACIÓN

1 MIN	43.48 M	15 MIN	24 CM
3 MIN	35 CM	30 MIN	28 CM
5 MIN	64 CM	45 MIN	15 CM
10 MIN	59 CM	60 MIN	12 CM

FIG. 4.11 REPORTE DE AFORO DE POZO

4.12 Aplicación Practica.

4.12.1 Corte Litológico

PERFORACION DE POZO PARA AGUA POTABLE EN XITEJE DE LA REFORMA, MPIO. DE TULA DE ALLENDE HGO.
CONTRATO N° CEEA-OP-PROSIII-013/2013
CORTE LITOLOGICO Y CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS DEL POZO.

PROF. (M)	LITOLOGIA - ESTRATIGRAFIA	CARACTERISTICAS GEOHIDROLOGICAS	SIMBOLOGIA	TIPO DE MATERIAL
0 a 13	TOBAS PUMITICAS	CAPA DRENADO PERMEABILIDAD BAJA		MATERIAL TIPO II
13 a 62	ROCA BASALTICA	CAPA DRENADO PERMEABILIDAD BAJA		MATERIAL TIPO III
62 a 70	ROCA ANDESITICAS	CAPA DRENADO PERMEABILIDAD BAJA		MATERIAL TIPO III
70 a 112	ROCA BASALTICA	APORTE EN FRACTURAS PERMEABILIDAD MEDIA-BAJA		MATERIAL TIPO III
112 a 195	BRECHA VOLCANICA IGNEA FRAGMENTOS DE ROCAS IGNEAS.	APORTE EN FRACTURAS PERMEABILIDAD MEDIA		MATERIAL TIPO III
195 a 220	DEPOSITOS PIROCLASTICOS Y CANTOS	ACUIFERO CONFINADO PERMEABILIDAD BAJA		MATERIAL TIPO II
220 a 245	BRECHA VOLCANICA IGNEA	APORTE EN CAPAS PERMEABLES PERMEABILIDAD MEDIA		MATERIAL TIPO III
245 a 270	BRECHA DACITICA.	CAPA CON BUENA PERMEABILIDAD PERMEABILIDAD MEDIA ALTA		MATERIAL TIPO II
270 a 280	RIOLITA SEMI-FRACTURADA	CAPA CON BUENA PERMEABILIDAD PERMEABILIDAD MEDIA A ALTA		MATERIAL TIPO III
280 a 300	RIOLITA COMPACTA.	CAPA DURA SIN FRACTURAS PERMEABILIDAD BAJA A NULA		MATERIAL TIPO III

ATENTAMENTE

ING. HORACIO CRUZ LARA
DEHO INGENIERIA INTEGRAL, S.A. DE C.V.

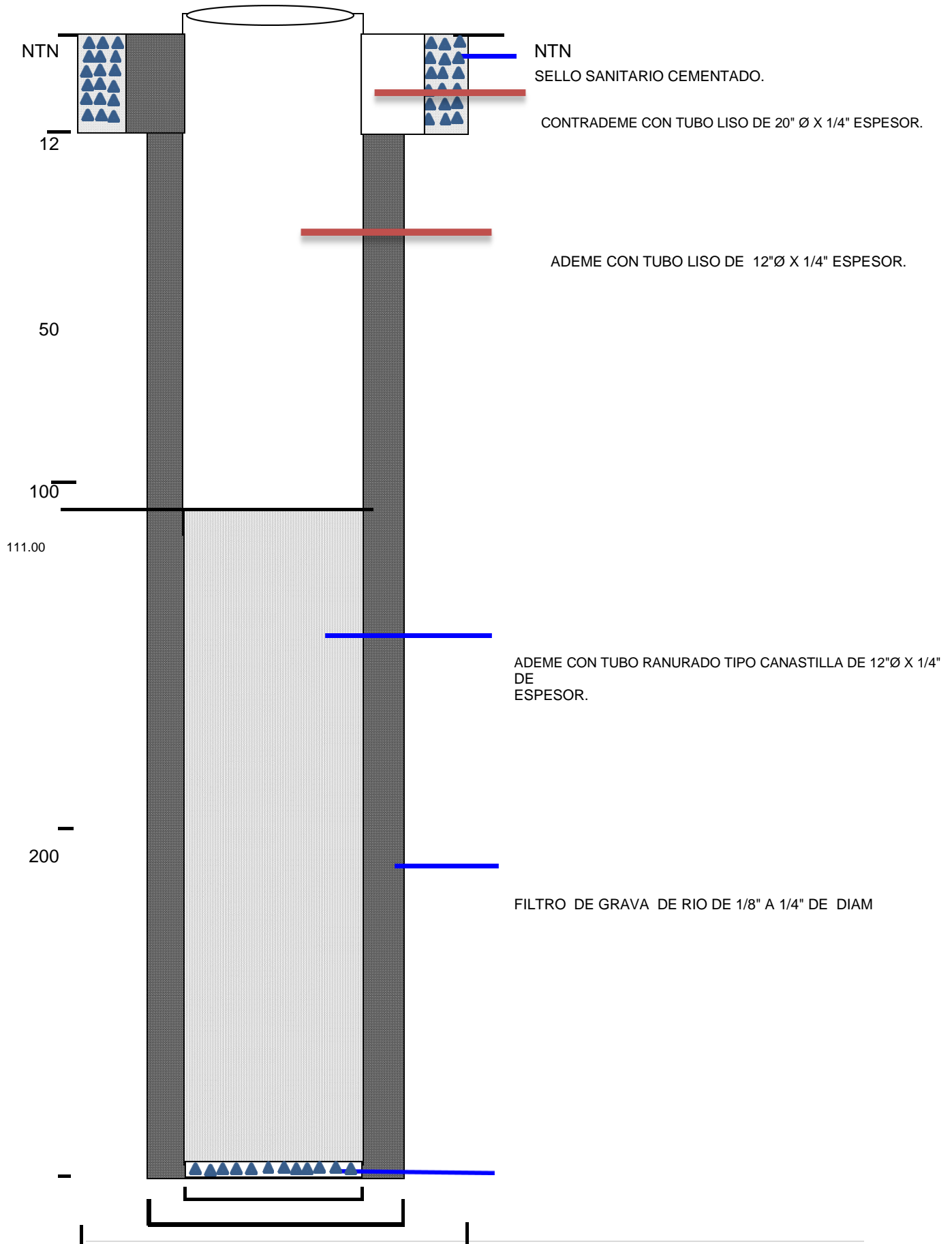
DIBUJO SIN ESCALA

4.12.2 Registro eléctrico.



4.12.3 Croquis constructivo definitivo.

DISEÑO DEFINITIVO DE PERFORACION DE POZO PARA AGUA POTABLE XITEJE DE LA REFORMA MPIO.
DE TULA DE ALLENDE HGO. CONTRATO N° CEAA-OP-PROSIII-013/2013

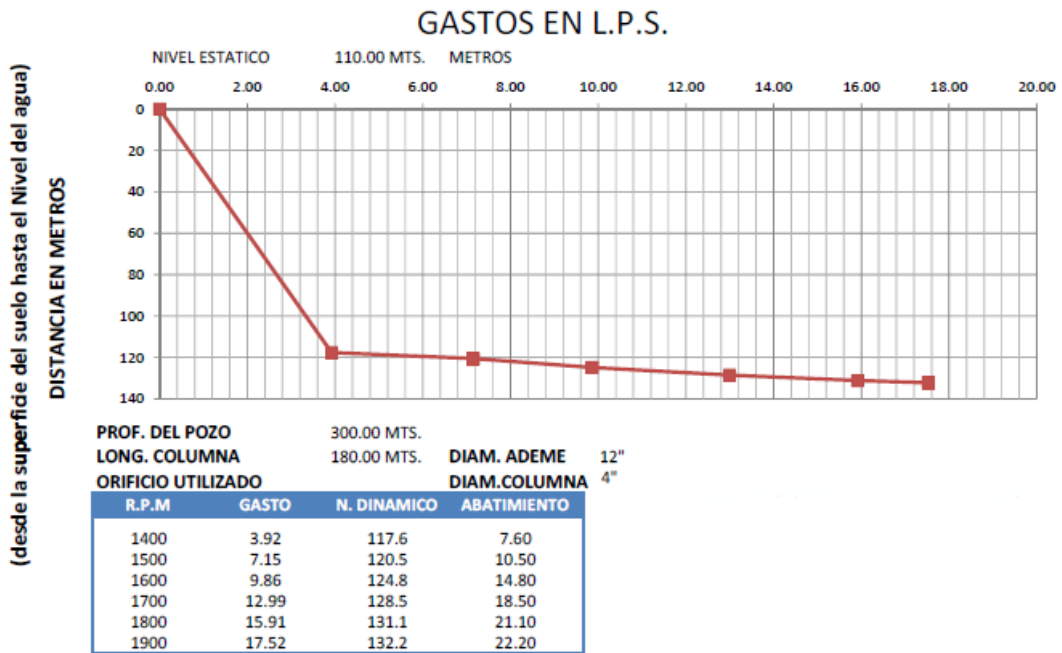


12"Ø
 18"Ø
 24"Ø

TAPON DE CEMENTO.

DIBUJO SIN ESCALA.

4.12.4 Aforo de pozo.



ACREDITADO DEHO INGENIERIA INTEGRAL S.A. DE C.V.
LOCALIZACION XITHEJE DE LA REFORMA
MUNICIPIO TULA HIDALGO

4.12.5 Análisis de calidad del agua.



Precisión Analítica Integral S.A. de C.V.

Agua Alimentos Medio Ambiente

Reporte de Resultados

Pág. 2 de 3

México D.F. a 8 DE AGOSTO DEL 2013

Identificación de la Muestra: Pozo Xitheje, Tula Hidalgo
 Fecha y Hora de Muestreo: 25/07/13 15:00
 Fecha y Hora de Recepción: 26/07/13 11:00
 Muestreado por: Deho, Ingeniería Integral, S.A. de C.V.
 Matriz de la muestra: Agua de Pozo

No. de Orden: 41421
 No. de Lab: 41421-1
 Muestreador: Cliente

Parámetro	Unidades	Resultado	Método Analítico	Especificación NOM-127-SSA1-1994	Analizado	AA
Bicarbonatos Totales	mg/L CaCO ₃	270,0	SM-2320-B	No Especificado	26/07/13	
Carbonatos Totales	mg/L CaCO ₃	ND	SM-2320-B	No Especificado	26/07/13	
Dureza de Calcio	mg/L CaCO ₃	58,0	SM-3500-Ca AB	No Especificado	30/07/13	
Dureza de Magnesio	mg/L CaCO ₃	56,0	Cálculo	No Especificado	30/07/13	
Dureza de Carbonatos	mg/L CaCO ₃	114,0	Cálculo	No Especificado	30/07/13	
Dureza de No Carbonatos	mg/L CaCO ₃	ND	cálculo	No Especificado	30/07/13	
Hidróxidos Totales	mg/L CaCO ₃	ND	SM-2320-B	No Especificado	26/07/13	
Materia Incrustante	mg/L	274,9	Cálculo	No Especificado	30/07/13	
Sílice Total	mg/L	96,57	NMX-AA-075-1982	No Especificado	29/07/13	
Acidez Total	mg/L	7,0	NMX-AA-036-SCFI-2001	No Especificado	26/07/13	1,2
Calcio Iónico	mg/L	23,23	SM18.3500-Ca.D	No Especificado	30/07/13	
Sólidos Disueltos	mg/L	244,0	Conductimétrico	No Especificado	26/07/13	
Alcalinidad Total	mg/L	270,0	NMX-AA-036-SCFI-2001	No Especificado	26/07/13	1,2
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	114,0	NMX-AA-072-SCFI-2001	500,0	30/07/13	1,2
Cloruros Totales	mg/L	<CMC=3	NMX-AA-073-SCFI-2001	250	30/07/13	1,2

Observaciones analíticas

Muestra sin preservación adecuada. En base al análisis realizado, el cloro residual no cumple con las especificaciones de la norma para agua potable.

Siglas		Acreditaciones, Aprobaciones y/o Autorizaciones	
<LCM	Menor al límite de cuantificación del método	AA	Dependencia / Institución
<CMC	Menor a la cantidad mínima cuantificable	1	Entidad mexicana de acreditación (ema)
ND	No Detectable	2	Comisión Nacional del Agua
*	Valor Estimado	3	Padrón de Laboratorios Ambientales
NSD	No se determinó	4	COFEPRIS
			Clave
			AG-217-042/09 Vig. 2011-08-19**
			CNA-GCA-865
			PADLA/DF/053/AAR/2012
			TA-11-13 Vig. 14 mzo 13 a 14 mzo 15

** Esta fecha corresponde al inicio de la vigencia de acreditación en la Rama de Agua.
 Certifico que los resultados de las pruebas reportadas, fueron realizadas con los métodos y procedimientos asentados.
 Este reporte de Resultados no podrá ser reproducido ni parcial, ni totalmente sin la autorización del laboratorio.
 Este Reporte de Resultados solo afecta a la muestra sometida a prueba.
 Su opinión es importante, puede comunicarse a los telefonos y/o mail del laboratorio.

REVISÓ

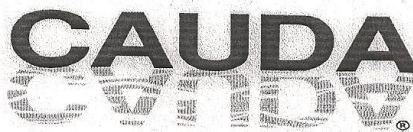
 TLD. Daniel Gómez Salazar
 Jefe de Área Analítica Microbiología

AUTORIZO

 Ing. Yeni Barrueta Silva
 Gerencia de Laboratorio

GLC05P-02-F/3

Minas No 501 Int 21, Col Arvide, Álvaro Obregón, México, D.F. 01280 Tel: (0155) 5563-5193, Fax: (0155) 5563-4864.
 e-mail: lab@cauda.mx



Precisión Analítica Integral S.A. de C.V.

Agua Alimentos Medio Ambiente

Reporte de Resultados

Pág. 3 de 3

México D.F. a 8 DE AGOSTO DEL 2013

Identificación de la Muestra: Pozo Xitheje, Tula Hidalgo
 Fecha y Hora de Muestreo: 25/07/13 15:00
 Fecha y Hora de Recepción: 26/07/13 11:00
 Muestreado por: Deho, Ingeniería Integral, S.A. de C.V.
 Matriz de la muestra: Agua de Pozo

No. de Orden: 41421
 No. de Lab: 41421-1
 Muestreador: Cliente

Parámetro	Unidades	Resultado	Método Analítico	Especificación	Analizado	AA
Microbiológicos						
Cuenta Total de Bacterias Mesofílicas Aerobias	UFC/mL o g	200	NOM-092-SSA1-1994	No Especificado	26/07/13	4
Bacterias Coliformes Fecales	NMP/100 mL	ND	CCAYAC-M-004	ND	26/07/13	4
Bacterias Coliformes Totales	NMP/100 mL	ND	NOM-112-SSA1-1994	ND	26/07/13	4

Observaciones analíticas

Muestra sin preservación adecuada. En base al análisis realizado, el cloro residual no cumple con las especificaciones de la norma para agua potable.

Siglas		Acreditaciones, Aprobaciones y/o Autorizaciones	
<LCM	Menor al límite de cuantificación del método	AA	Dependencia / Institución
<CMC	Menor a la cantidad mínima cuantificable		Clave
ND	No Detectable	1	Entidad mexicana de acreditación (ema)
*	Valor Estimado	2	Comisión Nacional del Agua
NSD	No se determinó	3	Padrón de Laboratorios Ambientales
		4	COFEPRIS

** Esta fecha corresponde al inicio de la vigencia de acreditación en la Rama de Agua.
 Certifico que los resultados de las pruebas reportadas, fueron realizadas con los métodos y procedimientos asentados.
 Este reporte de Resultados no podrá ser reproducido ni parcial, ni totalmente sin la autorización del laboratorio.
 Este Reporte de Resultados solo afecta a la muestra sometida a prueba.
 Su opinión es importante, y puede comunicarse a los teléfonos y/o mail del laboratorio.

REVISÓ

 TLQ. Daniel Gómez Salazar
 Jefe de Área Analítica Microbiología

AUTORIZO

 Ing. Yeny Barrueta Silva
 Gerencia de Laboratorio

GLC05P-02-F/3

Minas No 501 Int 21, Col Arvide, Álvaro Obregón, México, D.F. 01280 Tel: (0155) 5563-5193, Fax: (0155) 5563-4864.
 e-mail: lab@cauda.mx

Reporte de Resultados

Deho, Ingeniería Integral, S.A. de C.V.

11 de Abril No. 210-102
 Tacubaya, Miguel Hidalgo
 México, D.F., 11870 5273-7761
 At'n: Ing. Horacio Cruz Lara

Identificación de la Muestra: Pozo Xitheje, Tula Hidalgo
 Fecha y Hora de Muestreo: 25/07/13 15:00
 Fecha y Hora de Recepción: 26/07/13 11:00
 Muestreado por: Deho, Ingeniería Integral, S.A. de C.V.
 Matriz de la muestra: Agua de Pozo

No. de Orden: 41421
 No. de Lab: 41421-1
 Muestreador: Cliente

Parámetro	Unidades	Resultado	Método Analítico	Especificación	Analizado	AA
Absorción Atomica						
NOM-127-SSA1-1994						
Plomo Total	mg/L	<LCM=0,01	NMX-AA-051-SCFI-2001	0,01	30/07/13	1,2,3
Arsénico Total	mg/L	<LCM=0,002	NMX-AA-051-SCFI-2001	0,025	31/07/13	1,2,3
Hierro Total	mg/L	0,1401	NMX-AA-051-SCFI-2001	0,3	30/07/13	1,2
Manganeso Total	mg/L	<LCM=0,05	NMX-AA-051-SCFI-2001	0,15	30/07/13	
Físico Químicos						
pH	u. pH	8,03 (a 24°C)	NMX-AA-008-SCFI-2011	6,5 - 8,5	26/07/13	1,2,3
Cloro Residual	mg/L	ND	Kit Colorimétrico DPD	0,2 - 1,5	26/07/13	
Sulfatos Totales	mg/L	14,58	NMX-AA-074-1981	400	29/07/13	1,2
Alcalinidad a la Fenoltaleína	mg/L	ND	NMX-AA-036-SCFI-2001	No Especificado	26/07/13	1, 2

Observaciones analíticas

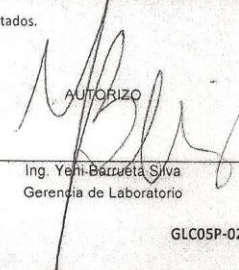
Muestra sin preservación adecuada. En base al análisis realizado, el cloro residual no cumple con las especificaciones de la norma para agua potable.

Siglas		Acreditaciones, Aprobaciones y/o Autorizaciones	
<LCM	Menor al límite de cuantificación del método	AA	Dependencia / Institución
<CMC	Menor a la cantidad mínima cuantificable		Clave
ND	No Detectable	1	Entidad mexicana de acreditación (ema)
*	Valor Estimado	2	Comisión Nacional del Agua
NSD	No se determinó	3	Padrón de Laboratorios Ambientales
		4	COFEPRIS

** Esta fecha corresponde al inicio de la vigencia de acreditación en la Rama de Agua.
 Certifico que los resultados de las pruebas reportadas, fueron realizadas con los métodos y procedimientos asentados.
 Este reporte de Resultados no podrá ser reproducido ni parcial, ni totalmente sin la autorización del laboratorio.
 Este Reporte de Resultados sólo afecta a la muestra sometida a prueba.
 Su opinión es importante. No puede comunicarse a los teléfonos y/o mail del laboratorio.

REVISÓ

 TLUQ. Daniel Gómez Salazar
 Jefe de Área Analítica Microbiología

AUTORIZÓ

 Ing. Yehi Barzeta Silva
 Gerencia de Laboratorio
 GLC05P-02-F/3

4.12.6 Catalogo de conceptos definitivo.

		OBRA:	PERFORACIÓN DE POZO PARA AGUA POTABLE.		
		COMUNIDAD:	XITEJE DE LA REFORMA.		
		MUNICIPIO:	TULA DE ALLENDE.		
		ESTADO:	HIDALGO		
CATALOGO DEFINITIVO DEL POZO					HOJA 1 DE 3
XITEJE.					
CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE
A	Perforación de pozo para agua potable				
A01	MOVIMIENTO DE EQUIPO PESADO DE PERFORACION				
500001	MOVIMIENTO DEL EQUIPO DE PERFORACION HASTA UNA DISTANCIA DE 15 KM.....EQUIPO CON CAPACIDAD HASTA 450 METROS DE PROFUNDIDAD."	PG	15,065.77	1.00	15,065.77
500201	TRANSPORTE DE EQUIPO DE PERFORACIÓN CON HERRAMIENTAS Y ACCESORIOS KMS. SUBSECUENTES A LOS PRIMEROS 15 KM. CAMINO PAVIMENTADO	KM	101.61	108.00	10,973.88
A02	INSTALACION Y DESMANTELAMIENTO DEL EQUIPO DE PERFORACION				
500101	INSTALACION Y DESMANTELAMIENTO DE EQUIPO DE PERFORACION EQUIPO CON CAPACIDAD HASTA 450 METROS DE PROFUNDIDAD.	PG	8,591.62	1.00	8,591.62
A03	EQUIPO DE PERFORACION ROTATORIO TRABAJANDO EN OPERACIONES ORDENADAS POR LA CEAA				
500401	COSTO HORARIO DEL EQUIPO DE PERFORACION ROTATORIO TRABAJANDO EN OPERACIONES ORDENADAS POR LA CEAA EXCEPTO PERFORACION.	HR	693.23	24.00	16,637.52
A04	DESINFECCION DE LA HERRAMIENTA DE PERFORACION				
CEAA-POZO-1509	DESINFECCION DE LA HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN CON HIPOCLORITO DE SODIO Y AGUA LIMPIA A PRESIÓN.	PZA	77.75	37.00	2,876.75
A05	EQUIPO DE PERFORACION ROTATORIO INACTIVO EN ESPERA DE ORDENES DE LA CEAA				
500501	EQUIPO DE PERFORACION ROTATORIO INACTIVO EN ESPERA DE ORDENES DE LA CEAA O DURANTE EL FRAGUADO DE CEMENTACIONES .	HR	354.72	24.00	8,513.28
A06	CONDUCTOR PARA POZOS				
501001	CONDUCTOR PARA POZOS DE BOMBEO	P.G.	1,373.83	1.00	1,373.83
A07	EXCAVACION Y RELLENO DE FOSAS DE LODOS				
500601	EXCAVACION Y RELLENO DE FOSAS DE LODO DE 3 x 4 x 2 m. EN MATERIAL CLASE B.	PG	6,628.77	1.00	6,628.77
A08	LODOS BENTONITICOS				
501004	LODO DE PERFORACION PREPARADO CON AGUA DULCE Y BENTONITA SIN ADITIVOS QUIMICOS ESPECIALES DE 36 SEG. DE VISCOSIDAD EN PRUEBA DE VISCOSIMETRO MARSH FUNNEL A.P.I. (VOL. TEORICO POZO) INCLUYE ACARREOS, MANO DE OBRA, EQUIPO Y TODO LONECESARIO PARA SU PREPARACION.	M3	587.90	110.86	65,174.59
A0902	PERFORACION EXPLORATORIA A 12 1/4" DE DIAMETRO EN MATERIAL TIPO II				
503009	PERFORACION DE POZO DE 30.48 CM (12) DE DIAMETRO NOMINAL EN MATERIAL CLASE II INCLUYE ACARREOS, MANO DE OBRA, EQUIPO, TODO LONECESARIO PARA SU CORRECTA PERFORACION. PERFORACION DE 0-100 MTS. DE PROFUNDIDAD.	M	1,988.81	13.00	25,854.53
503010	PERFORACION DE 100-200 MTS. DE PROFUNDIDAD. CLASE II	M	2,158.51	22.00	47,487.22
503011	PERFORACION DE 200-300 MTS. DE PROFUNDIDAD. CLASE II	M	2,139.30	45.00	96,268.50
A0903	PERFORACION EXPLORATORIA A 12 1/4" DE DIAMETRO EN MATERIAL TIPO III				
503017	PERFORACION DE POZO DE 30.48 CM (12) DE DIAMETRO NOMINAL EN MATERIAL CLASE III INCLUYE ACARREOS, MANO DE OBRA, EQUIPO, TODO LONECESARIO PARA SU CORRECTA PERFORACION. PERFORACION DE 0-100 MTS. DE PROFUNDIDAD.	M	3,227.86	87.00	280,823.82
503018	PERFORACION DE 100-200 MTS. DE PROFUNDIDAD EN MATERIAL CLASE III.	M	3,293.74	78.00	256,911.72
503019	PERFORACION DE POZO DE 30.48 CM (12) DE DIAMETRO NOMINAL EN MATERIAL CLASE III INCLUYE ACARREOS, MANO DE OBRA, EQUIPO, TODO LONECESARIO PARA SU CORRECTA PERFORACION. PERFORACION DE 200-300 MTS. DE PROFUNDIDAD EN MATERIAL CLASE III.	M	3,400.74	55.00	187,040.70
A10	PRUEBA DE BOMBEO				
CEAA-1580	DESARROLLO Y AFORO O PRUEBA DE BOMBEO EJECUTADOS CON BOMBA SUMERGIBLE ACCIONADA POR GENERADOR MECÁNICO ELÉCTRICO Y VARIADOR DE VELOCIDAD POR UN LAPSO DE HASTA 24 HRS CON EQUIPO COMPLETO DE 101 MM (4" DE DIAM) Y LONGITUD DE COLUMNA DE 270 (EN POZOS SIN ADEME) DE ACUERDO A LAS INDICACIONES DE LA SUPERVISION.	AFORO	49,630.67	1.00	49,630.67

A11	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO-BACTEREOLÓGICO Y METALES PESADOS EN LABORATORIO CERTIFICADO POR LA E.M.A.				
508501	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTEREOLÓGICO Y DE METALES PESADOS DEL AGUA CONFORME A LOS ELEMENTOS QUE MARCA LA NORMA NOM-SSA1-127-1994 POR LABORATORIO CERTIFICADO ANTE LA E.M.A.	P.G.	6,496.81	2.00	12,993.62
A12	REGISTRO ELÉCTRICO CON GRÁFICAS DE RESISTIVIDAD Y POTENCIA NATURAL				
505001	REGISTRO ELÉCTRICO CON GRÁFICAS DE RESISTIVIDAD Y POTENCIA NATURAL	PZA	15,129.41	1.00	15,129.41
A1302	AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO DE 12 1/4" A 18" EN MATERIAL II.				
504013	AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO DE 12 1/4" A 18" EN MATERIAL II. . AMPLIACION DE 0-100 MTS. DE PROFUNDIDAD.	M	1,243.30	13.00	16,162.90
504014	AMPLIACION DE 100-200 MTS. DE PROFUNDIDAD. CLASE II	M	1,423.07	22.00	31,307.54
504015	AMPLIACION DE 200-300 MTS. DE PROFUNDIDAD. CLASE II	M	1,501.97	45.00	67,588.65

	OBRA:	PERFORACIÓN DE POZO PARA AGUA POTABLE.
	COMUNIDAD:	XITEJE DE LA REFORMA.
	MUNICIPIO:	TULA DE ALLENDE.
	ESTADO:	HIDALGO

CATALOGO DEFINITIVO DEL POZO

HOJA 2 DE 3

XITEJE.

CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE
A1303	AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO DE 12 1/4" A 18" EN MATERIAL III				
504016	AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO DE 12 1/4" A 18 1/4" EN MATERIAL III. AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO DE 12 1/4" A 18 1/4" EN MATERIAL III. DE 0-100 MTS. DE PROFUNDIDAD.	M	1,856.69	87.00	161,532.03
504017	AMPLIACION DE 100-200 MTS. DE PROFUNDIDAD. MAT. III	M	1,878.28	78.00	146,505.84
504018	AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO DE 12 1/4" A 18" EN MATERIAL III . AMPLIACION DE 200 A 300 MTS DE PROFUNDIDAD	M	2,018.87	55.00	111,037.85
A14	AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO DE 18" A 24"				
A1401	AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO DE 12" A 24" EN MATERIAL I				
504040	AMPLIACION DE PERFORACION DE POZO DE 18" A 24" EN MATERIAL II. AMPLIACION DE 0-100 MTS. DE PROFUNDIDAD.	M	1,827.19	12.00	21,926.28
A15	TRATAMIENTO DE POZO CON DISPERSION DE ARCILLAS				
506601	TRATAMIENTO DE POZO CON DISPERSION DE ARCILLAS.	LT	26.23	200.00	5,246.00
A16	LAVADO Y PISTONEO DE POZO				
CEAA-1579	LAVADO Y PISTONEO DE POZO CON EMPLEO DE EQUIPO DE PERFORACION, (CON PISTON) TIPO ROTATORIO CON DURACION DE 24 HRS., CON EMPLEO DE AGUA SUMINISTRADA EN PIPAS	P.G	24,834.42	1.00	24,834.42
501501	SUMINISTRO Y VERTIDO DE AGUA EN CAMIONES TANQUE PIPA EN PRIMER KILOMETRO EN CUALQUIER TIPO DE CAMINO	M3	47.66	150.00	7,149.00
501502	SUMINISTRO Y VERTIDO DE AGUA KILOMETROS SUBSECUENTES AL PRIMERO .	M3-KM	4.45	1200.00	5,340.00
A17	CEMENTACION PARA SELLO SANITARIO				
506401	CEMENTACION DE TUBERIAS DE DIVERSOS DIAMETROS POR INYECCION DE CEMENTO EN EL ESPACIO ANULAR PARA PERFORACION DE DIFERENTES DIAMETROS . INCLUYE TIEMPOS DE OPERACION DEL EQUIPO, CEMENTO ASI COMO ACARREO PRIMER KM. MATERIAL PUESTO EN OBRA, EQUIPO, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CONSTRUCCION.	M3	1,285.12	1.18	1,512.59
A18	SUMINISTRO Y COLOCACION DE FILTRO DE GRAVA				
506501	COLOCACION FILTRO DE GRAVA REDONDEADA, LAVADA Y CRIBADA PARA FILTROS DE POZOS EN DIFERENTES DIAMETROS . INCLUYENDO ACARREO PRIMER KM. CUANDO SEA MATERIAL SELECCIONADO DE RIO, FLETES MANIOBRAS LOCALES, MANO DE OBRA, EQUIPO Y TODO LO NECESARIO PARA SU COLOCACION.	M3	1,544.89	30.60	47,273.63
A19	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE ACERO				
A1901	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE ACERO LISA, INCLUYE TODOS LOS MATERIALES NECESARIOS PUESTOS EN EL SITIO DE LA OBRA				
506105	COLOCACION DE TUBERIA DE ACERO PARA ADEME SOLDANDO LAS JUNTAS CON DOBLE ARCO ELECTRICODE 12" DE DIAMETRO X 1/4" DE ESPESOR.	M.	9.61	491.00	4,718.51
506105	COLOCACION DE TUBERIA DE ACERO PARA ADEME SOLDANDO LAS JUNTAS CON DOBLE ARCO ELECTRICODE 12" DE DIAMETRO X 1/4" DE ESPESOR.	M.	9.61	-301.00	-2,892.61

CEAA-POZO-1570	SUMINISTRO DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBON LISA CON UNA SOLA COSTURA LONGITUDINAL Y NINGUNA TRANSVERSAL, BAJO EL PROCESO DE FABRICACIÓN ASTM A-53 GRADO B O X-42, EN ACERO A-36 , DE (304 MM) 12" DE DIAM. 6.35 MM (1/4") DE ESPESOR. INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU EJECUCION.	M	1,333.72	111.00	148,042.92
CEAA-POZO-1574	SUMINISTRO Y COLOCACION EN POZOS DE TUBERÍA DE ACERO AL CARBON LISA CON UNA SOLA COSTURA LONGITUDINAL Y NINGUNA TRANSVERSA BAJO EL PROCESO DE FABRICACIÓN ASTM A-53 GRADO B O X-42, EN ACERO A-36 , DE (506 MM) 20" DE DIAM. 6.35 MM (1/4") DE ESPESOR. INCLUYE: MATERIALES, ACARREOS, HERRAMIENTA, MANO DE OBRA Y TODO LO NECESARIO PARA SU EJECUCION.	M	2,333.40	12.00	28,000.80
CEAA-POZO-1575-11	SUMINISTRO DE TUBERIA DE ACERO RANURADA TIPO CEDAZO CANASTILLA, INCLUYE TODOS LOS MATERIALES NECESARIOS PUESTOS EN EL SITIO DE LA OBRASUMINISTRO DE TUBERIAS DE ACERO CARBON NEGRA RANURADA, TROQUEADA, CEDAZO, CANASTILLA, CON ANCHO DE RANURA DE 2.00 MM. DE 12" DE DIAMETRO X 1/4" DE ESP.ESPECIFICACIONES ESPECIFICACION ASTM A-53	M	1,489.56	190.00	283,016.40
A20	DESARROLLO Y AFORO DE POZO				
508004	DESARROLLO Y AFORO O PRUEBA DE BOMBEO EFECTIVA CON BOMBA VERTICAL TIPO TURBINA ACCIONADA CON MOTOR DE COMBUSTION INTERNA POR UN LAPSO DE 24 HORAS CON LONGITUD DE COLUMNA DE 200 MTS DE 4" DIAM. INCLUYE MATERIALES NECESARIOS, MANO DE OBRA, ACARREOS Y TODO LO NECESARIO PARA SU OPERACION	P.G.	41,106.74	1.00	41,106.74
508104	HORA EFECTIVA DE BOMBEO, EMPLEANDO CON BOMBA SUMERGIBLE ACCIONADA POR GENERADOR MECANICO-ELECTRICO Y VARIADOR DE VELOCIDAD EN TIEMPOS ADICIONALES A LAS 1ERAS. 24 HRAS.	HR	668.35	48.00	32,080.80
508204	DESARROLLO Y AFORO O PRUEBA DE BOMBEO EJECUTADOS CON CON BOMBA VERTICAL TIPO TURBINA CUANDO SE ORDENEN LECTURAS DE P.H., TEMPERATURA, CONDUCTIVIDAD Y RECUPERACIÓN DURANTE LAS 12 HRAS. POSTERIORES AL TERMINO DEL DESARROLLO CON. LONGITUD DE COLUMNA DE 200 MTS	P.G.	2,060.68	1.00	2,060.68
A21	REGISTRO DE T.V.				
508401	REGISTRO DE VIDEOGRABACIÓN CON CÁMARA DE 360° Y ZOOM HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 450 METROS.	P.G.	5,226.46	1.00	5,226.46
A22	BASE PARA EQUIPO DE BOMBEO				
A2201	EXCAVACION A MANO PARA DESPLANTE DE ESTRUCTURAS				
E001	EXCAVACION A MANO EN CEPA EN SECO, INCLUYE AFINE DE TALUDES Y FONDO. MATERIAL TIPO I, TODAS LAS ZONAS, PROFUNDIDAD DE 0.00 A 2.00 M. PROFUNDIDAD.	M3	112.53	2.59	291.45

OBRA:	PERFORACIÓN DE POZO PARA AGUA POTABLE.
COMUNIDAD:	XITEJE DE LA REFORMA.
MUNICIPIO:	TULA DE ALLENDE.
ESTADO:	HIDALGO

CATALOGO DEFINITIVO DEL POZO

HOJA 3 DE 2

XITEJE.

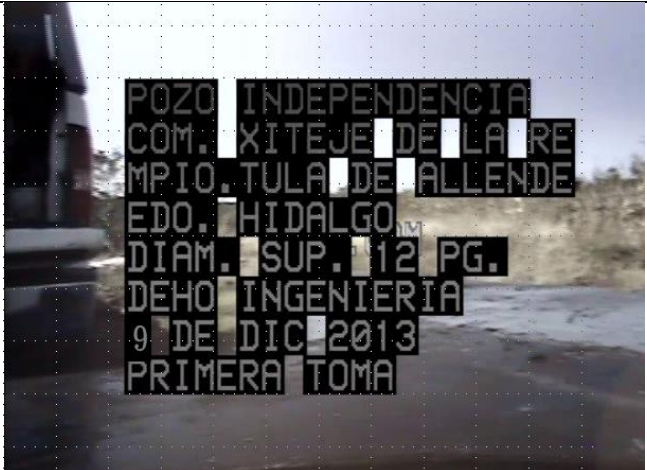
CLAVE	CONCEPTO	UNIDAD	P.U.	CANTIDAD	IMPORTE
A2202	FABRICACION DE CONCRETO HIDRAULICO				
403004	CONCRETO DE F'C= 200 KG/CM2. EN CIMENTACIÓN REVENIMIENTO DE 10 CM AGREGADO MÁXIMO 3/4" INCLUYE ELABORACIÓN, COLOCACIÓN, VIBRADO, CURADO, MANO DE OBRA Y HERAMIENTA Y PRUEBAS DE LABORATORIO.	M3.	1,804.54	2.84	5,124.89
A2203	SUMINISTRO DE ACERO DE REFUERZO				
409001	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO.	KG	26.60	72.91	1,939.41
A2204	SUMINISTRO Y COLOCACION DE CIMBRA				
408001	CIMBRA DE MADERA PARA ACABADOS NO APARENTES EN..... CIMENTACIONES.	M2	247.59	12.96	3,208.77
A2205	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO ESTRUCTURAL SUMINISTRO, FABRICACION, Y MONTAJE DE ESTRUCTURA DE ACERO ESTRUCTURAL A-36, FORMADA CON PERFILES MEDIANOS (DE 12 A 60 KG/M)				
702001	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO ESTRUCTURAL PERFIL IR X 10"	KG	34.26	54.24	1,858.26
A2206	SUMINISTRO Y APLICACION DE PINTURA				
700401	SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA. SUMINISTRO Y APLICACIÓN DE PINTURA VINILICA EN INTERIORES Y EXTERIORES (TRES MANOS)	M2	46.22	8.10	374.38
700403	SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE PINTURA ESMALTE EN HERRERÍA.	M2	65.97	1.20	79.16
A2207	SUMINISTRO Y COLOCACION DE PLACAS DE ACERO ESTRUCTURAL				
7020 01..	PLACA DE 0.15 X 0.80 M X 1" DE ESPESOR PARA ANCLAR TUBERÍA DE ACUERDO AL CROQUIS DEL POZO.	KG	30.51	150.80	4,600.91


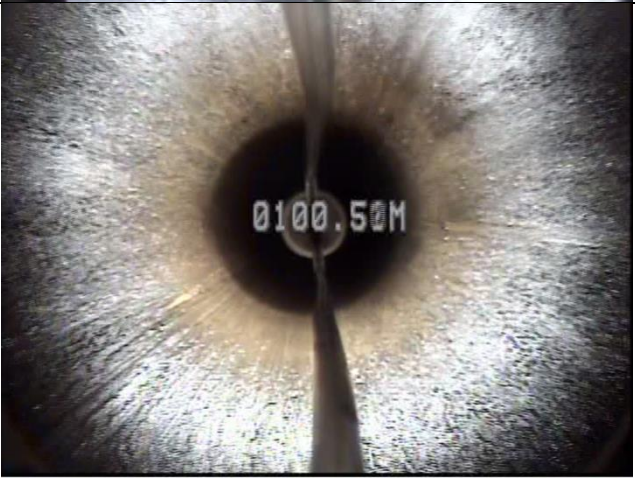

702001	PLACA DE 18 1/4" DE Ø X 1/4" DE ESPESOR CON ORIFICIO DE 12 1/4" Ø, INCLUYE: TORNILLOS Y TUERCAS DE DE 3/8" EN RELACIÓN AL PLANO.	KG	30.51	25.00	762.75
702001	PLACA DE ACERO 12 1/4" Ø X 1/4" DE ESPESOR PARA TAPA DE TUBERÍA DE ADEME	KG	30.51	5.56	169.64
A2208	NUEVA PARTIDA				
CEAA-POZO-25	EXTENDIDO Y BANDEADO DE MATERIAL PRODUCTO DE LOS TRABAJOS DURANTE EL PROCESO DE LA PERFORACION DEL POZO EXTENDIDO Y BANDEADO POR MEDIOS MANUALES DE MATERIAL PRODUCTO DE LOS TRABAJOS DURANTE EL PROCESO DE LA PERFORACION DEL POZO, INCLUYE: EL ACARREO EN CARRETILLA.	M3	90.03	48.74	4,387.85
			SUBTOTAL DE CONTRATO		2,319,551.10
			I.V.A. 16 %		371,128.18
			TOTAL DE CONTRATO		2,690,679.28




4.12.7 Informe de videograbación.


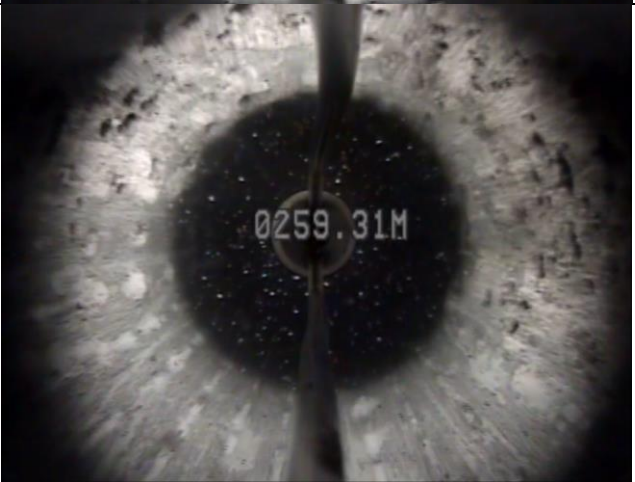

A continuación se presentan las imágenes de la toma del video y una descripción de lo observado.



POZO "Independencia"

PROF. (m)	OBSERVACIONES	FIGURA
0 m	Inicio del video del Pozo "Independencia", el cual presenta una tubería con diámetro de 12" de diámetro. En la figura se muestra el encabezado del video con una panorámica de la cima del pozo.	

<p>0 m</p>	<p>Vista superior del pozo. Se presenta una tubería lisa en buen estado.</p>	
<p>100 m</p>	<p>Se expone la tubería lisa que se encuentra a una profundidad de 100 metros, la cual presenta buenas condiciones mecánicas.</p>	
<p>109 m</p>	<p>Se presenta el inicio de la tubería ranurada a esta profundidad. Es de Tipo cedazo Canastilla.</p>	

108 m	Las primeras ranuras de la tubería se encuentran destapadas y en buenas condiciones.	
113 m	A esta profundidad se localiza el nivel estático, el cual presenta agua ligeramente turbia con presencia de algunos sedimentos.	
115 m	En esta figura se muestran las primeras ranuras por debajo del nivel estático. Como se puede percibir presentan impregnación de lodos bentoníticos de bajo grado.	

150 m	<p>Desde los 113 m hasta los 256 m, se presenta la tubería ranurada con incrustaciones ligeras de bentonita y con algunas ranuras tapadas.</p>	
259 m	<p>En el intervalo de 256 a 268 metros se incrementa la incrustación de bentonita. En la figura se expone en la parte superior.</p>	
283 m	<p>Por debajo de los 268 se presenta la tubería con gran parte de las ranuras tapadas, siendo el caso más notable el de esta profundidad.</p>	

284 m	<p>A partir de los 268, hasta esta profundidad se presenta una severa incrustación que tapa las ranuras de la tubería.</p>	 <p>0284.82M</p>
285 m	<p>Se presenta el azolve a esta profundidad. De acuerdo con el proyecto constructivo del pozo tiene 300 m, siendo ésta la profundidad máxima explorada, por lo tanto presenta 15 metros de azolve.</p>	 <p>0285.10M</p>

Conclusiones y recomendaciones.

La batería de pozos Téllez- Laguna ubicada entre los municipios de Zempoala y Villa de Tezontepec en el estado de Hidalgo México paralela al río avenida tiene una gran afectación por el flujo de contaminantes que drena el río.

El beneficio que esta investigación aporta es que en las nuevas construcciones de pozos en esa zona se aplique en forma estricta el contraademe sanitario en la construcción de pozos profundos para agua potable con el propósito de disminuir la entrada de contaminantes por la infiltración de agua contaminada al subsuelo.

Así evitar una verdadera catástrofe ambiental puesto que de no aplicarse se estará contaminando de manera directa el acuífero que alimenta a la ciudad de Pachuca y sistemas intermunicipales. El alto índice de contaminación que se presenta en la zona por el riego de aguas residuales de origen doméstico e industrial es muy amplio y constantemente se está incrementando.

El ejemplo presentado aporta los elementos indispensables para la adecuada construcción del contraademe sanitario como elemento de protección a la calidad del agua a extraerse; el resultado de esta investigación consiste en recomendar a la CONAGUA anexe como un adendum la obligatoriedad del uso del contraademe sanitario en el diseño y construcción de pozos profundos para agua potable.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. C.N.A., 1994. Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Libro III,
 - 2.1 Rehabilitación de Pozos. México, D.F.
2. C.N.A., 1994. Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Libro V
 - 3.2.1. Prospección Geohidrológica y Registros de Pozos. México, D.F.
3. C.N.A., 1994. Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Libro III,
 - 3.2.2. Exploración Geosismica. México, D.F.
4. C.N.A., 1994. Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, Libro III,
 - 3.3.1. Perforación de Pozos. México, D.F.
5. Estudio Geohidrológico Regional realizado por el Dr. Joel Carrillo Rivera con apoyo del
Ing. Javier Acosta García 1998.
6. Ingeniería Ambiental Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Gerard Kiely Editorial McGraw- Hill 1999 Madrid España.
7. Ground Water and Wells Edward E. Johnson, Inc. Saint Paul, Minesota United States of America.
8. Hidrochemistri of the aquifers in the rio las avenidas basin, Pachuca, Hidalgo, México. Rafael Huizar-Alvarez
10. A.P.H.A.–WWA–WPCF: 1989, Standard Methods for the Examination Water and Wastewater, 17th

Ed., APHA, Washington D.C.

11. Appelo, C. A. J. and Postma, D.: 1993, *Geochemistry Groundwater and Pollution*, A. A. Balkema,

Rotterdam, Brookfield.

12. Canovas, C. J.: 1990, *Calidad Agronómica de las Aguas de Riego*, Ed. Mundi-Prensa, Castello.

13. Castany, G.: 1971, *Tratado Práctico de las Aguas Subterráneas*, Ed. Omega, Barcelona.

14. Cserna de, Z. *et al.*: 1987, Univ. Nal. Autón, México, Inst. Geología, Bol, 104.

15. Custodio, E. and Llamas, R. M.: 1983, *Hidrología Subterránea*, T.1. 2da. Ed. Omega, Barcelona.

16. Feth, J. H.: 1981, *U.S. Geol. Surv. Water Supply Paper*, 2176.

Flores Rodriguez, A.: 1993, *Diag. y Eval. de los grados de contaminación de los suelos del transecto*

17. *Témez-Pachuca por metales pesados presentes en las aguas residuales del Río de las Avenidas*,

18. *Pachuca*, Tesis Prof. UNAM. Fac. Zaragoza, p. 92

19. Freeze, R. A. and Cherry, J. A.: 1979, *Groundwater*, Prentice-Hall inc., Englewood, NJ.

20. Geyne, A. R., Fries, C. Jr., Segerstrom, Kenneth, R. F., y Wilson, I. F.: 1963, *Geología y yacimientos minerales del distrito de Pachuca-Real del Monte, estado de Hidalgo. Consejo de Recursos*

Naturales no Renovables (México), Publ. 5E, p. 222

21. Hem, D. J.: 1985, *U.S. Geol. Surv. Water Supply Paper*, 2254.

22. Huizar, A. R.: 1993, *Univ. Nal. Autón. Méx. Inst. Geografía, Rev. No. 26*, 95–131.

23. Martínez Reyes, J. and Nieto Samaniego, A.: 1990, *Univ. Nal. Autón. Méx. Inst. Geol. Rev. 9(1)*, 33–50

24. Piper, A. M.: 1944, *Trans. Amer. Geophys. Union 25*, 194–923.

25. Prol Ledezma, R. M. and Juarez, M. G.: 1986, *J. Volcanol. Geotherm. Res, Elsevier-Sc. Pub. B.V.*

Amsterdam 28, 251–362.

26. Richards, L.: 1969, *Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*, U.S. Depto. of Agric.
27. Handbook, 60, Washington D.C.
- Rump, H. H. and Krist, H.: 1988, *Laboratory manual for the examination of water, waste water and soil*. VCH. Verlagsgesellschaft.
28. Secretaria Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Comisión de Aguas del Valle de México.
29. *Boletín de Mecánica de Suelos*, Nos, 7–10.
30. Secretaria de Salud (SA), *NORMA Oficial Mexicana NOM-127, SSA, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-Límites Permisibles y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilidad*. Diario oficial, Enero 1996, 1er sec. 40–50. México D.F.
31. Schoeller, H.: 1962, *Les Eaux Souterraines*, Ed. Masson, Paris
- Suter, M., Carrillo Martinez, M., López, M. M. and Farrar, E.: 1995, *Geol. Soc. Amer. Bull.* **107**(6), 627–641.
32. Urbina, F. y Camacho, H.: 1913, *Inst, Geológico de México* **32**.
33. U.S.-EPA: 1974, *Methods for Chemical Analysis of Water and Wastewater*. EPA.16–74000. U.S. Environ. Prot. A. Wash. D.C.
34. World Health Organization WHO: 1984, *Guidelines for Drinking Water Quality. Recommendation*, WHO, Geneva.
35. Censo de población y vivienda 2010 Pachuca Hidalgo
.http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/censos/poblacion/2010/princi_result/hdo/13_principales_resultados_cpv2010-2.pdf