



BUAP

**Benemérita Universidad Autónoma
Puebla**
Facultad de Ingeniería

Colegio de Ingeniería Civil

**“Proceso para la Construcción de un Pozo Profundo para Agua
Potable en el Municipio de Atempán, Puebla”**

Tesis

que para obtener el grado de
Licenciado en Ingeniería Civil

Presenta:
Heriberto Macedonio Guzmán

Director de Tesis:
Dr. Gustavo Adolfo Castillo Ramírez



BUAP

Oficio No. SAC/2319/2023

**C. Heriberto Macedonio Guzmán, -201564652-
Pasante de la Licenciatura en Ingeniería
Civil
Presente.**

En atención al Tema de Tesis que puso Usted a consideración de la Coordinación de Área y de esta Secretaría Académica en coordinación con la Dirección de ésta Facultad de Ingeniería, dentro del marco de Titulación por Examen Profesional, como medio de Titulación se dio revisión y se ha autorizado el tema denominado:

"PROCESO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN POZO PROFUNDO PARA AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN, PUEBLA"

Por lo anterior hago de su conocimiento que se asigna como Asesor de tema al Dr. Gustavo Adolfo Castillo Ramírez

Sin más por el momento, le envío la seguridad de mi consideración más distinguida.

Atentamente

"Pensar bien para vivir mejor"

H. Puebla de Z. a 18 de noviembre de 2023

M. I. Angel Cecilio Guerrero Zamora
Director



M'ACGZ/M'VGL/barv
C.c.p. Archivo

Facultad
de Ingeniería

Bld. Valsecillo y Av. San Claudio
sin. edif. ING - 4, Col. San Manuel,
Ciudad Universitaria,
Puebla, Pue., C.P. 72570
222 225 55 00 Ext. 7810

ASUNTO: AUTORIZACION
DE IMPRESIÓN

M.C. VICTOR GALINDO LOPEZ
SECRETARIO ACADEMICO DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA DE LA BUAP
P R E S E N T E

El que suscribe Dr. Gustavo Adolfo Castillo Ramírez, asesor de la tesis del tema denominado: **“PROCESO PARA LA CONSTRUCCION DE UN POZO PROFUNDO PARA AGUA POTABLE EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN, PUEBLA”** presentado por el **C. Heriberto Macedonio Guzmán**, pasante de la carrera de Ingeniería Civil, en atención al oficio No. SAC/2319/2023, me permito informar a usted que después de haber realizado una cuidadosa revisión del contenido temático, la metodología y la redacción de la tesis correspondiente, no existe inconveniente en **autorizar la impresión** de la misma.

Así mismo, solicito a usted tenga a bien autorizar la fecha y el jurado para la realización del examen profesional correspondiente.

Lo que hago de su conocimiento para los efectos legales a los que haya lugar.

ATENTAMENTE

H. Puebla de Z., a 20 de Marzo del 2024



Dr. Gustavo Adolfo Castillo Ramírez

ASESOR

DEDICATORIA

A mis abuelitos Maurilio y Margarita los cuales desde mi nacimiento siempre estuvieron a mi lado dándome amor, protección, comprensión, felicidad enseñándome desde pequeño lo maravilloso que es la vida, a no rendirme en circunstancias difíciles sé que desde el cielo están orgullosos de mí y siempre están en mi mente y corazón.

AGRADECIMIENTOS

A mis papas Narciso Rutilio y María Antonia por dar todo y nunca rendirse, gracias por confiar en mí, pasamos tiempos difíciles pero su gran amor hacia mí me ayudo a ser un hombre de bien, hoy solo queda decir que son los mejores padres que Dios me dio y que los amo mucho.

A mi pareja Erika por su incansable labor conmigo constantemente el apoyo incondicional a lograr esta meta, una más en mi vida, te amo mi amada esposa.

A mi asesor de tesis el Dr. Gustavo Adolfo Catillo Ramírez por sacrificar parte de su tiempo durante este proceso de tesis y a los docentes con los que tome clases en la facultad de ingeniería los cuales siempre en cada clase me brindaron de su conocimiento en las diferentes áreas de la ingeniería civil.

A Dios por permitirme cumplir un objetivo más y nunca desampararme.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	7
ANTECEDENTES.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
JUSTIFICACIÓN.....	9
HIPÓTESIS.....	10
OBJETIVOS.....	12
Objetivo General.....	12
Objetivos Específicos.....	12
CAPÍTULO I - MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	13
Lineamientos Técnicos.....	13
Programa de Perforación.....	20
Muestreo.....	21
Construcción y materiales.....	22
CAPÍTULO II - MARCO CONTEXTUAL.....	23
Etapas del Proceso Constructivo.....	23
•Equipo de perforación.....	23
•Ejecución de la perforación.....	27
•Lineamientos durante el proceso de perforación.....	28
•Errores comunes durante el proceso de perforación.....	31
•Aditamentos y terminación del pozo.....	34
•Ampliaciones.....	37
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....	40
Evaluación y Análisis de la ejecución de la perforación del pozo.....	40
-Profundidad indicada en proyecto.....	40
•Métodos y propuestas para el mejoramiento de perforación.....	43
• Anulación de pasos inadecuados para el mejoramiento del proceso constructivo de la perforación del pozo.....	54
• Operaciones especiales.....	55
CAPÍTULO IV - LÍNEAS DE ACCIÓN.....	58

Resultados de la propuesta de Perforación del Pozo	58
•Limpieza.....	58
•Bombeo.....	61
•Aforo	65
•Información completa de todo el desarrollo del proceso constructivo de la perforación de pozo	73
CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	79
1. Referencias.....	82
2. Anexo Bibliográfico	82
3. Fuentes Bibliográficas Electrónicas	83
4. INDICE IMÁGENES.....	83
5. INDICE TABLAS.....	84

INTRODUCCIÓN

En todo el mundo hay cientos de pozos perforados manual y mecánicamente que proporcionan a los habitantes de zonas rurales, agua para la agricultura, para la industria y para uso doméstico.

La perforación mecánica va desde maquinaria simple hasta otras más sofisticadas y potentes capaces de perforar a más de 200 metros de profundidad; en este caso la perforación de pozos profundos tratando de encontrar el vital líquido con el fin de garantizar un abastecimiento óptimo de agua potable a la población principalmente implica un manejo apropiado en todos los sectores, agrícolas, industriales y por la alta demanda de la población en temporadas de estiaje. (Pissa & Steven, 2015)

En consecuencia, se tomó en cuenta la problemática que existía en el municipio de Atempan en temporadas de calor principalmente en los meses de abril y mayo por la sequía de los manantiales ocasionando desabasto de agua potable a la población; es por ello la importancia de haber implementado un proceso constructivo para la perforación de un pozo profundo para agua potable en el municipio de Atempan, ya que se encuentra en vías de desarrollo y de crecimiento poblacional.

El principal propósito fue el mejoramiento del proceso constructivo de un pozo profundo para agua potable y en consecuencia una buena construcción del mismo basándose en los estudios previos en la zona designada para la construcción, mejorando todos y cada uno de los pasos recopilados que se hicieron en la investigación aplicando las diferentes metodologías basadas en una mezcla de conceptos y técnicas ya establecidas para un mejor funcionamiento de los procedimientos que se llevaron a cabo en esta investigación.

ANTECEDENTES

La perforación de pozos para agua en México, se remontan al norte del país hacia mediados de los años 40 del siglo pasado, fueron contratistas estadounidenses que, llamados por los rancheros y ganaderos mexicanos de esa zona, fueron los primeros en traer equipos de perforación por percusión (pulsetas) para la construcción de pozos y alumbramiento de las aguas subterráneas. (Rodríguez Tejeda, 2017- Chávez, 1987 p.13)

Actualmente cabe mencionar que en el municipio de Atempan ubicado en la sierra nororiental del Estado de Puebla con un clima templado húmedo con relieve conformado por sierras individuales paralelas comprimidas una de otras que aparecen escalonadas y el desmesurado crecimiento de la población añadiendo que actualmente en el Estado de Puebla, 11 municipios presentan sequía severa entre los que se encuentra el municipio de Atempan, sobre todo en las zonas altas del municipio, así como en la cabecera municipal que sufre de desabasto de agua potable en temporadas de calor que son durante los meses de abril y mayo. (Zambrano, 2022)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad el desabasto de agua potable por la reducción del caudal o en su caso más extremo la sequía que actualmente sucede en los manantiales principales del municipio de Atempan, principalmente en temporadas de calor que es en los meses de abril y mayo, ocasionando el desabasto de agua potable en la mayoría de los hogares del municipio y se obligue a la población a conseguir el vital líquido mediante la compra de pipas de agua para las labores cotidianas del ser humano, para evitar los estragos de la sequía el gobierno municipal analizó necesidad de llevar a cabo el proceso constructivo para la construcción de un pozo profundo de

agua potable en el municipio de Atempan, y llevar agua potable a cada uno de los hogares, combatiendo la escasez de agua dando solución a una de las principales necesidades del municipio.

Para llevar a cabo dicho estudio del proceso constructivo se formularon las siguientes preguntas para su investigación:

1.- ¿Es importante la elección de la zona de ubicación para la perforación del pozo?

2.- ¿Esta zona cumple con las normas de los materiales a usar?

3.- ¿Se cuenta con los estudios previos para llevar a cabo la perforación del pozo?

4.- ¿Qué tipo de maquinaria se implementa para llevar un correcto proceso constructivo de perforación de pozo profundo para agua potable?

Con la finalidad de proporcionar los procesos constructivos adecuados para llevar a cabo cada uno de los objetivos propuestos.

JUSTIFICACIÓN

En los diferentes procesos constructivos que se han elaborado para la construcción de pozos profundos para la obtención de agua potable, estos se han llevado a cabo mediante estudios y técnicas, previamente realizados, pero no garantizan la realización correcta del proceso ya que por omitir algunos pasos o estudios pueden llegar a fracasar durante la ejecución y no hallar el manto acuífero subterráneo.

Es por ello que en esta tesis se propone para todos los alumnos del Colegio de Ingeniería Civil, para que entiendan la necesidad de ampliar sus conocimientos en materia de los procesos constructivos de un pozo profundo para agua potable con la metodología que con lleve cada punto, cada estudio

previo, para evitar ser cuestionado o criticado por la falta de algún desarrollo, por el desconocimiento o por una mala interpretación.

El proyecto beneficiará principalmente a los habitantes de cinco localidades las cuales son: Tezompan, Apatauyan, San Ambrosio, Las Canoas y El Carmen del municipio de Atempán, llevando a cabo cada uno de los puntos del proceso constructivo para la realización de la perforación del pozo profundo para agua potable.

La importancia de la perforación de un pozo profundo para agua potable es el mejoramiento de calidad de vida de los habitantes del municipio de Atempán ofreciendo agua potable en todas las localidades principalmente en las zonas altas ya que son los que carecen del servicio y del subministro de agua potable.

Todo esto con lleva que se considere que de manera inmediata se solucione una de las necesidades más importantes de la población, y con una buena administración y mantenimiento de cada proceso de acuerdo a todos los estudios realizados siga perdurando cada proceso y puntos para la perforación de pozos ya que esta metodología servirá no solo al municipio, sino también a ingenieros y alumnos de universidades que deseen ampliar sus conocimientos en un campo poco común que en la actualidad cada vez se está implementando más.

HIPÓTESIS

¿Se podrá demostrar el correcto funcionamiento y la aplicación del proceso constructivo de la perforación de un pozo profundo para agua potable en el caso del Municipio de Atempán, Puebla?

Variable dependiente: Mejoramiento del proceso constructivo.

Variable independiente: La realización correcta de los estudios previos a la perforación de un pozo profundo.

OBJETIVOS

Objetivo General

Proponer el proceso constructivo para la construcción de un pozo profundo de agua potable, para el mejoramiento de abasto de agua en las zonas altas y cabecera municipal en temporadas de estiaje o sequia severa en el municipio de Atempan.

Objetivos Específicos

- Establecer paso a paso una guía del proceso de perforación de pozos profundos para agua potable.
- Recopilar la información a través de la investigación de las metodologías para la perforación de pozos profundos para agua potable.
- Analizar los datos recopilados de la investigación de los procesos constructivos para la construcción de un pozo profundo el municipio de Atempan.
- Mejorar el proceso de la construcción de pozos profundos para agua potable.
- Determinar mediante los estudios previos la factibilidad de perforación de un pozo profundo para agua potable en la zona de estudio.

CAPÍTULO I - MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Lineamientos Técnicos

Se considera por definición la perforación de pozos para agua potable a los trabajos de una obra de captación vertical que permite la explotación del vital líquido que se llevaran mediante contrato, las operaciones y/o maniobras que se llevaran a cabo mediante el uso de un equipo, herramientas y accesorios especiales para perforación de pozos profundos destinados a un uso de exploración o explotación de aguas subterráneas y dentro de los lineamientos técnicos a considerar antes de la perforación de pozos es una evaluación de poder administrar de una manera eficiente los recursos hídricos es decir los estudios requeridos iniciando con la identificación de cuantos tipos hay y la función que cumple cada uno con un balance de agua que cumpla con la recolección de datos hidrológicos, análisis de flujo de agua y materiales, para la construcción de un pozo en primer instancia es la ubicación ya que es crucial para su éxito y sostenibilidad a largo plazo. (Conagua, 2016)

Con lo escrito en el párrafo anterior; nos referimos a que uno de los lineamientos primordiales es el estudio geofísico, el cual contribuirá a obtener información en la zona donde se pretende hacer la perforación del pozo, esta parte del estudio se realizara mediante una empresa especializada en este tipo de trabajos que consisten en la evaluación aproximada del potencial geohidrológico para la perforación de un pozo profundo para agua potable en el municipio de Atempan, Puebla.

Y ayudándonos del área de la ingeniería geofísica derivada de la ciencia de la geología, que es la que trata del estudio de las propiedades físicas del planeta tierra comprendiendo aspectos como la composición al interior del

planeta, con esto nos puede dar una proximidad muy acertada de las características del subsuelo que se desea estudiar para la perforación de un pozo profundo en la localidad de Tezompan, municipio de Atempan, Puebla; en la cual dicha obra se realizara para proveer de agua al municipio, principalmente a las localidades de Tezompan, Apatauyan, San Ambrosio, Las Canoas y El Carmen, de acuerdo a los lineamientos técnicos los estudios previos serán predispuestos a la realización del estudio geo-eléctrico con la finalidad de hacer una evaluación geo-hidroológica en una extensión de terreno en el cual como se ha mencionado se ha definido el punto de ubicación para la realización del estudio.

Empezando con un estudio que es de mucha importancia; el cual es el sondeo eléctrico vertical; este es una prueba geofísica que se utiliza para analizar la resistividad del suelo dadas las propiedades eléctricas de los materiales que constituyen al subsuelo el cual demuestra cierto comportamiento ante el paso de corriente eléctrica, y se muestra en líneas de campo o con un flujo eléctrico constante para materiales homogéneos y cuando estos valores indican un cambio significa que hay otro tipo de material o discontinuidad dentro de un mismo deposito, en los suelos gruesos o estratos conformados por roca los cuales tienen por característica una alta resistividad mientras que las zonas con alto porcentaje de arcillas o principalmente con un gran contenido de humedad y sales corresponde a anomalías de una baja resistividad.

Este método en pocas palabras se encarga de la investigación de todas las posibilidades acuíferas subterráneas analizadas en el punto específico que se eligió, muy importante dar a conocer que dicho estudio no reflejara una proximidad relativa sobre la estructura interna de los estratos de la zona a

trabajar, en la realización del proyecto de manera breve es el estudio quien definirá lo real y las muestras recabadas durante la perforación.

Realización de estudio sondeo eléctrico vertical en la localidad de Tezompan, Municipio de Atempan, Puebla

ARREGLO DE ELECTRODOS PARA SONDEOS ELECTRICOS VERTICALES

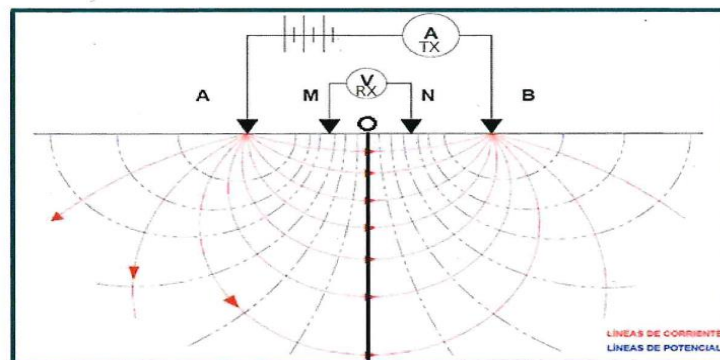


Figura No. 1, Circuito de arreglo de electrodos y campo magnético.

- M, N** = Electrodos o tazas de toma de voltaje fijas.
- A, B** = Electrodos de emisión de corriente (desplazables simétricamente).
- O** = Punto inicial de investigación (centro).

Imagen 1 propia. - “ESTUDIO ELÉCTRICO VERTICAL (2021)”



Imagen 2 propia. - “ESTUDIO ELÉCTRICO VERTICAL (2021)”

Método de Perforación

Consiste en seleccionar un método más viable de acuerdo a la zona y con los estudios previos en donde se realizará el proyecto de la perforación con los distintos sistemas de perforación con el fin de optimizar el rendimiento de la maquinaria, así como los plazos de la ejecución del proyecto.

De acuerdo a los lineamientos de los estudios previos el cual consistió en un estudio geofísico con un sondeo eléctrico vertical el cual nos indica que de acuerdo la zona en la cual se pretende hacer la perforación es una zona con gran abundancia de roca basáltica de acuerdo a la gran actividad volcánica que hubo por lo cual el método mejor empleado para realizar el proyecto es el método de perforación por percusión que es un método de excavar o perforar mediante barrenos, o un trepano pesado de perforación, o ademes, cables ligeros, tubos de acero y una gran variedad de herramientas para cualquier tipo de suelo con un torno de fricción para levantar y bajar las herramientas como lo son los barrenos.

Este método de percusión consiste en levantar y dejar caer el barreno que este a su vez caerá dentro de la perforación que se está originando a causa del golpeteo generado por lo tanto el barreno ira fracturando o desmoronando las rocas que cuentan con diferente dureza de acuerdo a la escala de Mohs que es un aproximado de dureza 7 en basalto y este la convierte en pequeños fragmentos, y cuando se encuentra perforando en zonas blandas en zonas no tan consolidadas será más fácil a la hora de penetración al suelo con el barreno las maniobras que se realizan durante el proceso de perforación de vaivén lo cual hace que las partículas sean mezcladas con agua y formando un lodo ayudando a mantener las paredes del pozo estables y si esta agua no se llegase a encontrar luego por las

condiciones durante el proceso de perforación se tendrá que aplicar agua más una arcilla principalmente para formar el lodo bentónico esto de igual manera para cumplir la función de estabilidad de las paredes del pozo y a su vez mejorar la fricción del equipo durante la percusión.

Todo el lodo resultante será extraído por una por una bomba de arena, pero principalmente se extrae con una herramienta conocida como cuchará para no tener acumulación de fragmentos de roca que ocasiona el amortiguamiento de los golpes con el barreno por lo tanto debe de ser extraído constantemente.

Principalmente se compone de los siguientes componentes

- Barreno
- Barra de peso tijeras de perforar
- Tijeras de perforar
- Porta cables giratorio

La barra le aporta un peso adicional al barreno y todo el efecto de la longitud ayuda a mantener la perforación (agujero) lo más vertical posible cuando se está perforando roca de alta dureza como lo sería basalto altamente consolidado, las tijeras de perforar son dos barras de acero articuladas y su importancia dentro de la perforación es cuando está el proceso de perforación en materiales duros, el barreno es propenso a quedar aprisionado, es el momento adecuado a utilizar las tijeras para la maniobra de aflojar las herramientas de la acumulación de tanto material.

El porta cable giratorio establecerá la conexión de todas las herramientas, al utilizar con cable el peso que tiene suministra una parte de la energía en el golpeteo ascendente y descendente dados por las tijeras

permite que las herramientas giren ligeramente respecto a la conformación del cable.

El cable de alambre que soporta las herramientas llamado torón lo denominan como línea de perforar y varia la dimensión o calibre, pero por lo regular siempre se utiliza el de 5/8" o 1" de diámetro, la conformación del torcido de varios hilos de alambres es en sentido izquierdo, la línea de perforación o el cable se hace pasar por una polea de coronamiento que se halla sostenida en la corona de la torre.

La cuchara es la herramienta principal para la extracción de material triturado por los golpeteos del barreno la cual está conformada por un tramo de tubo con una válvula de retención en el fondo, en el extremo superior esta herramienta tiene un arnés para suspenderla de un cable que comúnmente es el que se sostiene al barreno y se le denomina línea de arena ya que es principalmente su función.

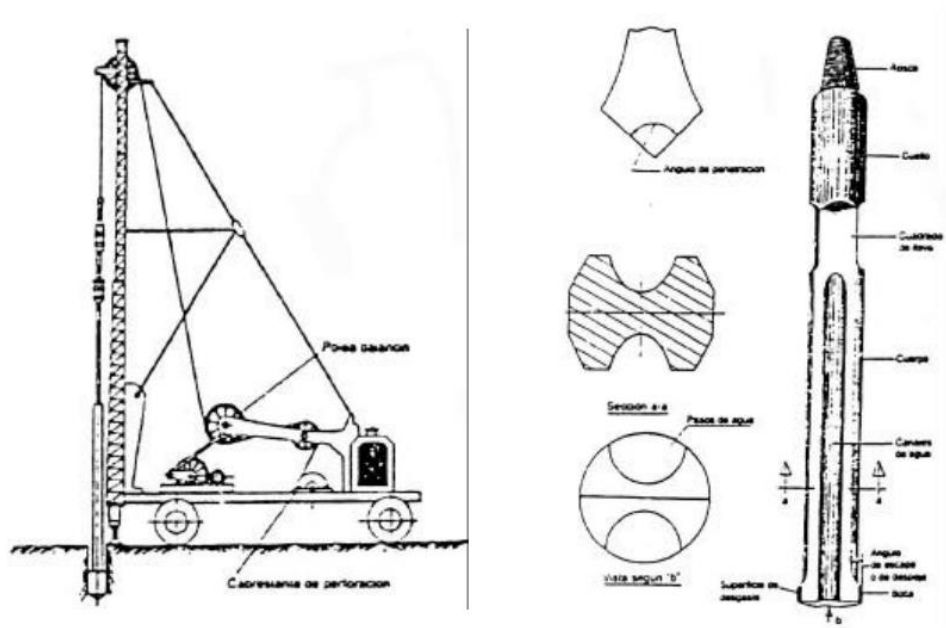
El funcionamiento de la bomba de arena es la cuchara dotada del embolo el cual cuando se desplaza hacia arriba provoca un vacío que abre la válvula haciendo que entren las partículas de rocas fracturadas y lodos repitiendo esto varias veces hasta que disminuya la cantidad de material que se extrae.

Es así la importancia de la acción para ascender y descender al barreno con el cable correspondiente este mecanismo es realizado por un brazo excéntrico, este brazo excéntrico pivotea en uno de sus extremos.

El extremo exterior que lleva una polea por la que pasa el cable de perforación se mueve hacia arriba y hacia abajo mediante la acción de una excéntrica sencilla o doble la cual se halla conectado del brazo del cigüeñal y el brazo del cigüeñal es movido por un piñón de engranes montado en un

freno de fricción lo cual este freno como también llamado línea de arena o cuchara y el piñón del tambor del cable de perforar se hallan todos montados en el mismo contra eje.

Todo el desplazamiento vertical del brazo del cigüeñal y el de las herramientas puede hacerse variar ajustando la posición del eje de la excéntrica en el piñón de aquel, en esta forma podemos cambiar el número de golpes por minutos solo haciendo la variación de la velocidad del eje.



Esquema de equipo para perforación por percusión

Barreno o trepano para el procedimiento de perforación con cable.

Imagen 3.- ESQUEMA DE EQUIPO DE PERFORACION PO PERCUSION Y BARRENO O TREPANO PARA EL PROCEDIMIENTO DE PERFORACION (Exploración, 2013)

Programa de Perforación

En este caso se puede iniciar la perforación siempre y cuando ya se tenga una orden o validación de un técnico especializado, la ubicación precisa de la obra, teniendo en cuenta el diámetro de la exploración, que de acuerdo al proyecto se realizara de (8" nominal), 20.32 cm, (9 7/8" nominal) 25.08 cm, (12 1/4" nominal) 31.12 cm y la profundidad especificada del proyecto.

Se llevará un registro por el operador de la maquinaria en el cual se indicará:

- a) Método, marca y tipo de perforación.
- b) Número de identificación del pozo.
- c) La localización correspondiente al pozo.
- d) Indicar la fecha y hora de inicio de la perforación.
- e) Inicio y terminación de cada turno de trabajo.
- f) Tomar las horas efectivas de cada turno.
- g) Profundidad a la que se encuentre el nivel de lodos o en la que se registren perdidas parciales o totales de circulación.
- h) Indicar nivel de agua o de lodo al iniciar y terminar cada turno de trabajo.
- i) Anotar tiempo empleado para perforar cada metro de suelo.
- j) También se debe de registrar diario el numero progresivo de cada muestra con las profundidades y el material que se trate según la clasificación en campo también anotando la resistividad en el fluido de perforación.

(Puntos anotados por Conagua, 2016)

Muestreo

Durante todo el transcurso de la perforación la empresa contratada para la ejecución de la perforación del pozo deberá obtener muestras de los materiales encontrados en los estratos del suelo a cada cierta distancia que por lo regular es a 2 metros de avance de la perforación indicado por la Comisión Nacional del Agua CONAGUA, también si hay cambio de formación de estrato se tomara una muestra adicional.

Cada muestra obtenida se deberá guardar inmediatamente en frascos de vidrio o en caso de no contar con ello será con una bolsa de plástico que el contratista deberá suministrar al personal el cual deberá anotar nombre o número de identificación del pozo y la profundidad a la cual fue obtenida dicha muestra.

Se procede de la siguiente manera para la obtención de muestras:

- De acuerdo al método de perforación si en este caso es de percusión que es el método más común, la muestra se obtendrá mediante una cuchara llamada charnela, tomando en cuenta que la muestra sea representativa del total de la profundidad del pozo.
- En caso de ser con el método de perforación de tipo rotatorio de circulación directa, la muestra que se obtendrá será del canal con el material que se fue cortando desde la superficie hasta la profundidad indicada de perforación.
- Si el método de perforación es de tipo rotatorio de circulación inversa, la muestra se tomará directamente en cada descarga del retorno de la circulación, utilizando para esto una malla con espacios casi cerrados para la obtención de la mayor cantidad de material extraído en el avance de la perforación.

(Puntos anotados por Conagua, 2016)

Construcción y materiales

Durante la construcción de un pozo profundo para agua potable se deberá llevar a cabo mediante un cuidadoso registro en las formas aprobatorias mediante la CONAGUA la cual es la dependencia encargada de llevar un control sobre la explotación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos en México.

La construcción comienza desde el punto seleccionado para iniciar la perforación haciendo la limpieza necesaria en el lugar para posteriormente empezar con la colocación de la maquinaria que se va a emplear para la perforación así como son aditamentos de la misma para conformar completamente que en este caso será una maquinaria que trabaja mediante percusión, mediante el golpeteo se ira perforando el pozo profundo y su avance será de acuerdo el material que hay en la zona, esto también nos indicara la altura del mástil que es de 11 a 18 metros, dependerá de igual manera el tipo del suelo si es con gran cantidad de roca se colocara a más altura el mástil, posteriormente instalado el mástil, el cable y el trepano a la maquinaria que funciona por un sistema de balancín y manivela el cual golpea de forma vertical el suelo, también se requiere una válvula, llamada cuchara para la extracción del material triturado.

El trepano varia su forma ya que se colocará de acuerdo al material que hay en la zona a perforar. (Conagua , 2016)

CAPÍTULO II - MARCO CONTEXTUAL

Etapas del Proceso Constructivo

Las etapas del proceso se basan en la descripción del funcionamiento de la maquinaria empleada con sus aditamentos para realizar la perforación de pozo profundo para agua potable el cual con un golpeo con un trepano que se eleva con un cable y cae por gravedad el cual se realiza también la extracción del material con una herramienta llamada cuchara, los trépanos o barrenos son de acero teniendo un peso aproximado entre unos 100 kg a 1200 kg más el cable tensor también llamado torón estas herramientas cuentan con diferentes formas para la perforación también esto dependerá de la dureza que compone el material esto es factible para determinar qué tipo de trepano se va utilizar. (Piqueras, 2015)

•Equipo de perforación

De acuerdo con el método seleccionado para la perforación el pozo es el método a percusión el cual se requiere de un equipo especializado para la percusión que en términos generalizados se debe contar un motor a combustión interna, un armazón con sus aditamentos respectivos para que funciones el mecanismo a percusión y el mástil.

El mástil es una estructura metálica telescópica de fácil traslado su función principal es permitir que la sarta de herramientas salga de la perforación como: correas, cadenas, engranes, y poleas el motor es el ejercerá los movimientos necesarios para las diferentes funciones.

El conjunto de las herramientas con las cuales se van a realizar los trabajos de perforación se compone de cinco partes importantes de la siguiente manera:

1.- Trepano o broca de ataque. - Es la herramienta que especialmente la encargada de realizar la perforación la cual puede tener varias formas en su punta que es de un filo o de dos en forma de cruz la cual ira fracturando las rocas mediante el peso que trasmite el impacto del trepano con base a los diferentes cambios en su configuración geométrica producida por la agitación mecánica de la máquina.

2.- Barra maestra, barretón o barra de peso. - Es una barra de acero redonda su función es proporcionar el peso necesario a la herramienta de perforación y guiar de manera vertical la perforación su longitud y peso debe de ser proporcional entre las herramientas que conforman la sarta y la capacidad del equipo de perforación para logra de una manera eficiente los trabajos.

3.- Tijeras de perforación. - Estas forman parte de la sarta se colocará entre el porta cable y el barretón a excepción de cuando se realizarán operaciones de pesca, donde entonces se conectará después del barretón y tiene dos funciones: La primera es la disminución de chicoteo del cable al estar perforando y la segunda es un elemento de seguridad ya que en caso de derrumbe en caso de quedar atrapada la herramienta permite un golpeteo hacia arriba con lo cual se libera la herramienta.

4.- Porta cable giratorio. - Este se conectará al cable de perforación donde todo va ensamblado mediante el enroscado de un piñón a una caja empleando llaves especiales.

El porta cable permite que la sarta de las herramientas de perforación gire después de cada golpeteo logrando con esto que quede una sección circular en la perforación y para evitar el desprendimiento del cable hay que

tener especial cuidado en la unión del cable en el soquet. (Torres García, 2004)

5.- Cuchara o cubeta la cual sacara el material de perforación. - Está construida a base de un tubo o lamina de acero en la cual es sujeta por un asa en la que se sujeta el cable de acero en la parte inferior cuenta con una válvula que permite la entrada de la mayoría del material triturado su función es la extracción de material triturado por el barreno dicho material este combinado con agua.

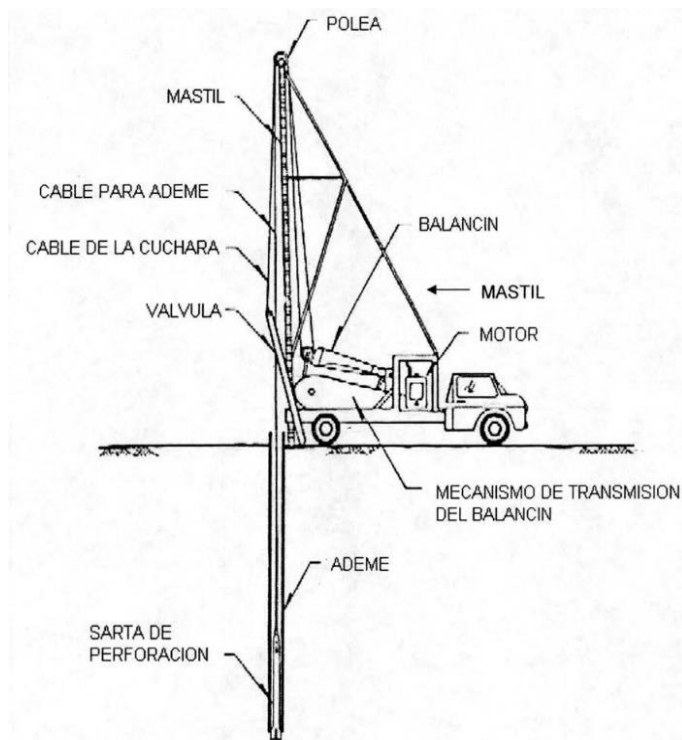


Imagen 4.-PERFORADORA A PERCUSIÓN (Torres García, 2004)



Imagen 5.- TRÉPANOS (Piqueras, 2015)

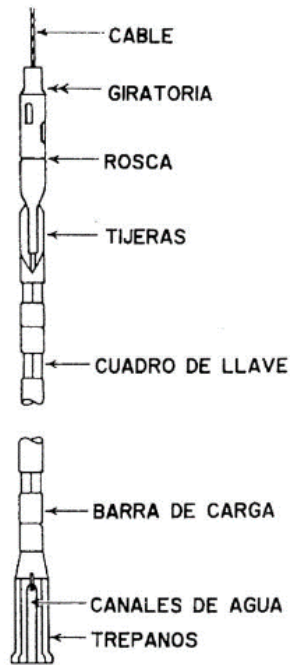


Imagen 6.- BARRENOS Y TIJERA DE PERFORAR (Piqueras, 2015)

•Ejecución de la perforación

Llevado a cabo los trabajos de gabinete principalmente el estudio eléctrico vertical nos da como dato importante los siguientes puntos:

- La profundidad definitiva la cual conviene darle al pozo profundo
- Diámetro de perforación final que se le dará a las paredes del pozo
- El diámetro de la tubería de ademe y tubería de cedazo
- Volúmenes de cantidad de extracción por la perforación
- Volúmenes de grava para filtro entre la pared de tubería y el ademe
- Potencia de la bomba para la extracción del agua del pozo
- Cantidad de lodos (bentonita) de perforación que se maneja para perforar

Los trabajos de campo darán inicio con una perforación exploratoria a cierta profundidad inicial y de acuerdo a la perforación inicial se realiza un estudio del registro eléctrico el cual dará las posibles ubicaciones de los mantos freáticos, así como un aproximado del volumen del agua que aporta, con la obtención de dicha información se determina la profundidad que es de aproximadamente de 150 metros. de profundidad.

Para los trabajos de campo se tiene que realizar una excavación de un aproximado de 3m x 3m x 2m para los lodos de perforación y se realiza la perforación del pozo con el diámetro sugerido para introducir la tubería y el ademe del pozo, durante el procedimiento de perforación mediante percusión se extraerán los residuos sólidos y lodos de la perforación se colocara la tubería y se instalara el filtro de grava de cuarzo pasando al lavado de la tubería del ademe haciendo su respectiva limpieza y retiro de los materiales

sobrantes en el sitio de trabajo tapando la fosa de lodos hasta dejar el terreno como se encontraba en un inicio antes de que se perforara el pozo.

Durante la ejecución de la perforación del pozo el personal responsable principalmente el técnico debe de llevar un registro cuidadoso de la penetración en el suelo ya que por los diferentes tipos de material se puede dañar los aditamentos de la maquinaria.

El equipo de percusión que se utiliza, los operadores o el técnico especializado medirá la resistencia del cable tensor de acuerdo al número de golpes dados por cada metro avanzado o también por el tiempo efectivo de perforación en avanzar cada metro.

•**Lineamientos durante el proceso de perforación**

Los pasos más importantes dentro del proceso constructivo para la perforación de pozos para agua potable son los trabajos de gabinete, los cuales empezara a definir el punto más óptimo para la zona donde se pretende realizar la perforación cual es muy importante y hacer el planteamiento para que se realice un estudio eléctrico vertical en cual nos dará información requerida para seguir haciendo los planteamientos de si es factible la construcción de un pozo dando paso a los siguientes trabajos de campo los cuales son otro factor muy importante ya que se depende mucho de los trabajos de campo para que sea lo más correcta la ejecución.

Con cada trabajo realizado se debe de tener un personal capacitado para cada tipo de trabajos a realizar.

El personal que se considera para los trabajos principalmente debe contar con el conocimiento adecuado del cómo realizar los trabajos en campo con el estudio eléctrico vertical así consecutivamente, siendo factible la zona

donde se pretende perforar, el personal a realizar los trabajos de perforación deberá tener conocimiento previo de la maquinaria a utilizar tomando en cuenta los resultados del estudio eléctrico vertical.

Un lineamiento más es llevar un control de los trabajos mediante un calendario de obra en el cual va conceptualizando como se irán realizando cada uno de los conceptos establecidos, también se llevará el registro de lo que se realiza diariamente o semanal mediante una bitácora de obra la cual se anotaran como van los trabajos y los avances o complicaciones que pudiese llegar a ver en el proceso de la perforación de pozo profundo para agua potable.

Se debe llevar a continuación con el personal técnico que se encuentre en campo desde que se hace la instalación del equipo un registro de lo que pasa diariamente esto con el fin de ir determinando la resistencia de los estratos del suelo ya que su comportamiento de dureza en las rocas varia lo cual hace más lenta la perforación para ir verificando si es factible cambiar la barrena y también ir sacando muestreos para ir verificando como es cada estrato perforado del suelo y su comportamiento que tipo de material es en realidad y si fue una buena elección el equipo de perforación que se está implementando en el proceso.

Esto con el fin de que se dé a conocer clase, marca y tipo de perforación, nombre con el cual será identificado el pozo y la ubicación bien referenciada con coordenadas UTM para una mejor localización y fácil acceso, la fecha y hora con la cual se maneje los turnos de trabajo de la perforación para un mejor calculo y saber en cuanto tiempo estimado se pueda concluir la perforación.

Ir clasificando todo tipo de materia de acuerdo a las formaciones geológicas para ir haciendo como ya se menciona las estimaciones de todos los avances de los trabajos de perforación lo cual es para la clasificación del material extraídos en tres tipos que se representan de la siguiente manera:

1) Material tipo I

- Arcilla
- Limos
- Arenas
- Gravas: estas deben de ser menores a 5 cm
- Yeso
- Dolomitas
- Carbón
- Ceniza volcánica (toba)
- Perlita y retinita
- Toba pumitica
- Tobas alteradas
- Rocas metamórficas alteradas

2) Material tipo II

- Lutitas
- Limonitas
- Areniscas
- Clásticos gruesos (entre 5 cm a 20cm)
- Conglomerados y brechas
- Calizas, travertino
- Anhidrida
- Tezontle

- Tobas ígneas y compuestas
- Rocas intrusivas alteradas
- Rocas ígneas extrusivas alteradas
- Vidrio volcánico (obsidiana)
- Rocas metamórficas a excepción de metacuarcitas, gneis y corneanas

3) Material tipo III

- Otocuarcitas
- Metacuarcitas
- Bloques y cantos rodados
- Pedernal
- Rocas ígneas intrusivas sanas
- Rocas ígneas extrusivas sanas
- Gneis
- Corneanas

De acuerdo a los tipos de la clasificación que se muestra se deberá de dar el nombre de la roca que se obtuvo de la muestra del pozo que se encuentre perforando y así se obtenga el registro correcto de los materiales que hay en el sitio de perforación.

•Errores comunes durante el proceso de perforación

Esto sucede comúnmente cuando el personal enviado al lugar de perforación no se le da correctamente la ubicación, esto ocasiona una mala ubicación del punto donde se dará inicio a la perforación, ocasionando una doble maniobra del equipo de perforación que en ocasiones se encuentra ya instalado generando demoras.

El personal que se emplea para el manejo de todo el equipo de perforación debe de estar capacitado para tener una mayor calidad de maniobra en los equipos generando un buen uso en maquinaria lo cual se refiere a que tipo de trepano utilizar de acuerdo al tipo de suelo (estratos) se van encontrando a la hora de dar inicio a la perforación del pozo para agua potable y así no tener errores que generan una mala perforación, lo común es que sea un pozo con un cierto grado de inclinación o comúnmente como pozo torcido.

En ocasiones se llega a comparar con los pozos artesanales los que son perforados a mano utilizando herramientas como pala y pico, la comparación se hace por el rendimiento de abastecimiento del vital líquido el cual es agua potable, esto sucede ya que el pozo artesanal da un buen abastecimiento pero a una mínima parte de la población esto quiere decir que solo abastece de dos a tres familias, mientras que el pozo perforado con maquinaria especializada es construido para el abastecimiento de agua a la población de un municipio o localidad del mismo haciendo una gran diferencia y su eficiencia será conocida de acuerdo a la prueba de aforo que indique.

La sobre explotación del pozo se da con el conocimiento que no hay que sobrepasar la extracción de agua ya que previamente como se ha mencionado hay una prueba de aforo la cual nos dará los parámetros sugeridos para la extracción de agua y cómo funciona el parámetro del nivel dinámico y estático ya que no hay que realizar extracción de agua más de lo indicado ya que el manto acuífero tarda en recargar y más aún si la zona es árida con poca vegetación o una zona con una gran cantidad de pozos cerca uno del otro.

Actualmente ya se realizan los estudios químicos bacteriológicos del agua que aportara el pozo profundo esto para brindar una mayor seguridad de que el vital líquido es apto para el consumo humano y cuenta con las propiedades para su consumo sin ningún problema ya que antes no se tenía cuidado en este tipo de situaciones lo cual ocasionaba que los pozos estuvieran contaminados con arsénico, esto al desconocimiento de los parámetros para que fin se utilizaría el agua extraída del pozo.

La baja recarga de los mantos acuíferos es debido al sitio donde se realizará o donde está construido el pozo profundo como se menciona en lo siguiente:

El lugar y la región, ya que es un factor muy importante porque mientras más vegetación que hay en los alrededores más eficiente será la recarga del manto acuífero o la corriente subterránea que abastece al pozo esto por la filtración de agua de lluvia por las raíces de los árboles y tipo de suelo que hay pero en las zonas áridas cambia los componentes del suelo generando pocas lluvias y poca filtración causando que la recarga de manto o corriente subterránea pueda ser lenta generando estragos en suministro de agua a la población.

Otro punto a considerar son errores más comunes que se cometen durante la perforación de pozos, mala interpretación de lecturas de la prueba de aforo las cuales suceden comúnmente por falta de conocimiento o experiencia por parte del personal técnico encargado de anotar en el registro los datos requeridos los cuales se pasaran a un reporte lo cual ocasionara que toda la información obtenida no sea correcta generando que para el próximo paso que será el cálculo para la elección de bomba sumergible no se sabrá con claridad ya que los niveles dinámico y estático son verdaderos esto

conlleva hacer la prueba de aforo nuevamente junto con un video con cámara sumergible para tener el informe más preciso que se pueda y obtener la información sobre la prueba de aforo para no generar más sobrecostos a la obra.

Como se bien se menciona en el párrafo anterior se debe de tener un personal adecuado y capacitado para las lecturas de los niveles dinámico y estático ya que hay un caso que sucedió y es en el pozo que se ha mencionado que se perforo en la localidad de Tezompan municipio de Atempan puebla el cual en los datos del informe de la prueba de bombe y aforo las lecturas y resultado fueron completamente erróneas por lo tanto se tuvo que realizar otra prueba de aforo con una empresa especializada en los trabajos “electromecánica en equipos de bombeo” del estado de Tlaxcala esta empresa con su personal especializado recapitulo la profundidad real del pozo y la cantidad real que aportar el pozo de agua realizando la prueba de aforo.

•**Aditamentos y terminación del pozo**

Una vez terminado y comprobado la estabilidad del nivel dinámico del agua en el pozo, después de la productividad, el estudio del corte litológico con las muestras de las pruebas obtenidas durante el proceso de perforación y complementado con el registro eléctrico vertical, el personal responsable determinara si es positiva o negativa y en consecuencia se empezara a realizar todo lo correspondiente en la terminación con la ampliación que corresponde o que recomiendan en el estudio eléctrico vertical.

El engravado que es la colocación de un filtro de grava especial en este caso será grava de cuarzo, y cimentación del pozo en su caso, tomando en cuenta la calidad del agua que hay en el pozo en el subsuelo encontrado.

En el calendario de terminación de obra considerando ya las respectivas ampliaciones será necesario la colocación de un filtro de grava para contener las partículas finas de los estratos del acuífero o corriente subterránea, que a su vez correctamente el contratista deberá calcular de acuerdo con la longitud de perforación y ampliación que realice para hacer el cálculo correspondiente y tener suficiente material pétreo (cuarzo) considerando lo siguiente:

- La calidad de la grava se tomará con datos de acuerdo con su constitución petrográfica o mineralógica, redondez y uniformidad lo cual el técnico responsable en la obra determinará si es viable la colocación del material pétreo.
- El material pétreo (grava) para el filtro en calidad y tamaño será proporcionado de acuerdo a las indicaciones que el técnico responsable indique cribada y lavada, no se permitirá colocar tubería corrida sobre el ademe sin contar con el material en el sitio del pozo.
- Como lo indican algunos manuales por parte de la CONAGUA, el material no se aceptará para filtro si su composición es calcárea o de fácil alteración, de preferencia es usar grava de cuarzo como ya se ha estado mencionado, también como otro punto importante es que no sea material triturado.
- Toda la colocación del filtro de grava de cuarzo será por gravedad en el espacio anular entre la tubería del ademe y las paredes del suelo perforado esto realizándose lentamente para no ocasionar espacios vacíos, puentes, así facilitando el descenso de este mismo ya que en las paredes hay lodo diluido o lodo de baja viscosidad, una vez terminando la colocación del filtro se procede a la cimentación de la zona proyectada.

Realizando los trabajos antes mencionados se llevará a cabo unas operaciones de lavado de pozo todo esto conlleva al contratista que realice la extracción de todos los sólidos y coloides (partículas) en suspensión que se generaron durante todo el proceso de perforación del pozo.

Como los trabajos de ejecución de perforación del pozo para agua potable para el municipio de Atempan se hizo mediante el método de percusión y al no contar con equipo de lavado a presión, regularmente se realiza mediante la agitación mecánica con cuchara o pistón cuyo exterior deberá de ser a la mitad del diámetro del ademe, esto realizándose de una manera lenta, haciendo un descenso pausado en pequeños intervalos cada tres metros a partir del nivel estático, esta parte de los trabajos podrá realizarse también con los pozo que se construyeron con el método rotatorio lo cual se puede realizar siempre y cuando el técnico lo autorice.

Haciendo las actividades anteriores se procederá a realizar un dispersor de lodos a través de la tubería que se instaló en la perforación en el cual se colocará una sustancia que hará la dispersión de lodo acumulado en las paredes de la tubería ya que unas son arcillas del material de la zona y otras son las que se usaron como el lodo bentónico. (Conagua, 2016)



Imagen 7.- TERMINACIÓN DE POZO (PROYECTO POZO TEZOMPAN) 2021

•Ampliaciones

Son los trabajos sumamente necesarios para proporcionar las dimensiones definitivas indicadas en el proyecto técnico de la perforación del pozo profundo, estas comprenden todos los trabajos necesarios para dar las dimensiones definitivas del pozo, conforme al diseño que se llevó a cabo mediante los estudios previos.

Estas ampliaciones se llevarán a cabo mediante un catálogo de conceptos los cuales describen los trabajos a realizar y los precios unitarios de cada concepto todo aplicado directamente a los diámetros correspondientes definitivos indicados en el proyecto.

Cuando se llega a realizar una perforación exploratoria se realiza con diámetros precisos 8", $9 \frac{7}{8}$ " y $12 \frac{1}{4}$ " nominal. (Conagua, 2016)

El ademado se dividirá en dos puntos principales:

- 1) El ademe ciego o liso en el cual estará integrada por la cámara de bombeo y tramos intermedios entre acuífero no contiene orificios o

ranuras por donde filtre agua es más un soporte que brinda estabilidad a la perforación.

- 2) El ademe ranurado tipo rejilla o cedazo es el encargado en conjunto de que filtre agua al interior de la perforación una vez pasado por el filtro de graba colocado alrededor de la tubería.

Para ello se requiere de los material constructivo que sería el tubo de acero el cual se someterá a ranurar, que contara con las características de acuerdo a la Norma Mexicana (NMX-B-177, tubos de acero con o sin costura negros o galvanizados con inmersión en caliente correspondiente a la categoría "B" tubo sin costura hecho sin cordón de soldadura fabricado en caliente y si es necesario por un subsecuente acabado en frio con soldadura eléctrica de alta frecuencia (Proceso ERW) para obtener la forma, dimensiones y propiedades deseadas.

Las ranuras de la tubería se realizan mediante un maquilado o troquelado que este generara las ranuras en la tubería las cuales deben de ser sobresaliente o longitudinal recta con puertos de entradas verticales (paralelos al eje longitudinal del tubo) a ambos lados y el espacio de distancia entre ranuras y abertura dependerá del diseño del fabricante para cumplir con el área de infiltración.

La forma de la unión de los tubos metálicos del ademe durante su construcción es de gran importancia dentro de las fases de construcción más sin en cambio es una de las causas más frecuentes de las fallas de tuberías de ademes, los cuales pueden ser unidos mediante rosca y cople soldado o por medio de soldadura eléctrica a tope con doble cordón.

Durante el proceso de ademado el técnico responsable dará indicación de diámetros y espesores tipo, simultáneamente con las especificaciones de

la tubería a utilizar para el ademe que puede ser liso o cedazo destacando la longitud correspondiente a la cámara de bombeo, las especificaciones para las tuberías del ademe liso o tipo cedazo a excepción del tipo P.V.C. se basaran bajo la norma A.P.I.- SLX o A.S.T.M. A-120 o similares.

Con la tubería de tipo canastilla será aceptada como máximo solo una costura transversal y la longitud de cada tramo tendrá como mínimo de 6.10 metros. (20”) o bien aquellas que la CONAGUA ordene o autorice, obligada por el diseño del pozo, pero en ningún caso de tipo cedazo en los extremos lisos tendrá una longitud mayor a 0.254 metros (10”).

La corrida o colocación de la tubería de ademe se hará con una sola operación previo al acondicionamiento del pozo y para el soldado de los tramos en el cual se emplearán soldaduras de alta resistencia a tensión como las siguientes: E 6011, 6012 o 6013, con un cordón de 1.587 mm (1/16”) mayor que la tubería que por lo menos se constituirá por dos capas de soldadura usando electrodos del mismo grosor, oh menor al espesor de la pared de la tubería esto de acuerdo con recomendaciones de la American Welding Society (AWS).

El ademe será conformado por tramos completos de la tubería y de cedazo soldados tope y su longitud total del ademe será tal que salga de la superficie como máximo un metro, la tubería holgada deberá girar libremente cuando se encuentre suspendida no debiendo ser mediante un anclaje optimo desde la superficie del terreno.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

Evaluación y Análisis de la ejecución de la perforación del pozo.

-Profundidad indicada en proyecto

Una parte importante del proyecto es la definición de la profundidad de perforación que se va a analizar de acuerdo al estudio previo en la zona ya identificada como lo indica CONAGUA identificando el punto y nombre del lugar para la realización del estudio eléctrico vertical nos indicara la estratigrafía encontrada en el sitio el cual arrojará si hay o no el vital líquido para comenzar el análisis de la profundidad de perforación y el método de perforación del pozo.

Para el pozo ubicado en el municipio de Atempan y de acuerdo al estudio realizado por la empresa “Constructora e Ingeniería Hidráulica COINH - perforación de pozos profundos, rehabilitaciones, video grabaciones, aforos, reparación de bombas, mantenimiento en general”, el estudio geofísico de sondeo eléctrico vertical realizado por la empresa antes mencionada, de acuerdo a todo el estudio nos encontramos con un entorno geológico regional con tres unidades litológicas abundantes en el sitio las cuales son un derrame basáltico y clásticos volcánicos fracturados con conglomerados más roca semicompactada.

De acuerdo a toda la información obtenida por el estudio de sondeo eléctrico vertical se determina plantear la profundidad del pozo ya que la interpretación de los datos de campo considera las posibilidades de obtención de aguas subterráneas que se lograron registrar en el sondeo eléctrico ya que hay una consideración de regular a buena sin punto de comparación, se consideran horizontes importantes de materiales granulares que tienen un incremento de las posibilidades de unidades geohidrológicas por lo que en el

estudio eléctrico vertical se hace la recomendación de una perforación de 150 a 200 metros con un diámetro de 12" (pulgadas) de ademe.

Para la licitación y ejecución de la perforación se llevó un análisis más profundo en el cual se implementó ya el costo del proyecto y profundidad de perforación, la cual es de 110 metros de perforación de acuerdo a lo analizado por los ingenieros encargados de la supervisión y residentes de la perforación del pozo en el municipio de Atempan, el cual brindará agua potable a la población. Los estudios geofísicos fueron realizados por la empresa COINH.

Hay ocasiones que debido a la sobre explotación del acuífero los niveles descienden y el pozo puede quedar corto y por lo tanto ineficiente para nuevas condiciones que son el seguir abasteciendo agua potable a la población para realizar un nuevo análisis se requerirán de ciertas características.

Que el pozo tenga las condiciones de un diámetro suficientemente amplio para permitir la perforación por el interior y así posteriormente el ademado y colocación del filtro cuando la perforación se realiza en materiales no coherentes por lo que se requerirá de un filtro granular con el diámetro mínimo necesario para realizar los trabajos esto es un aproximado de 32.39 cm ($12 \frac{3}{4}$ ") y si se deja el pozo en rocas coherentes deberá de ser de 29.91cm ($8 \frac{5}{8}$ ").

Otro punto a considerar es que debe de terminar con un tapón de cemento sin tener modificación alguna del ademe esto se refiere a que la terminación no deberá de ser con punta de lápiz, el ademe original del pozo debe de ser de acero ranurado de forma tipo de canastilla ya que hay tipos de ademe menos resistentes.

El método de perforación se puede usar el que más convenga en este tipo de casos, pero lo más recomendable sería utilizar el mismo que se utilizó

durante la primer perforación pero excluyendo el de sistema de perforación rotatoria directa con lodo bentónico ya que contamina la parte superior del pozo desarrollado, en la Re perforación de un pozo se debe mantener el mismo control litológico y se corren los registros habituales de un pozo nuevo así mismo para el filtro granular de grava de cuarzo.



Imagen 8.- BENTONITA (PROYECTO POZO TEZOMPAN) 2021

El ademe que soporta en la reperfuración generalmente no continua dentro del ademe original para no tener una limitación en la cámara de bombeo y no efectuar un gasto innecesario ni aumentar las pérdidas de carga al penetrar el agua al pozo pero como medida de seguridad la tubería nueva se deberá traslapar al menos tres metros adentro de la antigua, la operación para la colocación del filtro granular se debe realizar de la siguiente manera: colocación de un tapón cónico bajado con un cable o tubería con el vértice hacia debajo de modo que se introduzca en el orificio del nuevo ademe la base del cono debe ser del mismo diámetro exterior que la tubería que taponar.

El filtro previamente ya cubicado se vertida desde la superficie su colocación se verificará mediante una sonda pues no deberá sobre pasar los

niveles de la tubería, cuando el filtro alcance la cota de la boca del tubo nuevo se suspenderá el engravado y se extraerá el tapón cónico procediendo a desarrollar como si fuese un nuevo pozo.

Por último, se procede a realizar nuevamente la prueba de aforo o se prueba el pozo con su bomba de operación comparando la capacidad específica con la que tenía antes de la rehabilitación si hay una variación notable en los valores haciendo la comparación es recomendable realizar un aforo formal para ratificar datos que esto quizá pueda en tener una nueva selección de bomba. (Conagua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Rehabilitación de Pozos, sin fecha.)

•Métodos y propuestas para el mejoramiento de perforación

En la actualidad la sociedad se realiza una pregunta; importante cuál de los diferentes tipos de métodos de perforación tiene una mejor eficiencia, pero en cuanto a la pregunta realizada no hay una respuesta concreta sobre cual tiene una mayor eficiencia como para empezar a perforar con la maquinaria, con respecto a factores de costo cabe mencionar que las condiciones geológicas que son las que de acuerdo al tipo de material que se encuentre en la zona y así se podrá determinar mejor el método de perforación.

La excavación o perforación de pozo a mano (artesanal) consiste en hacer una perforación con herramientas manuales pala y pico que son las más indispensables este a su vez se debe de hacer con diámetro amplio para maniobrar con firme se va realizando la excavación del pozo hasta a encontrar el nivel freático.

Este método de perforación no es tan recomendable por la limitación en cuanto al avance que se va obteniendo en el proceso ya que su manera de trabajo es de estar expuesto muchas horas a la intemperie y solo es para abastecer a una cantidad mínima de personas.

El inicio de la perforación se basa en excavar un ante pozo de manera vertical para posteriormente se fabriquen unos anillos de concreto que tendrán dimensiones aproximadas de 1.10 metros de diámetro interior y de 1.30 de diámetro exterior esto para evitar derrumbes y conforme se va avanzando el material es retirado con apoyo de un recipiente metálico que es sujetado por una soga y este es izado por una manivela.

Encontrando el nivel freático aún se tendrá que continuar la excavación en agua aproximadamente 30 centímetros esto para tener una altura considerable y acumular más agua para poder hacer la extracción de la misma que se puede realizar de dos formas.

La primera es mediante la colocación de una tubería la cual va a realizar la extracción del agua hacia la superficie con una bomba centrifuga.

En segundo lugar, es la extracción del vital líquido con un balde el cual estará unido con una soga poyándose de una manivela para el izamiento del balde con agua.

Con esas dos formar se llevará a cabo la extracción del vital líquido en pozos perforados a mano la primera es cuando hay condiciones en el cual se pude hacer una instalación con energía eléctrica y la segunda para condiciones en la cuales las zonas son aún precarias que ni aun energía eléctrica hay como en el caso de rancherías. (Morales Estibur Johan Antonio, 2018)

Perforación a Percusión

Un pozo que penetre una roca consolidada prácticamente será un tipo de perforación ademada que principalmente se extiende a través de materiales sueltos sobre yacentes de un agujero sobresaliente sobre la roca, un pozo que interfiera sobre un acuífero sobre arena este se dotara de un ademe en el intervalo correspondiente a los materiales sueltos y de una rejilla en el tramo correspondiente del pozo.

En este tipo de perforación por percusión fue uno de los primeros métodos mecánicos de perforación y no obstante en la actualidad está dotado con ciertos adelantos de aditamentos lo cual su utilización se da con gran frecuencia en perforación de pozos profundos para agua potable y los principales percusores de este método de perforación fue la herramienta pequeña como lo es pala y pico las cuales realizan las funciones que hoy realiza el trepano y la válvula o cuchara, a partir del pico y pala todo el sistema ha ido evolucionando de gran manera hasta llegar a contar con las maquinarias actuales las cuales se conforman con estructuras metálicas las cuales se aprovechan con energía de motores a explosión o combustión (Torres Garcia,2004).

La maquinaria cuenta básicamente con los mecanismos para realizar tres funciones:

- a) Percusión. - consiste en ciclos repetitivos de subir y dejar la herramienta de perforación (trepano o broca).
- b) Extracción de partículas (detritus). - este proceso se realiza con la
- c) cuchará o válvula a diferencia de los trabajos anteriores estos mecanismos se caracterizarán por la bajada y subida de la cuchara con

una gran velocidad que ayuda a reducir los tiempos de limpieza de la perforación.

- d) Manejo de las tuberías y herramientas. – para este proceso se emplea un conjunto de cables y poleas cuya resistencia del cable está en función del peso de las herramientas a utilizar en la perforación del pozo.

Para poder llevar a cabo cada una de las funciones comentadas en los puntos anteriores, la máquina de perforación a percusión debe contar con un motor y con su mecanismo y el mástil el cual es una estructura metálica telescópica para un fácil y rápido traslado retrayéndose la parte superior y se dobla sobre la máquina, en este mástil se permite que la sarta de las herramientas salga perfectamente de la perforación.

- a) Trepano o también llamada herramienta de corte.
- b) Barretón o barra de peso.
- c) Tijeras de perforación.
- d) Porta cable giratorio (se conecta al cable de perforación).

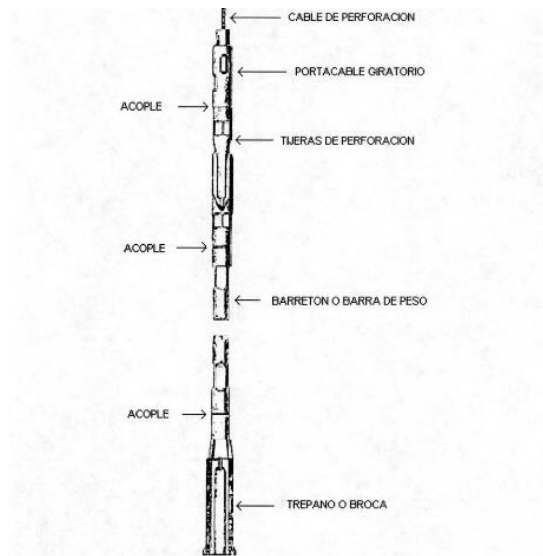


Imagen 9.- SARTA DE PERFORACIÓN CON SUS CUATRO ELEMENTOS QUE LA CONFORMAN, PARA LA PERFORACIÓN A PERCUSIÓN (Torres García, 2004)

El ensamble de las diferentes partes que componen a la sarta se lleva a cabo mediante el enroscado de un piñón y una caja en la cual se emplean llaves especiales con boca se sección cuadrada.

Las cuerdas se construyen de acuerdo a normas del A.P.I (American Petroleum Institute) con los cuales los asientos de las uniones coinciden en toda su superficie al dar el apriete con la torción adecuada.

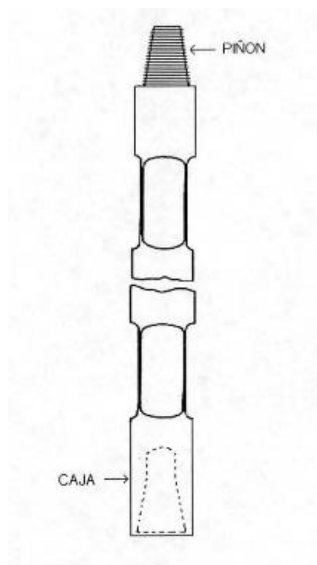


Imagen 10.- SISTEMA DE APLICACIÓN A.P.I (Torres García, 2004)

Su funcionamiento es por medio de una herramienta elevada por cable, elevándola y dejando caer un pesado barreno el cual ira haciendo un hueco el cual se ira haciendo más profundo, el barreno o broca también llamado trepano que se encuentra en suspensión de un cable de acero que se hará pasar por una polea con un sistema que amortiguara formado por tres resortes y soportes de caucho en la parte superior del equipo y debajo de una polea tensora al extremo de un balancín esto para pasar por la parte de arriba para ser enrollada en un tambor de freno conocido como carrete de giro, una varilla transmite todo el movimiento desde una manivela de carrera variable hasta el extremo libre del balancín con el golpeteo frecuente fracturara la roca dura en fragmentos pequeños.

Las funciones que realiza el trepano son las siguientes:

- a) Penetración en la formación rocosa.
- b) Triturar la formación rocosa para la obtención de detritus (fragmentos de roca) cuyo tamaño sea fácil su extracción.
- c) Escariar al diámetro establecido en proyecto.
- d) Mezclado del material producto del corte de la información con el agua que se adiciona o se encuentre durante la perforación en la formación del lecho rocoso de mara que facilite la extracción del material.

Con respecto al filo de ataque este se deberá adaptar a las características de zona de las formaciones estratigráficas a perforar ya que depende de estas para las funciones del trepano y adquiere mayor importancia, por ejemplo:

Con materiales blandos como las arcillas la función principal no será de ataque si no de la mezcla para poder poner en suspensión la mayor parte

de detritus en suspensión facilitando la extracción continuamente otro caso es en rocas principalmente calizas, el cual la función más importante es la de penetración y en caso de que presente un alto contenido de sílice la función de escariar también se debe de considerar.

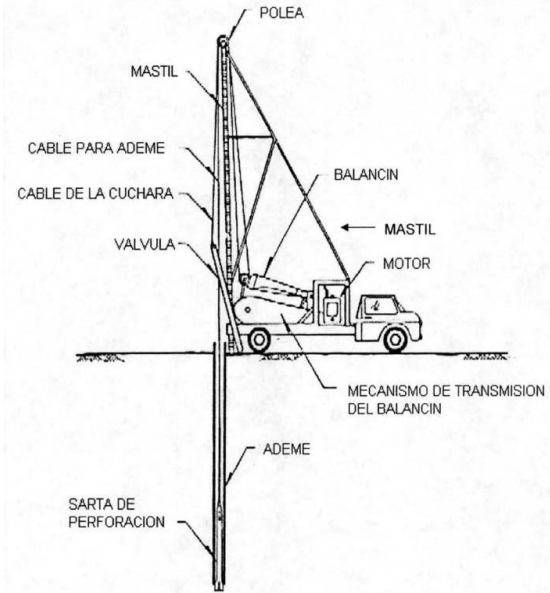


Imagen 11.- PERFORADORA A PERCUSIÓN (Torres García, 2004)



Imagen 12.- PERFORACION DE POZO MUNICIPIO DE ATEMPAN (2021)

El Barretón o también llamada barra maestra es una barra redonda de acero para ser instalada en la sarta cuenta con un piñón (macho) en la parte superior y una caja (hembra) en la parte inferior y la función que tiene es proporcional al peso necesario de las herramientas de perforación para el pozo y girar en forma vertical dentro del proceso estas barra generalmente están hechas por lingotes de acero de una sola pieza, pero hay algunos casos especiales que el piñón y la caja se forjaron de acero al alto carbón soldados y tratados térmicamente.



Imagen 13.- BARRETÓN O BARRA MAESTRA (Torres García, 2004)

Tijeras de perforación o percusión.- La cual forma parte de la sarta que se colocará en el porta cable y el barretón a excepción de cuando se realizan operaciones de pesca que en su caso se conecta después del barretón, se construyen de acero de aleación forjadas en una sola pieza y sus eslabones son unido por soldadura a forja para posteriormente ser tratados por un tratamiento térmico para que tenga una estructura uniforme la longitud de la carrea de las tijeras tienen variaciones de 114.3 mm ($4\frac{1}{2}$ "") a 203.2 mm (8") y su peso, diámetro están correlacionados con el de la sarta y capacidad del equipo de trabajo.

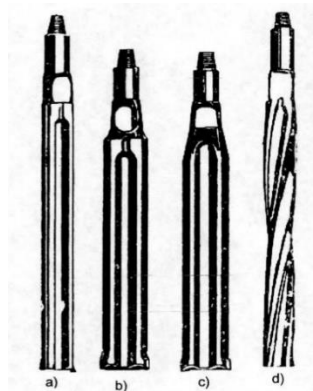


Imagen 14.- a) TREPANO TIPO REGULAR b) TREPANO TIPO CALIFORNIA DE HOMBROS RECTOS c) TREPANO TIPO CALIFORNIA DE HOMBROS EN BISEL d) TREPANO TIPO SALOMÓN. TRÉPANOS UTILIZADOS PARA LA PERFORACIÓN. (Torres García, 2004).

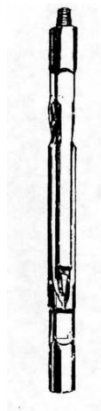


Imagen 15.- TIJERAS DE PERFORACIÓN (Torres García, 2004).

Principalmente tiene dos funciones: La primera es que al tener una forma similar a los dos eslabones de cadena permitiendo un juego entre ellas que hace una distribución disminuyendo el chicoteo del cable al estar haciendo la perforación, la segunda función es que es un elemento de seguridad ya que en caso de haber derrumbes en el que probablemente se quede atrapada la herramienta esto permite que se realice un golpeo hacia arriba permitiendo la liberación de la misma.

La herramienta llamada cuchara o cubeta es utilizada en las perforaciones a percusión para la extracción del material triturado, la cuchara consta de un tubo de lámina de acero, en su parte superior lleva un asa a la cual se sujetará el cable de la línea de cuchareo y en la parte inferior cuenta con una válvula que permite la entrada del material triturado el cual esta mezclado con agua lo cual lo convierte en fluido; la válvula puede ser de tipo plana o dardo.

Con tipo plana cuenta con un movimiento tipo bisagra es una válvula de charnela que al ser sumergida deja pasar el material y una vez elevándola se cierra y la válvula de dardo se abre cuando está en el fondo de la perforación permitiendo que entre el material cerrándose automáticamente al levantar la cuchara.

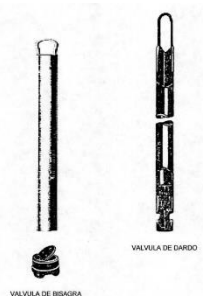


Imagen 16.- VÁLVULAS O CUBETAS DE CUCHARERO (Torres García, 2004)



Imagen 17 propia. - LIMPIEZA DE POZO MUNICIPIO DE ATEMPAN USANDO CUCHARA CON VÁLVULA DE BISAGRA (2021).

Perforación por Rotatorio o con equipo rotatorio

Este tipo de perforación es cada vez más accesible por la demanda de agua que hay en el país, debido a que este método de perforación puede llegar a más profundidad esto para tener una mayor columna de agua todo esto es por la gran demanda que hay por la población.

Consiste en realizar la perforación mediante la acción de una barrena o trepano giratorio llamado tricono, desgarradora y también trituradora la cual triturara el estrato rocoso con la broca se accionara a través de un varillaje cuyo giro será proporcionado por la maquinaria que está en el sitio a perforar, la broca más común para los trabajos es de rodillos que consiste en conos dentados giratorios normalmente son tres enfrentados entre sí que giran al mismo tiempo que lo hace la el varillaje y todo material triturado y el suelo aflojado serán retirados de la perforación mediante la circulación continua de del fluido de lavado, este método de perforación puede llegar a más profundidad a diferencia de un pozo perforado a percusión, el método a

rotación es adaptable a las condiciones del terreno, por el tipo de brocas adquiere un predominio sobre suelos blandos sobre los otros métodos. (Morales Estibur Johan Antonio, 2018) (Urbina, 2019)

- **Anulación de pasos inadecuados para el mejoramiento del proceso constructivo de la perforación del pozo**

Más que nada como tal no es la anulación de pasos si no la marcación de todos los errores puntuales que se realizan en un proyecto de perforación de un pozo profundo principalmente es la definición específica de la zona y el punto en específico ya que el estar realizando sondeos de un punto a otro implica la falta de capacidad e indecisión tanto del proyectista e ingenieros del lugar por dudar de la zona en la cual proponen el punto de estudio, es por ello su importancia de tener al personal adecuado y especializado en el área y conocimiento de los temas que se manejan el tener personal incapaz ocasiona agotamiento y gastos excesivos, los cuales solo refleja la incapacidad del personal elegido para dar un punto de estudio para la localización de mantos acuíferos.

La falta de mantenimientos en el equipo de bombeo después de la terminación del pozo conlleva al deterioro más rápido del equipo es por ello la necesidad que los beneficiarios se organicen conformando un comité el cual reciba una adecuada capacitación del manejo de la maquinaria y herramienta que hay para el bombeo del vital líquido, en el pozo perforado en el municipio de Atempan ya se tiene personal para que reciba su capacitación para un buen manejo y así duren más las instalaciones y el equipo de bombeo.

El tener una sobre explotación del manto acuífero que suministra el agua en el pozo puede ocasionar efectos irrevocables en el medio ambiente ya que se está realizando una extracción de agua más de lo permitido lo cual

ocasiona que la recarga sea lenta y no alcance los niveles estables que en un inicio se tenía para consumo de agua como prioridad, pero para ello se debe hacer una inspección para que se mantenga el bombeo de acuerdo a lo calculado en proyecto

- **Operaciones especiales**

Para este punto en específico más que nada va enfocado a la realización de operaciones eventuales si es que es así demandado por el tipo de diseño del pozo o en su caso los problemas de la perforación (Conagua, 2016).

Una de las primeras cosas a realizar es la cimentación primaria del ademe que este proceso se va a realizar por una circulación directa por un método llamado doble tapón o también llamado por gravedad, siendo este el caso más viable ya que se realiza por el espacio anular o por espacio interior de la propia tubería o del ademe, esta se realizara con lechada de cemento a través de la tubería que se instaló en la perforación y esta se ira desplazando hasta llegar al fondo del mismo, realizando otro tipo de maniobra también se puede realizar mediante el descenso de bolsas de cemento y una vez estando en el interior se realizara el descenso hasta la profundidad determinada en el cual se hará la ruptura de la bolsa para que se realice el proceso de cementación o en su caso de tapón conocido comúnmente.

- I. Otro proceso que se realiza también es nombrado estimulación de acuíferos en gran parte se puede o no realizar ya que dependerá de los estudios previos a la ejecución de perforación del pozo que consiste en la estimulación de permeabilidad en el suelo para una mayor recarga en los acuíferos, estos productos estimulantes se aplican ya sea por

inyección y bajar por gravedad o por presión aplicada y todas las Operaciones serán programadas y supervisadas por la CONAGUA.

- II. Como siguiente paso o uno de los puntos que se realizan como operación especial es la prueba de productividad que son regidas por la CONAGUA la cual analiza si es necesario realizar dicha prueba por escrito, y comprobar que tan productivo es el pozo o en su lugar el muestreo del acuífero de diámetro exploratorio mediante cuchareo, sifoneo o inyección de agua en el caso de que el pozo sufra de derrumbes o algún otro tipo de daño que en ocasiones son por la materia orgánica en otro caso por algunas raíces, por los percances que se llegasen a suscitar el contratista o empresa encargada de realizar los trabajos.
- III. El siguiente paso especial se le llama recuperación de núcleo el cual consistirá en que CONAGUA la dependencia encargada estime como y cuando sea necesario ordenar por escrito realizar el corte y recuperación del núcleo con intervalos sean considerados óptimos, lo cual conlleva hacer otra prueba más dentro de la de recuperación de núcleo que es la petrofísica la cual se tendrá que hacer en un laboratorio que cuente más que nada con el equipo suficiente y correcto para el tipo de prueba que se está haciendo ya que de no hacerlo como se indica todos los datos recabados serán erróneos.
- IV. Operación especial super importante ya que depende de todas las operaciones anteriores, ya que la contratista debe de percibir las condiciones necesarias del pozo, dejando un breve periodo de recuperación o asentamiento de las partículas sólidas en suspensión que hay normalmente al terminar el aforo del pozo, todo esto para alistar

los preparativos de videograbación con una cámara especial para corroborar toda la longitud del pozo, para conocer la calidad del proceso constructivo del pozo en la cuestión de soldadura de la tubería, anomalías como aberturas o compresión de la tubería, así como la aportación de agua que hay del manto o corriente acuífera por la tubería ranurada y terminación del pozo. (Conagua, 2016)



Imagen 18 propia. – INSTALACIÓN DE VIDEO CÁMARA SUMERGIBLE (POZO LOCALIDAD DE TEZOMPAN) 2022



Imagen 19 propia. - CÁMARA SUMERGIBLE EN FUNCIONAMIENTO (POZO LOCALIDAD DE TEZOMPAN)2022.

CAPÍTULO IV - LÍNEAS DE ACCIÓN

Resultados de la propuesta de Perforación del Pozo

•Limpieza

Los pozos requieren de un mantenimiento regular para un adecuado funcionamiento y garantizar una calidad de agua óptima para el consumo humano, el mantenimiento es para la localización de bacterias coloides o coliformes por lo regular se recomienda el mantenimiento cada tres años siempre tomando en cuenta las pruebas del pH y los sólidos disueltos totales, así como también el uso de suelo que hay cercano al pozo ya que depende del cómo se esté utilizando o se espera que utilicen para tener un agua libre de contaminantes. (Robillor Paul Dr, 2021)

Esta parte es importante para un buen funcionamiento del pozo de todas las operaciones que se tienen que efectuar por el contratista para la extracción de todas las partículas sólidas y coloides en suspensión por todos los trabajos de percusión realizados en la perforación, los pozos perforados donde se recurre a la circulación de lodo se llevara mediante la introducción de la tubería de perforación franca hasta el fondo de pozo para la circulación de agua exclusivamente, por tramos dentro de la tubería todo esto hasta que del pozo salga agua limpia. (Robillor Paul Dr, 2021)

Si al inicio de la perforación se utilizó como fluido aire o agua, no se requerirá de un lavado previo o lavado primario como se le conoce, por lo tanto, solo se empleará el sifoneo de presión con agua o con aire esto a través de la sarta de perforación.

El método de perforación que se eligió una vez culminado estudio electico vertical, es el método de perforación por percusión en el cual no se cuenta con un lavado a presión se realizara con una agitación mecánica con

cuchara o pistón, cuyo exterior deberá ser aproximadamente la mitad del diámetro interior del ademe lo cual se debe hacer lentamente descendiendo paulatinamente con intervalos a cada tres metros de acuerdo a las especificaciones de CONAGUA, a partir del nivel estático y esta operación también se puede hacer con el método de perforación de rotación, siempre y cuando lo ordene el técnico responsable a cargo de la supervisión de la perforación del pozo. (Conagua, 2016)

Los ademes con incrustaciones con costras de oxidación o en su caso algunas bacterias ferruginosas que se pueden desarrollar física o químicamente se requiriendo de un cepillado para la limpieza en su interior y hacer fácilmente la eliminación de las costras de oxidación al interior del ademe del pozo para mejorar el desarrollo.

Se utilizará un cepillo conformado por dos placas de acero que confinan trozos de cable de acero cuyas puntas sobre salen de manera floreada de las placas o tubería, los cables cubren el diámetro del ademe, las placas que conforman al cepillo serán de un diámetro menor aproximadamente unos 7.6 cm al interior del ademe donde se realizara el cepillado, el método de limpieza es similar a la perforación por percusión ya que el mecanismo que se utiliza es subir y bajar el cepillo con las cerdas de metal una y otra vez de acuerdo a criterio del técnico o personal especializado de la limpieza las veces necesarias hasta que ya no tenga ninguna partícula que se desprenda de las paredes del ademe. (Conagua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Rehabilitación de Pozos, sin fecha)

A si mismo se hará uso de la válvula llamada cuchara para la extracción de todo el material cepillado al interior del ademe que se acumula al fondo del pozo, este proceso se realiza después del cepillado y la extracción de las

partículas cepilladas (costras de oxidación de la tubería de acero) es de manera similar a la extracción de partículas bajando la cuchara hasta el fondo del pozo de manera rápida repitiendo varias veces este proceso hasta que la herramienta salga sin material oxidado.

En el municipio de Atempán se llevó a cabo la rehabilitación del pozo profundo el cual se perforo en el año 2021 pero se abandonó cerca de un año por tal motivo se acumularon partículas azolvando parte del pozo originado por la oxidación de las paredes de la tubería y partículas suspendidas que hayan quedado después de la perforación se retoma el tema de la importancia de hacer la segunda etapa la cual consiste en la distribución y bombeo de agua potable del pozo lo cual CEAS comisión estatal de agua y saneamiento del estado de puebla hace la recomendación que se debe de cepillar y extraer las partículas acumuladas en el pozo los trabajos realizados estuvieron a cargo de la empresa “Electromecánica en Equipos de Bombeo” del estado de Tlaxcala dichos trabajo fueron realizados por el Ing. Carlos Pérez Romero en conjunto con dos técnicos especialistas en rehabilitación de pozos los cuales aparecen en las imágenes 16 y 17 de acuerdo a su experiencia de trabajo indicaban que si había partículas a causa de la oxidación de la tubería.



Imagen 20 propia. - “CEPILLADO DE POZO PROFUNDO EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN PUEBLA” (2023)



Imagen 21 propia. - “EXTRACCIÓN DE PARTÍCULAS PRODUCTO DE CEPILLADO DE POZO PROFUNDO EN EL MUNICIPIO DEATEMPAN PUEBLA” (2023)

•**Bombeo**

Esta prueba consistió en dar a conocer las propiedades hidráulicas del acuífero o corrientes subterráneas que se encuentran en el entorno del pozo, para efectuarla se requiere que cumplan con la mayoría de los siguientes requisitos sugeridos:

- Contar con un equipo de bombeo en las mejores condiciones posibles para un bombeo continuo durante la prueba.
- Permitir ser sondeado.
- Se debe disponer de un medidor que mida los volúmenes de extracción para poder determinar el caudal del bombeo.
- Que el agua extraída mediante bombeo no se infiltre en las proximidades del pozo, ya que en caso contrario se analizara el caso de realizar una instalación provisional para el desvío del agua en el sitio de estudio mediante tuberías alrededor de una distancia de 200 m.
- No hayan sido manipulados durante las últimas 24 horas.

- Por reglas de operación, y no dar datos erróneos la distancia entre pozos de prueba de bombeo se debe de encontrar a una distancia no menor a de 1 km o hayan estado bombeando antes de las 24 horas de dar la indicación de prueba de bombeo.
- Se debe aportar todas las características constructivas del pozo marcadas en el proyecto como lo son principalmente, profundidad, diámetro, corte litológico etc.
- Si hay pozos cercanos al pozo de estudio que no hayan operado durante 24 horas y que puedan ser fácilmente sondeados, para utilizarlos como pozos de observación.

Durante este proceso de bombeo se establecerá con dos etapas, las cuales serán, la primera de bombeo y una de recuperación.

Teniendo en cuenta la disponibilidad con el equipo la etapa en la que se realiza el bombeo debe de tener una duración entre 4 y 96 horas, en el caso de que se tengan pozos de observación y entre 4 y 24 horas cuando no tenga ese caso llevando a la prueba al máximo siempre y cuando sea posible realizarlo.

En la primera etapa tendrá de un inicio la misma duración que la del bombeo, pero tendrá la opción de modificarse.

Esta prueba tendrá solo una etapa ya sea la de bombeo o la de recuperación, en caso de no contar con un equipo de bombeo correcto por un tiempo considerable o de que las condiciones existentes no favorezcan realizar las pruebas correspondientes.

La siguiente etapa que solo consistirá en la de recuperación, se deberá llevar un registro en el cual se anotará el caudal, así mismo toda la duración y hora de suspensión o término del bombeo.

En la ejecución de la prueba antes de realizar se debe de llevar a cabo la revisión del equipo a utilizar principalmente cronómetros, sondas, cintas métricas, escuadra para aforo, etc. y así tener un correcto funcionamiento, como punto clave siempre es recomendable verificar previamente que el cable de la sonda este correctamente calibrado.

Previo a iniciar la prueba de bombeo, se realiza la medición de la profundidad del nivel estático en el pozo el cual se realizará dicha prueba, anotando principalmente hora de inicio es un paso indispensable y lecturas iniciales con el nombre del lugar o nombre del pozo donde se encuentre.

Se comenzará el bombeo procurando mantener un caudal constante, para así poder tomar una medición del agua en el pozo de bombeo, con una de tabla en la cual indica determinados tiempos a continuación se indican:

LECTURA	TIEMPO A PARTIR DE LA INICIACIÓN DEL BOMBEO
1	<i>Inmediatamente antes de iniciar el bombeo</i>
2	15 seg
3	30 seg
4	1 minuto
5	2 minutos
6	4 minutos
7	8 minutos
8	15 minutos
9	30 minutos
10	1 hora
11	2 horas
12	4 horas
13	8 horas
14	16 horas
15	24 horas
16	32 horas
17	40 horas
18	48 horas

Tabla 1.- TIEMPO (INICIO DE BOMBEO) (Conagua, 2016)

Los intervalos de tiempo seleccionados en los cuales se harán unas observaciones o lecturas que son necesarias para tener que cuantificar el

caudal del bombeo, con las observaciones realizadas se construirá en el sitio de prueba una gráfica de variación del nivel dinámico en el tiempo para el pozo en el cual se realizara la prueba de bombeo en la gráfica se podrá utilizar papel con trazos aritméticos o semilogarítmicos (los tiempos se llevaran con escala logarítmica) lo cual nos ayudara a llevar el correcto desarrollo de la prueba, nos permitirá hacer la detección de errores de medición, variación sensible del caudal y otras anomalías a causas de factores externos que puede tener como consecuencia la suspensión de la prueba. (Conagua, 2016) La duración de esta prueba de bombeo fijada inicialmente podrá modificarse con los siguientes criterios:

- Si el caudal en la prueba de bombeo varia apreciablemente de una forma continua e incontrolable se puede suspender la prueba cuando la gráfica de nivel dinámico – tiempo pozo bombeado en trazo (semilogarítmico o aritmético) se observe una estabilización del nivel dinámico en un tiempo mínimo estimado de 4 horas podrá suspenderse.

Una vez con la culminación con la prueba de bombeo, inmediatamente se iniciará con la siguiente etapa que será la de recuperación y se efectuaran observaciones en los tiempos indicados que se muestran en la siguiente tabla. (Conagua, 2016)

LECTURA	TIEMPO A PARTIR DE LA SUSPENSIÓN DEL BOMBEO
1	<i>Inmediatamente antes de suspender el bombeo</i>
2	<i>15 seg</i>
3	<i>30 seg</i>
4	<i>1 minuto</i>
5	<i>2 minutos</i>
6	<i>4 minutos</i>
7	<i>8 minutos</i>
8	<i>15 minutos</i>
9	<i>30 minutos</i>
10	<i>1 hora</i>
11	<i>2 horas</i>
12	<i>4 horas</i>
13	<i>8 horas</i>
14	<i>16 horas</i>
15	<i>24 horas</i>
16	<i>32 horas</i>
17	<i>40 horas</i>
18	<i>48 horas</i>

Tabla 2.- (TABLA TIEMPO DE RECUPERACIÓN) (Conagua, 2016)

Con la terminación de la prueba de bombeo el siguiente paso es la recuperación, en la cuales se efectuaran observaciones en los tiempos indicados, los cuales deberá suspenderse antes de la duración fijada cuando se observe la estabilización del nivel dinámico por un tiempo mínimo de 2 horas , los tiempos indicados tanto al iniciar el bombeo como la recuperación son una guía de la frecuencia con las que pueden estabilizarse las observaciones, si por cualquier circunstancia no se puede detectar el nivel dinámico en el tiempo señalado, se hará la medición y se indicara el tiempo real que corresponde. (Conagua, 2016)

•Aforo

La prueba del aforo tiene como principal objetivo establecer un caudal optimo al cual se debe de explotar el recurso del agua potable del pozo, es una de las últimas pruebas con las cuales se culmina la construcción del mismo.

Para realizar un aforo correcto se debe de realizar una correcta elección de bomba capaz de entregar un caudal de un orden del 30 por ciento superiores al esperado para poder dar inicio a las operaciones.

El equipo de bombeo en la prueba de aforo principalmente se emplean las bombas verticales tipo turbina que son accionadas por un motor de combustión interna a Diesel de variación de revoluciones regularmente entre las 900r/min y 2000 r/min, la columna a emplear deberá tener la longitud adecuada como recomendación se hace la verificación de profundidad del pozo que es de acuerdo a una profundidad indicada en proyecto en este caso en particular para el municipio de Atempan en la localidad de Tezompan punto denominado como la laguna la profundidad es de proyecto es de 150 metros, esto con el fin de no dañar la bomba al succionar aire al abatirse el nivel dinámico, contar a su vez con un tacómetro de contacto, una sonda de preferencia eléctrica con cable suficiente y un dispositivo de medición de caudal, que consiste en tener un tubo con orificio calibrado y piezómetro. (Conagua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Rehabilitación de Pozos, sin fecha.)

Un practico ejemplo para saber la interpretación puede ser:
900 r/min, 1250 r/min, 1600 r/min y 1900 r/min, bombeando en un orden de una hora cada escalón o cambio de revoluciones que nos arroja tres conclusiones:

*Con el máximo en las revoluciones en nivel dinámico apenas tiene una variación de desplazamiento lo que nos indica que a esas revoluciones la bomba es insuficiente para abatir el pozo y la prueba definitiva no se debe de realizar hasta que se cambie por otra de mayor potencia.

*Se logra abatir el pozo sin problema varios metros sin problema, esto da como resultado que la bomba es adecuada.

*El nivel dinámico ha sido abatido que es hasta donde alcanza la succión de la bomba lo cual hace una manifestación en un flujo de agua interrumpido por la expulsión de bocanadas interrumpidas con aire y agua, da como resultado un pozo incapaz de recuperación pronta lo cual es incapaz de abastecer la bomba o en otro caso le pudo faltar columna. (Conagua, Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Rehabilitación de Pozos sin fecha)

Concluido el ensayo de bombeo se tiene que realizar la medición del nivel dinámico, y para considerar un aforo viable que brinde datos confiables se tiene que considerar 72 horas y en zonas ya conocidas se puede realizar hasta 48 horas.

Una vez concluido el desarrollo del pozo se tendrá que suspender el bombeo lo cual también requerirá de dejar pasar un tiempo suficiente para que se recupere el nivel dinámico del pozo equivalente a un 80% del abatimiento total observado durante la etapa de desarrollo o también considerar un máximo de 24 horas momento en cual el responsable ordenara mediante oficio escrito al contratista el programa de aforo y el inicio de la prueba.

De manera inmediata antes de iniciar la prueba del aforo, se llevará a cabo la medición de la profundidad del nivel estático, anotando las lecturas con fecha y hora en que se realizó dicha medición.

En la programación, todo consistirá en términos básicamente generales en la selección de cuatro caudales, distribuidos uniformemente en función de

gastos máximos y mínimos observados durante el desarrollo de la prueba, mismos que se llevaran en una forma ascendente.

Comenzando el momento en el cual se dé por iniciado la prueba del aforo, se debe mantener el aforo en un mismo ritmo de extracción de caudal durante un lapso requerido para el nivel dinámico se empiece a estabilizar.

Así debe de considerar de una vez el nivel estabilizado, lo cual necesitará de tres lecturas a intervalos iguales de una duración de 30 minutos sin que se estimen variaciones entre ellas.

Una vez anotando lo realizado es necesario proceder a incrementar el caudal de extracción aumentando las revoluciones por minutos de la bomba utilizada en el aforo, realizando las mismas operaciones (nivel dinámico estabilizado), hasta llegar al máximo caudal de extracción de agua que aporta el pozo lo cual en ese momento se dará por terminado la prueba del aforo pasando a la orden escrita por el técnico responsable de la toma de las lecturas de recuperación mediante una variedad de pruebas de bombeo durante un periodo de 4 horas.

Toda la información recabada de los resultados obtenidos durante la prueba de aforo se deberá entregar o consignarse de una forma avalada por la CONAGUA anotando todas las observaciones correspondientes en los intervalos de los 30 minutos.

En esta prueba de ninguna manera durante la etapa del aforo se debe suspender el bombeo, si por condiciones extraordinarias llegará a suceder la empresa contratista responsable deberá que comenzar de nuevo con la realización de la prueba de aforo, la cual al comenzar nuevamente los gastos realizados no se le compensarán ya que fue error de la empresa contratista.

Para dar como favorable y optimo el consumo humano, el agua que se bombea del pozo se deberá realizar un análisis fisicoquímico tomando muestras durante las etapas mínimas y máximas. (Conagua, 2016)



Imagen 22 propia. - EJECUCIÓN DE PRUEBA DE AFORO EN POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN (2023).



Imagen 23 propia. – ANOTACION DE LECTURAS EN PRUEBA DE AFORO EN POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN (2023)

La prueba de aforo que se realizó en el pozo ubicado en la localidad de Tezompan se realizó al término de la perforación realizado por el Ingeniero David Vicencio Mora y como aforador por parte del personal técnico que estuvo pendiente las 72 horas fue Artemio Pérez Pérez, dando inicio el 25 de mayo del 2021 y terminando el 28 de mayo del 2021 con una bomba tipo

turbina con una columna de 4" pulgadas de diámetro y una longitud instalada de 105 m con una velocidad de 1800 R.P.M revoluciones por minuto con 210 H.P caballos de fuerza el cual el pozo cuenta con 25 metros de tubería lisa la profundidad del pozo es a 135 metros, el nivel estático se estableció a 45 metros y el nivel dinámico fue establecido a 110 m donde la prueba de desarrollo fue de 48 horas y la prueba de aforo fue de 24 horas con esta información obtenida nos da como recomendación extraer 4.2 L.P.S. litros por segundo a una profundidad de 110m .

Los datos después del aforo que fue la recuperación de los niveles del pozo nos indica los siguientes datos:

De 105 metros a los 90 metros en 3:40 minutos fue la descarga de la columna de agua.

De los 90 metros a los 80 metros 9:21 minutos.

De los 80 metros a los 70 metros 24:30 minutos.

De los 70 metros a los 60 metros 35:30 minutos.

De los 60 metros a los 55 metros 50:00 minutos.

El nivel estático quedo en 54 metros.

En esta prueba de aforo que se realizó después de concluir la perforación del pozo se realizó e ingreso un proyecto al gobierno del estado para que se realizara la segunda parte que es la extracción y distribución pero el trámite se demoró demasiado ocasionando que el pozo se quedara más de un año sin ser habilitado para la extracción de agua, por lo que actualmente se notificó al ayuntamiento del municipio de Atempan que se dé seguimiento a la petición realizada al gobierno del estado el cual mediante la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de Puebla (CEAS) dio como recomendación hacer otra prueba de aforo el cual se realizó por medio de la

empresa “Electromecánica en Equipos de Bombeo” del estado de Tlaxcala dando inicio 03 de abril del 2023 y terminando 05 de abril del 2023 en la localidad de Tezompan con las siguientes características de la prueba de aforo:

CARACTERÍSTICAS

EQUIPO DE AFORO

Bomba tipo: Sumergible
Modelo: KOR6R200-17
Motor: Altamira Modelo X 20 HP
Columna diámetro: 4” ø
Longitud instalada: 105 m
Orificio calibrado: 4” a 2 1/2 “ø
Variador de velocidad: ABB 125 HP 440 Volts
Modelo: VLT 5000

POZO DE PRODUCCIÓN

Denominación: Pozo Agua Potable
Ubicación: Tezompan
Tubería de ademe: 12” ø
Filtro de grava: 1/2 - 1/4 “
Nivel estático: 44.75 m
Profundidad total: 110 m
Nivel Dinámico: 101.68 m
Gasto Máximo Aforado: 2.40 L.P.S.
Prueba de aforo: 48 horas

Tabla 3.- CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE AFORO Y DEL POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN.) (COINH, 2023)

Con las notas de las características de los datos que se mostraron en la tabla 3 los datos brindados en el primer reporte fueron completamente alterados principalmente en la profundidad total del pozo ya que en el primer reporte nos indica una profundidad de 135 metros y este último reporte con gran certeza nos da la profundidad real del pozo profundo de para agua potable es de 110 metros esto con lleva a que los datos del primer aforo estén completamente erróneos de acuerdo a la empresa “electromecánica en equipos de bombeo” del estado de Tlaxcala ya que también se encargó de más trabajos correspondientes a la rehabilitación del pozo, la prueba de aforo que recientemente se hizo nos da los siguientes datos de registro en campo con un nivel estático a 44.75 m y de recuperación del pozo.

FECHA	HORA	RPM	LECTURA PIEZOMÉTRICA CENTÍMETROS	NIVEL DINÁMICO	GASTO (LPS)	OBSERVACIONES
03/04/2023	18:00	2600	1.4	55.30	1.2	Agua clara
03/04/2023	19:00	2600	1.4	60.70	1.2	Agua clara
03/04/2023	20:00	2600	1.4	31.18	1.2	Agua clara
03/04/2023	21:00	2650	1.4	62.43	1.2	Agua turbia
03/04/2023	22:00	2650	1.4	63.41	1.2	Agua turbia
03/04/2023	23:00	2650	1.4	63.60	1.2	Agua semi turbia
04/04/2023	00:00	2650	1.4	63.68	1.2	Agua semi turbia
04/04/2023	01:00	2650	1.4	63.76	1.2	Agua semi turbia
04/04/2023	02:00	2650	1.4	63.82	1.2	Agua semi turbia
04/04/2023	03:00	2650	1.4	63.88	1.2	Agua semi turbia
04/04/2023	04:00	2650	1.4	63.92	1.2	Agua semi turbia
04/04/2023	05:00	2650	1.4	63.96	1.2	Agua semi turbia
04/04/2023	06:00	2650	1.4	64.05	1.2	Agua semi turbia
04/04/2023	07:00	2650	1.4	64.03	1.2	Agua semi turbia
04/04/2023	07:10	2700	1.4	65.60	1.2	Agua clara
04/04/2023	08:00	2700	1.4	65.68	1.2	Agua clara
04/04/2023	09:00	2700	1.4	65.68	1.2	Agua clara
04/04/2023	10:00	2700	1.4	65.75	1.2	Agua clara
04/04/2023	11:00	2700	1.4	65.80	1.2	Agua clara
04/04/2023	12:00	2700	1.4	65.90	1.2	Agua clara
04/04/2023	13:00	2700	1.4	65.91	1.2	Agua clara
04/04/2023	14:00	2700	1.4	65.97	1.2	Agua clara
04/04/2023	15:00	2700	1.4	65.91	1.2	Agua cristalina
04/04/2023	15:15	2750	1.4	67.15	1.2	Agua cristalina
04/04/2023	16:00	2750	1.4	67.75	1.2	Agua clara
04/04/2023	17:00	2750	1.4	67.64	1.2	Agua cristalina
04/04/2023	18:00	2750	1.4	67.66	1.2	Agua cristalina
04/04/2023	19:00	2750	1.4	67.69	1.2	Agua cristalina
04/04/2023	19:15	2800	1.4	69.50	1.2	Agua clara
04/04/2023	20:00	2800	1.4	69.58	1.2	Agua clara
04/04/2023	21:00	2800	1.4	69.70	1.4	Agua clara
04/04/2023	22:00	2800	1.4	69.67	1.4	Agua clara
04/04/2023	22:10	2900	2	72.78	1.4	Agua semi turbia
04/04/2023	23:00	2900	2	72.80	1.4	agua turbia
05/04/2023	00:00	2900	2	72.81	1.4	agua turbia
05/04/2023	01:00	2900	2	72.83	1.4	agua turbia
05/04/2023	02:00	2900	2	72.85	1.4	agua turbia
05/04/2023	03:00	2900	2	72.87	1.4	Agua clara
05/04/2023	04:00	2900	2	72.89	1.4	Agua clara
05/04/2023	05:00	2900	2	72.90	1.4	Agua clara
05/04/2023	05:15	3000	2.5	76.24	1.6	Agua clara
05/04/2023	06:00	3000	2.5	76.77	1.6	agua turbia
05/04/2023	07:00	3000	2.5	76.80	1.6	Agua semi turbia
05/04/2023	08:00	3000	2.5	76.82	1.6	Agua semi turbia
05/04/2023	08:15	3100	3	79.3	1.7	Agua semi turbia
05/04/2023	09:00	3100	3	80.95	1.7	agua turbia
05/04/2023	10:00	3100	5	81.12	2.2	Agua clara
05/04/2023	11:00	3100	5	81.22	2.2	Agua clara
05/04/2023	12:00	3100	5	81.28	2.2	Agua clara
05/04/2023	13:00	3100	5	81.32	2.2	Agua clara
05/04/2023	14:00	3200	5	89.95	2.2	agua turbia
05/04/2023	15:00	3300	6	91.38	2.4	agua turbia
05/04/2023	16:00	3300	6	91.42	2.4	Agua semi turbia
05/04/2023	16:15	3400	6	96.17	2.4	agua turbia
05/04/2023	17:00	3500	7	100.8	2.6	agua turbia
05/04/2023	18:00	3500	6	101.68	2.4	Agua clara

Tabla 4.- REPORTE DE CAMPO DE LA PRUEBA DE AFORO 48 HORAS DEL POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN (COINH, 2023).

RECUPERACIÓN DE NIVELES			
Minutos	Acumulado	Nivel Inicial en metros	Nivel Final en metros
0:00 - 5:00	05:00	101.68	85.60
5:00 - 10:00	10:00	85.60	68.38
10:00 - 15:00	15:00	68.38	55.70
15:00 - 30:00	30:00	55.70	49.25

Tabla 5.- RECUPERACIÓN DE NIVELES DE LA PRUEBA DE AFORO 48 HORAS DEL POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN (COINH, 2023).

•Información completa de todo el desarrollo del proceso constructivo de la perforación de pozo

Se basa principalmente en la ubicación lo más precisa a realizar la perforación la cual se encuentra en la localidad de Tezompan, municipio de Atempan Puebla el punto se encuentra en la parte sur del municipio siendo también una de las partes más altas y montañosa, y haciendo un análisis de la problemática por la escases de agua el presidente municipal con ayuda de los ingenieros del área de desarrollo urbano y obras públicas optaron por ese punto en específico que cuenta con las coordenadas siguientes:

Coordenadas (Lat, Long)	
Latitud	19°46'13.35942"
Longitud	97°26'57.91592"
M.S.N.M	2601 metros

Tabla 6 propia. – LOCALIZACIÓN CON COORDENADAS DEL POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN (2021). (COINH, 2023)

Con estos datos principalmente se ubica el punto para empezar a realizar el S.E.V (estudio eléctrico vertical) el cual dicho estudio estuvo a cargo de la empresa “Constructora e Ingeniería Hidráulica COINH perforación de pozos profundos, rehabilitaciones, videograbaciones, aforos, reparación de

bombas mantenimiento en general” El estudio geofísico sondeo eléctrico vertical consiste en la evaluación aproximada del potencial geohidrológico para el proyecto de pozo profundo.

Este estudio geofísico que se realizó fue con el objetivo de realizar exploraciones de aguas subterráneas para aportar agua potable principalmente a cinco localidades del municipio de Atempan que son: Tezompan, Apatauyan, San Ambrosio, Las Canoas y el Carmen haciendo sondeos de resistividad eléctrica.

Con los datos favorables del estudio eléctrico vertical se procede a realizar el proyecto realizando números generadores, catálogo de conceptos, presupuesto y calendario de ejecución de la obra la cual nos indicara el monto para realizar un análisis del monto ya que se realizara con catálogos de conceptos y precios unitarios brindados por la dependencia gubernamental bienestar los conceptos utilizado para realizar dicho presupuesto son de CEAS comisión estatal de agua y saneamiento del estado de Puebla de esta dependencia se tomaran los conceptos y precios que son asignados por los analistas de la secretaria de infraestructura del Gobierno de Puebla.

IMAGEN SATELITAL TIPO RELIEVE DEL PUNTO DONDE SE REALIZÓ EL SONDEO ELÉCTRICO VERTICAL



Imagen 24 propia. - LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DONDE SE REALIZARÁ EL POZO PROFUNDO PARA AGUA POTABLE (2021).

El H. Ayuntamiento de Atempan obteniendo los datos del costo total de la obra para la perforación del pozo procedió a realizar la validación del proyecto la cual otorga la Comisión Estatal de Agua y Saneamiento del Estado de Puebla (CEAS), así mismo se hicieron las invitaciones a las diferentes empresas de la región realizando el concurso de dicho proyecto para la perforación de pozo profundo para agua potable en el municipio de Atempan obteniendo el fallo la empresa ganadora con una propuesta lo más viable para llevar a cabo todos los trabajos de perforación de manera correcta dando un plazo de 60 días para culminar dicha obra.

Presupuesto



Proyecto: PERFORACION DE POZO PROFUNDO PARA AGUA POTABLE QUE BENEFICIARA A LA LOCALIDAD DE TEZOMPAN, MUNICIPIO DE ATEMPAN, PUEBLA.

Región Geografica: NORORIENTAL
Localidad: TEZOMPAN
Municipio: ATEMPAN

Clave o Numero	Conceptos de trabajo	Unidad de medida	Cantidad o volumen	Precios costo directo	importe \$
OBRA DE CAPTACION					
1005 01	LIMPIA Y TRAZO EN EL AREA DE TRABAJO.	M2	225.00	\$ 12.17	\$ 2,737.95
5000 00	MOVIMIENTO DEL EQUIPO DE PERFORACION HASTA UNA DISTANCIA DE 15 KM.				
5000 01	TIPO ROTATORIO CON CAPACIDAD PARA PERFORAR HASTA 450 M. DE PROFUNDIDAD.	PG	1.00	\$ 9,762.94	\$ 9,762.94
5001 00	INSTALACION Y DESMANTELAMIENTO DE EQUIPO DE PERFORACION				
5001 01	TIPO ROTARIO CON CAPACIDAD PARA PERFORAR HASTA 450 M. DE PROFUNDIDAD.	PG	1.00	\$ 10,074.13	\$ 10,074.13
5002 00	TRANSPORTE DEL EQUIPO DE PERFORACION EN KM-SUBSECUENTES A LOS PRIMEROS 15 KM. CON CAPACIDAD PARA PERFORAR HASTA 450 M. DE PROFUNDIDAD.				
5002 01	TIPO ROTATORIO, CAMINO PAVIMENTADO.	KM	100.00	\$ 37.24	\$ 3,724.00
5004 00	EQUIPO DE PERFORACION TRABAJANDO EN OPERACIONES ORDENADAS POR LA COMISION.				
5004 01	TIPO ROTATORIO.	HORA	90.00	\$ 1,604.94	\$ 144,444.31
5005 00	EQUIPO DE PERFORACION INACTIVO POR INSTRUCCIONES DE LA COMISION O DURANTE EL FRAGUADO DE LAS CIMENTACIONES.				
5005 01	EQUIPO DE PERFORACION PARADO, TIPO ROTATORIO.	HORA	126.00	\$ 890.18	\$ 112,162.56
5015 00	ACARREO DE AGUA EN CAMIONES TANQUE....				
5015 01	ACARREO DE AGUA EN CAMIONES TANQUE (PIPAS) PRIMER KILOMETRO	M3	40.00	\$ 35.24	\$ 1,409.60
5015 02	ACARREO DE AGUA EN CAMIONES TANQUE (PIPAS) KILOMETROS SUBSECUENTES	M3/KM	300.00	\$ 4.99	\$ 1,798.40
5030 00	PERFORACION DE POZO DE 12" DE DIAM. EN MATERIAL....				
5030 09	TIPO II DE 0.00 A 100.00 M. DE PROFUNDIDAD.	M	76.51	\$ 1,295.19	\$ 99,004.99
5030 17	TIPO III DE 0.00 A 100.00 M. DE PROFUNDIDAD.	M	23.49	\$ 2,831.69	\$ 66,516.40
5030 18	TIPO III DE 100.00 A 200.00 M. DE PROFUNDIDAD.	M	50.00	\$ 3,065.41	\$ 152,770.50
5040 00	AMPLIACION DE PERFORACION DE POZOS DE 12" A 24" EN MATERIAL....				
5040 40	TIPO II DE 0.00 A 100.00 M. DE PROFUNDIDAD.	M	76.51	\$ 1,891.80	\$ 144,741.62
5040 43	TIPO III DE 0.00 A 100.00 M. DE PROFUNDIDAD.	M	23.49	\$ 4,235.92	\$ 99,501.78
5040 44	TIPO III DE 100.00 A 200.00 M. DE PROFUNDIDAD.	M	50.00	\$ 4,341.97	\$ 217,098.50
5050 00	REGISTRO ELECTRICO CON GRAFICAS DE RESISTIVIDAD Y POTENCIAL NATURAL				
5050 01	PARA PROFUNDIDADES HASTA DE 450.00 M. DE PROFUNDIDAD.	PZA	1.00	\$ 8,451.44	\$ 8,451.44
5061 00	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TUBERIA DE ACERO LISO PARA ADEME, CON DOBLE CORDON DE SOLDADURA EN JUNTAS Y ARCO ELECTRICO.				
5061 06	DE 12" DE DIAMETRO X 1/4 DE ESPESOR	M	12.00	\$ 1,142.84	\$ 13,714.08
5061 23	DE 12" DE DIAMETRO.	M	138.00	\$ 1,249.75	\$ 172,465.50
5065 01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE FILTRO DE GRAVA PARA POZO.	M3	31.81	\$ 1,266.65	\$ 40,287.21
5065 02	ACARREO DE GRAVA PARA FILTRO DE POZO EN KMS. SUBSECUENTES AL PRIMERO	M3/KM	3,069.53	\$ 4.60	\$ 14,119.85
5080 00	DESARROLLO Y AFORO O PRUEBA DE BOMBEO EFECTIVA CON BOMBA VERTICAL TIPO TURBINA, CON MOTOR DE COMBUSTION INTERNA POR UN LAPSO DE 24 HRS.				
5080 06	BOMBA CON COLUMNA DE 8" (203 mm) DE DIAMETRO, COMPREDIDA ENTRE 103.7 M. Y 152 MTS. DE LONGITUD (34 A 50 TRAMOS) Y MOTOR DE 180 H.P. NOMINALES MINIMOS.	P.G.	1.00	\$ 41,261.21	\$ 41,261.21
5081 00	HORAS EFECTIVAS DE BOMBEO DE POZO, EMPLEANDO BOMBA VERTICAL TIPO TURBINA ACCIONADA POR MOTOR DE COMBUSTION INTERNA EN TIEMPOS ADICIONALES A LAS PRIMERAS 24 HRS.				
5081 06	CON UNA BOMBA DE 203 MM. (8") COMPREDIDA ENTRE 103.7 Y 152.5 M. (34 A 50 TRAMOS) DE LONGITUD Y 305 H.P.	HR	46.00	\$ 482.82	\$ 23,175.36

SUB-TOTAL: \$ 1,379,310.34

IVA: 16% \$ 220,689.65
TOTAL \$ 1,599,999.99

Va. Bo.
ING. GERARDO ORTEGA SALAMANCA
DIRECTOR DE DESARROLLO URBANO Y OBRAS PUBLICAS

Va. Bo.
ING. CARLOS HERRERA GONZALEZ
PRESIDENTE MUNICIPAL CONSTITUCIONAL

Imagen 25 propia. - PRESUPUESTO DEL PROYECTO PARA LA PERFORACIÓN DEL POZO PARA AGUA POTABLE (2021).

Teniendo a la empresa ganadora se le notifico para que firmara el contrato y comenzaran los trabajos de perforación del pozo con la maquinaria adecuada de acuerdo a las recomendaciones que se establecen en los estudios previos haciendo la instalación en el lugar donde se eligió el lugar para perforar realizando el anclaje de la torre de perforación con los cables la cual debe quedar nivelado y aplomado ya que es la estructura principal y debe de ser anclada para tener una mayor seguridad con cables tensores los cuales son de gran resistencia para trabajos a grandes fuerzas para que finalmente este fija la torre y se instale el sistema de poleas y trepano ya que el método de perforación elegido fue por percusión, también la excavación para la circulación del lodo bentónico.

Posteriormente se comienzan los trabajos de perforación con el personal técnico que se designó por parte de la empresa para la perforación del pozo de agua potable con un plazo de 60 días dicha perforación fue avanzando conforme a la dureza del material que hay en la zona.

Los trabajos de perforación del pozo se van realizando conforme los días van avanzando los metros y aumentado la profundidad del mismo para llegar a la profundidad recomendada de acuerdo al sondeo eléctrico vertical, los técnicos y el personal designado por la empresa tiene descansos los fines de semana lo cual no afecta en los trabajos que se realizan así mismo se coloca un contra ademe para evitar derrumbes de material durante la perforación.

Se ira colocando la tubería ciega o tubería lisa que va al inicio de la perforación del pozo aproximadamente 25 metros, después se colocara la tubería ranurada esta es la que permitirá la filtración de agua atreves de sus aberturas, y para evitar contaminación por partículas de que se despenden de

las partes de la perforación se coloca un filtro el cual es de un material llamado cuarzo su tamaño es de $\frac{1}{2}$ " a $\frac{1}{4}$ " se colocara alrededor de la tubería evitando así el paso y partículas al pozo.

CAPÍTULO V - CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como conclusión podemos decir que en el proceso constructivo para un pozo profundo para agua potable como el realizado en el municipio de Atempan es necesario apoyarse de manuales los cuales nos dan recomendaciones de como iniciar una perforación y que método es el más recomendable de acuerdo con el sitio del estudio geofísico previamente realizado.

Una vez obtenido el método se llevó a cabo la perforación del pozo mediante el método a percusión analizando cada paso que se ejecutó se hiciera correctamente con la maquinaria adecuada con sus respectivas herramientas y el personal técnico indispensable; se observó que durante el proceso constructivo se instalaron correctamente el ademe y la tubería ranurada, para lo cual es muy importante saber cómo ir colocándola para tener una buena aportación de agua en la perforación.

No obstante, en la prueba de aforo y medición de profundidad del pozo se tuvieron que hacer dos veces las pruebas del aforo, ya que el primero fue cuando se culminó la perforación arrojando datos falsos como lo es la profundidad y aforo, lo cual nos mostró la falta de profesionalismo y ética por parte del personal técnico del primer aforo.

Posteriormente se realizó un segundo aforo con personal con amplia experiencia en rehabilitaciones y mantenimiento de pozos, por lo cual, los datos obtenidos por ellos fueron todo un éxito, la información fue completamente congruente con lo que se vio en campo y hasta incluso se realizó una video grabación en el interior del pozo.

La ventaja de todo esto es que la población de la parte alta del municipio de Atempan tiene el beneficio de tener agua potable en temporadas de sequía

principalmente en los meses de abril y mayo y no estar con la escasez que afectaba mucho su calidad de vida.

Con lo mencionado en los párrafos anteriores nos damos cuenta que es muy importante tener un orden durante la construcción o perforación de un pozo profundo, que las reglas de operación son fundamentales para el mejoramiento del proceso constructivo; que las investigaciones realizadas por ingenieros pioneros se deben de tomar en cuenta y si es posible ir modernizando los datos que ya han sido escritos en los manuales.

Actualmente las perforaciones de pozos están tomando un gran auge por la escasez del vital líquido principalmente en temporadas de calor, el poco personal técnico especializado no se da abasto suficiente con la alta demanda que hay, es por ello la importancia de conocer del ámbito del cómo realizar la perforación de un pozo profundo para agua potable y no herrar, además de ir proponiendo una actualización e ir dando a conocer el proceso constructivo.

En esta investigación, el haber ido analizando los datos del proceso constructivo para la perforación de un pozo profundo en el municipio de Atempan nos trae como benéfico o experiencia tener más conocimiento en el área de construcción específicamente en perforación de pozos ya que es una parte de la ingeniería civil que se ha descuidado un poco causando desconocimiento de cómo mejorar los procedimientos, causando una mala ejecución de las perforaciones en algunos pozos.

Por ello es muy importante que se dé a conocer que tan importante es tener el conocimiento de los estudios previos para tener la factibilidad de una perforación y verificar el método de perforación principalmente es el de percusión aunque existen otros, conocer con una literatura actualizada los tipos de maquinaria y los pasos necesarios para que se lleve a cabo la

construcción de un pozo teniendo un personal capacitado y actualizado en perforación de pozos, por lo que con la recopilación de datos de la perforación del pozo profundo en el municipio de Atempan se analizó que es necesario la supervisión constante y no confiar en los técnicos encargados de los trabajos de perforación, ir verificado que la colocación de la tubería se correcta hasta su culminación pasando a la prueba de bombeo y aforo y cuestionar al personal a modo que la información que te brinde no sea falsa corroborando en el sitio las medidas con una sonda para conocer los metros de perforación y los datos obtenidos de la prueba de aforo.

1. Referencias

- Conagua. (01 de Abril de 2016). Especificaciones Técnicas Generales Para La Perforación De Pozos Para Agua. 22.
- Conagua. (s.f.). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Rehabilitación de Pozos. México, Tlalpan, México: ISBN: 978-607-626-028-9.
- Morales Estibur Johan Antonio, N. R. (2018). *Estudio Hidrogeologico Para la Elección de los Métodos Constructivos en Pozos de Agua*. Lima.
- Piqueras, V. Y. (15 de Mayo de 2015). *Perforación a percusión con cable*. Obtenido de Universidad de Valencia: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2015/05/15/perforacion-a-percusion-con-cable/>
- Pissa, L., & Steven, A. (2015). Guia Básica de Construcción de Pozos Profundos. Pereira, Colombia.
- Robillor Paul Dr, S. W. (06 de Mayo de 2021). *Mantenimiento y Rehabilitación de Pozos de Agua*. Obtenido de PennState Extension: <https://extension.psu.edu/mantenimiento-y-rehabilitacion-de-pozos-de-agua>
- Rodríguez Tejeda, E. A. (Agosto de 2017). Perforación y Terminación de Pozos Profundos Para Agua Potable en el Estado de México. México.
- Torres Garcia, J. (2004). *"Diseño, Construcción y Mantenimiento de Pozos Profundos"*. Acatlan, Edo, de Mexico: Unam - Direccion General De Bibliotecas.
- Urbina, J. E. (2019). *Suministro de agua potable en el municipio de Achuapa, Departamento de León*. Managua.
- Zambrano, J. (11 de Mayo de 2022). Registran 92 municipios de Puebla algún grado de sequía. *Milenio*.

2. Anexo Bibliográfico

- Conagua. (01 de Abril de 2016). Especificaciones Técnicas Generales Para La Perforación De Pozos Para Agua. 22.
- Conagua. (s.f.). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Rehabilitación de Pozos. México, Tlalpan, México: ISBN: 978-607-626-028-9.
- Morales Estibur Johan Antonio, N. R. (2018). *Estudio Hidrogeologico Para la Elección de los Métodos Constructivos en Pozos de Agua*. Lima.
- Piqueras, V. Y. (15 de Mayo de 2015). *Perforación a percusión con cable*. Obtenido de Universidad de Valencia: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2015/05/15/perforacion-a-percusion-con-cable/>
- Robillor Paul Dr, S. W. (06 de Mayo de 2021). *Mantenimiento y Rehabilitación de Pozos de Agua*. Obtenido de PennState Extension: <https://extension.psu.edu/mantenimiento-y-rehabilitacion-de-pozos-de-agua>

3. Fuentes Bibliográficas Electrónicas

<https://www.maridia.com.mx/perforacion-de-pozos-de-agua/>

<https://aquasistemas.com.gt/bombas-de-agua/historia-y-origen-de-los-pozos-de-agua>

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2015/05/15/perforacion-a-percusion-con-cable/>

<https://www.ferrersl.com/noticias/proyectos-servicios/perforacion-percusion-cable/>

<https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua-del-sistema/captacion/pozos-perforados-%28pozo-profundo%29>

<https://extension.psu.edu/mantenimiento-y-rehabilitacion-de-pozos-de-agua>

<https://fannsn.files.wordpress.com/2013/09/metodos-de-exploracion.pdf>

<https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=21017#collapse-Resumen>

<https://www.atempan.gob.mx/acerca-de>

4. INDICE IMÁGENES

Imagen 1 propia. - “ESTUDIO ELÉCTRICO VERTICAL (2021)”	15
Imagen 2 propia. - “ESTUDIO ELÉCTRICO VERTICAL (2021)”	15
Imagen 3.- ESQUEMA DE EQUIPO DE PERFORACION PO PERCUSION Y BARRENO O TREPANO PARA EL PROCEDIMIENTO DE PERFORACION (Exploración, 2013)	19
Imagen 4.-PERFORADORA A PERCUSIÓN (Torres García, 2004)	25
Imagen 5.- TRÉPANOS (Piqueras, 2015)	26
Imagen 6.- BARRENOS Y TIJERA DE PERFORAR (Piqueras, 2015).....	26
Imagen 7.- TERMINACIÓN DE POZO (PROYECTO POZO TEZOMPAN) 2021	37
Imagen 8.- BENTONITA (PROYECTO POZO TEZOMPAN) 2021	42
Imagen 9.- SARTA DE PERFORACIÓN CON SUS CUATRO ELEMENTOS QUE LA CONFORMAN, PARA LA PERFORACIÓN A PERCUSIÓN (Torres García, 2004)	47
Imagen 10.- SISTEMA DE APLICACIÓN A.P.I (Torres García, 2004)	47
Imagen 11.- PERFORADORA A PERCUSIÓN (Torres García, 2004)	49
Imagen 12.- PERFORACION DE POZO MUNICIPIO DE ATEMPAN (2021)	49
Imagen 13.- BARRETÓN O BARRA MAESTRA (Torres García, 2004)	50
Imagen 14.- A) TREPANO TIPO REGULAR B) TREPANO TIPO CALIFORNIA DE HOMBROS RECTOS C) TREPANO TIPO CALIFORNIA DE HOMBROS EN BISEL D) TREPANO TIPO SALOMÓN. TRÉPANOS UTILIZADOS PARA LA PERFORACIÓN. (Torres García, 2004).	51
Imagen 15.- TIJERAS DE PERFORACIÓN (Torres García, 2004).	51
Imagen 16.- VÁLVULAS O CUBETAS DE CUCHARERO (Torres García, 2004).....	52

Imagen 17 propia. - LIMPIEZA DE POZO MUNICIPIO DE ATEMPAN USANDO CUCHARA CON VÁLVULA DE BISAGRA (2021).....	53
Imagen 18 propia. - INSTALACIÓN DE VIDEO CÁMARA SUMERGIBLE (POZO LOCALIDAD DE TEZOMPAN)2022	57
Imagen 19 propias. - CÁMARA SUMERGIBLE EN FUNCIONAMIENTO (POZO LOCALIDAD DE TEZOMPAN)2022.	57
Imagen 20 propia. - “CEPILLADO DE POZO PROFUNDO EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN PUEBLA” (2023)	600
Imagen 21 propia. - “EXTRACCIÓN DE PARTÍCULAS PRODUCTO DE CEPILLADO DE POZO PROFUNDO EN EL MUNICIPIO DEATEMPAN PUEBLA” (2023)	61
Imagen 22 propia. - EJECUCIÓN DE PRUEBA DE AFORO EN POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN (2023).....	69
Imagen 23 propia. – ANOTACION DE LECTURAS EN PRUEBA DE AFORO EN POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN (2023)	69
Imagen 24 propia. - LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DONDE SE REALIZARÁ EL POZO PROFUNDO PARA AGUA POTABLE (2021).....	74
Imagen 25 propia. - PRESUPUESTO DEL PROYECTO PARA LA PERFORACIÓN DEL POZO PARA AGUA POTABLE (2021).....	76

5. INDICE TABLAS

Tabla 1.- TIEMPO (INICIO DE BOMBEO) (Conagua, 2016)	633
Tabla 2.- (TABLA TIEMPO DE RECUPERACIÓN) (Conagua, 2016).....	655
Tabla 3.- CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO DE AFORO Y DEL POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN.) (COINH, 2023)	711
Tabla 4.- REPORTE DE CAMPO DE LA PRUEBA DE AFORO 48 HORAS DEL POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN (COINH, 2023).	722
Tabla 5.- RECUPERACIÓN DE NIVELES DE LA PRUEBA DE AFORO 48 HORAS DEL POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN (COINH, 2023).....	73
Tabla 6 propia. – LOCALIZACIÓN CON COORDENADAS DEL POZO PROFUNDO DE AGUA EN EL MUNICIPIO DE ATEMPAN (2021).....	73