



# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ACATLÁN**

“CÁLCULO PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE UN TANQUE DE  
REGULARIZACIÓN PARA LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO  
CORRALES, MUNICIPIO DE ALFAJAYUCAN, ESTADO DE  
HIDALGO”

**T E S I S A**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**I N G E N I E R O C I V I L**

PRESENTA

TREJO GARCIA CHRISTIAN MARIANO

ASESOR

ING. HERMENEGILDO ARCOS SERRANO

FEBRERO DE 2009.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

Antes que a nadie mi mas eterno agradecimiento a dios, por la fortaleza, la voluntad y la gran entereza para lograr una meta mas en mi vida, por darme sabiduría e inteligencia para alcanzar cada peldaño de la vida.

**GRACIAS**

A Mari, mi mama por todo el apoyo incondicional y sobre todo moral, por cada noche de desvelo, por estar siempre en las malas y en las peores, gracias por cada regaño que me impulso a seguir adelante, a no decaer a luchar por un escalón más, gracias por hacerme un hombre de bien, y hoy un gran profesional.

**GRACIAS**

A mi hermana Arely, por ser mi más grande amiga, por todas las alegrías en esta etapa compartida, por el apoyo mutuo.

**GRACIAS**

A Sandy, Yael y sin olvidar a mi cuñado, a esa gran familia que hoy han formado, por estar conmigo en este camino que hoy llega a uno de sus destinos.

**GRACIAS**

A mis tíos Irineo, Reyna, pues a ellos les debo mi estancia en la capital, a su apoyo incondicional para hacer mas grata mi etapa de universitario.

**GRACIAS**

También a cada uno de mis profesores, maestros, doctores e ingenieros pero sobre todo grandes seres humanos, por todas las enseñanzas y consejos que nutrieron mi etapa de estudiante y que marcaran mi vida como profesional.

**GRACIAS**

A todas aquellas personas, familiares, parientes, amigos, conocidos, vecinos que vivieron de cerca este gran sueño hoy hecho realidad, y que me brindaron su apoyo de una u otra forma.

**GRACIAS**

**ATENTAMENTE**

**CHRISTIAN MARIANO TREJO GARCIA**

# ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	1
-------------------	---

## CAPÍTULO I CAPTACIÓN

1.1	CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRANEAS.....	7
1.2	POZOS VECINOS.....	8
1.3	ESTUDIOS PARA LA PERFORACIÓN DEL POZO.....	8
1.4	PERFORACIÓN DEL POZO.....	17
1.5	CALIDAD DEL AGUA EXTRAÍDA.....	19
1.6	AFORO.....	25
1.7	SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO.....	26
1.8	DIMENSIONAMIENTO DE LA LINEA DE CONDUCCIÓN.....	27

## CAPÍTULO II DATOS DE PROYECTO

2.1	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.....	35
2.2	POBLACIÓN ACTUAL.....	36
	2.2.1 HOMBRES.....	36
	2.2.2 MUJERES.....	36
2.3	OCUPACIÓN.....	36
2.4	ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN.....	36

## **CAPÍTULO III DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO**

3.1	DOTACIÓN.....	39
3.2	POBLACIÓN DE PROYECTO.....	40
3.2.1	MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS.....	40
3.2.2	MÉTODO DE INCREMENTOS DIFERENCIALES.....	43
3.3	GASTOS DE DISEÑO.....	44
3.3.1	GASTO MEDIO ANUAL.....	44
3.3.2	GASTO MÁXIMO DIARIO.....	45
3.2.3	GASTO MÁXIMO HORARIO.....	45
3.4	RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS.....	46

## **CAPÍTULO IV DIMENSIONAMIENTO**

4.1	GENERALIDADES.....	47
4.2	FUNCIÓN DEL TANQUE DE REGULARIZACIÓN.....	47
4.3	TIPOS DE TANQUES.....	48
4.3.1	TANQUES SUPERFICIALES.....	48
4.3.2	TANQUES ELEVADOS.....	48
4.3.3	ELECCIÓN DEL TANQUE.....	48
4.4	MATERIALES.....	49
4.5	DIMENSIONAMIENTO .....	49

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>57</b>
--------------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>58</b>
--------------------------	-----------

<b>ANEXOS.....</b>	<b>60</b>
--------------------	-----------

## INTRODUCCION

EL AGUA ES UNO DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES DE LA VIDA, SI NO ES QUE EL MAS IMPORTANTE, LOS SERES HUMANOS ESTAMOS CONSTITUIDOS ENTRE EL 70% Y EL 85% DE AGUA CON RESPECTO A NUESTRA MASA CORPORAL. EL AGUA NO SOLO ES VITAL Y NECESARIA PARA PRESERVAR LA VIDA DE LAS PLANTAS, ANIMALES, MICROORGANISMOS, SI NO TAMBIEN ES INDESPENSABLE EN LA VIDA DE CADA UNO DE NOSOTROS, YA QUE CON ELLA SATISFACEMOS NECESIDADES ESENCIALES PARA NUESTRO BIEN VIVIR, POR EJEMPLO ELABORAR LOS ALIMENTOS, ASEARNOS, PREVENIR ENFERMEDADES Y ADEMAS INGERIRLA, ALGUNAS INDUSTRIAS LA EMPLEAN EN GRAN MEDIDA PARA LA FABRICACION DE SUS PRODUCTOS.

AUNQUE EL 71% DEL GLOBO TERRAQUEO ESTA CUBIERTA DE AGUA, LLAMESE OCEANOS, MARES, ARROYOS, LAGOS Y LAGUNAS POR MENCIONAR ALGUNOS, LA CANTIDAD QUE DISPONEMOS PARA EL CONSUMO HUMANO Y QUE APARTE DEBE SER DE BUENA CALIDAD ESTA LIMITADA Y MAS AUN CON EL PASO DE LOS AÑOS Y EL CRECIENTE AUMENTO DE LA CONTAMINACION DEL AIRE, DEL SUELO Y AGUA, AUNADO AL INCREMENTO DE LA POBLACIÓN.

EL PRESENTE TRABAJO TIENE LA FINALIDAD DE MARCAR LOS LINEAMIENTOS ESENCIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN Y CORRECTO APROVECHAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE COMO ES EL CASO DE LA PERFORACION DE UN POZO PARA AGUA POTABLE, LA CONDUCCIÓN Y EL OPTIMO APROVECHAMIENTO DEL TANQUE DE REGULARIZACION.

DICHO PROYECTO SE DESARROLLÓ EN LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO CORRALES, EN EL MUNICIPIO DE ALFAJAYUCAN, ESTADO DE HIDALGO, EL TRABAJO ESTAN INTEGRADO POR LOS ELEMENTOS QUE A CONTINUACION SE MENCIONAN: LOS ANTECEDENTES DEL LUGAR DE ESTUDIO, LA CAPTACION DE AGUAS SUPERTERRANEAS, LOS DATOS PARA LA ELABORACION DE EL PROYECTO, LOS DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DE EL TANQUE DE REGULARIZACION Y POR ULTIMO LOS CALCULOS EFECTUADOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO ACERTADO DE EL TANQUE.

## ANTECEDENTES

### Localización geográfica.

La comunidad de San Antonio Corrales se encuentra localizada en el lado norponiente de Alfajayucan, Estado de Hidalgo, su ubica entre el ecuador y el trópico de cáncer con una altitud de 1800 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas: longitud oeste  $99^{\circ}22'00''$  y con latitud norte  $20^{\circ}25'00''$ .

La localidad en estudio colinda al norte con la comunidad del Espíritu y Zozea, al sur con Boxtho, al oriente con la cabecera municipal y al poniente con Huapilla.

### Vías de comunicación.

Se llega a la comunidad a través de la carretera federal No 45, la cual comunica a la ciudad de Ixmiquilpan con la ciudad de Huichapan, ambas en el estado de Hidalgo, en el kilómetro 17 se encuentra la desviación a la cabecera municipal y aproximadamente a 5 km. se llega a la misma, partiendo de aquí en dirección poniente encontramos el camino a la comunidad de San Antonio Corrales que se localiza a 3 Km. de la cabecera, la cual prácticamente se ha unido a ella.



Fig. 1 localización

## Clima

La comunidad tiene un clima seco y semiseco templado, con lluvias en verano, una temperatura media anual de 24.4°C, máxima de 25.3°C y mínima de 15.5°C. La precipitación total anual es de 503.3 mm., la máxima de 142.8 mm. y la mínima con 4.3mm.

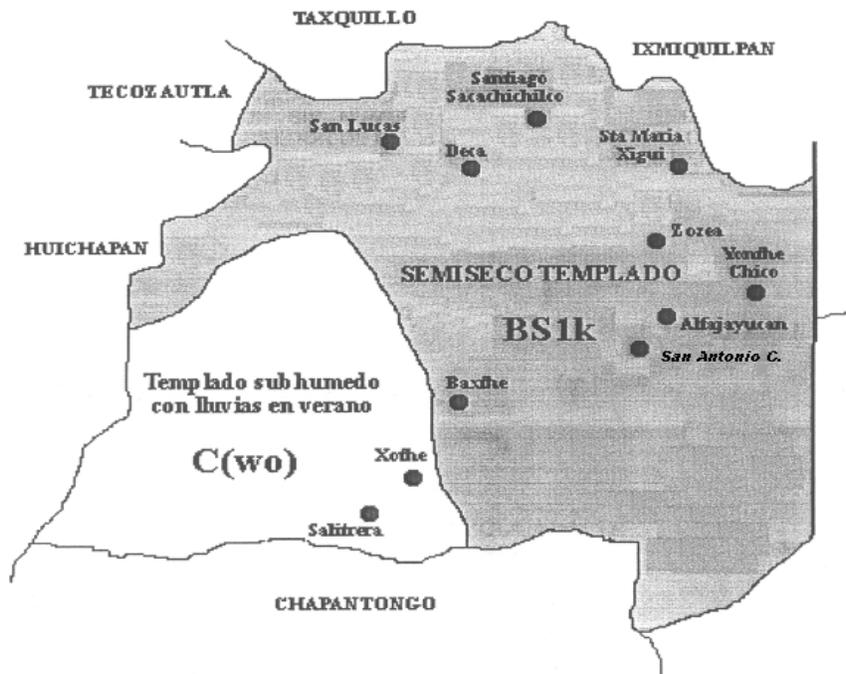


Fig.2 clima

## Orografía

La comunidad esta situada dentro de la región orografía denominada “eje neovolcanico” y la subprovincia formada por las llanuras y sierras del estado de Hidalgo y Querétaro.

El eje neovolcanico esta integrado por sierras volcánicas y colados lavicos, conos dispersos, amplios escudos volcánicos de basaltos y depósitos de arenas y cenizas. Este eje a su paso por Hidalgo forma el gran cerro Bathe, cerro Baxthe y cerro la Campana, con una orientación noroeste-sureste, y el cual marca el drenaje de la región, las elevaciones promedio de estos cerros son del orden de los 2500 metros sobre el nivel del mar.

La subprovincia la forman las llanuras y sierras del estado de Hidalgo y Querétaro, se extiende desde el oeste de la ciudad de Querétaro, hasta Pachuca. El 37.41 % de su superficie situada en el estado de Hidalgo y atraviesa el municipio de Alfajayucan donde se

encuentra situada la comunidad de San Antonio Corrales. Es un corredor de 2000 metros sobre el nivel del mar, con lomeríos bajos de material volcánico y llanuras.



Fig.3 orografía

### Hidrografía

La comunidad de San Antonio Corrales queda enclavada dentro de la región hidrológica del río Panuco y de la vertiente del golfo de México.

Los ríos que surcan el área obedecen a un patrón de fracturas las cuales recargan los acuíferos y manantiales de la región. Entre ellos se encuentran: Donguinyo, el cual nace en las estribaciones del cerro Grande y el Soldado su cauce esta en dirección suroeste a noreste, pasa por la comunidad de Milpa Grande, Deca y San Francisco, tenemos los ríos San Antonio, la Hierbabuena, las Cruces, el Sabino y el Zapote los cuales se unen a el río Alfajayucan y tienen una dirección de cauce de norte a sur. Todo este sistema hidrológico tiene como principal dren el río Alfajayucan de corriente intermitente, el cual forma una sub-cuenca del mismo nombre.



Fig. 4

sub-cuenca Alfajayucan

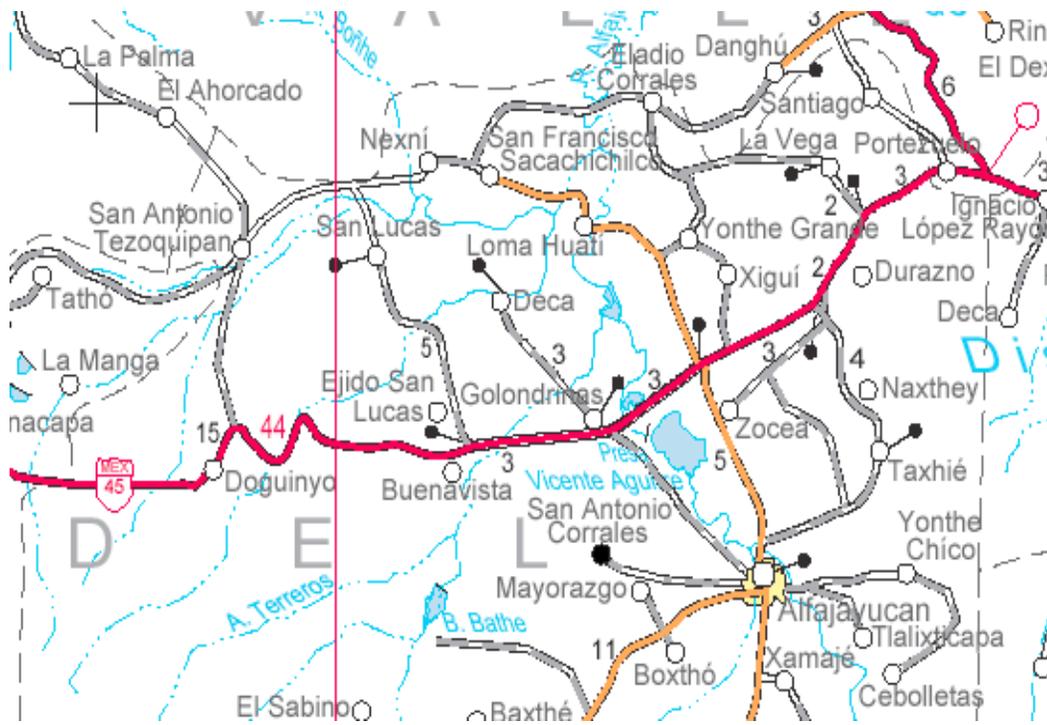


Fig. 5 ríos y presas

## Flora

La flora característica de la comunidad en estudio esta constituida por: magueyes, el cual se cultiva para la producción de pulque y nopales. Diversos tipos de cactáceas como: cactus, garambullos, etc. Árboles como son: el Pirul, Mezquite, y Matorrales



Fig. 6 flora característica de San Antonio C.

## Fauna

Los animales predominantes de la región son: las ardillas, los zorrillos, el tlacuache, conejos, entre las aves se encuentran los zopilotes, el petirrojo, la urraca y el dominico.

## **Factibilidad del proyecto**

A medida que transcurre el tiempo y que la población va creciendo, va en aumento la demanda de agua potable, y a su vez la escasez del liquido, por lo que hay que garantizarle a la población el suministro de manera constante, suficiente y a su vez racionada para el ahorro y el buen aprovechamiento del agua, y la cual se pueda garantizar de ser apta para el consumo humano y sus distintas necesidades por un periodo de tiempo, sin tener que depender de otras fuentes de abastecimiento o incluso de tener que comprar el vital liquido a otras comunidades que están en la misma situación, por lo tanto la comunidad debe contar con su propio pozo de agua potable así como su tanque de regularización.

Los habitantes de la comunidad tienen poco más de un año solicitando de manera legal ante las autoridades correspondientes, la perforación de un pozo para agua potable, ya que por un largo tiempo han tenido problemas con el suministro de agua, actualmente reciben el liquido del sistema Chapantongo-Alfajayucan, el cual les provee un servicio insuficiente e irregular, siendo la comunidad en estudio la última en el ramal de distribución por ello es la última que se beneficia además que está racionada, siendo que el agua les llega cada 10 días.

En el presente trabajo no se hará el estudio costo-beneficio para evitar entrar en situaciones de dinero y evitar conflictos con la población y con las personas encargadas del proyecto, pero el estudio muestra la viabilidad del proyecto.

## CAPITULO I

### CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

#### 1.1 CAPTACION DE AGUAS SUBTERRANEAS

Los cuerpos de agua subterránea o acuíferos se clasifican en función de sus condiciones de operación relativas a la presión a la cual está sometido el cuerpo de agua.

Un acuífero es una estructura hidráulica natural que almacena y permite el flujo de agua subterránea a través de ella. Existen en general dos tipos de acuíferos: libre y confinado. El acuífero libre se caracteriza por tener el almacenamiento bajo presión atmosférica, no así el confinado, en el cual el almacenamiento está a presión hidráulica; en este caso, la presión depende de diversos factores, entre otros, elevación de la zona de recarga, espesor del confinante, etc.

Un cuerpo de agua subterránea presenta diversas ventajas con relación a los cuerpos superficiales ya que por el lado de la calidad del agua, la filtración natural del agua hace menos costoso el tratamiento que deba darse a esta para tornarla potable; por otro lado, un acuífero puede tener una gran extensión por lo cual podrá planearse la captación lo más cercana posible a la zona de demanda, ahorrando por tanto en costos de infraestructura para la fase de conducción del sistema de suministro. Es posible que el agua subterránea atraviese estratos del subsuelo que la puedan contaminar, por lo cual en estos cuerpos de agua es muy importante el control de componentes del agua en el punto de la toma, estableciendo los parámetros permisibles en función de los usos que se vayan a dar al agua de la fuente.

La explotación de agua subterránea requiere de equipos bomba-motor y pozos que puedan ser perforados o excavados a cielo abierto, con profundidades variables, por lo que se pueden usar desde pequeñas motobombas para gastos bajos, hasta equipos de gran caballaje para grandes caudales. El caudal de explotación posible debe ser definido de los estudios previos del balance de componentes de entrada y salida al acuífero. En cualquier caso, el caudal de diseño de la captación en la fuente no deberá rebasar el caudal máximo si se va a abastecer directamente la demanda desde el pozo o campo de pozos. Si la producción máxima necesaria no puede ser entregada por la captación, es posible la utilización de tanques de regulación, con lo cual se reducen los requerimientos solicitados en la fuente, es decir que si tenemos excedente de agua en el pozo, esta se podrá almacenar en un tanque para su distribución posterior.

La instalación típica de un pozo de bombeo queda definida por las siguientes estructuras:

- Columna de succión del pozo (pichancha, tazones, tubería de succión)
- Columna de descarga (tubería de descarga, válvula check de retención, válvula de compuerta, válvula de admisión y expulsión de aire, válvula de alivio contra golpe de ariete, etc.)

- Caseta de control eléctrico del equipo de bombeo (tablero de control para arranque y paro del equipo)
- Acometida eléctrica (poste, transformador, cableado)
- Depósito de descarga
- Medidor totalizador de volúmenes extraídos

## 1.2 POZOS VECINOS

En las cercanías de la comunidad de San Antonio Corrales, se encuentran pozos en construcción, pozos operando y fuera de operación (ver figura 1.2.1).

A medida que pasa el tiempo y la población va en aumento los habitantes de las comunidades aledañas a la de estudio, se ven la necesidad y la preocupación de abastecerse de agua potable a largo plazo, por tal motivo el aumento en la construcción de pozos para extraer agua potable.



Fig. 1.2.1 Ubicación de pozos

## 1.3 ESTUDIOS PARA LA PERFORACIÓN DEL POZO

Para la perforación del pozo se recurrió a una serie de pasos:

1.- Se buscaron los datos geológicos existentes del lugar, como planos geológicos (ver figura 1.3.1), se observan las diferentes formaciones rocosas, que en su mayoría constan de rocas sedimentarias: como aluviones: que contienen gravas, arenas, limos y arcillas, provenientes de rocas preexistentes. Aflora en rellenos de valles, en la propia comunidad, en Alfajayucan y en los márgenes del río del mismo nombre; conglomerados: con clásticos de andesita, subredondeados cuyos diámetros varía de 1 a 20 cm., su matriz arenosa poco cementada, se encuentra en las laderas y porciones bajas o en los valles; tobas acidas: formadas por tobas riolíticas y dacíticas, con interrelaciones de obsidiana, derrames riolíticos y basálticos, presentan intemperismo somero a profundo y fracturamiento moderado a intenso esta pertenece a la toba Donguinyo y la cual aflora en la comunidad y en la cabecera municipal; estas rocas en general presenta una buena permeabilidad.

También existen rocas ígneas extrusivas tales como: basaltos constituidos por derrames densos y vesiculares además de basaltos andesíticos de olivino y piroxeno en forma de bloques de color gris claro a negro y la que esta intemperizada cambia de pardo a rojizo, integra las estructuras volcánicas como el cerro Bathe, cerro Baxthe, cerro la Campana. Cabe señalar que debido a la orientación NW-SE y a que los cerros poseen características geomorfológicas y estructurales marcan y favorecen el drenaje de la región

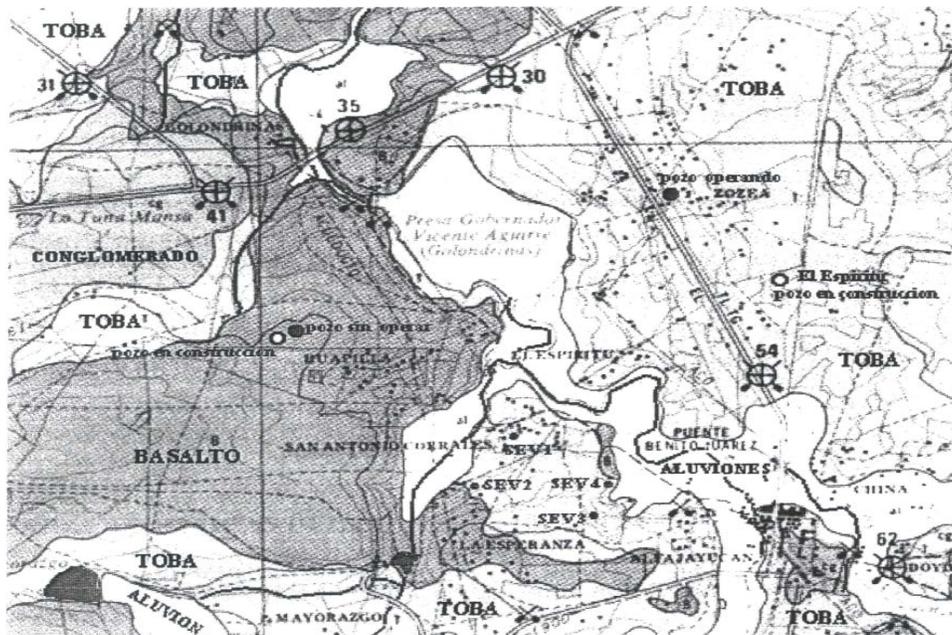


Fig. 1.3.1 geología del lugar.

Las elevaciones promedio de las estructuras oscila entre los 2500 MSNM y la línea de flujo de lava es prácticamente de norte a sur con algunas variantes de sur-oeste a noreste, debido a que el cuerpo de la estructura volcánica es radial, esta presenta permeabilidad variable, siendo esta de media a baja y en algunas partes nula.

2.- como segundo paso es elaborar secciones transversales de algunos sitios principales que por sus indicios y características son los apropiados para la perforación del pozo.

El método utilizado para la elaboración de estas secciones es el método de prospección eléctrica o de resistividades se utiliza comúnmente en estudios del agua subterránea y definir las características hidrogeológicas del sitio, este nos permite determinar la naturaleza, morfología y profundidad del estrato y la litología de las capas acuíferas, y se basa en el estudio de las variaciones de un parámetro físico de las rocas como la aptitud de conducir la corriente eléctrica, dado que la resistividad de las rocas depende de varios factores como su naturaleza de la litología, contenido de agua y composición química del agua.

El equipo empleado es TERRAMETER y que consiste en un equipo básico llamada **SAS 300** (SIGNAL AVERAGIN SISTEM por sus siglas en ingles), este aparato consta de tres unidades principales en una sola caja: transmisor, receptor y microprocesador.

- El trasmisor manda señales de corriente bien definidas y reguladas.

- El receptor discrimina el ruido y mediciones de voltaje relacionadas con la señal de corriente transmitida (modo de resistividad) y también mide potenciales D.C.
  - Microprocesador es el que controla las operaciones y calcula los resultados.+
- METODOLOGÍA: el dispositivo empleado es el de SCHLUMBERGER, llamado cuadripolo, el cual nos permitirá determinar una diferencia mas clara de las condiciones del subsuelo, mediante el siguiente diagrama donde se muestran la disposición que guardan los electrodos “AB” y “MN” con respecto del centro del dispositivo electrodoico. (Ver anexo 3)

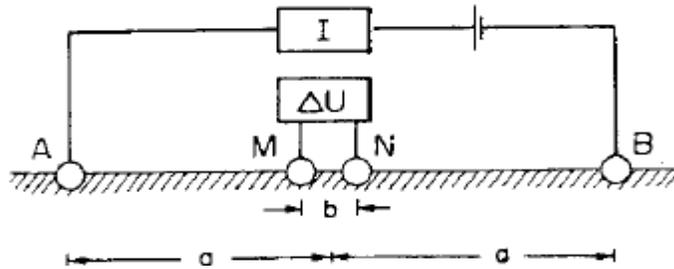


Fig. 1.3.2.1 diagrama del dispositivo electrodoico

Una línea de emisión permite entre dos electrodos “A y B”, insertados en el suelo, hacer pasar una corriente de intensidad “I”, se mide la diferencia de potencial entre dos electrodos “M y N” que constituye la línea de recepción, los electrodos “A y B”, “M y N” están dispuestos simétricamente en relación al centro del dispositivo, con la finalidad de poder determinar en la zona las características factibles de las rocas del subsuelo se programan varios sondeos con orientación variable de tal forma que cubrieran áreas de interés. Los datos obtenidos nos permiten determinar la estructura del subsuelo, calcular las resistividades aparentes y graficarlas, calcular el espesor de las capas y las resistividades reales.

A continuación se muestran los resultados de los sondeos representativos realizados en cuatro de los posibles sitios de perforación, mostrando los espesores, la resistividad del suelo y el tipo de material:

S.E.V.1		
UBICADO EN LA PROPIEDAD DE: RICARDO JURADO Y MANUEL JURADO		
ESPESORES EN METROS	RESISTIVIDADES EN OHMS - METROS	MATERIALES LITOLOGIA PROBABLE
CAPA 1= 8	450	Conglomerado poco cementado seco
CAPA 2=60	36	Toba calcarea
CAPA3= 90	135	Basalto poco fracturado
CAPA 4= 1000	60	Sedimento no consolidado
CAPA 5= 258 A inf	1500	Basalto compacto impermeable

Fig. 1.3.2.2 primer sondeo

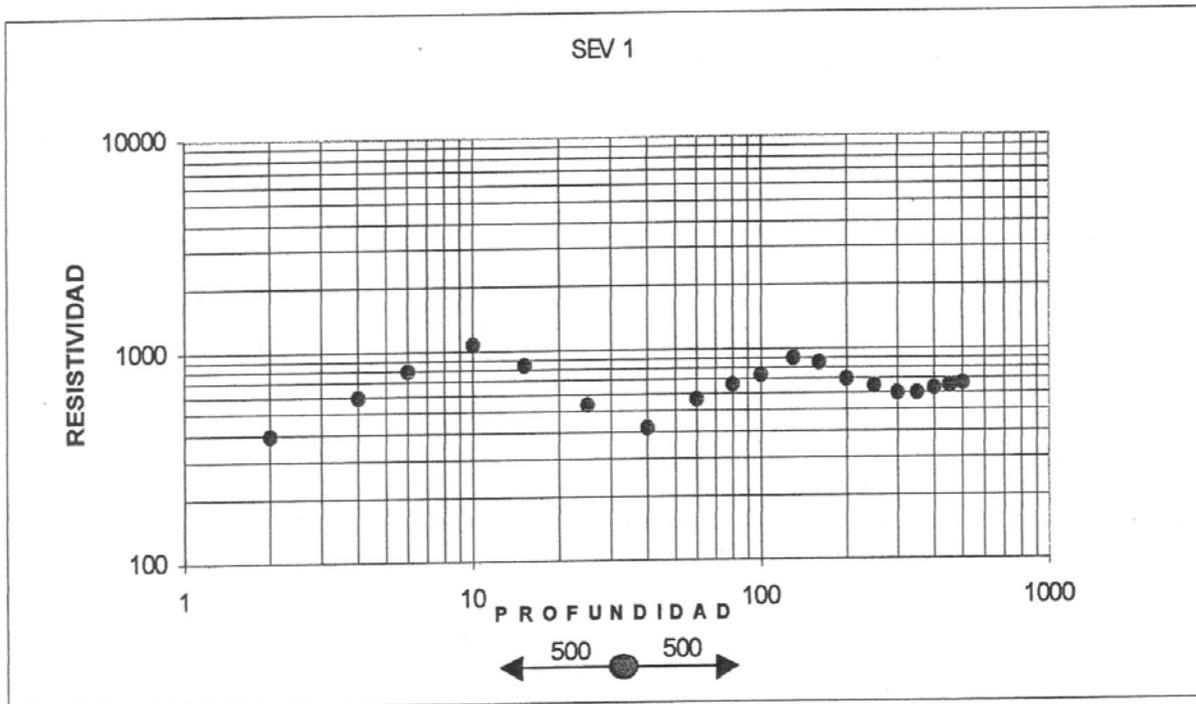


Fig. 1.3.2.3 grafica de resistividad del sondeo No. 1

S.E.V.2

UBICADO EN LA PROPIEDAD DE: BENITO MAGDALENO MARTINEZ ( SECCION MADAJHE )

ESPEORES EN METROS	RESISTIVIDADES EN OHMS - METROS	MATERIALES LITOLOGIA PROBABLE
CAPA 1= 60	18	TOBA calcarea
CAPA 2= 90	125	BASALTO POCO FRACTURADO
CAPA 3= 100	32	Sedimentos no consolidados
CAPA 4= 250 A inf	600	Basalto poco fracturado

Fig. 1.3.2.4 segundo sondeo

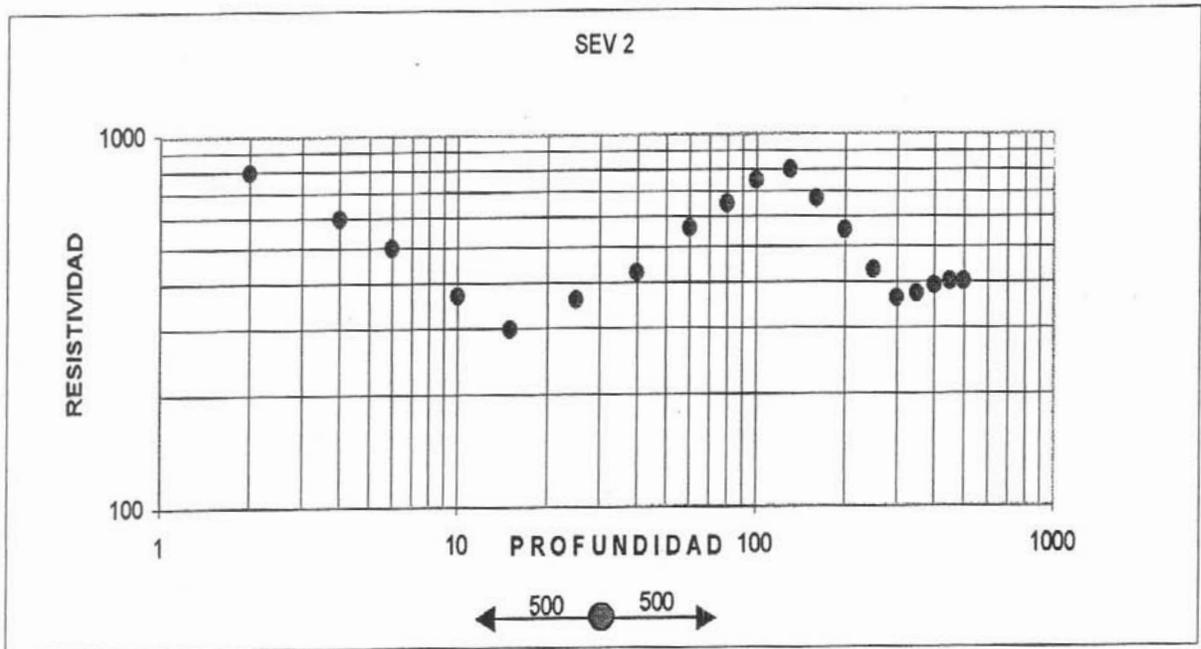


Fig. 1.3.2.5 grafica de resistividad del sondeo No. 2

S.E.V.3

UBICADO EN LA PROPIEDAD DE: MARIANA JULIAN MARTINEZ

ESPEORES EN METROS	RESISTIVIDADES EN OHMS - METROS	MATERIALES LITOLOGIA PROBABLE
CAPA 1= 15	280	Conglomerado
CAPA 2= 70	40	Toba calcarea
CAPA 3= 60	200	Basalto poco fracturado
CAPA 4= 70	40	Sedimentos no consolidados
CAPA 5 = 215 A inf	1000	Basalto compacto

Fig. 1.3.2.6 tercer sondeo

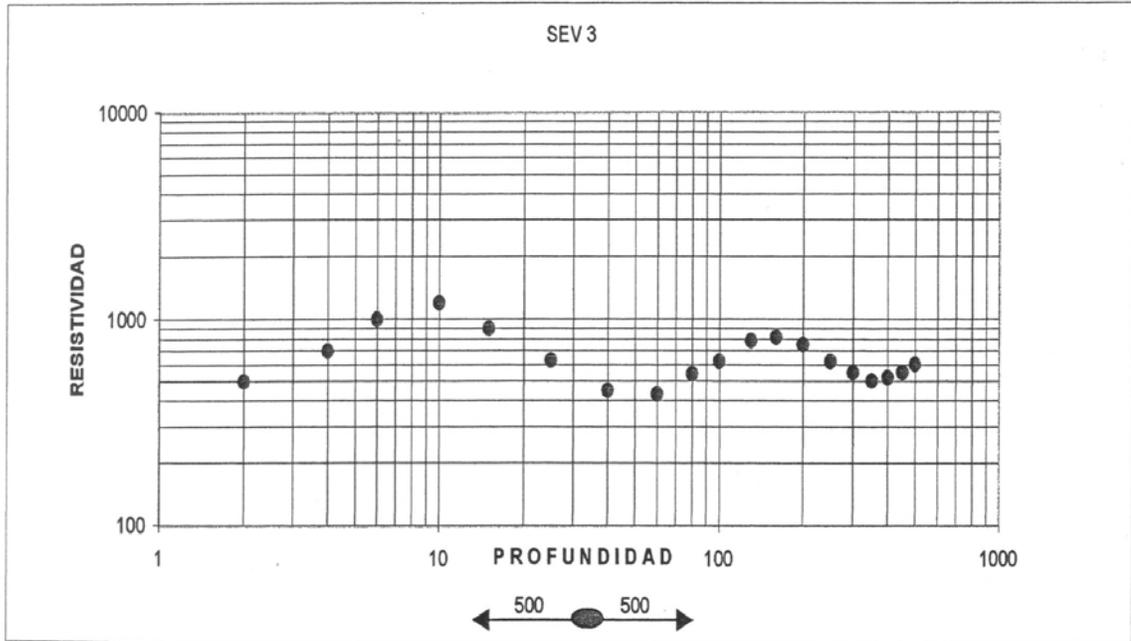


Fig. 1.3.2.7 grafica de resistividad del sondeo No. 3

S.E.V. 4

UBICADO EN LA PROPIEDAD DE: JACINTO TRINIDAD TREJO

ESPEORES EN METROS	RESISTIVIDADES EN OHMS - METROS	MATERIALES LITOLOGIA PROBABLE
CAPA 1= 10	98	Conglomerado poco consolidado
CAPA 2= 50	36	Toba calcarea
CAPA 3= 70	140	Basalto poco fracturado
CAPA 4= 130	36	Sedimentos no consolidado
CAPA 5= 230 A inf	1400	Basalto compacto

Fig. 1.3.2.8 cuarto sondeo

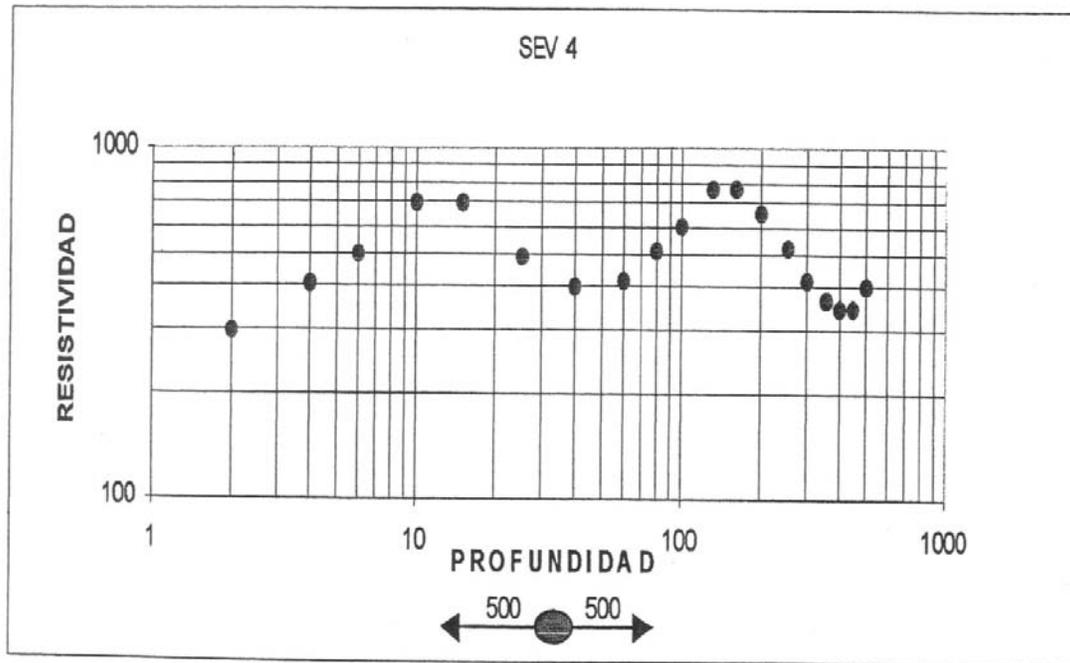


Fig. 1.3.2.9 grafica de resistividad del sondeo No.4

Después de obtener estos resultados se procede a realizar un bloque geoelectrico el cual consiste en integrar los valores de resistividades de cada uno de los sitios, detectándose que existe similitud entre los materiales del subsuelo, con ligeras variaciones laterales de su permeabilidad.

Se han detectado 5 capas en los SEV 1-3 y 4, y solamente en el SEV 2 hay 4 y se debe a la ausencia del conglomerado superficial.

Capa 1.- esta integrada por conglomerados con fragmentos ígneos, mal consolidados, con buena permeabilidad y resistividades altas por estar secos.

Capa 2.- la constituyen las tobas con alto contenido de calcio, sus resistividades varían de 36 a 40 ohm-m, al igual que la unidad anterior presenta permeabilidad.

Capa 3.- esta la forma un basalto poco fracturado, con resistividades de 200 a 125 ohm-m y su permeabilidad varia lateral y verticalmente de baja a nula. es una unidad que de aportar sería poco agua.

Capa 4.- esta unidad la forman sedimentos granulares, cuyas resistividades varían de 32 a 60 ohm-m, presentando buena permeabilidad y la cual sería la que se tratará de explotar.

Capa 5.- esta es la última de la columna estratigráfica detectada por la geofísica y consiste en una roca basáltica con resistividades altas, que varían de 600 a 1500 ohm-m. Su permeabilidad es casi a nula; por lo que no es de interés para los objetivos.

Por lo que el bloque geoelectrico producto de los sondeos quedaria de la siguiente forma:

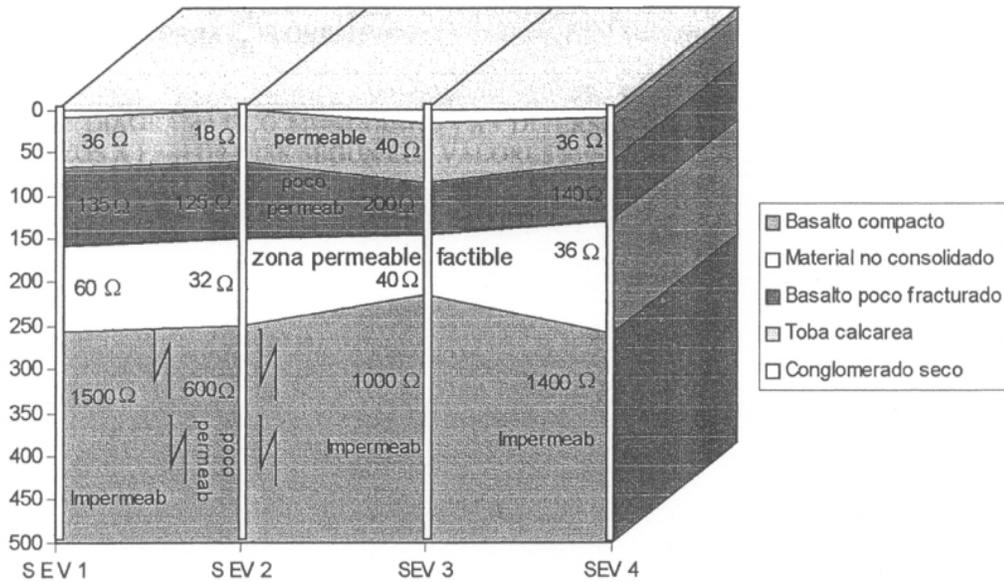


Fig. 1.3.2.10 bloque mostrando los estratos y su permeabilidad

En base a los datos obtenidos se presentan las dos alternativas posibles donde se puede perforar el pozo.

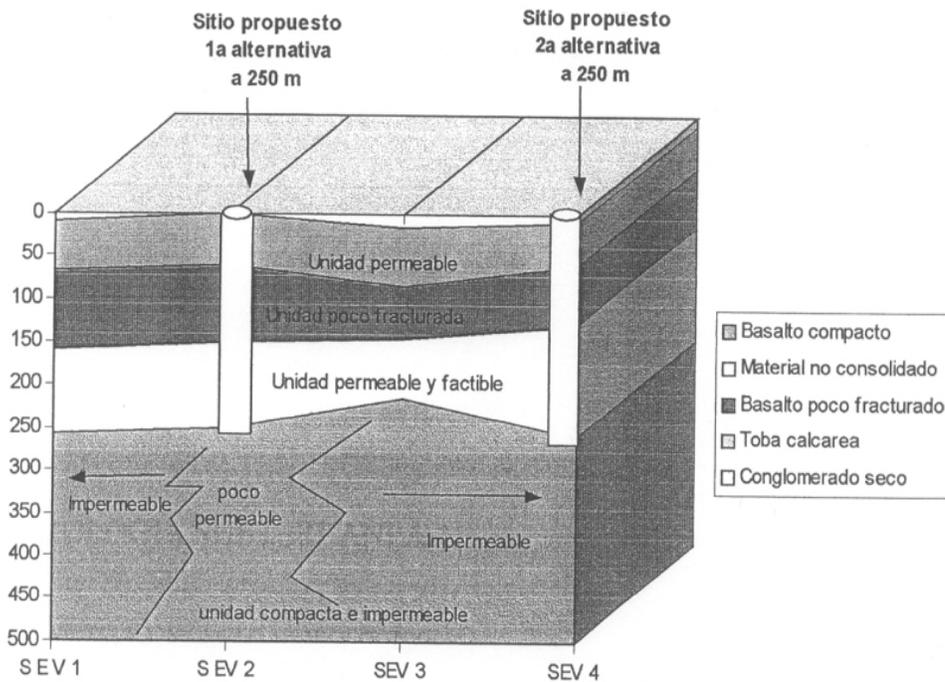


Fig. 1.3.2.11 diagrama mostrando las alternativas de perforación

3. después se hace un inventario de los pozos existentes cercanos a la zona de estudio o donde se pretende perforar el nuevo pozo, con estos registros conoceremos la localización, profundidad del pozo y gasto en litros por segundo.

**CENSO DE POZOS**

NOMBRE POZO	PROF	Q (L.P.S.)
HUAPILLA	PROCESO	
HUAPILLA	DESVIADO	S/D
SAN FCO SACACHICHILCO	145.0	8.00
YONTHE	200.0	
SANTA MARIA XIGUI	160.0	17.0
ZOZEA	307.0	0.0
ALFAJAYUCAN	100.0	0.0
ALFAJAYUCAN 1	300.0	0.0
ALFAJAYUCAN 2	200.0	0.0

Fig. 1.3.1 censo de pozos

En la región se encuentran algunas obras, las cuales tienen profundidades, niveles y caudales variables; la mayoría de estas resultaron con bajo gasto, y con poca profundidad. Dada la complejidad de la geología, tectónica y su posición geográfica alta, la zona motivo de estudio se torna difícil para la extracción de agua a través de pozos.

El nivel de agua, local solamente puede darse referenciado a los pozos de Zozea y Huapilla, los cuales se alojan en las partes altas y están inferidos a las fracturas existentes. Las obras que han resultado positivas se localizan alejadas del área estudiada en promedio de 3 a 4 kms. La alimentación subterránea se da a gran profundidad, por lo que los niveles de bombeo pueden estar profundos

Se ha obtenido información estadística incompleta de los pozos existentes; por lo que esta deberá tomarse con la reserva del caso y solamente en Huapilla, Zozea y Santa María Xigui se encuentran en operación.

4. por ultimo se hace una inspección física, acudiendo al sitio elegido para la perforación del pozo, con el fin de examinar a mayor detalle posible las características superficiales importantes y complementar la obtenida en planos.

Para el caso del sitio de estudio se observa un terreno poco accidentado, con buen acceso cercano a servicios como el de electricidad, con poco vegetación la cual consiste en hierba y maleza, no se observan arboles de diámetro significativo o que estén dentro del área de proyecto, en el suelo se observa una capa vegetal de diez centímetros aproximadamente así como un conglomerado seco y afloramiento de toba.

## 1.4 PERFORACION DEL POZO

La perforación deberá realizarse bajo las siguientes condiciones:

1. Se opta por la alternativa numero 1, (ver fig. 1.3.2.11) para la perforación del pozo y
2. Se hará mediante perforación exploratoria a 246.0 metros.
3. Llevar a cabo reportes diarios de perforación, graficas de penetración.
4. Se recuperarán muestras cada 2.00 metros y estas se colocarán en su casillero.
5. Se colocarán lodos bentoniticos con viscosidad de 36 a 38 segundos (anexo 2).
6. Las piezas y sustancias utilizados durante la construcción del pozo deberán ser de calidad comercial
7. El área de construcción deberá de limitarse por un radio de al menos 30 metros, libre de fuentes potenciales de contaminación como pueden ser: alcantarillado sanitario, canales de aguas residuales, fosas sépticas, solo por mencionar algunos.
8. La herramienta y la tubería de perforación deberán desinfectarse, así como retirar las grasas, aceites y demás sustancias adheridas al equipo de perforación.
9. Se utilizará agua limpia para la perforación. (no de rio ni de canales de riego), que no contenga ninguna sustancia que altere las características químicas del agua.
10. Una vez terminado la perforación del pozo se limpiará el área de residuos de lodos y materiales de construcción.
11. El espacio entre paredes de la formación del pozo y el ademe, así como la terminal superior del pozo, son las áreas que mayor riesgo presenta de contaminación por lo que se colocará protección sanitaria de acuerdo a la profundidad que se muestra en la siguiente figura.

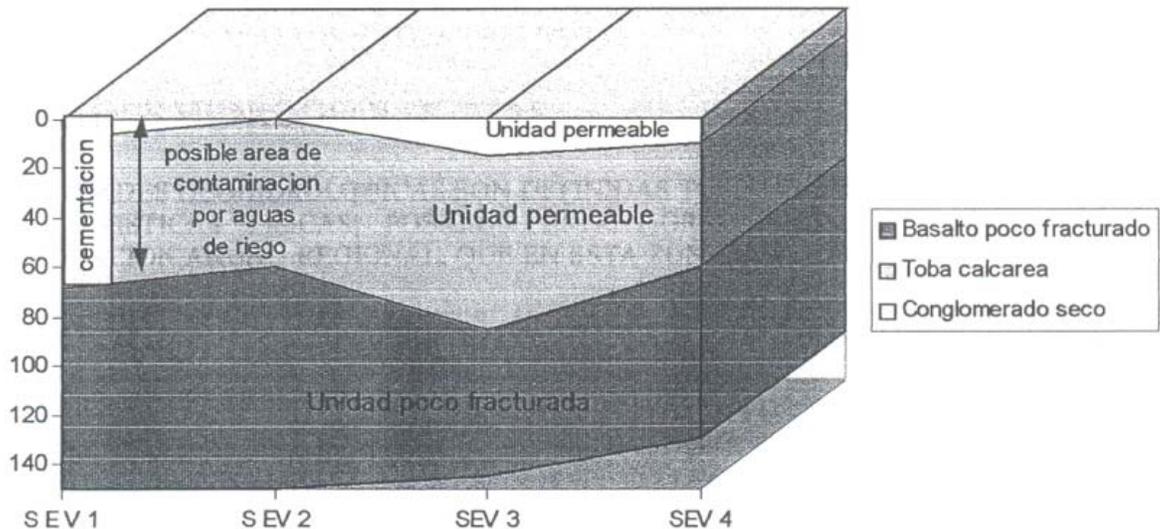


Fig. 1.4.1 área de protección sanitaria

12. Se ademará el pozo para protección, elevándolo 0.50 metros por encima del suelo (fig. 1.4.2)

13. Se colocará un contrademe para evitar la infiltración de agua superficial, así como de agua contaminada hacia el interior del pozo, este debe de tener al menos una longitud de 6 metros y sobresalir, 0.20 metros sobre el terreno natural, el espacio que quede entre este y el suelo se rellenara con una lechada de cemento (fig. 1.4.3)

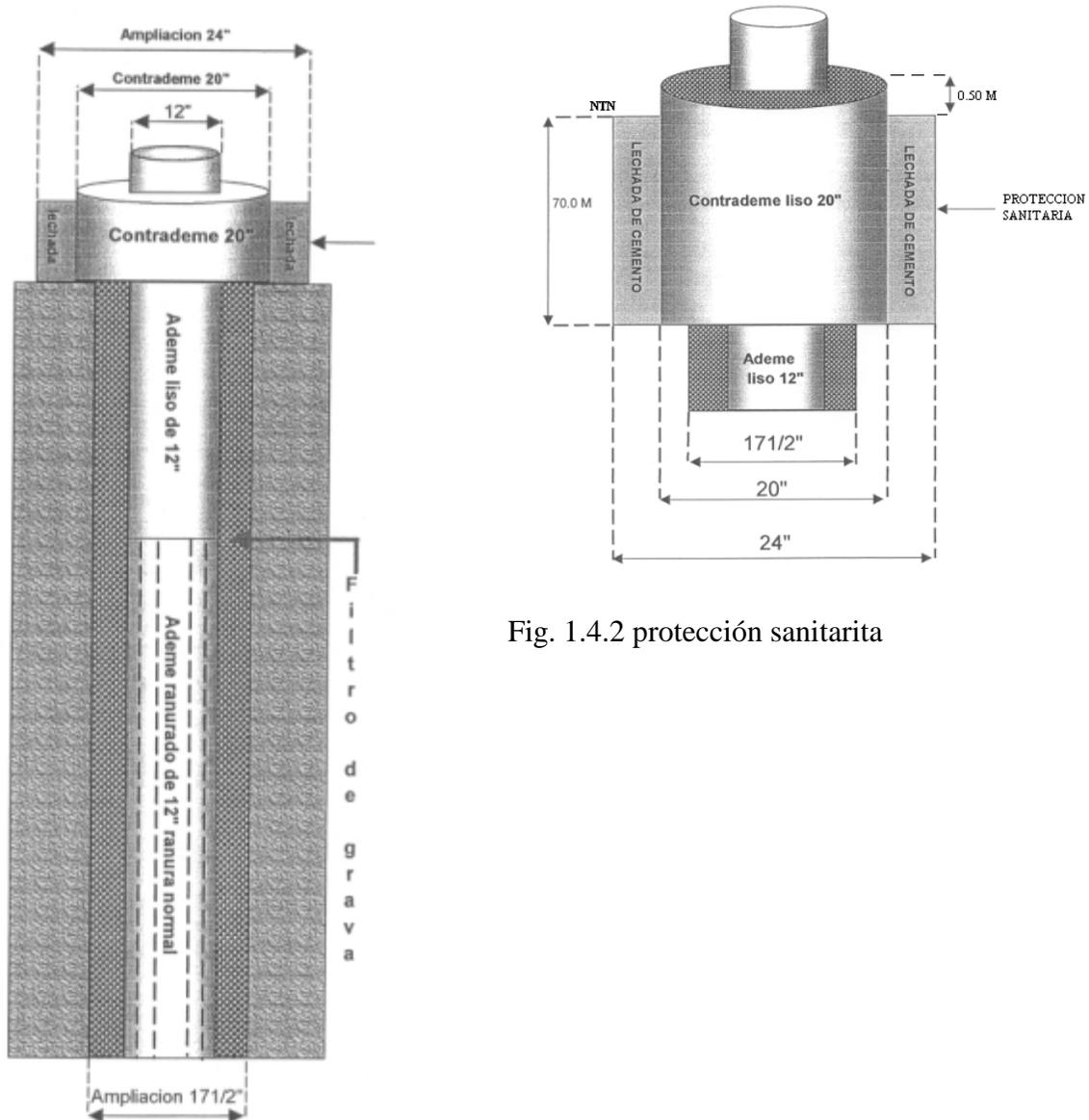


Fig. 1.4.2 protección sanitaria

fig. 1.4.3 propuesta de ademado de pozo

14. Se construirá una plantilla alrededor del pozo con una pendiente de aprox. 2%, de tal forma que el agua u otro fluido que escurra se aleje del pozo en todas direcciones, esta deberá ser cuadrada de 3 veces el diámetro de la perforación total por lado, y de espesor 0.15 metros.
15. Para protección del pozo se colocará malla ciclónica, con una caseta para garantizar la protección y el buen funcionamiento del pozo, se recomienda que al menos sea de 3 x 3 metros y si el espacio lo permite realizar obras civiles complementarias.

16. Los demás parámetros para la desinfección, medidores de volumen, etc. Se complementan en el anexo 2 que corresponde al NOM-003-CNA-1996, y nos muestran los requisitos para la perforación de pozos de extracción de agua.

### **1.5 CALIDAD DEL AGUA EXTRAÍDA**

El agua potable y en este caso el agua extraída del pozo debe cumplir con la normatividad vigente, en cuanto a calidad del agua se refiere esto con la finalidad de evitar y prevenir enfermedades gastrointestinales y de la piel, en la población de la comunidad de San Antonio Corrales, para determinar los límites permisibles de las características físicas, químicas y radioactivas del vital líquido, se hace la comparativa y análisis de los resultados obtenidos con los de la norma NOM-127-SSAI-1994 (anexo 4).

Para determinar la calidad del agua se mandó una muestra de la misma, extraída del pozo, se envió en un frasco de vidrio y en una garrafa de cuatro litros para realizarse la prueba de laboratorio, en la Universidad Tecnológica Tula-Tepeji.

Los parámetros que proceden son:

1. Alcalinidad
2. Aluminio
3. Arsénico
4. Bario
5. Cadmio
6. Cloro residual
7. Cloruros
8. Cobre
9. Manganezo
10. Mercurio
11. Nitratos
12. Nitrógeno amoniacal
13. Nitrógeno total
14. pH
15. plomo
16. solidos disueltos
17. turbiedad
18. zinc
19. coniformes totales
20. coniformes fecales
21. mesofolicos aerobios



LABORATORIO DE TECNOLOGÍA AMBIENTAL  
AUTORIZACIÓN No. COEDE/DG/DNCA-PPSTA/021/2004  
ANÁLISIS DE AGUAS

CLIENTE: SAN ANTONIO CORRALES  
ALFAJA YUCAN HGO.  
PROYECTO 3x1

REPORTE TA/se No. 003/2005

FECHA DE MUESTREO: 02 / Feb / 05  
FECHA DE RECEPCIÓN EN LABORATORIO: 03 / Feb / 05  
FECHA DE ENTREGA: 18 / Feb / 05

Página 1 de 1

NÚMERO DE FACTURA: 133331

CONTACTO: Sr. Bernardo Guerrero Martínez.

TIPO DE MUESTRA: Agua de pozo.

OBSERVACIONES: La muestra fue proporcionada por el cliente en un frasco de vidrio y en una garrafa de 4 lts.

PARÁMETRO	RESULTADOS	LÍMITES PERMISIBLES*	DESCRIPCIÓN
COLIFORMES TOTALES	44 NMP/100 ml ♦	NO DETECTABLE	BACTERIAS VEGETALES O ANIMALES
COLIFORMES FECALES	23 NMP/100 ml ♦	NO DETECTABLE	BACTERIAS VEGETALES O ANIMALES
MESOFÍLICOS AEROBIOS	INCONTABLES ♦	100 UFC / ml	MICROORGANISMOS VEGETALES O ANIMALES
ALCALINIDAD	26.0 mg / l	300 mg / l	CAPACIDAD PARA NEUTRALIZAR ACIDOS
ALUMINIO	0.01 mg / l	0.20 mg / l	UN METAL TOXICO
ARSENICO	NO DETECTABLE	0.05 mg / l	UN METAL TOXICO
BARIO	0.04 mg / l	0.70 mg / l	UN METAL TOXICO
CADMIO	NO DETECTABLE	0.005 mg / l	UN METAL TOXICO
COLOR RESIDUAL LIBRE	0.0 mg / l	0.2 - 1.50 mg / l	UN DESINFECTANTE
CLORUROS	38.9 mg / l	250.0 mg / l	UN COMPONENTE SALINO
COBRE	0.02 mg / l	2.0 mg / l	UN METAL TOXICO
DUREZA TOTAL	190.0 mg / l	500.0 mg / l	PRESENCIA DE SALES
MANGANESO	0.03 mg / l	0.15 mg / l	UN METAL TOXICO
MERCURIO	NO DETECTABLE	0.001 mg / l	UN METAL TOXICO
NITRATOS	3.4 mg / l	10.0 mg / l	INDICA CONTAMINACIÓN BIOLÓGICA
NITRITOS	0.1 mg / l	0.05 mg / l	INDICA CONTAMINACION
NITROGENO AMONIAICAL COMO N	0.15 mg / l	0.50 mg / l	INDICA CONTAMINACION
NITROGENO ORGANICO TOTAL COMO N	0.03 mg / l	0.10 mg / l	INDICA CONTAMINACION
PH	7.8	6.5 - 8.5	GRADO DE ACIDEZ O ALCALINIDAD
PLOMO	NO DETECTABLE	0.025 mg / l	UN METAL TOXICO
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	84.0 mg / l	1000.0 mg / l	MATERIA DISUELTA EN EL AGUA
TURBIEDAD	0.8 UTN	5 UTN	PRESENCIA DE PARTICULAS
ZINC	0.9 mg / l	5.0 mg / l	UN METAL TOXICO

♦ Valores fuera de los límites máximos permisibles

\* Valores referidos a la NOM-127-SSA1-1994, que establece las especificaciones sanitarias de agua para uso y consumo humano

Analista:

T.L. Norma Cerón Martínez

T.S.U. Mario Herrera Telles

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE TULA TEPEJI  
DIRECCIÓN DE TECNOLOGÍA AMBIENTAL  
Tel. (773)732-9113 Fax: (773)732-1214

Como observamos en la página anterior donde se nos muestra la calidad de agua del pozo de San Antonio Corrales, se ve que tres de los parámetros analizados no cumplen con la norma NOM-127-SSA1-1994 (anexo 4), los cuales son:

- coliformes totales
- coliformes fecales
- mesofilicos aerobios

Para corregir estos parámetros existen técnicas de tratamiento y los cuales se enlistan a continuación:

- sodis o sodio
- cloro
  - gas
  - solido
  - liquido
- radiación ultravioleta
- filtración lenta
- ozono
- dióxido de cloro
- minifiltración
- bromo
- plata
- yodo
- dicloro isocianurato

Para los coliformes totales, coliformes fecales y mesofilos aerobios, el mecanismo de desinfección más aplicado en los sistemas de abastecimiento de agua es el que emplea el cloro y sus compuestos derivados como agentes desinfectantes. Fue introducido masivamente a principios del siglo XX y constituyó una revolución tecnológica, que complementó el proceso de filtración que ya era conocido y utilizado para el tratamiento del agua.

Aunque el cloro y sus derivados no son los desinfectantes perfectos, muestran las siguientes características que los hacen sumamente valiosos:

- Tienen una acción germicida de espectro amplio.
- Muestran una buena persistencia en los sistemas de distribución de agua, pues presentan propiedades residuales que pueden medirse fácilmente y vigilarse en las redes después que el agua ha sido tratada o entregada a los usuarios.
- El equipo para la dosificación es sencillo, confiable y de bajo costo. Además, para las pequeñas comunidades hay dosificadores de “tecnología apropiada” que son fáciles de usar por los operadores locales.
- El cloro y sus derivados se consiguen fácilmente, aun en lugares remotos de los países en desarrollo.

- Es económico y eficaz en relación con sus costos.

Los productos de la familia del cloro disponibles en el mercado para realizar la desinfección del agua son:

- cloro gaseoso
- cal clorada
- hipoclorito de sodio
- hipoclorito de calcio.

A continuación presentamos en la tabla 1.5.1 una comparativa de estos productos:

Nombre y fórmula	Nombre comercial o común	Características	% Cloro activo	Estabilidad en el tiempo	Seguridad	Envase usual
<i>Cloro gas</i> $\text{Cl}_2$	Cloro licuado Cloro gaseoso	Gas licuado a presión	99.5%	Muy buena.	Gas altamente tóxico	Cilindros de 40 a 70 kg. Recipientes de 1 a 5 toneladas
<i>Cal clorada</i> $\text{CaO} \cdot 2\text{CaCl}_2 \cdot \text{O} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	Cal clorada, polvo blanqueador, hipoclorito de cal, cloruro de cal	Polvo blanco seco	15 a 35%	Media. Se deteriora rápidamente cuando se expone a temperatura alta, humedad y/o luz solar. Pérdida de 1% al mes.	Corrosivo	Latas de 1.5 kg Tambores de 45 - 135 kg Bolsas plásticas o de papel de 25 - 40 kg, otros.
<i>Hipoclorito de sodio</i> $\text{NaClO}$	Hipoclorito de sodio, blanqueador líquido, lejía, agua lavandina, agua sanitaria	Solución líquida amarillenta	1 a 15% como máximo. Concentraciones mayores a 10% son inestables.	Baja. Pérdida de 2-4% por mes; mayor si la temperatura excede los 30°C	Corrosivo	Diversos tamaños de botellas de plástico y vidrio, y garrafones
	Hipoclorito de sodio por electrólisis <i>in situ</i>	Solución líquida amarillenta	0.1 - 0.6%	Baja	Oxidante	Cualquier volumen
<i>Hipoclorito de calcio</i> $\text{Ca}(\text{ClO})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	HTH, Perclorón	Polvo, gránulos y tabletas. Sólido blanco	Polvo: 20 - 35% Granulado: 65 - 70% Tabletas: 65 - 70%	Buena. Pérdida de 2 a 2.5% por año	Corrosivo. Inflamación posible al entrar en contacto con ciertos materiales ácidos.	Latas de 1.5 kg, tambores 45 - 135 kg, Baldes de plástico

Tabla 1.5.1 comparativa de las diferentes presentaciones del cloro

En la siguiente tabla (tabla 1.5.2) se muestran las ventajas y desventajas que ofrecen las diferentes dosificadoras del cloro y sus derivados detallados en la tabla anterior.

Clasificación	Dosificador	Ventajas	Desventajas	
Cloro gaseoso	<ul style="list-style-type: none"> <li>Al vacío</li> <li>A presión</li> </ul>	Tecnología generalizada en el mundo. Producción de cloro gaseoso en casi todos los países. Producto químico barato. En el caso del clorador a presión no se requiere de energía eléctrica.	Instalación costosa para pueblos muy pequeños. Necesita equipo auxiliar. El personal necesita capacitación. Si no es operado adecuadamente puede ser peligroso debido a que el gas es venenoso. No es recomendando para sistemas que tratan caudales menos de 500 m <sup>3</sup> /día. En el caso del clorador al vacío requiere de energía eléctrica.	
	<b>Bajo presión atmosférica, de carga constante</b>			
Cloro en solución	Tanque con válvula de flotador	Sumamente sencillo de operar y mantener. Muy barato. Pueden construirse localmente. Confiable. No necesita energía eléctrica. Permite dosificaciones para caudales mínimos. Puede usarse en cualquier situación, excepto en pozos tubulares cerrados.	La dosificación no es muy precisa. Error de alrededor de 10%. Exige un control constante debido a la variación de las dosificaciones. El material se puede corroer.	
	Tubo con orificio en flotador	Carga constante. Sumamente sencillo. Muy barato. Pueden construirse localmente. Confiable. No necesita energía eléctrica.	Según la manera en que el sistema fue construido, puede llegar a tener un error de dosificación de hasta un 20%.	
	Sistema vaso/botella	Sumamente sencillo. Muy barato. Puede construirse localmente. Ideal para comunidades pequeñas. Error de dosificación menor del 10%. No necesita energía eléctrica.	Debe mantenerse limpio.	
	<b>Bajo presión positiva o negativa</b>			
	Bomba de diafragma (positiva)	Sumamente confiable. Muy popular. Sencillo de operar. Uno de los pocos sistemas para trabajar bajo presión. Puede introducir la solución directamente en tuberías de agua presurizada hasta con 6.0 kg/cm <sup>2</sup> .	El personal debe capacitarse en su operación y mantenimiento. Costo intermedio a elevado para un sistema rural. Requiere energía eléctrica. Debe vigilarse. A veces hay corrosión en el rotor de la bomba debido al cloro.	
Dosificador por succión (negativa)	Muy sencillo. La solución más barata para una alimentación en tuberías presurizadas.	Requiere vigilancia y mantenimiento para evitar obstrucciones en dispositivo Venturi.		
<b>Generador de hipoclorito de sodio <i>in situ</i></b>	No requiere transporte de productos clorados. Se produce in situ. Sencillo y fácil de operar.	Requiere de agua blanda para que no se acumulen depósitos en los electrodos. Requiere de vigilancia constante y personal entrenado para tomar precauciones de seguridad por la formación de gas cloro. Producción limitada a la capacidad del equipo.		
Cloro sólido	Dosificador de erosión	Sumamente sencillo. Ideal para pequeñas comunidades. Una de las mejores soluciones para dosificación a la entrada de un tanque. No necesita energía eléctrica.	Costo intermedio. Alrededor de 10% de errores en la dosificación. Necesita tabletas. En algunos dosificadores las tabletas (si se producen localmente) tienen a adherirse o a formar cavemas y no caen en la cámara de disolución.	

Tabla 1.5.2 comparativa de ventajas y desventajas de dosificadores de cloro

Haciendo un análisis de que presentación de cloro, dosificador y tamaño de la población (<2000 hab.) se recomienda la desinfección de el agua en estudio utilizando el hipoclorito de calcio en su presentación de tabletas, este se aplicara mediante dosificadores que trabajan bajo el sistema por erosión y los cuales utilizan las tabletas de hipoclorito de calcio de alta concentración (HTH), las que se pueden obtener de distribuidores o pueden prepararse localmente comprimiendo mecánicamente polvo de hipoclorito de calcio. Este sistema ha encontrado un lugar importante en la desinfección de abastecimientos de agua para comunidades pequeñas y familiares. Los equipos son muy fáciles de manipular y mantener, además de ser baratos y duraderos. Las tabletas son más seguras que las soluciones de hipoclorito y el cloro gaseoso y son más fáciles de manejar y de almacenar. Los dosificadores de erosión disuelven gradualmente las tabletas de hipoclorito a una tasa predeterminada mientras fluye una corriente de agua alrededor de ellas. Este mecanismo proporciona la dosificación necesaria de cloro para desinfectar el agua. A medida que las tabletas se van diluyendo, se reemplazan con otras nuevas que caen por gravedad en la cámara. La solución de cloro concentrada alimenta un tanque, un canal abierto o un reservorio, según sea el caso.

Este dosificador se instalará al final de la línea de conducción (fig. 1.5.1), en su aproximación con el tanque de regularización.

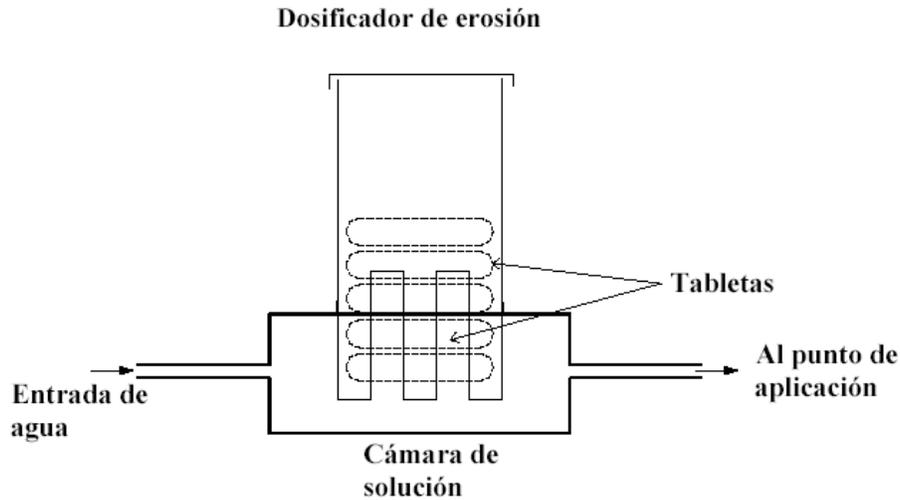


Fig. 1.5.1 diagrama del dosificador de erosión

Para que una vez que haya caído el agua al tanque esta llegue desinfectada para su posterior distribución (fig. 1.5.2).

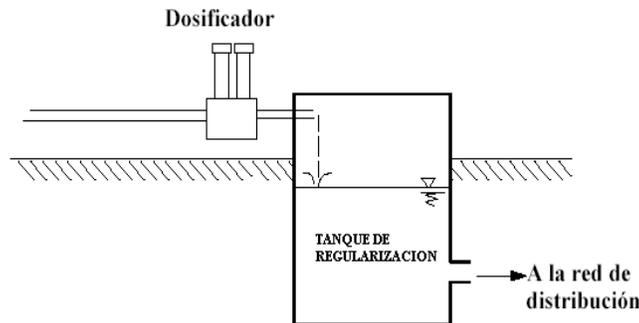


Fig. 1.5.2 instalación típica de dosificadores para tanques.

Los dosificadores por erosión de tabletas es de los más sencillos de operar. El equipo se calibra de manera sencilla pero no muy precisa por medio de un ajuste de la profundidad de inmersión de la columna de tabletas o de la velocidad o caudal que se hace pasar por la cámara de disolución. Una vez calibrado el equipo, si no hay grandes variaciones en el flujo, normalmente requieren de poca atención, excepto para cerciorarse de que el depósito esté lleno de tabletas para asegurar la dosificación continua. El mecanismo del dosificador de tabletas se debe inspeccionar con regularidad para detectar obstrucciones; se tendrá cuidado de limpiarlo bien, volver a ponerlo en la posición correcta y calibrarlo. La inspección y el relleno de tabletas dependerán de la instalación específica, de la dosificación de cloro y del volumen de agua tratada. Debido a la sencillez de operación del equipo, el personal se puede capacitar rápidamente.

En cuanto a la seguridad, en general, las tabletas de hipoclorito son más fáciles y seguras de manejar y almacenar que otros compuestos de cloro; sin embargo, es necesario observar precauciones de seguridad mínimas. Es importante no usar tabletas destinadas a piscinas porque suelen contener isocianurato, un compuesto químico no recomendable para el consumo humano prolongado.

Para determinar la cantidad de cloro a dosificar será necesario aplicar la siguiente fórmula, la cual aplicaremos para un volumen unitario.

$$\text{peso del cloro} = \frac{\text{volumen de agua a desinfectar} \times \text{dosis de cloro}}{\text{concentración de cloro tabletas} \times 10} \quad (1)$$

Datos:

Volumen de agua =  $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}$ .

Dosis de cloro =  $2 \text{ mg/l}$ .

Concentración de cloro =  $70 \%$

$$\frac{1000 \text{ l} \times 2}{70 \times 10} = 2.86 \text{ gr. de hipoclorito de calcio} \times \text{m}^3 \quad (2)$$

## 1.6 AFORO

El resultado del aforo realizado en el pozo es de:

Gasto aforado =  $14.33 \text{ lps}$

El gasto de explotación se determinará una vez hecho la elección del equipo de bombeo que se determinará en el siguiente subcapítulo y el cual será el utilizado para diseñar la línea de conducción así como dimensionar el tanque de regularización de la comunidad en estudio.

Se muestra la constancia de inscripción del volumen  $63,401 \text{ m}^3$  anual, ante el registro público de derechos de agua para su uso, aprovechamiento y explotación del pozo en estudio. (Anexo 5)

## 1.7 SELECCIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO

Para que el pozo funcione correctamente, es necesario realizar una selección adecuada del equipo de bombeo que se le instalará. Algunos datos incluyen parámetros geométricos de la estructura del pozo, así como la potencia necesaria para el motor.

El equipo de bombeo a instalar en la mayoría de los casos son las bombas tipo turbina vertical, utilizándose también las tipo sumergibles (figura 1.7.1).

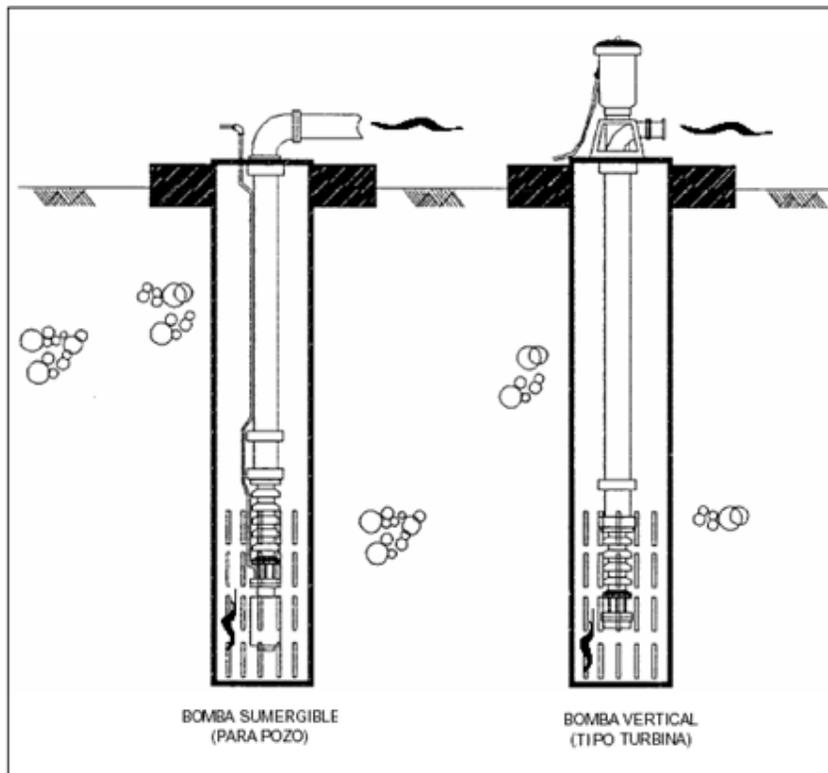


Fig. 1.7.1 tipos de bombas

Para determinar la potencia de la bomba se utilizará la siguiente expresión:

$$P = \frac{g Q H_m}{76 h} \quad (3)$$

Donde:

P = es la potencia requerida por el motor, en kg m /s o HP; (1 HP=76 kg m /s.).

g = es el peso específico del agua, en kg/m<sup>3</sup>. (1000 kg/m<sup>3</sup>).

h = es la eficiencia del motor en la entrega o traspaso de energía al agua.

Q = gasto de explotación del pozo, en m<sup>3</sup>/seg. (Gasto máximo diario)

H<sub>m</sub> = carga hidráulica, en metros. (Diferencia de altura entre el tanque y la turbina del motor mas pérdidas de energía)

Por lo tanto tenemos:

$$g = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$h = 90 \%$$

$$Q = 3.201 \text{ l.p.s.} = 0.003201 \text{ m}^3/\text{s.}$$

$$H_m = 34.02 \text{ m (ver tabla 1.8.1)}$$

Sustituyendo valores en la expresión (3), tenemos:

$$P = \frac{\left(1000 \frac{kg}{m^3}\right) \times \left(0.003201 \frac{m^3}{seg}\right) \times (34.02 m)}{76 (0.9)}$$

$$P = 1.53 hp$$

El equipo de bombeo utilizado para llevar el agua al tanque de regularización será el que cumpla con las características óptimas de operación y eficiencia para el aprovechamiento del agua y el ahorro de energía.

## 1.8 DIMENSIONAMIENTO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

El abastecimiento de agua potable a la comunidad en estudio se llevará a cabo mediante el transporte del vital líquido del pozo hasta el tanque de regularización y posteriormente su correcta distribución. Para el diseño de la línea de conducción se deberán tomar en cuenta los siguientes aspectos fundamentales:

1. la topografía, dependiendo de las características topográficas se determinará que tipo y clase de tubería se usará en la conducción, además de obtener los perfiles que permitan tener presiones de operación bajas.
2. Las afectaciones en terrenos ejidales y/o particulares, con el fin de ocasionar la menor cantidad de indemnizaciones, por lo que se recomienda utilizar los derechos de vía de cauces, caminos, linderos y líneas de transmisión eléctricas.
3. El tipo de terreno que se excavará, esto con el fin de que las tuberías de la línea queden enterradas y a su vez evitar excavar en zonas de roca, también se investigará el nivel freático.
4. Las zonas de cruce en caminos, ríos, etc., delimitarlas de manera adecuada para que la línea no sufra daños posteriores.
5. Saber de ante mano la calidad de agua que se conducirá, para determinar que tipo de material se puede usar para la tubería y evitar la corrosión o el daño de la misma.
6. Conocer o calcular el gasto por conducir para determinar a su vez el diámetro y el material conveniente.
7. Los costos de suministro e instalación de tubería, para los casos de adquisición se debe tomar en cuenta que le corresponde a los gobiernos federal, estatal, municipal o en su caso por parte de la empresa contratista, para diámetros grandes (760 mm.) verificar la disponibilidad con los proveedores o fabricantes.

8. Conocer y aplicar las normas de calidad y comportamiento de tuberías, así como las especificaciones de fabricación de las mismas y las pruebas de control de calidad, sin dejar a un lado las recomendaciones de transporte, manejo y almacenaje.

Se denomina línea de conducción a la parte del sistema constitutivo por el conjunto de ductos y accesorios destinados a transportar el agua desde donde se encuentra en estado natural (pozo) hasta un punto que puede ser un tanque de almacenamiento o bien una planta potabilizadora; la capacidad de esta línea debe calcularse con el gasto máximo diario.

Las líneas de conducción las podemos dividir en dos tipos:

- las líneas de conducción por gravedad  
Se le da este nombre cuando para abastecer a la población, se construye un tanque elevado que por la propia caída del agua debido a la fuerza de gravedad provea a toda la red.
- líneas de conducción de bombeo  
Estas se definen como los ductos por los cuales pueden circular un líquido, mediante un equipo que proporciona energía principalmente de presión.

Las tuberías empleadas en los sistemas de abastecimiento de agua son.

1. Tubería de fierro.
2. Tubería de asbesto-cemento (ac)
3. Tubería de policloruro de vinílico (PVC).
4. Polietileno de Alta Densidad. (PAD)

Para el caso de la comunidad de San Antonio Corrales se analizará y diseñará la línea de conducción por bombeo.

Los criterios de diseño recomendados por la Comisión Nacional de Aguas, nos marca parámetros que deberemos tomar en cuenta:

- Velocidades: en un conducto cerrado es importante tomar en cuenta la velocidad, pues dado el momento nos puede ocasionar problemas en la línea de conducción, por lo que la CONAGUA determina la velocidad máxima y mínima permisible siendo las siguientes:

Velocidad permisible	Máxima → 5 m/seg.
	Mínima → 0.3 m/seg.

Algunos de los problemas que se pueden presentar cuando se rebasa la velocidad máxima, es que la tubería podría erosionarse y por consecuencia tener fugas de agua, mientras que cuando la velocidad es menor a la permisible es presentaría asentamiento de partículas sólidas que arrastra el agua y por ende tendríamos taponamiento en las tuberías.

- Perdida de carga: a la fricción que se produce entre el volumen conducido y las paredes del conducto se le conoce como “perdida por fricción” o “perdida de carga”, y se calculan con la fórmula de Manning, siendo la expresión:

$$hf = \frac{10.3 n^2 L Q^2}{D^{16/3}} \quad (4)$$

Donde:

- n = coeficiente de rugosidad de la tubería
- L = longitud total del conducto, en m.
- Q = gasto en m<sup>3</sup>/s.
- D = diámetro comercial en m.

- El gradiente hidráulico es la representación de la presión hidrostática o presión interna en la tubería, aquí se reflejan las pérdidas de fricción a lo largo de la línea.

Para este diseño utilizaremos tubería de polietileno de alta densidad, para la línea de conducción, debido a que tenemos una comunidad rural y que difícilmente se le dará mantenimiento a la línea.

Para el cálculo hidráulico de la línea de conducción, obtendremos como primer paso la obtención del diámetro teórico:

$$D = \left[ \frac{10.3 n^2 L Q^2}{h} \right]^{3/16} \quad (5)$$

Donde:

- n = coeficiente de rugosidad de P.A.D = 0.009
- L = longitud total en m.
- Q = gasto en m<sup>3</sup>/s.
- h = desnivel total en m.

Para facilitar el cálculo utilizaremos una tabla de Excel, ya que estaremos revisando los cálculos efectuados.



CALCULO DE LA LINEA DE CONDUCCION PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE REGULARIZACION DE LA COMUNIDAD DE SAN ANTONIO  
CORRALES, MUNICIPIO DE ALFAJAYUCAN, ESTADO DE HIDALGO.

DATOS DE PROYECTO  
 Q = 3.201 l.p.s. 0.003201 m<sup>3</sup>/s MODULO ELASTICIDAD DEL AGUA = 20670 kg/cm<sup>2</sup>  
 n = 0.009 MODULO DE ELASTICIDAD DE LA TUBERIA PARA P.A.D. = 11249.3 kg/cm<sup>2</sup>  
 ESPESOR TUBERIA= 0.54 cm. TUBERIA RD-32.5 = 3.6 kg/cm<sup>2</sup> 36 m.c.a

TRAMO	COTA		LONG.	ELEVACIÓN		DESNIVEL		DIAMETRO	DIAMETRO COMERCIAL	PERDIDAS DE FRICCIÓN	CARGA HIDRAULICA	VELOCIDAD PERMISIBLE	GOLPE DE ARIETE	SOBRE PRESION	
	INICIAL	FINAL		INICIAL	FINAL	REAL	ACUM.								
1-2	0+000.00	0+222.22	222.22	1993.71	1999.64	5.93	5.93	0.061	0.064	4.42	1.51	0.995 OK	30.23	31.74 OK	
2-3	0+222.22	0+228.34	6.12	1999.64	1999.85	0.21	6.14	0.058	0.064	0.12	0.09	0.995 OK	30.23	30.32 OK	
3-4	0+228.34	0+235.87	7.53	1999.85	2000.01	0.16	6.30	0.063	0.064	0.15	0.01	0.995 OK	30.23	30.24 OK	
4-5	0+235.87	0+246.36	10.49	2000.01	2000.24	0.23	6.53	0.063	0.064	0.21	0.02	0.995 OK	30.23	30.25 OK	
5-6	0+246.36	0+347.82	101.46	2000.24	2000.7	0.46	6.99	0.084	0.064	2.02	1.56	0.995 OK	30.23	31.79 OK	
6-7	0+347.82	0+487.87	140.05	2000.70	2000.93	0.23	7.22	0.102	0.064	2.79	2.56	0.995 OK	30.23	32.79 OK	
7-8	0+487.87	0+532.35	44.48	2000.93	2000.98	0.05	7.27	0.110	0.064	0.89	0.84	0.995 OK	30.23	31.07 OK	
8-9	0+532.35	0+574.63	42.28	2000.98	2001.06	0.08	7.35	0.099	0.064	0.84	0.76	0.995 OK	30.23	30.99 OK	
9-10	0+574.63	0+600.16	25.53	2001.06	2001.24	0.18	7.53	0.078	0.064	0.51	0.33	0.995 OK	30.23	30.56 OK	
10-11	0+600.16	0+615.96	15.80	2001.24	2001.31	0.07	7.60	0.085	0.064	0.31	0.24	0.995 OK	30.23	30.48 OK	
11-12	0+615.96	0+654.99	39.03	2001.31	2001.42	0.11	7.71	0.092	0.064	0.78	0.67	0.995 OK	30.23	30.90 OK	
12-13	0+654.99	0+843.00	188.01	2001.42	2001.33	0.09	7.80	0.129	0.064	3.74	3.65	0.995 OK	30.23	33.88 OK	
13-14	0+843.00	0+857.45	14.45	2001.33	2001.63	0.30	8.10	0.063	0.064	0.29	0.01	0.995 OK	30.23	30.24 OK	
14-15	0+857.45	0+869.02	11.57	2001.63	2001.98	0.35	8.45	0.059	0.064	0.23	0.12	0.995 OK	30.23	30.35 OK	
15-16	0+869.02	0+903.97	34.95	2001.98	2002.87	0.89	9.34	0.061	0.064	0.70	0.19	0.995 OK	30.23	30.43 OK	
16-17	0+903.97	0+967.29	63.32	2002.87	2005.83	2.96	12.30	0.055	0.064	1.26	1.70	0.995 OK	30.23	31.93 OK	
17-18	0+967.29	1+142.80	175.51	2005.83	2012.68	6.85	19.15	0.056	0.064	3.49	3.36	0.995 OK	30.23	33.59 OK	
18-19	1+142.80	1+164.44	21.64	2012.68	2013.25	0.57	19.72	0.061	0.064	0.43	0.14	0.995 OK	30.23	30.37 OK	
19-20	1+164.44	1+211.95	47.51	2013.25	2013.66	0.41	20.13	0.075	0.064	0.95	0.54	0.995 OK	30.23	30.77 OK	
20-21	1+211.95	1+222.09	10.14	2013.66	2013.87	0.21	20.34	0.064	0.064	0.20	0.01	0.995 OK	30.23	30.24 OK	
21-22	1+222.09	1+266.49	44.40	2013.87	2014.67	0.80	21.14	0.065	0.064	0.88	0.08	0.995 OK	30.23	30.31 OK	
22-23	1+266.49	1+285.87	19.38	2014.67	2015.04	0.37	21.51	0.065	0.064	0.39	0.02	0.995 OK	30.23	30.25 OK	
23-24	1+285.87	1+293.95	8.08	2015.04	2015.23	0.19	21.70	0.062	0.064	0.16	0.03	0.995 OK	30.23	30.26 OK	
tanque			12.50	2015.23	2027.73	12.50	34.20	0.031	0.064	0.25	12.25	0.995 OK			
Long. Total =			1294	Desnivel Total				30							

Tabla 1.8.1

Además de la tabla 1.5.4 para la clasificación de la tubería de polietileno de alta densidad.

Desde (M.C.A.)	Hasta (M.C.A.)	Clasificación comercial
<b>0</b>	28	RD 41.0
<b>28</b>	36	RD 32.5
<b>36</b>	45	RD 26.0
<b>45</b>	56	RD 21.0
<b>56</b>	75	RD 17.0
<b>75</b>	90	RD 13.5
<b>90</b>	110	RD 11.0
<b>110</b>	140	RD 9.0
<b>140</b>	178	RD 7.3

tabla 1.8.2 clasificación de tubería PAD

El diámetro comercial que utilizaremos será el de 2 ½ “.

Se procede a calcular las pérdidas por fricción con la expresión (4) tenemos:

$$hf = \frac{10.3 n^2 L Q^2}{D^{16/3}}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad de P.A.D. = 0.009

L = longitud total en m.

Q = gasto = 0.003201 m<sup>3</sup>/s.

D = diámetro comercial en m. = 0.064

Se calcula la carga hidráulica al final de cada tramo de la línea de conducción:

$$CargaH = h - hf \tag{6}$$

Donde:

h = desnivel total en m.

hf = pérdidas por fricción en m.

Verificar que la velocidad obtenida se encuentre dentro de los rangos permisibles de la Comisión Nacional del Agua

$$Q = V \cdot A \tag{6}$$

$$\therefore V = \frac{Q}{A} \tag{7}$$

Se continúa a calcular el golpe de ariete y la sobre presión:

(8)

$$h = \frac{145 \times V}{\sqrt{1 + \frac{Ea \times d}{Et \times e}}}$$

Donde:

h = golpe de ariete en metros (m.c.a)

V = velocidad en m/seg.

Ea = modulo de elasticidad de la tubería (dato del fabricante) en kg/cm<sup>2</sup>

d = diámetro de la tubería en cm.

e = espesor de la tubería en cm.

145 = factor de conversión

Y la sobre presión se calcula:

(9)

$$\text{sobre presión} = \text{carga hidraulica} + \text{golpe de ariete}$$

Por último la obtención del diámetro de la válvula de expulsión de aire, una vez hecho el cálculo de la línea de conducción se procede a seleccionar el diámetro de las válvulas de la siguiente forma:

- A) Para seleccionar al diámetro mínimo capaz de expulsar aire, aplíquese la fórmula siguiente para convertir el gasto a pies cúbicos de aire por segundo, el gasto máximo diario igual a 3.201 l.p.s. los convertimos a pie<sup>3</sup>/seg. Utilizando el factor de conversión 0.0353 pie<sup>3</sup>/seg. Y obtenemos:

$$Q = 3.201 \times 0.0353$$

$$Q = 0.113 \frac{\text{pie}^3}{\text{seg}}$$

Con el resultado, en la gráfica, se deberá elegir el diámetro de la válvula sin exceder de una presión diferencial de 2 lb/pulg<sup>2</sup>.

- B) El diámetro mínimo capaz de admitir aire, está dado por el diámetro de la tubería y la pendiente en metros de altura entre los metros de longitud. Se pueden tener dos pendientes diferentes, por lo que deberá considerarse la pendiente más severa:

(10)

$$PCAS = 0.08665 \sqrt{PD^5}$$

Donde:

- PCAS = Pies Cúbicos de Aire por Segundo
- P = Pendiente (metros de altura entre metros de Longitud)
- D = Diámetro de la tubería en pulgadas.

Datos:

- P = 34.20 /1294 = 0.026
- D = 2 ½"

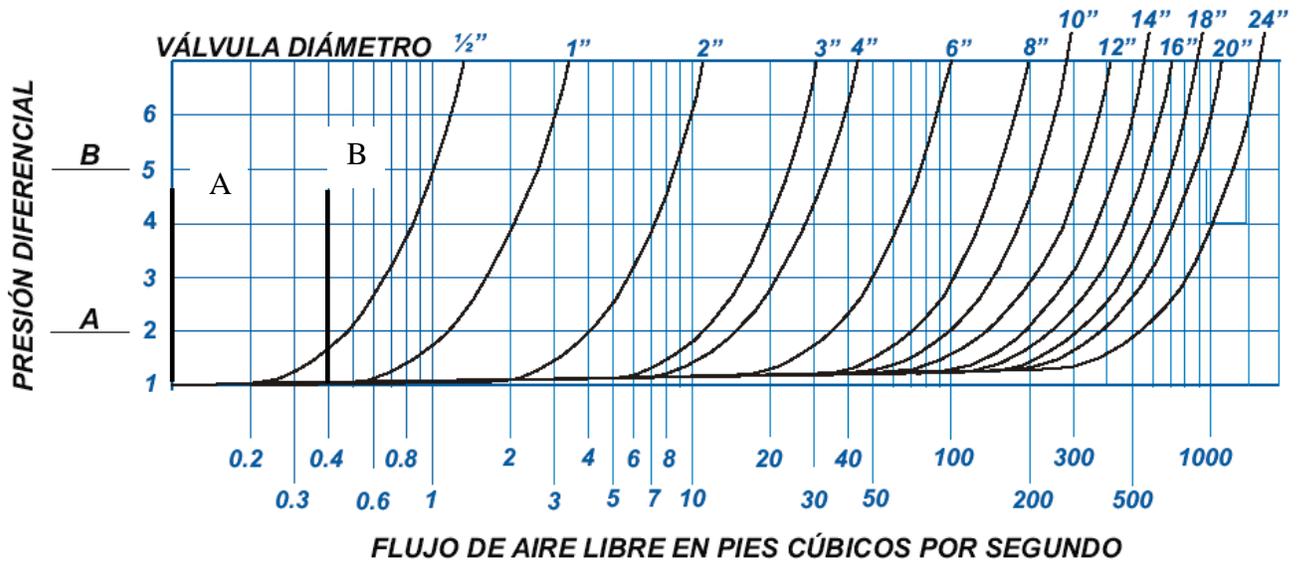
Sustituyendo los valores en (10) tenemos:

$$PCAS = 0.08665 \sqrt{(0.026)(2\frac{1}{2})^5}$$

$$PCAS = 0.436 \frac{\text{pies}^3}{\text{seg}}$$

Con el resultado, en la gráfica, se deberá elegir el diámetro de la válvula sin exceder de una presión diferencial de 5 lb/pulg.

Comparando los procedimientos A y B se decidirá por la de mayor diámetro, si es que los resultados fueran de diámetros diferentes. La válvula de *Admisión y Expulsión de Aire* se deberá elegir de un diámetro mínimo capaz de admitir y expulsar el aire de un sistema a través de su orificio de venteo, sin exceder de una presión diferencial permisible.



Gráfica 1.8.1

Por lo tanto una vez graficando estos valores se opta la válvula de expulsión de aire de ½".

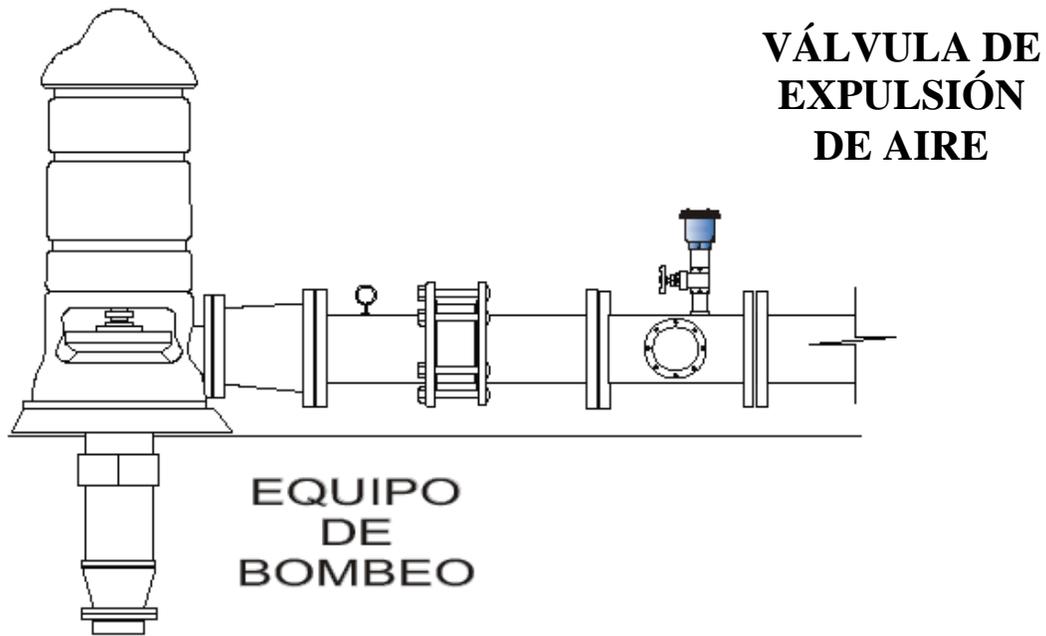
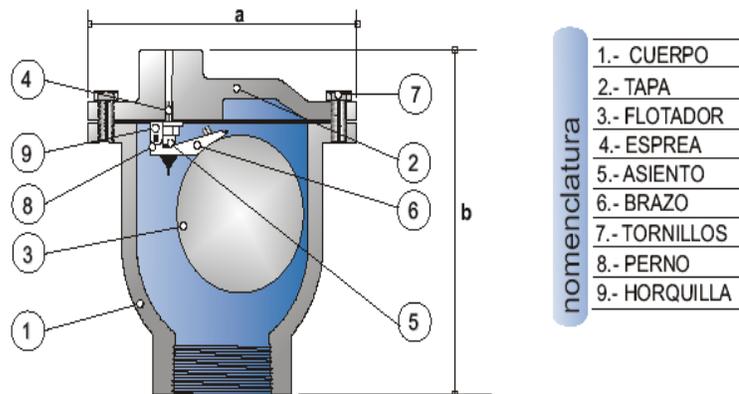


Fig. 1.8.1 colocación tipo de una válvula de expulsión de aire.



**materiales:**

Cuerpo y tapa:	Hierro Gris ASTM A126 Grado B
Flotador:	Acero Inoxidable ASTM A240
Asiento:	Buna-N (Acrilonitrilo)ASTM D2000
Tornillos:	Acero SAE Grado2 tropicalizado
Esprea y Mecanismo:	Delrin ASTM D2133
Pintura:	Recubrimiento epóxico interior y exterior Fundido por calor, según FDA y NSF-61

Materiales opcionales: Hierro Dúctil Clase 300 ASTM A536 Gr 6545-12/500psi  
Acero al Carbón Clase 300 ASTM 216 Gr WCB / 650 psi

Fig. 1.8.2 partes de una válvula de expulsión de aire marca VAMEX.

## CAPÍTULO II

### DATOS DE PROYECTO

#### 2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA.

Retomando lo descrito en los antecedentes que se recopilaron para la elaboración de este proyecto tenemos que la comunidad en estudio esta localizada en el lado norponiente del Municipio de Alfajayucan, y se ubica entre el ecuador y el trópico de cáncer con una altitud de 1800 metros sobre el nivel del mar, con coordenadas geográficas: longitud oeste 99°22'00" y con latitud norte 20°25'00".

La comunidad de San Antonio Corrales colinda al norte con la comunidad del Espíritu y Zozea, al sur con Boxtho, al oriente con la cabecera municipal y al poniente con Huapilla. (fig. 2.1.1)



Fig. 2.1.1 localización geográfica de San Antonio Corrales.

## 2.2 POBLACIÓN ACTUAL

Para realizar este proyecto es necesario determinar la cantidad de agua demandada, lo que exige obtener información sobre el número de habitantes que serán beneficiados con el servicio.

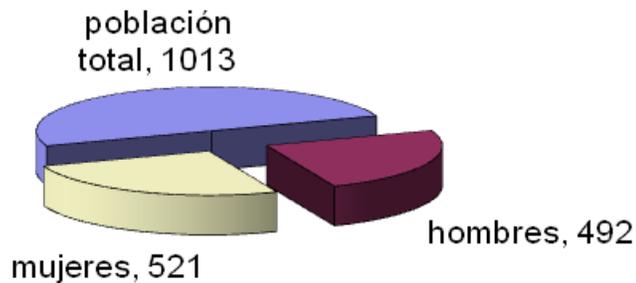
La población actual de la comunidad de San Antonio Corrales, en base a los datos del INEGI en el último conteo 2005 es de: 1013 habitantes.

### 2.2.1 HOMBRES

La comunidad tiene 492 hombres

### 2.2.2 MUJERES

Y 521 mujeres los cuales habitan un total de 95 viviendas que demandan el suministro del vital líquido.



Grafica 2.2.1 población total de la comunidad

## 2.3 OCUPACIÓN

La población de la comunidad en estudio principalmente se dedica a la agricultura siendo sus principales cultivos: la siembra del maíz, alfalfa verde, frijol, avena y forraje, chile verde, tomate de cáscara, y en menor proporción se cultivan la calabacita y el nabo.

Además también en este territorio se cría una variedad de ganado, que de acuerdo al nivel de producción ganadera nos muestra la crianza de aves, le sigue el ganado bovino, continúa con el ganado porcino, el caprino, guajolotes.

Una pequeña parte de la población se dedica a la cría y venta de pescado en la presa golondrinas y el resto sale a trabajar fuera de la comunidad, ya sea en la cabecera municipal, o bien se desplaza hacia otros municipios.

## 2.4 ANÁLISIS DE LA POBLACIÓN

La población de San Antonio Corrales, a lo largo de los años a sufrido cambios de población desde el año de 1910 cuando sólo se contaba con 17 habitantes en ese entonces, recordemos que fue el año de la Revolución Mexicana la cual cobró muchas vidas, en su mayoría hombres (ver

tabla 2.4.1), conforme los servicios empezaron a llegar a la comunidad la población se fue incrementando, así como la demanda de territorio para cultivar. Para este tiempo se llevo a cabo la construcción de la presa Vicente Aguirre “Presa Golondrinas”, en los años 60’s y la cual contribuyo al crecimiento de la población, esta obra trajo consigo que porciones de tierra que no tenían uso, se volvieran cultivables con la introducción del sistema de riego. Otra fuente de empleo para los pobladores fue la cría de pescado como la trucha y la mojarra en la misma presa, así también la llegada de ganado como: vacas, borregos y cabras.

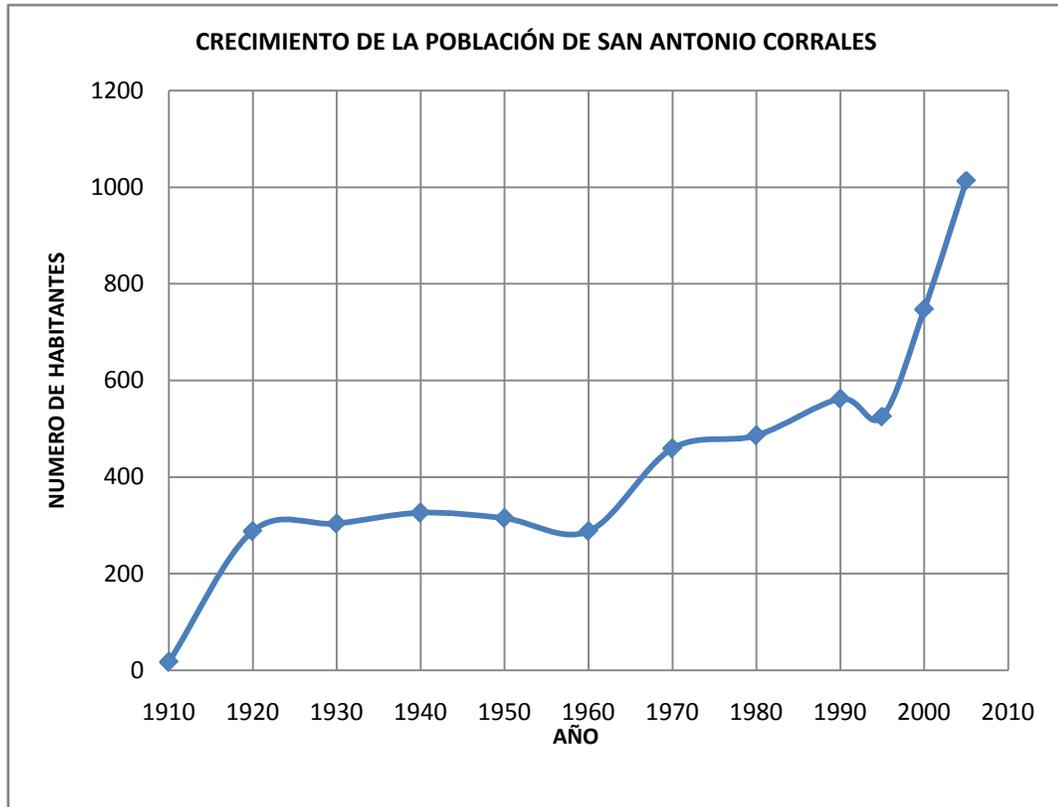
Se observa en la tabla (ver tabla 2.4.1) los cambios que ha tenido la población de la Comunidad de San Antonio Corrales, se presenta una disminución y aumento de la población en algunos años muy notorio, se atribuye a la situación económica por la cual atraviesa el país: una fuerte devaluación, acompañada con desempleo y bajo poder adquisitivo, lo que orilla a los habitantes, tanto hombres como mujeres a emigrar a los Estados Unidos.

Se considera que la población que ha emigrado a los Estados Unidos, en su momento regresara a la comunidad de manera definitiva o sólo de manera ocasional, por lo que se les debe de suministrar el servicio de agua potable suficiente, esta situación no se considera en el análisis de población para el periodo de diseño de la obra en proceso y es impredecible saber en que momento regresara esta población y si lo harán todos al mismo tiempo o de manera esporádica, además de que no vendrían solo los que emigraron si no vendrían acompañados por familiares.

De este análisis se concluye que habrá agua para un periodo mínimo de diseño de veinte años posteriormente se tendrán que hacer nuevas exploraciones y/o estudios del subsuelo y del mismo pozo para determinar el contenido de agua restante o si este se a estado recargando, de lo contrario habrá que comprarla a comunidades vecinas o incluso traerla de lugares más alejados, lo cual incrementaría su costo. Desde ahora se debe cuidar el agua, utilizando la necesaria para garantizar el servicio para el periodo antes mencionado o incluso un poco más y poder ofrecer este servicio a los habitantes que habrá para entonces y para todos aquellos emigrantes que algún día regresarán.

Evento Censal	Fuente	Total de Habitantes	Hombres	Mujeres
1910	CENSO	17	8	9
1920	CENSO	288	130	158
1930	CENSO	304	135	169
1940	CENSO	326	163	163
1950	CENSO	315	156	159
1960	CENSO	288	141	147
1970	CENSO	459	242	217
1980	CENSO	486	254	232
1990	CENSO	562	299	263
1995	CONTEO	525	270	255
2000	CENSO	747	363	384
2005	CONTEO	1013	492	521

Tabla 2.4.1 Crecimientos de la población de San Antonio Corrales (fuente: INEGI)



Grafica 2.4.1 Crecimiento de la población de San Antonio Corrales



## CAPÍTULO III

### DATOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO

#### 3.1 DOTACIÓN

La dotación se define como la cantidad de agua que requiere el ser humano por día para satisfacer sus necesidades del vital líquido, como puede ser el aseo, los alimentos, etc. Y esta cantidad de agua es la que se le asigna como promedio durante todos los días del año y se expresa en litros/habitante/día.

Determinar la dotación de agua para la comunidad esta en función del tipo de uso (domestico, publico, comercial, fugas y desperdicios) que se tiene en la población, además de hacer un estudio de consumo de agua potable, este resulta difícil de llevar a cabo, desde el punto de vista económico, ya que para realizarlo se debe contar con un sistema de medición completo que incluya: una infraestructura hidráulica que a su vez cuente con un sistema completo de medición en la captación, conducción, regularización en cada toma domiciliaria, esto con la finalidad de que nos permita elaborar histogramas y poder conocer el comportamiento del consumo en base a las horas pico de suministro de agua potable. Por ende se determinará por el sistema tradicional el cual consiste en tomar en cuenta el clima predominante de la comunidad y la magnitud de la población de proyecto (tabla 3.1.1)

NUMERO DE HABITANTES	CLIMA		
	CALIDO	TEMPLADO	FRIO
DE 2500 A 15000	150	125	100
DE 15000 A 30000	200	150	125
DE 30000 A 70000	250	200	175
DE 70000 A 150000	300	250	200
MAYOR DE 150000	350	300	250

Tabla 3.1.1 dotación en lts./hab./día.

En la comunidad en estudio tiene un clima cálido o seco y la magnitud de la población es menor a 2500 habitantes por lo que tomamos el valor correspondiente a esta población

La dotación para la población de San Antonio Corrales será de 150 litros/habitante/día.

Los coeficientes de variación diaria y horaria según la C.N.A. son:

Coeficiente de variación diaria  $C_{vd}$  = 1.40

Coeficiente de variación horaria  $C_{vh}$  = 1.55

### 3.2 POBLACIÓN DE PROYECTO

La obra debe cumplir con las necesidades de acuerdo con el periodo de diseño, para el sistema de abastecimiento y regularización del agua potable de la población de proyecto

El periodo de diseño del sistema de agua potable comprende 20 años por lo que la proyección de la población se calculara hasta el año 2028, y para este tiempo la obra deberá operar de manera eficiente para la población que se calculará.

Existen varios métodos de proyección de la población pero para este trabajo haremos uso de los siguientes:

- método de mínimos cuadrados
- método de incrementos diferenciales

Evento Censal	Fuente	Total de Habitantes	Hombres	Mujeres
1910	CENSO	17	8	9
1921	CENSO	288	130	158
1930	CENSO	304	135	169
1940	CENSO	326	163	163
1950	CENSO	315	156	159
1960	CENSO	288	141	147
1970	CENSO	459	242	217
1980	CENSO	486	254	232
1990	CENSO	562	299	263
1995	CONTEO	525	270	255
2000	CENSO	747	363	384
2005	CONTEO	1013	492	521

Tabla 3.2.1 población de San Antonio Corrales (fuente: INEGI)

La estimación de la población en un año futuro, se basa en la información proporcionada por el INEGI, del ultimo conteo de población y vivienda efectuado en el 2005, y los cuales se pueden adaptar a un modelo matemático, como los que a continuación se detallan.

#### 3.2.1 MÉTODO DE MÍNIMOS CUADRADOS

Este método es una relación lineal entre dos variables que queda representada por una línea recta cuya ecuación general es:

$$y = a + b \quad (1)$$

El método de mínimos cuadrados es el procedimiento matemático utilizado para determinar los valores numéricos de las constantes a y b, en la ecuación 1, utilizando las ecuaciones normales:

$$\Sigma y = na + b \Sigma x \quad (2)$$

$$\Sigma xy = a\Sigma x + b\Sigma x^2 \quad (3)$$

Donde:

n = representa el número de observaciones utilizadas en este caso los 5 censos anteriores al del año 2005.

Para la población futura de la comunidad de San Antonio Corrales utilizando el método de mínimos cuadrados, se tiene la siguiente información:

AÑO	POBLACION
1980	486
1990	562
1995	525
2000	747
2005	1013

Tabla 3.2.1.1 Población histórica de la comunidad de San Antonio Corrales (fuente: INEGI)

Posteriormente se grafican estos datos para poder observar una tendencia de los mismos.

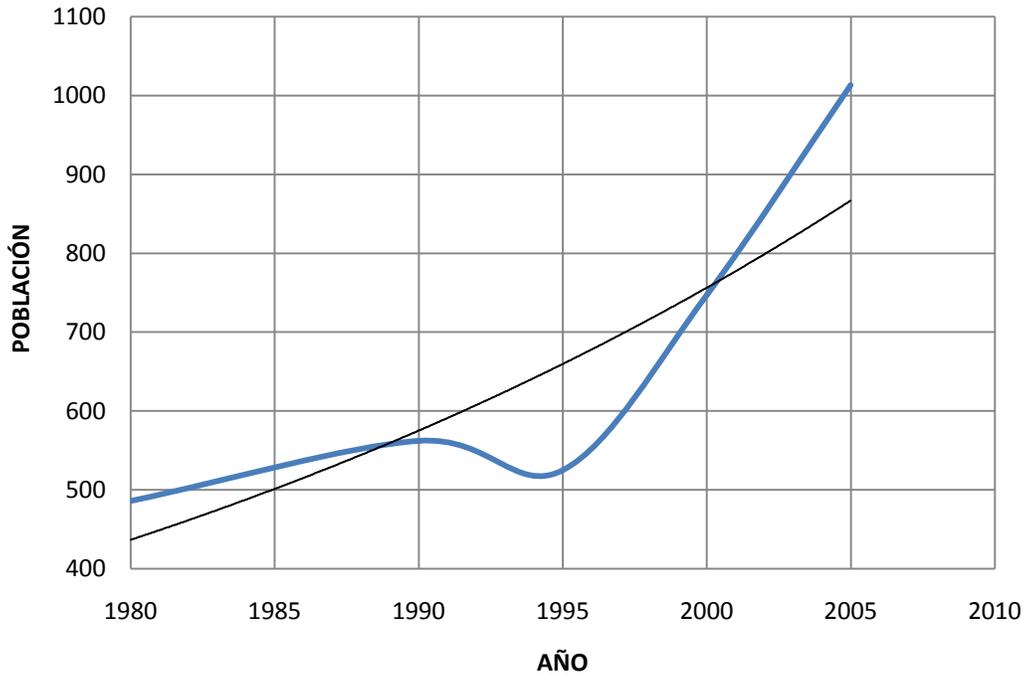


Grafico 3.2.1.1

Después se hace la siguiente tabla:

AÑO (X)	POBLACIÓN (Y)	X <sup>2</sup>	XY
1980	486	3920400	962280
1990	562	3960100	1118380
1995	525	3980025	1047375
2000	747	4000000	1494000
2005	1013	4020025	2031065
SUMA	9970	3333	19880550
			6653100

Tabla 3.2.1.2

Ahora conformamos el sistema de ecuaciones 2 y 3 antes mencionadas, sustituyendo los valores de la tabla en la ecuación 2 nos queda:

$$3333 = 5a + 9970b \quad (4)$$

$$6653100 = 9970a + 19880550b \quad (5)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones con dos incógnitas de la ecuación 4 por la 5 tenemos que:

$$a = -37585.86 \quad y$$

$$b = 19.183$$

Entonces el modelo es sustituyendo los valores de a y b en la ecuación 1 tenemos:

$$y = a + bx$$

$$y = -37585.86 + 19.183x \quad (6)$$

Donde:

x= es el año en el cual deseamos conocer su población

Con esta ecuación podemos calcular cualquier población de cualquier año, para la comunidad en estudio, x será el año 2028, por lo que la población para ese año será:

$$y = -37585.86 + 19.183(2028) \quad (7)$$

$$y = 1317.26 \text{ habitantes}$$

Pero no podemos tener 0.26 de habitante por lo tanto se redondea al número inmediato inferior, por lo que la población para el año 2028, será de 1317 habitantes.

### 3.2.2 MÉTODO DE INCREMENTOS DIFERENCIALES

El método de incrementos diferenciales consiste en considerar que la segunda diferencia entre los datos de la población en estudio es constante, lo que sería ajustar los datos a los de una parábola de segundo grado. Para esto los datos tienen que ser equidistantes para la aplicación del método.

A continuación se describe el método para el cálculo de la población de San Antonio Corrales.

año	población	1ra diferencia	2da diferencia
$t_0$	$P_0$		
$t_1$	$P_1$	$P_1 - P_0$	
$t_2$	$P_2$	$P_2 - P_1$	$(P_2 - P_1) - (P_1 - P_0)$
$t_3$	$P_3$	$P_3 - P_2$	$(P_3 - P_2) - (P_2 - P_1)$
		SUMA:	$\sum$ 2da diferencia
		PROMEDIO:	$X = \sum$ 2da diferencia/ n

$n = \#$  de 2das diferencias

tabla 3.2.2.1 cálculo de la población por el método de incrementos diferenciales

año	población	1ra diferencia + prom 2da diferencia	prom. 2da diferencia
$t_3$	$P_3$		x
$t_4$	$P_4$		x
$t_5$	$P_5$		x
$t_6$	$P_6$		x

x = constante

tabla 3.2.2.2 calculo de la población para años sucesivos

Cálculo de la población de la comunidad en estudio para el año 2028.

	año	población	1ra diferencia	2da diferencia
$t_0$	1995	525		
$t_1$	2000	747	222	
$t_2$	2005	1013	266	44
		suma	488	44

tabla 3.2.2.3

	año	población	1ra diferencia + prom 2da diferencia	prom. 2da diferencia
t <sub>2</sub>	2005	1013	266	44
t <sub>3</sub>	2010	1323	310	44
t <sub>4</sub>	2015	1677	354	44
t <sub>5</sub>	2020	2075	398	44
T <sub>6</sub>	2025	2517	442	44
t <sub>7</sub>	2030	3003		

tabla 3.2.2.4

Una vez calculado el número de habitantes al año 2030, se interpolan los valores para determinar la población del año 2028.

Por lo tanto tendremos una población de 2411 habitantes para este año.

Para efectos de cálculo de gastos tomaremos como valor el de 1317 habitantes, pues es el que se encuentra dentro de la tendencia de la población de San Antonio Corrales.

### 3.3 GASTOS DE DISEÑO

#### 3.3.1 GASTO MEDIO ANUAL

El gasto medio anual ( $Q_{med}$ ) es la cantidad de agua requerida por la población para satisfacer sus necesidades en un día de consumo promedio, durante el año y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_{med} = \frac{\text{poblacion} \times \text{dotacion}}{86400} \quad (1)$$

Donde:

- Q = gasto medio diario, en lps.
- Población = población de proyecto
- Dotación = dotación por habitante, en lts./hab./día.
- 86400 = segundos que tiene un día.

Sustituyendo valores en la expresión (1), tenemos:

$$Q_{med} = \frac{1317 \text{ hab} \times 150 \frac{\text{lts}}{\text{hab}} \cdot \text{dia}}{86400 \text{ seg.}} \quad (2)$$

$$Q_{med} = 2.286 \text{ l.p.s.}$$

#### 3.3.2 GASTO MÁXIMO DIARIO

Es la cantidad de agua que debe la fuente abastecer, y este se calcula para diseñar la obra de captación, el equipo de bombeo, la conducción y a su vez el tanque de regularización y almacenamiento, siendo la expresión:

$$Q_{MD} = CVD \times Q_{med} \quad (3)$$

Donde:

$Q_{MD}$  = gasto máximo diario, en l.p.s.  
 $CVD$  = coeficiente de variación diaria igual a 1.40  
 $Q_{med}$  = gasto medio diario, en l.p.s.

Sustituyendo los valores en la expresión (3), tenemos:

$$Q_{MD} = 1.40 \times 2.2864 \text{ l.p.s.} \quad (4)$$

$$Q_{MD} = 3.201 \text{ l.p.s.}$$

### 3.3.3 GASTO MÁXIMO HORARIO

Es el gasto requerido para satisfacer las necesidades del vital líquido a la población en el día y hora de máximo consumo. El gasto máximo horario se utiliza para calcular las redes de distribución, y lo obtenemos a partir de la siguiente expresión:

$$Q_{MH} = CVH \times Q_{MD} \quad (5)$$

Donde:

$Q_{MH}$  = gasto máximo horario, expresado en l.p.s.  
 $CVH$  = coeficiente de variación horaria igual a 1.55  
 $Q_{MD}$  = gasto máximo diario, en l.p.s.

Sustituyendo los valores en la expresión (5) nos queda de la siguiente forma:

$$Q_{MH} = 1.55 \times 3.201 \text{ l.p.s.} \quad (6)$$

$$Q_{MH} = 4.962 \text{ l.p.s.}$$

### 3.4 RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS

Localidad	San Antonio Corrales
Municipio	Alfajayucan
Estado	Hidalgo
Población actual (año 2005)	1013 habitantes
Población de proyecto (año 2028)	1317 habitantes
Dotación	150 l.p.s.
Coefficiente de Variación Diario	1.40
Coefficiente de Variación Horaria	1.55
Gasto Medio Anual	2.286 l.p.s.
Gasto Máximo Diario	3.201 l.p.s.
Gasto Máximo Horario	4.962 l.p.s.
Fuente de Abastecimiento	pozo
Conducción	Bombeo
Regularización	Tanque



## **CAPÍTULO IV**

### **DIMENSIONAMIENTO**

#### **4.1 GENERALIDADES**

Se entiende como tanque de regularización al recipiente de diversas formas geométricas (cuadrado, rectangular, trapecial, cilíndrico) y construido con diversos materiales, que recibe el agua de la línea de conducción desde la fuente de abastecimiento y regula el gasto de alimentación a la red de distribución, también es usado a la vez para almacenamiento, con el fin de contener una reserva suficiente de agua potable para uso posterior, permite almacenar un volumen de agua cuando la demanda en la población es menor que el gasto de llegada, y esta será utilizada cuando la demanda de la población es mayor, esta regulación se hace por periodos de 24 horas.

Se proporciona un volumen adicional de almacenamiento en el tanque, esto con la finalidad de disponer de agua suficiente como reserva, con el objeto de no dejar de suministrar el vital líquido en caso de desperfecto y/o por mantenimiento, ya sea en la conducción o en el equipo de bombeo o para satisfacer demandas extraordinarias en la población, como puede ser el caso de la población que analizamos en el capítulo II.

#### **4.2 FUNCIÓN DEL TANQUE DE REGULARIZACIÓN**

La función de los tanques de regularización como se mencionó anteriormente tienen dos funciones:

1. Regulación: la cual permite suministrar la cantidad de agua suficiente para las necesidades diarias de la población, convirtiendo una ley de aportaciones constantes que es la que suministra el pozo (gasto constante), en una ley de demandas variables (gastos variables). Así como regular y controlar todas las presiones en la red de distribución.
2. Almacenar un volumen de agua cuando la demanda es menor que el gasto que suministra el pozo, para abastecer a la población cuando la demanda de esta sea mayor, también para satisfacer demandas extraordinarias o para cuando allá mantenimiento o reparación del sistema de bombeo o de conducción.

### **4.3 TIPOS DE TANQUES**

La selección del tipo de tanque dependerá en primer lugar de la topografía del lugar donde se pretenda construir el tanque, y de los materiales disponibles en la región lo cual hará que los costos minimicen y el aprovechamiento del tanque se el mas eficiente.

#### **4.3.1 TANQUES SUPERFICIALES**

Estos tanques se construirán sobre la superficie del terreno, sobre una elevación natural, el cual se tenga en la proximidad de la población, este tipo de construcciones son comunes en lugares donde el terreno es duro y se tiene una topografía adecuada, para hacer la distribución mediante gravedad de lo contrario resultaría muy caro.

También se pueden construir estos depósitos bajo el nivel del suelo o haciendo cortes y/o rellenos, y se utilizara cuando exista en el terreno la cota adecuada para su buen funcionamiento y también de fácil excavación. Cuando se construyen tanques enterrados se deben proteger las paredes con un impermeabilizante.

#### **4.3.2 TANQUES ELEVADOS**

Los tanques elevados son los que cuya base esta por encima del nivel del suelo y se sostiene a partir de una estructura, este se construirá cuando no sea posible construir un tanque superficial puesto que las condiciones topográficas nos marcan una topografía plana y no se dispone cerca una elevación natural con una altimetría adecuada.

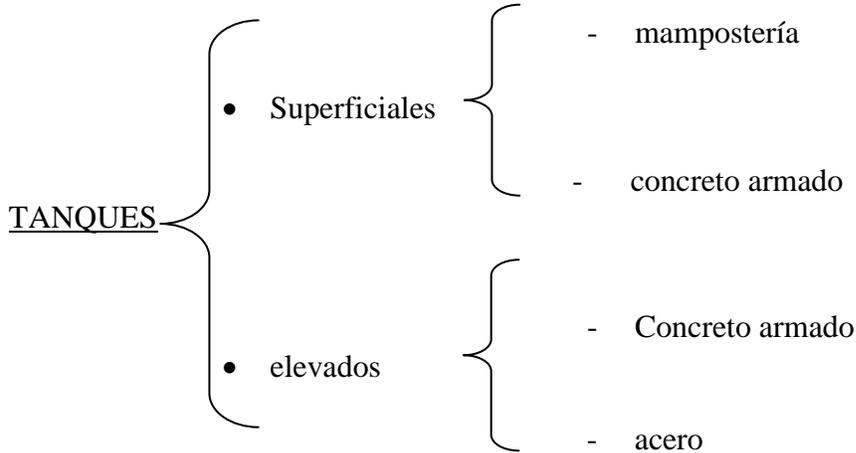
Para tener un óptimo beneficio del tanque este generalmente se construye en torres de 10, 15 y asta 20 metros de altura, se procura poner el tanque en un sitio céntrico de la población, para garantizar que todas las tomas tengan una presión uniforme tanto en periodos de mínima como de máxima demanda.

#### **4.3.3 ELECCIÓN DEL TANQUE**

El tipo de tanque que se quiera construir será el que cumpla los requisitos topográficos el cual debe ser tener como referencia el nivel de piso del tanque respecto al punto mas alto para abastecer sea de 15 metros, y el nivel del tanque en el nivel máximo de operación y el punto mas bajo por abastecer sea de 50 metros. Por lo tanto se propone un tanque elevado de altura 10 metros, para que la alimentación a la red de distribución se efectuara por gravedad y asegurar que en cualquier instante y en todos los puntos de la red, la presión sea suficiente.

#### 4.4 MATERIALES

Los materiales usados más comúnmente en la construcción de tanques de regularización son:



*Se recomienda un tanque elevado de concreto armado.*

#### 4.5 DIMENSIONAMIENTO

Los volúmenes necesarios de almacenamiento se calculan con el fin de efectuar una regulación diaria de los volúmenes de entrada y salida para satisfacer las necesidades diarias de consumo la población de San Antonio Corrales. El calculo del volumen de almacenamiento esta en función del gasto máximo diario y la ley de demandas de la comunidad. Y se calcula ya sea mediante métodos analíticos o gráficos.

La forma grafica se hace combinando las curvas masa de entrada y la de salida para los mismos intervalos de tiempo, dicha combinación se hace trazando las dos curvas masa en el mismo sistema de ejes coordenados, y una vez trazadas ambas curvas masa, la diferencia de ordenadas entre las curvas para un tiempo dado representa el excedente o el faltante de volumen de almacenamiento para un tiempo considerado.

La curva masa se trazan con datos de volumen o de porcentaje de este, y estas variaciones del consumo promedio se muestran en las siguiente tabla.

COEFICIENTE DE VARIACIÓN DE SUMINISTRO O COEFICIENTE DE VARIACION HORARIA (CVH) DE Q <sub>m</sub> EN CADA HORA				
suministro		Demandas (salidas)		
Horas	Entradas Q (bombeo %)	Demanda horaria en %	Diferencias	Diferencias acumuladas
0-1	100	45	55	55
1-2	100	45	55	110
2-3	100	45	55	165
3-4	100	45	55	220
4-5	100	45	55	275
5-6	100	60	40	315
6-7	100	90	10	325
7-8	100	135	-35	290
8-9	100	150	-50	240
9-10	100	150	-50	190
10-11	100	150	-50	140
11-12	100	140	-40	100
12-13	100	120	-20	80
13-14	100	140	-40	40
14-15	100	140	-40	0
15-16	100	130	-30	-30
16-17	100	130	-30	-60
17-18	100	120	-20	-80
18-19	100	100	0	-80
19-20	100	100	0	-80
20-21	100	90	10	-70
21-22	100	90	10	-60
22-23	100	80	20	-40
23-24	100	60	40	0
total	2400	2400		

Horas de bombeo

Tabla 4.5.1 coeficiente de variación diaria

Se trazan la curva masa de los volúmenes de entrada y salida. (Grafico 4.5.1)

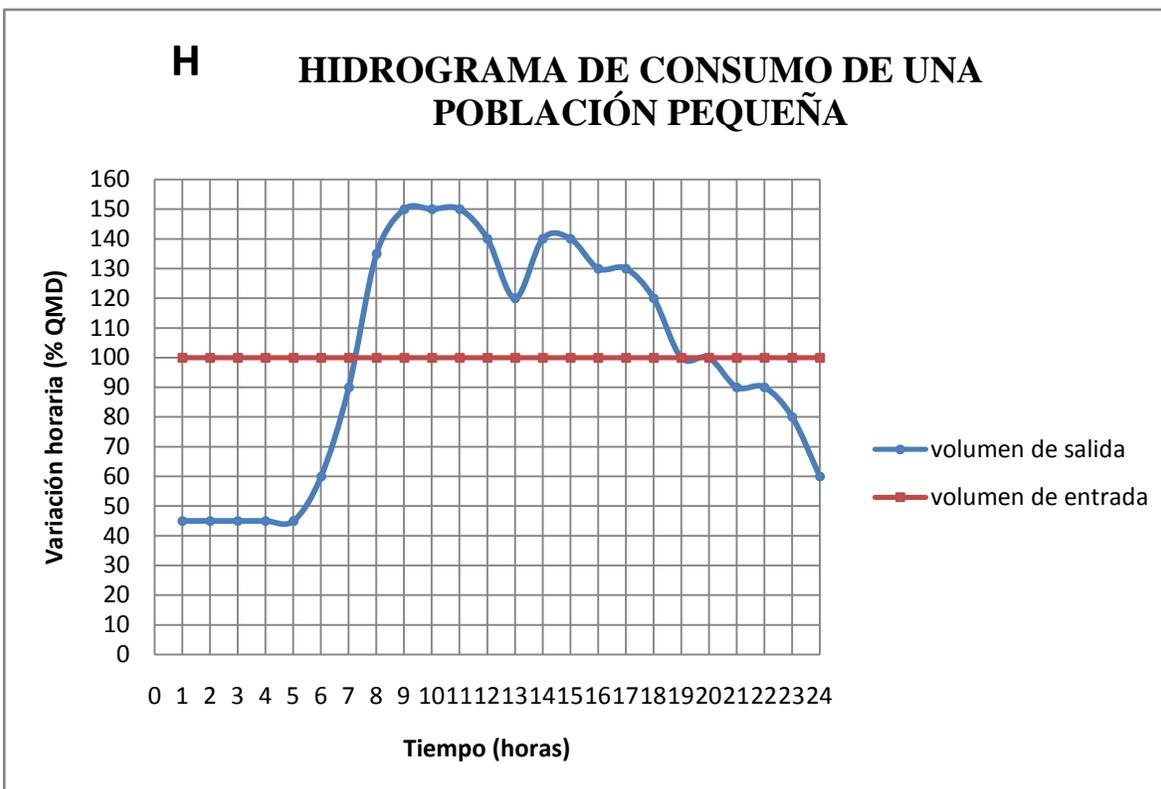


Grafico 4.5.1 curvas masa

Proponiendo que la línea de conducción trabajara por gravedad y que el suministro será de 12 horas de bombeo siendo estas de las 5 horas a las 17 horas.

Se calculara el gasto de diseño de la fuente de abastecimiento y conducción incrementándolo proporcionalmente a la reducción del tiempo de bombeo y se obtiene de la siguiente expresión:

$$Qd = \frac{24 Qmd}{tb} \tag{1}$$

Donde:

- Qd = gasto de diseño en l.p.s.
- Qmd = gasto máximo diario en l.p.s.
- tb = tiempo de bombeo, en horas/día.

Sustituyendo los valores obtenidos en el capítulo 3.4 queda:

(2)

$$Qd = \frac{24 \times 1.2561 \text{ l.p.s.}}{12 \text{ hrs/dia}}$$

$$Qd = 2.5122 \text{ l.p.s.}$$

Para el cálculo del coeficiente de regulación se utilizan los valores de la tabla 4.5.1, y de los valores de la columna de diferencias acumulada, se deduce el máximo porcentaje excedente y el máximo porcentaje faltante, por lo que utilizamos la siguiente expresión:

(3)

$$R = \frac{(3.6)(\text{Max. \% Excedente} - \text{Max. \% Faltante})}{100}$$

Donde:

R                      coeficiente de regulación  
 Max. % Excedente    valor máximo positivo de las diferencias acumuladas  
 Max. % Faltante    valor máximo negativo de las diferencias acumuladas

Sustituyendo los valores de la tabla 4.5.1 en la expresión (4), nos queda:

(4)

$$R = \frac{(3.6)(325 - 60)}{100}$$

$$R = 9.54$$

Para determinar la capacidad máxima del tanque de regularización, utilizaremos la siguiente ecuación:

(5)

$$C = R Qmd$$

Donde:

C capacidad del tanque en  $m^3$   
 R coeficiente de regulación  
 Qmd    gasto máximo diario (gasto de diseño calculado en la expresión (2))

en l.p.s

Sustituyendo los valores en la expresión (7) tenemos:

(6)

$$C = 9.54 \times 2.5122$$

$$C = 23.97 \text{ m}^3 \approx 24 \text{ m}^3.$$



Una vez cálculo el volumen máximo de almacenamiento se procede a dimensionar el tanque proponiendo un tirante interior de agua de 2.5 metros, por lo que la superficie en planta se determinara como sigue:

Para un tanque cuadrado tenemos:

Dimensiones:

$$Area = Largo \times Ancho \quad (7)$$

$$Volumen = Area \times Alto \quad (8)$$

De estas dos ecuaciones:

$$Area = \frac{Volumen}{Alto} \quad (9)$$

Sustituyendo valores:

$$Area = \frac{24 \text{ m}^3}{2.5 \text{ m}}$$

$$Area = 9.6 \text{ m}^2 \quad (10)$$

$$Lado = \sqrt{Area}$$

$$Lado = \sqrt{9.6}$$

$$Lado = 3.10 \text{ m}$$

Por lo tanto tendremos un tanque de almacenamiento de 3.10 m. x 3.10 m. de lado y de altura 2.5 m.

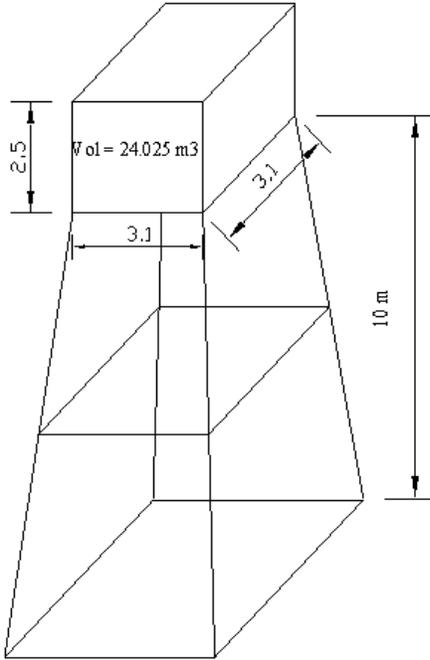


Fig. 4.5.1 propuesta de tanque de almacenamiento

Para un tanque trapecial tenemos:

Dimensiones:

(11)

$$Area = \frac{a + b}{2} h$$

(12)

$$Volumen = Area \times ancho$$

Suponiendo:

$$b = 2a \quad y$$

$$h = ancho$$

Tenemos:

(13)

$$Area = \frac{a + 2a}{2} h$$

(14)

$$Volumen = \frac{3a}{2} h \cdot h$$

(15)

$$Volumen = \frac{3}{2} a \cdot 2h$$

(16)

$$Volumen = 3 a h$$

Despejando “a” y sustituyendo valores tenemos:

(17)

$$a = \frac{\text{Volumen}}{3 h}$$

$$a = \frac{24}{3 (2.5)}$$

$$a = 3.2 \text{ m.}$$

Por lo tanto tendremos un tanque de almacenamiento trapecial de base mayor 6.4 m, base menor 3.2 m, con una altura de 2.5 m, y un ancho de 2.5 m.

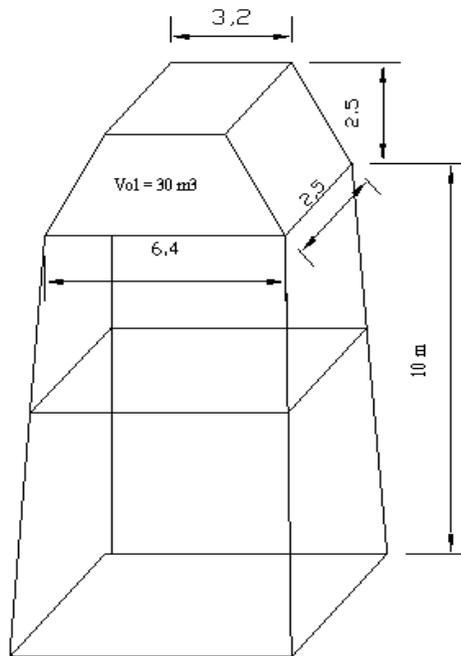


Fig. 4.5.2 propuesta de tanque trapecial

Para un tanque circular en forma de esfera tenemos:

Dimensiones:

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

(18)

De esta expresión despejamos el radio, tenemos:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3V}{4\pi}}$$

(19)

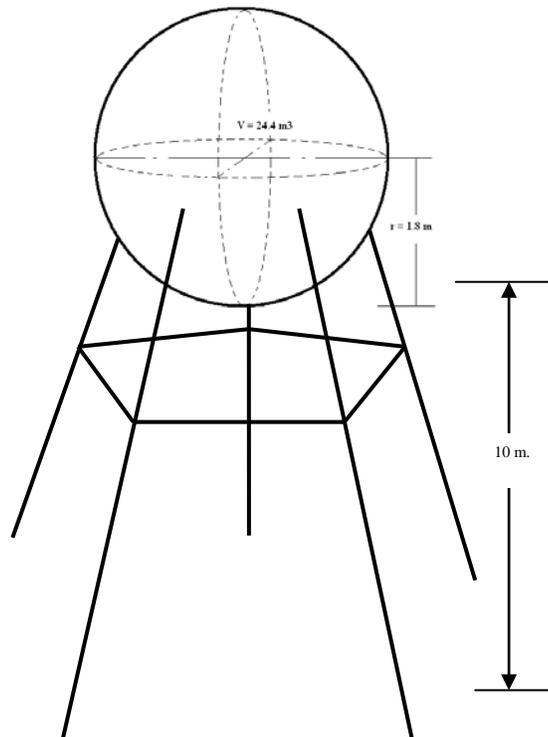
Sustituyendo valores:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3(24 \text{ m}^3)}{4\pi}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{72}{12.5664}}$$

$$r = 1.79 \text{ m.}$$

Por lo tanto tendremos un tanque de radio 1.79 m, aunque para fines constructivos se sugiere se redondee a 1.80 m, esta forma del tanque se recomienda para cuando se pretenda construir de metal.



## CONCLUSIONES

Una vez terminado el dimensionamiento del tanque de regularización de la comunidad de San Antonio Corrales, Municipio de Alfajayucan, Estado de Hidalgo, cuya población es para el periodo de diseño de 20 años corresponde a 1317 habitantes con una dotación media diaria de 3.201 l.p.s., cuando el pozo suministra agua por 14.33 l.p.s., por lo que habrá abasto suficiente para la población de la comunidad, esto a su vez no quiere decir que habiendo agua de sobra relativamente no se cuidare y se dosificare el liquido, que con el paso del tiempo se va escaseando a un ritmo muy acelerado, debemos tomar en cuenta que cualquier ahorro por insignificante que parezca, se vera en reflejado en una gran ahorro en el futuro, garantizando que las siguientes generaciones tengan el gran beneficio de el agua en cantidad y calidad suficiente como para satisfacer sus necesidades diarias de consumo.

Un recurso que ayuda a la correcta administración del agua es el tanque de regularización y/o de almacenamiento, tema principal de este trabajo, proponiendo un volumen de 24 m<sup>3</sup> de capacidad, este volumen garantizara que el vital liquido llegue a tiempo y con la presión necesaria asta las tomas mas altas y alejadas de el tanque.

Cabe destacar que el mantenimiento oportuno y preventivo del mismo, así como de todo el sistema de bombeo y conducción, garantizara los años de vida útil del sistema, y además de no olvidar estar en constante monitoreo el contenido y la dosificación de cloro (pastilla) al sistema de almacenamiento esto con el fin de conservar la calidad de el agua.

A medida que pasan los años es de vital importancia diseñar sistemas de agua potable que optimicen la administración del vital liquido, debido a la escases que año con año se presenta en las regiones, y evitar posibles conflictos que genere una mala dosificación o incluso un mal aprovechamiento del preciado liquido.

La última decisión sobre la construcción del tanque y de todo el sistema queda a cargo de los encargados de dar seguimiento al proyecto, yo solo doy una guía de que lineamientos seguir para la correcta construcción y ejecución de los trabajos, todo con la finalidad de acercar a la población un recurso mas para un optimo y consiente uso de el agua y que mejor manera de diseñar sistemas que proporcionen una ayuda al ahorro del vital liquido, pero la ultima acción quedara en aquellos consumidores consientes de la importancia que tiene hoy en día el agua.

“POR UN USO CONSIENTE DEL AGUA”

## BIBLIOGRAFIA

- MANUAL DE LOS POZOS PEQUEÑOS  
ULRIC D. GIPSON  
REXFORD D. SINGER  
LIMUSA NORIEGA  
1990
- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
INGENIERÍA AMBIENTAL  
TERENCE J. McGHEE  
McGRAW HILL  
1999
- CONTROL DE LA CALIDAD DEL AGUA  
PROCESO FISICOQUÍMICOS  
WALTER J. WEBER Jr.  
REVERTE S.A.  
1979
- ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
STEEL  
GUSTAVO GILI S.A.  
1972
- ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOCIÓN DE AGUAS RESIDUALES VOL. 1  
GORTON MASKEW FAIR  
JHON CHARLES GEYER  
DANIEL ALEXANDER OKUM  
LIMUSA  
1976
- MANUAL CNA 1997: OBRAS DE TOMA Y POTABILIZACIÓN
- [www.vamex.com.mx](http://www.vamex.com.mx)



- [www.conagua.gob.mx](http://www.conagua.gob.mx)
- Ley Federal de Derechos  
Comisión Nacional del Agua  
2008
- Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento  
Comisión Nacional del Agua  
2004

**Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.**

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.- Comisión Nacional del Agua.

GUILLERMO GUERRERO VILLALOBOS, Director General de la Comisión Nacional del Agua, con fundamento en lo dispuesto en los artículos 32 Bis fracciones I, II, III, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 1o., 2o. fracción II, 3o. fracción XI, 38 fracción II, 40 fracciones I, X y XIII, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 51, 52, 62, 63 y 64 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 9o. fracciones I, IV, XII y 12 de la Ley de Aguas Nacionales; 10 segundo párrafo y 14 fracciones XI y XV del Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales y,

**CONSIDERANDO**

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de Proyectos de Normas Oficiales Mexicanas, el ciudadano Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua ordenó la publicación del Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, que establece los requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el día 12 de junio de 1996, a efecto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que durante el plazo de noventa días naturales, contados a partir de la fecha de publicación de dicho Proyecto de Norma Oficial Mexicana, los análisis a que se refiere el citado ordenamiento legal, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del plazo referido, los interesados presentaron sus comentarios al Proyecto de Norma en cita, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, realizándose las modificaciones pertinentes, mismas que fueron publicadas en el **Diario Oficial de la Federación** el día 6 de enero de 1997 por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, por conducto de la Comisión Nacional del Agua.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización del Sector Agua, en sesión de fecha 1 de octubre de 1996, he tenido a bien expedir la siguiente:

Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.

**CONTENIDO**

0. INTRODUCCION
1. OBJETIVO
2. CAMPO DE APLICACION
3. REFERENCIAS
4. DEFINICIONES
5. CLASIFICACION
6. ESPECIFICACIONES
7. VERIFICACION
8. RECOMENDACIONES
9. OBSERVANCIA DE ESTA NORMA
10. BIBLIOGRAFIA
11. GRADO DE CONCORDANCIA CON NORMAS Y RECOMENDACIONES INTERNACIONALES
12. VIGENCIA

APENDICE "A"

**0. Introducción**

La necesidad de obtener agua en cantidades económicamente explotables ha originado la perforación de aproximadamente 140,000 pozos distribuidos en 460 acuíferos. Cuando los pozos para extracción de agua están mal construidos, ofrecen una vía de contaminación entre el ambiente externo y los acuíferos.

A diferencia del agua superficial, en la que puede observarse el proceso de contaminación y la localización de las fuentes contaminantes, lo que permite la remediación y depuración del recurso de manera oportuna, en el caso del agua subterránea la contaminación avanza y se efectúa sin que pueda observarse, originando que, a veces, la fuente de abastecimiento de agua tenga que abandonarse temporal o definitivamente. Los estudios para determinar la fuente y características de la contaminación, así como el proceso de remediación o descontaminación, requieren plazos de hasta varios años y originan altos costos que obligan incluso a abandonar definitivamente la fuente local de abastecimiento de agua.

La falta de cuidado en el manejo de las instalaciones que contienen líquidos y depósitos de residuos sólidos degradables cercanos a los pozos para extracción de agua, la ausencia de reglamentación relativa a la distancia a la que se puede construir un pozo para extracción de agua de la fuente de contaminación no suprimible y el diseño y construcción inadecuado de pozos, han dado como resultado la posible contaminación de las aguas subterráneas.

Con el objeto de minimizar este riesgo y establecer los requisitos mínimos durante la construcción de pozos de agua para coadyuvar a la protección de acuíferos, se hace necesario expedir la siguiente:

Norma Oficial Mexicana NOM-003-CNA-1996, Requisitos durante la construcción de pozos de extracción de agua para prevenir la contaminación de acuíferos.

### **1. Objetivo**

Esta Norma Oficial Mexicana establece los requisitos mínimos de construcción que se deben cumplir durante la perforación de pozos para la extracción de aguas nacionales y trabajos asociados, con objeto de evitar la contaminación de los acuíferos.

### **2. Campo de aplicación**

Esta Norma se aplica a la construcción de pozos para la extracción de aguas nacionales destinadas a los usos agrícola, agroindustrial, doméstico, acuicultura, servicios, industrial, pecuario, público urbano y múltiples.

La responsabilidad en la aplicación y cumplimiento de la presente Norma corresponde al concesionario o asignatario que realice la construcción de pozos para la extracción de aguas nacionales.

### **3. Referencias**

NOM-008-SCFI-1993 Sistema General de Unidades de Medida. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de octubre de 1993.

NOM-012-SCFI-1993 Medición de flujo de agua en conductos cerrados de sistemas hidráulicos - Medidores para agua potable fría - Especificaciones. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 14 de octubre de 1993.

NOM-014-SSA1-1993 Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 12 de noviembre de 1993.

NOM-127-SSA1-1994 Salud Ambiental Agua para uso y consumo humano - Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Publicada en el **Diario Oficial de la Federación** el 18 de enero de 1996.

### **4. Definiciones**

Para propósitos de esta Norma, las siguientes definiciones y unidades son aplicables:

**4.1 Acreditamiento:** Acto mediante el cual la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial reconoce organismos nacionales de normalización, organismos de certificación, laboratorios de pruebas y de calibración y unidades de verificación, para que lleven a cabo las actividades a que se refiere la *Ley Federal sobre Metrología y Normalización*.

**4.2 Acuífero:** Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento.

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

**4.4 Asignatario:** Dependencia u organismo descentralizado de la administración pública federal, estatal o municipal que explota, usa o aprovecha aguas nacionales mediante asignación otorgada por la Comisión Nacional del Agua.

**4.5 Bentonita:** Arcilla plástica que contiene principalmente sílice coloidal, caracterizada por la propiedad de aumentar varias veces su volumen al ponerse en contacto con el agua.

**4.6 Brocal:** Base de concreto perimetral al ademe del pozo, colocada en el extremo superior del mismo para soportar al cabezal de descarga.

**4.7 Campo de percolación:** Área preparada para verter agua que se empleará para la recarga artificial de acuíferos, ya sea por inundación directa o en forma de riego.

**4.8 Concesionario:** Persona física o moral que explote, use o aproveche aguas nacionales mediante concesión otorgada por la Comisión Nacional del Agua.

**4.9 Contraademe:** Tubería, generalmente de acero, utilizada en la ampliación de la parte superior de un pozo, cuya función es evitar derrumbes, entradas de aguas superficiales e infiltraciones que contaminen al acuífero.

**4.10 Degradación:** Cambio o modificación de las propiedades físicas y químicas de un elemento, por efecto de un fenómeno o de un agente extraño.

**4.11 Depósito de jales:** Sitio donde se depositan residuos generados en las operaciones primarias de separación y concentración de minerales.

**4.12 Desarrollo del pozo:** Conjunto de actividades tendientes a restituir e incrementar la porosidad y permeabilidad del filtro granular y la formación acuífera adyacente al pozo.

**4.13 Desinfectante:** Sustancia o proceso que destruye o impide la reproducción de microorganismos infecciosos, tales como las bacterias y los enterovirus.

**4.14 Filtro granular:** Material redondeado de origen natural, exento de materia orgánica o cualquier sustancia que altere o modifique sus propiedades físicas y químicas naturales, cuyo tamaño se selecciona en función de las características del acuífero; se coloca entre el ademe y el contraademe o pared de la unidad geológica horadada y su función principal es la de evitar la entrada de material fino al interior del pozo.

**4.15 Fluido de perforación:** Agua, agua con bentonita, aire, aire con espumantes, o lodos orgánicos, empleados en las labores de perforación rotatoria de pozos, para remover el recorte del fondo, enfriar y limpiar la barrena, mantener estables las paredes y reducir la fricción entre las paredes del pozo y la herramienta de perforación.

**4.16 Fuente contaminante:** Conjunto de elementos que generan productos que alteran, en forma negativa, las propiedades físico-químicas y/o biológicas del agua.

**4.17 La Comisión:** Comisión Nacional del Agua, órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca.

**4.18 Lecho de absorción:** Obra de superficie para la recarga artificial de acuíferos, que consiste en adecuaciones del cauce de un río para mantener o aumentar su capacidad de infiltración.

**4.19 Material consolidado:** Agregado natural de fragmentos de roca unidos unos con otros directamente, o con ayuda de un cementante (material precipitado químicamente) o con matriz (material terrígeno).

**4.20 Material no consolidado:** Agregado natural de partículas poco cohesivas, no cementadas entre sí.

**4.21 Nivel freático:** Nivel superior de la zona saturada, en el cual el agua, contenida en los poros, se encuentra sometida a la presión atmosférica.

**4.22 Perforista:** Persona física o moral con quien el concesionario o asignatario ha convenido la perforación.

**4.23 Permeabilidad:** Capacidad de un material para transmitir un fluido.

**4.24 Plantilla:** Losa de concreto perimetral al brocal para protección superficial del pozo.

**4.25 Pozo:** Obra de ingeniería, en la que se utilizan maquinarias y herramientas mecánicas para su construcción, para permitir extraer agua del subsuelo.

**4.26 Pozo de absorción:** Obra de ingeniería diseñada especialmente para infiltrar agua de lluvia al subsuelo, constituida por una captación o alcantarilla, una caja desarenadora y una caja de infiltración; esta última funciona como pozo o puede derivar sus excedentes a uno. En este

tipo de pozos no se controla la calidad del agua, ya que ésta es infiltrada en la zona no saturada en la que se espera se obtenga una depuración adicional antes de llegar al acuífero.

**4.27 Pozo de infiltración o inyección:** Obra de ingeniería que permite la recarga artificial del acuífero.

**4.28 Rejilla; cedazo:** Ademe con aberturas de forma, tamaño y espaciamiento diseñados en función de las características granulométricas del acuífero, que permite el paso del agua al interior del pozo.

**4.29 Relleno sanitario:** Sitio para el confinamiento controlado de residuos sólidos municipales.

**4.30 Unidad de verificación:** Personas físicas o morales que hayan sido acreditadas para realizar actos de verificación por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, en coordinación con las dependencias competentes.

**4.31 Uso agrícola:** La utilización de agua nacional, destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, y su preparación para la primera enajenación, siempre que los productos no hayan sido objeto de transformación industrial.

**4.32 Uso agroindustrial:** La utilización de agua nacional, para la actividad de transformación industrial de los productos agrícolas y pecuarios.

**4.33 Uso doméstico:** Utilización del agua nacional, destinada al uso particular de las personas y del hogar, riego de sus jardines y de sus árboles de ornato, incluyendo el abrevadero de sus animales domésticos que no constituya una actividad lucrativa.

**4.34 Uso en acuicultura:** La utilización de agua nacional, destinada al cultivo, reproducción y desarrollo de cualquier especie de la fauna y flora acuáticas.

**4.35 Uso industrial:** La utilización de agua nacional en fábricas o empresas que realicen la extracción, conservación o transformación de materias primas o minerales, el acabado de productos o la elaboración de satisfactores, así como la que se utiliza en parques industriales, en calderas, en dispositivos para enfriamiento, lavado, baños y otros servicios dentro de la empresa, las salmueras que se utilizan para la extracción de cualquier tipo de sustancias y el agua aun en estado de vapor, que sea usada para la generación de energía eléctrica o para cualquier otro uso o aprovechamiento de transformación.

**4.36 Uso pecuario:** La utilización de agua nacional para la actividad consistente en la cría y engorda de ganado, aves de corral y animales, y su preparación para la primera enajenación, siempre que no comprendan la transformación industrial.

**4.37 Uso público urbano:** La utilización de agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, a través de la red municipal.

**4.38 Uso en servicios:** La utilización de agua nacional para servicios distintos a los señalados en las fracciones 4.31 a 4.39 de esta Norma.

**4.39 Usos múltiples:** La utilización de agua nacional aprovechada en más de uno de los usos definidos en párrafos anteriores, salvo el uso para conservación ecológica, el cual está implícito en todos los aprovechamientos.

**4.40 Verificación:** Constatación ocular o comprobación mediante muestreo y análisis de laboratorio acreditado, del cumplimiento de las normas.

## **5. Clasificación**

Para propósitos de esta Norma, los pozos se pueden clasificar, en cuanto a su uso, en agrícola, agroindustrial, doméstico, en acuicultura, en servicios, industrial, pecuario, público urbano y múltiples.

## **6. Especificaciones**

### **6.1 Materiales usados en la construcción de pozos**

Las piezas y sustancias utilizadas en la construcción de pozos deben ser de calidad comercial.

### **6.2 Area restringida de emplazamiento del pozo**

El área de protección entre el sitio seleccionado para construir un pozo y las fuentes potenciales de contaminación existentes que no pueden ser suprimidas, tendrá un radio mínimo de 30 m con respecto al pozo.

Las fuentes de contaminación son las siguientes (esta lista no es limitativa, sino que depende de lo que, para situaciones y condiciones particulares, la Comisión considere necesarias):

- Alcantarillado sanitario
- Campos de percolación
- Canales de aguas residuales
- Cloacas
- Depósitos de jales
- Fosas sépticas
- Gasolineras y depósitos de hidrocarburos
- Lechos de absorción
- Letrinas
- Pozos abandonados no sellados
- Pozos de absorción
- Puntos de descarga de aguas residuales de uso industrial
- Rellenos sanitarios
- Ríos y cauces con aguas residuales provenientes de los usos definidos en los puntos 4.31 a 4.39
- Rastros y establos

El radio mínimo podrá ser modificado por la Comisión o por la autoridad local competente, a través de la disposición legal o reglamentaria aplicable, con base en un estudio específico del sitio que considere la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación y la extensión de su área de influencia, para diferentes tiempos.

Cuando no sea posible cumplir el radio mínimo especificado en la presente Norma o en la disposición local reglamentaria, el concesionario o asignatario deberá presentar a la Comisión el diseño que propone, para evitar la contaminación del acuífero, basado en estudios hidrogeológicos.

### **6.3 Desinfección de la herramienta en la etapa de perforación del pozo**

La herramienta y la tubería de perforación se deben desinfectar antes de iniciar los trabajos de perforación. Previo a la desinfección, es necesario remover las grasas, aceites y otras sustancias adheridas a las herramientas.

### **6.4 Preparación y disposición adecuada de los fluidos de perforación**

En la perforación de pozos con fluidos, cuya base principal sea el agua y la bentonita, éstos no deben contener ninguna sustancia que degrade las características químicas del agua subterránea.

#### **6.4.1 Preparación de los fluidos**

El agua utilizada en la preparación del fluido de perforación debe tener características físico-químicas tales que no inhiban las propiedades del fluido y no degraden al agua del subsuelo. Debe estar libre de organismos patógenos y poseer un pH entre 6 y 10.

Bajo ninguna circunstancia se debe permitir el uso de aguas residuales.

#### **6.4.2 Protección de acuíferos por pérdida de circulación**

No se deben añadir al fluido de perforación materiales que puedan contaminar o reducir la propiedades hidráulicas del acuífero.

#### **6.4.3 Disposición de los residuos**

Concluidos los trabajos de construcción del pozo, el perforista debe retirar los residuos de lodo y materiales de construcción del área de trabajo, de acuerdo a la reglamentación federal o estatal.

Los residuos se podrán esparcir en sitios cercanos, previa autorización de los propietarios de los terrenos. En todo caso se deberá realizar una limpieza del área de trabajo con el fin de restaurar el sitio a sus condiciones originales.

### **6.5 Protección superficial e interna de la estructura del pozo**

Todos los aprovechamientos hidráulicos subterráneos deben contar con protección sanitaria. De acuerdo con la estructura del pozo, el espacio anular entre las paredes de la formación y el

ademe, así como la terminal superior del pozo, son las áreas que presentan mayor riesgo de contaminación.

#### **6.5.1 Ademe para protección del pozo**

##### **6.5.1.1 Sobreelevación del ademe por encima del nivel del suelo**

El extremo superior del ademe debe sobresalir cuando menos 0.50 m por encima del nivel del terreno natural o sobreelevado.

##### **6.5.1.2 Cedazo o rejilla**

El material del cedazo o rejilla y sus elementos de unión (soldadura o pegamento) deben ser de calidad comercial y uniforme.

##### **6.5.1.3 Filtro granular**

En caso de que sea necesario el uso de filtro granular, éste debe estar conformado por partículas inertes redondeadas, de origen natural; asimismo, no deberá tener un porcentaje mayor del 5% de material carbonatado. En ningún caso se deben utilizar filtros de material triturado.

#### **6.5.2 Contraademe**

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

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

#### **6.5.3 Sobreelevación y protección del área de emplazamiento del pozo**

##### **6.5.3.1 Tipo y dimensiones del brocal**

Cuando el diseño del pozo sea como se presenta en la figura ilustrativa 1, la forma exterior del brocal será la de un prisma cuadrangular, cuyos lados tendrán una longitud igual al diámetro total superficial de la perforación, con una altura de 0.50 m a partir del nivel del terreno natural o sobreelevado. En el momento de la construcción del brocal, se deben colocar dos tubos para la colocación del filtro granular.

Cuando el diseño del pozo sea como el presentado en la figura ilustrativa 2, el contraademe debe tener la misma altura que el ademe, sin que sea necesario poner tubos engravadores, ya que el espacio anular sólo lleva una tapa removible.

En ambos casos, la plantilla y la parte superficial de la cementación del contraademe, deben formar estructuralmente un solo cuerpo.

Cuando el pozo esté emplazado en unidades de material consolidado, el ademe debe estar ahogado en el brocal. Cuando el pozo esté perforado en material no consolidado, se debe dejar un espacio anular mínimo de 0.0063 m entre el brocal y el ademe.

Cuando el concesionario o asignatario, y sólo por razones técnicas, considere otro diseño de brocal, deberá presentarlo a la Comisión para su aprobación.

##### **6.5.3.2 Plantilla**

La superficie de la plantilla alrededor del pozo debe construirse con una pendiente del 2% (dos por ciento), de tal modo que el agua u otro fluido que escurra se aleje del pozo en todas las direcciones.

La forma exterior de la losa será cuadrada, y debe tener una longitud mínima por lado de 3 (tres) veces el diámetro total de la perforación. El espesor total de la losa será de 0.15 m, de los cuales los 0.05 m inferiores estarán por debajo del nivel del terreno natural o sobreelevado, previo desplante y apisonamiento de este último (véase figura 1).

En caso de existir evidencia de inundaciones en el área, la plantilla debe estar sobreelevada. Para ello, el usuario debe considerar el nivel de la máxima inundación registrada en los últimos 30 años, la orientación geográfica y la elevación topográfica del sitio de emplazamiento del pozo.

#### **6.5.4 Tipo y dimensiones de la protección del pozo**

En pozos de uso público urbano se debe contar, además de la cerca de malla ciclónica, con una caseta para garantizar la protección y buen funcionamiento del pozo. En caso de que sea necesario construir casetas subterráneas, éstas deben tener un drenaje adecuado o, en su defecto, contar con una estación de bombeo para desalojar el agua. En pozos de uso industrial ubicados dentro de instalaciones industriales cerradas, el concesionario o asignatario deberá garantizar la adecuada protección superficial del pozo.

En los demás usos definidos en la presente Norma, los pozos deben contar con una cerca perimetral de protección de malla ciclónica de al menos 3 x 3 m en planta. En caso de que las características y el espacio del terreno lo permitan, podrán construirse obras civiles complementarias.

#### **6.6 Desinfección del pozo**

La desinfección del pozo debe ser realizada durante la etapa de desarrollo del mismo, antes de que el equipo permanente haya sido instalado, el cual debe también ser desinfectado.

Para ello, deberá aplicarse el desinfectante necesario para que la concentración de cloro en el agua contenida en el pozo sea de 200 mg/L como mínimo. El agua en el pozo deberá tratarse con cloro, tabletas de hipoclorito de calcio, solución de hipoclorito de sodio o cualquier otro desinfectante de efecto similar, con la concentración apropiada y aprobada por la Secretaría de Salud.

Después de que el desinfectante haya sido aplicado, se agitará el agua del pozo para lograr una buena mezcla y se inducirá el contacto de la mezcla agua-desinfectante con las paredes del ademe, rejilla, filtro y formación del acuífero.

Posteriormente, se debe circular la mezcla dentro del ademe con la columna de bombeo, y luego extraerla mediante bombeo. Después de que el pozo haya sido desinfectado, debe ser bombeado hasta que no se detecten residuos del desinfectante utilizado.

#### **6.7 Dispositivos de medición y monitoreo**

##### **6.7.1 Medidor de volúmenes**

Con el objeto de disponer de un medio seguro para conocer los caudales de extracción del pozo, es indispensable la instalación de un dispositivo de medición compatible con los volúmenes proyectados de extracción. Para uso público urbano, el medidor debe cumplir con los requisitos estipulados en la Norma Oficial Mexicana de medidores de agua NOM-012-SCFI o usar dispositivos similares que cumplan con las normas vigentes.

##### **6.7.2 Toma lateral**

Se requiere instalar un dispositivo lateral en la tubería principal de descarga para el muestreo del agua.

##### **6.7.3 Medición de niveles**

También se requiere la instalación de un dispositivo que permita medir la profundidad del nivel del agua en el pozo.

#### **6.8 Documentos requeridos para la aprobación de operación del pozo**

Para aprobar la operación del pozo por parte de la Comisión, es necesario que el concesionario o asignatario entregue los siguientes documentos:

- a) Croquis de localización del pozo, indicando las posibles fuentes de contaminación
- b) Registro eléctrico del pozo, integrado por:
  - Curvas de resistividad (normal corta, normal larga y lateral)
  - Curva de potencial espontáneo (S.P.)
- c) Registro estratigráfico (corte litológico)
- d) Diseño final del pozo
- e) Requisitos y memoria de cálculo y resultado del aforo
- f) Análisis físico-químico del agua que incluya determinación del pH, conductividad eléctrica, sulfatos, nitratos, cloruros, dureza total, calcio, sodio, potasio y sólidos disueltos totales.

#### **7. Verificación**

La verificación de las especificaciones indicadas en el inciso 6 se realizará en forma periódica, aleatoriamente o cuando la Comisión lo estime necesario, utilizando los métodos de muestreo estadístico establecidos en las normas oficiales mexicanas, y considerando las especificaciones

que en el momento de la visita sea posible verificar. Dicha verificación podrá ser realizada por personal de la Comisión o por unidades de verificación acreditadas para tal efecto.

#### **7.1 Desinfección del pozo (especificación del inciso 6.6)**

El método de muestreo se realizará conforme a la Norma NOM-014-SSA1 y los límites utilizados para verificar la desinfección del pozo serán de acuerdo a la Norma NOM-127-SSA1 en cuanto a los parámetros bacteriológicos.

#### **7.2 Disposición de los residuos (especificación del inciso 6.4.3)**

La disposición de los lodos de perforación y otros residuos, se verificará visualmente tanto en el sitio del pozo como en el de la disposición final.

**7.3** Especificaciones de la distancia mínima a las fuentes contaminantes; dimensiones del ademe, contraademe, plantilla y dispositivo de medición (especificaciones de los apartados 6.2, 6.5 y 6.7)

La verificación de las especificaciones de las dimensiones será hecha *in situ*, con los instrumentos de medición pertinentes y con una tolerancia de  $\pm 10\%$ .

#### **7.4 Especificaciones restantes**

Las restantes especificaciones se verificarán visualmente y mediante la lectura del registro en la bitácora de perforación.

#### **7.5 Informe de las verificaciones**

El informe de las verificaciones efectuadas debe incluir lo siguiente:

- Identificación completa del pozo, con una fotografía del sitio
- Resultados obtenidos de las verificaciones
- Nombre y firma del responsable de las verificaciones
- Fecha de ejecución de las verificaciones.

### **8. Recomendaciones**

Para los procesos constructivos, desarrollo, aforo y desinfección, se pueden consultar los libros de Perforación de Pozos y Rehabilitación de Pozos del "Manual de Diseño de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento", editado por la Comisión Nacional del Agua, mismo que se pone a disposición del público para poder ser consultado en las oficinas de dicho órgano administrativo desconcentrado, ubicadas en cerrada de Sánchez Azcona número 1723, piso 7, colonia Del Valle, 03100, México, D. F.

### **9. Observancia de esta Norma**

La Comisión Nacional del Agua será la encargada de vigilar el cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, quien promoverá la coordinación de acciones con los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios, sin afectar sus facultades en la materia y en el ámbito de sus correspondientes atribuciones.

El incumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la *Ley Federal sobre Metrología y Normalización*, la *Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento*, y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

### **10. Bibliografía**

ANSI/AWWA C654-87, *Norma de la AWWA para Desinfección de Pozos* (traducción de la CNA).

ANSI/AWWA A100-90, *Standard for Water Wells*.

AWWA, *Groundwater*; 1989.

Foster, S. S., Gale, I. N. y Spanhol, I. H., *Effects of Wastewater Recharge on Aquifer Water Quality*, informe No. 2 del libro *Impact of Wastewater Use and Disposal on Groundwater*.

Campbell, M. and Lehr, J., *Well Cementing*, *Water Well Journal*, July 1975.

Chapman, S.L., *The Foreman Story: Idaho Department of Water Administration Closes Flowing Artesian Well*, *Water Well Journal*, October 1972.

Jones, Elmer E., *Well Construction Helps Determine Water Quality*, *Journal of Environmental Health*, Vol. 35, No. 5, 1973.

Dunbar, D., Tuchfeld, H., Siegel, R. y Sterbentz, R., *Groundwater Quality Anomalies Encountered During Well Construction*, publicado en *Groundwater Monitoring Review*, Vol. 5 No. 3, 1985.

Gass, T.E., *The Impact of Abandoned Wells on Ground Water Quality*, *Water Well Journal*, March 1981.

Johnson Division, UOP Inc., *El Agua Subterránea y los Pozos*, 1975.

Johnson, R.C. Jr., Kurt C.E. y Dunham, G.F. Jr., *Well Grouting and Casing Temperature Increases*, *Ground Water* 17:3, 1980.

Keech, D.K., *Plugging Abandoned Wells*, *Ground Water Age*, January 1973.

Kurt, C.E. y Johnson, R.C. Jr., *Permeability of Grout Seals Surrounding Thermoplastic Well Casing*, *Ground Water* 20:4, 1982.

McElhiney, W.A., *Cementing Small Wells*, *Water Well Journal*, January-February 1955.

McGinty, J.E. y Calvert, D.G., *Cementing Off, Plugging and Redrilling*, *Water Well Journal*, July 1975.

Moehrl, K.H., *Well Grouting and Well Protection*, *Journal American Water Works Association*, April 1964.

Roscoe Moss Company, *Handbook of Groundwater Development*. John, Wiley and Sons, 1989.

SARH, *Seminario de Capacitación sobre Construcción, Equipamiento, Operación y Mantenimiento de Pozos Profundos*, preparado por la Subsecretaría de Agricultura y Operación, 1980.

US-EPA, *Manual of Water Well Construction Practices*, Office of Water Supply, EANIDAR FORM-570/9-75-001.

*Water Well Journal*, *Sealing Abandoned Water Wells*, April 1973.

*Water Well Journal*, *Abandoned Wells: A Problem with a Solution*, October 1975.

### **11. Grado de concordancia con normas y recomendaciones internacionales**

Esta Norma Oficial Mexicana no concuerda totalmente con ninguna norma internacional, por no existir referencia en el momento de su expedición.

### **12. Vigencia**

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 90 días naturales siguientes a su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, el siete de enero de mil novecientos noventa y siete.- El Director General de la Comisión Nacional del Agua, **Guillermo Guerrero Villalobos**.-  
Rúbrica.

## CARACTERISTICAS DE LOS LODOS BENTONITICOS

El lodo es una suspensión de arcilla en agua, con los aditivos necesarios para cumplir las siguientes funciones:

- Extraer el detritus o ripio de la perforación.
- Refrigerar la herramienta de corte.
- Sostener las paredes de la perforación.
- Estabilizar la columna o sarta de perforación.
- Lubricar el rozamiento de ésta con el terreno.

Se distinguen diversos tipos de lodos en función de su composición. Por una parte están los denominados "naturales", constituidos por agua clara (dulce o salada) a la que se incorpora parte de la fracción limoso.-arcillosa de las formaciones rocosas conforme se atraviesan durante la perforación. Se utilizan especialmente en el sistema de circulación inversa (en la circulación directa se requieren lodos de mayor densidad y viscosidad).

Por otra parte están los lodos "elaborados" de los cuales existen diferentes tipos siendo los más frecuentes los preparados a base de arcillas especialmente bentoníticas, en cuya composición predominan los filosilicatos del grupo de la montmorillonita.

También se utilizan con frecuencia lodos elaborados con polímeros orgánicos y más recientemente con polímeros sintéticos.

El Servicio Geológico de Obras Públicas utiliza en la perforación de sus pozos, cuando no existen formaciones geológicas o aguas que los contaminen de forma notable, lodos que tienen el siguiente tipo de composición.

- Lodo para formaciones no arcillosas (por m<sup>3</sup> de agua)  
50 a 60 kg de bentonita de viscosidad media
- Lodo para formaciones arcillosas (por m<sup>3</sup> de agua)  
60 a 100 kg de bentonita de viscosidad media  
2 a 3 kg de quebracho  
1,5 a 2 kg de CMC  
1,5 a 2 kg de sosa cáustica

En caso de existir formaciones "contaminantes", se hacen las correcciones oportunas mediante aditivos.

El ajuste y corrección de la dosificación se hace midiendo el pH hasta conseguir situarlo entre 7-9,5, al mismo tiempo que se acortan la densidad y la viscosidad entre 1,04-1,06 gr/cm<sup>3</sup> y 35-45 seg respectivamente.

En los lodos de perforación existen una serie de propiedades geológicas y parámetros que los definen y que deben controlarse durante la perforación y que son los siguientes: densidad, viscosidad, tixotropía, costra y agua de filtrado, pH y contenido de arena.

## VISCOCIDAD

Es la resistencia interna de un fluido a circular. Define la capacidad del lodo de lograr una buena limpieza del útil de perforación, de mantener en suspensión y desalojar los detritus y de facilitar su decantación en las balsas o tamices vibrantes.

En los bombeos, a doble viscosidad será necesaria una doble potencia. Según la fórmula de Stokes, la velocidad de caída del detritus en el fluido es inversamente proporcional a su viscosidad, y por tanto, la capacidad de arrastre lo es directamente.

Es preciso adoptar, por tanto, una solución de compromiso: viscosidad no muy grande para que el lodo sea fácilmente bombeable, pero no tan pequeña que impida al lodo extraer el detritus producido.

La viscosidad del lodo se determina a pie de sondeo mediante el denominado "embudo Marsh", y según normas API, expresándose por el tiempo (en segundos) que tarda en salir por un orificio calibrado un determinado volumen de lodo.

Para la perforación de pozos, la viscosidad óptima suele oscilar entre 40 y 45 segundos, preferentemente alrededor de 38 (la viscosidad Marsh es aproximadamente de 26 s). La medida de la viscosidad debe realizarse con lodo recién agitado.

Para cálculos más precisos se determina la viscosidad en laboratorio utilizando el "viscosímetro Stomer" y expresando los datos en centipoises. Las medidas tienen que estar referenciadas con respecto a la temperatura del lodo (el agua a 29°C tiene una viscosidad de 1 centipoise).

## Medida de la resistividad eléctrica del subsuelo

Las medidas de resistividad eléctrica del subsuelo son habituales en las prospecciones geofísicas. Su finalidad es detectar y localizar cuerpos y estructuras geológicas basándose en su contraste resistivo.

El método consiste en la inyección de corriente continua o de baja frecuencia en el terreno mediante un par de electrodos y la determinación, mediante otro par de electrodos, de la diferencia de potencial. La magnitud de esta medida depende, entre otras variables, de la distribución de resistividades de las estructuras del subsuelo, de las distancias entre los electrodos y de la corriente inyectada.

### Resistividad eléctrica de suelos

La resistividad eléctrica  $r$  de un material describe la dificultad que encuentra la corriente a su paso por él. De igual manera se puede definir la conductividad  $s$  como la facilidad que encuentra la corriente eléctrica al atravesar el material. La resistencia eléctrica que presenta un conductor homogéneo viene determinada por la resistividad del material que lo constituye y la geometría del conductor. Para un conductor rectilíneo y homogéneo de sección  $s$  y longitud  $l$  la resistencia eléctrica es:

$$R = \frac{l}{s} \quad (1)$$

A partir de esta ecuación podemos despejar la resistividad

$$\rho = \frac{R \cdot s}{l} \quad (2)$$

La unidad de resistividad en el Sistema Internacional es el ohm por metro ( $\Omega \cdot m$ ). La conductividad se define como el inverso de la resistividad

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (3)$$

La unidad de conductividad en el Sistema Internacional es el siemens (S). La resistividad es una de las magnitudes físicas con mayor amplitud de variación para diversos materiales. Además, su valor depende de diversos factores como la temperatura, humedad o presión.

Estrictamente hablando todos los cuerpos son eléctricamente conductores dado que permiten, en mayor o menor medida, el paso de portadores de cargas eléctricas. Estos portadores pueden ser electrones o iones, hecho que permite distinguir entre dos tipos de conductividad: electrónica e iónica. Los cuerpos con conductividad electrónica se clasifican en metales y semiconductores. Los cuerpos con conductividad iónica se conocen como electrolitos si no presentan forma gaseosa.

El mecanismo de la conductividad de los metales puede imaginarse como debido a que los electrones de valencia de sus átomos pueden moverse libremente entre la red cristalina que éstos forman, sin vinculación a ninguno determinado. La facilidad de movimiento de los electrones y su gran número redundan en una conductividad muy elevada. Su resistencia aumenta con la temperatura y con el contenido de impurezas. La resistividad de los metales a temperatura normal varía entre  $10^{-8}$  y  $10^{-7}$   $\Omega\cdot\text{m}$ . Son pocos y muy escasos los componentes de la corteza terrestre que posean conductividad metálica. Entre ellos se cuentan los metales nativos (oro, plata, cobre, estaño) y quizá algún mineral poco abundante como la ullmanita (NiSbS). Los minerales semiconductores son muchos y de gran importancia práctica. Su resistividad depende de su contenido en impurezas, a veces en grado extremo. Además su conductividad aumenta con la temperatura. Por ello, no cabe esperar que la resistividad de una especie mineralógica determinada pueda representarse por un dato único, sino que puede variar dentro de límites amplios.

En general los telurios y los arseniuros son conductores muy buenos. Los sulfuros suelen entrar también entre los conductores buenos, con excepciones como la blenda y el cinabrio. Los óxidos, y los compuestos de antimonio suelen ser malos conductores, con la excepción de la magnetita. Ahora bien, estos minerales no suelen aparecer en la naturaleza de forma individual, sino en asociaciones, y junto con una ganga frecuentemente aislante (cuarzo, calcita, etc.), por lo que la resistividad conjunta del filón puede variar mucho de unos casos a otros. En los cuerpos dieléctricos o aisladores, los electrones están fuertemente ligados a l Esto puede deberse a que existan enlaces covalentes o iónicos. En este último caso la red cristalina forma un electrólito sólido. La mayoría de los minerales pertenecen a este grupo. A temperaturas normales las resistividades son muy altas, generalmente superiores a  $10^7$   $\Omega\cdot\text{m}$ . Son minerales dieléctricos el azufre, la blenda, la calcita, el cinabrio, el cuarzo, las micas y el petróleo entre otros.

Entre estos minerales, además, figuran los más importantes constituyentes de las rocas, las cuales se comportarían como aisladoras si no fuera por la presencia de electrolitos. El agua pura es muy poco conductora a causa de su muy reducida disociación. La resistividad del agua destilada es de unos  $10^5$   $\Omega\cdot\text{m}$  por lo que puede considerarse como aislante. Las aguas que se encuentran en la naturaleza presentan, sin embargo, conductividad apreciable, pues siempre tienen disuelta alguna sal, generalmente NaCl. Así las aguas de lagos y arroyos de alta montaña varían entre  $10^3$   $\Omega\cdot\text{m}$  y  $3 \times 10^3$   $\Omega\cdot\text{m}$ , las aguas subterráneas tienen resistividades de 1 a 20  $\Omega\cdot\text{m}$ , y las aguas marinas tienen una resistividad de unos 0,2  $\Omega\cdot\text{m}$ . Si la resistividad de las rocas dependiese únicamente de los minerales constituyentes, habrían de considerarse como aislantes en la inmensa mayoría de los casos, puesto que el cuarzo, los silicatos, la calcita, las sales, etc., lo son prácticamente. Sólo en el caso de que la roca contuviese minerales semiconductores en cantidad apreciable, podría considerarse como conductora, es decir, sólo lo serían las menas metálicas. Afortunadamente, todas las rocas tienen poros en proporción mayor o menor, los cuales suelen estar ocupados total o parcialmente por electrolitos, de lo que resulta que, en conjunto, las rocas se comportan como conductores iónicos, de resistividad muy variable según los casos. La resistividad de las rocas puede variar en margen amplísimo en función del contenido en agua, de la salinidad de ésta y del modo de distribución de los poros. La Figura 1 presenta un gráfico de los márgenes de variación más comunes en

algunas rocas y minerales. La fisuración, impregnación en agua salada, etc., pueden extender estos límites.

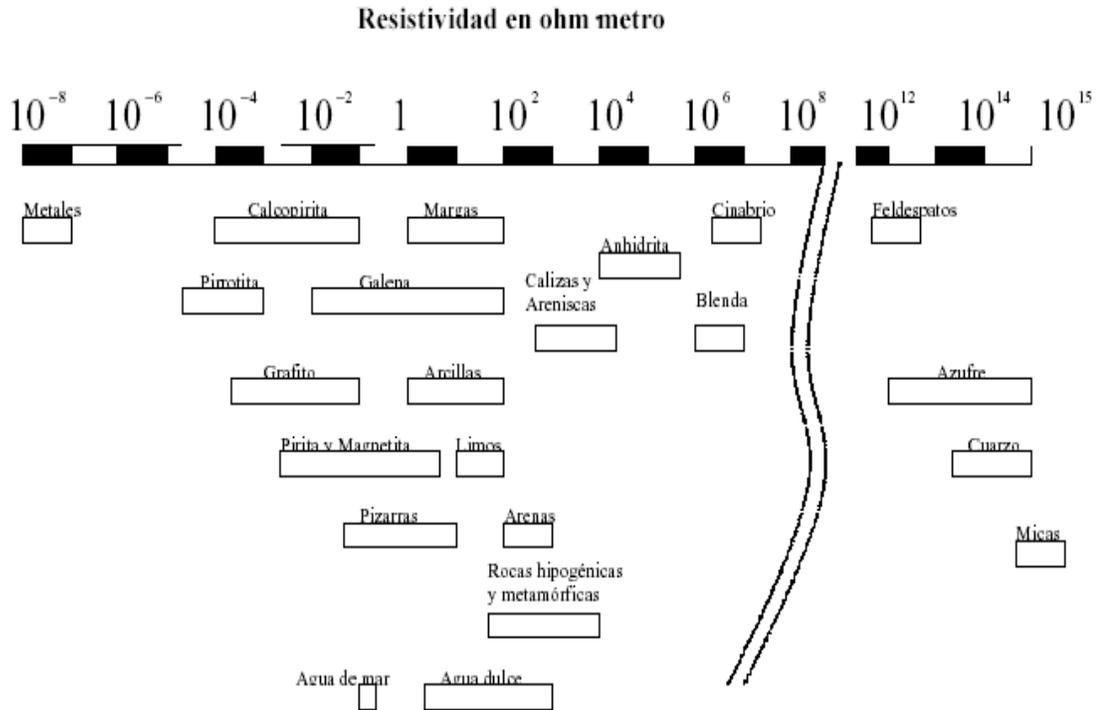


Figura 1. Valores de resistividad de diferentes rocas y minerales (Orellana, 1982)

### Medida de la resistividad eléctrica

La Figura 2 muestra el principio de medida de la resistividad del suelo: se inyecta una corriente  $I$  entre el par de electrodos  $AB$  y se mide la tensión  $DV$  entre el par de electrodos  $MN$ . Si el medio es homogéneo de resistividad  $r$ , la diferencia de tensión es (Orellana, 1982)

$$\Delta V = \frac{I}{2} \left[ \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right] \quad (4)$$

Donde  $AM$ ,  $AN$ ,  $BM$ ,  $BN$  son las distancias entre electrodos. La resistividad viene dada por la expresión:

$$= g \frac{\Delta V}{I} \quad (5)$$

Donde: (6)

$$g = 2 \left[ \frac{1}{AM} - \frac{1}{AN} - \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right]^{-1}$$

Es un factor geométrico que depende exclusivamente de la disposición de los electrodos. De hecho, (5) es equivalente a (2) pero con un factor geométrico diferente

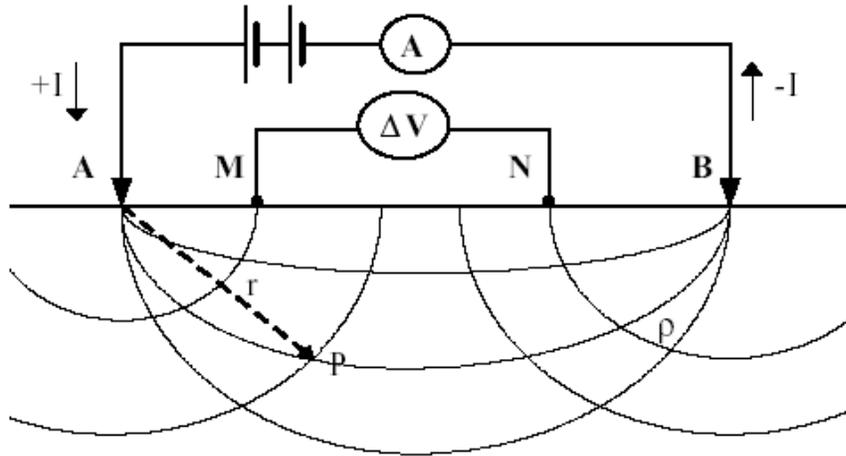


Figura 2 Dispositivo tetraelectrónico para la medida de la resistividad del suelo

### DISPOSITIVO SCHLUMBERGER

Se trata de una composición simétrica de los electrodos AMNB dispuestos en línea, donde la distancia de los electrodos detectores MN es mucho menor que la de los inyectores AB (Figura 3). En la práctica,  $AB > 5MN$ .

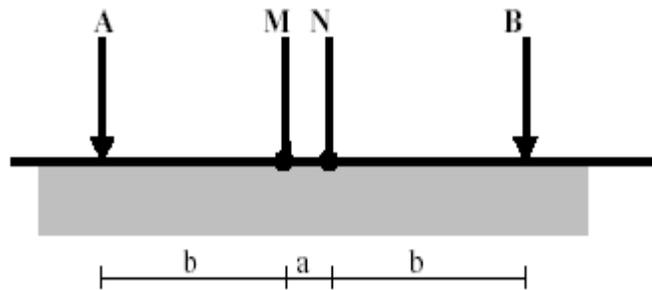


Figura 3 Dispositivo Schlumberger

El coeficiente del dispositivo en este caso es:

(7)

$$g = \frac{b(b + a)}{a}$$

Si definimos  $L = b + a/2$ , el factor geométrico se puede expresar como: (8)

$$g = \left[ \frac{L^2}{a} - \frac{a}{4} \right]$$

Si la distancia  $a$  que separa los electrodos M y N tiende a cero el factor geométrico queda:

(9)

$$g = \frac{L^2}{a}$$

que tiende a infinito. Sin embargo la resistividad aparente es finita ya que  $V$  en (5) decrece al mismo tiempo que  $a$ . Tendremos, pues,

(10)

$$a = \lim_{a \rightarrow 0} \frac{L^2}{a} \frac{\Delta V}{I} = \frac{L^2}{a} \lim_{a \rightarrow 0} \frac{\Delta V}{I} = \frac{L^2}{I} E$$

donde  $E$  es el campo eléctrico. La idea del dispositivo Schlumberger consiste, pues, en utilizar una distancia  $MN = a$  muy corta, de tal modo que pueda tomarse como válida la ecuación anterior. Los desarrollos teóricos se establecen suponiendo que lo que medimos realmente es el campo  $E$ , el cual en la práctica se toma igual a  $V/a$ . Trabajar con el campo eléctrico comporta ventajas teóricas a la hora de trabajar con expresiones analíticas, como veremos en el próximo capítulo. El inconveniente es que la tensión diferencial medida disminuye linealmente con la separación  $a$  y es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia  $L$ . Además, la precisión de las mediciones geoeléctricas de campo está muy limitada por heterogeneidades irrelevantes del terreno (ruido geológico).

En ciertos casos, el electrodo B se lleva a gran distancia de los demás de modo que no influya sobre el valor de  $DV$  observado. Se tiene entonces el dispositivo denominado *Schlumberger asimétrico*, o *semi-Schlumberger*.

radiactivas, con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas, hasta la entrega al consumidor.

Por tales razones la Secretaría de Salud, propone la modificación a la presente Norma Oficial Mexicana, con la finalidad de establecer un eficaz control sanitario del agua que se somete a tratamientos de potabilización a efecto de hacerla apta para uso y consumo humano, acorde a las necesidades actuales.

### 1. Objetivo y campo de aplicación

1.1 Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites permisibles de calidad y los tratamientos de potabilización del agua para uso y consumo humano.

1.2 Esta Norma Oficial Mexicana es aplicable a todos los sistemas de abastecimiento públicos y privados y a cualquier persona física o moral que la distribuya, en todo el territorio nacional.

### 2. Referencias

- |                       |   |
|-----------------------|---|
| 2.1 NOM-008-SCF1-1993 | Sistema General de Unidades de Medida.  |
| 2.2 NOM-012-SSA1-1993 | Requisitos sanitarios que deben cumplir los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano públicos y privados.   |
| 2.3 NOM-013-SSA1-1993 | Requisitos sanitarios que debe cumplir la cisterna de un vehículo para el transporte y distribución de agua para uso y consumo.   |
| 2.4 NOM-014-SSA1-1993 | Procedimientos sanitarios para el muestreo de agua para uso y consumo humano, en sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados.  |
| 2.5 NOM-112-SSA1-1994 | Determinación de bacterias coliformes. Técnica del número más probable.   |
| 2.6 NOM-117-SSA1-1994 | Bienes y Servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica. |

### 3. Definiciones

Para los efectos de esta Norma Oficial Mexicana se entiende por:

3.1 **Ablandamiento**, proceso de remoción de los iones calcio y magnesio, principales causantes de la dureza del agua.

3.2 **Adsorción**, remoción de iones y moléculas de una solución que presentan afinidad a un medio sólido adecuado, de forma tal que son separadas de la solución.

3.3 **Agua para uso y consumo humano**, agua que no contiene contaminantes objetables, ya sean químicos o agentes infecciosos y que no causa efectos nocivos para la salud. También se denomina como agua potable.

3.4 **Características microbiológicas**, debidas a microorganismos nocivos a la salud humana. Para efectos de control sanitario se determina el contenido de indicadores generales de contaminación microbiológica, específicamente organismos coliformes totales y *Escherichia coli* o coliformes fecales.

3.5 **Características físicas y organolépticas**, las que se detectan sensorialmente. Para efectos de evaluación, el sabor y olor se ponderan por medio de los sentidos y el color y la turbiedad se determinan por medio de métodos analíticos de laboratorio.

3.6 **Características químicas**, las debidas a elementos o compuestos químicos, que como resultado de investigación científica se ha comprobado que pueden causar efectos nocivos a la salud humana.

3.7 **Características radiactivas**, aquellas resultantes de la presencia de elementos radiactivos.

3.8 **Coagulación química**, adición de compuestos químicos al agua, para alterar el estado físico de los sólidos disueltos, coloidales o suspendidos, a fin de facilitar su remoción por precipitación o filtración.

3.9 **Contingencia**, situación de cambio imprevisto en las características del agua por contaminación externa, que ponga en riesgo la salud humana.

3.10 **Desinfección**, destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos o procesos físicos.

3.11 **Evaporación**, separación del agua de los sólidos disueltos, utilizando calor como agente de separación, condensando finalmente el agua para su aprovechamiento.

3.12 **Filtración**, remoción de partículas suspendidas en el agua, haciéndola fluir a través de un medio filtrante de porosidad adecuada.

**3.13 Floculación**, aglomeración de partículas desestabilizadas en el proceso de coagulación química, a través de medios mecánicos o hidráulicos.

**3.14 Intercambio iónico**, proceso de remoción de aniones o cationes específicos disueltos en el agua, a través de su reemplazo por aniones o cationes provenientes de un medio de intercambio, natural o sintético, con el que se pone en contacto.

**3.15 Límite permisible**, concentración o contenido máximo o intervalo de valores de un componente, que no causará efectos nocivos a la salud del consumidor.

**3.16 Neutralización**, adición de sustancias básicas o ácidas al agua para obtener un pH neutro.

**3.16.1 Estabilización**, obtención de determinada concentración de sales y pH del agua, para evitar la incrustación o corrosión de los materiales con que se fabrican los elementos que la conducen o contienen.

**3.17 Osmosis inversa**, proceso esencialmente físico para remoción de iones y moléculas disueltos en el agua, en el cual por medio de altas presiones se fuerza el paso de ella a través de una membrana semipermeable de porosidad específica, reteniéndose en dicha membrana los iones y moléculas de mayor tamaño.

**3.18 Oxidación**, pérdida de electrones de un elemento, ion o compuesto por la acción del oxígeno u otro agente oxidante.

**3.19 Potabilización**, conjunto de operaciones y procesos, físicos y/o químicos que se aplican al agua en los sistemas de abastecimiento públicos o privados, a fin de hacerla apta para uso y consumo humano.

**3.20 Sedimentación**, proceso físico que consiste en la separación de las partículas suspendidas en el agua, por efecto gravitacional.

**3.21 Sistema de abastecimiento de agua**, conjunto de elementos integrados por las obras hidráulicas de captación, conducción, potabilización, desinfección, almacenamiento o regulación y distribución.

#### 4. Límites permisibles de calidad del agua

4.1 Límites permisibles de características microbiológicas.

4.1.1 El contenido de organismos resultante del examen de una muestra simple de agua, debe ajustarse a lo establecido en la Tabla 1.

TABLA 1

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Organismos coliformes totales	Ausencia o no detectables
<i>E. coli</i> o coliformes fecales u organismos termotolerantes	Ausencia o no detectables

4.1.2 Bajo situaciones de emergencia, las autoridades competentes podrán establecer los agentes biológicos nocivos a la salud que se deban investigar.

4.1.3 Las unidades de medida deberán reportarse de acuerdo a la metodología empleada.

4.1.4 El agua abastecida por el sistema de distribución no debe contener *E. coli* o coliformes fecales u organismos termotolerantes en ninguna muestra de 100 ml. Los organismos coliformes totales no deben ser detectables en ninguna muestra de 100 ml; en sistemas de abastecimiento de localidades con una población mayor de 50 000 habitantes; estos organismos deberán estar ausentes en el 95% de las muestras tomadas en un mismo sitio de la red de distribución, durante un periodo de doce meses de un mismo año.

4.2 Límites permisibles de características físicas y organolépticas.

4.2.1 Las características físicas y organolépticas deberán ajustarse a lo establecido en la Tabla 2.

TABLA 2

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Color	20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).

Turbiedad	5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.
-----------	---

#### 4.3 Límites permisibles de características químicas.

4.3.1 El contenido de constituyentes químicos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 3. Los límites se expresan en mg/l, excepto cuando se indique otra unidad.

**TABLA 3**

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE
Aluminio	0,20
Arsénico (Nota 2)	0,05
Bario	0,70
Cadmio	0,005
Cianuros (como CN <sup>-</sup> )	0,07
Cloro residual libre	0,2-1,50
Cloruros (como Cl <sup>-</sup> )	250,00
Cobre	2,00
Cromo total	0,05
Dureza total (como CaCO <sub>3</sub> )	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F <sup>-</sup> )	1,50
Hidrocarburos aromáticos en microgramos/l:	
Benceno	10,00
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0,15
Mercurio	0,001
Nitratos (como N)	10,00
Nitritos (como N)	1,00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0,50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6,5-8,5
Plaguicidas en microgramos/l:	
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0,03
Clordano (total de isómeros)	0,20
DDT (total de isómeros)	1,00
Gamma-HCH (lindano)	2,00
Hexaclorobenceno	1,00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0,03
Metoxicloro	20,00
2,4 - D	30,00
Plomo	0,01
Sodio	200,00
Sólidos disueltos totales	1000,00
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> )	400,00
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	0,50
Trihalometanos totales	0,20
Yodo residual libre	0,2-0,5
Zinc	5,00

**Nota 1.** Los límites permisibles de metales se refieren a su concentración total en el agua, la cual incluye los suspendidos y los disueltos.

**Nota 2.** El límite permisible para arsénico se ajustará anualmente, de conformidad con la siguiente tabla de cumplimiento gradual:

**TABLA DE CUMPLIMIENTO GRADUAL**

Límite permisible mg/l	Año
0,045	2001
0,040	2002
0,035	2003
0,030	2004
0,025	2005

**4.3.2** En caso de que en el sistema de abastecimiento se utilicen para la desinfección del agua, métodos que no incluyan cloro o sus derivados, la autoridad sanitaria determinará los casos en que adicionalmente deberá dosificarse cloro al agua distribuida, para mantener la concentración de cloro residual libre dentro del límite permisible establecido en la Tabla 3 de esta Norma.

**4.4** Límites permisibles de características radiactivas.

El contenido de constituyentes radiactivos deberá ajustarse a lo establecido en la Tabla 4. Los límites se expresan en Bq/l (Becquerel por litro).

**TABLA 4**

CARACTERISTICA	LIMITE PERMISIBLE Bq/l
Radiactividad alfa global	0,56
Radiactividad beta global	1,85

**5. Tratamientos para la potabilización del agua**

La potabilización del agua proveniente de una fuente en particular, debe justificarse con estudios de calidad y pruebas de tratabilidad a nivel de laboratorio para asegurar su efectividad.

Se deben aplicar los tratamientos específicos siguientes o los que resulten de las pruebas de tratabilidad, cuando los contaminantes microbiológicos, las características físicas y los constituyentes químicos del agua listados a continuación, excedan los límites permisibles establecidos en el apartado 4 de esta Norma.

**5.1** Contaminación microbiológica.

**5.1.1** Bacterias, helmintos, protozoarios y virus. Deben desinfectarse con cloro, compuestos de cloro, yodo<sup>1</sup>, ozono, luz ultravioleta; plata iónica o coloidal; coagulación-sedimentación-filtración; filtración en múltiples etapas.

**5.2** Características físicas y organolépticas.

**5.2.1** Color, olor, sabor y turbiedad.- Oxidación-coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado.

**5.3** Constituyentes químicos.

**5.3.1** Arsénico. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; intercambio iónico u ósmosis inversa.

**5.3.2** Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; intercambio iónico u ósmosis inversa.

**5.3.3** Cloruros. Intercambio iónico, ósmosis inversa o evaporación.

**5.3.4** Dureza. Ablandamiento químico o intercambio iónico.

<sup>1</sup> El cumplimiento del límite permisible de yodo residual libre, es de observancia obligatoria para los responsables de los sistemas de abastecimiento de agua públicos y privados, en los que se utilice yodo como método de desinfección. La aplicación de yodo como alternativa de desinfección, deberá ser aprobada por la autoridad sanitaria correspondiente.

**5.3.5 Fenoles o compuestos fenólicos.** Oxidación-coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado u oxidación con ozono.

**5.3.6 Hierro y/o manganeso.** Oxidación-filtración, intercambio iónico u ósmosis inversa.

**5.3.7 Fluoruros.** Alúmina activada, carbón de hueso u ósmosis inversa.

**5.3.8 Hidrocarburos aromáticos.** Oxidación-filtración o adsorción en carbón activado.

**5.3.9 Mercurio.** Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado granular u ósmosis inversa cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos/l. Adsorción en carbón activado en polvo cuando la fuente de abastecimiento contenga más de 10 microgramos/l.

**5.3.10 Nitratos y nitritos.** Intercambio iónico o coagulación-floculación-sedimentación-filtración.

**5.3.11 Nitrógeno amoniacal.** Coagulación-floculación-sedimentación-filtración, desgasificación o desorción en columna.

**5.3.12 pH (potencial de hidrógeno).** Neutralización.

**5.3.13 Plaguicidas.** Adsorción en carbón activado granular.

**5.3.14 Sodio.** Intercambio iónico.

**5.3.15 Sólidos disueltos totales.** Coagulación-floculación-sedimentación-filtración y/o intercambio iónico.

**5.3.16 Sulfatos.** Intercambio iónico u ósmosis inversa.

**5.3.17 Sustancias activas al azul de metileno.** Adsorción en carbón activado.

**5.3.18 Trihalometanos.** Oxidación con aireación u ozono y adsorción en carbón activado granular.

**5.3.19 Zinc.** Evaporación o intercambio iónico.

**5.4** En el caso de contingencia, resultado de la presencia de sustancias especificadas o no especificadas en el apartado 4, las autoridades locales, la Comisión Nacional del Agua, los responsables del abastecimiento y los particulares, instituciones públicas o empresas privadas, involucrados en la contingencia, deben coordinarse con la autoridad sanitaria competente, para determinar las acciones que se deben realizar con relación al abastecimiento de agua a la población.

## **6. Métodos de prueba**

La selección de los métodos de prueba para la determinación de los parámetros definidos en esta Norma, es responsabilidad de los organismos operadores de los sistemas de abastecimiento de agua para uso y consumo humano, y serán aprobados por la Secretaría de Salud a través del área correspondiente. Deben establecerse en un Programa de Control de Calidad Analítica del Agua, y estar a disposición de la autoridad competente, cuando ésta lo solicite, para su evaluación correspondiente.

## **7. Concordancia con normas internacionales y nacionales**

Esta Norma Oficial Mexicana no es equivalente a ninguna norma internacional.

## **8. Bibliografía**

**8.1** Directrices Canadienses para la Calidad del Agua Potable. 6ta. edición. Ministerio de Salud. 1996.

**8.2** Desinfección del Agua. Oscar Cáceres López. Lima, Perú. Ministerio de Salud. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1990.

**8.3** Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 1. Recomendaciones. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1985.

**8.4** Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 1. Recomendaciones. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1995.

**8.5** Guías para la Calidad del Agua Potable. Volumen 2. Criterios relativos a la salud y otra información de base. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1987.

**8.6** Guía para la Redacción, Estructuración y Presentación de las Normas Oficiales Mexicanas. Proyecto de Revisión. SECOFI. 1992.

8.7 Guías para la selección y aplicación de tecnologías de desinfección del agua para consumo humano en pueblos pequeños y comunidades rurales en América Latina y el Caribe. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1995.

8.8 Guide to Selection of Water Treatment Processes. Carl L. Hamann Jr., P.E. J. Brock Mc. Ewen, P.E. Anthony G. Meyers, P.E.

8.9 Ingeniería Ambiental. Revista No. 23. Año 7. 1994.

8.10 Ingeniería Sanitaria Aplicada a la Salud Pública. Francisco Unda Opazo. UTEHA 1969.

8.11 Ingeniería Sanitaria y de Aguas Residuales. Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales. Gordon M. Fair, John C. Geyer, Daniel A. Okun. Limusa Wiley. 1971.

8.12 Instructivo para la Vigilancia y Certificación de la Calidad Sanitaria del Agua para Consumo Humano. Comisión Interna de Salud Ambiental y Ocupacional. Secretaría de Salud 1987.

8.13 Importancia para la Salud Pública de los Indicadores Bacterianos que se Encuentran en el Agua Potable. Martin J. Allen. Organización Panamericana de la Salud. OMS. Lima Perú, 1996.

8.14 Integrated Design of Water Treatment Facilities. Susumu Kawamura. John Wiley and Sons, Inc. 1991.

8.15 Manual de Normas de Calidad para Agua Potable. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 1982.

8.16 Manual de Normas Técnicas para el Proyecto de Plantas Potabilizadoras. Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas. 1979.

8.17 Manual de Técnicas Analíticas del Laboratorio Nacional de Salud Pública. Secretaría de Salud.

8.18 Método de Tecnología de Substrato Definida para el Conteo Simultáneo Rápido y Específico de los Coliformes Totales y la *Escherichia coli* del agua. Stephen C. Edberg, Martin J. Allen & Darrell B. Smith. Journal Association Official Analytical Chemists (Vol. 74 No. 3, 1991).

8.19 Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-SSA1-1996 Vigilancia y evaluación del control de la calidad del agua para uso y consumo humano, distribuidas por sistemas de abastecimiento público.

8.20 Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios. **Diario Oficial de la Federación**. 18 de enero de 1988.

8.21 Regulaciones Nacionales Primarias del Agua Potable, Técnicas Analíticas: bacteria coliforme. Agencia de Protección Ambiental (USA). 1992.

8.22 Revision of the WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. IPS. International Programme on Chemical Safety. United Nations Environment Programme. International Labour Organization. World Health Organization. 1991.

8.23 WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. Volume 1. Recommendations. World Health Organization. 1992.

8.24 Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th. Edition. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 1995.

8.25 WHO Guidelines for Drinking-Water Quality. Volume 2. Health Criteria and Other Supporting Information. Chapter 1: Microbiological Aspects. United Nations Environment Programme. International Labour Organization. World Health Organization. 1992.

## 9. Observancia de la Norma

La vigilancia del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Salud en coordinación con los gobiernos estatales, municipales, el Gobierno del Distrito Federal, las Comisiones Estatales de Agua y Saneamiento y la Comisión Nacional del Agua, en sus respectivos ámbitos de competencia.

## 10. Vigencia

La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los noventa días de su publicación en el **Diario Oficial de la Federación**.

Sufragio Efectivo. No Reelección.

México, D.F., a 20 de octubre de 2000.- El Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización de Regulación y Fomento Sanitario, **Javier Castellanos Coutiño**.- Rúbrica.

**COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD:  
P R E S E N T E.**

En relación a la solicitud con N° MA-OP-95/IV/2007 y MA-OP-165/VII/2007, presentada por el C. Lic. Carlos Alberto Anaya de la Peña en calidad de Presidente Municipal de Alfajayucan y según el inicio del trámite atendido en esta Dirección Local, se extiende la presente:

**CONSTANCIA**

Que ampara el trámite de inscripción de volúmenes de 63,401 m<sup>3</sup>, ante el Registro Público de Derechos de Agua, del uso, aprovechamiento y explotación de un pozo profundo para uso público urbano, ubicado en la localidad de San Antonio Corrales, municipio de Alfajayucan, Estado de Hidalgo, el cual se encuentra en proceso ante esta Comisión Nacional del Agua.

A petición del interesado, se extiende la presente, con fundamento en lo dispuesto en 1, 6 párrafos segundo y cuarto fracción XIII, 7, 9, fracción II, 10 párrafo IV, letra C fracción I, 13 fracciones II, III inciso c, XIII inciso a, XIX y XXX; 65, 66, 68 fracciones I y II, 73 fracciones I, II, III, IV, XI, XII, XIII, XVI, XXVI, XL, LVII 76 fracciones III, IV, VI y XXXIII y Transitorios Primero, Tercero fracción XIII, Octavo y Decimoprimer fracción XIII del Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua publicado en el Diario Oficial de la Federación el 3 de noviembre del 2006, en la ciudad de Pachuca, Hgo. a los cuatro días del mes de Septiembre del año dos mil siete.

**ATENTAMENTE  
EL DIRECTOR LOCAL HIDALGO**



**ING. MODESTO ARÓN MENDOZA GUTIÉRREZ**

*En CONAGUA-Hidalgo, atenderte es un orgullo, hacerlo con calidad, un compromiso"*

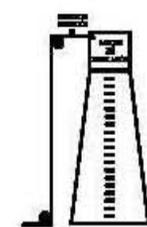
c.c.p. Ing. Macario Segovia Pérez.- Subdirector de Administración del agua.- Edificio  
Ing. Juan Ramón Hernández García.- Control de Gestión.- Volante 0702101-01 y 0702925-01  
Ing. J. Rubén Pérez Ángeles.- Jefe del Depto. de Servicios a Usuarios.- Edificio  
Expediente y Minutario.  
MAMG'MSP'JRPA'MAMG



DIRECCION DE LOS ANCHOS Y FORMA DE COLOCAR LOS ANCHOS



CONEXIONES  
MAYOR  
MAYOR

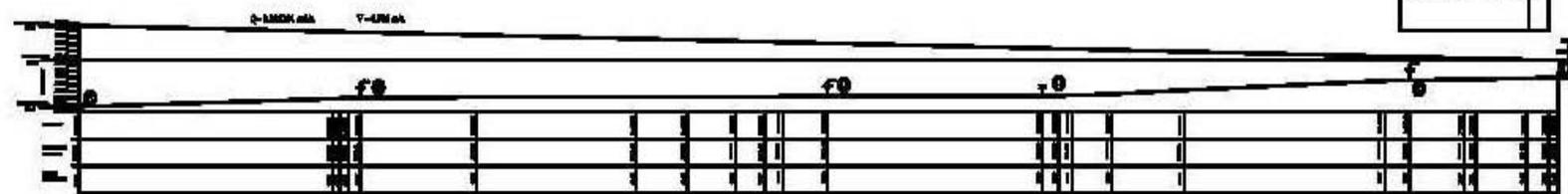


LOCALIZACION GEOGRAFICA

DATOS DEL PROYECTO	
Ubicación	San Gabriel de las Barras
Altitud	60 msnnm
Clima	Subtropical
Temperatura máxima (°C)	35
Temperatura mínima (°C)	15
Humedad relativa (%)	70
Viento	10 km/h
Velocidad máxima (km/h)	15
Velocidad mínima (km/h)	5
Velocidad promedio (km/h)	10
Velocidad máxima (km/h)	15
Velocidad mínima (km/h)	5
Velocidad promedio (km/h)	10
Velocidad máxima (km/h)	15
Velocidad mínima (km/h)	5
Velocidad promedio (km/h)	10

- NOTAS:**
- 1- LOS CAMBIOS DE DIRECCION EN LA TUBERIA SE REALIZAN POR LA TUBERIA (C-SP)
  - 2- LOS ANCHOS DE CONCRETO SE CONCRETAN CON UN CONCRETO C-18
  - 3- LA FORMA DEL TUBERIA, ASI COMO EL MATERIAL CON EL CUAL SE CONSTRUYA QUEDARA A DISPOSICION DE LA FUNDACION Y DE LOS ANCHOS DE CONCRETO
  - 4- PLANTILLA DE MATERIAL PRODUCTO DE BANCO DE MONTAÑO CONECTADO A UNA PLANTILLA FUNDACION

TUBERIA DE CLORURO DE POLIVINILO DE ALTA DENSIDAD CLASE RD-32.5 DE DIAMETRO 2 1/2" (64mm) DE LONGITUD 1294 m.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTONOMA DE HONDURAS  
FACULTAD DE CIENCIAS  
AGRICOLAS

"MAXIMIZANDO EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO  
SOSTENIBLE Y SOSTENIBLE PARA LA COMERCIALIZACION  
DE LOS PRODUCTOS AGROPECUARIOS EN EL SECTOR DE  
ALIMENTACION Y RINDO SOSTENIBLE"

ALFONSO YERRO GARCIA CRISTIAN MARIANO

ASISTENTE DEL DEPARTAMENTO DE AGROPECUARIA

PLANO  
1:100

NO. DE CALA  
LIBRO DE  
CONSTRUCCION