**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**INGENIERÍA CIVIL**

# "DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA REHABILITACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y PRODUCCIÓN EN ESTACIONES DE BOMBEO, DE LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (ANDA), EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (AMSS)"

PRESENTADO POR:

LUIS ARTURO CAÑAS CAÑAS

MARTÍN GARCIA UMANZOR

DOUGLAS RICARDO MEJIA GUARDADO



PARA OPTAR AL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**



CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DEL 2000

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTORA:

**Dra. Maria Isabel Rodríguez**

SECRETARIA GENERAL:

**Lic. Lidia Margarita Muñoz Vela**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**Ing. Alvaro Antonio Aguilar Orantes**

SECRETARIO:

**Ing. Saúl Alfonso Granados**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

DIRECTOR:

**Ing. Luis Rodolfo Nosiglia Durán**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

**INGENIERO CIVIL**

Titulo:

# "DIAGNÓSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA LA REHABILITACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN Y PRODUCCIÓN EN ESTACIONES DE BOMBEO, DE LA ADMINISTRACIÓN NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS (ANDA), EN EL ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR (AMSS)"

Presentado por:

**LUIS ARTURO CAÑAS CAÑAS**

**MARTÍN GARCIA UMANZOR**

**DOUGLAS RICARDO MEJIA GUARDADO**

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador:

**Ing. Joaquín Mariano Serrano Choto**

Asesores:

**Ing. Miguel Angel Rivas Monterrosa**

**Ing. Oscar Boanerges Calderón**

San Salvador, Enero del 2000

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinador y Asesor:

**Ing. Joaquín Mariano Serrano Choto**

Asesor:

**Ing. Miguel Ángel Rivas Monterrosa**

Asesor Externo:

FAC. DE ING. Y ARQ. -- UES
ESCUELA DE
INGENIERIA CIVIL

**Ing. Oscar Boanerges Calderón**

**AGRADECIMIENTO ESPECIAL**

Queremos Agradecer a:

*La Universidad de El Salvador* y en especial a la Escuela de Ingeniería Civil, por facilitar el desarrollo integral del profesional para beneficio de nuestro país, mediante sus tres objetivos: docencia, investigación y proyección social, poniendo de manifiesto su carácter de Universidad humanista, popular y democrática.

*Nuestros Asesores:* quienes nos orientaron para poder alcanzar nuestra meta.

*La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)* y en particular al Ing. Oscar B. Calderón, quien nos proporcionó su conocimiento en el área y facilitó los medios para el buen desarrollo del presente trabajo de investigación; al Técnico José A. Rápalo por habernos proporcionado su conocimiento en el área de Electromecánica y demás personal que de una u otra forma hicieron posible que alcanzáramos nuestras metas inmediatas.

## DEDICATORIA

**A DIOS TODOPODEROSO**; por haberme iluminado en las circunstancias adversas que se pusieron de manifiesto en el transcurso de la carrera.

**A MIS PADRES**; Ramón Arturo y Reina Flora, por todo su apoyo que me brindaron para alcanzar mis metas, que Dios los bendiga.

**A MI ABUELITA**; Elena Carballo (Q.D.D.G.); con mucho sentimiento por no poder compartir al lado nuestro.

**A MI HIJA**; Katherine Vanessa, por todo el tiempo que me esperaste y deseo para ti, lo mejor hoy y en el futuro.

**A MIS HERMANAS**; Reina Dinora, Marisol y Marlin, porque siempre estuvieron pendientes de mis resultados y me apoyaron en todo momento.

**A LA FAMILIA CAÑAS CAÑAS**; Jaime y Mari; por toda la ayuda incondicional que me brindaron para lograr el triunfo de mi carrera y les deseo muchas bendiciones.

**A MIS QUERIDOS SOBRINOS**; Elena Marisol, Stephanie, Karen, Clara y Alex, les deseo que Dios ilumine su camino chiquitines y enfrenten el futuro con optimismo.

**A MIS COMPAÑEROS**; Martín y Douglas, por toda la paciencia mostrada durante la ejecución de este trabajo; así también a todos mis amigos que de una u otra forma hicieron posible el alcanzar mis metas.

**Luis Arturo**

## DEDICATORIA

**TRABAJO DEDICADO A:**

**JEHOVÁ DIOS:** Por haberme guiado a lo largo de mi existencia y permitirme culminar felizmente la meta encomendada.

**MIS PADRES :** Martín García y Alodia de García, por haberse esforzado tanto y por orientarme, con cariño y amor, en los momentos que más lo necesitaba, logrando así que alcanzara una mas de mis metas.

**MIS HERMANOS:** Cecilia, Bety y Carlos Alberto, quienes siempre me apoyaron y confiaron en mi, sabiendo que este triunfo los llena de gozo.

**MIS TIOS, PRIMOS Y DEMAS FAMILIARES:** Que en esta ultima etapa de mi formación tuviera un feliz término; en especial a Camilo, por brindarme su apoyo cuando lo necesité.

**MIS SOBRINOS:** Susana, Yarely y a los que pronto tendré conmigo, para sonreírle a la vida, deseando que tengan un futuro generoso.

**MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS:** Por compartir este logro.

**Martín García**

## DEDICATORIA

**A Jehová Dios:** El Ingeniero por Excelencia, Creador y Diseñador de todo lo que nos rodea; siendo esa la razón principal por la que se merece "toda la gloria, la honra" y la alabanza de la creación ¡Gracias Jehová! (Rev. 4:11).

**A mis Padres :** Manuel de Jesús Mejía y María de Mejía por su incansable empeño, apoyo, afán y sobre todo por su cariño y amor que tanto me han mostrado a lo largo de mi vida.

**A mis Hermanos:** Jaime, Nelson, Fredys, Henry, Manuel, Rosa María y Verónica; por sus expresiones de motivación que infundieron en mi para poder alcanzar esta meta, por que cada uno de ellos también fue parte de este proyecto. Agradeciendo a Mauricio Aquiles, por su sincero apoyo, de manera muy especial.

**A mis queridos Sobrinos:** Mauricio, Erika, Nidia y Guillermo... y a los que aparezcan; por hacerme mas agradable la vida.

**A mis Compañeros:** Luis y Martín, por la comprensión mostrada durante el desarrollo de este trabajo.

**Y a todos mis familiares y amigos:** por que de alguna u otra forma han contribuido al logro de este objetivo.

**Douglas Ricardo**

## INDICE

# SUMARIO

El presente trabajo de graduación, tiene como objeto primordial, presentar alternativas de solución que sirvan para rehabilitar las Estaciones de Bombeo en estudio, que en este caso son 15.

*CAPÍTULO I*

Se plantea un bosquejo general de lo que consta el trabajo. Incluye sus alcances, limitaciones, objetivos, etc.; toda esta información, sirve como un preámbulo para que los lectores tengan una idea de lo que puede encontrar.

*CAPÍTULO II*

Se describe en forma general lo que es el Sistema Tradicional de abastecimiento de agua potable y Estaciones de Bombeo que la componen; así como la significativa aportación que estas efectúan al AMSS (35.33% de la producción total). También se menciona la contribución que los Sistemas Rio Lempa, Zona Norte y Guluchapa-Joya Grande realizan.

En cuanto a las Estaciones de Bombeo en estudio, se presentan datos que se consideran esenciales para la ejecución del trabajo, tales como: caudales de producción, fechas de aforo último, fechas de cierre de la Planta, etc.

*CAPÍTULO III*

Se describe un marco teórico, que incluye conceptos básicos sobre obras de captación por medio de pozos profundos y equipos de bombeo.

*CAPÍTULO IV*

Aquí se plantean tres etapas esenciales del trabajo: Situación Actual, Diagnóstico y Alternativas de Solución; con respecto a estas dos últimas, se presentarán, siempre y cuando se cuente con la información necesaria para su elaboración.

*CAPÍTULO V*

En esta última parte, se presentan tanto las conclusiones como recomendaciones del trabajo, producto del análisis final, basándose en los resultados obtenidos así como en las observaciones elaboradas en el transcurso del mismo.

# CAPITULO I

# ANTEPROYECTO

## 1.1 INTRODUCCION

La construcción de pozos es una solución viable para poder generar agua sana desde el punto de vista físico, químico y bacteriológico. En el Área Metropolitana de San Salvador existe una buena cantidad de pozos, que están bajo la supervisión de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), sin embargo, algunos de ellos están fuera de servicio por razones como: la sobre-explotación y la falta de mantenimiento.

Este trabajo, presentará un diagnóstico de la situación actual de los sistemas de captación y producción en Estaciones de Bombeo, así como las distintas alternativas de solución para su rehabilitación.

La implementación de este proyecto se considera que ayudará al área de influencia de Abastecimiento de Agua Potable de los distintos sistemas que se mencionarán posteriormente.

El crecimiento desmedido de la población, exige el funcionamiento eficiente de los sistemas de captación y producción, para ofrecer un buen servicio de agua potable a la población, de tal forma, que es necesario la rehabilitación de aquellas que están fuera de operación, para garantizar el bienestar y desarrollo económico de la población servida.

## 1.2 ANTECEDENTES

Aunque nuestro país es uno de los que menor extensión territorial tiene, su población ha experimentado un crecimiento acelerado, es ésta la razón por la cual, el AMSS, sufre una aglomeración de personas considerable que demandan, entre sus necesidades principales, un abastecimiento de agua potable adecuado. Es por esta razón, que la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), junto con el Programa de las Naciones Unidas (PNUD), realizaron estudios sobre el aprovechamiento del agua subterránea para el abastecimiento del AMSS en el período de 1967-1972, dando como resultado la creación del Proyecto Zona Norte, habiendo concluido que, de no buscarse soluciones ambiciosas, las perspectivas no eran muy alentadoras para los habitantes del Área Metropolitana, ya que el manto acuífero bajo la ciudad de San Salvador descendía a razón de 1mt. por año. Para disminuir la sobre-explotación de este recurso, el grupo de estudio del PNUD investigó la posibilidad de explotar otras fuentes de agua, entre las cuales estaba el agua subterránea del Valle de Zapotitán y el Lago de Ilopango, los cuales se eliminaron como alternativas, la primera por el uso agrícola del agua y el segundo por el costo alto del tratamiento, debido al contenido de boro y arsénico de las aguas del lago, por lo que actualmente no es apta para el riego ni para consumo.

Las otras posibles fuentes estudiadas fueron las cuencas

de los ríos Acelhuate y Guluchapa, cuyo estudio dio origen al Proyecto Guluchapa, y la cuenca del Río Sucio al Norte de San Salvador, que es la que ha dado origen al Proyecto Zona Norte; así como también se cuenta con el Proyecto Joya Grande, ubicado cerca del Lago de Ilopango.

Lamentablemente, las obras de captación de las fuentes de abastecimiento de agua potable en el AMSS, presentan deficiencias en su funcionamiento desde hace unos diez años aproximadamente.

Las causas de dicho problema han sido diversas, de las cuales podría decirse que las que más han influido son la sobre-explotación acelerada de su potencial hídrico, así como también la falta de un mantenimiento adecuado, encontrándose éstas abandonadas o semi-abandonadas, y también la proliferación de miles de viviendas que en su defecto contribuye a la deforestación.

Actualmente, el AMSS es abastecida por el sistema Zona Norte, que provee un caudal promedio de $1.5m^3/s$ y el sistema del Río Lempa, cuya producción se efectúa desde una toma de agua superficial situada en el río del mismo nombre. El agua es tratada a través de una planta de tratamiento y luego es conducida hacia San Salvador por una tubería de 48" a través de tres estaciones de bombeo situadas en el trayecto, llevando un caudal promedio de $1.8m^3/s$ a unos tanques de almacenamiento. Con todo esto, aún existe deficiencias en el suministro de agua potable en determinados sectores, siendo esa la razón principal

por lo que se hace necesario realizar un estudio para que las obras de captación fuera de operación, puedan ser rehabilitadas.

## 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La importancia que el agua ha tenido y tiene actualmente para el hombre, desde el principio de la creación y en su marcha ascendente hacia la civilización no es fácil de medir con precisión, tomando en cuenta los efectos que causa en la salud y desarrollo del mismo.

"El Área Metropolitana de San Salvador tiene actualmente una población de 1.6 millones de habitantes distribuidos en la propia ciudad de San Salvador (600,000 habitantes) y en los 10 municipios limítrofes de la capital"*.

El suministro de agua potable al AMSS se efectúa con varios recursos, entre los cuales se encuentran principalmente:

El Río Lempa, que alimenta las zonas Central y Oriental del AMSS (Soyapango).

El sistema Zona Norte, que alimenta la parte Nor-Occidental del AMSS, incluyendo la ciudad de Santa Tecla.

Los pozos de bombeo de Guluchapa - Joya Grande, y el Río Cuaya, que alimentan en parte el Oriente y el Sur del AMSS.

En paralelo, existen numerosos pozos de agua subterránea y captaciones de agua superficial, situados dentro del AMSS, llamados comúnmente "Sistemas Tradicionales", que alimentan directamente la red de la ciudad.

Juntos, los sistemas Zona Norte y Río Lempa suministran aproximadamente el 56.94% del agua potable al AMSS, fuera de los sistemas tradicionales y del sistema Guluchapa-Joya Grande.

* FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados
Informe Final sobre Proyecto Piloto de Detección de Fugas en el Sistema del AMSS.

El sistema de Guluchapa-Joya Grande tiene una importancia menor en el abastecimiento de agua potable de la capital, sin embargo, este sistema es importante para alimentar la parte Sur-Oriente de la ciudad que no está conectada a la red de los otros sistemas de aducción.

"Los 4 sistemas de aducción disponen de cierto número de tanques para almacenar el agua potable. Estos tanques están, en su mayoría, situados en elevación en el contorno del AMSS. La capacidad de almacenamiento se reparte a través de los tanques principales cuyo volumen total asciende a 193,600m$^3$; hay que observar que el 57% de esta capacidad se encuentra en el sistema Zona Norte y el 42% en el sistema Río Lempa"*.

El análisis del comportamiento de la red de distribución actual del AMSS demuestra los graves problemas de alimentación de agua potable con que se está enfrentando la ANDA.

Las perturbaciones en el funcionamiento de la red que se observan son, por ejemplo:

- Falta de agua en las horas de consumo pico para la mayoría de los barrios en zonas altas de la ciudad.
- Presiones demasiado bajas en una gran parte de la red.
- Cortes sistemáticos de la alimentación para llenar los tanques.
- Cortes en el suministro de Energía Eléctrica.
- Cantidad de fugas en la red de distribución.

En términos de demanda, ANDA hizo estimaciones basadas en datos que datan de 1996. Esta situación muestra una

* FUENTE: Administracion Nacional de Acueductos y alcantarillados
Informe Final sobre Proyecto Piloto de Detección de Fugas en el sistema del AMSS

deficiencia importante en algunos municipios, y en particular el de San Salvador.

Estas observaciones indican que el nivel de producción de agua potable no permite satisfacer completamente la demanda diaria de la población del AMSS.

En lo que se refiere a Sistemas Tradicionales, específicamente abastecidos por pozos, muchos de estos han sido sobre-explotados, lo que ha dado como resultado en la actualidad, una disminución considerable en los caudales producidos, hasta tal grado que existen muchos de ellos que se encuentran fuera de servicio o completamente abandonados.

Por otra parte, algunas obras de captación (pozos) no contaron con un mantenimiento preventivo o limpiezas periódicas, siendo ésta la razón principal para que en la actualidad se encuentren en abandono, aumentando así la problemática que existe en el sistema de abastecimiento de agua potable.

## 1.4 OBJETIVOS

### 1.4.1 Objetivos Generales

- Determinar el estado actual de los sistemas de captación (pozos) y producción de las Estaciones de Bombeo en estudio.

- Plantear recomendaciones que sirvan de guía para la rehabilitación de los sistemas de captación y producción de las Estaciones de Bombeo en estudio.

### 1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar visitas de campo a las Estaciones de Bombeo en estudio, con el objeto de determinar el estado actual de los elementos que la integran.

- Analizar las propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua de los pozos pertenecientes a cada estación.

- Elaborar un diagnóstico, en base a la información disponible, y presentar propuestas que le sirvan a la ANDA para la rehabilitación de las obras de captación de aguas subterráneas.

- Determinar la población probable que podrá ser beneficiada, una vez se ejecuten las alternativas propuestas.

## 1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

### 1.5.1 Alcances

- La investigación se realizará para un número de 15 Estaciones de Bombeo, para las cuales, el diagnóstico y las alternativas de solución se presentarán según la información disponible.

- Se presentarán conclusiones y recomendaciones para los sistemas de captación y producción. Para los equipos de bombeo, de las estaciones seleccionadas, las recomendaciones ofrecidas, básicamente serán, el tipo y capacidad de éstos, en función de la información disponible.

- La investigación se enfoca principalmente a obras de captación por medio de pozos en Estaciones de Bombeo, que forman parte del sistema tradicional de abastecimiento de agua potable de la ANDA, en el AMSS.

- No se enfocará la rehabilitación de obras de captación cuyo abastecimiento de agua potable se da por gravedad en el AMSS, ya que es un porcentaje mínimo en comparación con el abastecimiento que se da por bombeo, y los problemas que atañen a las mismas, serán considerados en el estudio y por lo tanto, las medidas a tomar, para su rehabilitación podrán ser aplicadas a ellas en lo correspondiente.

### 1.5.2 Limitaciones

- Debido a que la parte electromecánica del estudio, correspondiente al equipo de bombeo, es un área que está fuera de nuestro entorno académico, no se profundizará en ella, recomendando el equipo de bombeo según su capacidad y carga.

- Como la ANDA no podrá realizar los análisis físico-químicos y bacteriológicos durante la ejecución de este trabajo, se tomarán como base los análisis históricos más recientes, efectuados por dicha institución.

- Por el costo económico elevado que resulta el realizar aforos a los pozos en estudio, se tomarán como referencia los datos históricos de aforos proporcionados por la ANDA, para poder recomendar la capacidad de los equipos, en aquellos que sea posible.

## 1.6 JUSTIFICACION

El agua, es un elemento primordial para la existencia humana y desarrollo de los países, ya que con ella se satisfacen necesidades básicas del hombre tales como: consumo, aseo, industria, comercio, agricultura, etc.

En la actualidad, el agua es un recurso natural que ya no se encuentra con facilidad en las cantidades y condiciones adecuadas para suplir la demanda de la población que crece día a día, y cada vez más las fuentes de agua están más retiradas de la ciudad.

Gran parte del Área Metropolitana de San Salvador es abastecida por el sistema de pozos del Proyecto Zona Norte, el suministro de agua del Río Lempa y los pozos de Guluchapa y Joya Grande; pero aún éstos, no son suficientes para satisfacer la demanda de suministro de agua potable, por lo que la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, se ha visto en la necesidad de sobre-explotar el agua subterránea en el AMSS desde hace ya algunos años, ocasionando anomalías o defectos en los pozos hasta tal grado que ya no proporcionan caudal alguno al sistema de abastecimiento actual.

Nuestro trabajo de investigación se enfocará específicamente en realizar un diagnóstico, conocer en detalle la problemática y plantear alternativas de solución que sirvan de guía, para que la ANDA, pueda rehabilitar algunas estaciones de bombeo que actualmente se encuentran fuera de servicio en el

AMSS.

Por lo tanto, si dicha institución a través de nuestras recomendaciones rehabilita estas Estaciones de Bombeo, estaría mejorando el sistema de abastecimiento de agua potable en diferentes zonas del Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), incluyendo aquellos sectores servidos por los proyectos Zona Norte y del Río Lempa.

# CAPITULO II

# GENERALIDADES

## 2.1 SISTEMA TRADICIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL AMSS.

El Sistema Tradicional de abastecimiento de agua potable en el AMSS, está compuesto básicamente por manantiales y pozos. Según aforos efectuados por ANDA, hasta abril de este año(1999), este sistema está generando un caudal de aproximadamente 2051 lts/seg (2.051 $m^3/s$) que equivale a un 35.35% de la producción total de agua potable que abastece el AMSS.

### 2.1.1 Número y ubicación general de Estaciones de Bombeo en el AMSS.

Los diferentes tipos de fuentes de cada una de las Estaciones de Bombeo de los sistemas tradicionales, que son abastecidos por los acuíferos bajo el AMSS, para el abastecimiento del agua potable de la misma, se presentan en el cuadro N° 2.1, indicándose en éste el nombre de la Estación de Bombeo, tipo de fuente explotada (pozo, manantial, río), fecha de aforo,tasa de explotación y su cuenca hidrográfica.

Por otra parte, la ubicación de estas Estaciones de Bombeo tiene relación directa con el nombre que se ha asignado a cada una.

## CUADRO N° 2.1
## ESTACIONES DE BOMBEO EN EL AREA METROPOLITANA DE SAL SALVADOR, PERTENECIENTES A LOS SISTEMAS TRADICIONALES.

| N° | NOMBRE DE LA ESTACIÓN | TIPO DE FUENTE | FECHA DE AFORO | CAUDAL (lts/seg) | CUENCA |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | La Danta | Manantial | 5.04.99 | 35.73 | Acuífero de San Salvador |
| 2 | Colonia América | Pozo (1) | 5.04.99 | 12.2 | Acuífero de San Salvador |
| 3 | Santa Carlota | Pozo (4) | 6.04.99 | 7.38 | Acuífero de San Salvador |
| 4 | Santa Carlota | Pozo (5) | 6.04.99 | 6.67 | Acuífero de San Salvador |
| 5 | Santa Carlota | Pozo (6) | 6.04.99 | 16.1 | Acuífero de San Salvador |
| 6 | Santa Carlota | Manantial | 6.04.99 | 18.04 | Acuífero de San Salvador |
| 7 | Los Conacastes | Pozo | 6.04.99 | 0 | Río las Cañas |
| 8 | La Coruña | Pozo | 6.04.99 | 0 | Río las Cañas |
| 9 | La Guayacán | Pozo | 6.04.99 | 0 | Río las Cañas |
| 10 | Pozo N° 8 | Pozo | 6.04.99 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 11 | Las Margaritas 1 | Pozo | 7.04.99 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 12 | Las Margaritas 2 | Pozo | 7.04.99 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 13 | Las Margaritas 3 | Pozo | 7.04.99 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 14 | El Milagro | Pozo | 7.04.99 | 16.54 | Acuífero de San Salvador |
| 15 | Altos del Cerro | Pozo | 8.04.99 | 11.48 | Acuífero de San Salvador |
| 16 | Amatepec | Manantial | 8.04.99 | 15.1 | Río Acelhuate |
| 17 | Las Conchas | Pozo | 8.04.99 | 8.97 | Acuífero de San Salvador |
| 18 | El Limón | Pozo | 8.04.99 | 12.31 | Río Acelhuate |
| 19 | Caites del Diablo | Manantial | 9.04.99 | 157.21 | Acuífero de San Salvador |
| 20 | Sierra Morena N° 3 | Pozo | 12.04.99 | 12.67 | Río Acelhuate |
| 21 | Captaciones de Apulo | Manantial | 12.04.99 | 1.11 | Lago de Ilopango |
| 22 | Antiguo Cuscatlán | Pozo (2) | 12.04.99 | 69.63 | Acuífero de San Salvador |
| 23 | Antiguo Cuscatlán | Pozo (3) | 12.04.99 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 24 | Antiguo Cuscatlán | Pozo (4) | 12.04.99 | 48.5 | Acuífero de San Salvador |
| 25 | Antiguo Cuscatlán | Pozo (5) | 12.04.99 | 38.17 | Acuífero de San Salvador |
| 26 | Antiguo Cuscatlán | Pozo (6) | 12.04.99 | 111.8 | Acuífero de San Salvador |
| 27 | Cumbres de Cuscatlán | Pozo (1) | 12.04.99 | 33.78 | Acuífero de San Salvador |
| 28 | Cumbres de Cuscatlán | Pozo (2) | 12.04.99 | 23.02 | Acuífero de San Salvador |

| Nº | NOMBRE DE LA ESTACIÓN | TIPO DE FUENTE | FECHA DE AFORO | CAUDAL (lts/seg) | CUENCA |
|---|---|---|---|---|---|
| 29 | Plan de la laguna | Pozo | 12.04.99 | 34.29 | Acuífero de San Salvador |
| 30 | El Dorita | Pozo | 12.04.99 | 9.11 | Acuífero de San Salvador |
| 31 | San José Cortez | Pozo | 13.04.99 | 17.5 | Acuífero de San Salvador |
| 32 | San Bartolo/San Felipe | Pozo | 13.04.99 | 0 | Río las Cañas |
| 33 | San Miguel Mejicanos | Pozo (1) | 14.04.99 | 32.98 | Acuífero de San Salvador |
| 34 | San Miguel Mejicanos | Pozo (2) | 14.04.99 | 41.8 | Acuífero de San Salvador |
| 35 | Zacamil Nº2 | Pozo | 14.04.99 | 32.94 | Acuífero de San Salvador |
| 36 | Las Margaritas, Mejicanos | Pozo | 14.04.99 | 14.67 | Acuífero de San Salvador |
| 37 | El Socorro | Pozo | 14.04.99 | 53.25 | Acuífero de San Salvador |
| 38 | Montes de S/Bartolo III | Pozo (1) | 14.04.99 | 3.92 | Río las Cañas |
| 39 | Montes de S/Bartolo III | Pozo (2) | 14.04.99 | 0.337 | Río las Cañas |
| 40 | San Antonio Abad | Pozo (1) | 14.04.99 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 41 | San Antonio Abad | Pozo (2) | 14.04.99 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 42 | Altamira | Pozo (1) | 14.04.99 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 43 | Altamira | Pozo (2) | 14.04.99 | 11.3 | Acuífero de San Salvador |
| 44 | Altamira | Pozo (3) | 14.04.99 | 44.38 | Acuífero de San Salvador |
| 45 | Pasaje Verde | Pozo | 15.04.99 | 17.36 | Acuífero de San Salvador |
| 46 | La Campestre | Pozo | 15.04.99 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 47 | San José de la Montaña | Pozo | 15.04.99 | 31.51 | Acuífero de San Salvador |
| 48 | Captaciones de Ilohuapa | Manantial | 16.04.99 | 7.3 | Lago de Ilopango |
| 49 | Captaciones de Cuapa | Manantial | 16.04.99 | 2.13 | Lago de Ilopango |
| 50 | Jardines de Hacienda | Pozo | 16.04.99 | 36.63 | Acuífero de San Salvador |
| 51 | Estadio Nº 1 | Pozo | 16.04.99 | 100.91 | Acuífero de San Salvador |
| 52 | La Cima I | Pozo | 16.04.99 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 53 | La Cima II | Pozo | 16.04.99 | 11.03 | Acuífero de San Salvador |
| 54 | San Patricio | Pozo | 20.04.99 | 40.17 | Río Acelhuate |
| 55 | Balboa | Pozo | 20.04.99 | 8.82 | Acuífero de San Salvador |
| 56 | Las Cataratas | Manantial | 20.04.99 | 26.69 | Cuenca Costera |
| 57 | El Coro | Manantial | 20.04.99 | 170.13 | Acuífero de San Salvador |
| 58 | La Chacra | Manantial | 20.04.99 | 271.2 | Acuífero de San Salvador |
| 59 | La Chacra | Pozo (6) | 20.04.99 | 20.99 | Acuífero de San Salvador |
| 60 | La Chacra | Pozo (7) | 20.04.99 | 1.24 | Acuífero de San Salvador |
| 61 | Montes de S/Bartolo IV | Pozo | 22.04.99 | 11.82 | Río las Cañas |

| Nº | NOMBRE DE LA ESTACIÓN | TIPO DE FUENTE | FECHA DE AFORO | CAUDAL (lts/seg) | CUENCA |
|---|---|---|---|---|---|
| 62 | Urbina | Pozo (4) | 23.04.99 | 10.52 | Acuífero de San Salvador |
| 63 | Urbina | Pozo (5) | 23.04.99 | 48.08 | Acuífero de Sán Salvador |
| 64 | Urbina | Pozo (6) | 23.04.99 | 2.83 | Acuífero de San Salvador |
| 65 | La Sultana | Pozo 1 | 23.04.99 | 32.76 | Acuífero de San Salvador |
| 66 | Militar | Pozo 2 | 1998 | 27.8 | Acuífero de San Salvador |
| 67 | Centroamérica | Pozos (1,2,3 y 4) | 1998 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 68 | Estadio Nº2 | Pozo | 1998 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 69 | Monserrat Nº 1 | Pozo | 1998 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 70 | Monserrat Nº2 y Nº3 | Pozo | 1998 | 24.70 | Acuífero de San Salvador |
| 71 | Universitaria | Pozo | 1998 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 72 | Miralvalle | Pozo | 1998 | 32.7 | Acuífero de San Salvador |
| 73 | San Luis | Pozo | 1998 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 74 | San José de la Montaña | Pozo | 1998 | 31.1 | Acuífero de San Salvador |
| 75 | Escalón III Etapa | Pozos (1y2) | 1998 | 27.6 | Acuífero de San Salvador |
| 76 | Colegio San Francisco | Pozo | 1998 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 77 | El Espino | Pozo (1, 2 y3) | 1998 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 78 | Jardines de la Libertad | Pozo | 1998 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 79 | Jardines del Volcán | Pozo | 1998 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 80 | P lan de la Laguna | Pozo | 1998 | 16.7 | Acuífero de San Salvador |
| 81 | Jardines del Rey | Pozo | 1998 | 0 | Acuífero de San Salvador |
| 82 | Hacienda San José | Pozo | 1998 | 5.5 | Acuífero de San Salvador |
| 83 | Prados de Venecia | Pozo | 1998 | 0 | Río las Cañas |
| 84 | Soyapango Nº 8 | Pozo | 1998 | 54.5 | Río las Cañas |
| 85 | San José Nº 2 | Pozo | 1998 | 0 | Río las Cañas |
| 86 | Los Angeles | Pozo | 1998 | 7.8 | Río las Cañas |
| 87 | Jardines del Pepeto | Pozo | 1998 | 0 | Río las Cañas |
| 88 | Quezaltepeque | Pozo | 1998 | 17.7 | Río Sucio |
| 89 | Sierra Morena Nº1 | Pozo | 1998 | 0 | Río Acelhuate |
| 90 | Sierra Morena Nº2 | Pozo | 1998 | 0 | Río Acelhuate |
| | **TOTAL** | | | 2051.107 | |

FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)
Departamento de Mantenimiento de Redes.
Unidad de Control de Pérdidas.

### 2.1.2 Caudal de producción total.

Para La Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), el Área Metropolitana de San salvador (AMSS) comprende los municipios de San Salvador, Ayutuxtepeque, Mejicanos, Cuscatancingo, Ciudad Delgado, Soyapango, Ilopango, San Marcos, Antiguo Cuscatlán y Nueva San Salvador (Santa Tecla).

La producción total de agua potable contabilizada para los diferentes sectores del Area Metropolitana de San Salvador hasta abril de este año (1999) es de 5.80 $m^3/s$. Esta producción es generada a través del proyecto Río Lempa, Sistema Zona Norte, Sistemas Tradicionales y El Sistema Guluchapa-Joya Grande. Es de hacer notar, que los caudales generados por el proyecto Río Lempa y Sistema Zona Norte representan el 31.03% y 25.86% respectivamente, los Sistemas Tradicionales el 35.35% y el Sistema Guluchapa-Joya Grande el 7.76% de la producción total.

Los caudales producidos por los diferentes sistemas que abastecen de agua potable el AMSS se muestran a continuación en el cuadro Nº 2.2.

**CUADRO N° 2.2**

**CUADRO RESUMEN DE PRODUCCIÓN TOTAL DE AGUA POTABLE EN EL A.M.S.S. (Para abril de 1999)**

| SISTEMAS | CAUDAL ($m^3/s$) | PORCENTAJE (%) |
|---|---|---|
| Río Lempa | 1.8 | 31.03 |
| Zona Norte | 1.5 | 25.86 |
| Tradicionales | 2.05 | 35.35 |
| Guluchapa-Joya Grande | 0.4 | 7.76 |
| **TOTAL** | 5.80 | 100 |

FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)
Departamento de Mantenimiento de Redes
Unidad de Control de Pérdidas

### 2.1.3 Estaciones de Bombeo en estudio.

Las diferentes Estaciones de Bombeo, que serán estudiadas, se presentan en el cuadro N° 2.3, donde se muestra: el tipo de fuente, fecha de perforación, caudal recomendado de explotación inicial, fecha de cierre del pozo y el caudal generado en esa misma fecha. El número asignado a cada una de las Estaciones, en este cuadro, es tomado con relación al cuadro N° 2.1 y su ubicación, dentro del Area Metropolitana de San Salvador (AMSS), se puede apreciar en el Anexo N° 1.

## CUADRO N° 2.3

## ESTACIONES DE BOMBEO EN ESTUDIO

| N° | ESTACION | TIPO DE FUENTE | AÑO DE PERFORACIÓN | CAUDAL DE EXPLOTACIÓN (lts/s) | AÑO DE CIERRE | ULTIMO CAUDAL (lst/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | Las Margaritas N°2 | Pozo | 1987 | 22.1 | 1996 | 15.35 |
| 13 | Las Margaritas N°3 | Pozo | 1991 | 22.0 | 1996 | 18.1 |
| 40 | San Antonio Abad N°1 | Pozo | 1960 | 50.5 | 1987 | 45.8 |
| 41 | San Antonio Abab Nª2 | Pozo | _ | 58.1 | 1998 | 53.6 |
| 46 | La Campestre | Pozo | _ | _ | 1998 | 10.4 |
| 52 | La Cima N°1 | Pozo | _ | 11.35 | 1994 | 7.14 |
| 62 | El Estadio N° 2 | Pozo | 1966 | 24.6 | 1987 | 16.6 |
| 69 | Monserrat N°1 | Pozo | _ | 10.0 | 1996 | 10.1 |
| 76 | El Colegio San Francisco | Pozo | 1976 | 10.0 | 1997 | 4.23 |
| 78 | Jardines de la Libertad | Pozo | 1975 | 25.0 | 1992 | 25.0 |
| 79 | Jardines del Volcán | Pozo | 1983 | 28.0 | 1991 | 19.5 |
| 81 | Jardines del Rey | Pozo | _ | 8.2 | 1992 | 7.0 |
| 85 | Prados de Venecia N° 3 | Pozo | _ | 23.0 | 1996 | 18.75 |
| 89 | Sierra Morena N°1 | Pozo | 1985 | 12.6 | 1995 | 10.2 |
| 90 | Sierra Morena N°2 | Pozo | 1990 | 13.8 | 1996 | 8.7 |

FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).
Departamento de Mantenimiento de Redes
Unidad de Control de Pérdidas

# CAPITULO III
# MARCO TEORICO

## 3.1 CONCEPTOS BASICOS SOBRE, OBRAS DE CAPTACION POR MEDIO DE POZOS PROFUNDOS.*

### 3.1.1 Ubicación de los pozos.

Un pozo debe ser localizado a la elevación más alta posible, con respecto a la fuente más próxima de contaminación. El ademe del pozo debe terminar por encima del terreno; la superficie de éste, alrededor del pozo, debe conformarse de tal modo, que las aguas que escurran se alejen del pozo en todas direcciones. La localización debe también tener en cuenta el acceso para reparaciones de la bomba, limpieza, tratamiento, pruebas e inspecciones. El extremo superior del pozo no debe quedar situado dentro de ningún sótano ni debajo de un edificio que no tenga sótano. Cuando el pozo se halle situado muy cerca de un edificio, la distancia mínima deberá ser por lo menos 0.60m hacia afuera de cualquier proyección, tal como un voladizo.

La distancia mínima de un pozo a una posible fuente de contaminación deberá ser suficientemente grande como para asegurarse de que cualquier escurrimiento subsuperficial o percolación de agua contaminada, no alcance a llegar al pozo.

Las siguientes distancias mínimas recomendadas por el departamento de salud de Iowa, se muestran a continuación:

* El Agua Subterránea y los Pozos
Primera Edición
Edward E. Johnson. Inc.

| Fuente de Contaminación | Distancia de Aislamiento (mts) |
|---|---|
| Cámara Séptica | 30 |
| Pozo absorbente, Campo de drenaje o Pozo negro | 23 |
| Tanque Séptico o Alcantarillado Sanitario de Tubos Herméticamente Acoplado | 15 |
| Alcantarillado sanitario de Hierro Fundido, con acoples de plomo o junta mecánicas | 3 |
| Alcantarillado Sanitario de Hierro Fundido, con acoples de plomo y recubrimiento con 15 cms de concreto | 1.5 |

El recorrido de la contaminación varía grandemente en el carácter de las formaciones del subsuelo. Las separaciones de los pozos, dadas anteriormente, resultan adecuadas cuando los materiales terrestres tienen la capacidad filtrante de la arena.

Cuando el terreno consiste de grava gruesa, caliza o rocas desintegradas cercanas a la superficie, estas distancias no se podrían utilizar. Cuando ciertos materiales del subsuelo tales como los anteriores permiten una rápida percolocación del agua, dándole a ésta poca oportunidad de autopurificación, la distancia constituye un factor en el cual se debe confiar con ciertas reservas.

### 3.1.2 Diámetro de perforación.

El diámetro del pozo es muy importante, pues afecta el costo de la obra. La mejor manera de seleccionar el diámetro del tubo consiste en escoger dos números mayor que el tamaño de los tazones (bowls) de la bomba a instalar.

Bajo ninguna circunstancia se escogerá un diámetro menor que por lo menos un número más que el del tamaño nominal de la bomba.

La tabla N° 3.1 muestra el diámetro de tubo recomendado de acuerdo con las producciones deseadas de los pozos, ya que el diámetro está definido fundamentalmente por el gasto que se va a explotar.

Para construir esta tabla se determinaron primero los tamaños de tazón de la más eficiente bomba vertical de turbina que sería empleada para bombear la cantidad de agua dada. Luego se seleccionó tubería de diámetro dos números mayores que el de los tazones, como diámetro óptimo. Otro factor que debe tomarse en consideración es la velocidad (y pérdidas de carga) causada por el movimiento vertical del agua desde la porción de entrada al pozo hacia arriba dentro del tubo hasta la toma en la obra. Como puede verse en la tabla, los diámetros y producciones son tales que estas pérdidas de carga resultan muy pequeñas.

**TABLA N° 3.1**

**PRODUCCIONES Y DIÁMETROS DE TUBO**

| Producción | | | Diámetros Recomendados | |
|---|---|---|---|---|
| G.P.M | L.P.S | Interno | Pulgadas | Milímetros |
| Menos de 100 | Menos de 6 | " | 6 | 150 |
| 75 - 175 | 5 - 11 | " | 8 | 200 |
| 150 - 400 | 10 - 25 | " | 10 | 250 |
| 350 - 650 | 22 - 42 | " | 12 | 300 |
| 600 - 900 | 40 - 60 | Externo | 14 | 350 |
| 850 - 1300 | 55 - 82 | " | 16 | 400 |
| 1200 - 1800 | 80 -120 | " | 20 | 500 |
| 1600 - 3000 | 115 - 200 | " | 24 | 600 |
| Más de 3000 | Más de 200 | " | 30 | 750 |

En pozos profundos con niveles tanto estáticos como de bombeo alto, el diámetro de la tubería puede reducirse a partir de la máxima profundidad a la que se contemple colocar la bomba. Esto se hace en muchos pozos perforados tanto con máquinas de percusión como rotatorias, en acuíferos artesianos profundos con el nivel estático alto.

### 3.1.3 Profundidad total.

La profundidad de un pozo se determina usualmente con base en: el perfil obtenido de una perforación de prueba, de otros pozos cercanos existentes en el mismo acuífero o de la

perforación del pozo mismo. Generalmente los pozos se completan hasta el fondo del acuífero. Esto se hace por las siguientes razones:

- Cuanto mayor sea la penetración del pozo en el acuífero, mayor será la capacidad específica del mismo.
- Para lograr mayor depresión o abatimiento disponible.

Sin embargo, algunas veces el agua que se encuentra en las capas inferiores de los acuíferos es de mala calidad, por lo que en estos casos se procede a sellar estas zonas del acuífero para lograr una mejor calidad. Otras veces, especialmente en los acuíferos artesianos la rejilla es centrada en la formación de manera tal que su fondo no coincida con el fondo de la formación.

Cuando un hueco ha sido perforado a través de un acuífero, y se encuentra que el agua de la parte inferior es de mala calidad, debe tenerse cuidado de llenar el hueco de nuevo hasta el fondo deseado para evitar que el agua indeseable se dirija hacia arriba al ser bombeado el pozo. Esto significa que debe utilizarse un material relativamente impermeable en el relleno del pozo.

También el relleno debe irse compactado con las herramientas de perforar lo mejor que sea posible, para evitar que ocurra asentamiento de la rejilla.

### 3.1.4 Tubería de Revestimiento (Tubería Ciega).

Un pozo debe ser considerado como una estructura formada

por tres elementos principales: ademe, rejilla y empaque de grava.

El ademe es el conducto vertical a través del cual fluye el agua en su movimiento ascendente desde el acuífero hasta la superficie y que sirve como alojamiento del equipo de bombeo, este conducto es también conocido como revestimiento o tubería ciega.

#### 3.1.4.1 Elección de la tubería de revestimiento.

Los productos tubulares de acero se designan de varias maneras, tales como tubos, conductos, tubería, cañería y ademe. La terminología empleada para describir el tamaño y otras características de estos productos tubulares, ha aumentado conforme lo ha hecho la demanda y sus aplicaciones.

Muchos de estos productos tubulares se fabrican con determinado propósito, y algunos otros reciben su nombre de acuerdo con el uso específico para el cual se han diseñado.

Los factores más importantes para la elección de la tubería de revestimiento son:

- Diámetro
- Espesor de pared
- Resistencia mecánica
- Resistencia a la corrosión
- Tipo de conexión entre tubos

Una selección adecuada de los tubos determina la durabilidad, el costo y la eficiencia de un pozo.

**3.1.4.1.1 Diámetro.**

El diámetro de los tubos, en el tramo en que se prevee instalar la bomba, está relacionado con el tamaño y capacidad de la misma; estos aspectos fueron ilustrados en la tabla N° 3.1 y descritos en el numeral 3.1.2.

En aquellos casos en que el diámetro de los tubos sea reducido a profundidades mayores a las previstas para la instalación de la bomba, la dimensión de los tubos se definirá por otros factores, como el diámetro del pozo, los filtros, etc.

**3.1.4.1.2 Espesor de pared.**

El espesor de pared de los tubos debe ser cuidadosamente elegido, evitando, por una parte, un costo excesivo e injustificado, y por otra, un espesor insuficiente que limitará la vida útil del pozo o provocará roturas o deformaciones durante el proceso de construcción y desarrollo. El cuadro N° 3.1 indica el espesor de pared recomendado para tubería en pozos de agua.

**CUADRO N° 3.1**
**TUBOS DE ACERO (LISOS) PARA PASOS DE AGUA**
**ESPESOR DE PARED RECOMENDADA**

| Profundidad (Metros) | Diámetro en pulgadas | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 16 |
| 0 - 30 | | | | | | |
| 30 - 60 | 10G | | | | | |
| 60 - 100 | | | | | | |
| 100 - 120 | | | 3/16" | | | |
| 120 - 180 | | | | | 1/4" | |
| 180 - 250 | | | | | | |
| Mas de 250 | | | | | | 5/16" |

10 Ga = 3.77 mm

Los espesores recomendados se aplican a tubos de acero fabricados de acuerdo a normas ASTM A 139, Grado B; acero al cobre de alta resistencia a la corrosión.

**3.1.4.1.3 Resistencia Mecánica.**

Los tubos para pozos que más se utilizan en nuestro medio son los fabricados por ROSCOE MOSS COMPANY. Los cuales son construidos de acuerdo a normas que aseguran su resistencia mecánica, como ASTM A 139 Grado B (Acero al Cobre, de Alta Resistencia a la Corrosión).

Propiedades Físicas:

| | |
|---|---|
| Limite elástico (lbs/pulg$^2$) | 35,000 mínimo |
| Resistencia a la tracción (lbs/pulg$^2$) | 60,000 mínimo |

Propiedades Químicas:

| | |
|---|---|
| Carbono | 0.30% Máximo |
| Magnesio | 0.30% - 1.0% |
| Fósforo | 0.04% Máxima |
| Azufre | 0.05% Máximo |
| Silicio | 0.12% Máximo |
| Cobre | 0.20% Mínimo |

Los tubos de acero que contienen un 0.20% (mínimo), de Cobre son resistentes a la corrosión.

Los cuadros N° 3.2 y N° 3.3 muestran las "Dimensiones y Pesos" y "Resistencia mecánica" de los tubos de Acero respectivamente.

## CUADRO N° 3.2
## DIMENSIONES Y PESOS

| Diámetro (Nominal) | Espesor de pared | | Diámetro Exterior | | Diámetro Interior | | Peso | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pulg. | mm | Pulg. | mm. | Pulg. | mm. | lbs/pie | Kg/m |
| 6" | 0.1406* | 3.57 | 65/8 | 168 | 6.344 | 761 | 9.74 | 14.45 |
| 6" | 3/16 | 4.76 | 65/8 | 168 | 61/4 | 158 | 12.81 | 19.08 |
| 8" | 0.1406* | 3.57 | 55/8 | 219 | 8.344 | 212 | 12.74 | 18.96 |
| 8" | 3/16 | 4.76 | 85/8 | 219 | 81/4 | 210 | 16.79 | 25.01 |
| 10" | 0.1406* | 3.57 | 103/4 | 273 | 10.479 | 266 | 15.83 | 23.58 |
| 10" | 3/16 | 4.76 | 103/4 | 273 | 103/8 | 264 | 21.15 | 31.47 |
| 10" | 1/4 | 6.35 | 101/4 | 273 | 101/4 | 260 | 28.04 | 41.72 |
| 12" | 3/16 | 4.76 | 123/4 | 324 | 123/8 | 314 | 25.16 | 37.44 |
| 12" | 1/4 | 6.35 | 12 3/4 | 324 | 12 ¼ | 311 | 33.38 | 49.67 |
| 12" | 5/6 | 7.94 | 123/4 | 324 | 121/8 | 308 | 41.52 | 61.78 |
| 14" | 3/16 | 4.76 | 141/2 | 368 | 141/8 | 359 | 28.66 | 42.65 |
| 14" | 1/4 | 6.35 | 141/2 | 368 | 14 | 356 | 38.05 | 56.62 |
| 14" | 5/16 | 7.94 | 141/2 | 368 | 137/8 | 352 | 47.36 | 70.47 |

*10 Ga, U.S.Std.Gauge

## CUADRO N° 3.3
## RESISTENCIA MECANICA

| Diámetro (Nominal) | Espesor de Pared | | Resistencia al Aplastamiento | | Resistencia al Colapso | Resistencia a la Tensión |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Pulg. | mm. | Mts. de agua | Lbs/"² | Tons | Tons |
| 6" | 0.1406 | 3.57 | 344 | 490 | 50.1 | 85.9 |
| 6" | 3/16 | 4.76 | 801 | 1138 | 65.9 | 113.0 |
| 8" | 0.1406 | 3.57 | 172 | 245 | 65.9 | 112.4 |
| 8" | 3/16 | 4.76 | 361 | 513 | 86.4 | 148.1 |
| 10" | 0.1406 | 3.57 | 94 | 134 | 82.0 | 140.6 |
| 10" | 3/16 | 4.76 | 183 | 259 | 108.9 | 186.6 |
| 10" | 1/4 | 6.35 | 436 | 618 | 144.3 | 247.4 |
| 12" | 3/16 | 4.76 | 115 | 163 | 129.5 | 22.0 |
| 12" | 1/4 | 6.35 | 274 | 388 | 171.8 | 294.5 |
| 12" | 5/6 | 7.94 | 539 | 765 | 213.7 | 366.4 |
| 14" | 3/16 | 4.76 | 74 | 105 | 147.5 | 252.9 |
| 14" | 1/4 | 6.35 | 174 | 246 | 195.8 | 335.7 |
| 14" | 5/16 | 7.94 | 347 | 492 | 243.8 | 417.9 |

**3.1.4.1.4 Conexiones.**

La unión entre los tubos de revestimiento en los pozos de agua, se efectuará por soldadura, cada tubo estará provisto de un collar de instalación(del mismo acero del tubo) de 5 pulgadas de largo, contando con tres ventanillas de inspección. Para asegurar una adecuada alineación, los extremos de los tubos estarán cortados sobre el plano perpendicular al eje, con una tolerancia máxima de 0.01 de pulgadas, con relación al eje del tubo.

El proceso de instalación de tubos en el campo es el siguiente:

a) Se introduce el primer tubo en el pozo con el collar en el extremo de arriba.

b) Se introduce el extremo liso del segundo tubo en el collar del primero observando, a través de las ventanillas de inspección, que los extremos hayan hecho contacto en toda la circunferencia.

c) Se aplican puntos de soldadura a través de las ventanillas de inspección para fijar la posición de los tubos.

d) Se suelda el borde del collar a la pared del segundo tubo, en toda la circunferencia.

e) Se recomienda tapar completamente las ventanillas de inspección con soldadura para evitar filtraciones.

La tubería de acero mas apropiada para los diversos tipos de objetivos relacionados con la perforación de pozos es aquella que se fabrica de acuerdo con las especificaciones del American

Petroleum Institute. Por lo general se prefiere la tubería sin costura y soldada eléctricamente, a la de soldadura de tope.

En la construcción de pozos debe evitarse el uso de dos tipos de tuberías de acero. Uno de ellos es el que comúnmente se conoce como tubería estándar. Aunque ésta se obtiene soldada eléctricamente o sin costura, las roscas y el tipo de unión con que se fabrican son inferiores a las de la tubería de revestimiento. La tubería de revestimiento y otras de tipo especial cuestan un poco más que la tubería estándar, pero plenamente justifican su costo adicional. Los acoples son mucho más resistentes y sus extremos rebajados protegen las roscas expuestas de la tubería. Esto reduce la tendencia de la corrosión a carcomer la pared de la tubería en aquella posición que no se haya embebida completamente dentro de la unión.

La tubería de hincado o clavado es otro tipo que ha demostrado no ser adecuado para la perforación por percusión, aunque originalmente se diseñó para este propósito. Conforme la tubería se hinca, las roscas se aflojan ligeramente. Si la tubería se afloja, ésta no podrá ser apretada de nuevo, ya que sus extremos se hallan topados. Los acoplamientos de la tubería de revestimiento sí se pueden apretar fácilmente, puesto que sus extremos no topan y la conicidad o ahusado de las roscas es mayor.

### 3.1.5 Rejillas para pozos.

Una rejilla de pozo sirve como sección de captación de un pozo que toma el agua de un acuífero de material no consolidado, tal como la arena. La rejilla permite que el agua fluya libremente hacia el pozo desde la formación saturada, evitando que la arena penetre, y además actúa como un retenedor estructural que estabiliza el agujero dentro del material no consolidado.

Muchos tipos de rejillas para pozos que se fabrican de acuerdo con los estándares adoptados, se venden como productos comerciales. A menudo se ignoran las rejillas de pozo y las características ventajosas de su diseño.

Las características que serían de desear en una rejilla diseñada apropiadamente, son las siguientes:

1. Aberturas en forma de ranuras, que sean continuas e ininterrumpidas, alrededor de la circunferencia de la rejilla.
2. Poca separación de las ranuras abiertas, para proveer el máximo porcentaje de área de entrada.
3. Aberturas ranuradas en forma de V que se ensanchan hacia adentro.
4. Construcción a base de un solo metal, para evitar la corrosión galvánica.
5. Adaptabilidad a distintas condiciones, mediante el uso de diversos metales.
6. Máxima área abierta en correspondencia con una adecuada resistencia.

7. Amplia resistencia para soportar las fuerzas a que la rejilla deberá estar sometida durante y después de su instalación.
8. Una serie completa de accesorios y aditamentos para el extremo, que facilite su instalación y las labores de acabado del pozo.

**3.1.5.1 Longitud de la rejilla.**

La longitud óptima de rejilla debe escogerse con relación al espesor del acuífero, abatimiento disponibilidad y estratificación de la formación.

De acuerdo a los siguientes criterios, dados por la A.W.W.A., se escogen para los siguientes acuíferos:

a) Acuífero Artesiano Homogéneo: se colocará entre el 70% y 80% del espesor del acuífero, dependiendo del espesor del mismo. Si el acuífero tiene un espesor de menos de 8 mts., será suficiente con instalar rejilla en un 70% de su espesor. Si el espesor del acuífero está entre 8 y 15 mts., se pondrá rejilla en un 75% y si es mayor de 15 mts., en un 80%.
b) Acuífero Artesiano Heterogéneo: se colocará la rejilla en el estrato más permeable.
c) Acuífero Fréatico Homogéneo: se colocará la rejilla en la parte inferior del acuífero con una longitud que oscile entre un tercio y la mitad del espesor del acuífero.
d) Acuífero de Nivel Fréatico Heterogéneo: se colocará la rejilla en la parte más baja del estrato más permeable del acuífero.

### 3.1.5.2 Diámetro de la rejilla.

El diámetro de la rejilla se escoge con miras a cumplir con un principio básico y que consiste en que se debe proveer suficiente área de entrada para que la velocidad de acceso del agua al pozo no exceda de un cierto valor estipulado. El diámetro de la rejilla constituye un factor que podría variarse una vez que la longitud y el tamaño de las aberturas hayan sido escogidos. La longitud de la rejilla depende del espesor del estrato granular; el tamaño de las aberturas de las ranuras queda definido por la gradación de la arena. En gran medida son las características naturales del acuífero las que establecen estas dimensiones, dejando al diámetro como un factor que puede variarse.

Las pruebas de laboratorio y la experiencia de campo demuestran que si la velocidad de entrada del agua a través de la rejilla es de un valor igual o menor a 3 cms/s (para rejillas Johnson) y 7.5 cms/s (para rejillas Roscoe Moss), se obtendrán los siguientes resultados:

- Las pérdidas por fricción en las aberturas de la rejilla serán de un valor despreciable.
- La velocidad de incrustación será mínima
- La velocidad de corrosión será también mínima.

La velocidad de acceso se calcula dividiendo la descarga deseada o que se espera obtener, por el área total abierta de las ranuras de la rejilla. Si la cifra que se obtiene es mayor que 3 cm/s (para rejillas Johnson) o 7.5 cms (para rejillas Roscoe

Moss), se deberá aumentar el diámetro de la rejilla de modo que se provea suficiente área abierta y la velocidad se aproxime al valor indicado.

Por otra parte, si la velocidad así calculada resulta ser menor que el valor mencionado, sea por ejemplo 1.5 cm/s se podrá entonces reducir el diámetro de la rejilla en cierta proporción. Aquella rejilla que contenga una mayor área abierta, tiene gran ventaja en cuánto a su costo, al comparársela con diferentes tipos de rejilla que produzcan la misma velocidad de entrada. El diámetro de la rejilla deberá ser tan grande como se pueda, para así mantener el valor de la velocidad de entrada definitivamente por debajo del valor límite de 3 cm/s (para rejillas Jonson) o 7.5 cm/s (para rejillas Roscoe Moss).

Los postulados anteriores suponen que la bomba se colocará por sobre la rejilla, que es el caso usual y que las pérdidas de carga relacionadas con el flujo vertical ascendente del agua a través de la rejilla son pequeñas lo que por lo general también es cierto.

#### 3.1.5.3 Tipos de rejillas.

Existen diversos tipos de rejillas para pozos, los cuales se describe con mayor amplitud a continuación.

##### 3.1.5.3.1 Rejilla del tipo de Ranura Continua.

Se fabrica mediante el arrollado de alambre estirado en frío, de sección transversal aproximadamente triangular,

colocado espiralmente alrededor de un sistema circular de barras longitudinales. En cada punto en donde el alambre cruza las barras, ambos elementos se aseguran firmemente. El sistema más resistente para unir el alambre a las barras, es el de soldadura, la rejilla de pozo que se fabrica a base de soldadura, se convierte en una unidad rígida de una sola pieza.

Las rejillas soldadas se fabrican de Everdur, bronce rojo al silicio, acero inoxidable tipo 304 o tipo 326, acero monel, hierro galvanizado Armco y acero galvanizado de bajo contenido de carbono. También pueden usarse otros materiales altamente especializado, cuando se trata de aguas excesivamente corrosivas.

Otro método de fabricación de rejillas de ranura continua, consiste en introducir a presión el alambre externo dentro de escopladuras practicadas en las barras longitudinales. Lo anterior no constituye una tan resistente ni tan rígida como la de soldadura. Al escoplar las barras, se reduce la resistencia de estos miembros longitudinales.

Las aberturas, en el tipo de rejilla de ranura continua se obtienen separando como se desee los sucesivos anillos del alambre. Si se requiere aberturas de ranura de 0.020 pulgadas (0.508 mm), los alambres que forman la superficie de la rejilla, se separan a 0.020 pulgadas (0.508 mm) durante el proceso de fabricación. El ancho de las aberturas puede llevarse hasta tolerancias muy ajustadas mediante este proceso de fabricación con soldadura global. El proceso resulta también muy flexible,

tanto que el tamaño de las aberturas puede cambiarse a voluntad durante la fabricación. Una misma sección o tramo de rejilla puede fabricarse de uno, dos o más diferentes tamaños de abertura, si las condiciones geológicas exigen esta variación.

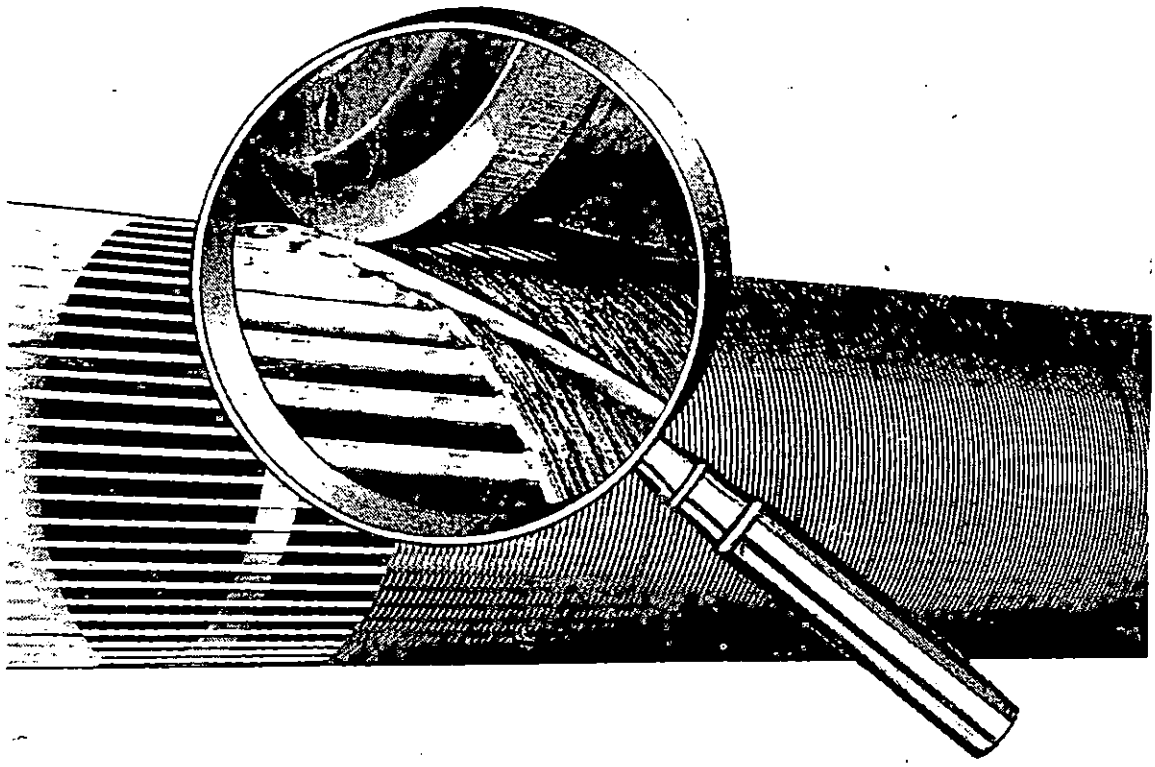


Fig. N° 3.1. Fabricación de la rejilla Johnson de ranura continua y soldadura global, para pozos. La rejilla puede fabricarse de cualquier metal o aleación que sea resistente a la soldadura.

Cada ranura abierta comprendida entre dos alambres, tiene forma de V, como resultado del perfil especial del alambre que se utiliza para formar la superficie de la rejilla. Las aberturas en forma de V, con bordes exteriores aguzados, son más angostas en su cara exterior y se ensanchan hacia adentro, se diseñan de tal manera, para que no se obstruyan. Cualquier grano de arena que pase por los aguzados labios de la abertura en V, fácilmente atraviesa la rejilla sin atascarse en ésta.

El tipo de aberturas de ranura continua le permite solamente dos puntos de contacto a cualquier grano de arena, de modo que las partículas individuales que sean retenidas por la rejilla no pueden obstruir las aberturas.

Las rejillas de aberturas de ranura continua brinda más área de captación por metro cuadrado que cualquier otro tipo. Para un tamaño dado de abertura ranurada, ésta rejilla ofrece el máximo porcentaje de área abierta.

Este tipo de rejillas se hallan disponibles en dos series de diámetro, que son:

*i. Rejillas de diámetro telescópico*

*ii. Rejillas de diámetro inferior*

*i. Rejillas de diámetro telescópico*

Este tipo de rejillas se coloca en el pozo deslizándolas a lo largo de la tubería de ademe de éste, con lo cual la rejilla queda colocada a la manera de los tubos de un telescopio, de donde recibe ésta designación. El diámetro de cada rejilla de este

modelo es justamente el necesario para permitir la introducción de la misma a través del ademe. Las rejillas de este tipo se designan por su diámetro nominal.

Así por ejemplo, una rejilla del tipo telescópico para un pozo de 10 centímetros de diámetro, tendrá a su vez un diámetro exterior de 9.5 centímetros, con el objeto de garantizar su deslizamiento.

El cuadro N° 3.4 ofrece las dimensiones y ciertos datos de la serie completa de diámetros en que se fabrican este tipo de rejillas de tamaño telescópico.

El hacer descender la rejilla hasta su sitio dentro del ademe del pozo, constituye el método más corriente de instalación, puesto que es el más seguro y eficiente.

**CUADRO N° 3.4**
**REJILLAS DE POZO JOHNSON - MODELO TELESCOPICO**
**DIMENSIONES EN PULGADAS**

| Diámetro Nominal | Diámetro Exterior Real | Luz Mínima Interior | Accesorios roscados correspondientes al tubo * | Diámetro de la tubería de izado** |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 2 3/4 | 2 | 2" M or F | |
| 4 | 3 3/4 | 3 | 3" M or F | 2 |
| 5 | 4 3/4 | 4 | 4" M or F | 2 ½ |
| 6 | 5 5/8 | 4 7/8 | 5" M or F | 3 |
| 8 | 7 ½ | 6 5/8 | 6" M or F | 4 or 5 |
| 10 | 9 ½ | 8 5/8 | 8" M or F | 5 or 6 |
| 12 | 11 1/4 | 10 3/8 | 10" M or F | 6 or 8 |
| 140D | 12 ½ | 11 3/8 | 12" M or F | 8 or 10 |
| 160D | 14 1/4 | 13 1/8 | 14" M or F | 8 or 10 |
| 180D | 16 1/4 | 15 | 16" M or F | 12 |
| 200D | 18 1/4 | 17 | | 12 |
| 240D | 22 5/8 | 21 1/4 | | 12 |
| 300D | 27 1/4 | 25 ½ | | 12 |
| 360D | 32 | 30 ½ | | 12 |

* Máximas conexiones roscadas de extremo de un diámetro exterior no mayor que la rejilla.
** Tamaño usual de la tubería para conectar a la zapata de izado.

La mayor parte de los fabricantes de rejillas suministran tablas que indican el área abierta por metro para cada tamaño de ésta y para diversos anchos de ranuras. El cuadro N° 3.5 es un ejemplo de lo anterior.

**CUADRO N° 3.5**

**AREAS ABIERTAS DE REJILLAS JOHNSON DEL TIPO TELESCOPICO**

| Diámetro de la Rejilla en Pulgadas | Área de Captación por Pie Lineal de Rejilla en Pulgadas cuadradas | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Abertura N° 10 | Abertura N° 20 | Abertura N° 40 | Abertura N° 60 | Abertura N° 80 | Abertura N° 100 | Abertura N° 150 |
| 3" | 10 | 19 | 32 | 42 | 43 | 55 | 65 |
| 4" | 14 | 26 | 44 | 57 | 58 | 74 | 88 |
| 5" | 18 | 33 | 55 | 72 | 73 | 94 | 112 |
| 6" | 21 | 39 | 65 | 85 | 87 | 111 | 132 |
| 8" | 28 | 51 | 87 | 113 | 116 | 131 | 160 |
| 10" | 36 | 65 | 110 | 143 | 147 | 166 | 203 |
| 12" | 42 | 77 | 130 | 170 | 174 | 180 | 223 |
| 14" OD | 38 | 71 | 123 | 163 | 177 | 198 | 251 |
| 15" OD | 39 | 76 | 132 | 175 | 190 | 217 | 268 |
| 16" OD | 35 | 69 | 123 | 164 | 171 | 198 | 250 |
| 18" OD | 39 | 78 | 139 | 186 | 193 | 224 | 283 |
| 20" OD | 47 | 88 | 156 | 209 | 218 | 252 | 318 |
| 24" OD | 46 | 87 | 158 | 217 | 266 | 307 | 389 |
| 26" OD | 49 | 91 | 166 | 227 | 278 | 321 | 406 |
| 30" OD | 57 | 108 | 192 | 268 | 239 | 379 | 480 |
| 36" OD | 65 | 124 | 224 | 307 | 376 | 434 | 550 |

Nota: Cada rejilla se designa por el tamaño de la tubería de acero a través de la cual deberá insertarse por el método telescópico. El número de ranura denota el ancho de la abertura en milésimas de pulgada. En algunos casos especiales, las áreas abiertas podrían diferir un poco de los valores mostrados. Un pie lineal = 0.305 m. Una pulgada = 2.54 cm. Una pulgada cuadrada = 6.45 $cm^2$ . OD = diámetro exterior.

*ii. Rejilla de Diámetro Interior.*

La serie fabricada al tamaño de la tubería o serie ID suministra rejillas que son del mismo diámetro interior de la

correspondiente tubería de ademe de tamaño estándar. Estas rejillas se utilizan en aquellos casos en que el diseño del pozo requiere que ésta vaya unida directamente al ademe del pozo y cuando se desee mantener un diámetro constante en toda la profundidad del mismo. Estas rejillas se suministran generalmente con anillos para soldar en cada extremo y de este modo pueden soldarse fácilmente al tamaño correspondiente del tubo.

El cuadro N° 3.6 muestra las dimensiones y otros detalles de la serie ID de rejillas para pozo.

**CUADRO N° 3.6**

**REJILLAS DE POZO JOHNSON - MODELO DE DIAMETRO INTERIOR**

**DIMENSIONES EN PULGADAS**

| Diámetro Nominal | Diámetro Interior | Diámetro Exterior | Diámetro Exterior del extremo con rosca interna ( hembra) * | Accesorios normales para conexiones de extremo roscado |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 2 | 2 5/8 | 2 ¾ | 2" M or F |
| 3 | 3 | 3 3/4 | 3 ¾ | 3" M or F |
| 4 | 4 | 4 3/4 | 4 ¾ | 4" M or F |
| 5 | 5 | 5 5/8 | 5 ¾ | 5" M or F |
| 6 | 6 | 6 5/8 | 7 - 3/16 | 6" M or F |
| 8 | 8 | 8 3/4 | 9 1/8 | 8" M or F |
| 10 | 10 | 10 3/4 | 11 - 3/16 | 10" M or F |
| 12 | 12 | 12 7/8 | 13 ½ | 12" M or F |
| 14 | 13 3/8 | 14 1/4 | | |
| 16 | 15 3/8 | 16 1/4 | | |
| 20 | 19 1/4 | 20 | | |
| 24 | 23 5/8 | 24 ½ | | |
| 30 | 29 ½ | 30 ½ | | |

* Dimensiones correspondientes a rejillas de acero inoxidable y Everdur, los accesorios roscados hembra para rejillas de hierro Armco y acero galvanizado, son ligeramente más grandes.

**3.1.5.3.2 Rejillas del tipo de Celosía.**

Este tipo de rejillas para pozo, contiene aberturas que en realidad forman hileras de celosías. Las aberturas pueden estar orientadas tanto a ángulo recto, como paralelamente al eje de la rejilla. Estas se practican en la pared de un tubo soldado mediante una operación de troquelado. El tamaño de la ranura o el ancho de la abertura, se establecen mediante la acción de un sacabocados que actúan contra un troquel, el cual limita la extensión hasta la cual el metal es estirado. El número de tamaños de abertura que se pueden hacer, depende de la serie de troqueles de que disponga el fabricante.

La forma de las aberturas tipo celosía es tal que ésta rejilla no se puede usar con éxito en pozos desarrollados naturalmente.

Las aberturas se bloquean durante el proceso de desarrollo, si el material del acuífero contiene una apreciable cantidad de arena. Por lo tanto, el uso de este tipo de rejilla queda limitado casi por completo a los pozos construidos con filtro de grava.

Debido a los apreciables espacios ciegos que quedan entre las aberturas contiguas el porcentaje de área abierta de estas rejillas es reducido, por lo general, se fabrican en tramos de 1.50 mts. de longitud, los cuales se pueden unir por soldadura para construir secciones más largas. Solamente en casos especiales, se suministran conexiones roscadas para el extremo.

Las rejillas de tipo de Celosía son hechas de varios

materiales, incluyendo el acero templado, el acero inoxidable y el bronce Everdur.

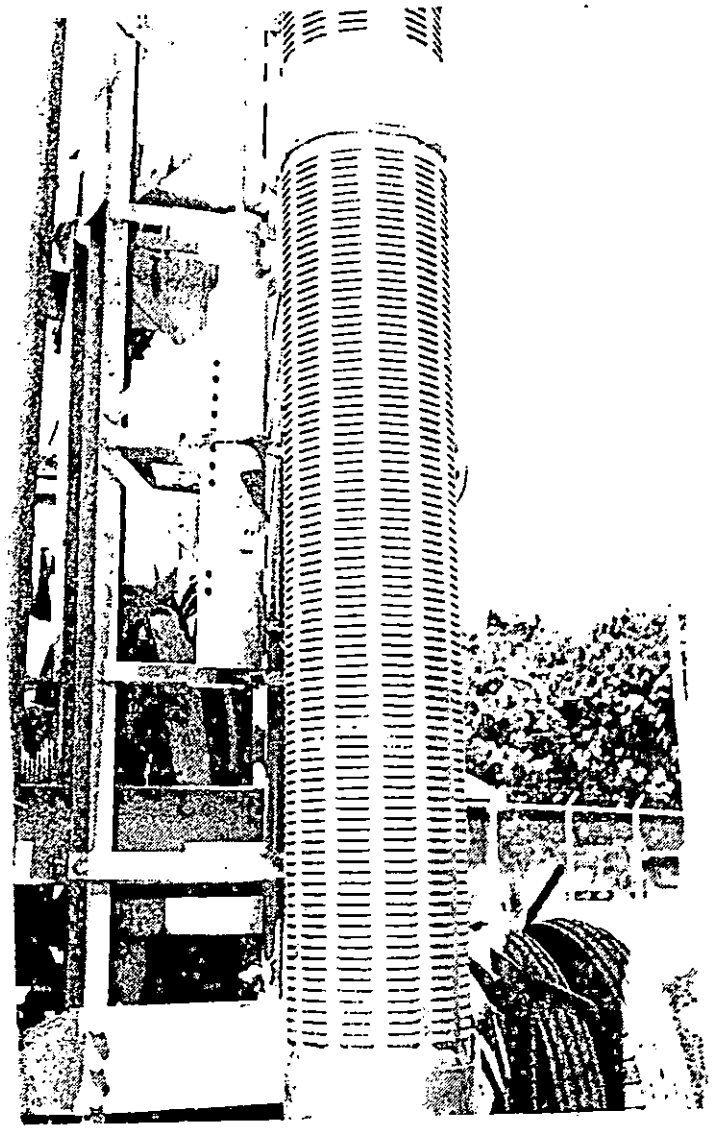


Fig. N° 3.2. Esta figura muestra una rejilla de tipo Celosía, se fabrica por lo general en tramos de 1.5 m. Su aplicación se restringe solamente a pozos dotados de filtro de grava.

**3.1.5.3.3 Tubería de Acero Ranurada.**

La tubería que contiene ranuras producidas por cualquier medio, se usa como un sustituto improvisado de una rejilla de pozo. Las ranuras pueden consistir en ranuras cortadas con una sierra, ranuras producidas por un soplete de oxiacetileno, ranuras formadas mediante un punzón y un troquel.

Las limitaciones más importantes de la tubería perforada son las siguientes:

1. Las aberturas no son lo suficientemente próximas.
2. El porcentaje de área abierta es bajo.
3. Las aberturas son inexactas y varían de tamaño.
4. Las aberturas suficientemente pequeñas, que a veces se necesitan para controlar el paso de arena fina y medio, resultan difíciles, si no imposible, de obtener.

Desde luego, la tubería ranurada no es resistente a la corrosión y la mayor parte de los procedimientos que se emplean para perforar el tubo aceleran el ataque corrosivo sobre el metal, cuando el agua es agresiva, los bordes mellados y las superficies de las ranuras son susceptibles de una corrosión selectiva.

Los ensayos han demostrado la mayor eficiencia de las rejillas comerciales de pozos, al compararlas con la tubería ranurada.

Fig. N° 3.3. Aquí se muetra una tubería ranurada con soplete de llama. En este tipo de rejilla el porcentaje de área abierta es bajo y el ancho de la ranura es muy grande.

**3.1.5.3.4 Tubería Ranurada de P.V.C**

El tubo plástico ranurado también se usa en algunas partes como un sustituto de la rejilla de pozos. El uso del plástico se limita a pozos de pequeños diámetros. Debido a la baja resistencia del material, la resistencia de la tubería de material plástico es de un sexto a un décimo de la que corresponde a las rejillas de acero inoxidable o bronce Everdur.

Otro problema que se relaciona con la poca resistencia del tubo plástico, es el de la dificultad de obtener accesorios adecuados para sus extremos. Los accesorios de que normalmente se dispone para la tubería plástica no permiten manipular el material por los métodos y con las herramientas convencionales que se emplean en la mayoría de las operaciones de perforación de pozos.

La Tubería plástica ranurada ofrece muy bajo porcentaje de área abierta, estando sujeta, en este aspecto, a las mismas limitaciones de la tubería ranurada de acero.

**3.1.6 Nivel Estático.**

Este es el nivel a que el agua permanece dentro de un pozo cuando no se está extrayendo agua del acuífero por bombeo o por descarga libre. Generalmente se expresa como la distancia desde la superficie del terreno (o desde algún punto de referencia cercano a éste) hasta el nivel del agua en el pozo. En el caso de un pozo surgente, el nivel estático se halla por encima de la superficie. Este se puede medir una vez que se

impida la salida del flujo natural. El nivel estático en estos casos se denomina algunas veces Carga de Cierre.

Cuando se dice que el nivel estático se halla a 15 mts., esto quiere decir que el agua descansa a 15 mts., por debajo del punto de medición y sin existir bombeo. Si decimos que un pozo tiene una carga de cierre de 3 mts., en la superficie, ello implica que la presión artesiana en el pozo es tal que el agua subiría hasta 3 mts., por encima del punto de referencia y dentro de un tubo que se extendiera por sobre ese punto.

### 3.1.7 Nivel Dinámico o de Bombeo.

Este es el nivel a que se encuentra el agua dentro del pozo, conforme avanza el bombeo. En el caso de los pozos surgentes, es el nivel con el cual el agua fluye desde el pozo. El nivel de bombeo también se denomina "nivel dinámico". Aunque menos empleado, nivel dinámico del agua es la más descriptiva de las dos definiciones.

Los términos del nivel estático, nivel dinámico, abatimiento y abatimiento residual, se aplican de igual manera tanto a las mediciones tomadas en el propio pozo de bombeo, como también en pozos vecinos utilizados como pozos de observación.

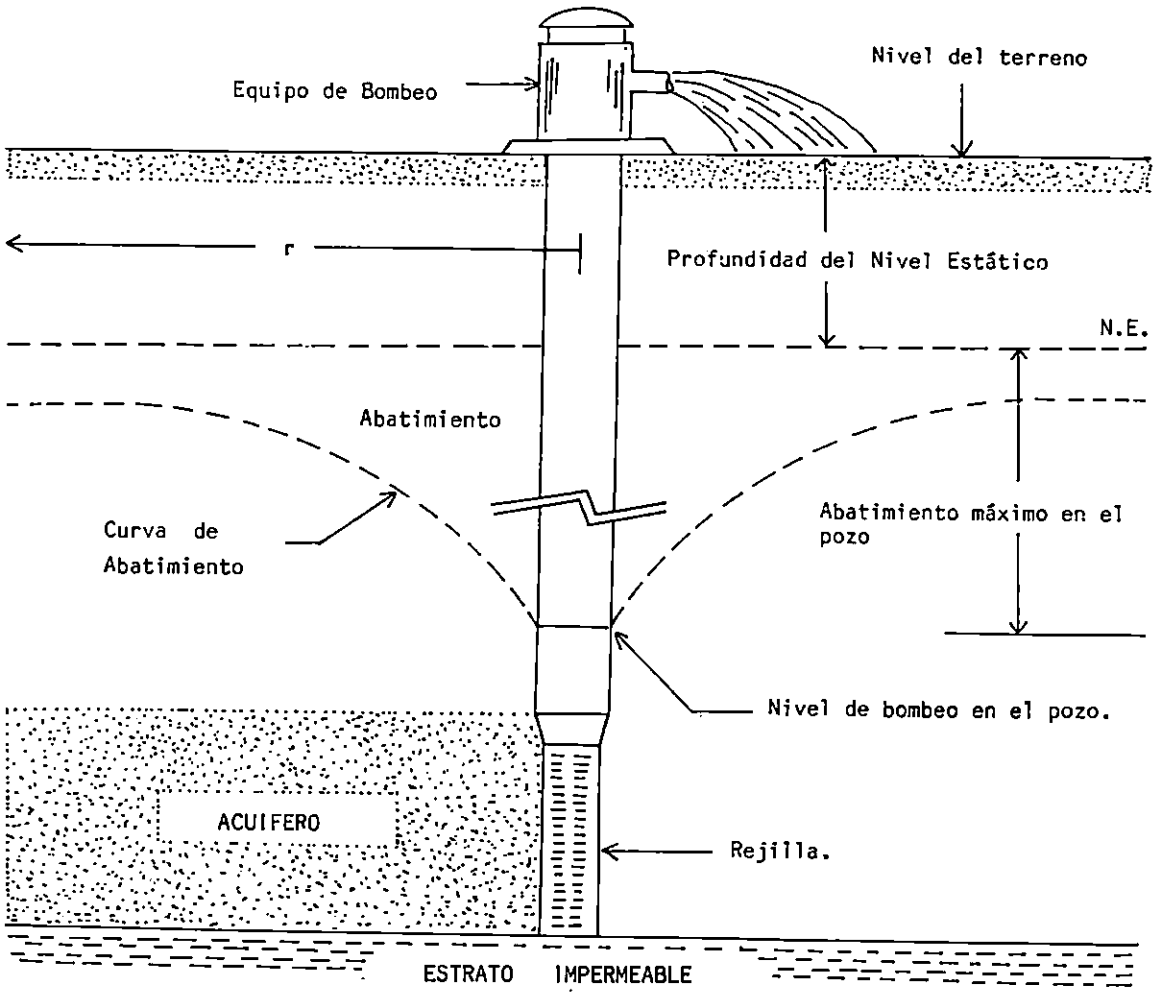



Fig. N° 3.4. Medidas relativas al comportamiento de los pozos, y a pruebas de bombeo de acuíferos y pozos.

### 3.1.8 Abatimiento Máximo.

El abatimiento en un pozo significa el descenso que experimenta el nivel del agua cuando se está bombeando o cuando el pozo fluye naturalmente. El abatimiento es la diferencia, medida en metros, entre el nivel estático y el nivel dinámico. Este representa la carga, en metros de agua, que produce el flujo desde el acuífero hacia el pozo y al caudal que se está extrayendo.

El abatimiento es menor a mayores distancias desde el pozo, y existe un punto a cierta distancia de éste, en que el abatimiento es casi imperceptible. Esta distancia es variable para diferentes pozos; también es variable para el mismo pozo, ya que depende del caudal de bombeo y del tiempo que se bombee.

El nivel del agua en el pozo de bombeo es más bajo que en cualquier otro lugar de la formación que rodea a éste, de manera que el agua se desplaza desde la formación hacia el pozo, tratando de reponer el volumen extraído por la bomba. La fuerza o presión que impulsa el agua hacia el pozo, es la carga representada por la diferencia de niveles de agua dentro del pozo y en otro punto cualquiera fuera de aquel.

## 3.2 CONCEPTOS BASICOS SOBRE EQUIPOS DE BOMBEO.

Una vez que el pozo ha sido terminado, deberá instalarse un equipo de bombeo para elevar el agua y llevarla hasta el punto en que se necesita. Una bomba no desarrolla ninguna energía propia, simplemente transfiere la fuerza de una fuente de energía, para poner en movimiento un líquido. Por ejemplo, un motor eléctrico puede imprimir energía a una bomba para poder extraer y servir el agua, ya sea por conducción directa o por almacenamiento.

### 3.2.1Tipos de bombas.

Para la extracción de agua de pozos profundos generalmente se utilizan tres tipos de bombas: Bombas Centrífugas de Eje Vertical, Bombas Tipo Sumergibles y Bombas Centrífugas de Eje Horizontal.

#### 3.2.1.1 Bombas Centrífugas de Eje Vertical.

Estas bombas son las que comúnmente se utilizan en nuestro medio para la extracción de agua de pozos profundos, aunque también se utiliza para sistemas de rebombeo en cisternas. Pueden ser lubricadas por agua y por aceite.

- Bombas Lubricadas por Agua:

Al inicio del funcionamiento del equipo los portacojinetes o chumaceras, que están ubicadas por encima del nivel estático se encuentran secos; por lo que es necesario una pre-lubricación,

lo que se conoce comúnmente como ceba del equipo, requiriéndose que el agua que se encuentra en el tanque o barril de ceba esté libre de sedimentos abrasivos o que causen depósitos que impidan una buena lubricación.

- Bombas Lubricadas por Aceite:

La lubricación por aceite se recomienda específicamente cuando se bombean líquidos cuya temperatura es mayor de 80° C. Estas bombas tienen un depósito de aceite, el cual se hace funcionar al operar el equipo, permitiéndose el flujo de éste, accionando en forma manual la válvula.

Los elementos que componen un equipo de eje vertical son:

- *Motor Eléctrico:*

Es aquel que acciona la bomba a través de los ejes, transmitiendo la potencia que ésta requiere para elevar un determinado caudal.

- *Cabezal de Descarga:*

Este debe tener la resistencia estructural necesaria para soportar el peso de la bomba completa y el peso del motor eléctrico. Aloja un codo que permite cambiar la dirección del flujo vertical a horizontal, recibe también las conexiones de la pre-lubricación.

- *Pieza de Estopera:*

Esta pieza se encuentra instalada en el cabezal de descarga, sirve para evitar el escape del líquido que se está bombeando, para lograr esto es necesario sellar el área de contacto de la flecha o eje, lo cual se consigue por medio de

empaques bien ajustados.

- *Ejes o Flechas:*

Los ejes de rotación sirven para transferir la energía del motor hacia los impulsores de la bomba y poder así extraer el agua de un pozo profundo, cisterna, etc. Estos se fabrican en longitudes de 5 a 10 pies, que son las longitudes de la tubería de succión que comúnmente la ANDA utiliza; el diámetro varía de ø3/4" a ø2 5/16" y ø3 3/16" a ø3 15/16" para longitudes de 5 y 10 pies respectivamente. Para velocidades de rotación menores de 2200 RPM se utilizan flechas de 10 pies y para mayores se utilizan longitudes de 5 pies .

- *Portacojinetes o Chumaceras:*

Su función consiste en estabilizar los ejes o flechas dentro de la tubería de succión del equipo. El material de su fabricación es de bronce, contienen un empaque de neoprene; existen del tipo roscado y del tipo liso, los cuales son fabricados en diferentes medidas.

- *Tubería de Succión:*

Normalmente las longitudes en que se fabrican son de 5 y 10 pies, con diámetros de ø3" a ø12" o más.

La tubería se acopla (roscada) a la caja de salida de la turbina y así sucesivamente tubo con tubo, hasta llegar al cabezal de descarga.

- *Turbina o Bomba de Eje Vertical:*

Es el dispositivo que transforma la energía mecánica en

energía hidráulica, por medio del cambio en la cantidad de movimiento, producido por una serie de álabes o impulsores móviles en una corriente de líquido. El eje de la turbina es de acero inoxidable, los impulsores de bronce y los tazones de hierro fundido, estos últimos son, los que albergan los impulsores internamente para que éstos conduzcan el agua hasta la superficie.

**3.2.1.2 Bombas de Tipo Sumergible.**

Esta consiste de una bomba centrífuga acoplada en forma ajustada a un motor que puede funcionar sumergido en el agua. El motor se halla situado, por lo general, por debajo de la toma de la bomba.

Su mayor uso se debe en la actualidad al perfeccionamiento de los motores, cables eléctricos y sellos herméticos impermeables que se pueden usar dentro del agua. La ventaja primordial de las bombas sumergibles es la eliminación del largo eje impulsor y sus dispositivos de guías que se necesitan en las bombas convencionales de eje vertical. Estas bombas, a su vez, resultan menos afectadas por las desviaciones que pudieran existir en el alineamiento del pozo

Otra ventaja que se presenta con este tipo de bombas es que son relativamente económicas, con relación a las turbinas de eje vertical, además su montaje y desmontaje es más rápido y menos complicado.

La turbina de succión generalmente es galvanizada, con

rosca cónica y mide 20 pies de longitud, los diámetros varían desde ø2½ a ø6". Lo más delicado y costoso es el cable trilíneo, por lo que debe tenerse gran cuidado cuando se monta y desmonta el equipo, para no dañarlo, en especial el tramo de cable que va sumergido en el agua; generalmente siempre se instala una válvula check a la salida de la bomba, para mantener la columna cargada de agua.

### 3.2.1.3 Bombas Centrífugas de Eje Horizontal.

Este tipo de bomba, al igual que las de eje vertical tienen un motor que transfiere la energía a la bomba, pueden ser ubicadas sobre bases de concreto, losa de cisterna, etc, la velocidad de rotación de los motores más empleados son de 3500 RPM.

Estas bombas pueden ser directamente acopladas al motor o por medio de acoples flexibles y generalmente se utilizan en sistemas de rebombeo. Los elementos que constituyen este tipo de bombas son:

- *Carcasa o Cámara de Impulsor:*

En este tipo de bombas es necesario asegurarse que la carcasa y tubería de succión se encuentren completamente llenas de agua antes que comience a funcionar la bomba. Para este propósito se coloca una válvula check en el pie de la tubería de succión. Generalmente las carcasas tienen la brida de succión de tamaño más grande que la brida de descarga.

- *Impulsores:*

Estos al igual que en las bombas de eje vertical, su función es extraer el agua de un punto dado. Por su construcción los impulsores se pueden clasificar en:

a) Impulsores Cerrados

b) Impulsores Semi-cerrados o Semi-abiertos

c) Impulsores Abiertos

La conexión del impulsor con la flecha, es efectuada mediante tornillo y/o mediante una cuña de acero al carbón.

El material empleado en su fabricación es de hierro fundido, bronce, acero y material plástico; sus tamaños varían entre ø3" y ø14" de diámetro. Según el número de impulsores acoplados al eje de rotación, las bombas pueden ser:

a) Bombas de una etapa

b) Bombas de etapas múltiples

- *Ejes o Flechas:*

Estos, al igual que en las bombas de eje vertical, sirven para transferir la energía del motor hacia el o los impulsores de la bomba.

Por lo general, el eje atraviesa cojinetes, sellos, etc. Es por ésta razón que se protege con un recubrimiento de acero inoxidable o bronce, evitando su rápido desgaste.

- *Cojinetes:*

La función de los cojinetes en las bombas centrífugas, es mantener el eje de rotación en correcto alineamiento con las partes estacionarias de la bomba, bajo la acción de cargas

axiales y radiales.

- *Sellos Mecánicos:*

Su función es impedir la fuga de agua entre la flecha y la carcasa.

- *Granada y Válvula de Pie:*

Las granadas o coladores, como comúnmente se conocen; se conectan en la parte baja de la tubería de succión, con el fin de impedir el paso de partículas gruesas que puedan dañar el equipo de bombeo.

La función principal de la válvula de pie o check vertical es mantener la tubería de succión llena de agua.

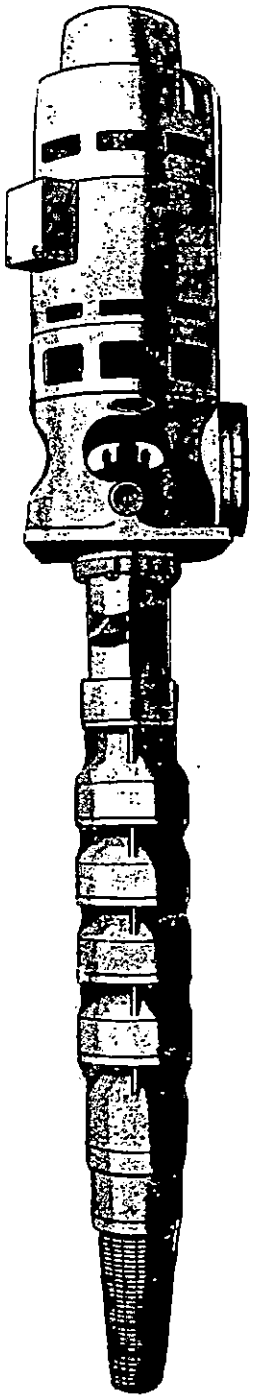


Fig. N° 3.5. Esta figura muestra una bomba centrífuga de eje vertical, comúnmente utilizada en la extracción de agua de pozos prfundos.

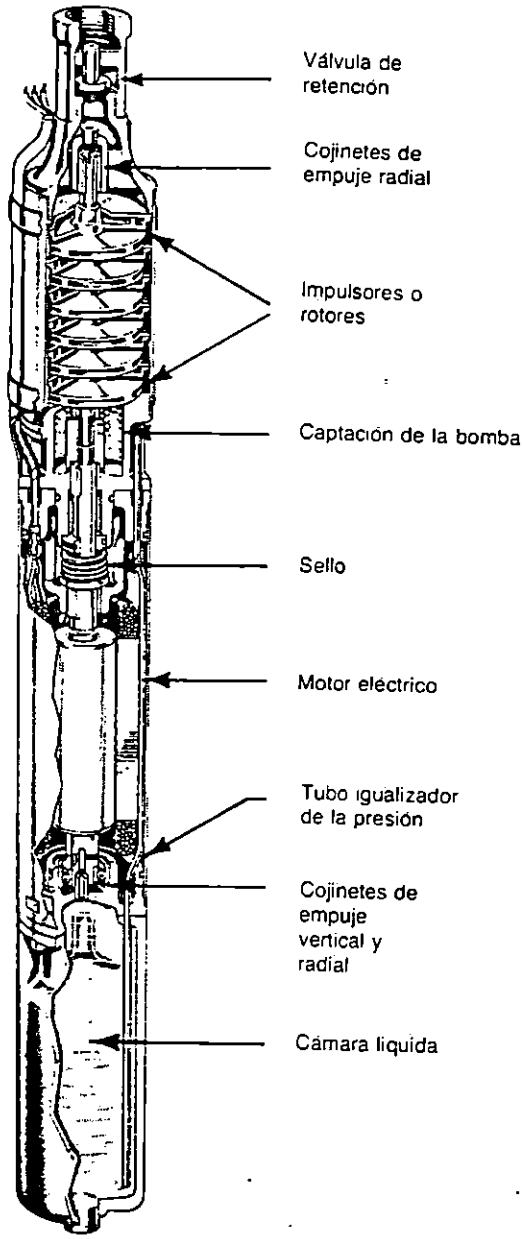



Fig. N° 3.6. Esta figura muestra una bomba centrífuga de tipo sumergible, mostrando los elementos que la componen.

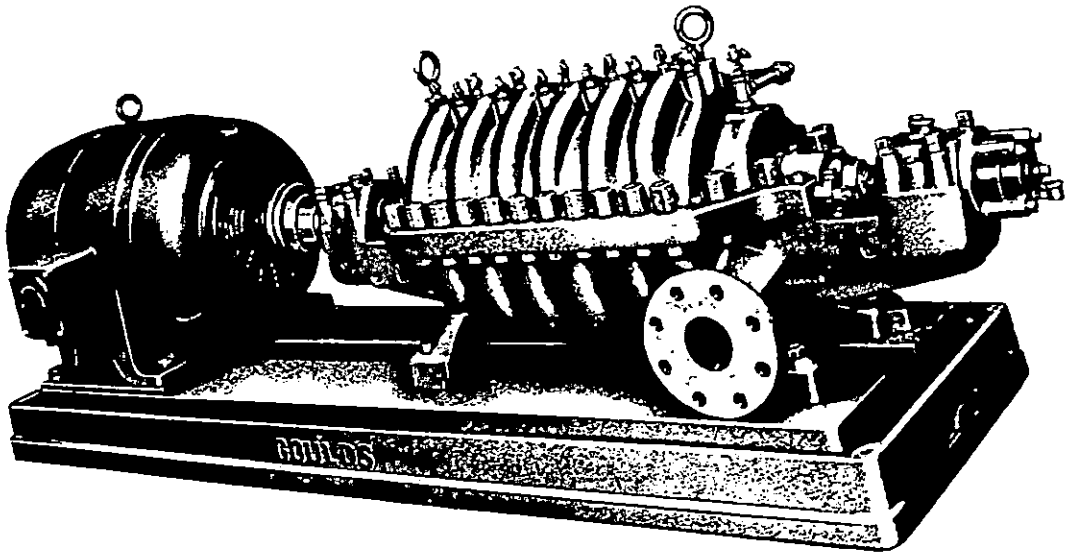



Fig.N° 3.7. Esta figura muestra una bomba centrífuga de eje horizontal, de etapas múltiples.

### 3.2.2 Potencia.

Para suministrar un caudal de agua (Q), la bomba, instalada en un pozo, debe proporcionar la carga necesaria para mantener el flujo entre la fuente y la bomba, y entre ésta y el punto de suministro. La carga puede considerarse como la altura a la que debería elevarse la fuente para mantener el flujo sin una bomba.

Esta carga comprende:

1) La elevación estática.
2) La carga de velocidad generada por la bomba.
3) la diferencia entre las cargas de presión inicial y terminal (si hay alguna).
4) Pérdidas por fricción y otras pérdidas en los sistemas de tuberías de succión y de descarga.

La potencia de una bomba puede obtenerse multiplicando el peso del agua descargada en la unidad de tiempo y la carga total desarrollada por la bomba, o sea:

$$P = Q \times W \times H \qquad \text{( Ec. 3.1 )}$$

Considerando que la bomba no trabaja a un 100% de su capacidad, se tiene:

$$P = (Q \times W \times H)/(76 \times e) \qquad \text{( Ec. 3.2 )}$$

Donde:

P: Es la potencia (HP)

Q: Caudal de descarga ($m^3/s$)

W: Peso específico del agua ($Kg/m^3$)

H: Carga total desarrollada por la bomba (m)

e: Eficiencia

### 3.2.3 Energía del motor.

Las bombas son accionadas mediante aparatos llamados motores, que desarrollan el trabajo necesario según la fuerza exigida por la operación.

Los motores se clasifican en dos grandes grupos: motores de combustión interna y motores eléctricos.

#### 3.2.3.1 Motores de Combustión Interna.

En éstos, la potencia es desarrollada al quemar el combustible dentro de los cilindros del motor, existen de gasolina, diesel, etc.

El tipo de gasolina se enciende con una chispa eléctrica que salta en la cabeza del cilindro, inflamando la mezcla de aire y combustible en el momento propicio, requiriendo por tanto, un regulador de encendido.

En el tipo de diesel se comprime el aire introducido, a unas 500 libras por pulgadas cuadrada, calentando así el aire a unos 500° F. En ese momento se inyecta el combustible, que se quema debido a esa alta temperatura. En los de diesel no se requiere ni carburador ni sistema de encendido, pero el combustible debe ser inyectado en el cilindro.

Los motores diesel deben ser escogidos de acuerdo con el

tipo de aceite y combustible de la localidad.

Pueden usar una gran variedad de combustibles líquidos o gaseosos. Por otra parte, son más costosos que los eléctricos y de gasolina, su operación es más complicada. Requiere, en general una fuente exterior de energía para comprimir el aire a la temperatura de encendido en el cilindro, para lo cual generalmente se utilizan acumuladores o recipientes de aire comprimido. Tienen, por otro lado, buen margen en la regulación de su velocidad, usan menos combustible y son ideales para servicios pesados y continuos.

Los motores de gasolina pueden operar a mayores velocidades y su lubricación es obtenida mas fácilmente, debido a las temperaturas menores a que trabajan. Su economía y eficiencia son mayores. De menor peso por caballo de fuerza, de más fácil operación y su costo inicial también es menor.

**3.2.3.2 Motores Eléctricos.**

Estos motores utilizan la corriente eléctrica como fuente exterior de energía. Son de menos costo comparado con los antes mencionados. Son de más sencilla construcción, fáciles de utilizar para mover las bombas centrífugas, y su costo de mantenimiento es prácticamente despreciable.

En plantas pequeñas y medianas desplaza en forma determinante a los otros tipos, cuando existe, naturalmente, fuerza eléctrica disponible.

En general, los motores eléctricos más económicos son los

trifásicos de 60 ciclos, con corriente alterna; pero las circunstancias obligan a veces a escogerlo apartándose de esas recomendaciones debido al tipo de corriente utilizable en el lugar. El voltaje más frecuentemente utilizado, sobre todo en pequeñas plantas, es de 220 voltios. Si el voltaje es alto, por ejemplo 2300 voltios, podría pensarse en utilizar los motores correspondientes, para evitar el uso de transformadores; sin embargo, es necesario en estos casos efectuar gastos adicionales por razones de seguridad.

En la selección de motores eléctricos se recomienda considerar su utilización con vista a las condiciones locales y a la economía impuesta por la magnitud de la energía necesaria para los equipos.

En ocasiones es aconsejable utilizar motores de velocidad variable, ya que se obtiene flexibilidad en la operación con economía de energía. Dependiendo del tipo de bomba utilizada, debe también tomarse en cuenta la conveniencia de utilizar motores de alta capacidad de torsión.

Los motores eléctricos se seleccionan, por último, en razón de la potencia que necesite suministrar, y de acuerdo con el lugar donde ha de ser instalado (expuesto al medio o bien encerrado). Los interruptores, para protección de los motores, son incluidos entre los equipos adicionales, así como los transformadores, paneles de control, etc.

### 3.2.4 Eficiencia del equipo "η" (motor - bomba).

Podemos establecer que la eficiencia de un equipo de bombeo es la relación que existe entre la potencia requerida para elevar el agua (potencia hidráulica) y la potencia o energía consumida por el motor. En forma matemática, tenemos:

$$\eta = (Q \times H) / (5200 \times Kw) \qquad \text{( Ec.3.3 )}$$

Donde:

Q: Caudal (GPM)

H: Carga dinámica total (pies)

Kw: Potencia eléctrica consumida

#### 3.2.4.1 Comportamiento esperado de la eficiencia a través del tiempo.

Sabiendo que la eficiencia de todo equipo es determinada por las pérdidas, podemos establecer que todo equipo está sujeto a incrementar las pérdidas, debido al desgaste, incrustaciones, etc. Para formar una clara visión de cómo varía la eficiencia de un equipo de bombeo a través del tiempo, se considera necesario, mencionar como van perdiendo eficiencia los elementos que componen un equipo de bombeo.

En la bomba, frecuentemente se van obstruyendo la carcasa o tazón y los impulsores, por incrustaciones, dependiendo mucho de la dureza del agua, lo cual hará que ésta pierda eficiencia. Posteriormente provienen los desgastes en los

impulsores y la carcasa, los cuales pueden ser originados por el arrastre de sólidos; generalmente ocurre cuando se está desarrollando una captación o un pozo. Es frecuente que en los equipos de bombeo, las condiciones iniciales de carga y caudal varíen con el tiempo y esto conlleva a un cambio en su eficiencia.

**3.2.4.2 Importancia de una Eficiencia y su incidencia en el aspecto económico.**

En el inciso anterior se expuso los posibles deterioros que ocasionan las pérdidas de eficiencia en los equipos de bombeo; un punto importante es saber porqué debemos tener una buena eficiencia; precisamente porque al tener una eficiencia baja, se produce una disminución de caudal llegando al grado de no cumplir con el objetivo para el cual fue diseñado originalmente. Es muy frecuente que estos fallen, sin darle importancia debida a los costos ocasionados por una mala eficiencia.

Para alcanzar el mayor tiempo posible de operación de los equipos con el menor costo posible en la producción, es necesario hacer uso del mantenimiento preventivo, en las plantas de bombeo.

# CAPITULO IV

# SITUACION ACTUAL, DIAGNOSTICO Y ALTERNATIVAS DE SOLUCION DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION Y CAPTACION EN LAS ESTACIONES DE BOMBEO.

El presente capítulo contiene información sobre la situación actual de cada uno de los elementos que componen a las distintas Estaciones de Bombeo en estudio.

Inicialmente se realiza una descripción general de la estación en sí; lo que incluye datos sobre: la ubicación, elementos que la conforman, características de diseño del pozo, etc. Luego se expone el estado de la caseta de control y sus componentes.

Se hace reseña a lo que son los paneles de control; así como a la subestación eléctrica, y luego se hace un análisis de la situación en la que se encuentran tanto los equipos de bombeo como los pozos mismos pertenecientes a cada Estación de Bombeo; éstos últimos incluyen un estudio de la perforación, tubería de revestimiento y rejilla, a través de una cámara de video, introduciéndola a todos los pozos en estudio. Para finalizar se presentan los exámenes físico-químicos y bacteriológicos del agua para cada uno de los pozos. Después de analizar toda esta información se efectuará un diagnóstico y alternativa de solución para aquellas estaciones que sea posible.

## 4.1 ESTACION DE BOMBEO "LAS MARGARITAS N° 2".

### 4.1.1 Situación actual.

Esta Estación de Bombeo se encuentra situada en la Colonia Las Margaritas N° 2, Calle "A" Poniente, Soyapango. Dicha Estación de Bombeo cuenta con: caseta de control, subestación eléctrica, tuberías, accesorios en general y su respectivo pozo(ver fig. N°4.1.a). El agua extraída alimentaba directamente a una cisterna y luego por rebombeo a la red que abastece a la colonia Las Margaritas N° 2.

Este pozo comenzó a operar en el año de 1987, año en que fue perforado y quedó fuera de operación a partir del año 1996; por daños en la tubería y motor eléctrico sumergible; por lo que actualmente dicha colonia, es abastecida por el Sistema Río Lempa.

Las características del pozo que se operaba en esta planta, según datos de la Compañía Perforadora (COMFISA, Comercial Financiera S.A. de C.V.), son las siguientes:

Profundidad total..... 190.5 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 12"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 115.8 m

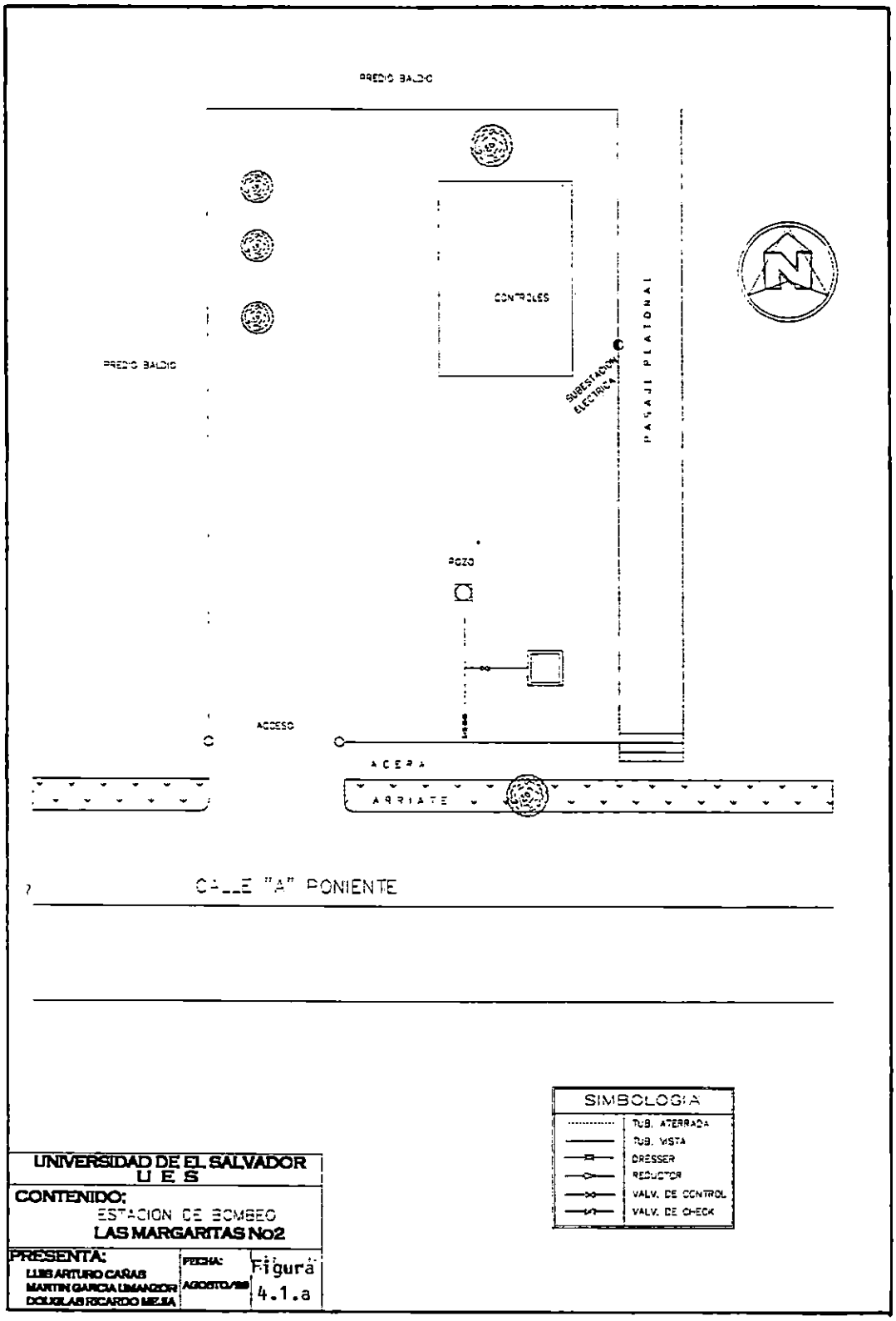
Longitudde la rejilla..... 74.6 m

Tipo de rejilla..... Persiana

Abertura de ranura de la rejilla..... 1/8"

Profundidad del nivel estático..... 43.5 m

Para mayores detalles ver fig. N° 4.1.e.


PREDIO BALDIO
CONTROLES
PREDIO BALDIO
SUBESTACION ELECTRICA
PASAJE PEATONAL
POZO
ACCESO
ACERA
ARRIATE
CALLE "A" PONIENTE
SIMBOLOGIA
TUB. ATERRADA
TUB. VISTA
DRESSER
REDUCTOR
VALV. DE CONTROL
VALV. DE CHECK
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
U E S
CONTENIDO:
ESTACION DE BOMBEO
LAS MARGARITAS No2
PRESENTA:
LUIS ARTURO CAÑAS
MARTIN GARCIA LIMANZOR
DOUGLAS RICARDO MEJIA
FECHA:
AGOSTO/99
Figura
4.1.a

#### 4.1.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.

##### 4.1.1.1.1 Caseta de control.

Actualmente esta caseta se encuentra habitada por la persona que en su momento fue operador de la planta.

A continuación se presenta una descripción del estado de los componentes de la caseta de control.

- Paredes interiores y exteriores presentan una condición estructural aceptable, en cuánto a la pintura puede decirse que se encuentra en muy mal estado (ver fig. N° 4.1.b).
- El techo está compuesto de duralita, el cual no presenta ningún daño.
- El piso está constituido de ladrillo de cemento, sin presentar fracturas por asentamiento, unidades sueltas, etc.
- Las instalaciones eléctricas pertenecientes a la caseta de control contienen todos sus elementos en una situación aceptable.
- Las ventanas tienen una defensa metálica; pero carecen en su totalidad de las celosías de vidrio.
- Puertas de acceso a la caseta no presentan corrosión, en términos generales puede decirse que se encuentra en buen estado.

##### 4.1.1.1.2 Paneles de control.

Esta planta aún cuenta con sus respectivos paneles de control, que físicamente se observan en buenas condiciones,

como se muestra en la fig. N° 4.1.c; su estado de funcionamiento no se pudo determinar ya que no existe suministro de energía eléctrica hacia los paneles de control.

#### 4.1.1.1.3 Subestación eléctrica.

La planta cuenta con su respectiva subestación eléctrica (ver fig N°4.1.b), y está formada por tres transformadores cuya capacidad individual es de 37.5 KVA, los cuales han sido desconectados de la red primaria de suministro por la compañía eléctrica correspondiente; observándose en buenas condiciones físicamente.

### 4.1.1.2 Condición física actual de los equipos de bombeo.

El equipo de bombeo que operaba en esta Planta era del tipo sumergible, con 75 HP de potencia y diseñado para extraer 22.1 lt/seg; éste fue desmontado y llevado al Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA en el año de 1996, observándose actualmente en la superficie solo un segmento de aproximadamente 2 metros de tubería de descarga, cuyo diámetro es de 6 pulgadas (ver fig. N° 4.1.d). La razón que justifica dicho desmontaje, es el daño que sufrió el motor eléctrico.

### 4.1.1.3 Condición actual del pozo.

El día 25 de enero de 1999 se efectuó una inspección visual en el interior del pozo por medio de una cámara de vídeo,

donde se pudo determinar las siguientes características:

Profundidad total observada..... 147.5 m

Diámetro de la tubería de ademe y rejilla..... 12"

Longitud de la tubería de ademe observada..... 115.8 m

Longitud de la rejilla observada..... 31.7m

Profundidad del nivel estático..... 77.1 m

Para mayores detalles ver figura N° 4.1.e.

De las características mencionadas anteriormente, existe un tramo de rejilla (de 147.5 - 190.5 m) del que no se obtuvo ningún tipo de información, debido a la turbidez actual del agua que impide tener una clara visibilidad.

**4.1.1.3.1 Estado de la perforación.**

La perforación se encuentra libre, es decir sin ningún tipo de obstrucción hasta la profundidad de 147.5 m; siendo el caso que a partir de ese punto se desconoce su estado por las condiciones imperantes del agua enunciadas en el numeral anterior.

**4.1.1.3.2 Estado de la tubería de revestimiento.**

La tubería de ademe de este pozo tiene un diámetro interior de 12", marca Roscoe Moss, fabricada de acero al cobre y con un espesor de pared de 3/16"; su longitud es de 115.8 m (ver fig. N° 4.1.e) y, según la inspección visual efectuada por medio de la videocámara, se encuentra en buenas condiciones. El tramo que

está en contacto con el agua (de 77.1 m a 115.8 m), únicamente presenta deposición de minerales en sus paredes.

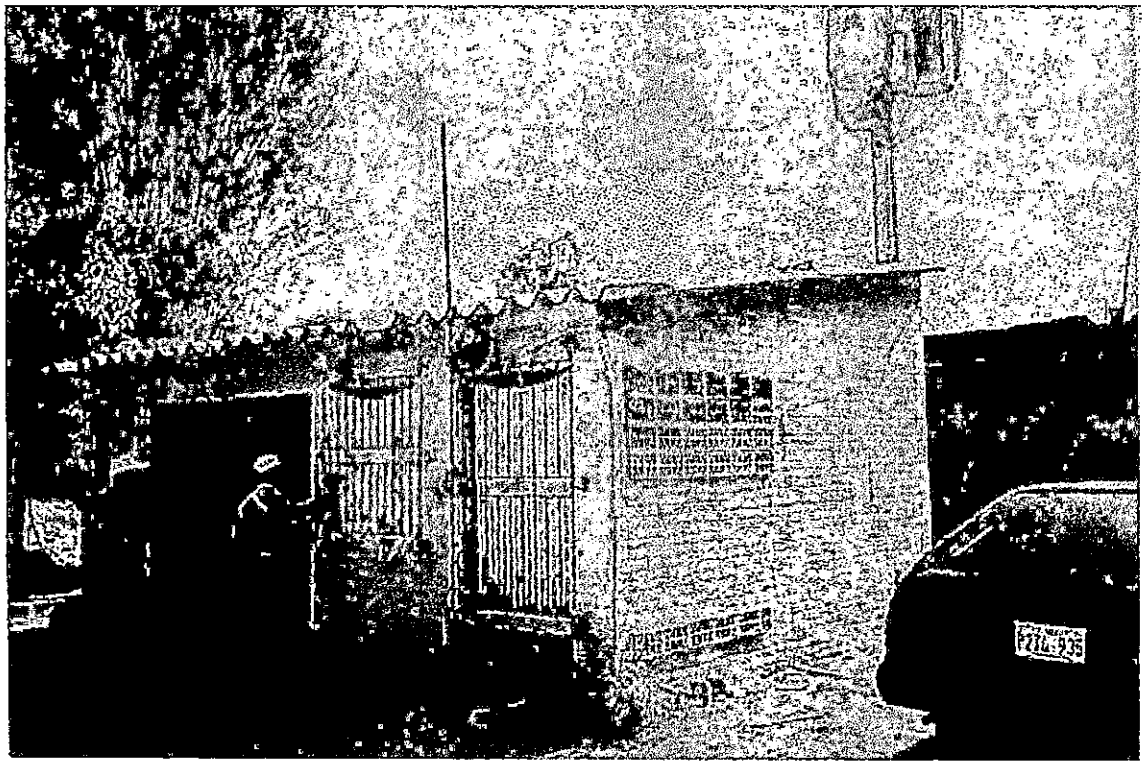


Fig. N°4.1.b). Esta figura muestra las condiciones actuales de la caseta de control y la subestación eléctrica compuesta por tres transfromadores.

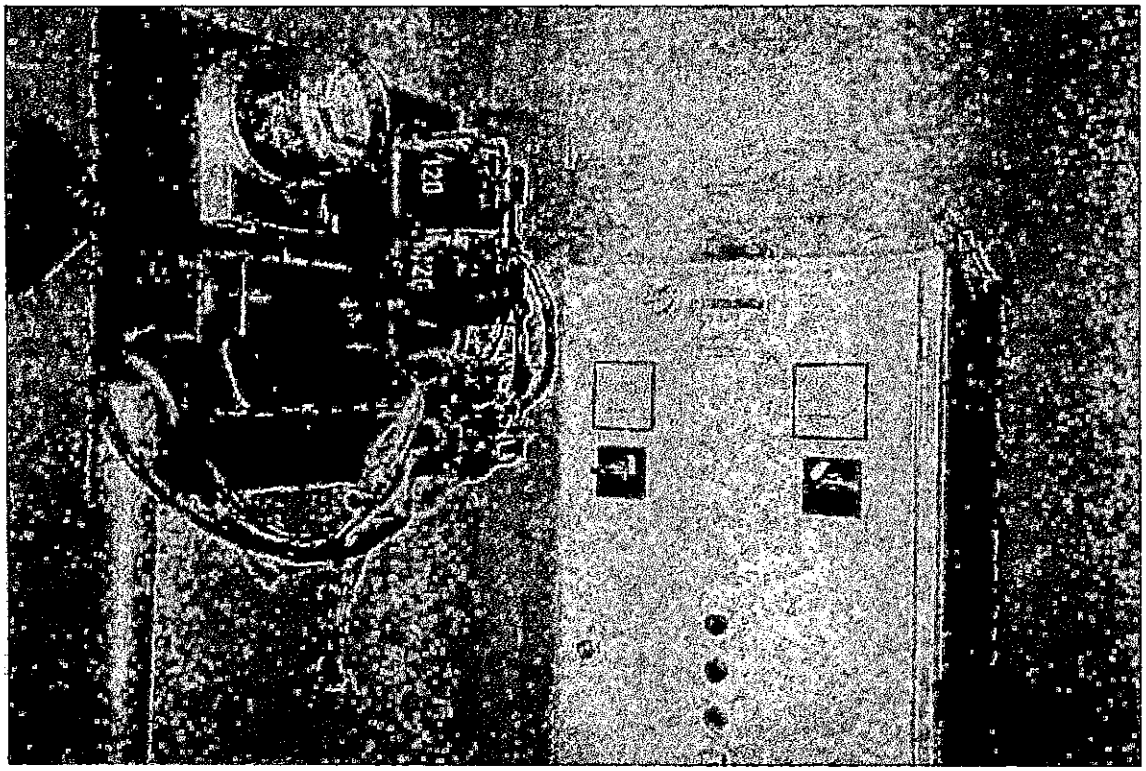


Fig. N°4.1.c) Paneles de control correspondientes al pozo de la Estación "Las Margaritas N°2".

Fig. N°4.1.d) Pozo perteneciente a la Planta de Bombeo junto con sus accesorios.

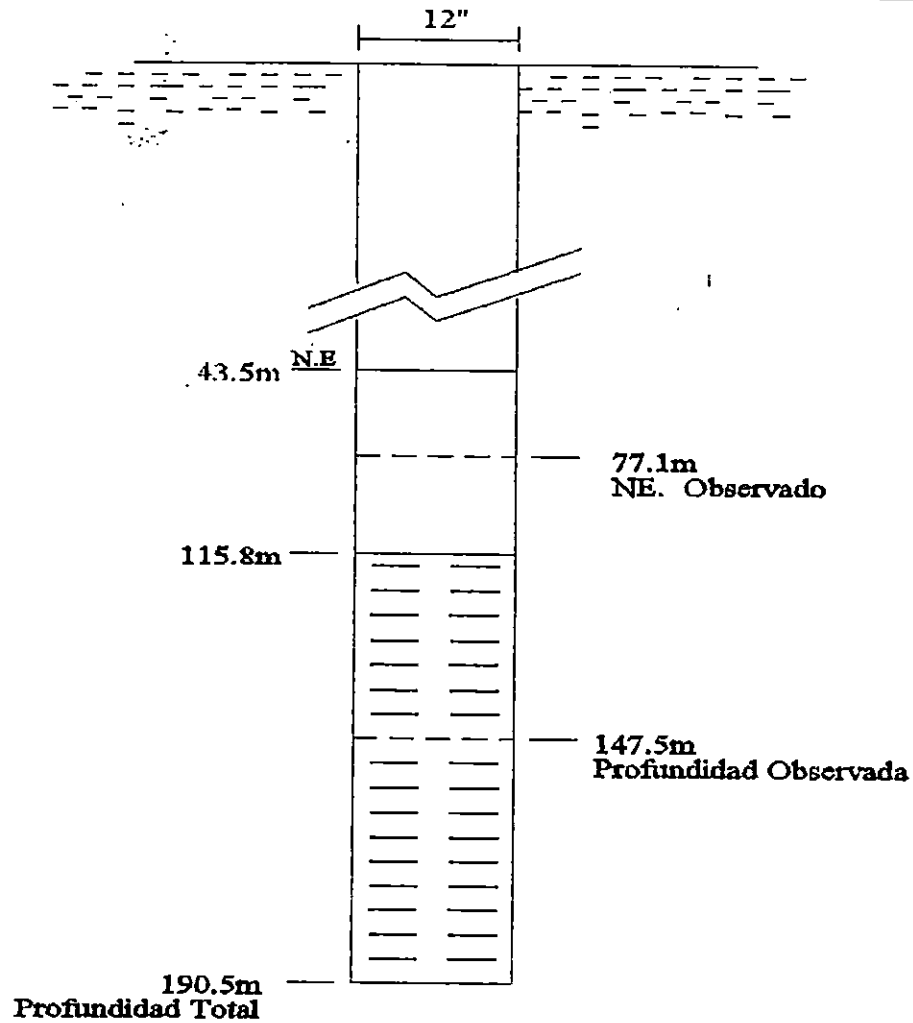



Fig. N°4.1.e Características de diseño y actuales del pozo perteneciente a la Planta "Las Margaritas N°2", según inspección realizada el día 25 de enero de 1999

**4.1.1.3.3 Estado de la rejilla.**

La rejilla es de la misma marca y aleación química que la tubería de revestimiento, con abertura en sus ranuras de 1/8" y del tipo Persiana. El sondeo con la videocámara cubrió un tramo de 31.7 m (de 115.8 a 147.5 m), dicho tramo presentó variación en el tamaño de sus aberturas por deposición severa de minerales. El estado del tramo restante (de 147.5 m a 190.5 m) no pudo determinarse debido a las condiciones imperantes en el agua, mostrándose un alto grado de turbidez, ocasionada principalmente por material orgánico y por el desprendimiento de material incrustado en las paredes a causa del movimiento de la videocámara. Es de esperar que dicho tramo presente las mismas condiciones que el visualizado, tomando en cuenta que está sujeto a la misma calidad del agua.

**4.1.1.4 Calidad del agua.**

En base a los análisis físico-químicos e fectuados (ver tabla N°4.1.1), la calidad del agua del acuífero es del tipo incrustante, como lo demuestra el Indice de Langelier (0.41), ya que este valor se aproxima al límite superior del intervalo establecido (-0.5 – 0.5); esto también lo confirma el valor del pH (8.12), el cual es mayor que el valor neutro (7.0). También presenta una dureza total de 125.44 mg/l, cantidad suficiente para generar deposiciones de carbonatos de calcio, contribuyendo así al fenómeno anterior. En cuanto al estado bactereológico, los resultados se muestran en la tabla N° 4.1.2.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B COL. LAS MARGARITAS N° 2, C. LA ESTACION N°9, POZO N°3

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

MUNICIPIO: SOYAPANGO

FECHA TOMA: 24-04-96 HORA TOMA: 11:49 FECHA RECEPCION: 24-04-96 HORA: 13:00

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 27-04-96 HORA: 08:30



### TABLA N° 4.1.1
### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ph | 8.12 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 128.67 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 125.44 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | 2 | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 1.73 | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | 7 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 25Ø | 280 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 30 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.0 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 1 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | 0.41 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | 0.0 | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | 3.23 | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | 140 | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 125.44 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 0.0 | mg/L | - |
| CALCIO | 35.84 | mg/L | 75 | BORO | 0.0 | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 8.70 | mg/L | 50 | CARBONATOS | 0.0 | mg/L | - |
| SODIO | - | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 128.67 | mg/L | - |
| POTASIO | - | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | 0.0 | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | N.D | mg/L | 0.05-0.30 | CLORURUS | 16.84 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | - | mg/L | - | SULFATOS | - | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | N.D | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | - | mg/L | - | SILICE | 28.67 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | mg/L | 0.01 | FLUORUROS | - | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua de carácter incrustante, todos los parámetros se encuentran dentro de la norma.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B LAS MARGARITAS N°2, URBANIZACIÓN LAS MARGARITAS.

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 24-04-96 HORA TOMA: 11:49

FECHA RECEPCION: 24-04-96 HORA DE RECEPCION: 13:00

FECHA DE ANALISIS: 27-04-96 HORA DE ANALISIS: 08:30

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

**TABLA N° 4.1.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | <1.1 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIONES: Apta para consumo humano, ya que los parámetros están dentro de lo establecido en las normas.

### 4.1.2 Diagnóstico de los sistemas de producción y captación.

#### 4.1.2.1 Equipo de bombeo

Debido al daño total que sufrió el motor eléctrico del equipo de bombeo tipo sumergible, no fue posible su reparación; concluyéndose que para la rehabilitación de este pozo es necesaria la instalación de un nuevo equipo. La recomendación de este equipo no puede hacerse, porque en la inspección con la videocámara no pudo determinarse si existen sedimentos en el fondo del pozo u obstrucciones, que puedan disminuir el área efectiva de la rejilla y como consecuencia su caudal.

Es por lo anterior, que la ANDA, previo a la rehabilitación de este pozo deberá determinar si se da este problema; si así fuera, se haría necesario la determinación de nuevos parámetros de explotación para recomendar la capacidad y demás características del equipo a instalar; en caso contrario, la capacidad y características iniciales del equipo pueden mantenerse, aun cuando el nivel estático haya descendido 33.6m, ya que se tendría una columna de agua de 113.4m (ver fig. N°4.1.d) y además, "el estrato permeable tiene un valor de transmisividad de 1476.24GPD/Pie y el abatimiento máximo es de 22.4m si se mantiene el caudal de explotación inicial (22.1Lits./seg.)"*, lo cual permitiría que la rejilla trabajara completamente en toda su longitud con la nueva profundidad del nivel estático(77.1m). Por otra parte, si la bomba se instala a la profundidad inicial (149.35m), el abatimiento máximo que se

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Pozos.

generaría en el nivel estático actual, garantiza que la bomba en ningún momento trabajaría en seco.

#### 4.1.2.2 Tubería de revestimiento

Tomando en cuenta que la tubería de revestimiento, como se planteó en el capítulo anterior, no presenta ningún problema que la afecte estructuralmente, podría ser utilizada por un período mínimo de (10-15) años; se afirma esto porque tiene aproximadamente 12 años de haber sido instalada. Por otra parte, el agua se muestra incrustante y no corrosiva, lo que contribuye a su conservación estructural, de manera que el tramo que está en contacto con el agua necesitará una limpieza para desprender el material incrustado.

#### 4.1.2.3 Rejilla

El problema que presenta la rejilla es por obstrucción en sus aberturas, a causa de la calidad del agua; si se toma en cuenta que dicha calidad genera este problema, que no tiende a ser corrosiva para el metal y que el pozo fue perforado en 1987, es de esperar que la rejilla pueda ser reutilizada por un período que oscile entre (10-15)años, haciéndose necesario limpiezas para mantener la máxima capacidad transmisora; éstas limpiezas deberán hacerse por lo menos cada 5 años después de su rehabilitación, con el objeto de garantizar su buen funcionamiento.

**4.1.2.4 Calidad del agua para consumo humano.**

En base a los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos y bacteriológicos del agua (ver tablas N° 4.1.1 y N° 4.1.2), todos los parámetros que nos indican su potabilidad están dentro de los límites establecidos por las normas que la ANDA utiliza, por lo que puede decirse que es apta para consumo humano; sin embargo, puesto que el agua se muestra turbia por el material orgánico, será necesaria una limpieza, mediante el bombeo del agua estancada, previo a su puesta en operación.

**4.1.3 Alternativa de solución para el sistema de captación.**

En el caso de esta estación de bombeo, como se mencionó anteriormente en el diagnóstico, no se podrá recomendar el equipo de bombeo; únicamente se presentará, una alternativa para la rehabilitación del sistema de captación.

Esta consiste, básicamente, en una limpieza en la sección de la tubería de revestimiento en contacto con el agua y de la rejilla misma, que combina la aplicación de químicos y la utilización de un émbolo sólido en la forma de pistón. Su metodología se describe a continuación:

1. Se deberá contar en las instalaciones con una máquina perforadora, por el sistema de percusión.
2. Aplicación del producto químico DPA (cuyos datos técnicos se muestran en el Anexo N° 2 ). La aplicación de este producto se hace disolviendo un máximo de 50 Lbs. (1 bolsa) en un barril con agua que tiene una capacidad de 42 Galones,

agregando la solución en el interior del pozo a través de una columna de PVC de 4" de diámetro, hasta alcanzar aproximadamente el 50% del tramo sobre el nivel estático. Después de la aplicación, permitir 24 horas para la acción del químico. La dosificación se calcula de la siguiente manera, para este ejemplo:

Datos del pozo:

Diámetro = 12"

Columna de agua = 113.4m (372')

Para un pozo cuyo diámetro es de 12", se utilizan 15Lbs. por cada 10' de agua (ver tabla en el Anexo N° 2) que es equivalente a 1.5Lbs./Pie; de tal forma que la cantidad de químicos a utilizar será:

Dosificación = 372' x (1.5 Lbs/Pie) = 558 Lbs. de DPA

= 558 Lbs / (50 Lbs/Bolsa)

= 11.16 Bolsas de DPA

3. Introducción de un pistón, acoplado a la máquina de perforar por percusión.
4. Seguidamente a la aplicación del químico, se introduce el pistón para realizar un agitamiento, mediante el movimiento hacia arriba y abajo por dentro de la tubería de ademe y rejilla, con el objeto de crear una turbulencia en el agua y permitir así que el químico aplicado actúe, tanto en las aberturas de la rejilla como en el material granular que la rodea, garantizando de esta manera una limpieza que alcance o mejore la capacidad transmisora inicial de la rejilla y del

acuífero mismo. Además, este agitamiento también genera el desprendimiento de material incrustado, obteniéndose una limpieza más efectiva.

5. Retirar el bloque de pistoneo después de 3 a 4 horas de operación continua.
6. Determinar la cantidad de sedimento; si es significativa, se procede a su extracción por medio de la cuchara arenera (cucharón de lodo), en caso contrario se evacuará mediante la instalación de un equipo de bombeo, que se pondrá en operación hasta alcanzar una apariencia cristalina del agua del pozo. Posteriormente se realizará una prueba de bombeo, por un período de 48 a 72 horas, para determinar los nuevos parámetros de producción.

## 4.2 ESTACION DE BOMBEO "LAS MARGARITAS N° 3".

### 4.2.1 Situación actual.

Esta Planta de Bombeo se encuentra ubicada en la Colonia Las Margaritas N° 3, Municipio de Soyapango. Comprende una caseta de control, con cuarto de cloración, subestación eléctrica, caseta de cloración, un pozo, tuberías y accesorios en general, además cuenta con una cisterna de forma circular (ver fig. N° 4.2.a), cuyo diámetro es de 16 m, con capacidad para almacenar 1105.0 $m^3$ de agua. El agua que se extraía del pozo era bombeada hacia la cisterna (ver fig. N° 4.2.b). En la actualidad, la inyección de agua que se hace a esta cisterna proviene del Sistema Río Lempa y posteriormente se bombea a la red de distribución de toda la colonia. El pozo de esta planta, comenzó a operar en el año de 1991 y dejó de funcionar en el año de 1996; por daños en el equipo de bombeo, la planta en la actualidad está funcionando solamente como sistema de rebombeo.

Las características del pozo que se operaba en esta planta, según datos de la compañía perforadora (COMFISA, Comercial Financiero, S.A. de C.V.), son las siguientes:

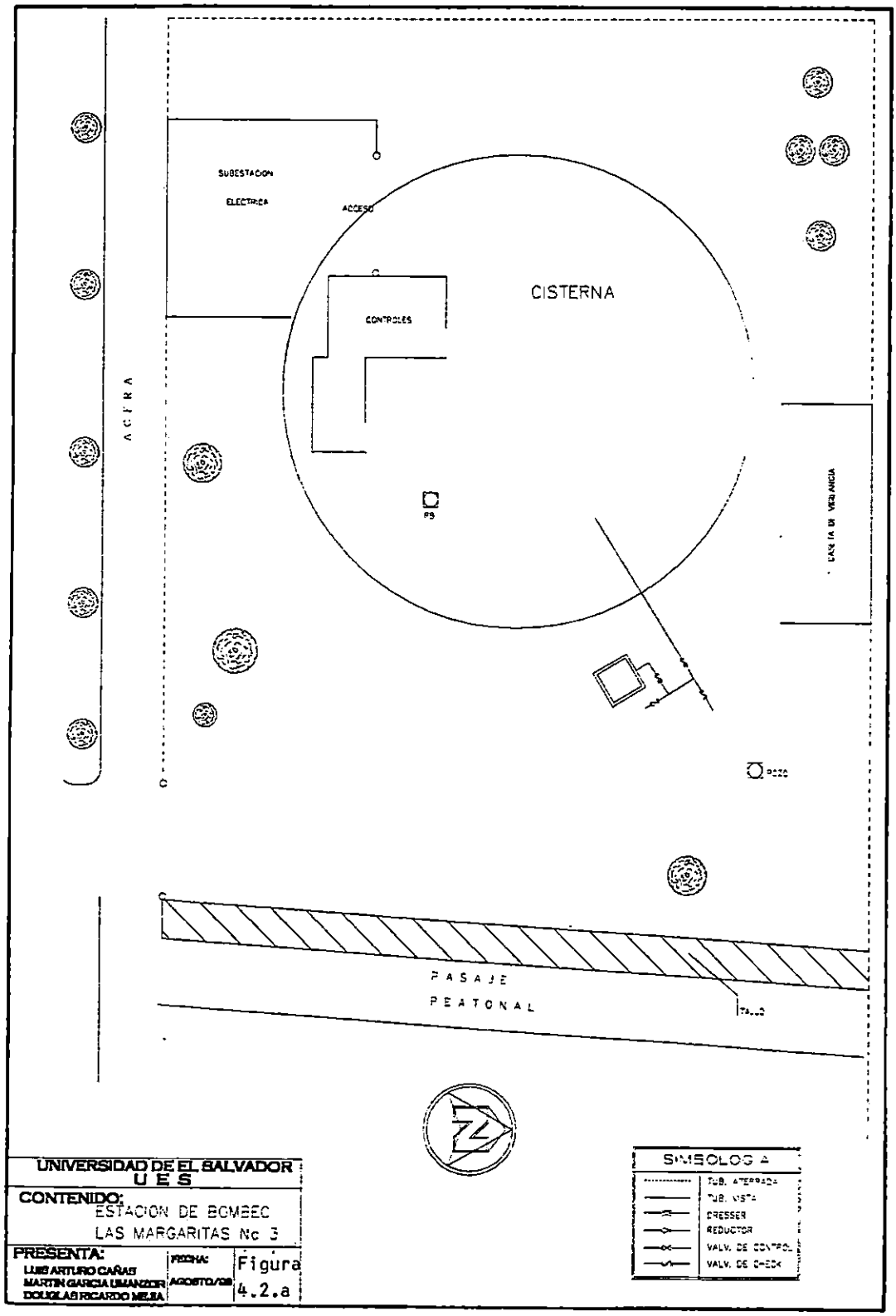
Profundidad total..... 169.70 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 12"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 108.8 m

Longitud de la rejilla..... 60.9 m

Tipo de rejilla..... Persiana


SUBESTACION
ELECTRICA
ACCESO
CISTERNA
CONTROLES
ACERA
PASAJE
PEATONAL
SIMBOLOGIA
TUB. ATERRADA
TUB. VISTA
DRESSER
REDUCTOR
VALV. DE CONTROL
VALV. DE CHECK
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
U E S
CONTENIDO:
ESTACION DE BOMBEO
LAS MARGARITAS Nº 3
PRESENTA:
LUIS ARTURO CAÑAS
MARTIN GARCIA UMANZOR
DOUGLAS RICARDO MEJIA
FECHA:
AGOSTO/98
Figura
4.2.a

Abertura de ranura de la rejilla..... 1/8"

Profundidad del nivel estático..... 65.3 m

Estas características se presentan en la fig. N°4.2.d.

**4.2.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.**

**4.2.1.1.1 Caseta de control.**

La caseta de control cuenta con su instalación eléctrica, puertas metálicas, ventanas con celosías de vidrio (con sus defensas metálicas), piso compuesto de ladrillo de cemento, etc. Todos éstos se encuentran en excelentes condiciones, a excepción de su pintura.

**4.2.1.1.2 Paneles de control.**

Los actuales paneles de control que se encuentran en esta estación pertenecen al sistema de rebombeo. Los correspondientes al equipo de bombeo que operaba el pozo fueron retirados por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA, en el mismo año que éste dejó de funcionar (ver fig. N° 4.2.c).

**4.2.1.1.3 Subestación eléctrica.**

Las instalaciones de esta planta cuentan con su respectiva subestación eléctrica, actualmente los equipos que rebombean el agua inyectada a la cisterna, son los que se alimentan de ésta, la cual consta de tres transformadores, con una capacidad

individual de 75 KVA, los cuales se encuentran en buenas condiciones.

#### 4.2.1.2 Condición física actual de los equipos de bombeo.

El equipo que explotaba el pozo era del tipo sumergible, con capacidad de 75 HP, fue retirado el año de 1996. Dicho equipo sufrió daños en el motor eléctrico, fue por esta razón que se desmontó y trasladó al Departamento de Electricidad y Bombas. En la actualidad se encuentran funcionando los equipos de rebombeo: dos de eje horizontal, cuya potencia individual es de 25 HP y uno de eje vertical con 60 HP de potencia.

#### 4.2.1.3 Condición Actual del Pozo.

Tomando como base el examen visual a través de la cámara de video realizado el día 18 de enero de 1999, los elementos del pozo presentan la siguiente situación:

Profundidad total observada..... 113.4 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 12"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 108.8 m

Longitud de la rejilla observada..... 4.6 m

Profundidad del nivel estático..... 64.0 m

El detalle del pozo se muestra en la fig. N° 4.2.d.

##### 4.2.1.3.1 Estado de la perforación.

A la profundidad de 113.4m del pozo se observan ramas de árboles y material plástico, esto debido a que no tiene la

tapadera metálica; dicho material está en suspensión y prácticamente no permitió el ingreso de la videocámara al resto del interior del pozo; cabe mencionar que éste presenta una verticalidad aceptable, según prueba realizada por la compañía que lo perforó.

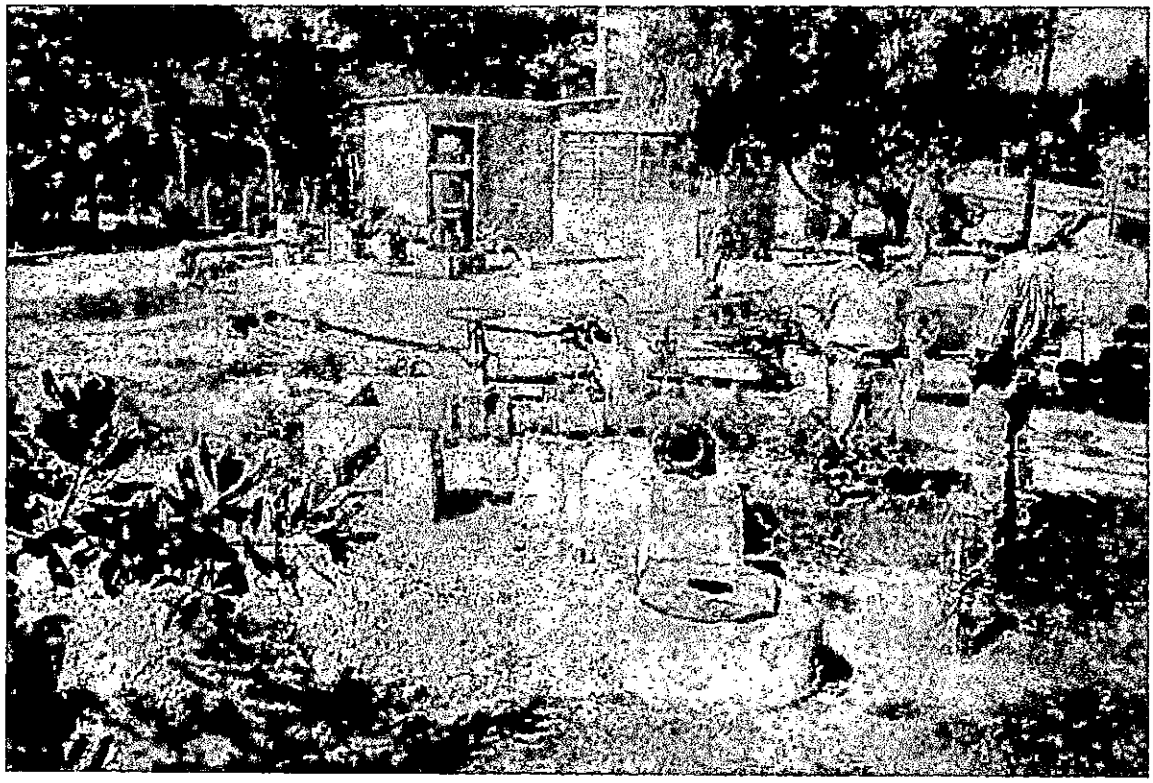


Fig. N° 4.2.b) Pozo perteneciente a la Planta "Las Margaritas N° 3", al fondo se observan la cisterna, un equipo de rebombeo, caseta de control, cuarto de cloración, tubería de descarga del pozo y accesorios.

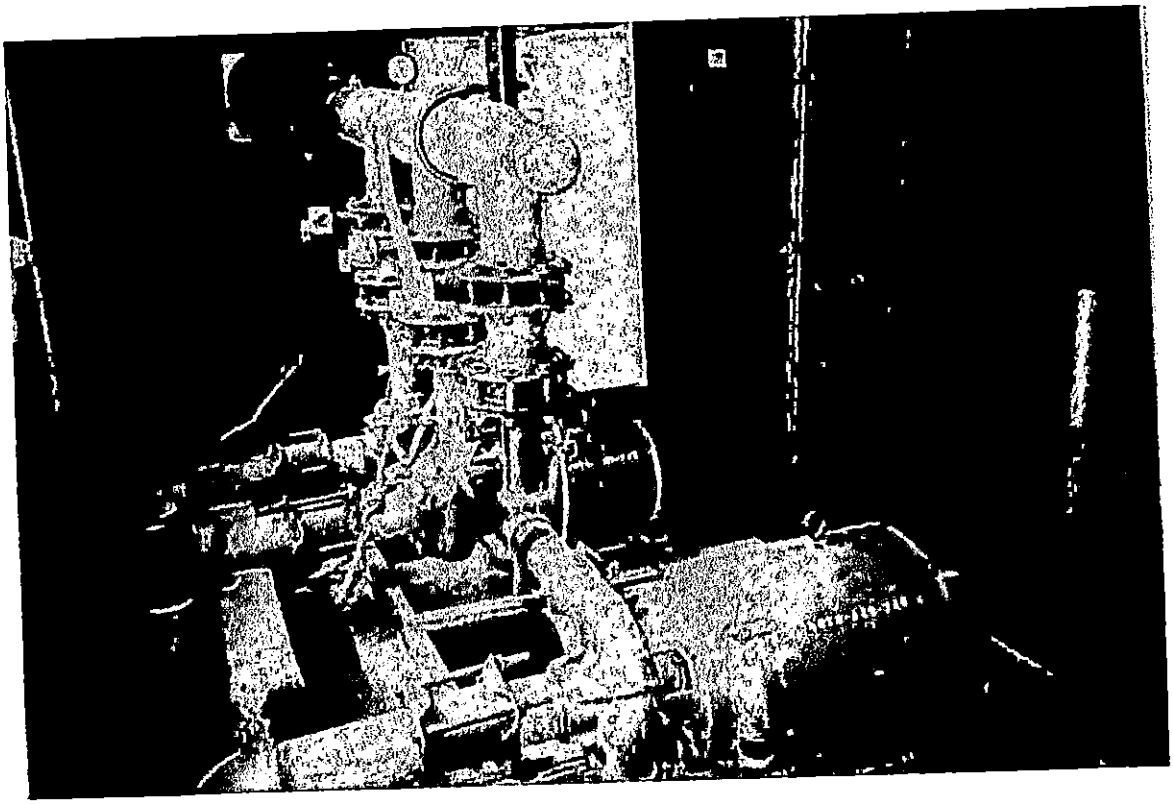


Fig. N°4.2.c) Paneles de control, junto con sus respectivos equipos de rebombeo de eje horizontal.

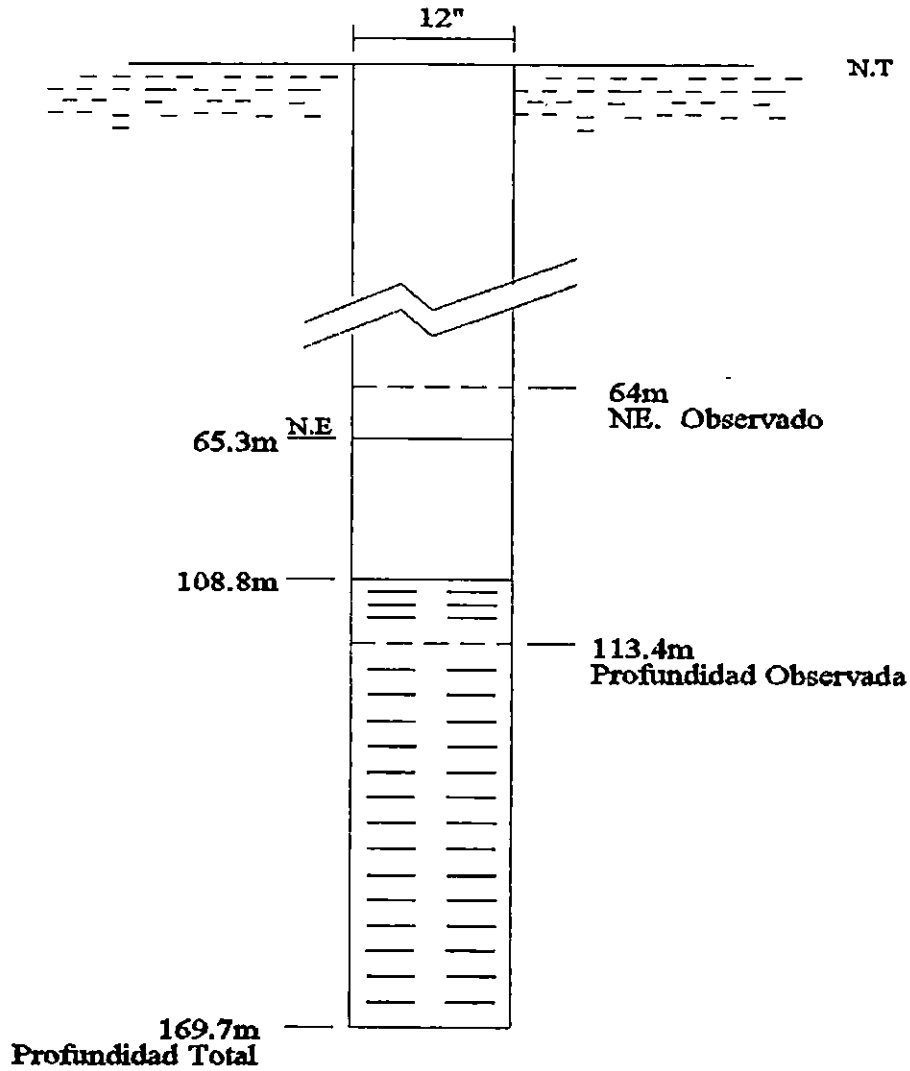



Fig. N°4.2.d Características de diseño y actuales del pozo perteneciente a la Planta "Las Margaritas N°3", según inspección realizada el día 18 de enero de 1999

**4.2.1.3.2 Estado de la tubería de revestimiento.**

La tubería de revestimiento tiene un diámetro interior de 12" y un espesor de pared de 3/16", fabricada de acero al cobre; actualmente se encuentra en buen estado a lo largo de toda su longitud (108.8 m), ya que en sus paredes no se observan agujeros ni descascaramientos que pongan al descubierto deficiencias en cuanto a su funcionalidad estructural. Estas características, han sido determinadas por la exploración directa a través de videocámara en el interior del pozo.

**4.2.1.3.3 Estado de la rejilla.**

La rejilla instalada en este pozo es del mismo diámetro que la correspondiente tubería de revestimiento, marca Roscoe Moss y fabricada de acero al cobre. Los 4.6 m (de 108.8m a 113.4 m) de rejilla que fue posible observar por medio de la videocámara (ver fig. N° 4.2.d) se encuentran levemente obstruidos por la deposición de sales y minerales de hierro. No se continuó con la exploración porque la condición del agua, que presentaba un color rojizo lo impidió.

Se considera que el resto de la rejilla se encuentra en una situación similar al tramo observado, ya que está expuesto, prácticamente a las mismas condiciones.

**4.2.1.4 Calidad del agua.**

Según los resultados arrojados por los análisis, físico-químicos, efectuados al agua del pozo, se presenta como agua

incrustante con poca inclinación a la corrosión, porque su, pH es mayor que el valor neutro (7.0), además presenta valores elevados tanto de dureza total como de alcalinidad total.

En cuanto a la poca tendencia del agua a corroer el metal, el factor que nos indica este fenómeno es el Indice de Langelier, cuyo valor es de -0.06 (ver tabla N°4.2.1).

Actualmente el agua presenta un color rojizo debido al desprendimiento de óxido de hierro de la rejilla y el tramo de tubería que está en contacto, con el agua, ya que ésta es ligeramente corrosiva. Los resultados bacteriológicos se muestran en la tabla N°4.2.2.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B LAS MARGARITAS N° 3 ,URBANIZACIÓN LAS MARGARITAS III ETAPA.

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

MUNICIPIO: SOYAPANGO

FECHA TOMA: 26-02-96 HORA TOMA: 13:00 FECHA RECEPCION: 26-02-96 HORA: 15:15

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 27-02-96 HORA: 08:30

### TABLA N°4.2.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 7.78 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 112.5 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 142.50 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | 5 | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 3.43 | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | 10 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 250 | 290 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 29 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.0 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 0.0 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | -0.06 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | - | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | 0 | mg/L | |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | 145 | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 112.5 | | |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 30.30 | mg/L | |
| CALCIO | 30.36 | mg/L | 75 | BORO | 0.0 | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 16.27 | mg/L | 50 | CARBONATOS | - | mg/L | - |
| SODIO | - | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 112.5 | mg/L | - |
| POTASIO | - | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | - | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | N.D | mg/L | 0.05-0.30 | CLORUROS | 8.93 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | - | mg/L | - | SULFATOS | 15.77 | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | N.D | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | - | mg/L | - | SILICE | 10.08 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | mg/L | 0.01 | FLUORUROS | 0.19 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua tendiente al fenómeno de incrustación y poca inclinación a la corrosión, los parametros restantes se encuentran dentro de la norma.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B COL. LAS MARGARITAS N° 3, FIN ESTACION N° 9, POZO N° 3

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: SOYAPANGO

DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 12-10-96 HORA TOMA: 13:55

FECHA RECEPCION: 12-10-96 HORA DE RECEPCION: 14:30

FECHA DE ANALISIS: 13-10-96 HORA DE ANALISIS: 08:30

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

**TABLA N° 4.2.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | <1.1 | <2:2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIONES: Apta para consumo humano, los parámetros se encuentran dentro de normas.

### 4.2.2 Diagnóstico de los sistemas de producción y captación.

#### 4.2.2.1 Equipo de bombeo.

Este equipo, al igual que el de Las Margaritas N° 2, no pudo ser reparado, porque presentó daños en el motor eléctrico y también era del tipo sumergible, haciéndose necesaria la instalación de un nuevo equipo para la rehabilitación del pozo.

La capacidad y demás características del nuevo equipo podrán establecerse hasta que la ANDA determine si hay sedimentos en el fondo del pozo u obstrucción que pueda disminuir el área efectiva de la rejilla o dificultar la instalación del equipo de bombeo, ya que el sondeo con la videocámara solo llegó hasta la profundidad de 113.4m, quedando 56.3m sin observarse (ver fig.N°4.2.d), de esta manera, si existiera dicho problema, sería necesaria la determinación de nuevos parámetros de explotación.

Cabe mencionar que este pozo no presenta descenso en el nivel estático (ver fig. N°4.2.d) y que su acuífero también tiene características hidráulicas favorables para su explotación.

Según datos proporcionados por el Departamento de Pozos de la ANDA, éste muestra un valor de transmisividad de 8,493 GPD/Pie, con un abatimiento máximo de 28.3m al extraer el caudal con que operaba el pozo inicialmente (22.1Lts./seg.) y un valor de recuperación del 94% en un período de 2 horas. Si se mantienen estas características en el acuífero y la ANDA determina que no hay sedimentos u obstrucción en el fondo del

pozo, el equipo a instalar puede ser de la misma capacidad y características que el inicial.

#### 4.2.2.2 Tubería de revestimiento

Dado que la tubería de revestimiento no presenta problemas que la afecten estructuralmente y tomando en cuenta que el pozo fue construido recientemente (1991), que el agua es incrustante y con poca tendencia a corroer el metal; podemos esperar un comportamiento que permita su reutilización por un período mínimo de 10 años, haciéndose necesario únicamente una limpieza en el tramo que está en contacto con el agua.

#### 4.2.2.3 Rejilla

Como se dijo anteriormente, en la actualidad, la rejilla sólo presenta problemas por incrustación parcial en sus aberturas, ya que la acción del agua propicia dicho fenómeno con mayor intensidad; aún cuando el agua también tiende a ser poco corrosiva para el metal, este último fenómeno no la ha afectado hasta la fecha, considerando que tiene 9 años de estar en contacto con ella. Si en dicho período de tiempo no ha presentado mayores problemas, esta rejilla puede ser reutilizada, inicialmente, por un periodo de 10 años, después de efectuarse limpiezas con intervalos de 5 años.

Al concluirse este período será necesario realizar una nueva inspección con la videocámara, para poder verificar el efecto que haya tenido la poca tendencia a corroer el metal que

muestra el agua, tomando en cuenta que la rejilla es de 3/16" de espesor y que el espacio entre la rejilla y la pared de perforación está constituido por gravilla de río, con tamaños que oscilan entre los (4 a 9)mm.

#### 4.2.2.4 Calidad del agua para consumo humano

Según resultados de los análisis físico-químicos y bacteriológicos (ver tablas N° 4.2.1 y N° 4.2.2) practicados al agua del pozo, todos los parámetros que nos indican su potabilidad están dentro de las normas, por lo que se concluye que es apta para consumo humano.

Aunque actualmente el agua presenta un color rojizo, por la presencia de hierro, este desaparecerá al bombearla y se alcanzarán las condiciones de potabilidad antes descritas.

### 4.2.3 Alternativa de solución para el sistema de captación.

Solamente se presentará la alternativa de solución para la rehabilitación del sistema de captación, ya que como se mencionó en el diagnóstico, no se podrá recomendar el equipo de bombeo a instalar.

Como el problema de incrustación en la rejilla no es muy severo, la rehabilitación se llevará a cabo mediante una limpieza, únicamente con productos químicos al interior del pozo, el efecto de dicha limpieza se concentrará básicamente en el desprendimiento del material que obstruye levemente el paso

del agua al interior de ésta, ya que la tubería de revestimiento se limpiará simultáneamente con la rejilla.

Para calcular la cantidad del producto químico a utilizar(DPA), se ha considerado la columna de total de agua existente 99.9m (327.8'), es decir, también se ha tomado en cuenta la columna de agua que está sobre la rejilla (39m), debido a que es en todo el cuerpo de agua, donde se disolverá el producto químico a utilizar en la limpieza de la rejilla.

El cálculo de la dosificación se presenta a continuación:

Datos del pozo:

La longitud de la columna de agua = 327.8'

Diámetro = 12"

Para un pozo de este diámetro, se utilizan 1.5 Lbs/Pie de agua (ver tabla de dosificación en Anexo N° 2).

Dosificación = 327.8' x 1.5 = 491.7 Lbs. de DPA

= 9.8 Bolsas de DPA.

La aplicación se hará según lo descrito en el paso N° 2 del numeral 4.1.3.

El tiempo que se dejará actuar el producto químico en combinación con el agua será de 24 horas, después de realizada la inyección directa de este producto; luego se procederá a desalojar el agua sucia por medio del bombeo, hasta que salga cristalina y a determinar los nuevos parámetros de explotación, mediante una prueba de bombeo que durará entre 48 a 72 horas; además se llevará a cabo la evaluación de la rehabilitación de los sistemas de desinfección del agua antes de su distribución, a

través del cuarto de cloración o desinfección periódica dentro de la cisterna (cloro-gas o hipoclorador).

## 4.3 ESTACION DE BOMBEO "SAN ANTONIO ABAD N° 1".

### 4.3.1 Situación actual.

La Planta de Bombeo San Antonio Abad N° 1, se encuentra ubicada en el lugar del mismo nombre sobre la Calle Principal San Antonio Abad de la ciudad de San Salvador. Comprende una caseta de control, una subestación eléctrica, tuberías y accesorios correspondientes, así como su respectiva obra de captación (pozo). Ver fig. N° 4.3.a.

Esta planta fue diseñada para bombear hacia la red. Comenzó a funcionar desde 1960, fecha de su construcción, hasta el año de 1987; desde entonces se encuentra fuera de operación, por baja producción del pozo.

El pozo que se explotaba en esta planta fue perforado por la ANDA y tiene las siguientes características de diseño:

Profundidad total..... 143.6 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla. 12"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 125.3 m

Longitud de la rejilla..... 18.3 m

Tipo de rejilla..... Ranurada

Profundidad del nivel estático..... 133.2 m

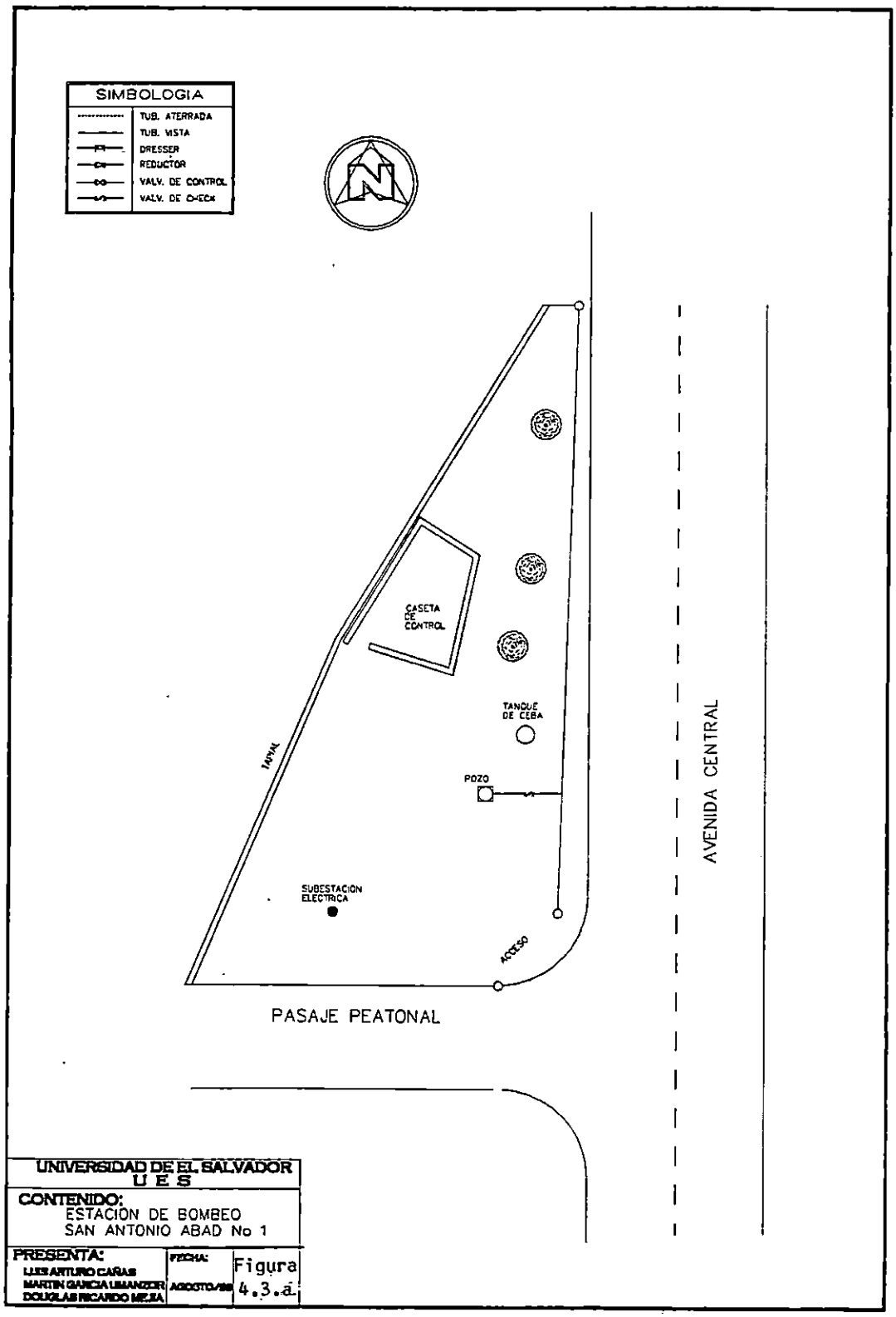
Estas características se observan en la fig. N° 4.3.e.

#### 4.3.1.1 Condición actual del sistema eléctrico

##### 4.3.1.1.1 Caseta de control

Se encuentra completamente abandonada, teniendo todos sus elementos dañados como se describe a continuación:

- Piso de ladrillo de cemento parcialmente fracturado debido al asentamiento de éstos.


SIMBOLOGIA
TUB. ATERRADA
TUB. VISTA
DRESSER
REDUCTOR
VALV. DE CONTROL
VALV. DE CHECK
N
CASETA DE CONTROL
TANQUE DE CEBA
POZO
SUBESTACION ELECTRICA
TAPIAL
ACCESO
PASAJE PEATONAL
AVENIDA CENTRAL
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
U E S
CONTENIDO:
ESTACION DE BOMBEO
SAN ANTONIO ABAD No 1
PRESENTA:
LUIS ARTURO CAÑAS
MARTIN GARCIA UMANZOR
DOUGLAS RICARDO MEJIA
FECHA:
AGOSTO/99
Figura 4.3.a

- Techo constituido de duralita, se encuentra agrietado.
- Puerta de acceso corroída y desalineada.
- Instalaciones eléctricas en mal estado y por lo consiguiente no cuenta con la iluminación que se requiere.

En cuanto a las paredes interiores y exteriores, nunca fueron pintadas y su repello se encuentra parcialmente deteriorado (ver fig. N°4.3.b).

#### 4.3.1.1.2 Paneles de control

Los paneles de control fueron desmontados, por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA, el mismo año en que dejó de operar la planta.

#### 4.3.1.1.3 Subestación eléctrica

Está constituida básicamente por tres transformadores, con una capacidad individual de 75 KVA, los que han sido desconectados por la Compañía Eléctrica correspondiente; accesorios como pararrayos, cajas cortacircuitos, etc; han sido retirados por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA, cabe mencionar que esta subestación eléctrica fue diseñada para compartirla con la Estación de bombeo San Antonio Abad N° 2 (ver fig. N° 4.3.c), por la proximidad entre éstas.

### 4.3.1.2 Condición física actual de los equipos de bombeo.

El equipo de bombeo con que operaba este pozo era de eje vertical y desarrollaba una potencia de 125 HP, con una

velocidad de 1770 RPM, diseñada para extraer un caudal de 50.5 lts/seg.

Actualmente el equipo no se encuentra instalado, ya que fue retirado por el Departamento de Electricidad y bombas de la ANDA, en el año de 1987 encontrándose en buenas condiciones cuando se realizaron dichas actividades; posteriormente se acondicionó para que pudiera ser reutilizado en otro pozo (ver fig. N° 4.3.d).

#### 4.3.1.3 Condición actual del pozo.

El día 11 de noviembre de 1998 se llevó a cabo la inspección, a través de una videocámara, en el interior del pozo; donde se pudo determinar las siguientes características del mismo:

Profundidad total observada..... 141.5 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 12"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 125.3 m

Longitud de la rejilla observada..... 16.2 m

Profundidad del nivel estático..... 139 m

El detalle del pozo se muestra en la fig. N° 4.3.e

##### 4.3.1.3.1 Estado de la perforación.

Este pozo presenta una verticalidad aceptable, según información proporcionada por el Departamento de Pozos de la ANDA, mostrando en el fondo una gran acumulación de basura, ramas y costra proveniente del descascaramiento de las paredes

internas de la tubería de revestimiento, el espesor de dicha acumulación es de 2.1 m (141.5 m a 143.6m).

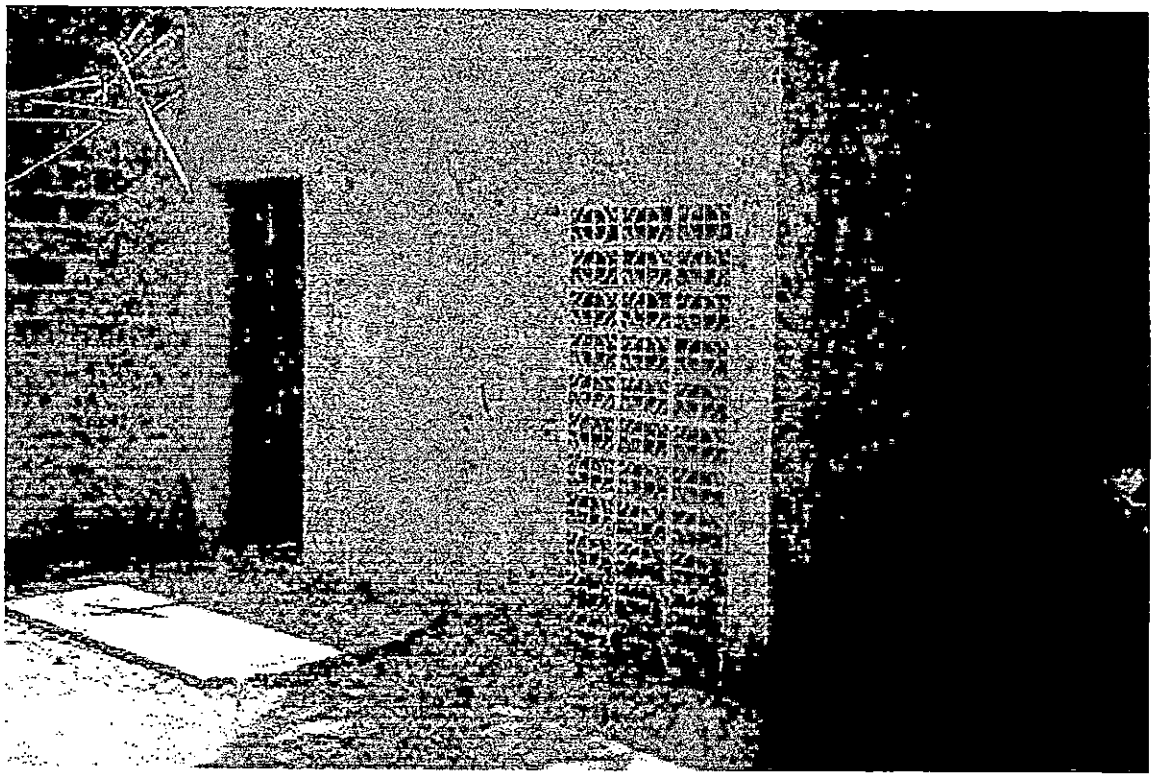


Fig. N°4.3.b) Condición actual de la caseta de control de la Estación de Bombeo "San Antonio Abad N°1".

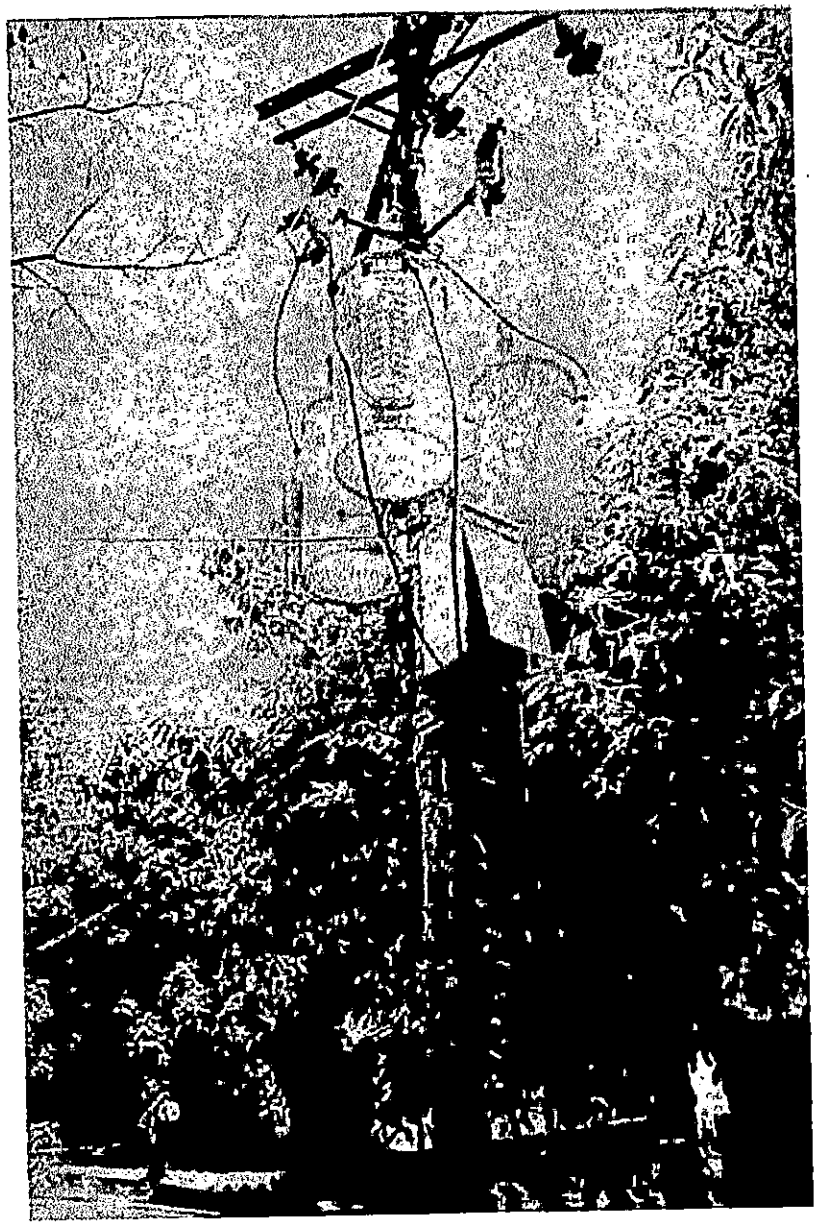


Fig. N°4.3.c) Subestación eléctrica compuesta por tres transformadores, compartida con la Estación de Bombeo "San Antonio Abad N°2".

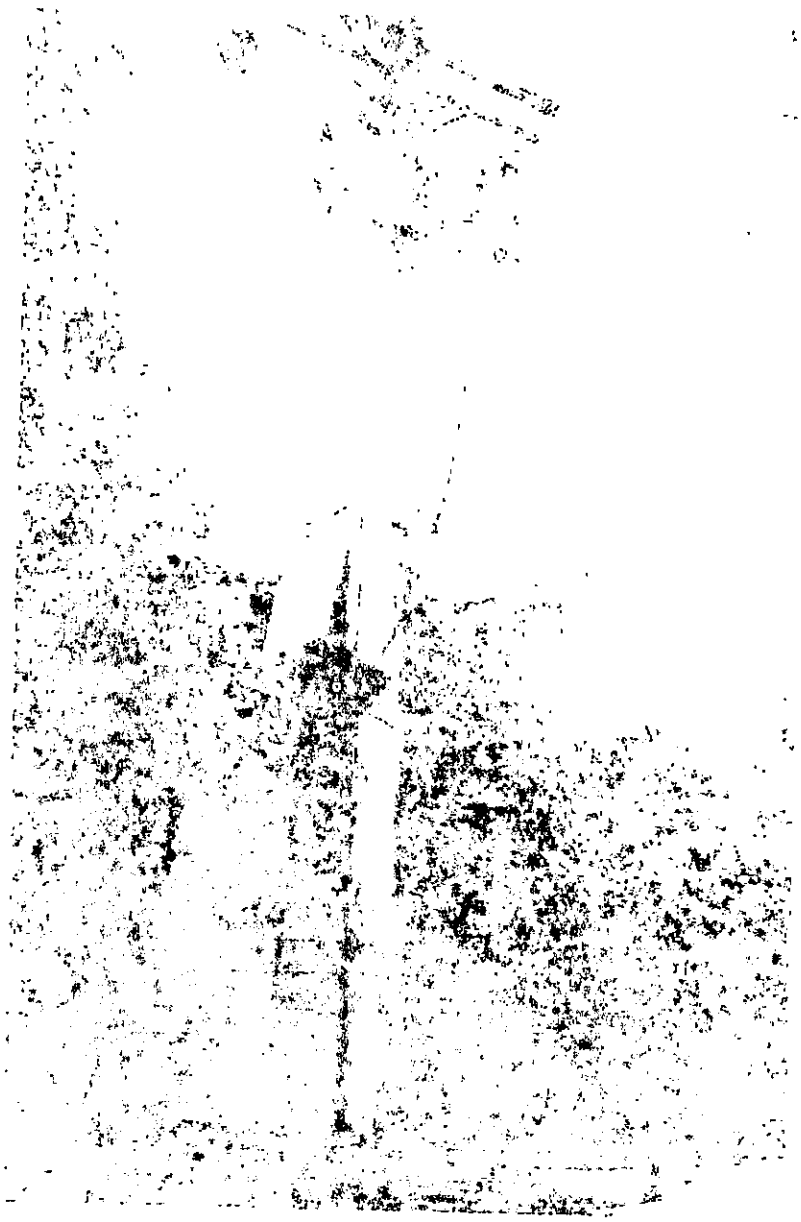
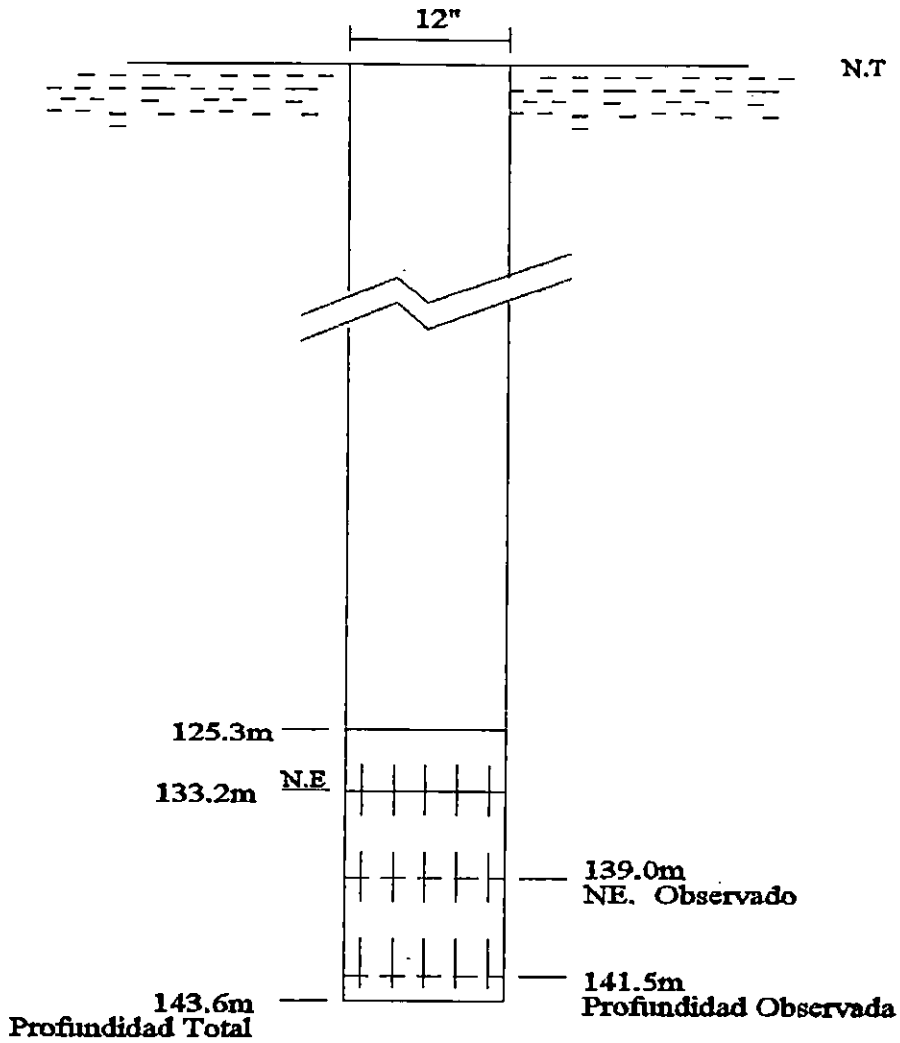


Fig. N°4.3.d) En esta figura se muestra el pozo cubierto por una roca, al fondo se observa la tubería de descarga y sus accesorios.




FR. N°4.3.e Características de diseño y actuales del pozo perteneciente a la Planta "San Antonio Abad N°1", según inspección realizada el día 11 de Noviembre de 1998

**4.3.1.3.2 Estado de la tubería de revestimiento.**

La tubería de revestimiento fabricada de acero al carbón tiene un diámetro de 12" y se encuentra deteriorada, presentando descascaramiento en el tramo comprendido entre los niveles de (7.3 m y 13.41 m) y (61.4 m a 125.3 m). En la zona comprendida entre las profundidades (122.9 m a 125.3 m), además de presentar descascaramiento, también se observan agujeros de considerable tamaño; con esto puede deducirse que la tubería es afectada estructuralmente, es decir ha perdido resistencia, lo que podría hacerla colapsar en cualquier momento. La situación en esta zona, no es el resultado del contacto directo con el agua, sino del contacto con la rejilla, que es donde se inicio el efecto de corrosión.

**4.3.1.3.3 Estado de la rejilla.**

Basándose en la inspección realizada es posible determinar las condiciones actuales en que se encuentra la rejilla. Esta es del mismo diámetro que la tubería de revestimiento, es del tipo Ranurada y fabricada de acero al carbón.

Tanto la sección que no está en contacto con el agua (125.3 m a 139.0 m), como el tramo restante observado (139.0 m a 141.5 m) por debajo del nivel estático; debido al grado de corrosión del agua, presentan aberturas con un tamaño menor que el original, así como grandes agujeros en sus paredes que le restan resistencia estructural, el tamaño de las aberturas es tal que si se colocara un equipo de bombeo, se produciría la entrada

del material granular al interior del pozo. Además se presentan problemas de incrustación debido a la deposición de hierro.

**4.3.1.4 Calidad del agua.**

De acuerdo con los análisis físico-químicos practicados al agua del pozo (ver tabla N° 4.3.1), ésta se muestra ácida y corrosiva para el metal, ya que su pH es menor que 7.0 (6.41); el hierro está fuera de norma , el Bióxido de Carbono es elevado (210 mg/l) y el Indice de Langelier de -0.70; así lo demuestran. La presencia del hierro en el agua, es el que proporciona el leve color rojizo que actualmente presenta.

En cuanto a los resultados analíticos del control bacteriológico éstos se muestran en la tabla N° 4.3.2.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B PLANTA DE BOMBEO SAN ANTONIO ABAD Nº 1

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 22-08-87 HORA TOMA: 13:36 FECHA RECEPCION: 22-08-87 HORA: 14:30

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 22-08-87 HORA: 14:30

### TABLA Nº 4.3.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PH | 6.41 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 306 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | Nº | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 200 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | < 5 | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 210 | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | < 5 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 25Ø | 850 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 39 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | - | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 0.47 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | - 0.7 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | 554 | Mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | 106 | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | - | Mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 200 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 0.0 | mg/L | - |
| CALCIO | 39.2 | Mg/L | 75 | BORO | - | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 24.8 | Mg/L | 50 | CARBONATOS | 0.0 | mg/L | - |
| SODIO | - | Mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 306 | mg/L | - |
| POTASIO | - | Mg/L | 10 | HIDROXIDOS | 0.0 | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | TRAZAS | Mg/L | 0.05-0.30 | CLORUROS | 74 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | TRAZAS | Mg/L | - | SULFATOS | 43 | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.0 | Mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | 0.04 | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | - | Mg/L | - | SILICE | 131.6 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | Mg/L | 0.01 | FLUORUROS | 0.17 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- Nº: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua ácida y corrosiva para el metal. El Bióxido de carbono elevado es el que origina la anterior característica; el resto de análisis cumplen las normas.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD
DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B PLANTA DE BOMBEO SAN ANTONIO N° 1
PUNTO MUESTREADO: POZO
ZONA: M
MUNICIPIO: SAN SALVADOR
DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR
FECHA TOMA: 22-08-87 HORA TOMA: 13:36
FECHA RECEPCION: 22-08-87 HORA DE RECEPCION: 14:01
FECHA DE ANALISIS: 23-08-87 HORA DE ANALISIS: 14:30
TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

**TABLA N° 4.3.2**
**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACIÓN | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | Mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | 0.0 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIONES: Potable

### 4.3.2 Diagnóstico de los sistemas de producción y captación.

#### 4.3.2.1 Equipo de bombeo.

Dado que tanto la tubería de revestimiento como la rejilla, presentan problemas severos por corrosión y que el pozo fue perforado en el año de 1960, se concluye que la rehabilitación de dicho pozo no es recomendable.

Otros factores que influyen en esta decisión son, la velocidad del agua a la entrada de la rejilla, que sería alta si se quisiera mantener la producción inicial del pozo y le ocasionaría un efecto más severo por corrosión, ya que originalmente, cuando se extraían 50.5 lts/s con la columna inicial de 10.4m de agua, la velocidad de entrada a la rejilla era mayor que los 10 cms/s. Por otra parte, si se mantuviera la velocidad de entrada permisible (3cms/s), con los 4.6m de columna de agua actual, solamente se lograría extraer un caudal de 5.3 lts/s, valor que no justifica la inversión en este pozo; con esto se llega a la conclusión que dicha velocidad tendría que ser elevada para alcanzar un buen caudal, pero con ello se produciría la entrada de material granular que dañaría el equipo, aparte de propiciar los problemas antes descritos. Además, si se considera el factor más determinante, que es la poca columna de agua con que se cuenta (4.6m, después de la limpieza) para la instalación del equipo de bombeo, se ratifica la decisión antes mencionada, aún cuando el acuífero presentaba un abatimiento máximo de 30 cms. con el caudal inicial.

Los datos de velocidades y caudales que se mencionaron anteriormente se calcularon de la siguiente manera:

$$Q = A \times V \qquad (\text{Ec.4.1})$$

Donde:

A: Área abierta de la rejilla, para el caso de tubería ranurada es igual al 4% del área lateral en contacto con el agua ($m^2$).

V: Velocidad de entrada a la rejilla (m/s)

Q: Caudal extraído ($m^3/s$)

Entonces:

La velocidad de entrada del agua en la rejilla, cuando el pozo producía un caudal de 50.5 lts/s y tenía una columna de agua de 10.4m de longitud, es:

$$V = Q/A \Rightarrow A = 0.04\ \Pi DL \Rightarrow D = 12\ \text{pul} = 0.3048\ \text{m}, L = 10.4\text{m}$$

$$A = 0.04\ (\Pi)\ (0.3048)\ (10.4) = 0.398\ m^2$$

$$V = (0.0505 m^3/s)/0.398 m^2 = 0.127\ m/s \cong 12.7\ \text{cms/s}$$

El caudal, si la velocidad de entrada es de 3 cms/s y la columna de agua es 4.6 m, será:

$$A = 0.04\ (\Pi)\ (0.3048)\ (4.6) = 0.1762\ m^2$$

$$Q = (0.03)\ (0.1762) = 0.0053\ m^3/s \cong 5.3\ \text{lts/s}$$

### 4.3.3 Alternativa de solución para la Estacion de Bombeo "San Antonio Abad N° 1".

Como se planteó anteriormente, la rehabilitación de la obra de captación no es factible; quedando como única opción la perforación de otro pozo dentro de las mismas instalaciones, que tenga las siguientes características:

Diámetro = 12"

Profundidad total = 160m

Con un caudal aproximado de explotación de 50lts/s.

El pozo existente servirá como pozo de prueba, de donde se tomarán los datos necesarios para el diseño de la nueva obra de captación.

Siendo lo anteriormente expuesto nuestra conclusión, queda a opción de la ANDA el decidir que acciones tomar en relación con este pozo.

## 4.4 ESTACION DE BOMBEO "SAN ANTONIO ABAD N° 2".

### 4.4.1 Situación actual.

La Planta de Bombeo San Antonio Abad N° 2, se localiza sobre la calle principal San Antonio Abad de la ciudad de San Salvador. Está compuesta por una caseta de control, su respectivo pozo, tuberías y accesorios en general(Ver fig. N° 4.4.a). Dicha planta fue diseñada para bombear directamente a la red, dejó de funcionar aproximadamente en el año de 1998, por falta de un adecuado mantenimiento, tanto en el pozo como en el equipo de bombeo.

El área de influencia correspondiente al pozo, es abastecida actualmente por el sistema Zona Norte.

En estas instalaciones aún permanece un operador cuya labor, actualmente, es prestar vigilancia contínua por razones del vandalismo que impera en la zona.

Este pozo fue perforado por la ANDA, según la Institución, sus características de diseño son las siguientes:

Profundidad total..... 160 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 14"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 143 m

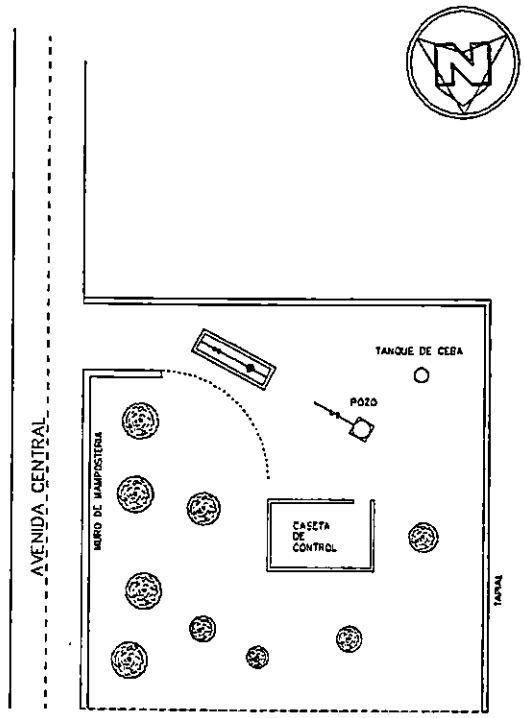
Longitud de la rejilla..... 17 m

Tipo de rejilla. ..... Persiana

Abertura de ranura de la rejilla..... 1/8"

Profundidad del nivel estático..... 141 m

Estas características se observan en la fig. N° 4.4.d.




| SIMBOLOGIA | |
|---|---|
| ····· | TUB. ATERRADA |
| ——— | TUB. VISTA |
| —⋈— | DRESSER |
| —CR— | REDUCTOR |
| —CO— | VALV. DE CONTROL |
| —VT— | VALV. DE CHECK |

| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR U E S | | |
|---|---|---|
| CONTENIDO: ESTACION DE BOMBEO SAN ANTONIO ABAD No 2 | | |
| PRESENTA: LUIS ARTURO CAÑAS MARTIN GARCIA UMANZOR DOUGLAS RICARDO MEJIA | FECHA: AGOSTO/[illegible] | Figura 4.4.a |

**4.4.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.**

**4.4.1.1.1 Caseta de control.**

La caseta de control está compuesta por diversos elementos cuyo estado actual se describe a continuación:

- Paredes exteriores e interiores en buen estado estructural; observándose la pintura deteriorada.
- En el techo se observan algunas piezas de duralita con agujeros y grietas notables.
- El piso, que está constituido de ladrillo de cemento, no presenta daño alguno.
- Las instalaciones eléctricas en el interior de la caseta se encuentran, en su mayor parte, en buen estado a excepción de un interruptor, y falta de unas bombillas para el alumbrado de ésta.
- En las ventanas se observa la falta de algunas piezas de celosía de vidrio; en cuanto a sus defensas metálicas, éstas presentan principios de corrosión.
- La puerta de acceso a la caseta presenta deterioro, al observarse corrosión, por lo consiguiente un mal estado de la pintura.

**4.4.1.1.2 Paneles de control.**

Estos aún se encuentran en las instalaciones de la planta, presentando todos sus elementos, físicamente en buen estado, como se puede apreciar en la Fig. N° 4.4.b.

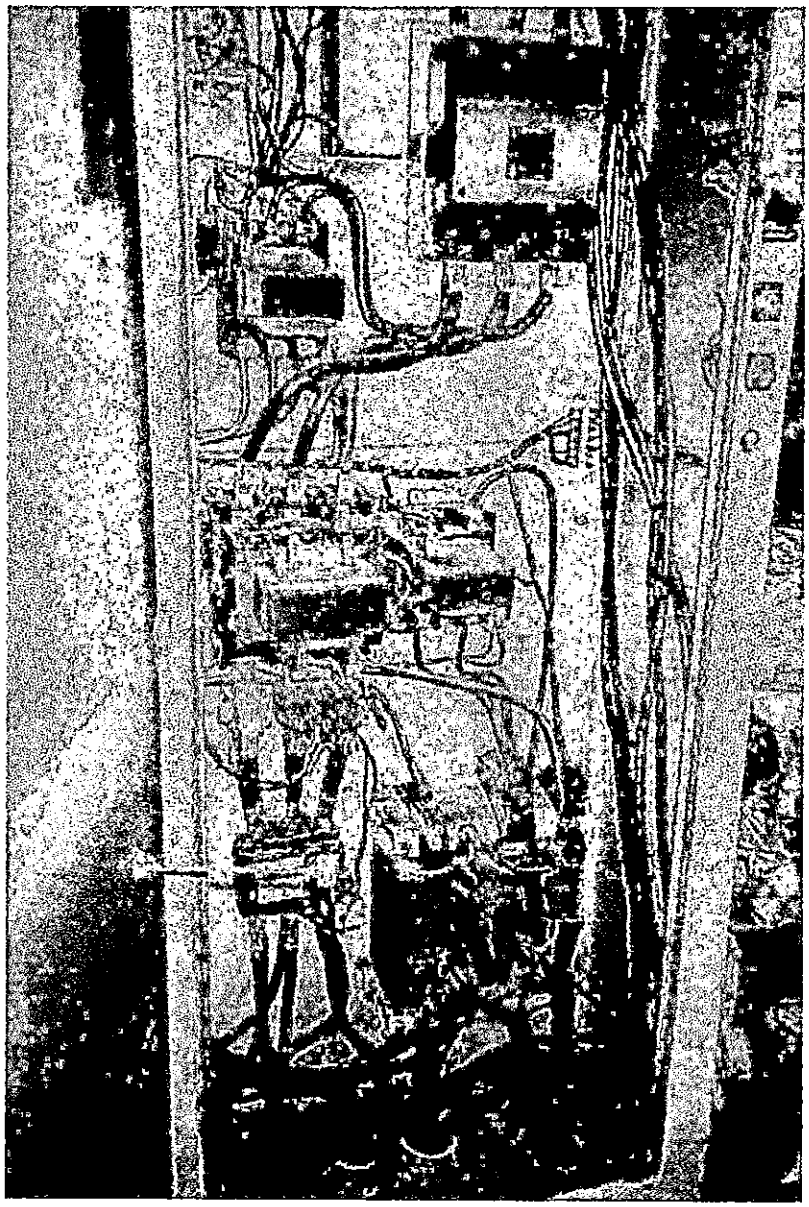


Fig. 4.4.b) Paneles de control correspondiente al equipo de bombeo que operaba al pozo de la Estación de Bombeo "San Antonio Abab N°2".

#### 4.4.1.1.3 Subestación eléctrica.

Esta planta no cuenta con su respectiva subestación eléctrica, ya que la energía eléctrica que ésta demanda, proviene de la subestación de la planta San Antonio Abad N° 1.

### 4.4.1.2 Condición física actual del equipo de bombeo.

El equipo que operaba en el pozo de esta Planta era de eje vertical, desarrollaba una potencia de 250 HP, una velocidad de 1770 RPM y extraía un caudal de 58.1 lts./seg., cuya tubería de succión era de 8 pulgadas de diámetro, siendo desmontado en su totalidad en el año de 1998, por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA (ver fig. N° 4.4.c), encontrándose aún dentro de las instalaciones. La razón principal que justifica el desmontaje, es el daño sufrido, producto de la falta de un mantenimiento preventivo.

En la visita de campo se pudo observar que la tubería de succión se encuentra bastante corroída por acción del intemperismo y bajo estas mismas condiciones se encuentra el motor eléctrico.

### 4.4.1.3 Condición actual del pozo.

El día 12 de Noviembre de 1998 se llevó a cabo la inspección, a través de una videocámara, en el interior del pozo; donde pudo determinarse las siguientes características del mismo:

Profundidad total observada..... 157.0 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla... 14"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 143 m

Longitud de la rejilla..... 14 m

Profundidad del nivel estático..... 143 m

El detalle del pozo se muestra en la fig. N° 4.4.d.

**4.4.1.3.1 Estado de la perforación.**

El estado de la perforación del pozo se mantiene en las mismas condiciones bajo las cuales comenzó a funcionar, ya que no se observó ningún tipo de desmoronamiento en las paredes del pozo; a excepción de un segmento de tubería de 8" de diámetro que se desprendió del Equipo de Bombeo, cuando éste fue desmontado, encontrándose por lo tanto en el fondo del pozo.

**4.4.1.3.2 Estado de la tubería de revestimiento.**

La tubería de revestimiento es de 14" de diámetro, marca Roscoe Moss y fabricada de acero al cobre con un espesor de pared de 3/16".

La inspección de la tubería de Revestimiento a través de la videocámara se realizó el día 12 de noviembre de 1998, encontrándose en buen estado, únicamente se observa un leve descascaramiento en sus paredes, que en sí, no la afecta estructuralmente. La longitud total de la tubería, es de 143 m, y el fenómeno antes descrito se mantiene a lo largo de toda su longitud.

**4.4.1.3.3 Estado de la rejilla.**

La rejilla es de la misma marca y aleación química que la correspondiente tubería de revestimiento. Su inspección tuvo lugar en la misma fecha que esta última, presentando un leve descascaramiento en sus paredes y sus aberturas se encuentran parcialmente obstruidas por la concentración de hierro y manganeso en el agua; no pudo observarse el tramo de rejilla comprendido entre las profundidades (157.0-160)m, porque *impidió el paso de la videocámara, una sección de la tubería que* se encuentra en el fondo del pozo.

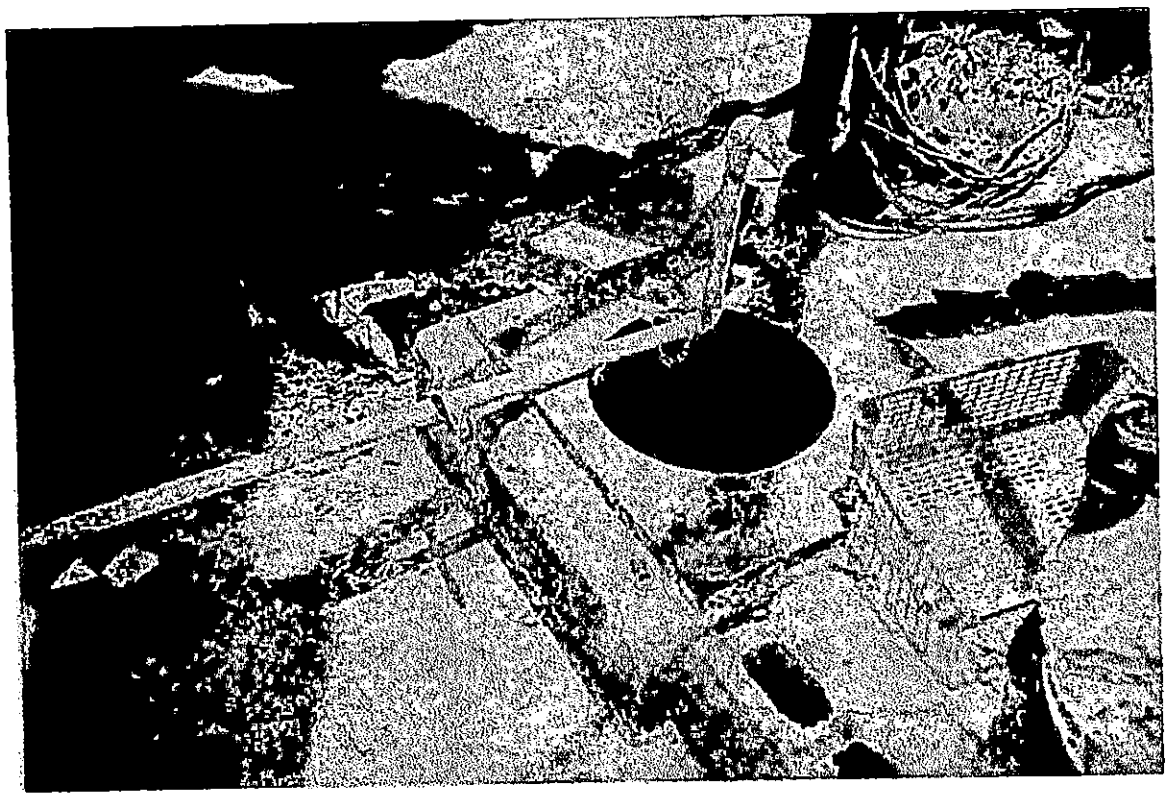
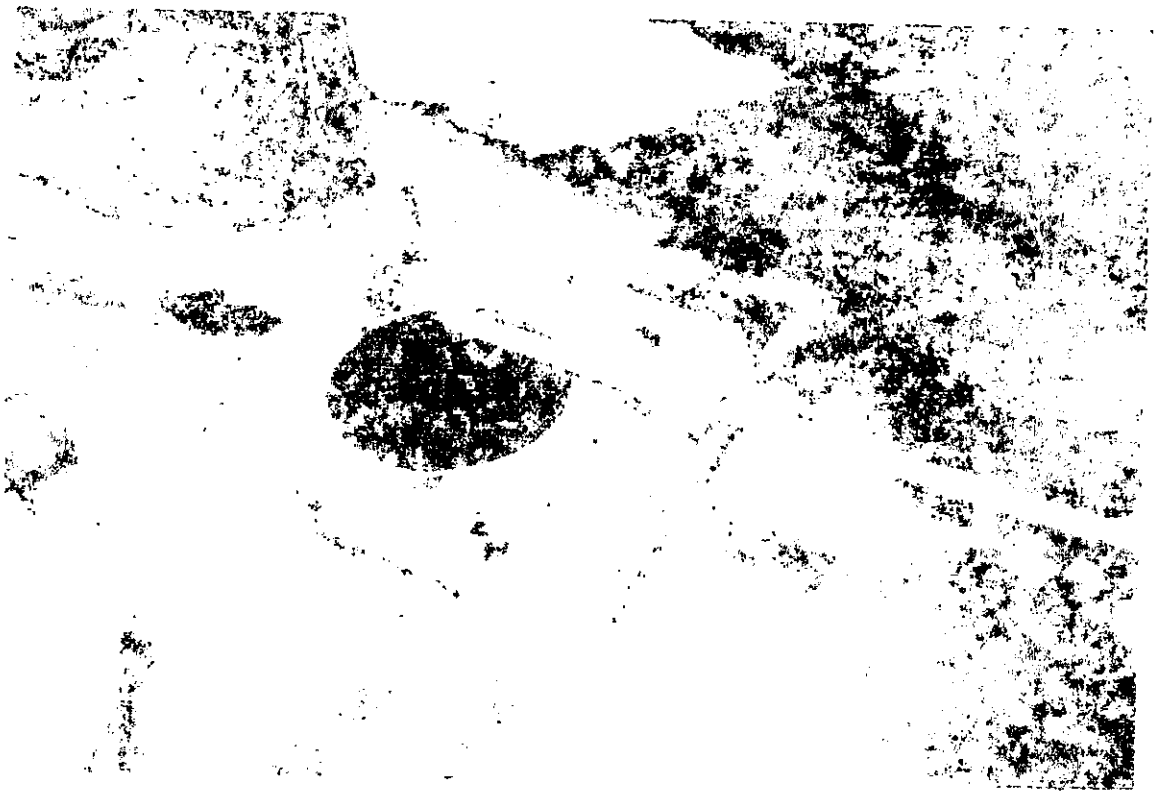


Fig. N°4.4.c) Esta figura muestra la superficie del pozo, también se observa la tubería que servía para cebar el equipo de bombeo.



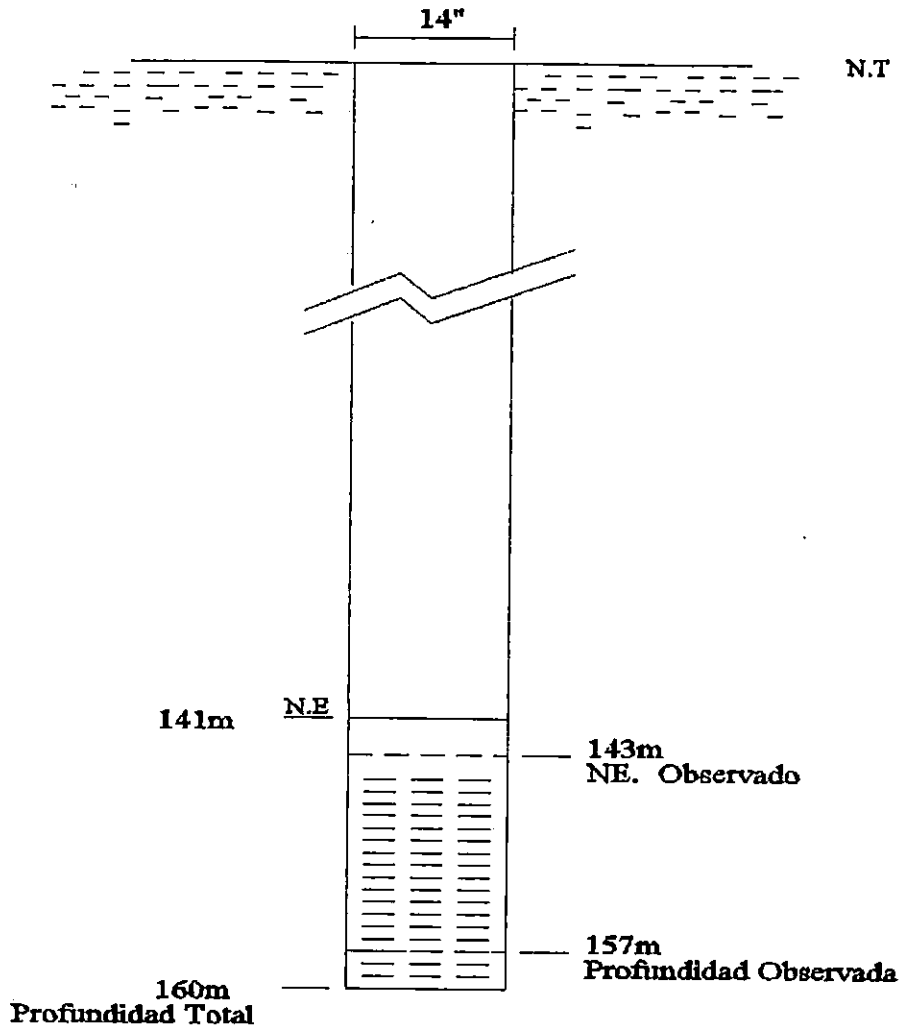



Fig. N°4.4.d Características de diseño y actuales del pozo perteneciente a la Planta "San Antonio Abad N°2", según inspección realizada el día 12 de Noviembre de 1998

**4.4.1.4 Calidad del agua.**

Las características físico-químicas y bacteriológicas del agua pertenecientes a este pozo se muestran en las tablas (N°4.4.1 y N°4.4.2.).

Ocupándonos del efecto que el agua tiene sobre el metal, el análisis físico-químico nos indica que es ácida y corrosiva, como lo demuestran los siguientes parámetros: su pH es menor que 7.0 (6.29), la conductividad eléctrica es alta (935 µohms/cm), el Indice de Langelier es de -0.778 y el Bióxido de Carbono es elevado (292 mg/l).

Actualmente el agua presenta un color aceptable.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B SAN ANTONIO ABAD N° 2, C. PPAL, SAN ANTONIO ABAD

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 13-12-96 HORA TOMA: 14:00 FECHA RECEPCION: 14-12-96 HORA: 08:00

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 14-12-96 HORA: 08:15

### TABLA N° 4.4.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA OMS/OPS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PH | 6.29 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 294.0 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 219.0 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | 0.0 | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 292.0 | mg/L | SRD |
| COLOR APARENTE | 0.0 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 25Ø | 935.0 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 34.0 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.0 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 0.61 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | -0.778 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | 75.0 | mg/L | SRD |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | 0.0 | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 219.0 | | SRD |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 0.0 | mg/L | SRD |
| CALCIO | 54.40 | mg/L | 75 | BORO | 0.0 | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 20.16 | mg/L | 50 | CARBONATOS | 0.0 | mg/L | SRD |
| SODIO | | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 294.0 | mg/L | SRD |
| POTASIO | | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | 0.0 | mg/L | SRD |
| HIERRO TOTAL | N.D | mg/L | 0.05-0.30 | CLORURUS | 68.5 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | | mg/L | - | SULFATOS | 43.3 | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.08 | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | 1.0 | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | 0.08 | mg/L | - | SILICE | 134.77 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | mg/L | 0.01 | FLUORUROS | 0.29 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | | mg/L | SRD |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua ácida y corrosiva para el metal. El Bióxido de carbono elevado origina dichas características; el resto de parámetros cumplen con las normas.

- SRD: Sin Rango Definido

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B SAN ÁNTONIO ABAD N°2, C. PPAL, SAN ANTONIO ABAD

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 13-12-96 HORA TOMA: 14:00

FECHA RECEPCION: 14-12-96 HORA DE RECEPCION: 08:00

FECHA DE ANALISIS: 14-12-96 HORA DE ANALISIS: 08:15

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS: TUBOS MULTIPLES

**TABLA N° 4.4.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | 0.0 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIONES: Agua apta para el consumo humano.

### 4.4.2 Diagnóstico de los sistemas de producción y captación.

#### 4.4.2.1 Equipo de bombeo.

Como se explicó en la situación actual, este equipo se desmontó completamente en el año de 1998, pero al dejar sus elementos expuestos a la intemperie, estos han sufrido daños severos por corrosión, quedando como única opción la instalación de un nuevo equipo de bombeo.

A pesar que el nivel estático ha descendido únicamente 2 mts. (ver fig. N° 4.4.d), y que en la actualidad solo se cuenta con una columna de agua de 14m (143m-157m), por causa del segmento de tubería que hay en el fondo del pozo, este puede seguir siendo explotado, si las características del acuífero se mantienen, por un equipo cuya capacidad sea la misma que el que operaba inicialmente (250 HP), acomodándose su instalación a la nueva columna de agua. Según datos del Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA, el equipo inicialmente tenía una longitud de tubería de succión igual a los 153m, necesitándose para este caso una reducción de 3.0m en su longitud inicial. "El abatimiento máximo de este pozo, cuando se extraía el caudal inicial (58.1Lts./seg.), era de 30cms."*, por lo que es permisible la instalación de la bomba con una longitud de tubería de succión de 150m; además con este abatimiento, la rejilla tendría una longitud efectiva de 13.7m y por eso se hace necesario chequear también la velocidad de entrada del agua a la rejilla para saber si se puede acelerar el proceso de corrosión

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Pozos.

e incrustación en las aberturas de la rejilla, dichos cálculos se muestran a continuación:

$Q = V \times A \Rightarrow V = Q/A$

Donde:

Q: Caudal en $m^3$/seg.

A: Area efectiva ($m^2$), para rejilla tipo persiana con abertura de 1/8", marca Roscoe Moss, es el 8.8% del área lateral en contacto con el agua.

Entonces:

$A = \Pi \times D \times L \Rightarrow D = 14" \cong 0.3556m$, $L = 13.70m$.

$Q = 0.0581\ m^3/seg.$

$V = 0.0581/(0.088 \times \Pi \times 0.3556 \times 13.7) \cong 4.3cms./seg.$

Con este valor de velocidad, puede extraerse del acuífero el caudal inicial, ya que no se estaría acelerando el problema por corrosión e incrustación en las aberturas de la rejilla, como lo harían velocidades altas.

**4.4.2.2 Tubería de revestimiento.**

Es notable el hecho de que el agua de este pozo es ácida y corrosiva para el metal, pero aún bajo estas condiciones la tubería presenta, únicamente, un leve descascaramiento en sus paredes, que en sí no la afectan estructuralmente; según lo expuesto, la tubería puede seguir siendo utilizada por un período de tiempo de aproximadamente (6-10) años, previo a su rehabilitación será necesario hacerle una limpieza.

**4.4.2.3 Rejilla.**

Tomando en cuenta que la rejilla ya muestra indicios de problemas por corrosión, que su espesor es de 3/16" y además presenta incrustación parcial en sus aberturas; después de efectuarse una limpieza en ésta, con el objeto de maximizar su capacidad transmisora, quedará expuesta a un ataque más severo por corrosión, ya que con esto se propiciará que el leve descascaramiento que sufre la rejilla actualmente sea un poco más severo, quedando expuesta a sufrir un aumento en sus aberturas en un corto período de tiempo por la acción del agua.

De acuerdo con lo expuesto, se recomienda que la rejilla sea reutilizada por un período máximo de 6 años; pasado este período de tiempo la ANDA, si lo estima conveniente, puede realizar una nueva inspección visual en el interior del pozo para verificar si el tamaño de las aberturas ha experimentado un aumento y cuán considerable es para seguir o no utilizándola en base a la gradación del material que rodea a la rejilla.

**4.4.2.4 Calidad del agua para consumo humano.**

El agua es apta para consumo humano, según los análisis físico-químicos y bacteriológicos (tablas N° 4.4.1 y N° 4.4.2); actualmente presenta un leve color rojizo, que será eliminado al bombearla durante el proceso de limpieza del pozo, con esto se alcanzarán las condiciones de potabilidad iniciales del agua.

**4.4.3 Altenativa de solución para los sistemas de producción y captación.**

El equipo de bombeo de este pozo se recomienda conforme al que anteriormente operaba; tendrá las siguientes características principales:

EQUIPO DE BOMBEO DE EJE VERTICAL (Lubricado por agua).

Motor:

-Potencia..... 250 HP.

-Velocidad angular..... 1770 RPM

-Voltaje..... 460 Voltios

Turbina:

-Longitud de la tubería de succión..... 150m(493')

-Diámetro de la tubería de succión..... 8"

-Número de impulsores..... 9

"Este equipo de bombeo está diseñado para extraer un caudal de 58.1Lts./seg., bajo una carga dinámica de 195.07m(640') y con un tiempo de bombeo de 20 horas"*.

En cuanto a la limpieza que se efectuará en este pozo, consistirá en la aplicación de químicos, así como en la utilización del cepillado; ya que se realizará tanto para la tubería como la rejilla. Los pasos a seguir serán los siguientes:

1) Transportar e instalar una máquina de perforación por percusión en el lugar a utilizar.

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Electricidad y Bombas.

2) Realizar el adapte del cepillo metálico a la máquina perforadora e introducirlo, moviéndolo hacia arriba y abajo, hasta una profundidad de 143m; esto se realizará con el objeto de desprender el material descascarado en las paredes de la tubería de revestimiento, para que de esta forma se pueda evitar la sedimentación del material en el fondo del pozo.

3) Retirar el equipo que contiene el adapte del cepillo metálico, después de un período mínimo de 15 horas de operación continua.

4) Aplicación del químico, según el paso N°2 descrito en el numeral 4.1.3. Ahora, como las condiciones son distintas, el cálculo del químico a utilizar será el siguiente:

   Datos del pozo:

   Diámetro = 14"

   Longitud de la columna de agua disponible = 14m (45.93')

   Para este caso se utilizarán 20 Lbs./10 pies de agua, es decir, 2Lbs./pie (ver Anexo N° 2).

   De manera que la cantidad de DPA será:

   Dosificación =(2Lbs./pie)x(45.93pies)= 91.86 Lbs. de DPA.

   =1.84 Bolsas de DPA.

5) Instalar un equipo de bombeo, para proceder al desalojo del agua turbia, resultado de la limpieza efectuada, hasta que ésta puede alcanzar una apariencia cristalina. Si los sedimentos originados por el material desprendido a través del cepillado no pudieran evacuarse solo por el bombeo será

necesario recurrir a la cuchara arenera y así garantizar que el área de captación se mantenga abierta en su mayor parte.

6) Instalar el equipo de bombeo recomendado para la operación del pozo(ver fig. N° 4.4.e).

Debido a que en esta estación de bombeo no existe una caseta de cloración, se recomienda su diseño, ya sea a través de un hipoclorador de calcio o por cloro-gas (ver Anexos N°3), de manera que el agua sea tratada adecuadamente y reuna los requisitos de potabilidad requeridos, antes de ser distribuida a aquellos lugares que se considere forman parte de las zonas de influencia a servir.

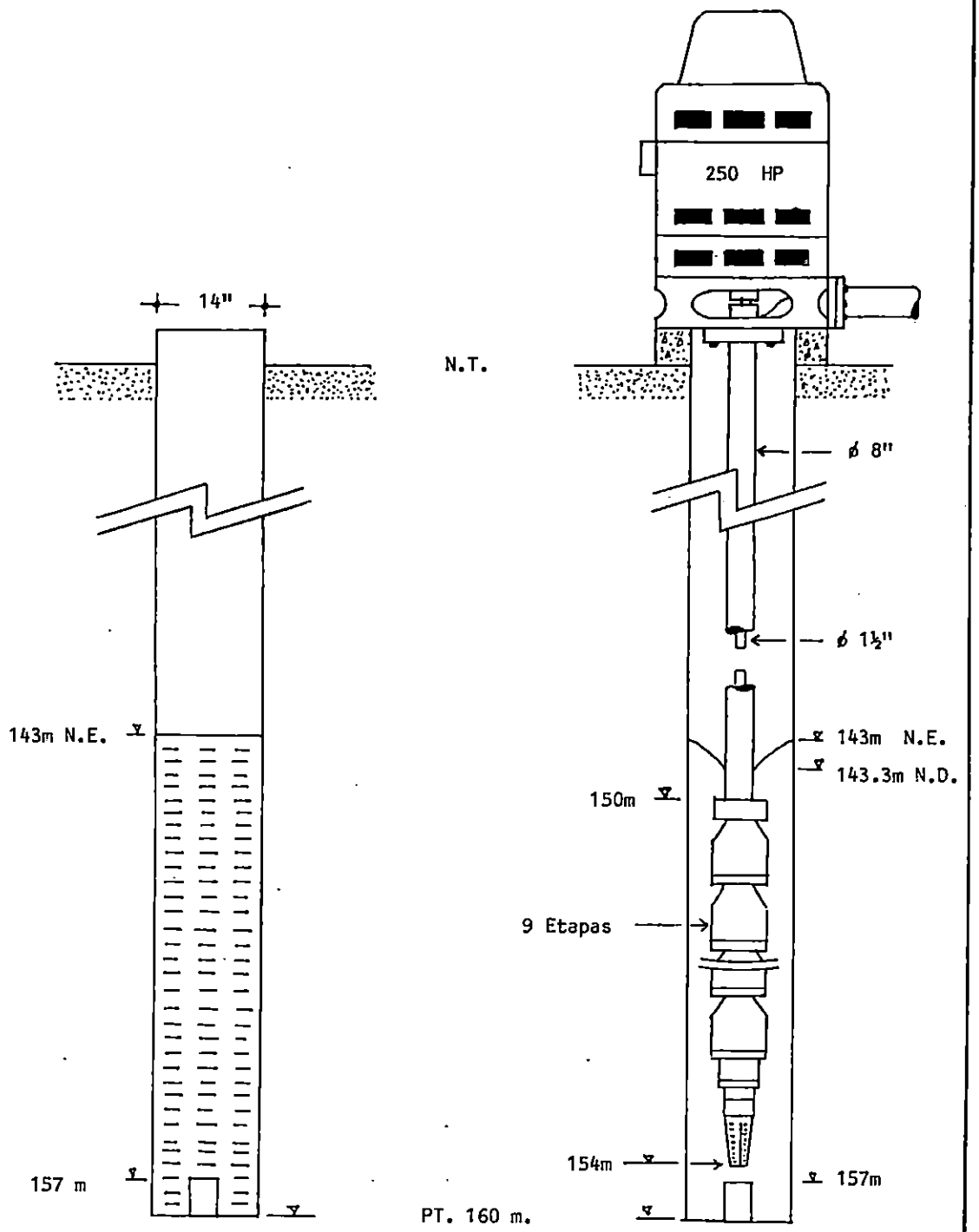



Fig. 4.4.e) Instalación del equipo de bombeo según las condiciones actuales del pozo de la Estación " San Antonio Abad N° 2".

## 4.5 ESTACION DE BOMBEO "LA CAMPESTRE".

### 4.5.1 Situación actual.

Se encuentra ubicada entre las Avenidas Víctor Mejía Lara y Masferrer de la colonia La Campestre de la ciudad de San Salvador. Está compuesta por: caseta de control, tanque de almacenamiento con una capacidad de 785.40 $m^3$, dos equipos de rebombeo, subestación eléctrica, su respectiva obra de captación (pozo); así como tuberías y accesorios en general(Ver fig. N° 4.5.a). El tanque actualmente recibe agua del sistema Zona Norte y abastece la colonia La Campestre y lugares aledaños. Anteriormente el agua que se extraía del pozo se bombeaba al tanque y de aquí se rebombeaba a la red.

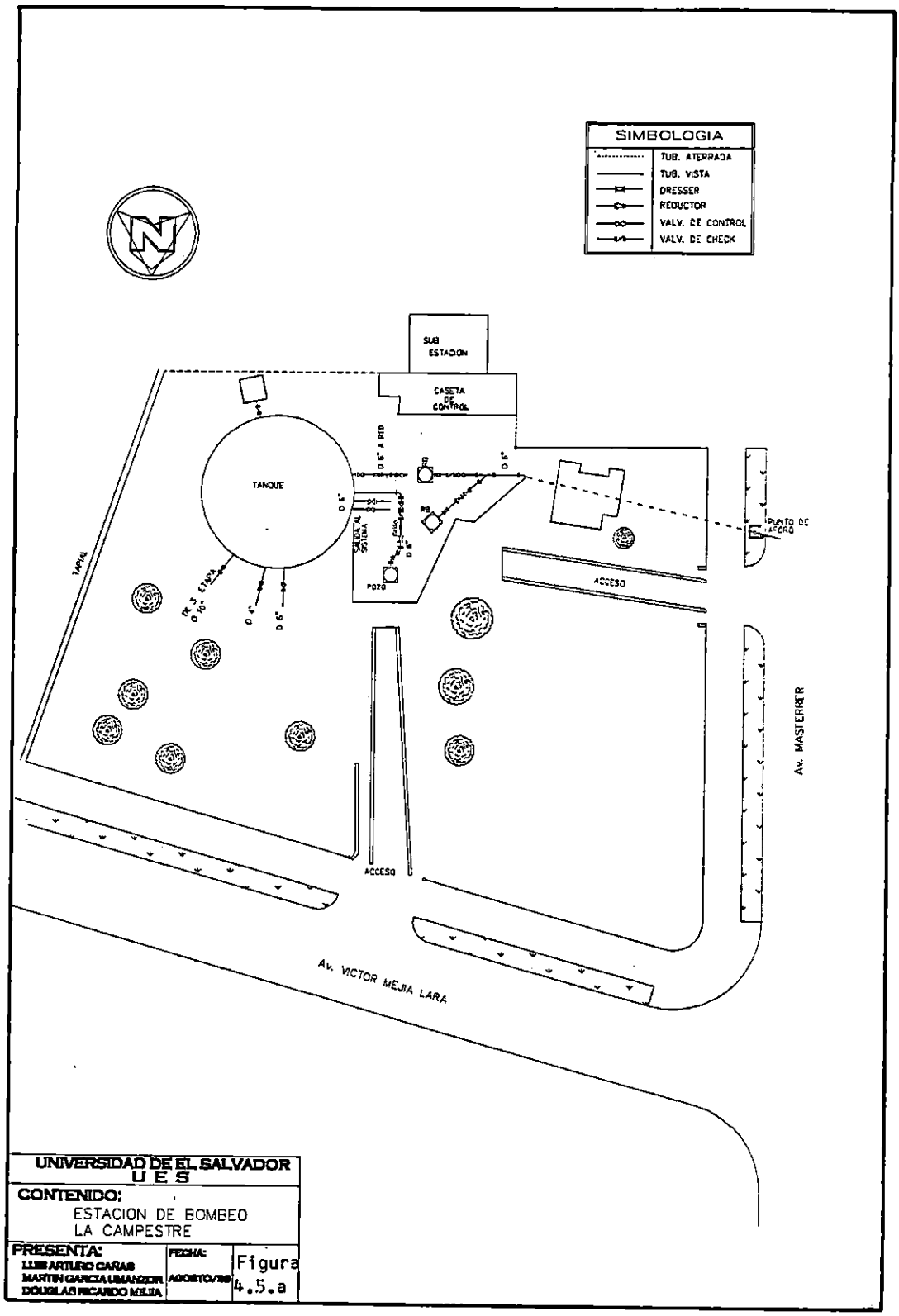
#### 4.5.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.

##### 4.5.1.1.1 Caseta de control.

Todo lo concerniente a la caseta de control, tanto su estado estético como estructural; puede resumirse que están en excelentes condiciones.

##### 4.5.1.1.2 Paneles de control.

Los dos que se encuentran en buen estado son aquellos que pertenecen al sistema de rebombeo; los pertenecientes al pozo se encuentran desconectados y se observan en buen estado físico.




UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
U E S

CONTENIDO:
ESTACION DE BOMBEO
LA CAMPESTRE

PRESENTA:
LUIS ARTURO CAÑAS
MARTIN GARCIA UMANZOR
DOUGLAS RICARDO MEJIA

FECHA:
AGOSTO/98

Figura 4.5.a

#### 4.5.1.1.3 Subestación eléctrica.

Se observa en buen estado, compuesta básicamente de tres transformadores de 75 KVA cada uno, esto se debe a la operatividad actual de los equipos de rebombeo.

### 4.5.1.2 Condición física actual de los equipos de bombeo.

El equipo de bombeo perteneciente al pozo fue desmontado por el Departamento de Electricidad y Bombas, en el año de 1998 (ver fig.N°4.5.b), encontrándose instalados y en buen funcionamiento, dos equipos correspondientes al sistema de rebombeo, uno con capacidad de 60 HP y otro con 50 HP de potencia, son de eje vertical y compuestos por tres etapas (3 impulsores).

### 4.5.1.3 Condición actual del pozo.

Según inspección efectuada, en el interior del pozo, el día 2 de septiembre de 1999, a través de la videocámara, se pudieron determinar las siguientes características:

Profundidad total observada..... 167.34 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 12"y10"*

Longitud de la tubería de revestimiento y rejilla..No pudieron determinarse

Profundidad del nivel estático..... 143.26 m

Estas características se observan en la figura N° 4.5.c.

*NOTA:La tubería de revestimiento de 12", se localiza desde los 0.0m - 76.2m y desde este punto comienza con el Ø 10", sin conocerse hasta qué profundidad, por problemas de visibilidad.

**4.5.1.3.1 Estado de la perforación.**

No se determinó ningún problema en cuanto a la perforación se refiere, por lo menos hasta la profundidad observada (167.34 m)

**4.5.1.3.2 Estado de la tubería de revestimiento.**

El tramo de tubería observada (de 0.0 m a 143.26 m) se encuentra en condiciones aceptables. Se aprecia una reducción de diámetro de 12" a 10"; a la profundidad de 76.2 m.

**4.5.1.3.3 Estado de la rejilla.**

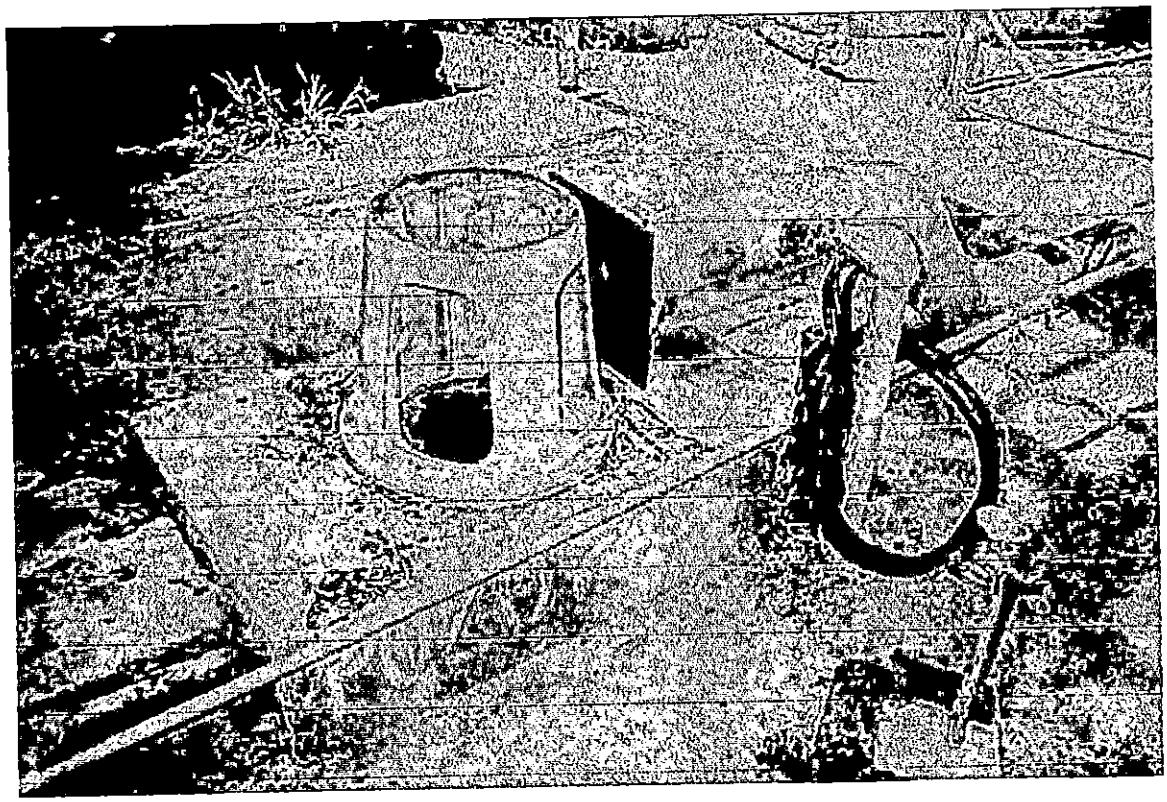
La inspección se realizó hasta una profundidad de 167.34 m (24.08 m bajo el nivel estático), pero por la turbidez del agua, ocasionada principalmente por materia orgánica, no fue posible determinar el estado actual de la rejilla.

**4.5.1.4 Calidad del agua.**

Las características físico-químicas y bacteriológicas del agua pertenecientes a este pozo, se muestran en las tablas N° 4.5.1 y N° 4.5.2.

El efecto que el agua tiene en el metal, es una ligera tendencia a ser incrustante y poco corrosiva, así lo demuestran los siguientes parámetros: su pH es 7.07, hierro total 0.25 mg/l, una dureza total de 168 mg/l, etc., esto demuestra la ligera tendencia del agua a ser incrustante o a causar una leve deposición de sales y minerales de hierro.

En cuanto a lo poco corrosiva que el agua es para el metal, nos lo indica el Indice de Langelier, cuyo valor es de -0.21, la conductividad eléctrica (840 µohms/cm), etc.



N°4.5.b) En esta figura puede observarse el estado en que se encuentra el pozo superficialmente, además puede apreciarse que el equipo de bombeo ha sido desmontado.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B LA CAMPESTRE

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: C DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 04-02-96 HORA TOMA: 11:00 FECHA RECEPCION: 04-02-96 HORA: 13:50

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 04-02-96 HORA: 14:15

### TABLA N° 4.5.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PH | 7.07 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 256 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 168 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | 1 | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | - | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | 2 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 25Ø | 840 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 38 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.0 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 2.6 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | -0.21 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | - | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | - | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | - | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 168 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 0.0 | mg/L | - |
| CALCIO | 36.8 | mg/L | 75 | BORO | - | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 18.5 | mg/L | 50 | CARBONATOS | 0.0 | mg/L | - |
| SODIO | - | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | - | mg/L | - |
| POTASIO | - | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | - | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | 0.25 | mg/L | 0.05-0.30 | CLORUROS | 89 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | 0.10 | mg/L | - | SULFATOS | 35 | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | 0.0 | mg/L | - | SILICE | 154 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | mg/L | 0.01 | FLUORUROS | 0.35 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua ligeramente de carácter incrustante; los demás parámetros están dentro de la norma.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B LA CAMPESTRE

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: C

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 28-01-93 HORA TOMA: 15:25

FECHA RECEPCION: 29-01-93 HORA DE RECEPCION: 08:00

FECHA DE ANALISIS: 29-01-93 HORA DE ANALISIS: 08:15

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

### TABLA N° 4.5.2
### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 – 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | <1.1 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIONES: Agua potable.

### 4.5.2 Diagnóstico y alternativa de solución.

En el pozo de esta Estación, se realizó la inspección visual por medio de la videocámara, pero no se obtuvieron los resultados esperados, solo se observó la condición en la que se encuentra la tubería de revestimiento, desconociéndose por completo el estado actual de la rejilla, siendo ésta la razón principal por lo que no se podrán realizar el diagnóstico y su correspondiente alternativa de solución.

Las condiciones en que se encuentra la rejilla sólo podrían suponerse, tomando como base la calidad del agua, de esta forma, no puede garantizarse que dichas condiciones sean las mismas que experimenta actualmente.

## 4.6 ESTACION DE BOMBEO "LA CIMA N°1".

### 4.6.1 Situación actual.

La Planta de Bombeo La Cima N°1, se encuentra ubicada en la Calle Principal de la Urbanización La Cima primera etapa de la Ciudad de San Salvador. Está constituida por los siguientes elementos: caseta de control, subestación eléctrica, su respectiva obra de captación (pozo), así como también tuberías y accesorios en general (ver fig. N° 4.6.a).

En esta Planta aún permanece el operador y su labor en la actualidad es proporcionar vigilancia en general, con el objeto de que ésta no se encuentre completamente abandonada, tomando en cuenta que dejó de operar en el año de 1994 por baja producción del pozo.

El pozo de esta Planta fue perforado en el año de 1984 por la Compañía Pozos y Riegos, S.A. de C.V. y sus características de diseño son las siguientes:

Profundidad total..... 195.0 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla... 8"

Longitud de la tubería de revestimimento..... 150.0 m

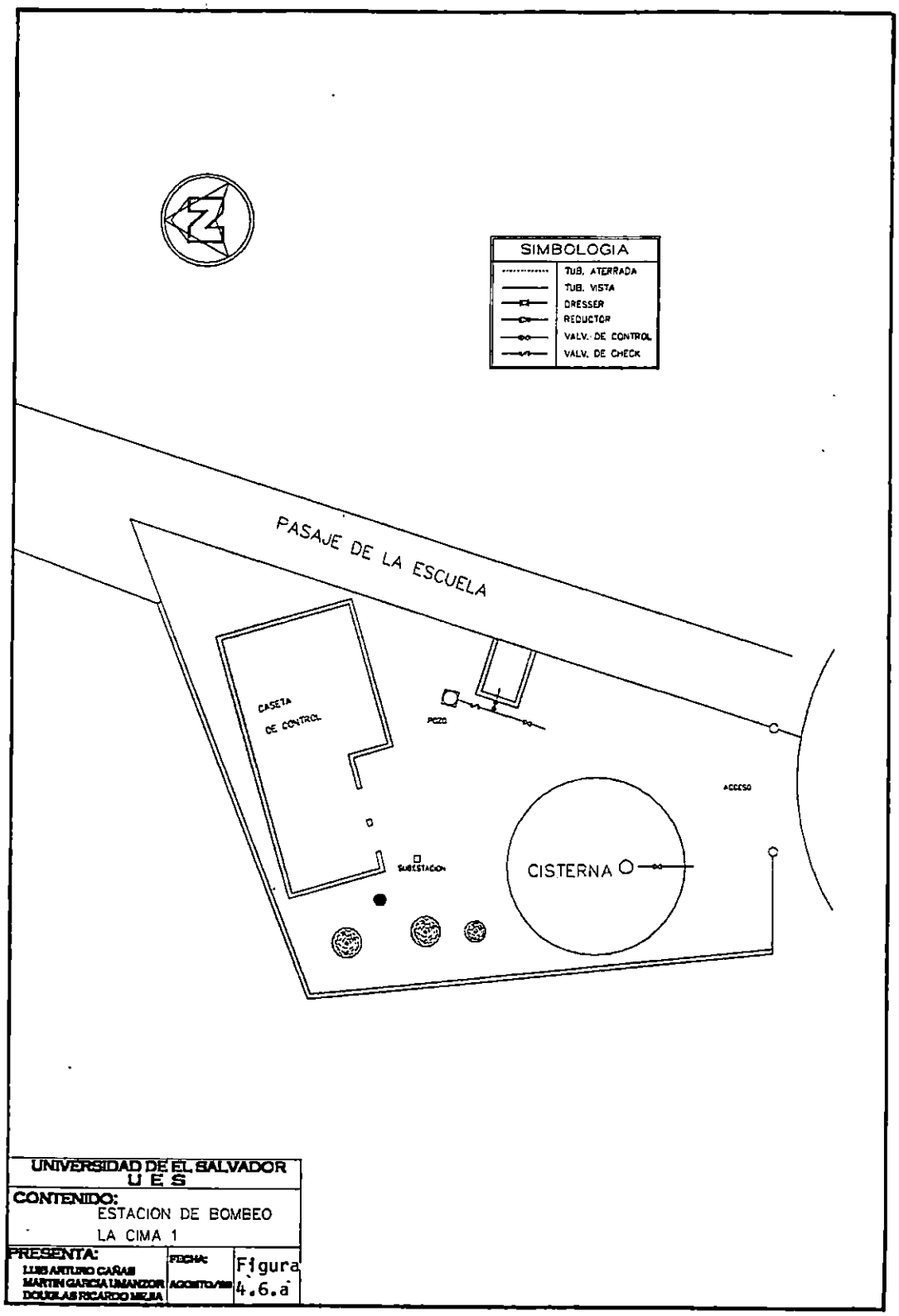
Longitud de la rejilla..... 45.0 m

Tipo de rejilla..... Persiana

Abertura de ranura de la rejilla..... 5/32"

Profundidad del nivel estático..... 164.3 m

Estas características se pueden apreciar en la fig. N°4.6.d.


SIMBOLOGIA
TUB. ATERRADA
TUB. VISTA
DRESSER
REDUCTOR
VALV. DE CONTROL
VALV. DE CHECK
PASAJE DE LA ESCUELA
CASETA DE CONTROL
POZO
ACCESO
SUBESTACION
CISTERNA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
U E S
CONTENIDO:
ESTACION DE BOMBEO
LA CIMA 1
PRESENTA:
LUIS ARTURO CAÑAS
MARTIN GARCIA UMANZOR
DOUGLAS RICARDO MEJIA
FECHA:
AGOSTO/98
Figura 4.6.a

#### 4.6.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.

##### 4.6.1.1.1 Caseta de control.

El estado actual que presenta la caseta de control se describe a continuación:

- Paredes exteriores e interiores no muestran grietas, sin embargo se encuentran sucias y despintadas.
- Techo de duralita muestra deterioro en algunas de sus piezas, con agujeros.
- El piso de ladrillo de cemento se observa en buenas condiciones.
- Los accesorios que forman parte de las instalaciones eléctricas se observan en buen estado físico, notándose únicamente la ausencia de algunas bombillas.
- Las ventanas no cuentan con algunas de sus respectivas piezas de celosía de vidrio y también falta defensa metálica.
- Las puertas de acceso al interior de la caseta son metálicas y se encuentran en condiciones aceptables, presentando simplemente un leve deterioro en su recubrimiento de pintura.

##### 4.6.1.1.2 Paneles de control.

Los paneles de control que actualmente se encuentran en esta estación de bombeo son los que controlaban el funcionamiento de los equipos de bombeo pertenecientes al pozo. Esta cuenta con todos sus elementos, físicamente en buen

estado, pero desconectados de la alimentación eléctrica proveniente de la subestación (ver fig N° 4.6.b).

#### 4.6.1.1.3 Subestación Eléctrica.

Las instalaciones están provistas de su respectivas subestación eléctrica, siendo el caso particular que, en la actualidad, aún se encuentra conectada a la red de servicio eléctrico, manteniéndose en el lugar sus dos transformadores, cuya capacidad por unidad es de 50 KVA; también cuentan con sus accesorios eléctricos ; según la inspección visual se encuentran en buenas condiciones físicas.

### 4.6.1.2 Condición física actual de los equipos de bombeo.

El pozo que se encuentra en esta Planta cuenta con su equipo de bombeo de tipo sumergible(ver fig. N° 4.6.c), que desarrolla 20 HP de potencia, con una velocidad de 3500 RPM, diseñado para bombear 11.35 lts./seg. Este fue sustituido en el año de 1993 por otro equipo de iguales características, operando únicamente un año; encontrándose actualmente en buenas condiciones operacionales. En lo que respecta al equipo que se utilizaba en el rebombeo, tenía una capacidad de 20 HP, era del tipo eje vertical y fue retirado por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA.

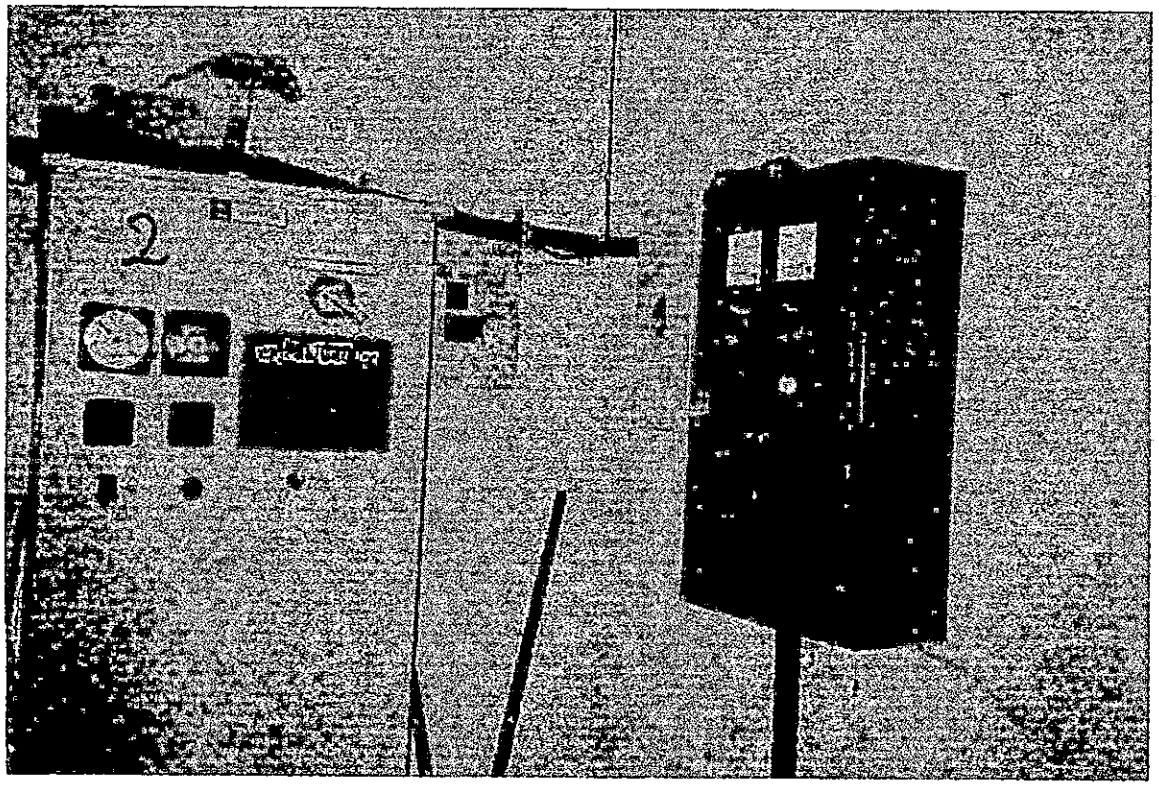


Fig. N°4.6.b) Paneles de control correspondientes a los equipos de bombeo y rebombeo de la Estación de Bombeo "La Cima N°1".

Fig.N°4.6.c) Esta figura muestra la tubería de descarga y sus accesorios, conectada, al equipo de bombeo de tipo sumergible.

#### 4.6.1.3 Condición actual del pozo.

Según inspección visual efectuada el día 20 de marzo de 1999, el pozo muestra las siguientes características:

Profundidad total observada..... 168.9 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 8"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 147.0 m

Longitud de la rejilla observada..... 21.9 m

Profundidad del nivel estático..... 161.3 m

Las características mencionadas anteriormente, son solamente aquellas que fue posible observar a través de la inspección por videocámara, hasta una pequeña profundidad dentro del nivel estático; la turbidez actual del agua no permitió observar el estado de los elementos dentro de ésta. El detalle del pozo se muestra en la fig. N° 4.6.d.

##### 4.6.1.3.1 Estado de la Perforación

Este pozo presenta una buena verticalidad, según información proporcionada por el Departamento de Pozos de la ANDA. No pudo observarse si existen o no sedimentos en el fondo del pozo, por causa de la turbidez del agua.

##### 4.6.1.3.2 Estado de la tubería de revestimiento.

La tubería de revestimiento de este pozo está fabricada de acero al cobre marca (Roscoe Moss), tiene una longitud de 150m su diámetro interior es uniforme hasta la profundidad que se

logró observar (168.9 m), con un espesor de pared de 3/16". De la longitud total de la tubería solamente se observan 147m; éstos se distribuyen en cuatro segmentos (ver fig. N° 4.6.d), quedando sin observarse el comprendido entro los (177-180)m de profundidad. Los tramos visualizados se encuentran en buen estado, según inspección realizada, esto a pesar de que el agua es poco corrosiva para el metal.

No se observó el resto de la tubería por la condición del agua, que presenta un color rojizo. Sin embargo, se espera que esta se encuentre en similares condiciones que la tubería vista.

**4.6.1.3.3 Estado de la rejilla.**

La rejilla instalada en el pozo es de la misma marca y aleación química que la tubería de revestimiento, con aberturas en sus ranuras de 5/32".

Únicamente se pudo determinar el estado de dos tramos completos de un segmento comprendido entre (156-168.9)m y según se observó se encuentra en estado aceptable. El tramo de rejilla observado que está en contacto con el agua, comprendido entre las profundidades 161.3m y 168.9m no se ve afectado por la acción corrosiva del agua y no presenta un problema mayor que la deposición de óxido de hierro en sus aberturas.

Las condiciones del tramo de rejilla que se encuentra bajo el nivel estático no se pudieron verificar, debido a la falta de visibilidad en el agua, sin embargo, se supone que este tramo

debe presentar un estado similar al visto, ya que está expuesto a las mismas condiciones.

#### 4.6.1.4 Calidad del agua.

El agua de este pozo muestra ser levemente corrosiva para el metal, con color rojizo, debido a las concentraciones del hierro; esto según los resultados arrojados por el examen físico-químico (ver tabla N° 4.6.1), donde puede observarse un valor del pH de 6.76, ligeramente menor que el valor neutro de 7.0 y el Indice de Langelier de -1.40 refuerza la condición expuesta anteriormente. También, se muestran los resultados del análisis bacteriológico (ver tabla N° 4.6.2).

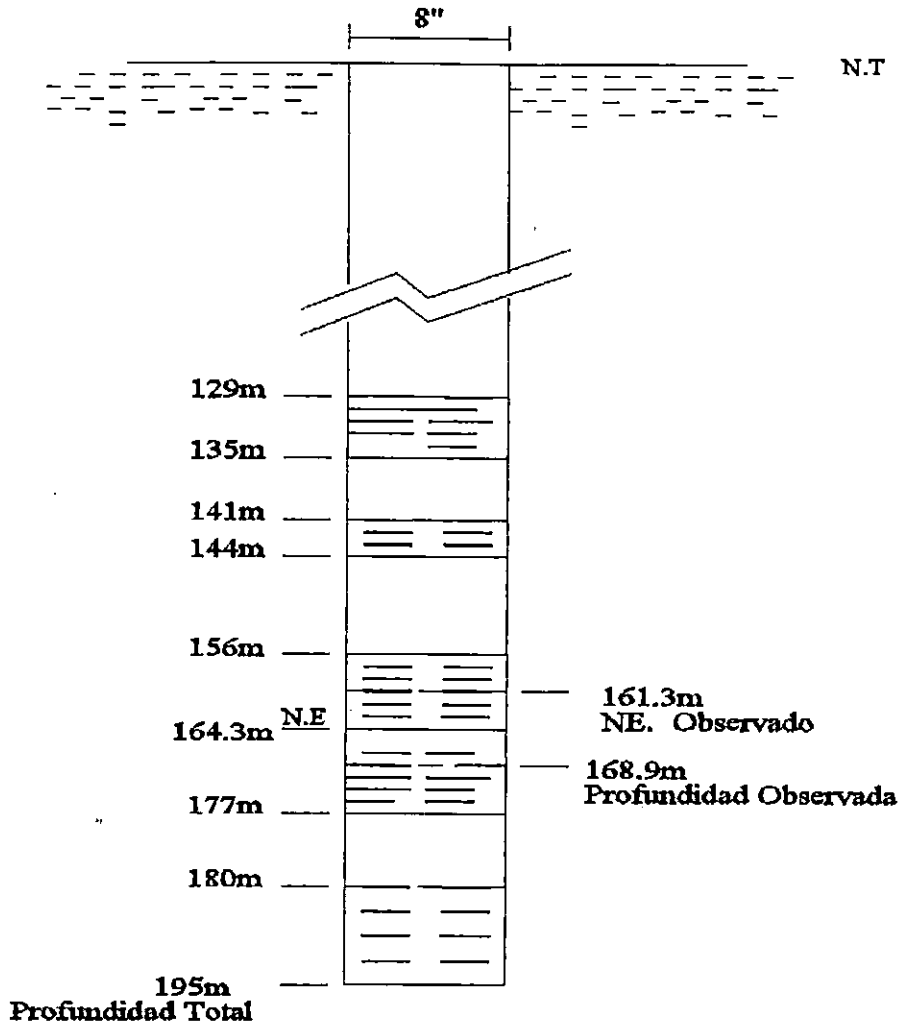



Fig. N°4.6.d Características de diseño y actuales del pozo perteneciente a la Planta "La Cima N°1", según inspección realizada el día 20 de marzo de 1999.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B LA CIMA I, URB. LA CIMA I, CALLE PPAL.

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 07-10-93 HORA TOMA: 10:30 FECHA RECEPCIÓN: 08-10-93 HORA: 11:00

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 08-10-93 HORA: 11:30

### TABLA N° 4.6.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 6.76 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 110 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 84 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | - | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 38.08 | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | < 5 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 25Ø | 230 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 26 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.0 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 0.3 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | -1.404 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | - | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | 26 | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | 115 | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 84 | | - |
| | | | | DUREZA.NO CARBONATI. | 0.0 | mg/L | - |
| CALCIO | 19.20 | mg/L | 75 | BORO | 0.0 | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 8.74 | mg/L | 50 | CARBONATOS | 0.0 | mg/L | - |
| SODIO | - | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 110 | mg/L | - |
| POTASIO | - | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | 0.0 | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.05-0.30 | CLORURUS | 3 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | - | mg/L | - | SULFATOS | - | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | - | mg/L | - | SILICE | 91.49 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | mg/L | 0.01 | FLUORURUS | 0.1 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

**OBSERVACIONES: Agua poco corrosiva para el metal, los demás parámetros están dentro de lo establecido en las** normas.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: PB. LA CIMA I, URB. LA CIMA I, CALLE PPAL.

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 07-10-93 HORA TOMA: 10:30

FECHA RECEPCION: 08-10-93 HORA DE RECEPCION: 11:30

FECHA DE ANALISIS: 08-10-93 HORA DE ANALISIS: 11:30

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

**TABLA N° 4.6.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | <1.1 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 2.2 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | | |

OBSERVACIONES: Agua contaminada

### 4.6.2 Diagnóstico de los sistemas de producción y captación.

#### 4.6.2.1 Equipo de bombeo.

El equipo de este pozo se encuentra en buenas condiciones, según pruebas realizadas en el presente año por el Departamento de Electricidad y Bombas. Este equipo se podría reutilizar, puesto que los parámetros de explotación prácticamente se mantienen, ya que el nivel estático ha ascendido 3.0m, probablemente por variaciones estacionales, de manera que la columna de agua actual es de 33.70m (ver fig.N°4.6.d).

Se conoce también, que este pozo, "cuando producía un caudal de 11.35 lts/s experimentaba un abatimiento de 18.30m, quedando siempre una longitud efectiva de rejilla (15.40m); esta situación junto con factores como su transmisibilidad de 7040 GPD/Pie y un tiempo de recuperación del 95% en tan solo un minuto"*, justifican la inversión en la rehabilitación de este pozo. En dicho pozo, por contar con el equipo de bombeo instalado, se supone que no existen sedimentos u obstrucciones en el fondo del mismo; aunando a esto, que para el año de 1994 se determinó la existencia de 5 pies de sedimento, pero que fueron extraidos ese mismo año e instalado seguidamente el equipo de bombeo. De manera que si quisiéramos extraer el caudal que originalmente producía este pozo (11.35 lts/s), en condiciones óptimas de captación de la rejilla, para la columna de agua mencionada anteriormente, la velocidad de acceso de ésta se reduciría de 1.83cms/s a 1.52cms/s. Por lo que se hace

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Pozos.

necesario un mantenimiento preventivo, según el manual del Anexo N° 5, previo a su rehabilitación.

Las velocidades se calculan de la siguiente forma:

Se seguirá el mismo procedimiento utilizado en el numeral 4.3.2.

Datos iniciales del pozo:

$Q = 11.35$ lts/s $\approx 0.01135$ $m^3/s$

A = 7.8% del área lateral de la rejilla en contacto con el agua (abertura 5/32").

Diámetro = 8"(0.2032m)

Longitud efectiva de la rejilla (L) =12.4 m)

Entonces:

$A = \Pi \times D \times L$

$= \Pi \times 0.2032 \times 12.4 \approx 7.92$ $m^2$

Luego:

$Q = A \times V$

$V = 0.01135/(0.078 \times 7.92) = 0.0183$ m/s $\approx 1.83$ cms/s

Datos actuales del pozo:

$Q = 11.35$ Lts/s

A = 7.8% del área lateral de la rejilla en contacto con el agua.

Longitud efectiva actual de la rejilla (L) = 15.0 m

Entonces:

$A = \Pi \times 0.2032 \times 15 \cong 9.58 m^2$

Luego:

$Q = A \times V$

$V = 0.01135/(0.078 \times 9.58) \cong 1.52 cms/s$

Esta velocidad, permite seguir explotando el acuífero con el mismo caudal.

**4.6.2.2 Tubería de revestimiento.**

La tubería de revestimiento, en términos generales, se encuentra en buen estado estructural; algo que contribuye a ello es el hecho de que el agua no es tan agresiva para el metal, además del tiempo que ésta lleva instalada (15 años) y no ha sufrido ningún daño, éstas serían las razones por las que dicha tubería podría seguir siendo utilizada por un período mínimo de 10 años.

**4.6.2.3 Rejilla.**

En el caso de la rejilla de este pozo, se puede recomendar su reutilización por un período mínimo de vida de 10 años; decimos esto, porque como se describió en la situación actual, la rejilla no presentó ningún problema en sus paredes, lo que pudiera haberla debilitado estructuralmente; algo que contribuyó grandemente a su conservación, es que el agua no se muestra tan agresiva para el metal. Además, si la rejilla lleva unos 15 años de estar instalada y muestra las condiciones expuestas anteriormente, es razonable esperar que pueda seguir funcionando por el período predicho.

El segmento que está en contacto con el agua muestra una variación en sus aberturas, provocado por la deposición de óxido de hierro; necesitará una limpieza, para que pueda recuperarse la capacidad transmisora de la rejilla.

Se recomienda que una vez se rehabilite el pozo, transcurridos los 10 años se efectúe un sondeo a través de la videocámara, con el objetivo de determinar si las aberturas de la rejilla han experimentado un aumento en sus tamaños, para ser comparadas con el tamaño de la gravilla gradada (4-9)mm utilizada como estabilizador de la formación y de esa forma averiguar si puede seguir siendo utilizada

**4.6.2.4 Calidad del agua para consumo humano.**

Desde el punto de vista físico-químico (ver tabla N° 4.6.1), los parámetros que nos indican la potabilidad del agua están dentro de los límites establecidos por las normas.

En cuanto al análisis bacteriológico, éste presenta coliformes fecales (ver tabla N° 4.6.2) y, como consecuencia la convierte en agua contaminada, es por esta razón que tendrá que tratarse con algún método de desinfección y de esa manera darle el carácter de potabilidad requerido. El origen de la contaminación no fue posible determinarla y la ANDA también lo desconoce, por lo que se exige de un tratamiento, antes de distribuirla a la red de la urbanización.

**4.6.3 Alternativa de solucion para los sistemas de producción y captación.**

Para esta Estación, se recomienda la reutilización del equipo de bombeo que se encuentra instalado, haciéndose necesario realizar actividades de mantenimiento para garantizar su buen funcionamiento. Las alternativas se presentan, de esta forma, tanto para el sistema de producción como para el de captación. El equipo de bombeo presenta las siguientes características:

EQUIPO DE BOMBEO DEL TIPO SUMERGIBLE.

Motor:

-Potencia..... 25 HP

-Velocidad angular..... 3450 RPM

-Voltaje..... 230 Voltios

Turbina:

-Longitud de la tubería de succión..... 189m (620´)

-Diámetro..... 4"

-Número de etapas..... 13

"El diseño de este equipo corresponde a un caudal de producción de 11.35 Lts./seg., para una carga dinámica total de 113.5m (373') y un tiempo de bombeo de 14 horas diarias"*.

En cuanto a la rehabilitación del sistema de captación, se hará mediante una limpieza que se enfocará principalmente en la rejilla, y consistirá en la aplicación de químicos, ya que el

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Electricidad y Bombas.

problema que se presenta no es tan grave. El procedimiento consiste en:

1) Desmontar el equipo de bombeo.
2) Aplicación del químico (DPA) según el paso N°2 del numeral 4.1.3, siendo para este caso, la cantidad de químicos a utilizar la siguiente:

   Datos del pozo:

   Diámetro = 8"

   Longitud de la columna de agua = 33.7m ≅ 110.56'

   La cantidad indicada, para este caso, es de 7Lbs./10 pies (ver Anexo N° 2).

   De manera que la cantidad a utilizar sería:

   Dosificación = (0.7Lbs/pie) x 110.56pies. = 77.40Lbs.

   = 1.55 Bolsas de DPA.
3) Transcurridas las 24 horas, en las que el químico efectúa la limpieza, se colocará un equipo de bombeo para evacuar el agua turbia producto de la limpieza y así darle una apariencia cristalina.
4) Instalar nuevamente el equipo de bombeo, que operará el pozo(ver fig. N° 4.6.e).

Como en el análisis bacteriológico efectuado al agua del pozo en el año de su clausura (1994), esta mostró una cantidad elevada de coliformes fecales, será necesario efectuar un nuevo análisis físico-químico y bacteriológico del agua; de comprobarse que aún muestra esta condición, deberá determinarse la fuente de contaminación y eliminarla; si es posible, se deberán hacer

monitoreos periódicos para determinar si se mantiene, disminuye o aumenta el grado de contaminación.

Es por estas razones que se deberá implementar en la planta, un sistema de cloración, ya sea con la utilización de cloro-gas o por medio de un hipoclorador (en el anexo N° 3 se muestran dichos sistemas).

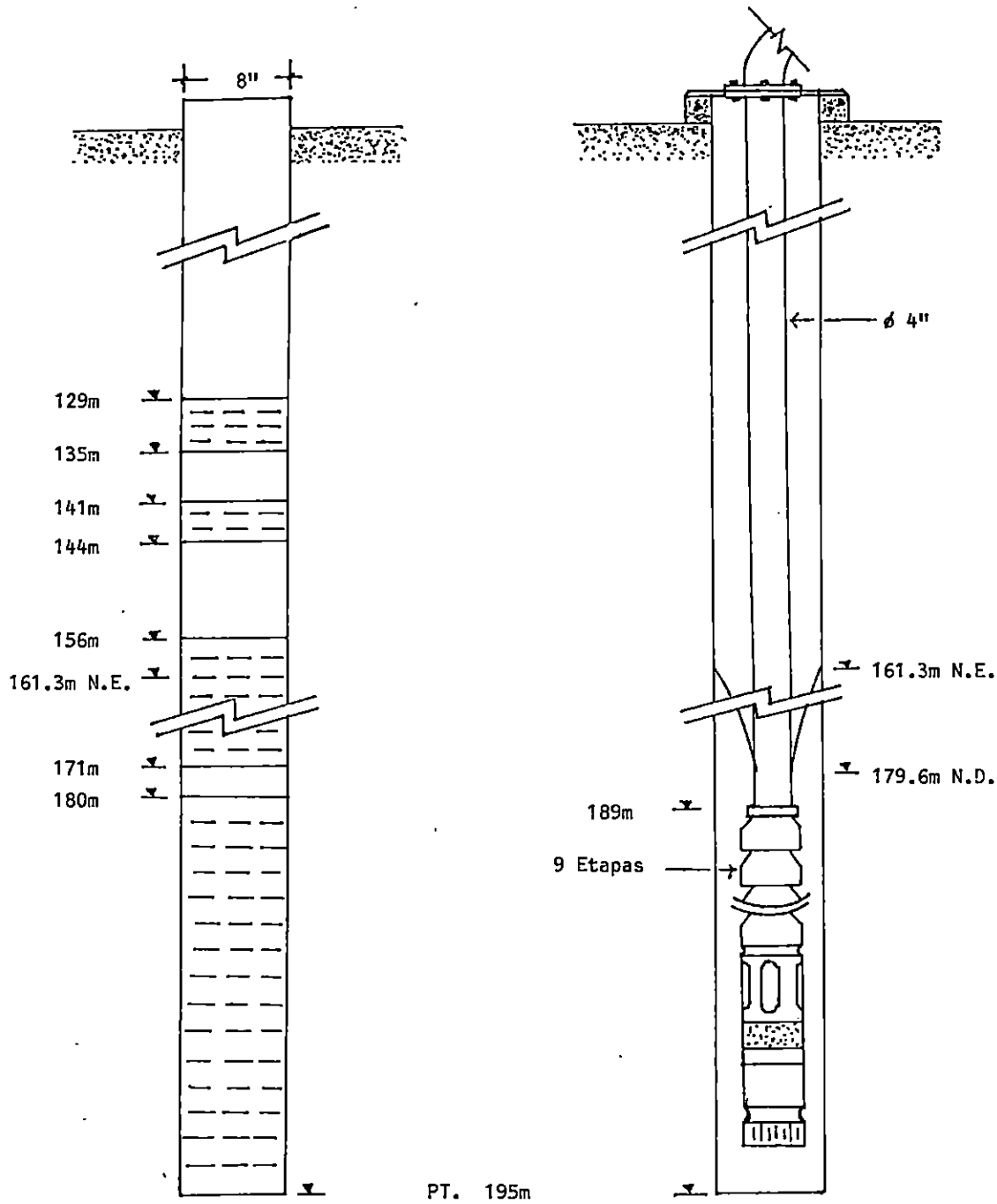



Fig. 4.6.e) Instalación del equipo de bombeo según las condiciones actuales del pozo de la Estación "La Cima N° 1".

## 4.7 ESTACION DE BOMBEO "EL ESTADIO N° 2".

### 4.7.1 Situación actual.

Esta Estación de Bombeo se encuentra ubicada entre la 47 Avenida Sur y 14ª Calle Poniente, de la Colonia Flor Blanca de la Ciudad de San Salvador. La integran: su respectiva caseta de control, caseta que sirve como centro de operaciones de algunas cuadrillas de la ANDA, un tanque de almacenamiento con capacidad de 900 $m^3$, su obra de captación (pozo), así como también sus correspondientes tuberías y accesorios (ver fig. N° 4.7.a). El pozo originalmente bombeaba hacia el tanque de almacenamiento, de donde el agua era distribuida por gravedad a la Col. Flor Blanca.

Esta planta comenzó sus operaciones en el año de 1966, y finalizaron en 1987.

Este pozo presentó inicialmente las siguientes características de diseño, proporcionadas por la ANDA, que fue la encargada de perforarlo:

Profundidad total..... 82.0m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla. 16"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 66.75m

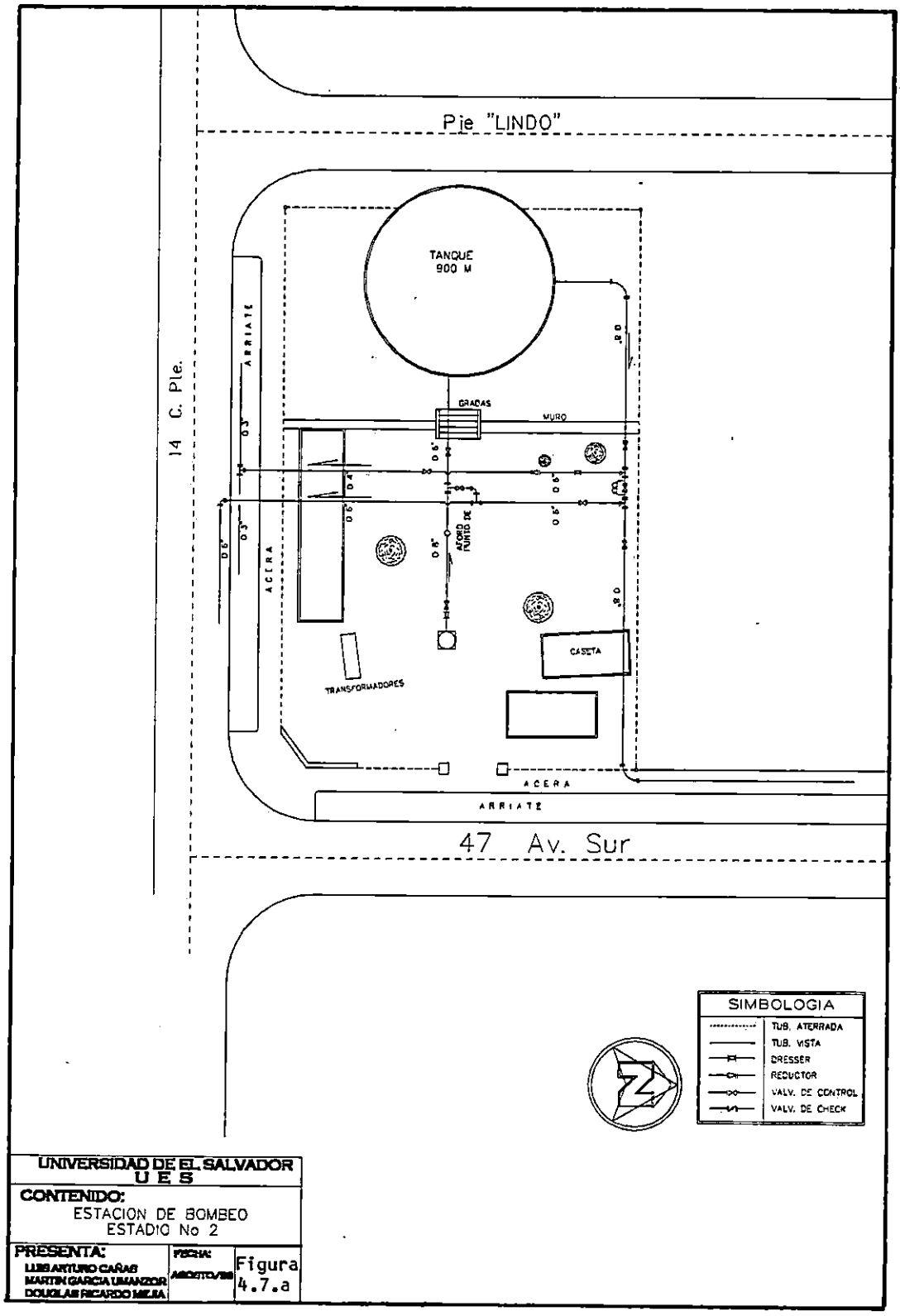
Tipo de rejilla..... Puente

Abertura de ranura de la rejilla..... 1/8"

Longitud de la rejilla..... 13.72m

Profundidad nivel estático..... 60 m

Estas características se pueden observar en la fig. N° 4.7.b




UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
U E S

CONTENIDO:
ESTACION DE BOMBEO
ESTADIO No 2

PRESENTA:
LUIS ARTURO CAÑAS
MARTIN GARCIA UMANZOR
DOUGLAS RICARDO MEJIA

FECHA:
AGOSTO/98

Figura 4.7.a

#### 4.7.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.

##### 4.7.1.1.1 Caseta de control.

El estado actual de la caseta de control se describe a continuación:

- Las paredes interiores y exteriores se encuentran un poco despintadas, en cuanto a su estado estructural éste es aceptable.
- El techo de duralita correspondiente al lugar donde se encuentran los controles se observa en buen estado, sin embargo, el techo de la caseta que aloja a las cuadrillas presenta deterioro en algunas de sus piezas.
- El piso donde se alojan los controles es de ladrillo de cemento y el que alberga a las cuadrillas es de cemento; ambos se observan en buenas condiciones.
- Instalaciones Eléctricas: éstas poseen aún todos sus elementos, los cuales se encuentran en buen estado.
- Ventanas: cuentan con sus defensas metálicas y no se nota la ausencia de piezas de celosías de vidrio.
- Puertas metálicas no presentan corrosión; su aspecto en cuanto a pintura se refiere, es aceptable.

##### 4.7.1.1.2 Paneles de control.

Estos no se encuentran en la Planta, ya que fueron desmontados en el año en que dejó de operar el pozo, por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA.

**4.7.1.1.3 Subestación eléctrica.**

Esta subestación, originalmente estaba constituída por dos transfomadores, cada uno con capacidad de 25 KVA.

En la actualidad, únicamente se encuentra un transformador, que sirve para suministrar la energía eléctrica necesaria para el consumo mínimo de la planta de bombeo, que actualmente funciona como Centro de Operaciones, de la ANDA; cabe mencionar que el otro transformador fue retirado por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA.

**4.7.1.2 Condición física actual del equipo de bombeo.**

El equipo de bombeo perteneciente al pozo fue retirado en el año de 1987, éste tenía la capacidad de desarrollar 40 HP y extraer 24.6 lts./seg.

**4.7.1.3 Condición actual del pozo.**

El día 01 de Septiembre de 1999 se efectuó una inspección visual en el interior del pozo, por medio de una videocámara, donde se determinaron las siguientes características:

Profundidad Observada..... 82.0m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla... 16"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 66.75m

Tipo de rejilla..... Puente

Longitud de la rejilla..... 13.72m

Profundidad del nivel estático..... 66.75m

Para mayores detalles ver figura N° 4.7.b.

#### 4.7.1.3.1 Estado de la perforación.

La perforación se encuentra libre, es decir, sin ningún tipo de obstrucción, manteniéndose estas condiciones, hasta alcanzar la profundidad total.

En lo concerniente a la verticalidad del pozo según información proporcionada por el departamento de pozos de la ANDA, es aceptable.

Este pozo se encuentra perforado hasta la profundidad de 82.0, enrejillado hasta 80.47m y la rejilla carece de su cono de sedimentación; encontrándose desde el punto donde termina la rejilla (80.47m), perforado en roca hasta alcanzar la profundidad total (82m).

#### 4.7.1.3.2 Estado de la tubería de revestimiento.

La tubería de revestimiento de este pozo es marca Roscoe Moss, fabricada de acero al cobre y con un espesor de pared de 3/16".

Las condiciones en que actualmente se encuentran, según la inspección realizada por medio de la videocámara se muestran a continuación:

| Profundidad (m) | Diámetro (pul) | Condición Actual |
|---|---|---|
| 0 - 60.96 | 16 | Buen estado estructural, es decir no presenta daños por corrosión |
| 69.19 - 74.48 | 16 | No está afectada por corrosión, pero presenta en sus paredes incrustaciones mínimas de óxido de hierro, algo que no la afecta estructuralmente |

**4.7.1.3.3 Estado de la rejilla.**

La rejilla es de la misma marca y aleación química que la tubería de revestimiento, con espesor de pared de 3/16" y con aberturas de 1/8".

Su estado, según lo observado, se muestra a continuación:

| Profundidad (m) | Diámetro (pulg) | Condición Actual |
|---|---|---|
| 60.96 - 66.80 | 16 | Situada sobre el nivel estático, muestra deposición leve de carbonatos de calcio; esto debido a que inicialmente estuvo en contacto con el agua |
| 66.80 - 69.19 y 74.98 - 80.47 | 16 | Estos dos tramos, presentan una obstrucción severa en sus aberturas, por estar permanentemente en contacto con el agua; no presentan problemas de corrosión y por ende se encuentra bien estructuralmente. |

Como se mencionó anteriormente, la rejilla no cuenta con su cono de sedimentación, ya que se encuentra perforado en roca, de mayor diámetro que la rejilla, con una longitud de 1.53m (80.47-82)m.

**4.7.1.4 Calidad del agua.**

Según los análisis físico-químicos, practicados a este pozo (ver tabla N° 4.7.1), el agua es poco corrosiva para el metal, decimos esto porque su valor del pH es de 6.55; menor del valor neutro de 7.0. También, se nota que el valor de la dureza total ($CaCO_3$) es de 264 mg/Lts., lo que le da el carácter de incrustante, ya que es un valor un poco elevado según los

parámetros dados; para mayores detalles, en cuanto a los resultados bacteriológicos, ver la tabla N° 4.7.2.

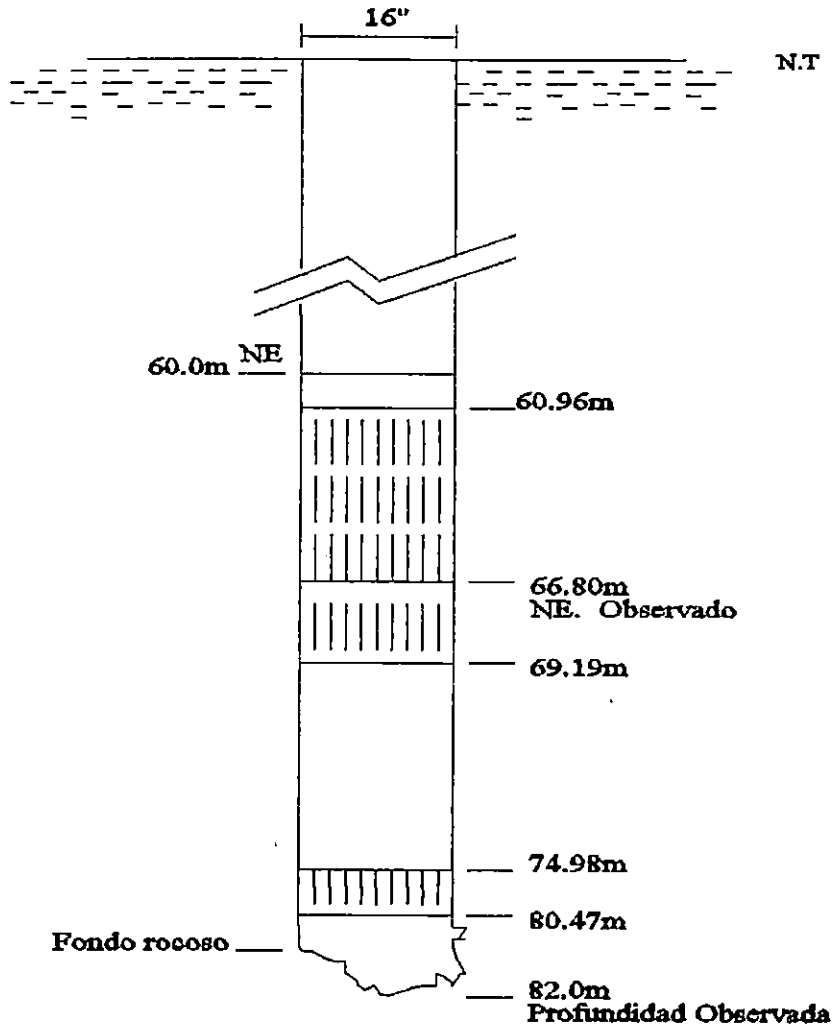



Fig. N°4.7.b Características de diseño y actuales del pozo perteneciente a la Planta de Bombeo el "Estadio N° 2".

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B EL ESTADIO N°2, 47 AV. SUR, COL. FLOR BLANCA

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 30-08-87 HORA TOMA: 15:37 FECHA RECEPCION: 31-08-87 HORA: 01:50

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 31-08-87 HORA: 14:15

### TABLA N° 4.7.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 6.55 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 264 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 264 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | 1 | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | - | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | 1 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 25Ø | 790 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 27.9 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.0 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 1 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | 0.0 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | - | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | - | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | - | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 264 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 0.0 | mg/L | - |
| CALCIO | 49.6 | mg/L | 75 | BORO | - | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 34.0 | mg/L | 50 | CARBONATOS | 0.0 | mg/L | - |
| SODIO | - | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | - | mg/L | - |
| POTASIO | - | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | - | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.05-0.30 | CLORUROS | 42.5 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | 0.0 | mg/L | - | SULFATOS | 62 | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | 0.0 | mg/L | - | SILICE | 110.2 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | mg/L | 0.01 | FLUORUROS | 0.45 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua poco corrosiva para el metal; el resto de parámetros están dentro de la norma.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: PB. EL ESTADIO N° 2, COL FLOR BLANCA

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

DEPARTAMENTO SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 30-08-87 HORA TOMA: 15:37

FECHA RECEPCION: 31-08-87 HORA DE RECEPCION: 01:30

FECHA DE ANALISIS: 31-08-87 HORA DE ANALISIS: 14:15

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

**TABLA N° 4.7.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | 5.1 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIONES: Agua contaminada

### 4.7.2 Diagnóstico de los sistemas de producción y captación.

#### 4.7.2.1 Equipo de bombeo.

El equipo de bombeo no se encuentra en el pozo, fue desmontado por problemas en el motor eléctrico y posteriormente se retiró la tubería de succión y turbina; es por estas razones que se hace necesaria la instalación de un nuevo equipo de bombeo.

Se conoce, por medio de los antecedentes de este pozo, que "cuenta con una buena transmisividad (135,115 GPD/Pie), con una columna de agua inicial de 22m, que se explotaba con un caudal de 24.6Lts/seg., y que éste generaba un abatimiento de 4.88m"*. La longitud efectiva de la rejilla, considerando el abatimiento, era de 9.8m y la velocidad de entrada del agua era de 4.92 cms/seg., para extraer este caudal.

Actualmente, el nivel estático ha descendido 6.8m y la columna de agua es de 15.2m (ver fig. N° 4.7.b); si se toma en cuenta que el valor de la transmisividad se mantiene y que el abatimiento será el mismo al extraer el caudal de explotación inicial (24.6 Lts/seg.), se dispondrá de una longitud efectiva de rejilla de 5.49m y por lo tanto se hace necesario incrementar la velocidad de entrada del agua a la rejilla hasta un valor de 8.77 cms/seg., esto podría permitirse ya que el estrato de la formación litológica es roca fracturada.

En base a lo anterior, podrá recomendarse un equipo de bombeo que reúna las mismas características del que operaba anteriormente.

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Pozos.

Los cálculos correspondientes a las velocidades de entrada del agua a la rejilla, se obtuvieron de la siguiente forma:

Datos del pozo:

Diámetro = 16" (0.4064m)

Caudal de explotación = 24.6 Lts/seg. (0.0246 $m^3$/seg.)

La longitud efectiva inicial de la rejilla (Li), según la fig.N°4.7.b, es:

Li = ((82-60) - (82-80.47) - (64.98-69.19) - 4.88) mts

= (22 - 1.53 - 5.79 - 4.88) mts.

= 9.8 mts.

Entonces:

$V = Q / A \rightarrow A = 0.04 \times \Pi \times D \times Li$

$A = 0.04 \times \Pi \times 0.4064 \times 9.8$

$A = 0.5\ m^2$

V = (0.0246 / 0.5) = 4.92 cms/seg.

La longitud efectiva actual de la rejilla (La), según la fig. N° 4.7.b, es:

La = ( 15.2 - (82-80.47) - (74.98- (66.8+4.88) )-4.88)mt.

= 5.49 mts.

Entonces:

$V = Q / A \rightarrow A = 0.04 \times \Pi \times D \times La$

$A = 0.04 \times \Pi \times 0.4064 \times 5.49$

$A = 0.2804\ m^2$

V = (0.0246 / 0.2804) = 8.77 cms/seg.

**4.7.2.2 Tubería de Revestimiento.**

En términos generales, la tubería se observa en buen estado estructural, esta condición se debe a la poca corrosividad que muestra el agua de este pozo, de manera que puede emplearse para un período mínimo de 10 años; en vista del tiempo que tiene de estar en contacto con el agua (1966-1999). Cabe mencionar que un segmento presenta incrustaciones mínimas de óxido de hierro en sus paredes y que por ella será necesaria una limpieza para la remoción de dicho material.

**4.7.2.3 Rejilla.**

Tomando en cuenta que el agua no es muy agresiva para el metal y que la rejilla lleva instalada aproximadamente 33 años sin sufrir ningún daño estructural, puede recomendarse un período de vida mínimo de 10 años, sin embargo, será necesario realizar alguna inspección antes de que se cumpla este período, y así poder determinar las condiciones en las que está trabajando para recomendar el método de limpieza que puede aplicarse.

La rejilla, presenta problemas de obstrucción severa en sus aberturas, por lo que actualmente se hace necesaria una limpieza que pueda remover el material adherido a las paredes y así recuperar la capacidad transmisora con que se diseñó.

**4.7.2.4. Calidad del agua para consumo humano.**

De acuerdo a los análisis físico-químicos (ver tabla N°

4.7.1), parámetros que nos indican la potabilidad del agua, cumplen con lo establecido en las normas. Por otra parte, el exámen bacteriológico (ver tabla N° 4.7.2) demuestra que el agua está ligeramente contaminada por la cantidad elevada de coliformes totales; necesitándose un tratamiento de desinfección inicial y un tratamiento de carácter permanente para que sea apta para el consumo humano; es importante mencionar que la fuente de contaminación no pudo determinarse.

**4.7.3 Alternativa de solucion para los sistamas de producción y captación.**

Para la rehabilitación del sistema de producción, se requerirá la instalación de un nuevo equipo de bombeo, con su respectivo panel de control, que tenga las mismas características que el que operaba inicialmente, como se justificó en el diagnóstico, las características principales son:

EQUIPO DE BOMBEO DE EJE VERTICAL (Lubricado por agua).

Motor:

-Potencia..... 40 HP

-Velocidad angular..... 1800 RPM

-Voltaje..... 220 Voltios.

Turbina:

-Longitud de la tubería de succión..... 76.2m (250')

-Diámetro..... 5"

"Este equipo está diseñado para extraer 24.6 Lts/seg., bajo una carga dinámica de 77.11m (253') y un tiempo de bombeo de 16 horas diarias"*. Otro factor a considerar es el hecho de que, actualmente, se cuenta con una subestación eléctrica compuesta por un transformador de 25 KVA, necesitándose la instalación de un transformador adicional de 25 KVA, para contar con una subestación de igual capacidad que la inicial y poder proveer la energía necesaria par el equipo de bombeo.

En cuanto a la rehabilitación del sistema de captación, ésta se hará mediante una limpieza que incluye un cepillado(con cepillo metálico) en la tubería de revestimiento y un segmento de rejilla que no está en contacto con el agua, esto se hace con el fin de desprender el material incrustado y evitar que éste con el tiempo se desprenda y pueda causar sedimentos que disminuyan el área efectiva de la poca rejilla con que se cuenta. Además se requerirá de una agitación, mediante un bloque de pistoneo, y la aplicación de químicos (DPA) para la limpieza de la tubería en contacto con el agua, pero principalmente de la rejilla y el material granular que la rodea. La metodología de limpieza se describe a continuación:

1) Contar en la instalación con una máquina de perforación por percusión, para adaptarle el cepillo metálico y el pistón del tipo sólido.
2) Adaptar el cepillo metálico a la máquina y realizar la limpieza mediante el movimiento hacia arriba y abajo por dentro de la tubería, hasta una profundidad aproximada de 66.8m, con

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Electricidad y Bombas.

mayor rigor en el tramo de 60.96m a 66.8m (rejilla sobre el nivel estático).

3) Desmontar el cepillo metálico de la máquina de perforación, después de un período mínimo de 5 horas de acción.

4) Aplicación del producto químico DPA (cuyos datos técnicos se muestran en el Anexo N° 2), según lo descrito en el paso N° 2 del numeral 4.1.3, con la siguiente dosificación:

Datos del pozo:

Diámetro = 16"

Columna de agua = 15.2m (49.9')

Dosis por pie de agua = 2.6 Lbs.

Entonces:

Dosificación = 49.9' x 2.6 = 129.74 Lbs.

≅ 2.6 Bolsas de DPA.

5) Introducción de un pistón, acoplado a la maquina de perforar por percusión.

6) Seguidamente a la aplicación del químico, se introduce el pistón para realizar un agitamiento, mediante el movimiento hacia arriba y abajo por dentro de la tubería de ademe y rejilla, con el objeto de crear una turbulencia en el agua y permitir así que el químico aplicado actúe, tanto en las aberturas de la rejilla como en el material granular que la rodea, garantizando de esta manera una limpieza que mejore la capacidad transmisora actual de la rejilla y del acuífero mismo o que se alcance la capacidad transmisora inicial. Además, este agitamiento también genera el desprendimiento

del material incrustado, obteniéndose una limpieza más efectiva.

7) Retirar el bloque de pistoneo después de 3 a 4 horas de operación contínua.

8) Instalación de un equipo de bombeo, con éste se llevará a cabo la limpieza final, mediante el desalojo del agua sucia, hasta alcanzar una apariencia cristalina.

9) Instalación del equipo de bombeo recomendado para la explotación del pozo (ver fig. N° 4.7.c).

Como en el análisis bacteriológico efectuado al agua del pozo en el año de su clausura(1987), se observó una cantidad de coliformes totales fuera de norma y además la fuente de contaminación no pudo establecerse, deberán hacerse monitoreos periódicos para determinar si se mantiene, disminuye o aumenta el grado de contaminación, para darle un tratamiento eficaz y económico.

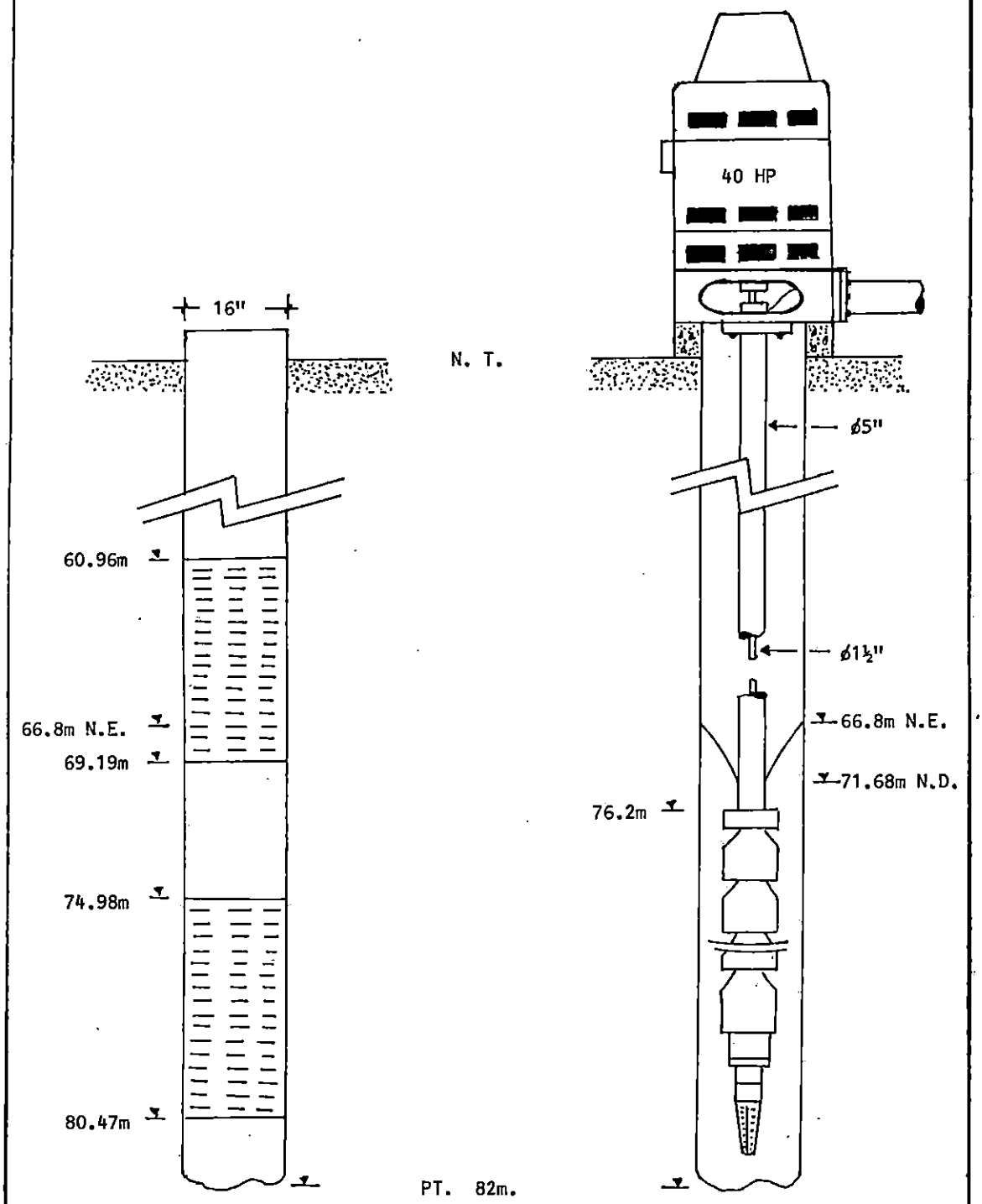



Fig. N° 4.7.c) Instalación del equipo de bombeo según las condiciones actuales del pozo de la Estación "El Estadio N° 2".

## 4.8 ESTACION DE BOMBEO " MONSERRAT N° 1".

### 4.8.1 Situación actual.

Esta Planta de Bombeo, se encuentra localizada al final de la 51 avenida Sur final del pasaje # 13, Col. Monserrat primera etapa, de San Salvador. Está compuesta por una caseta de control, subestación eléctrica, pozo, tuberías y accesorios (ver fig. N° 4.8.a). El agua extraída del pozo era bombeada directamente a la red.

Dicha planta dejó de operar en el año de 1996 y desde esa fecha se suministra agua a la Col. Monserrat a través de la inyección del Sistema Río Lempa.

El pozo perteneciente a ésta planta presentaba las siguientes características de diseño, según la ANDA que fue la encargada de su perforación:

Profundidad total..... 39.8 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 8"

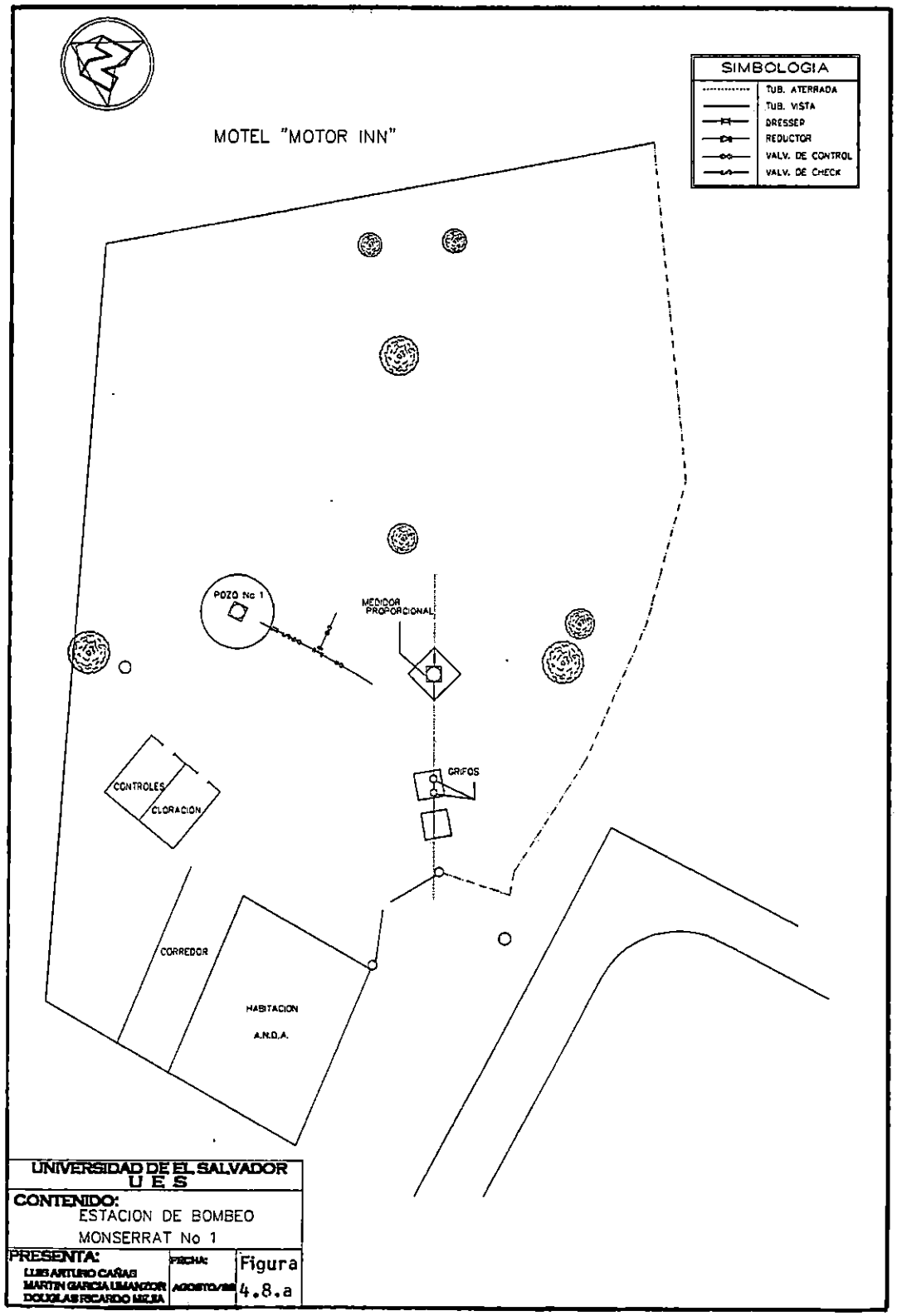
Longitud de la tubería de revestimiento..... 34.78 m

Tipo de rejilla..... Persiana

Longitud de la rejilla..... 5.03 m

Profundidad del nivel estático..... 29.75 m

Las características anteriores se detallan en la fig N° 4.8.c


SIMBOLOGIA
TUB. ATERRADA
TUB. VISTA
DRESSER
REDUCTOR
VALV. DE CONTROL
VALV. DE CHECK
MOTEL "MOTOR INN"
POZO No 1
MEDIDOR PROPORCIONAL
GRIFOS
CONTROLES
CLORACION
CORREDOR
HABITACION
A.N.D.A.
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
U E S
CONTENIDO:
ESTACION DE BOMBEO
MONSERRAT No 1
PRESENTA:
LUIS ARTURO CAÑAS
MARTIN GARCIA LIMANZOR
DOUGLAS RICARDO MEJIA
FECHA:
AGOSTO/
Figura
4.8.a

#### 4.8.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.

##### 4.8.1.1.1 Caseta de control.

Las condiciones actuales que presentan los elementos que componen esta caseta de control se detallan a continuación:

- Paredes exteriores e interiores se encuentran en buenas condiciones estructurales, sin embargo están completamente sucias.
- Techo de duralita presenta algunas secciones dañadas.
- El piso de ladrillo de cemento en buen estado.
- Instalaciones eléctricas, con todos sus elementos en buenas condiciones, faltando únicamente un reflector en la parte exterior de la caseta.
- Las ventanas cuentan con defensas metálicas, en buen estado, y con todas sus celosías de vidrio.
- Las condiciones antes mencionas se puede observar en la fig. N° 4.8.b

##### 4.8.1.1.2 Paneles de control.

Estos aún se encuentran dentro de las instalaciones, físicamente en buen estado, pero sin recibir energía eléctrica.

##### 4.8.1.1.3 Subestación eléctrica.

Originalmente esta subestación estaba compuesta por tres transformadores, cada uno con capacidad de 50 KVA.

Esta planta en la actualidad, no cuenta con su respectiva subestación eléctrica, siendo desmontados sus transformadores

por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA, posterior a la desconexión de la red primaria de suministro, dicha desconexión fue realizada por la Compañía Eléctrica correspondiente en el mismo año que dejó de operar el pozo.

Fig. N° 4.8.b) Condición actual de la caseta de control de la Estación de Bombeo "monserat N° 1".

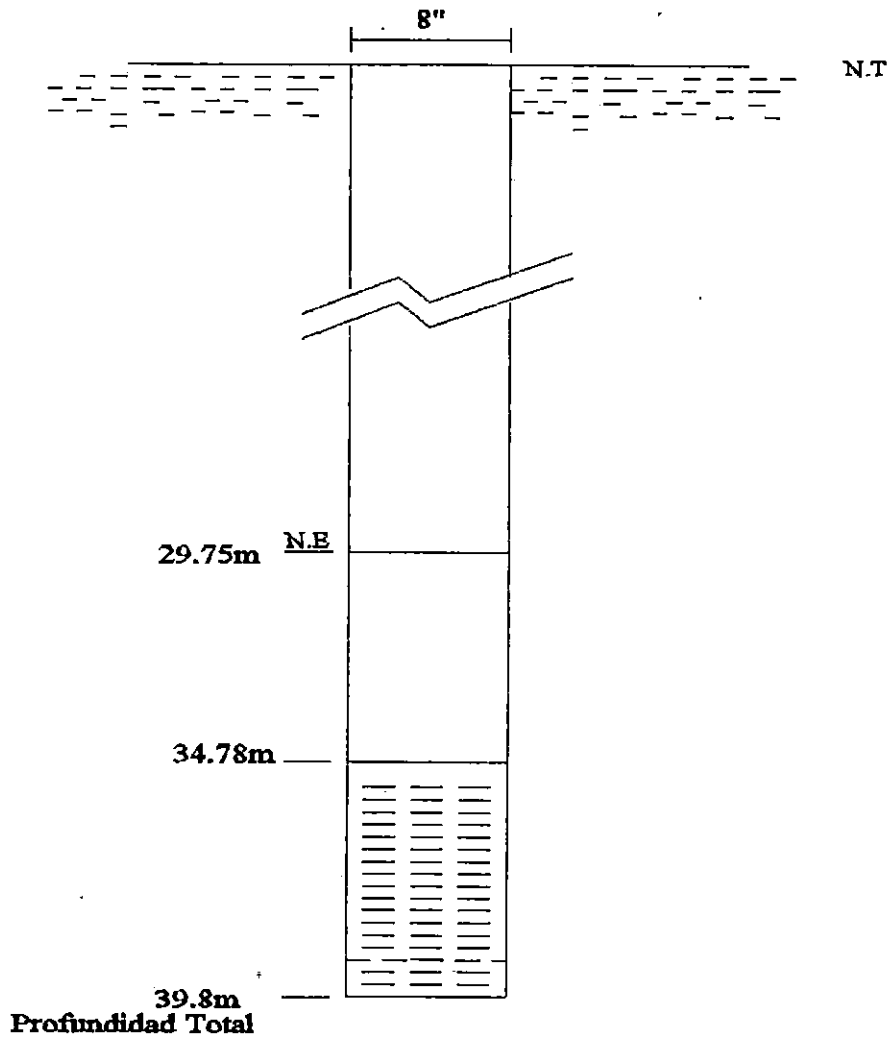



Fig. N°4.8.c Características actuales del pozo perteneciente a la Planta de Bombeo "Monserrat N°1".

**4.8.1.2 Condición física actual del equipo de bombeo.**

El equipo de bombeo que explotaba este pozo era del tipo de eje vertical, con 30 HP de potencia, 3500 RPM y con capacidad de extraer 10 lts./seg. Actualmente sólo se encuentra la turbina, ya que su motor eléctrico fue desmontado hace algunos años por el Departamento mencionado en el ítem anterior.

De lo que se logra observar del equipo de bombeo (cabezal de descarga y prensa estopera), éstos se encuentran corroídos, como se puede apreciar en la figura N° 4.8.d.

**4.8.1.3 Condición actual del pozo.**

Las condiciones actuales en que se encuentra este pozo no se pueden determinar ya que se carece del análisis óptico que se efectúa a través de la videocámara en el interior del pozo. Sin embargo, se cuenta con información proporcionada por técnicos de los Departamentos de Pozos, así como el de Electricidad y Bombas de la ANDA, donde se demuestra que el pozo presenta un alineamiento y verticalidad aceptable.

**4.8.1.4 Calidad del agua.**

El agua de éste pozo es ácida y con tendencia a la corosión, tal como lo indica el Indice de Langelier, con un valor de -1.214; así como su pH de 6.51, por debajo del valor neutro(7.0). El resto de parámetros pueden observarse en las tablas N° 4.8.1 y N° 4.8.2.

Fig.N°4.8.d) En esta figura se observa que el motor eléctrico ha sido desmontado, encontrándose únicamente en la superficie el cabezal de descarga y la bomba dentro del pozo, también se observa la tubería de descarga y sus accesorios.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B MONSERRAT N° 1, FINAL 51 AV. SUR, FIN PJE, N°13

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 16-01-94 HORA TOMA: 10:20 FECHA RECEPCION: 17-01-94 HORA: 02:30

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 17-01-94 HORA: 03:45

### TABLA N° 4.8.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 6.51 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 122 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 174 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | - | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 75 | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | < 5 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 25Ø | 623 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 27 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.0 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 0.30 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | -1.214 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | - | Mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | - | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | 343 | Mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 122 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 52 | mg/L | - |
| CALCIO | 43.20 | Mg/L | 75 | BORO | 0.0 | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 16.03 | Mg/L | 50 | CARBONATOS | 0.0 | mg/L | - |
| SODIO | - | Mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 122 | mg/L | - |
| POTASIO | - | Mg/L | 10 | HIDROXIDOS | 0.0 | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | 0.0 | Mg/L | 0.05-0.30 | CLORUROS | 56.5 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | - | Mg/L | - | SULFATOS | - | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.0 | Mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | - | Mg/L | - | SILICE | 99.90 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | Mg/L | 0.01 | FLUORUROS | 0.1 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua ácida con tendencia a la corrosión, los demás parámetros cumplen las normas.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B MONSERRAT N° 1, FINAL 51 AV. SUR, FIN

PJE. N°13

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 16-01-94 HORA TOMA: 10:20

FECHA RECEPCION: 17-01-94 HORA DE RECEPCION: 02:30

FECHA DE ANALISIS: 17-01-94 HORA DE ANALISIS: 03:45

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

**TABLA N° 4.8.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | < 1.1 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIONES: Apta para consumo humano.

### 4.8.2 Diagnóstico y alternativa de solución.

El diagnóstico y alternativa de solución de este pozo no podrá efectuarse, por la falta de información que proporciona la inspección por medio de la videocámara, dicha inspección no se llevó a cabo, por encontrarse montado el equipo de bombeo; de esta forma no sería posible saber con exactitud las condiciones en que se encuentran, tanto la tubería de revestimiento como la rejilla.

Al carecer de esta información básica, las condiciones de la tubería y rejilla sólo podrían suponerse en base a los resultados de la calidad del agua y la edad del pozo, con lo que no puede asegurarse que sean las mismas que experimentan dichos elementos en la actualidad.

## 4.9 ESTACION DE BOMBEO "EL COLEGIO SAN FRANCISCO".

### 4.9.1 Situación actual.

Esta Planta de Bombeo, se encuentra ubicada en la Colonia San Francisco, pasaje N° 2, Municipio de Antiguo Cuscatlán. Departamento de La Libertad. Está conformada por una caseta de control, subestación eléctrica, un pozo, tuberías, accesorios en general y una cisterna con capacidad de 64 $mt^3$ (ver fig. N°4.9.a), donde originalmente se almacenaba el agua proveniente del pozo y posteriormente se rebombeaba a la red.

"Actualmente la cisterna recibe agua en un 90% del pozo N° 18 de Antiguo Cuscatlán, y el 10% restante proviene de la planta Dorita y del pozo 56 de Cumbres de Cuscatlán"* la que es rebombeada directamente hacia la red.

Esta planta comenzó a operar a finales de 1976, año en que finalizó la perforación del pozo y todas sus instalaciones necesarias, este último dejó de funcionar en el año de 1997.

Dicho pozo presentaba las siguientes características, según la compañía que lo perforó (Finotti Paride e Ing. Mauricio Jaime):

Profundidad total..... 137.16 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 10"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 106.7 m

Longitud de la rejilla..... 30.46 m

Tipo de rejilla..... Persiana

Profundidad del nivel estático..... 106.07 m

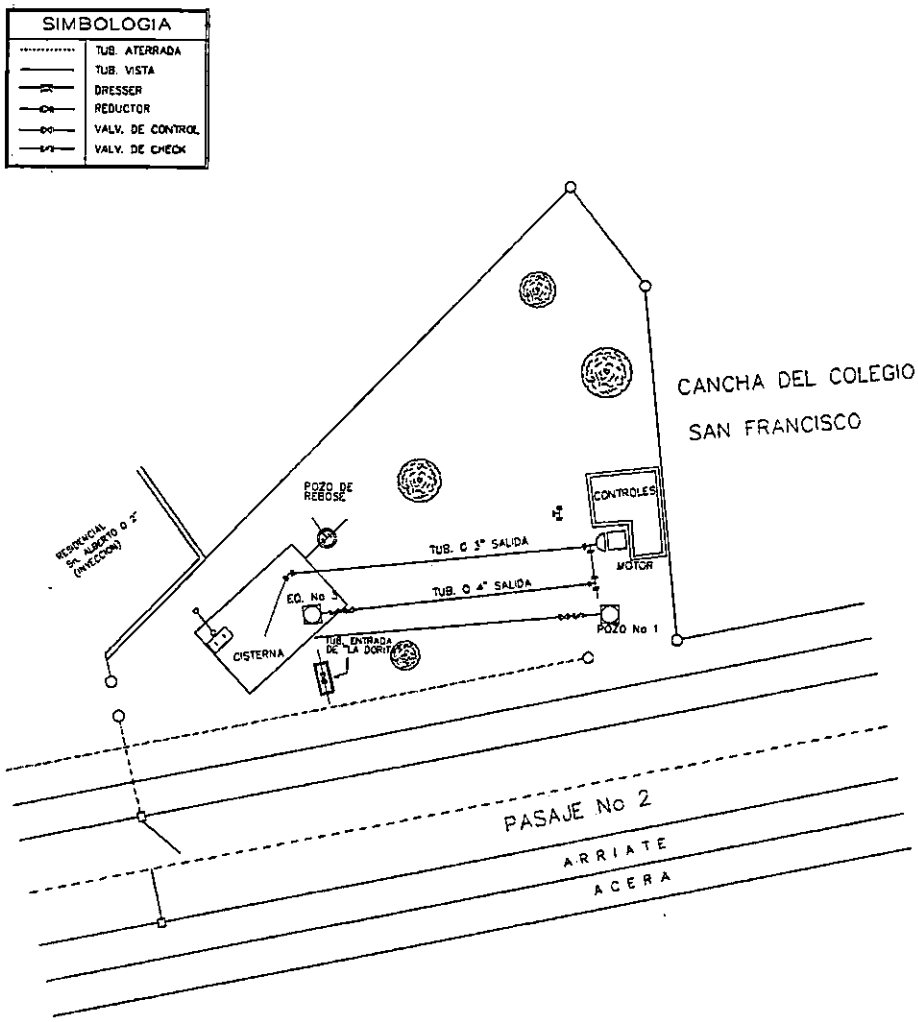
Estas características se detallan en la figura N° 4.9.d.

**4.9.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.**

**4.9.1.1.1 Caseta de control.**

El estado actual en que se encuentran los elementos que componen esta caseta de control se detalla a continuación:

- Paredes, tanto exteriores como interiores, se encuentran en buenas condiciones estructurales, pero su pintura se encuentra deteriorada.
- Techo de duralita, se encuentra parcialmente deteriorado, presentando pequeños agujeros y fisuras en algunas de sus piezas.
- El piso, de ladrillo de cemento, se encuentra en buen estado.
- Instalaciones eléctricas, éstas cuentan con todos sus elementos en buenas condiciones.
- Las ventanas, carecen de algunas de sus piezas de celosía de vidrio, además cuentan con sus defensas metálicas, y se encuentran en buenas condiciones.
- Las puertas son metálicas, no presentan corrosión y por consiguiente el recubrimiento de pintura se encuentra aceptable




| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR U E S | | |
|---|---|---|
| CONTENIDO: ESTACION DE BOMBEO EL COLEGIO | | |
| PRESENTA: LUIS ARTURO CAÑAS, MARTIN GARCIA UMANZOR, DOUGLAS RICARDO MELIA | FECHA: AGOSTO/99 | Figura 4.9.a |

**4.9.1.1.2 Paneles de control.**

Actualmente éstos se encuentran en las instalaciones, desconectados los correspondientes al equipo de bombeo del pozo, y únicamente están en funcionamiento los pertenecientes al equipo de rebombeo de la cisterna (ver fig. N° 4.9.b).

**4.9.1.1.3 Subestación eléctrica.**

Esta se encuentra actualmente prestando su servicio eficientemente, ya que el sistema de rebombeo así lo exige; está constituída por tres transformadores cuya capacidad individual es de 75 KVA.

**4.9.1.2 Condición física actual de los equipos de bombeo.**

El equipo que se encuentra instalado en el pozo es de las siguientes características: 30 HP de potencia, una velocidad de 1760 RPM, marca US Motors, lubricado por agua, tubería de succión de $\phi$ 4" y con capacidad de extraer un caudal de 10 lts./seg.

En lo que se refiere al motor, físicamente se observa poco deteriorado, lo cual no limita su operación; el cabezal de descarga se encuentra bastante corroído, como se puede verificar en la fig N° 4.9.c, así como también se observa deteriorada la prensa estopera.

En cuanto a los equipos de rebombeo instalados sobre la cisterna, éstos son de eje vertical, uno con potencia de 200 HP y otro con 40 HP, ambos se encuentran operando actualmente.

En cuanto a los equipos de rebombeo instalados sobre la cisterna, éstos son de eje vertical, uno con potencia de 200 HP y otro con 40 HP, ambos se encuentran operando actualmente.

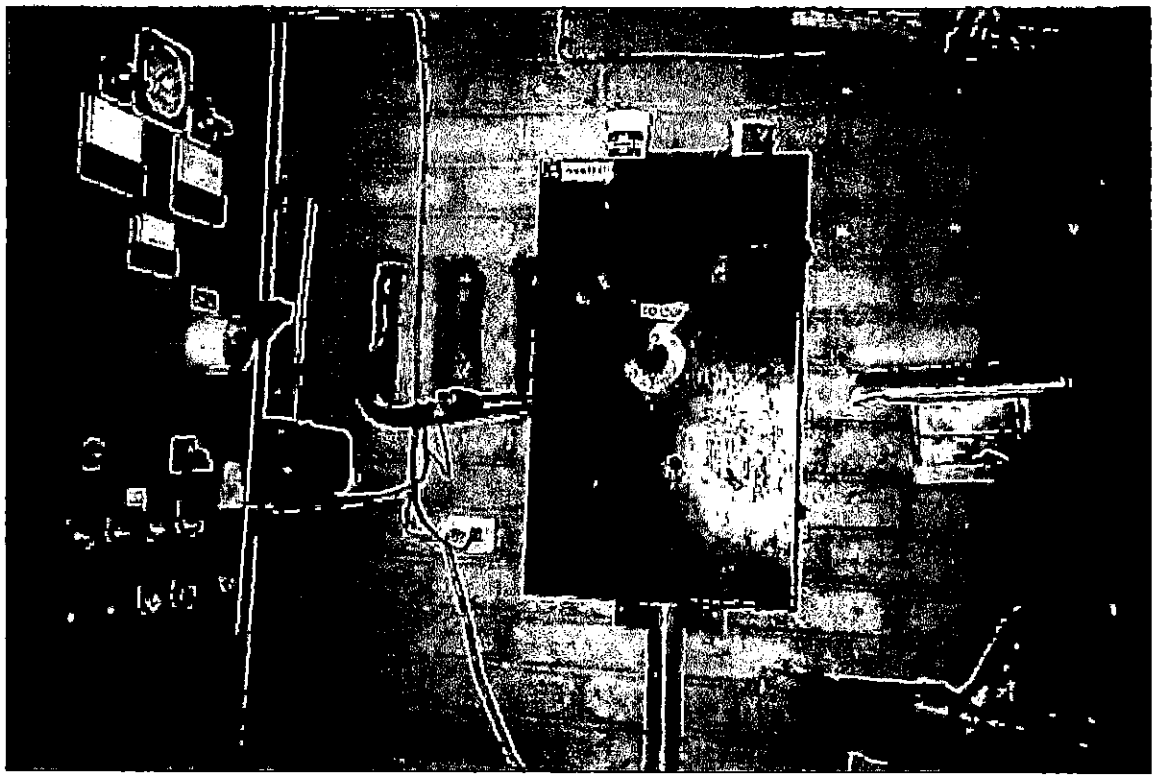


Fig. N°4.9.b) Paneles de control correspondiente al equipo de bombeo de la Planta "El Colegio San Francisco".

Fig. N°4.9.c) En esta figura se puede notar que el pozo aún cuenta con su equipo de bombeo, observándose también la tubería de descarga y sus accesorios.

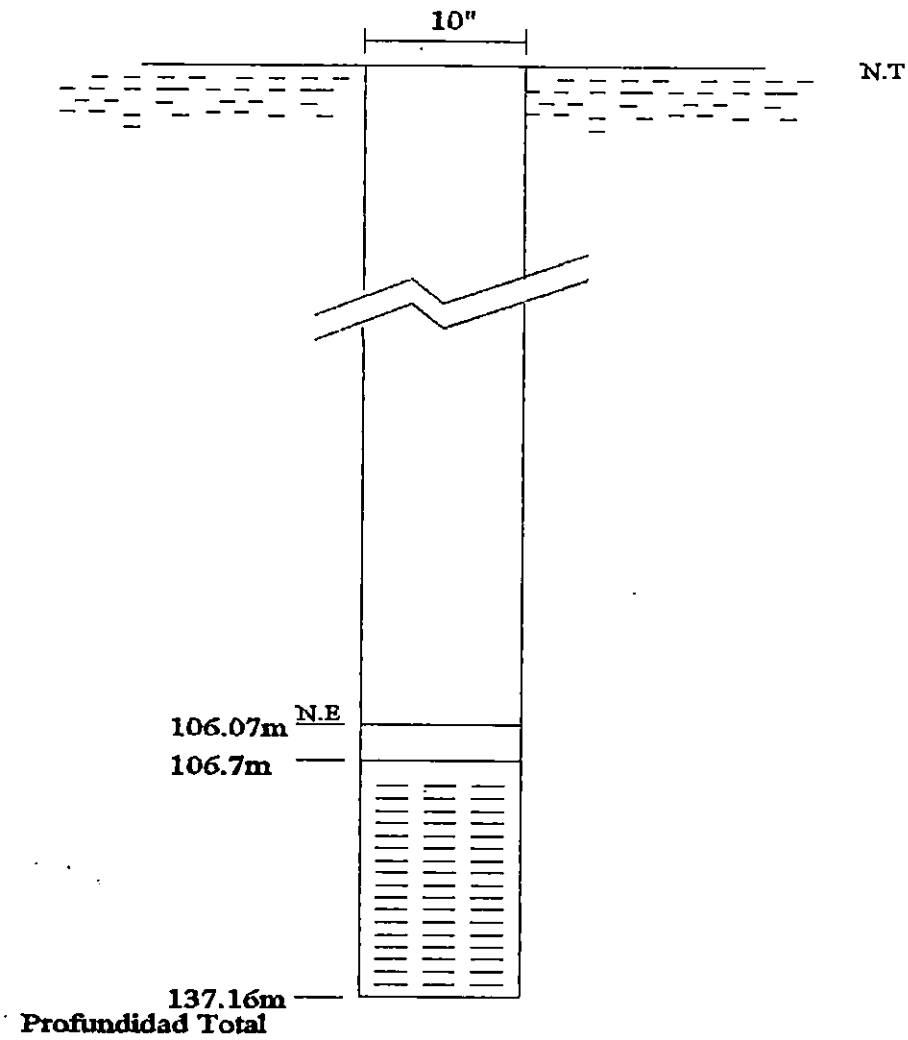



Fig. N°4.9.d Características de diseño del pozo perteneciente a la Planta de Bombeo "Colegio San Francisco".

#### 4.9.1.3 Condición actual del pozo.

Las condiciones actuales, en las que se encuentra este pozo no se podrán determinar, ya que las autoridades de la ANDA y las del Colegio San Francisco no han llegado a un acuerdo, para absorber los costos que se derivan por los daños generados al hacer uso de la maquinaria para desmontar el equipo de bombeo.

#### 4.9.1.4 Calidad del agua.

Según los resultados obtenidos en los exámenes realizados al agua ( tabla N° 4.9.1 y N° 4.9.2 ), ésta tiende a ser corrosiva para el metal, esto se deja ver por los valores tanto del pH (6.72), así como el registrado para el Indice de Langelier (-1.02); para un mayor análisis, ver las siguientes tablas.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.RB EL COLEGIO, COL. SAN FRANCISCO, CALLE N°2

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

MUNICIPIO: ANTIGUO CUSCATLAN

FECHA TOMA: 25-11-96 HORA TOMA: 10:31 FECHA RECEPCION: 25-11-96 HORA:14:15

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 25-11-96 HORA: 14:15

### TABLA N° 4.9.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PH | 6.72 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 163.38 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 141.54 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | - | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 63.14 | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | 1 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 250 | 360 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 26 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.0 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 0.0 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | -1.02 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | - | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | 21.24 | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | 180 | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 141.54 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 0.0 | mg/L | - |
| CALCIO | 31.16 | mg/L | 75 | BORO | 0.0 | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 15.47 | mg/L | 50 | CARBONATOS | - | mg/L | - |
| SODIO | - | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 163.38 | mg/L | - |
| POTASIO | - | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | 0.0 | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.05-0.30 | CLORURUS | 8.50 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | - | mg/L | - | SULFATOS | 18.4 | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | - | mg/L | - | SILICE | 87.9 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | mg/L | 0.01 | FLUORURUS | 0.28 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua contendencia a la corrosión para el metal; los restantes parámetros están dentro de la norma.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B EL COLEGIO, COL. SAN FRANCISCO, CALLE N°2

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: ANTIGUO CUSCATLAN

DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

FECHA TOMA: 28-10-96 HORA TOMA: 09:44

FECHA RECEPCION: 29-10-96 HORA DE RECEPCION: 08:00

FECHA DE ANALISIS: 29-10-96 HORA DE ANALISIS: 08:15

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

**TABLA N° 9.1.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | <1.1 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIONES: Agua potable.

### 4.9.2 Diagnóstico y alternativa de solución.

El diagnóstico y alternativa de solución de este pozo no podrá efectuarse, ya que no se cuenta con la información que proporciona la inspección por medio de la videocámara, dicha inspección no se llevó a cabo por la razón expuesta en el numeral 4.9.1.3; de esta forma no sería posible saber con exactitud las condiciones en que se encuentran, tanto la tubería de revestimiento como la rejilla.

Al carecer de esta información básica, el estado de la tubería y rejilla sólo puede suponerse en base a los resultados de la calidad del agua y la edad del pozo, con lo que no puede asegurarse que sea el mismo que experimentan dichos elementos en la actualidad.

## 4.10 ESTACION DE BOMBEO "JARDINES DE LA LIBERTAD".

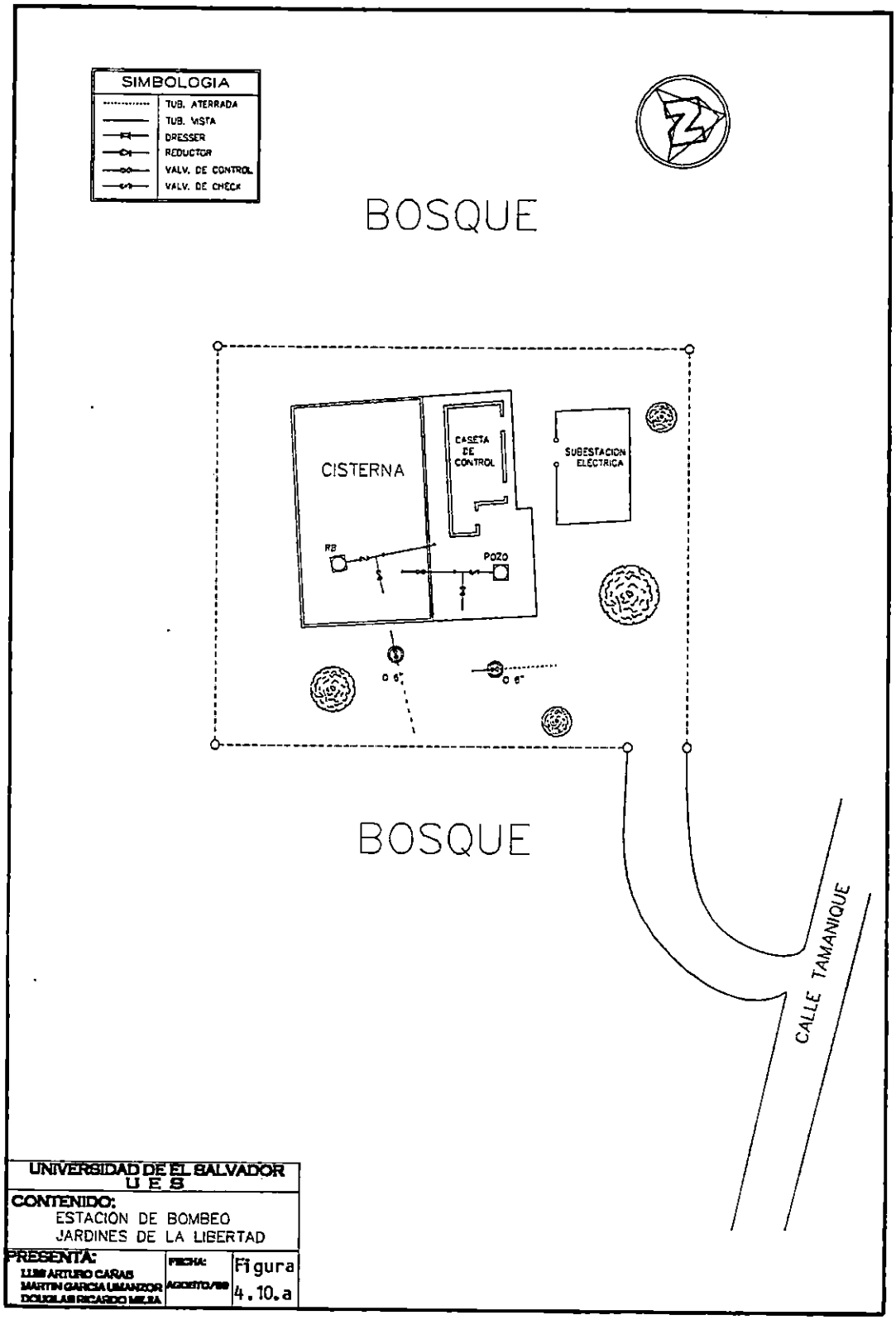
### 4.10.1 Situación actual.

Esta Estación de Bombeo se encuentra ubicada en la Urbanización Jardines de la Libertad segunda etapa, calle Tamanique, Ciudad Merliot. Está compuesta por una caseta de control, subestación eléctrica, un pozo, una cisterna que en su momento contó con equipo de rebombeo, tuberías y accesorios (ver fig.N°4.10.a ). Dicha planta comenzó a operar a finales del año 1975 y dejó de funcionar en el año de 1992, donde el pozo bombeaba a la cisterna y de ésta se rebombeaba a la red.

Las características de diseño del pozo perteneciente a esta planta se muestran a continuación, según datos proporcionados por SAGRISSA, compañía encargada de su perforación:

| | |
|---|---|
| Profundidad total..... | 128.90 m |
| Diámetro de la tubería de revestimiento..... | 12" y 10" (*) |
| Diámetro de la rejilla..... | 10" |
| Longitud de la tubería de revestimiento..... | 111.3 m |
| Longitud de la rejilla..... | 17.6 m |
| Tipo de rejilla..... | Persiana |
| Abertura de ranura de la rejilla..... | 1/8" |
| Profundidad del nivel estático..... | 105.28 m |

* NOTA: La tubería ciega de 12" se localiza del nivel 0.00 m hasta 109.7 m y el tramo de 10" de diámetro del nivel 109.7 m hasta 111.3 m de profundidad (ver fig. N°4.10.e)


SIMBOLOGIA
TUB. ATERRADA
TUB. VISTA
DRESSER
REDUCTOR
VALV. DE CONTROL
VALV. DE CHECK
BOSQUE
CISTERNA
CASETA DE CONTROL
SUBESTACION ELECTRICA
RB
POZO
BOSQUE
CALLE TAMANIQUE
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
U E S
CONTENIDO:
ESTACION DE BOMBEO
JARDINES DE LA LIBERTAD
PRESENTA:
LUIS ARTURO CAÑAS
MARTIN GARCIA UMANZOR
DOUGLAS RICARDO MELSA
FECHA:
AGOSTO/89
Figura
4.10.a

#### 4.10.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.

##### 4.10.1.1.1 Caseta de control.

Los componentes de dicha caseta se encuentran en las condiciones que a continuación se describen:

- Paredes exteriores e interiores, estructuralmente en buen estado, sin embargo la pintura está en pésimas condiciones.
- El techo, constituido de duralita, presenta algunas piezas quebradas y con orificios de tamaño considerable.
- El piso de ladrillo de cemento no presenta ningún daño.
- Las instalaciones eléctricas, en su interior, carecen de su respectiva caja térmica, bombillas, etc.
- Las ventanas están provistas de defensas metálicas en buen estado; carecen de algunas celosías de vidrio.
- Puertas metálicas de acceso, presentan poca corrosión y por ende pintura en malas condiciones.

Algunos de los elementos detallados anteriormente se pueden observar en la fig. N°4.10.b.

##### 4.10.1.1.2 Paneles de control.

Los paneles de control pertenecientes a esta planta fueron retirados, tanto para el equipo de rebombeo como los correspondientes al pozo mismo, en el año de 1992, por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA.

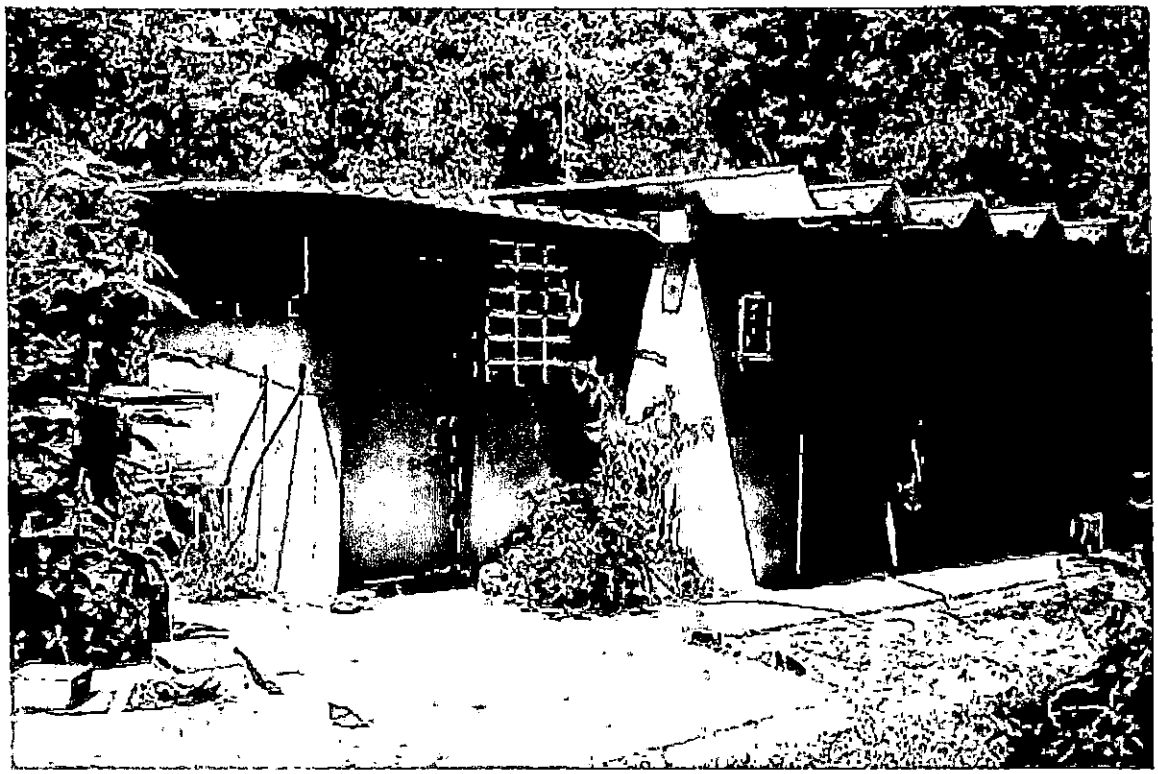


Fig. N°4.10.b) Condición actual de la caseta de control de la Estación de Bombeo "Jardines de la Libertad".

#### 4.10.1.1.3 Subestación eléctrica.

Esta, actualmente se encuentra dentro de las instalaciones de la planta, con capacidad de 160 KVA, físicamente en buen estado; fue desconectada de la red primaria de alimentación, en el mismo año en que dejaron de operar los equipos, por la compañía eléctrica correspondiente.

El banco de transformadores que se encuentran en esta planta está ubicado en la superficie del terreno como se muestra en la fig. N°4.10.c.

### 4.10.1.2 Condición física actual de los equipos de bombeo.

En lo que se refiere al pozo, su equipo de bombeo fue desmontado completamente en el año de 1992 (ver fig. N°4.10.d), éste desarollaba una potencia de 75 HP, con 1770 RPM, era del tipo de eje vertical lubricado por agua y extraía originalmente un caudal de 25 lts./seg.

En cuanto a la cisterna, aún cuenta con su equipo de rebombeo de eje vertical, con 50 HP de potencia y 1765 RPM, el cual se encuentra en mal estado, habiéndose desmontado únicamente su motor eléctrico.

### 4.10.1.3 Condición actual del pozo.

El día 14 de octubre de 1998 se llevó a cabo una inspección a través de la videocámara en el interior del pozo, observándose solamente hasta una profundidad de 108.8 m. Las características observadas se presentan en la fig. N° 4.10.e.

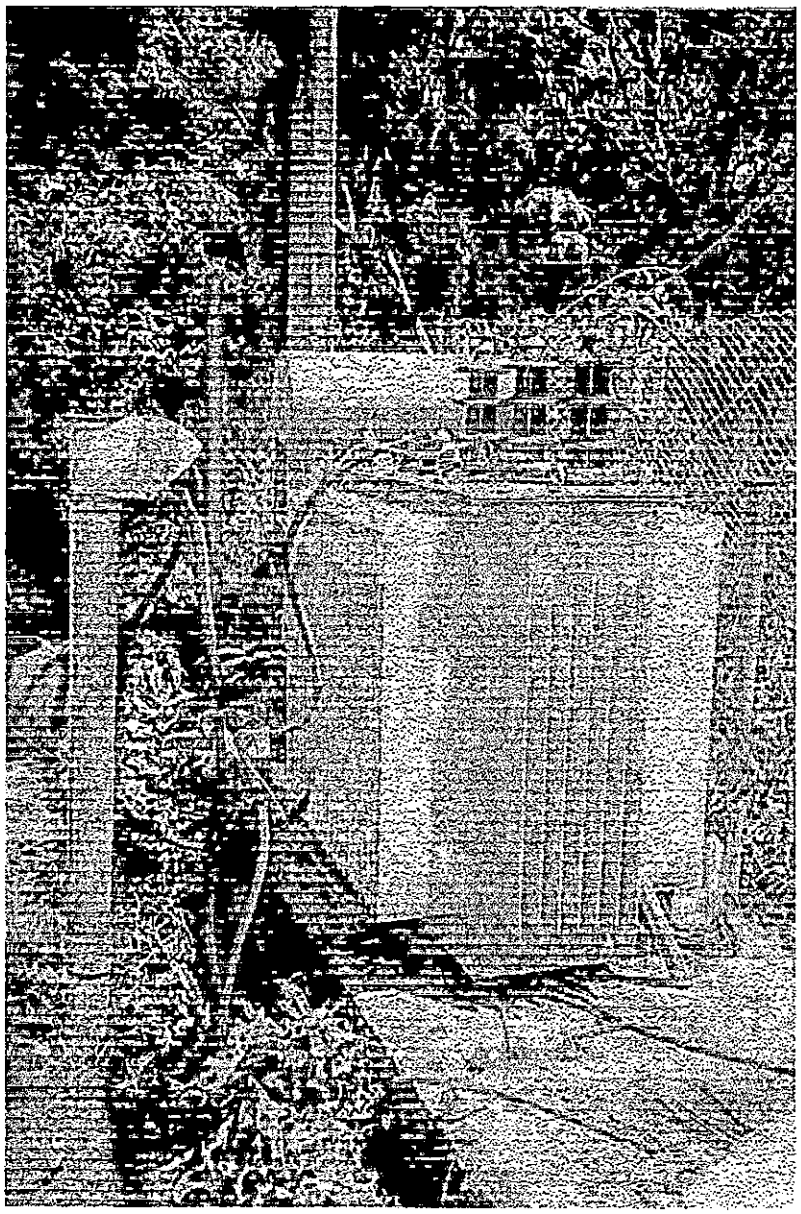


Fig. N°4.10.c) Banco de transformadores de la subestación eléctrica ubicados sobre la superficie.

Fig. N°4.10.d) En esta figura se observa que el equipo de bombeo del pozo ha sido desmontado completamente, encontrándose únicamente la tubería de descarga hacia la cisterna y sus accesorios.

#### 4.10.1.3.1 Estado de la perforación.

La perforación, hasta la profundidad observada, se encuentra en condiciones similares a las iniciales, es decir, dicho tramo presenta una verticalidad aceptable, según se pudo confirmar con el Departamento de Pozos de la ANDA, salvo que actualmente ésta se encuentra obstruida por una cubeta que se encuentra atascada a la profundidad de 108.8 m, por lo que fue imposible verificar el estado del resto de los elementos físicos del pozo (tubería de revestimiento y rejilla).

#### 4.10.1.3.2 Estado de la tubería de revestimiento.

A continuación se detalla el estado actual en que se encuentra el revestimiento del pozo.

| TRAMO (m) | CONDICION |
|---|---|
| 0.00 - 18.00 | Paredes internas no presentan costra y por ende se encuentran en buen estado |
| 18.00 - 27.00 | Se observa un leve descascaramiento en la tubería |
| 27.00 - 33.00 | El descascaramiento que se observa es más severo |
| 33.00 - 36.00 | Se observan dos pequeños agujeros en las paredes |
| 36.00 - 51.00 | Descascaramiento leve |
| 51.00 - 54.00 | Se observan agujeros de considerable tamaño |
| 54.00 - 108.8 | Se encuentra descascaramiento y agujeros de gran tamaño |

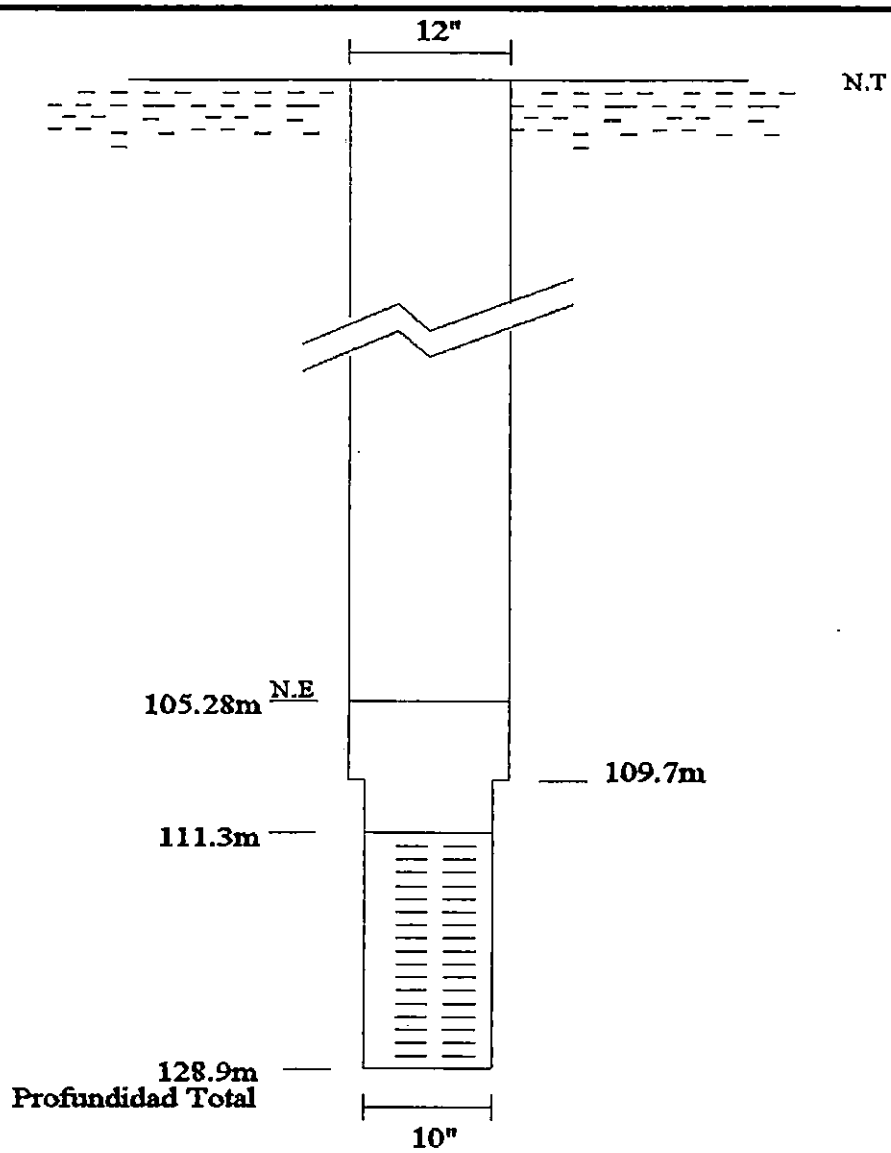



Fig. N°4.10.e Características de diseño del pozo perteneciente a la Planta de Bombeo "Jardines de la Libertad".

#### 4.10.1.3.3 Estado de la rejilla.

El estado actual de la rejilla no se pudo determinar debido a la cubeta que se encontró atascada, que a su vez impidió realizar la inspección de ésta.

#### 4.10.1.4 Calidad del agua.

Según los datos registrados en los análisis físico-químicos, el agua de este pozo presenta tendencia a la corrosión, ya que tanto el Indice de Langelier de -0.76 como el valor del pH (6.70), contribuye a dicho estado. Para mayores detalles pueden observarse las tablas que a continuación se muestran:

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B JARDINES DE LA LIBERTAD

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 24-04-92 HORA TOMA: 11:49 FECHA RECEPCION: 24-04-92 HORA: 13:00

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 27-04-92 HORA: 08:30

### TABLA N° 4.10.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PH | 6.7 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 264 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | - | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | 1 | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | - | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | 1 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 250 | 790 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 29 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.0 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 1 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | -0.76 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | - | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | - | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | - | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 264 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 0.0 | mg/L | - |
| CALCIO | 49.6 | mg/L | 75 | BORO | - | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 34 | mg/L | 50 | CARBONATOS | 0.0 | mg/L | - |
| SODIO | 0.0 | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 140 | mg/L | - |
| POTASIO | - | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | - | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.05-0.30 | CLORUROS | 42.5 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | 0.0 | mg/L | - | SULFATOS | 62 | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | 0.0 | mg/L | - | SILICE | 110.2 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | mg/L | 0.01 | FLUORUROS | 0.45 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua tendiente a la corrosión; los demás resultados están dentro de norma.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: PB. JARDINES DE LA LIBERTAD

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 24-04-92 HORA TOMA: 11:49

FECHA RECEPCION: 24-04-92 HORA DE RECEPCION: 13:00

FECHA DE ANALISIS: 27-04-92 HORA DE ANALISIS: 08:30

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

**TABLA N° 4.10.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | <1.1 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIÓN: Apta para consumo humano.

**4.10.2 Diagnostico y alternativa de solución.**

Cuando se realizó la inspección por medio de la videocámara, en el interior del pozo, solamente pudo determinarse el estado actual de un tramo de tubería de revestimiento, comprendido entre los niveles 0.00m a 108.8m, quedando sin observarse el tramo de tubería entre las profundidades de 108.8m a 111.3m y la sección completa de rejilla (ver fig. N° 4.10.e) por la razón descrita en el numeral 4.10.1.3.1.

Por lo expuesto anteriormente, no es posible elaborar el diagnóstico y la alternativsa de solución para este pozo, ya que las condiciones actuales en que se encuentra la rejilla sólo podrían suponerse en base a la calidad del agua y edad del pozo, con lo que puede llegarse a conclusiones erróneas con respecto a las condiciones que realmente experimenta dicho elemento.

## 4.11 ESTACION DE BOMBEO "JARDINES DEL VOLCAN".

### 4.11.1 Situación actual.

Esta Planta de Bombeo, se encuentra ubicada en la Urbanización Jardines del Volcán, Ciudad Merliot municipio de Santa Tecla, departamento de La Libertad. Comprende una caseta de control, subestación eléctrica, obra de captación (pozo), tuberías y accesorios en general (ver fig. N°4.11.a). Actualmente la instalación se utiliza como centro de operaciones de una cuadrilla de la ANDA.

Dicha planta fue diseñada para abastecer directamente la urbanización que lleva el mismo nombre. Comenzó a operar en 1983, fecha de su construcción, hasta el año 1991, año en el cual dejó de funcionar, por constantes daños que sufrían los equipos de bombeo, producto de la alta temperatura del agua que genera el pozo y además por su mala verticalidad.

El pozo que se explotaba en esta planta tiene las siguientes características, según el constructor del mismo (Finotti Paride e Ing. Mauricio Jaime):

Profundidad total..... 148.2 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 12"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 118.9 m

Longitud de la rejilla..... 29.3 m

Tipo de rejilla..... Persiana

Abertura de ranura de la rejilla..... 5/32"

Profundidad del nivel estático..... 115.0 m

Estas características se presentan en la fig. N°4.11.c.

**4.11.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.**

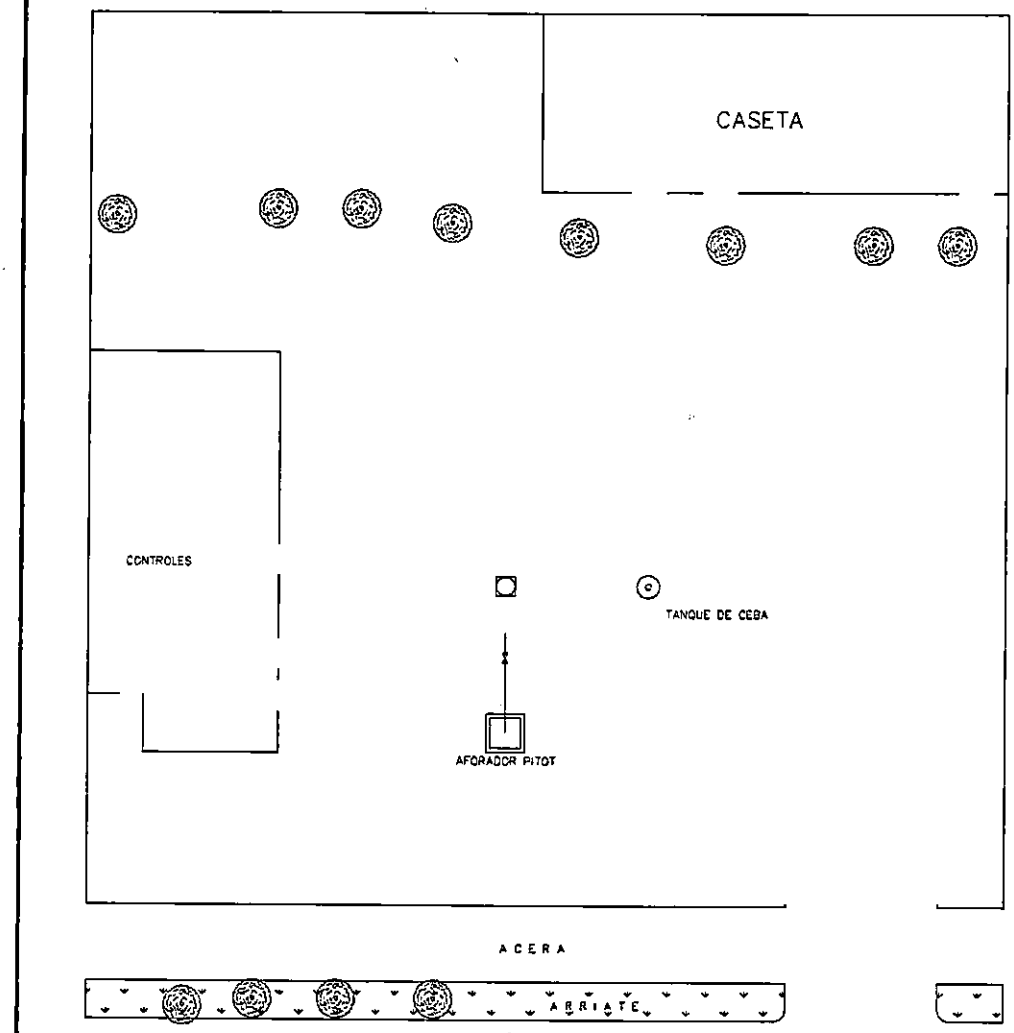
**4.11.1.1.1 Caseta de control.**

Esta caseta se encuentra con todos sus elementos en las siguientes condiciones:

- Paredes exteriores e interiores limpias, no agrietadas y pintadas.
- Techo de duralita en buenas condiciones.
- El piso, constituido de ladrillo de cemento, se encuentra en buen estado.
- Las instalaciones eléctricas en el interior de la caseta se encuentran en buenas condiciones y cuentan con todos sus accesorios.
- Las ventanas cuentan con sus celosías de vidrio y defensas metálicas apropiadas.
- Las puertas de acceso al interior de la caseta son metálicas y se observan en buen estado.

**4.11.1.1.2 Paneles de control.**

Estos actualmente no se encuentran en las instalaciones de la planta, ya que fueron retirados en el año de 1991, mismo año en que el pozo dejó de operar.




JARDINES DEL VOLCAN

| SIMBOLOGIA | |
|---|---|
| ..... | TUB. ATERRADA |
| ——— | TUB. VISTA |
| —FI— | DRESSER |
| —CR— | REDUCTOR |
| —CC— | VALV. DE CONTROL |
| —VC— | VALV. DE CHECK |

| | | |
|---|---|---|
| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR U E S | | |
| CONTENIDO: ESTACION DE BOMBEO JARDINES DEL VOLCAN | | |
| PRESENTA: LUIS ARTURO CAÑAS, MARTIN GARCIA UMANZOR, DOUGLAS RICARDO MEJIA | FECHA: AGOSTO/99 | Figura 4.11.a |

#### 4.11.1.1.3 Subestación eléctrica.

En la actualidad, las instalaciones no cuentan con su subestación eléctrica, ya que ésta fue desconectada por la compañía eléctrica correspondiente, estaba compuesta por tres transformadores con capacidad individual de 50 KVA., posteriormente los transformadores y sus accesorios fueron retirados por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA hace algunos años.

#### 4.11.1.2 Condición física actual del equipo de bombeo.

Esta Planta no cuenta, hoy en día, con su equipo de bombeo, originalmente era de eje vertical, con 75 HP de potencia, velocidad de 1770 RPM y extraía un caudal de 28 lts./seg; fue desmontado completamente el motor, la bomba, tubería de succión y todos sus elementos (ver fig. N° 4.11.b); la razón principal del desmontaje fue por daños sufridos en el eje de la bomba, luego fue llevado al Taller del Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA, en el año de 1991, donde fue reparado e instalado en uno de los pozos de la estación de Bombeo "Centroamérica".

#### 4.11.1.3 Condición actual del pozo.

Según la inspección realizada a este pozo, por medio de una cámara de vídeo, el día 26 de noviembre de 1998, el nivel estático se encuentra a una profundidad de 112.2 metros y sus otras características se muestran en la fig. N°4.11.c.

**4.11.1.3.1 Estado de la perforación.**

Una característica particular de este pozo es su mala verticalidad, ya que cuando se perforó y se realizó la prueba de verticalidad correspondiente, no se obtuvieron los resultados esperados, quedando movido respecto a su eje vertical además se sabe que existen 18' de sedimentos en el fondo del pozo, que no fueron removidos después de una medición efectuada en el año de 1991.

Fig. N°4.11.b) En esta figura se aprecia que el equipo de bombeo del pozo ha sido desmontado completamente, encontrándose únicamente la tubería de descarga y sus accesorios.

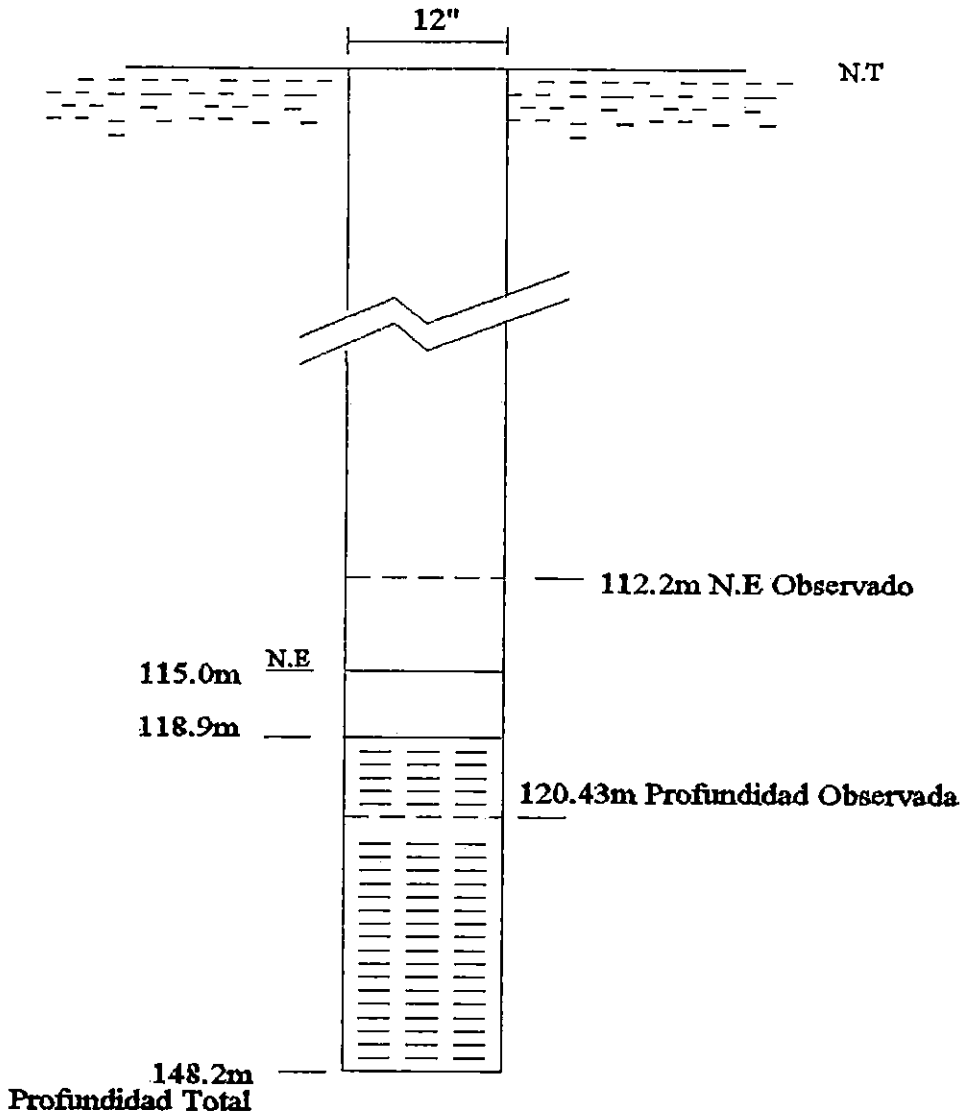



Fig. N°4.11.c Características de diseño y actuales del pozo perteneciente a la Planta "Jardines del Volcán", según inspección realizada el día 26 de Noviembre de 1998.

**4.11.1.3.2 Estado de la tubería de revestimiento.**

Esta tubería tiene un diámetro de 12", marca Roscoe Moss, fabricada de acero al cobre y con espesor de pared de 3/16". No se observa deterioro alguno en las paredes internas de la tubería de revestimiento, en toda su longitud, por lo que puede concluirse que se encuentra en buen estado de funcionalidad y estructuralmente aún cumple con las condiciones para las cuales se diseñó inicialmente.

**4.11.1.3.3 Estado de la rejilla.**

La rejilla instalada es del mismo diámetro, marca, y aleación química que la correspondiente tubería de revestimiento. Debido al color rojizo que predomina en el agua, solamente fue posible observar una longitud de 1.53m. comprendida entre las profundidades, de 118.9m a 120.43m. Este tramo no presentó agujeros, que pueden dañar estructuralmente el funcionamiento de la rejilla considerando el comportamiento del tramo observado de rejilla, las características imperantes del agua y la aleación química de que está fabricada la rejilla (acero al cobre); podemos asumir que el tramo de ésta, comprendido entre las profundidades de 120.43m a 148.2m, que no fue posible observar directamente, se encuentra en circunstancias similares al tramo observado, por lo que solamente presentaría obstrucción en sus aberturas por deposición de sales y óxido de hierro existentes.

**4.11.1.4 Calidad del agua.**

De los resultados que se obtuvieron con los análisis físico-químicos (ver tabla N°4.11.1) efectuados al agua, existen características que merecen mayor atención, una de éstas, es su pH extremadamente bajo (5.7), lo que indica con claridad que se trata de agua ácida, otro aspecto que sobresale es la alta temperatura que tiene el agua (45°C), alta conductividad eléctrica (720 µmhos/cm) y por último el alto contenido de Bióxido de Carbono (1105 mg/l).

Actualmente el agua presenta un color rojizo originado por el desprendimiento de hierro, producto del contacto que existe entre la tubería y rejilla con el agua de este pozo que es de carácter corrosivo.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B JARDINES DEL VOLCÁN, FINAL JAYAQUE CD MERLIOT

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

MUNICIPIO: ANTIGUO CUSCATLAN

FECHA TOMA: 14-02-91 HORA TOMA: 10:30 FECHA RECEPCION: 15-02-91 HORA: 08:30

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 15-02-91 HORA: 08:30

### TABLA Nº 4.11.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PH | 5.7 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 280 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | Nº | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 150 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | 0.0 | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 1105 | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | < 5 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 25Ø | 720 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 45 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | - | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 0.28 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | - 1.46 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | - | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | 130 | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | - | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 150 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 0.0 | mg/L | - |
| CALCIO | 34.4 | mg/L | 75 | BORO | 0.0 | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 15.55 | mg/L | 50 | CARBONATOS | 280 | mg/L | - |
| SODIO | - | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 0.0 | mg/L | - |
| POTASIO | - | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | 0.0 | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.05-0.30 | CLORUROS | 81 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | 0.0 | mg/L | - | SULFATOS | 29.76 | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | 0.0 | mg/L | - | SILICE | 162.58 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | mg/L | 0.01 | FLUORUROS | 0.44 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- Nº: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua ácida y excesivamente corrosiva para el metal, por la elevada concentración de Bióxido de carbono; la alta temperatura crea incomodidad para el usuario.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B JARDINES DEL VOLCÁN, FIN AV. JAYAQUE CD MERLIOT

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: ANTIGUO CUSCATLAN

DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

FECHA TOMA: 21-05-91 HORA TOMA: 10:30

FECHA RECEPCION: 21-05-91 HORA DE RECEPCION: 12:00

FECHA DE ANALISIS: 22-05-91 HORA DE ANALISIS: 12:00

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

**TABLA N° 4.11.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | 0.0 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIONES: Apta para consumo humano, al no observarse bacterias coliformes.

**4.11.2 Diagnóstico de los sistemas de producción y captación.**

**4.11.2.1 Equipo de Bombeo.**

El daño que sufrió el equipo de bombeo tipo turbina, anteriormente instalado, fue originado por la mala verticalidad del pozo; por esta razón, si se decide instalar un nuevo equipo tendría que ser del tipo sumergible, con características especiales para que pueda operar bajo la alta temperatura del agua de este pozo (45°C), acondicionado posiblemente a nuevos parámetros de explotación, que la ANDA determinará después del período de ejecución de este trabajo de investigación y por supuesto, previo a la rehabilitación del pozo. Aún considerando el ascenso que ha experimentado el nivel estático (2.8m) en los últimos años, como variación estacional (ver fig. N° 4.11.c), no podría recomendarse la instalación de un equipo de bombeo con la capacidad de extraer el caudal inicial, porque únicamente se logró observar hasta una profundidad de 120.43m, desconociéndose si existen obstrucciones en el tramo restante (120.43 – 148.2)m que puedan impedir la instalación del equipo de bombeo y, como se conoce desde hace 8 años la existencia de 18´ de sedimentos que no fueron removidos, es de esperar que para esta fecha la cantidad haya aumentado; es por ello que se hace necesario, para la recomendación de un equipo de bombeo, determinar las condiciones imperantes en el tramo no observado. "Cuando el pozo era capaz de suministrar el caudal que se requería (28 Lts/seg.), el manto acuífero únicamente

experimentaba un abatimiento máximo de 7.6 cms (0.25'), de esta manera, el nivel estático recuperaba su cota inicial en un tiempo máximo de un minuto"*; esto a su vez, convierte en altamente eficiente este pozo y su rehabilitación se justifica considerando que esta particularidad aún se mantiene.

**4.11.2.2 Tubería de revestimiento.**

La tubería de revestimiento no presenta ningún daño en sus paredes por lo que puede ser reutilizada en tales condiciones por un período aproximado de 10 años; si tomamos en cuenta que ésta ha estado instalada desde 1983, año de construcción del pozo; considerando lo expuesto anteriormente, es válido pensar que las condiciones normales de trabajo podrían mantenerse en el transcurso de este nuevo período.

**4.11.2.3 Rejilla.**

La rejilla de acuerdo a información proporcionada por el Departamento de Pozos de la ANDA, tiene un espesor de pared uniforme de 3/16", el cual no ha experimentado desgaste, según se pudo apreciar con la inspección visual efectuada; por otra parte, dicha rejilla nunca ha tenido un mantenimiento preventivo o tratamiento de limpieza, lo que justifica las obstrucciones actuales en sus aberturas. De conformidad a lo anteriormente expuesto y en vista de, que el tamaño de las aberturas de la rejilla no ha sido incrementado por los efectos secundarios que hubiese generado la limpieza con ácido

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Pozos.

clorhídrico (muriático) o el cepillado mismo, sino por el contrario se tiene una reducción en sus aberturas y por consiguiente una considerable disminución de la capacidad transmisora de ella; este último fenómeno es mucho más fácil de controlar, si se emplearan adecuadamente los nuevos químicos que se encuentran disponibles y que a su vez no generan ningún efecto corrosivo en los metales.

Considerando que las aberturas de la rejilla no han experimentado un tamaño mayor que el original, que la colocación o instalación de esta se realizó entre roca fracturada, el material de fabricación de la rejilla y la edad misma del pozo entre otras cosas, puede concluirse que la rejilla sea reutilizada, inicialmente, por un período de 5 años después de efectuada la limpieza. Transcurrido este período será necesaria una nueva inspección en el interior del pozo, para constatar si las aberturas han experimentado un aumento, ya que el agua es de carácter corrosivo para el metal, dependiendo de la situación que presente podrá determinarse si seguirá o no utilizándose.

**4.11.2.4 Calidad del agua para consumo humano.**

De acuerdo a los resultados de los análisis físico-químicos, esta agua (ver tabla N° 4.11.1), previo a su distribución tendrá que ser tratada, ya que existen propiedades que se encuentran fuera de norma, haciendo énfasis principalmente en su alta temperatura (45°C). Por otra parte, si se observan los resultados del análisis bacteriológico se concluye que se puede consumir en

las condiciones normales, ya que no presenta coliformes de ningún tipo (ver tabla N° 4.11.2).

El color rojizo que actualmente presenta el agua en el interior del pozo, será eliminado después de bombearla, ya que su origen (ver numeral 4.11.1.3) no es propio del manto acuífero.

**4.11.3 Alternativa de solucion para el sistema de captación.**

En esta Estación de Bombeo, no puede brindarse una alternativa de solución para el sistema de producción, por las razones expuestas en el diagnóstico; de tal manera que, la alternativa se hará sólo para el sistema de captación (pozo) de dicha estación, la cual consiste en efectuar una limpieza, que combine la aplicación de químicos y el agitamiento por medio de un bloque de pistoneo, tanto en el tramo de tubería en contacto con el agua como de la rejilla misma.

Este tipo de limpieza sería el ideal y más eficiente, para alcanzar las condiciones iniciales de la rejilla y del acuífero en las cuales operaba originalmente el pozo. "Pero, es necesario tomar en consideración la mala verticalidad del pozo; ya que ésta, puede impedir el paso del émbolo utilizado como pistón o en el peor de los casos quedarse atascado en el punto donde inicia la mala verticalidad (128.0m)". Para evitar estos inconvenientes, nos limitamos a recomendar que la limpieza se haga, solamente, con químicos. El procedimiento será el siguiente:

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA).
Departamento de Pozos.

1) Aplicación del químico (DPA),según el procedimiento del paso N° 2 del numeral 4.1.3. La dosificación para este caso será:

   Datos del pozo:

   Diámetro = 12"

   Columna de agua = 36m (118.11')

   Dosis por pie de agua = 1.5 Lbs.(Anexo N° 2)

   Entonces:

   Dosificación = 118.11' x 1.5 = 177.17 Lbs.

   = 3.54 Bolsas

   La cantidad de químico calculada anteriormente deberá incrementarse a un valor doble (7.09 bolsas de DPA), según la tabla de dosificación del Anexo N° 2 para casos severos de incrustaciones, cuando la limpieza se efectúa solo con químicos.

2) Después de la aplicación, permitir un tiempo de 24 horas para la acción del químico.

3) Determinar las condiciones en las que se encuentra el tramo que no pudo visualizarse (120.43 - 148.2)m, con el objeto de conocer si existen obstrucciones que obstaculicen el paso de la cuchara arenera cuando se quiera extraer los sedimentos existentes en el fondo del pozo. Si este fuera el caso, solo se procederá a completar la limpieza bombeando el agua turbia y extrayendo, probablemente, partículas ligeras sedimentadas.

4) Con el mismo equipo de bombeo que se realice la actividad anterior, se llevará a cabo una prueba de bombeo por un

período de 48 a 72 horas, para determinar los nuevos parámetros de explotación del pozo.

Después de efectuar el bombeo de toda el agua estancada y alcanzar las condiciones de potabilidad que tiene el agua del acuífero, será necesario encontrar un mecanismo que permita disminuir la temperatura del agua antes de ser distribuida a la población, tomando en cuenta que la construcción de una torre de enfriamiento resultaría muy costosa para un pozo que generaría un caudal no mayor que 28 Lts/seg (caudal recomendado de explotación cuando el pozo inició su operación).

De esta forma, deberán buscarse soluciones viables, como no servir el agua directamente a la población, sino que debe mezclarse en un tanque o en la misma tubería, con agua proveniente de otro acuífero que tenga una temperatura mucho más baja.

## 4.12 ESTACION DE BOMBEO "JARDINES DEL REY".

### 4.12.1 Situación actual.

Esta Planta de Bombeo se encuentra localizada entre la 13ª Calle Oriente y la Avenida Hno. Julio Gaytán de la Urbanización Jardines del Rey, Municipio de Santa Tecla, Departamento de la Libertad. Está compuesta básicamente por: caseta de control, cisterna, obra de captación (pozo), así como la subestación eléctrica (ver fig. N°4.12.a). Fue diseñada con el propósito de abastecer a la urbanización que lo aloja, así como a lugares aledaños; dejó de operar en el año de 1992, actualmente el abastecimiento de esta zona se hace a través de la inyección Zona Norte. La cisterna tiene una capacidad de aproximadamente 343.0 $m^3$, recibía agua proveniente del pozo y posteriormente era rebombeada a la red.

El pozo presentó las siguientes características de diseño, de acuerdo a datos proporcionados por el Departamento de Pozos de la ANDA:

Profundidad total..... 210 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 8"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 192 m

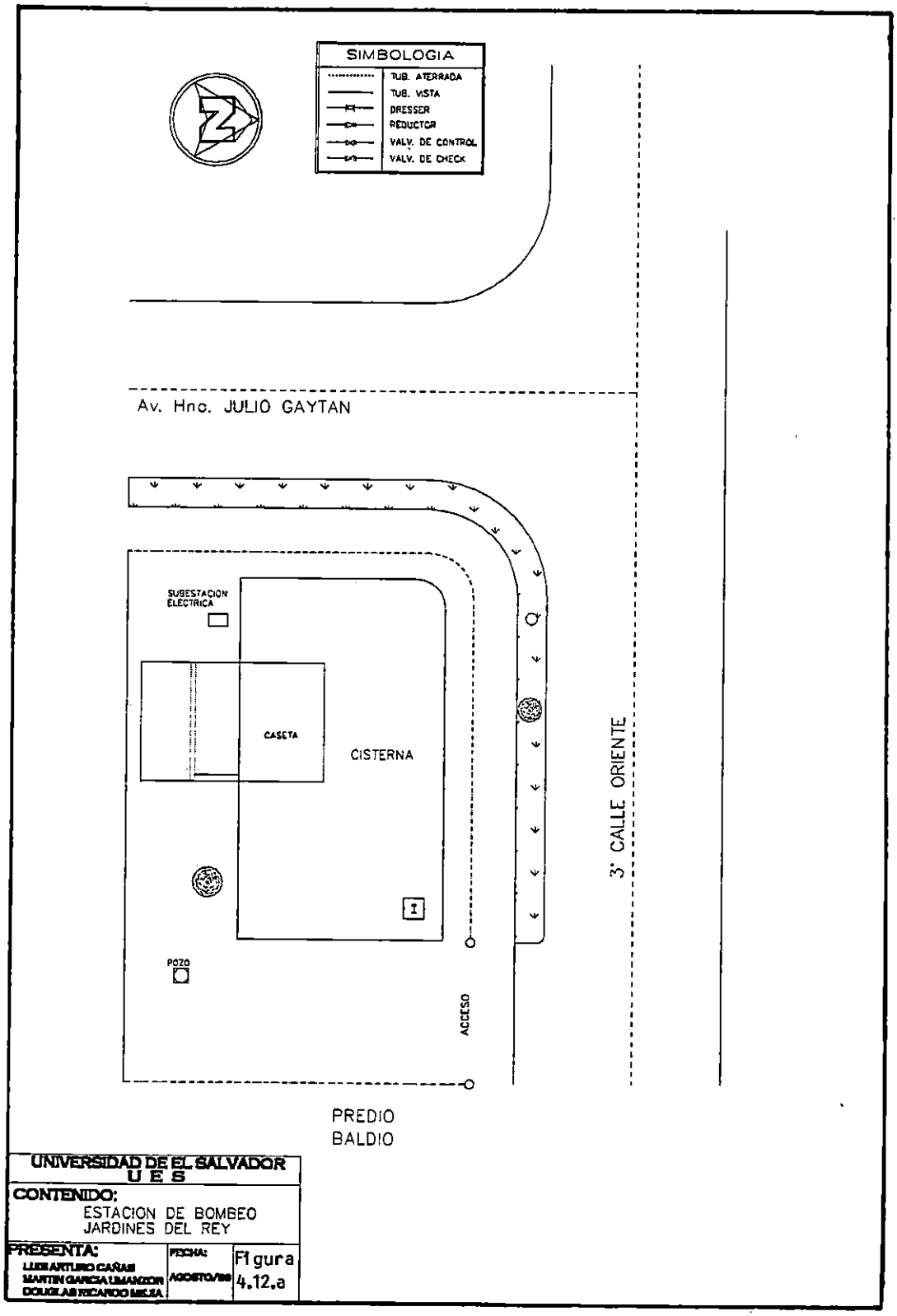
Longitud de la rejilla..... 18.0 m

Tipo de rejilla..... Persiana

Abertura de ranura de la rejilla..... 5/32"

Profundidad del nivel estático..... 173.12 m

Estas características se observan en la fig. N°4.12.d


SIMBOLOGIA
TUB. ATERRADA
TUB. VISTA
DRESSER
REDUCTOR
VALV. DE CONTROL
VALV. DE CHECK
Av. Hno. JULIO GAYTAN
SUBESTACION ELECTRICA
CASETA
CISTERNA
POZO
ACCESO
3ª CALLE ORIENTE
PREDIO BALDIO
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
U E S
CONTENIDO:
ESTACION DE BOMBEO
JARDINES DEL REY
PRESENTA:
LUIS ARTURO CAÑAS
MARTIN GARCIA LIMANZON
DOUGLAS RICARDO MEJIA
FECHA:
AGOSTO/99
Figura 4.12.a

#### 4.12.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.

##### 4.12.1.1.1 Caseta de control.

Los elementos que componen esta caseta se presentan en las siguientes condiciones:

- Paredes, en buen estado estructural, haciendo falta únicamente un poco de pintura.
- Techo de duralita, en términos generales, se encuentra bien.
- Piso de ladrillo de cemento en excelente estado.
- Instalaciones eléctricas se observan en buen estado, haciendo falta solamente las bombillas.
- Las ventanas no cuentan con sus defensas metálicas, así como la gran mayoría de sus piezas de celosía de vidrio.
- La puerta de acceso al interior de la caseta está en buen estado estructural; es metálica y exige únicamente pintura para soportar el ataque de la corrosión. Para tener una mejor noción de su estado ver fig. N° 4.12.b.

##### 4.12.1.1.2 Paneles de control.

No se encuentran en la planta, fueron retirados por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA, el mismo año en que el pozo dejó de funcionar.

##### 4.12.1.1.3 Subestación eléctrica.

La instalación cuenta actualmente con su respectiva subestación eléctrica; compuesta en este caso solamente de dos

transformadores, con capacidad de 37.5 KVA cada uno; dicha subestación está desconectada y los transformadores se observan en buen estado físico.

**4.12.1.2 Condición física actual de los equipos de bombeo.**

En la actualidad, este pozo no cuenta con su equipo de bombeo; ya que fue retirado en el año de 1992 por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA. De manera que se retiró el motor, bomba, la tubería de succión así como sus accesorios que permitían la funcionalidad de éste.

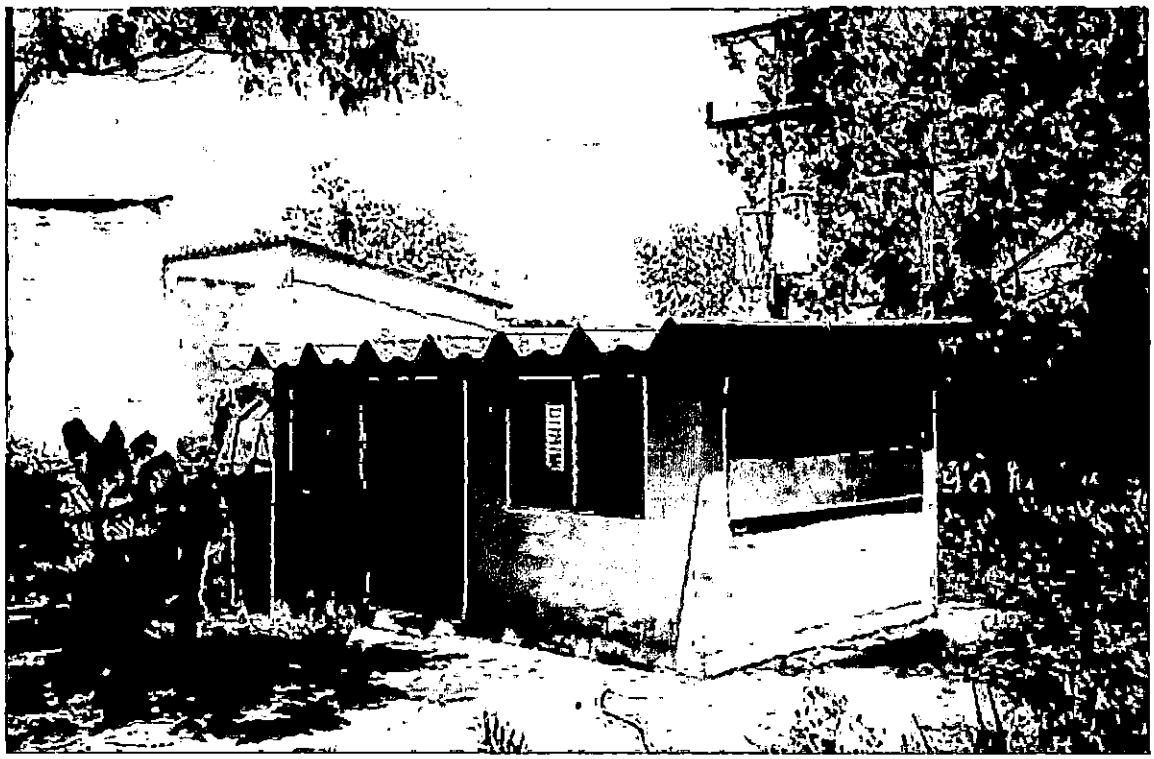


Fig. N°4.12.b) Esta figura muestra la condición actual de la caseta de control de la Estación de Bombeo "Jardines del Rey", además puede observarse la subestación eléctrica compuesta por dos transformadores.

#### 4.12.1.3 Condición actual del pozo.

No se pueden verificar las condiciones físicas que actualmente imperan en el interior del pozo. La razón se debe concretamente al hecho de no poder contar con la información que provee la exploración visual que la introducción de la videocámara en el interior de la perforación del pozo arroja, ya que éste se encuentra completamente obstruido por piedras (ver fig. N° 4.12.c).

#### 4.12.1.4 Calidad del agua.

El agua producida por este pozo, es ácida y de carácter corrosivo para el metal (ver tabla N°4.12.1), así lo demuestra su considerable cantidad de hierro total (fuera de norma), además su PH se encuentra por debajo del valor neutro y por último el Indice de Langelier también ratifica el fenómeno anteriormente expuesto.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B JARDINES DEL REY, COL. JARDINES DEL REY

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: C DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

MUNICIPIO: NUEVA SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 13-04-92 HORA TOMA: 14:30 FECHA RECEPCION: 13-04-92 HORA: 15:00

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 13-04-92 HORA:

### TABLA N° 4.12.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PH | 6.42 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 140 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 224 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | 5 | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 108 | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | 12 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 250 | 680 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 25 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 6.6 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | -1.216 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | 0 | mg/L | - - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 140 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 84 | mg/L | - |
| CALCIO | 50.4 | mg/L | 75 | BORO | | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 23.81 | mg/L | 50 | CARBONATOS | 0 | mg/L | - |
| SODIO | | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 140 | mg/L | - |
| POTASIO | | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | 0 | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | 3.0 | mg/L | 0.05-0.30 | CLORUROS | 42 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | TRAZAS | mg/L | - | SULFATOS | | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0 | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | | mg/L | - | SILICE | 98.91 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | | mg/L | 0.01 | FLUORUROS | 0.415 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua ácida y corrosiva para el metal; los demás parámetros se encuentran dentro de normas.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B JARDINES DEL REY, COL. JARDINES DEL REY

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: C

MUNICIPIO: NUEVA SAN SALVADOR

DEPARTAMENTO: LA LIBERTAD

FECHA TOMA: 13-04-92 HORA TOMA: 09:25

FECHA RECEPCION: - HORA DE RECEPCION: -

FECHA DE ANALISIS: 09-12-92 HORA DE ANALISIS: 09:00

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

**TABLA Nº 4.12.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | <1.1 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | <2.2 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | | |

OBSERVACIONES: Agua contaminada por bacterias coliformes.

Fig. N°4.12.c) En este figura se observa que el equipo de bombeo ha sido desmontado completamente, además se puede apreciar el abandono que esta Planta ha tenido a través del tiempo.

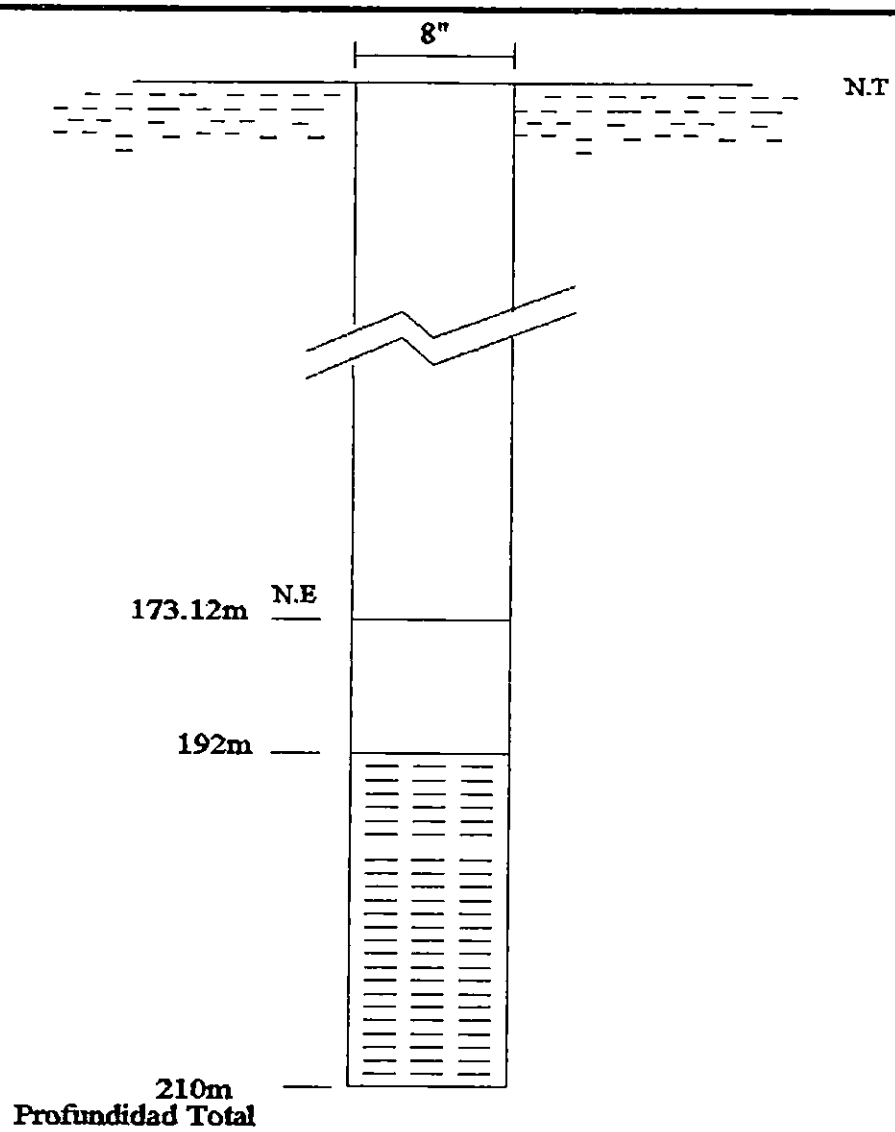



Fig. N°4.12.d Características de diseño del pozo perteneciente a la Planta de Bombeo "Jardines del Rey".

### 4.12.2 Diagnóstico y alternativa de solución.

El diagnóstico y la alternativa de solución de este pozo no podrán realizarse, por falta de la información que arroja la inspección por medio de la videocámara, por lo cual no es posible saber las condiciones en que se encuentran tanto la tubería de revestimiento como la rejilla; solamente podrían hacerse conjeturas, basándose en la calidad del agua, con las cuales no podría asegurarse que las condiciones supuestas son las mismas que experimentan dichos elementos en la actualidad.

## 4.13 ESTACION DE BOMBEO "PRADOS DE VENECIA N° 3".

### 4.13.1 Situación actual.

La Planta de Bombeo Prados de Venecia N° 3, se encuentra ubicada en la Colonia del mismo nombre, sobre la Diagonal Venecia y Pasaje N°22, Municipio de Soyapango. Está formada por una caseta de control, cuarto de cloración, subestación eléctrica, un pozo, una cisterna, equipos de bombeo y rebombeo, en el pozo y cisterna respectivamente, tuberías y accesorios (ver fig. N°4.13.a).

El agua que llegaba a la cisterna provenía directamente del pozo y luego se rebombeaba hacia la red, por lo que, la planta no funciona desde que el pozo dejó de operar hace tres años aproximadamente, debido a la falta de mantenimiento y daños en su equipo de bombeo.

Las características físicas e hidráulicas que presenta este pozo, según información proporcionada por el Departamento de Pozos de la ANDA, son:

Profundidad total..... 150 m

Diámetro de la tubería de revestimiento..... 10"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 123 m

Longitud de la rejilla..... 27 m

Tipo de rejilla..... Persiana

Abertura de ranura de la rejilla..... 1/8"

Profundidad del nivel estático..... 96.32 m

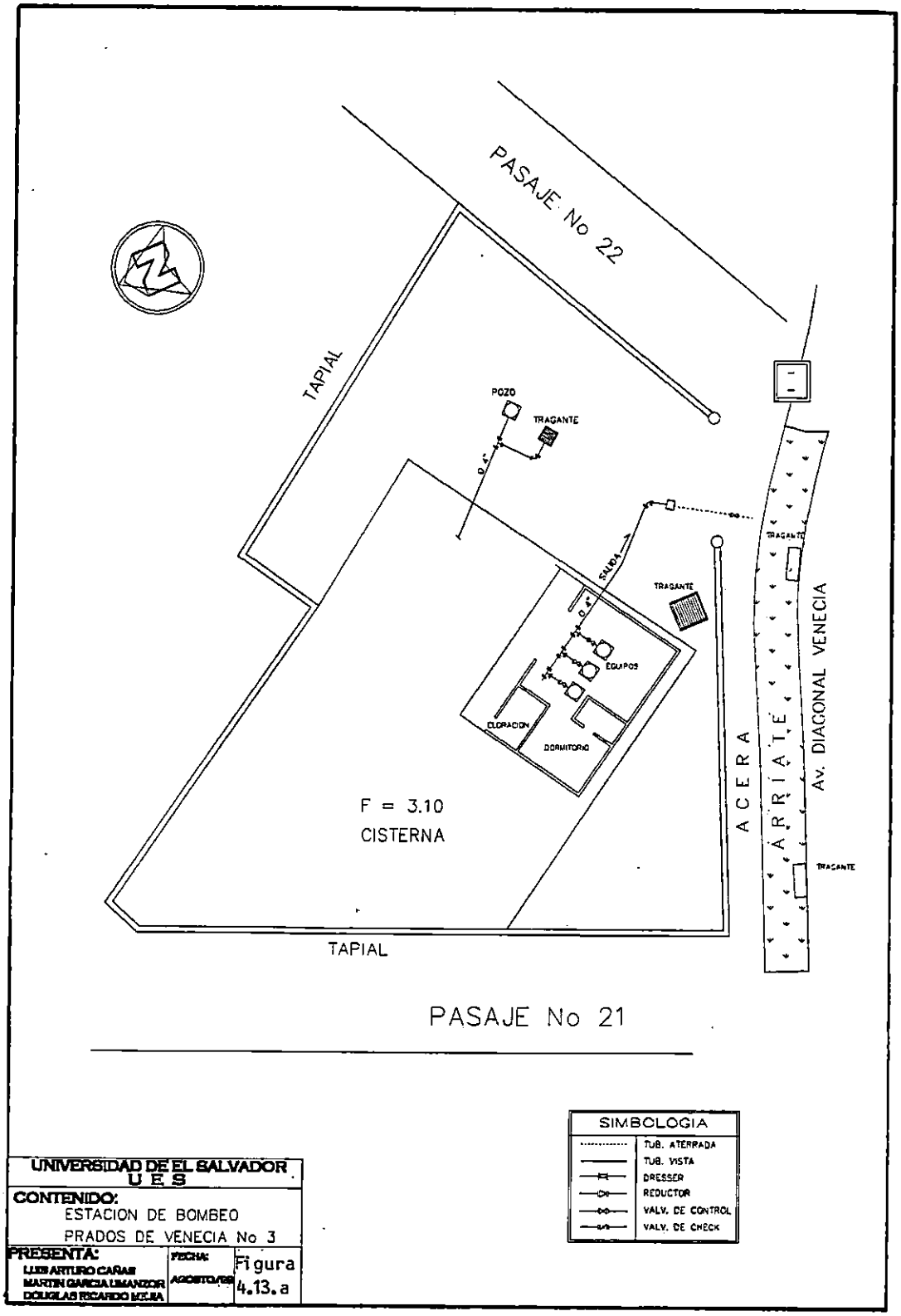
Puede observarse en la fig. N° 4.13.e, un esquema del pozo mostrando ésta información.

**4.13.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.**

**4.13.1.1.1 Caseta de control.**

Los elementos que componen esta caseta se encuentran en diferentes condiciones, las cuales se detallan a continuación:

- Paredes interiores y exteriores en buen estado estructural; pero su pintura en malas condiciones, además se encuentra manchada con grafitis (ver fig. N° 4.13.b).
- El techo está compuesto de duralita y se encuentra, en buen estado, a excepción de una pieza que se encuentra dañada.
- El piso, de ladrillo de cemento, se encuentra en buenas condiciones, aunque un poco sucio.
- Las instalaciones eléctricas de la caseta cuentan con todos sus elementos, observándose simplemente la falta de bombillas.
- Las ventanas están provistas de defensas metálicas, encontrándose en buen estado y careciendo en su totalidad de las celosías de vidrio.
- Las puertas son metálicas, y al margen de presentar grafitis, se encuentran en buenas condiciones (ver fig. N° 4.13.b).


PASAJE No 22
TAPIAL
POZO
TRAGANTE
SALIDA
TRAGANTE
EQUIPOS
CLORACION
DORMITORIO
F = 3.10
CISTERNA
ACERA
ARRIATE
Av. DIAGONAL VENECIA
TRAGANTE
TRAGANTE
TAPIAL
PASAJE No 21
SIMBOLOGIA
TUB. ATERRADA
TUB. VISTA
DRESSER
REDUCTOR
VALV. DE CONTROL
VALV. DE CHECK
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
U E S
CONTENIDO:
ESTACION DE BOMBEO
PRADOS DE VENECIA No 3
PRESENTA:
LUIS ARTURO CAÑAS
MARTIN GARCIA LIMANZOR
DOUGLAS RICARDO MOLINA
FECHA:
AGOSTO/95
Figura
4.13.a

**4.13.1.1.2 Paneles de control.**

Esta Planta de Bombeo aún cuenta con sus respectivos paneles de control, los cuales se muestran en la fig. N°4.13.c, éstos no reciben energía eléctrica actualmente, ya que han sido desconectados por personal de la ANDA, se observa que la caja térmica no cuenta con su respectiva tapadera; según información proporcionada por el Departamento de Electricidad y Bombas, se han sustraído algunos accesorios de estos paneles para ser utilizados en otras plantas.

Los paneles que aquí se encuentran son para los equipos de rebombeo y para el equipo sumergible del pozo (ver fig. N°4.13.c)

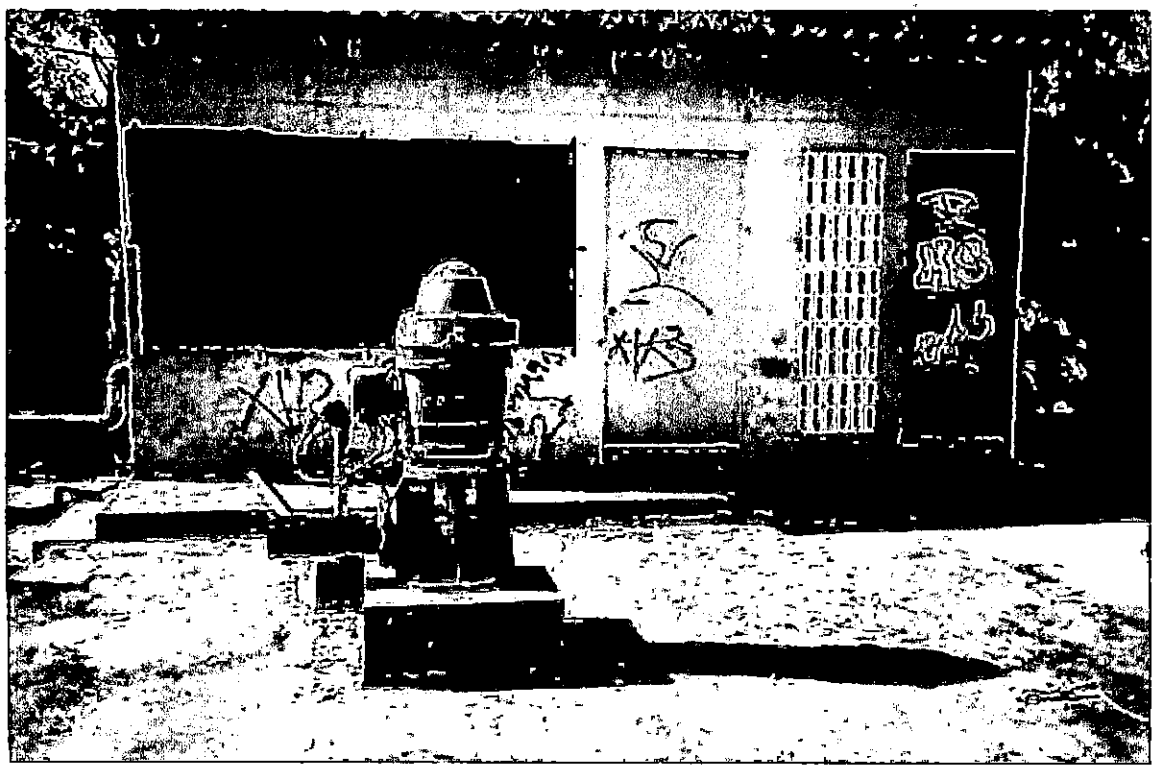


Fig. N°4.13.b) Estado actual de la caseta de control perteneciente a la Estación de Bombeo "Prados de Venecia N° 3".

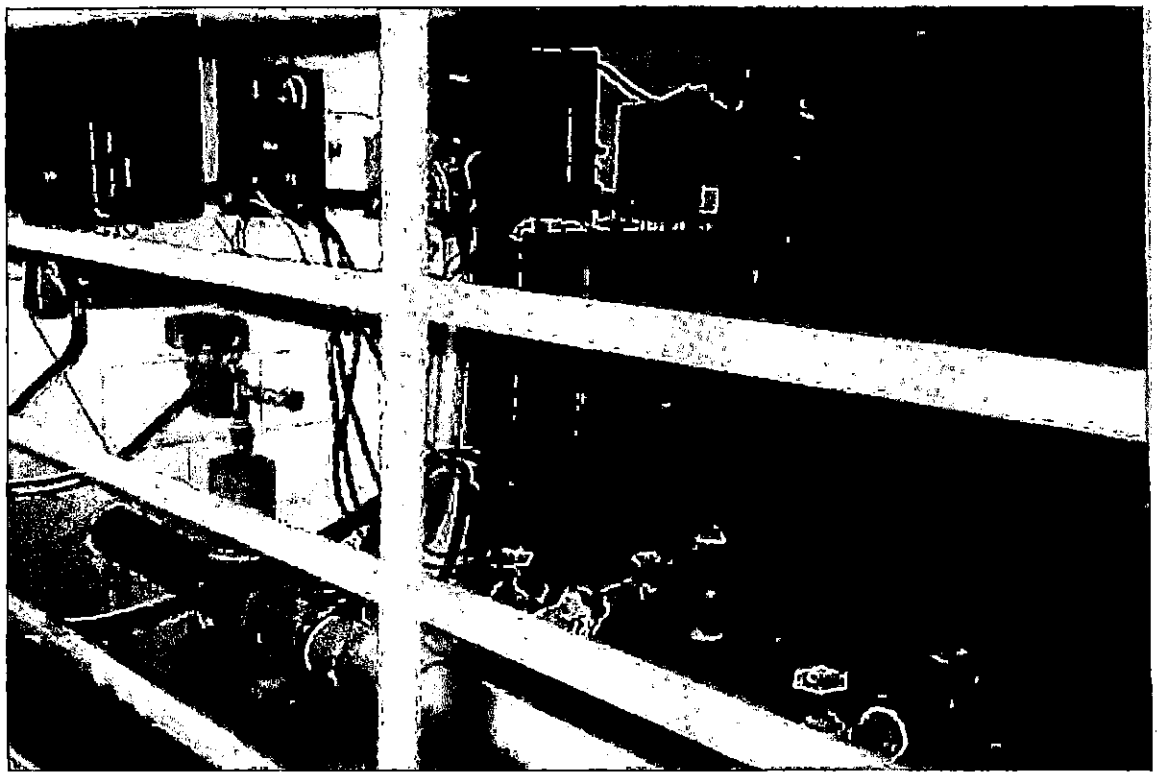


Fig. N°4.13.c) Paneles de control correspondiente al equipo de bombeo y rebombeo.

#### 4.13.1.1.3 Subestación eléctrica.

La subestación eléctrica está compuesta por tres transformadores, cuya capacidad individual es de 25 KVA, que se encuentran dentro de las instalaciones, suspendidos en un poste del tendido eléctrico propiedad de CAESS, éstos han sido desconectados por dicha compañía, observándose físicamente en buenas condiciones.

### 4.13.1.2 Condición física actual del equipo de bombeo.

El equipo de bombeo aún se encuentra en el pozo y es del tipo sumergible, con 30 HP de potencia, 3500 RPM y tiene una tubería de succión de 4" de diámetro. El equipo de bombeo del pozo, según información proporcionada por el Departamento de Electricidad y Bombas se encuentra en buen estado, ya que se hizo una prueba de bombeo en septiembre del presente año(1999), operando normalmente.

En lo que se refiere al rebombeo, éste se hacía a través de tres equipos de eje horizontal, en donde dos eran de 15 HP y el otro de 7.5 HP, los cuales serían sustituidos por un equipo de eje vertical; dicho equipo no funcionó porque el pozo dejó de operar (ver fig. N°4.13.d).

### 4.13.1.3 Condición actual del pozo.

El estado en que se encuentran los elementos internos del pozo no es posible determinarlo por la falta de información, al no contar con una inspección visual por medio de una

videocámara, en lo que se refiere a su verticalidad, según la información proporcionada por Técnicos del Departamento de Pozos de la ANDA, ésta no presenta ningún problema.

**4.13.1.4 Calidad del agua.**

El agua producida por este pozo tiene poca inclinación a corroer el metal, así lo demuestra su PH (6.83) y el Indice de Langelier (-0.79). Estas características químicas, al igual que otras de tipo físicas y bacteriológicas, pueden apreciarse en las tablas N°4.13.1 y N° 4.13.2.

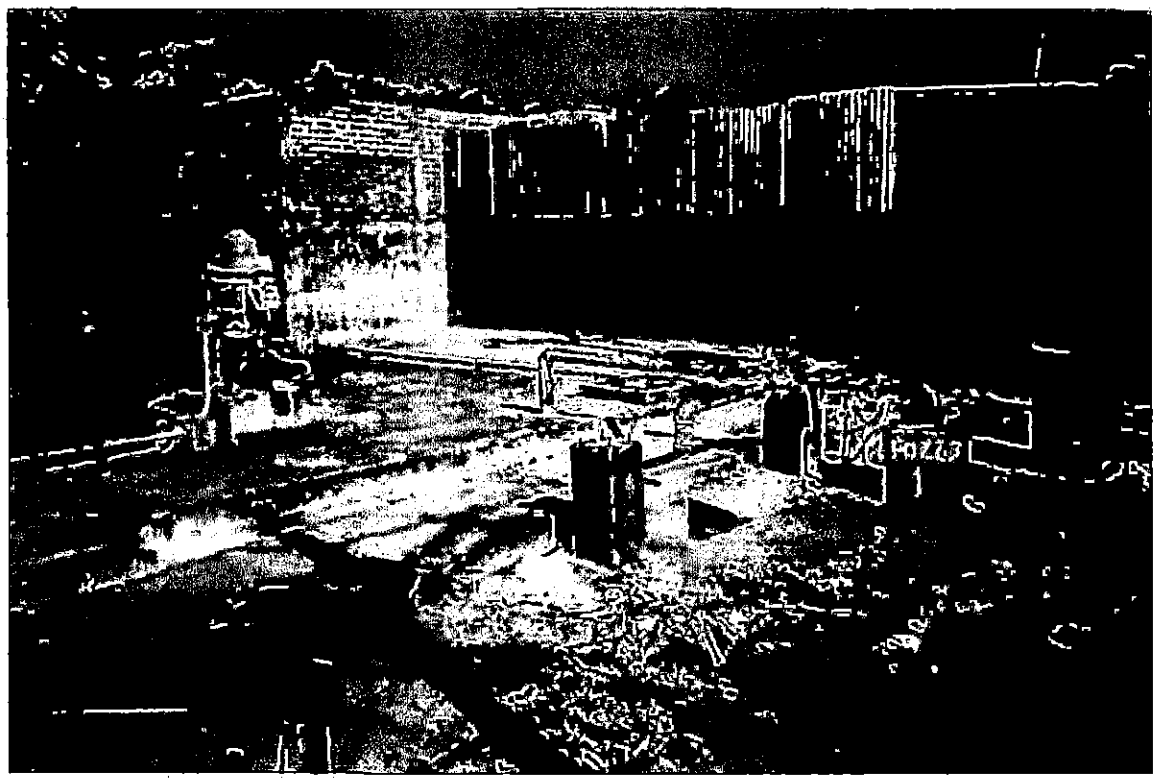



Fig. N°4.13.d) En esta figura se muestra el pozo, su respectiva tubería de descarga y accesorios, también se encuentra el equipo de rebombeo, con el cual se pretendía sustituir los 3 equipos de eje horizontal.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : DEPARTAMENTO DE CONTROL SANITARIO

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B PRADOS DE VENECIA N° 3

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: DEPARTAMENTO: SOYAPANGO

MUNICIPIO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 23-06-94 HORA TOMA: 10:00 FECHA RECEPCION: 24-06-94 HORA: 08:00

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 24-06-94 HORA: 08:00

### TABLA N° 4.13.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ph | 6.83 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 158 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 140 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | - | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 43 | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | <5 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 25Ø | 524 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 30 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.3 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 0.28 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | -0.79 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | 0.0 | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | 18 | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | 28 | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 140 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 0.0 | mg/L | - |
| CALCIO | 33.6 | mg/L | 75 | BORO | 0.0 | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 13.60 | mg/L | 50 | CARBONATOS | 0.0 | mg/L | - |
| SODIO | 0.0 | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 158 | mg/L | - |
| POTASIO | 0.0 | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | 0.0 | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.05-0.30 | CLORURUS | 16.5 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | - | mg/L | - | SULFATOS | - | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | - | mg/L | - | SILICE | 91.98 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | 0.0 | mg/L | 0.01 | FLUORURUS | 0.18 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua con poca tendencia a la corrosión para el metal, los demás parámetros se encuentran dentro de lo permisible según normas.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: CONTROL SANITARIO

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B. PRADOS DE VENECIA N° 3

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: SOYAPANGO

DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 23-06-94 HORA TOMA: 10:20

FECHA RECEPCION: 24-06-94 HORA DE RECEPCION: 13:45

FECHA DE ANALISIS: 24-06-94 HORA DE ANALISIS: 14:00

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS: TUBOS MULTIPLES

**TABLA N° 4.13.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACIÓN | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | CRUDA | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | 0.0 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIONES: Agua apta para consumo humano, al no observarse coliformes.

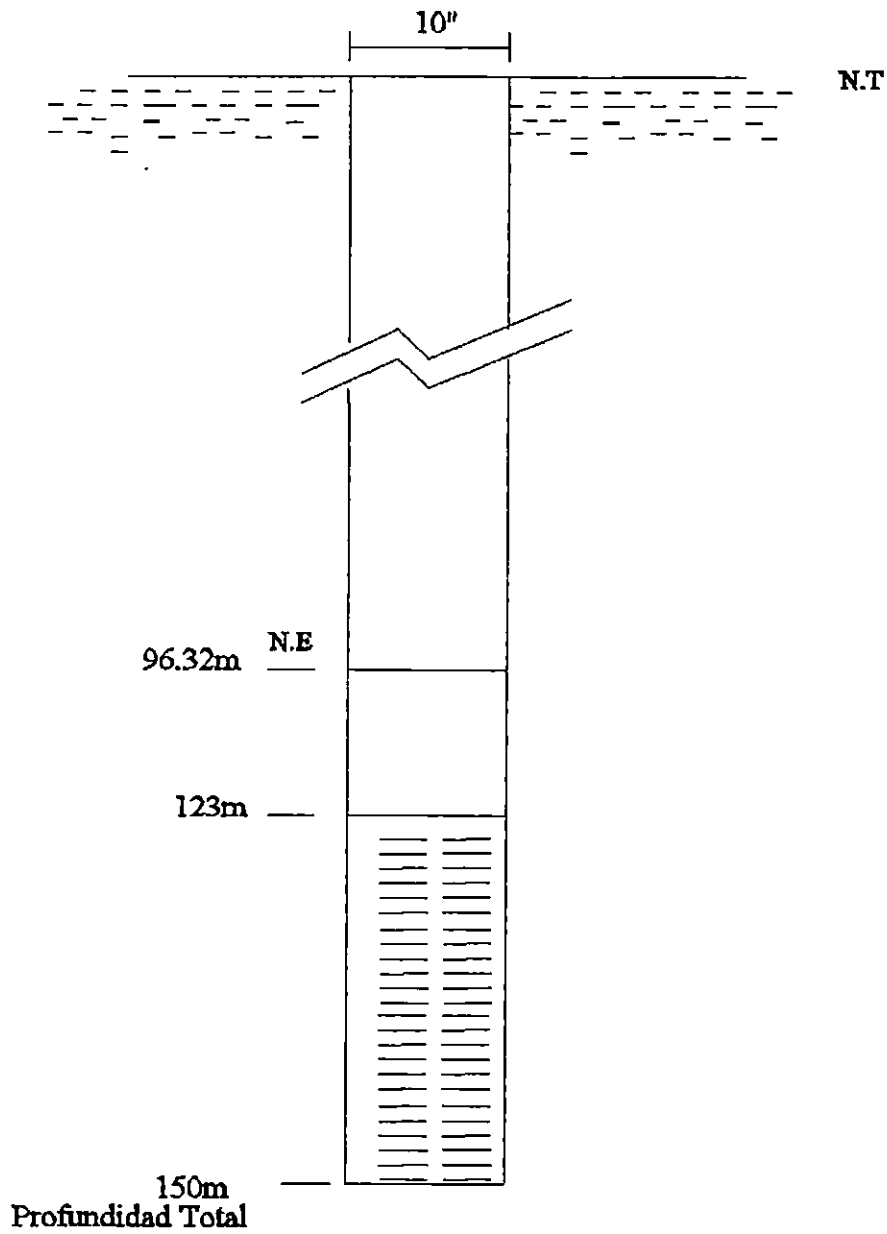



Fig. N°4.13.e Caracteristicas de diseño del pozo perteneciente a la Planta de Bombeo "Prados de Venecia N°3".

### 4.13.2 Diagnóstico y alternativa de solución.

Tanto el diagnóstico como la alternativa de solución para este pozo no podrán realizarse por la falta de información, que se obtiene al realizar la inspección por medio de la videocámara en su interior.

Al igual que el pozo anterior, las condiciones de la tubería de ademe y rejilla solo podrían suponerse, incurriendo con esto en errores, por no conocerse con exactitud si tales condiciones son las mismas que actualmente experimentan dichos elementos.

## 4.14 ESTACION DE BOMBEO "SIERRA MORENA N° 1".

### 4.14.1 Situación actual.

Esta Estación de Bombeo se encuentra situada en la Urbanización Sierra Morena, primera etapa, final Calle Venecia. Está compuesta por su caseta de control, cisterna con dos equipos de bombeo, cuya capacidad es aproximadamente de 25 $m^3$ (ver fig. N°4.14.a), provista de dos tuberías de rebose de PVC y $\phi$ 6". El agua que originalmente llegaba a la cisterna provenía del pozo, "actualmente la que se rebombea proviene de la Chacra"* y abastece directamente a la red de la urbanización. También cuenta con subestación eléctrica, tuberías, accesorios y su respectivo pozo.

El pozo de esta Planta comenzó a operara en 1985, año de su construcción, y finalizó en el año de 1995, funcionando ésta únicamente como sistema de rebombeo actualmente.

Las características de diseño de éste pozo según la compañía que lo perforó (COMFISA, Comercial Financiera S.A. de C. V.), son las siguientes:

Profundidad total..... 148.4 m

Longitud de la tubería de revestimiento..... 100.4 m

Longitud de la rejilla..... 48.0 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 8"

Tipo de rejilla..... Puente

Abertura de ranura de la rejilla..... 1/8"

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Pozos.

Profundidad del nivel estático..... 53.3 m

- Estas características se observan en la fig. N° 4.14.d

**4.14.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.**

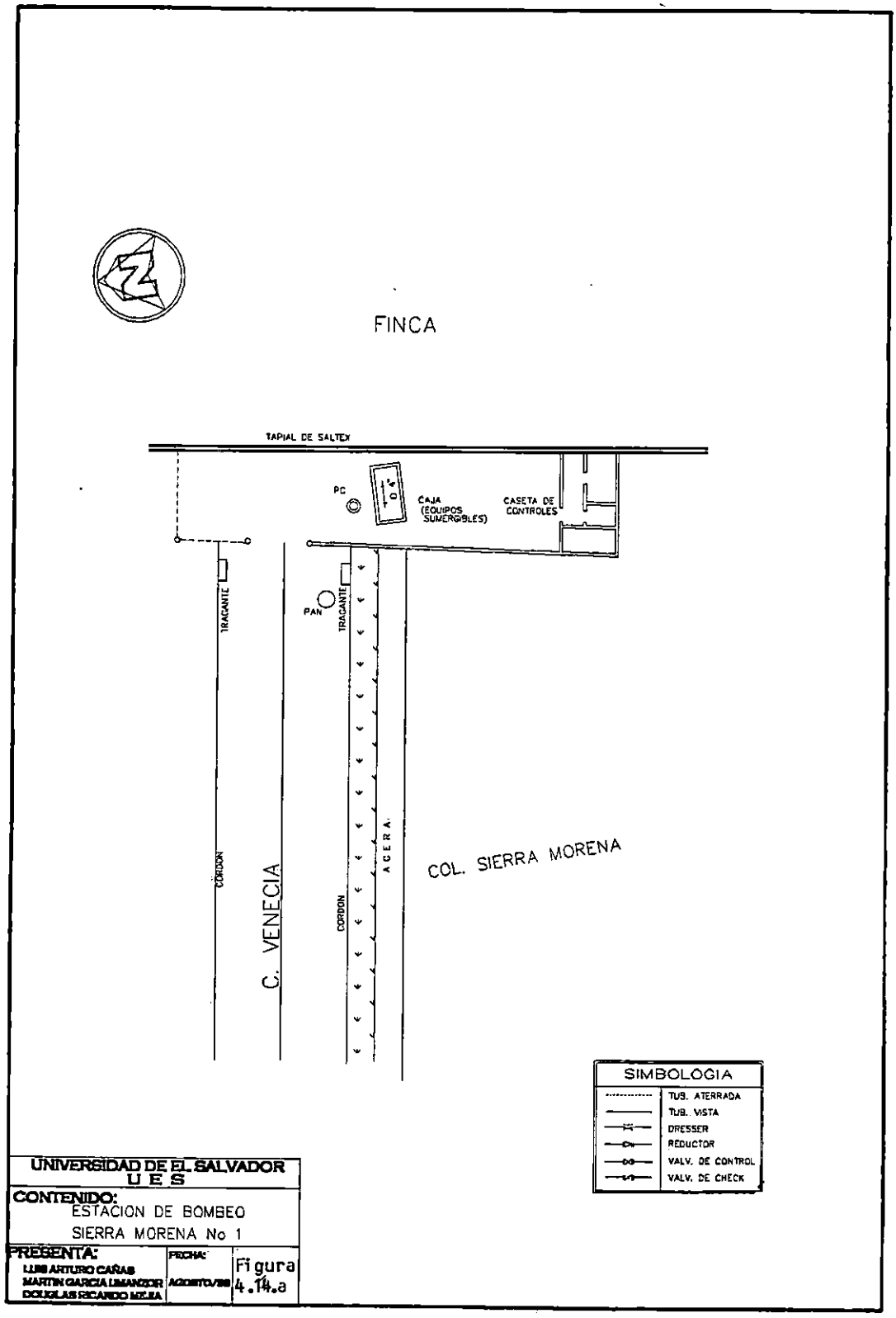
**4.14.1.1.1 Caseta de control.**

Los elementos que componen dicha caseta se encuentran en las siguientes condiciones:

- Paredes interiores y exteriores están en buen estado (estructural y estético).
- El techo está compuesto de duralita, sin presentar daño alguno.
- El piso está constituido por ladrillo de cemento, encontrándose en buen estado.
- Instalaciones eléctricas en el interior de la caseta, cuenta con todos sus accesorios en buenas condiciones.
- Las ventanas son de celosía de vidrio, provista de una defensa metálica, las cuales están en perfectas condiciones.
- Puertas de acceso al interior de la caseta, metálicas; se observan en excelentes condiciones

**4.14.1.1.2 Paneles de control.**

Los paneles de control que se encuentran corresponden al actual sistema de rebombeo y por ende no existen para el pozo mismo (ver fig. N° 4.14.b).


FINCA
TAPIAL DE SALTEX
PC
CAJA (EQUIPOS SUMERGIBLES)
CASETA DE CONTROLES
PAN
TRACANTE
TRACANTE
CORDON
CORDON
C. VENECIA
AGERA
COL. SIERRA MORENA
SIMBOLOGIA
TUB. ATERRADA
TUB. VISTA
DRESSER
REDUCTOR
VALV. DE CONTROL
VALV. DE CHECK
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
U E S
CONTENIDO:
ESTACION DE BOMBEO
SIERRA MORENA No 1
PRESENTA:
LUIS ARTURO CAÑAS
MARTIN GARCIA LIMANDOR
DOUGLAS RICARDO MEJIA
FECHA:
AGOSTO/99
Figura 4.14.a

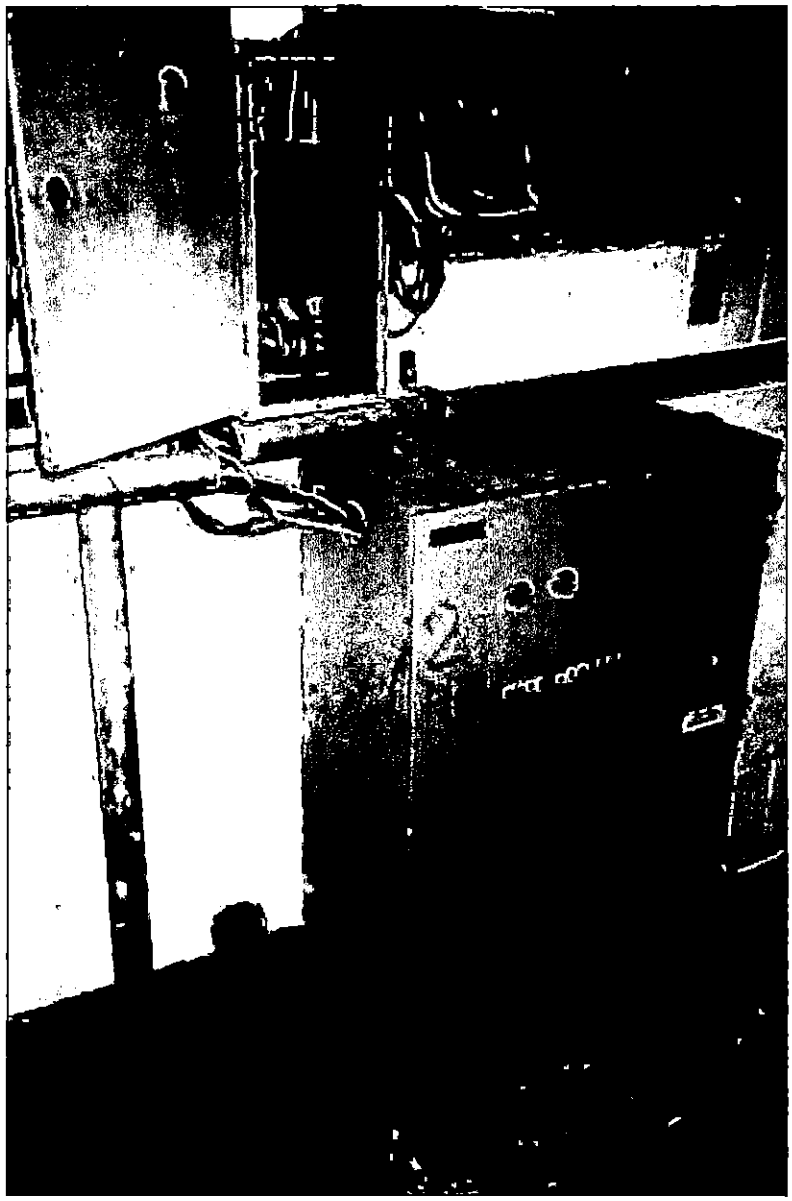


Fig.N°4.14.b) Paneles de control pertenecientes al equipo de rebombeo de Estación de Bombeo "Sierra Morena N° 1".

#### 4.14.1.1.3 Subestación eléctrica.

La Planta cuenta con su respectiva subestación eléctrica. Actualmente ésta sirve para proveer el voltaje requerido por los dos equipos que se utilizan en el sistema de rebombeo. Está provista de tres transformadores, cada uno con una capacidad de 50 KVA, los cuales se encuentran en buenas condiciones.

### 4.14.1.2 Condición física actual de los equipos de bombeo.

Actualmente, la Planta no cuenta con el equipo de bombeo ya que fue retirado hace unos cuatro años aproximadamente por el Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA; siendo éste del tipo sumergible, con 40 HP de potencia, 3450 RPM y extraía un caudal de 12.60 lts./seg., (ver fig. 4.14.c).

Localizados sobre la cisterna, se encuentran dos equipos de rebombeo: uno con 75 HP, 3540 RPM y de tres etapas; el otro de 50 HP, 3545 RPM y también de tres etapas los cuales se encuentran en buen estado.

### 4.14.1.3 Condición actual del pozo.

Tomando como fuente de información la inspección realizada, a través de videocámara al pozo el día 1 de diciembre de 1998, se presentan las siguientes características del mismo:

Profundidad total observada..... 107.9 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 8"

Longitud de la tubería de revestimiento obs. ..... 94.4 m

Longitud de la rejilla observada..... 13.8 m

Profundidad del nivel estático..... 65.8 m

Para mayores detalles ver fig. N° 4.14.d.

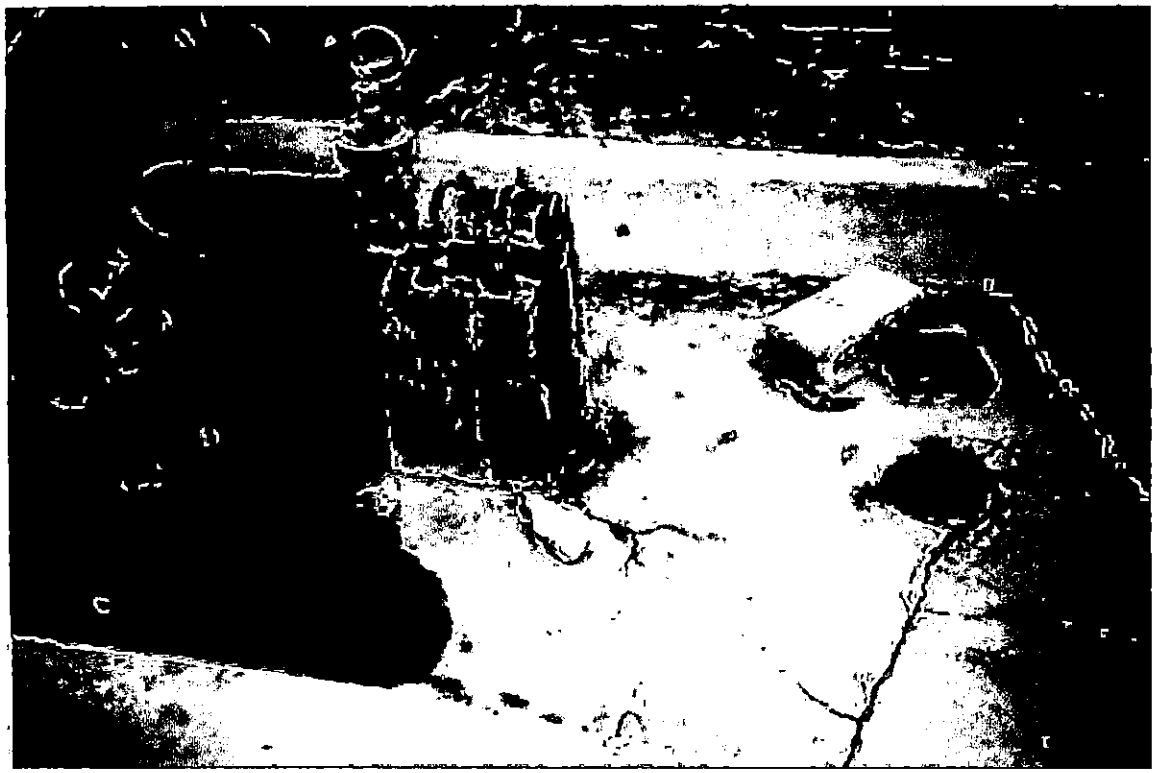


Fig.N°4.14.c) En esta figura se observa que el equipo de bombeo del pozo ha sido desmontado completamente quedando únicamente la tubería de descarga y sus accesorios.

**4.14.1.3.1 Estado de la perforación.**

Se encuentra en condiciones similares a las de la fecha en que se construyó el pozo, únicamente puede observarse acumulación de material orgánico a la profundidad de 107.9 m, lo cual impidió realizar la inspección hasta el fondo del pozo.

**4.14.1.3.2 Estado de la tubería de revestimiento.**

La tubería empleada en el revestimiento del pozo es marca ELEMSA, fabricada de acero al cobre (0.20%) y con un espesor de pared de 3/16".

Según inspección realizada a través de la videocámara, la tubería de revestimiento se encuentra distribuida en tres dentro del pozo (ver fig. N°4.14.d), de los cuales, se pudieron observar solamente dos tramos, donde el primero tiene una parte que no está en contacto con el agua (de 0.0m a 65.8m) y otra en contacto directo con ésta (de 65.8m a 88.4m). Dichos tramos no presentan daño estructural, ya que no se observan descascaramientos ni agujeros en sus paredes. El último segmento observado, solamente presenta deposición de hierro y manganeso en sus paredes.

Con respecto al segmento restante de tubería (de 112.4m a 118.4m), se puede decir que, también se encuentran en sus paredes internas concentraciones de hierro y manganeso, así mismo debe presentar un buen estado estructural, debido a que está expuesto a las mismas condiciones que el segundo tramo de tubería (de 94.4m a 100.4m).

#### 4.14.1.3.3 Estado de la rejilla.

La rejilla instalada es de la misma marca y aleación química que la correspondiente tubería de revestimiento, además se encuentra distribuida en tres tramos dentro del pozo (ver fig N°4.14.d); en la inspección realizada solamente se puede observar un tramo completo (de 88.4m a 94.4m) y 7.5m del segundo (de 100.4m a 107.9m), quedando sin observarse 4.5m (de 107.9m a 112.4m); el último tramo, comprendido entre 118.4m a 148.4m, no fue posible observarse por la coloración del agua.

Los tramos observados no presentan daños por corrosión en sus aberturas, pero éstas se encuentran obstruidas por incrustación, concluyéndose que los tramos restantes presentan similares condiciones, ya que también están en contacto con la misma columna de agua.

#### 4.14.1.4 Calidad del agua.

Según el análisis físico-químico del agua, algunas sustancias que influyen en su potabilidad exceden los valores máximos admisibles, establecidos en las normas de calidad utilizados por la ANDA (ver tabla N°4.14.1); lo que justifica que el agua sea de carácter incrustante, es que presenta altos valores de hierro y manganeso, además de una considerable cantidad de Dureza Total ($CaCo_3$).

También al observar que el PH es ligeramente menor que 7.0 y que el Indice de Langelier es de -0.686, puede decirse que

el agua es poco corrosiva para los metales, este fenómeno no presenta un grave problema para la tubería de revestimiento y rejilla instaladas, ya que se eligió un material resistente a la corrosión (acero al cobre), ver numeral 3.1.4.1.

Actualmente el agua presenta un color rojizo, originado principalmente por concentraciones de hierro y manganeso el cuerpo de agua.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B SIERRA MORENA N° 1, FINAL C. VENECIA

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

MUNICIPIO: SOYAPANGO

FECHA TOMA: 27-08-93 HORA TOMA: 09:50 FECHA RECEPCION: 27-08-93 HORA: 13:30

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 27-08-93 HORA: 13:30

### TABLA N° 4.14.1
### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 6.91 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 166 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 132 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | <5 | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 40.47 | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | 10 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 25Ø | 420 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 30 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.0 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 0.48 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | -0.686 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | - | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | 34 | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | 210 | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 132 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 0.0 | mg/L | - |
| CALCIO | 35.20 | mg/L | 75 | BORO | 0.0 | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 10.69 | mg/L | 50 | CARBONATOS | 0.0 | mg/L | - |
| SODIO | - | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 166 | mg/L | - |
| POTASIO | - | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | 0.0 | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | TRZAS | mg/L | 0.05-0.30 | CLORUROS | 7.5 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | - | mg/L | - | SULFATOS | - | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.35 | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | 0.25 | mg/L | - | SILICE | 93.44 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | 0.0 | mg/L | 0.01 | FLUORUROS | 0.36 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: El manganeso se encuentra fuera de lo permisible; poca tendencia a la corrosión e incrustación.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B SIERRA MORENA N° 1, FINAL C. VENECIA

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: SOYAPANGO

DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 27-08-93 HORA TOMA: 09:50

FECHA RECEPCION: 27-08-93 HORA DE RECEPCION: 13:30

FECHA DE ANALISIS: 27-08-93 HORA DE ANALISIS: 13:30

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA MÉTODO DEL ANALISIS:

**TABLA N° 4.14.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | INFINITO | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 2.2 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | | |

OBSERVACIONES: Agua contaminada.

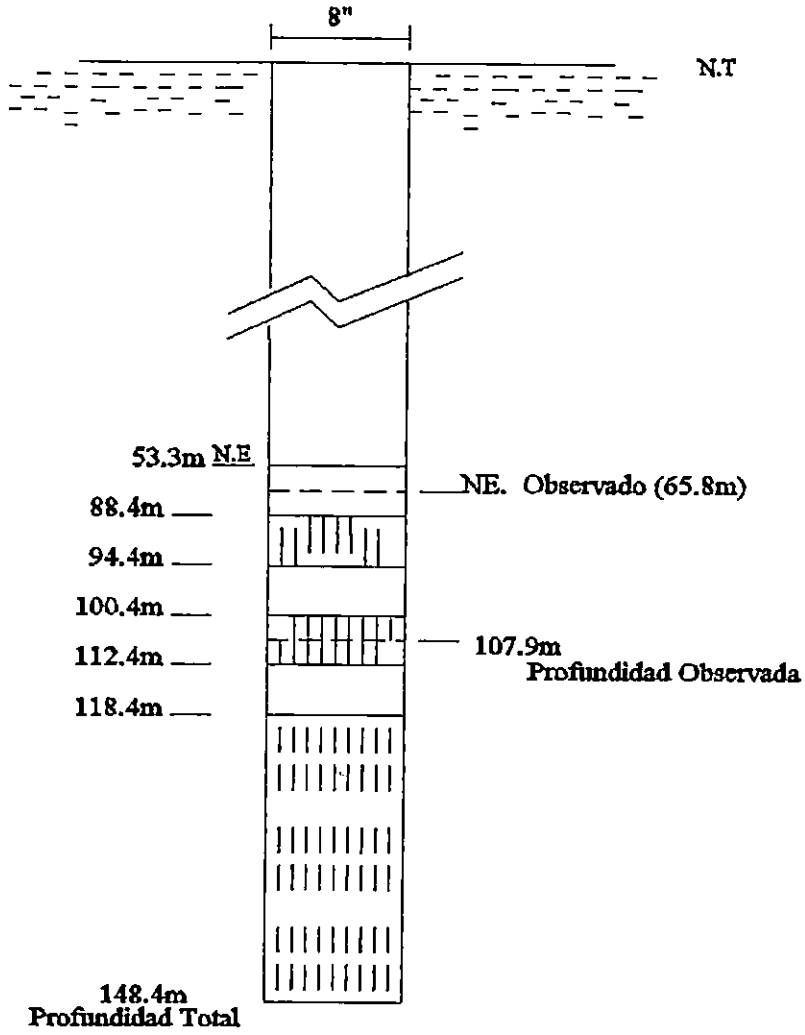



Fig. N°4.14.d. Características de diseño y actuales del pozo perteneciente a la Planta "Sierra Morena N°1", según inspección realizada 1 de Diciembre de 1998.

### 4.14.2 Diagnóstico de los sistemas de producción y captación.

#### 4.14.2.1 Equipo de bombeo.

"El abatimiento máximo que experimentaba el acuífero era de 28.9m (95'), la transmisividad de 5890 GPD/Pie y el nivel estático después de realizado el bombeo se tardaba solo 16 minutos para recuperarse"*; todas estas características fueron determinadas cuando el pozo operaba eficientemente, luego si consideramos que estos parámetros no han variado significativamente, con el tiempo, podemos concluir que se está en presencia de un excelente manto acuífero al que se puede seguir explotando.

A través de la inspección visual se determinó que el nivel estático ha descendido 12.5m, hasta este año; considerando este descenso y la profundidad total del pozo, se concluye que existe una columna de agua de 82.6m (65.8 - 148.4)m, pero en ésta no pudo verificarse la existencia de sedimentos u objetos que obstruyan la colocación eficiente de un equipo de bombeo completo, porque sólo fue posible explorar hasta una profundidad de 107.9 m (ver fig. N° 4.14.d). De conocerse que no se da este problema y considerando la buena columna de agua, así como el abatimiento máximo generado, podría instalarse un equipo igual al anterior, pero esta decisión no puede tomarse como definitiva, ya que la posibilidad de encontrar obstrucciones existe y lo mejor sería verificar el fondo del pozo

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Pozos.

para instalar un equipo con parámetros de explotación apropiados.

**4.14.2.2 Tubería de revestimiento.**

La función estructural de esta tubería de revestimiento no se ve afectada por la ligera tendencia a la corrosión que el agua presenta, es por esta razón básicamente, que se concluye que el comportamiento estructural de ésta puede prevalecer un período aproximado de 10 a 15 años sin ser seriamente afectada.

Previo a la reutilización de la tubería de revestimiento se hace necesaria una limpieza ya sea mecánica, química o una combinación entre ellas, para desprender de esta manera las concentraciones de hierro y manganeso presentes actualmente en sus paredes.

**4.14.2.3 Rejilla.**

A esta rejilla no se ha dado mantenimiento preventivo alguno, según se pudo confirmar con el Departamento de pozos de la ANDA, es por esta razón que las aberturas de la rejilla presentan deposición de minerales y en términos generales disminución de su capacidad transmisora. Luego si tomamos en cuenta la edad del pozo (14 años), calidad del agua, el material estabilizador de las formaciones litológicas que rodean la rejilla y otros fatores, podremos prever que la rejilla sea reutilizada a lo largo del mismo período que se ha considerado para la tubería de revestimiento.

Una vez sea aprobada la rehabilitación del pozo, será necesaria una limpieza del material incrustado en las aberturas de la rejilla para recuperar de esta manera el área de captación original. Después de efectuar la limpieza y transcurridos aproximadamente 5 años, será necesaria una nueva inspección visual para conocer la situación en que se encuentre la rejilla, ya que la poca tendencia a la corrosión que el agua tiene podría afectarla; de no ser así, pudiera seguir siendo utilizada en condiciones normales de trabajo. Por tanto quedará a opción de la ANDA el realizar esta nueva inspección por medio de videocámara para conocer su comportamiento en el tiempo.

**4.14.2.4 Calidad del agua para consumo humano.**

Según los análisis físico-químicos y bacteriológicos (ver tabla N° 4.14.1 y N° 4.14.2) el agua producida por el pozo deberá ser tratada previamente a su distribución.

La presencia de coliformes fecales y totales en el cuerpo de agua, la convierten en contaminada desde el punto de vista bacteriológico; el origen de dichos coliformes se debe principalmente a la proximidad (3-4)mts que existe entre el pozo de producción y un pozo de aguas negras en la red de la urbanización.

El color rojizo presente en el cuerpo de agua, será parcialmente eliminado después de efectuadas las actividades de limpieza y bombeo del agua estancada; los efectos residuales que

se puedan generar por las altas concentraciones de hierro y manganeso deberán ser adecuadamente tratadas.

**4.14.3 Alternativa de solucion para el sistema de captación.**

En este apartado, nos limitamos solamente a recomendar la alternativa de solución para rehabilitar el sistema de captación; no se darán soluciones para la rehabilitación del sistema de producción, por las razones expuestas en el diagnóstico.

Tanto la tubería de revestimiento(en contacto con el agua) como la sección de rejilla presentan incrustaciones, por lo que será necesario efectuar una limpieza de carácter combinada (químico y mecánico). La limpieza de la tubería de revestimiento se llevará a cabo simultáneamente con la rejilla y la metodología a seguir será la siguiente:

1) Se deberá contar en las instalaciones con una máquina perforadora, por el sistema de percusión.
2) Aplicación del producto químico DPA (cuyos datos técnicos se muestran en el Anexo N° 2). La aplicación de este producto se hace disolviendo un máximo de 50 Lbs. (1 bolsa) en un barril con agua que tiene una capacidad de 42 Galones, agregando la solución en el interior del pozo a través de una columna de PVC de 4" de diámetro, hasta alcanzar aproximadamente el 50% del tramo sobre el nivel estático. Después de la aplicación, permitir 24 horas para la acción del químico. La dosificación se calcula de la siguiente manera, para este ejemplo:

Datos del pozo:

Diámetro = 8"

Columna de agua = 82.6m (271')

Dosis recomendada según Anexo N° 2 = 0.7 Lbs/Pie de agua.

Entonces:

Dosificación = 271' x 0.7 = 189.7 Lbs. de DPA.

= 3.8 Bolsas de DPA.

3) Introducción de un pistón, acoplado a la máquina de perforar por percusión.

4) Seguidamente a la aplicación del químico, se introduce el pistón para realizar un agitamiento, mediante el movimiento hacia arriba y abajo por dentro de la tubería de ademe y rejilla, con el objeto de crear una turbulencia en el agua y permitir así que el químico aplicado actúe, tanto en las aberturas de la rejilla como en el material granular que la rodea, garantizando de esta manera una limpieza que mejore la capacidad transmisora actual de la rejilla y del acuífero mismo o que alcance las condiciones iniciales. Además, este agitamiento también genera el desprendimiento de material incrustado, obteniéndose una limpieza más efectiva.

5) Retirar el bloque de pistoneo después de 3 a 4 horas de operación continua.

6) Determinar la cantidad de sedimentos; si es significativa, se procede a su extracción por medio de la cuchara arenera (cucharón de lodo), en caso contrario se evacuará mediante la

instalación de un equipo de bombeo, que se pondrá en operación hasta alcanzar una apariencia cristalina del agua (12 horas aproximadamente). Luego se realizará una prueba de bombeo, por un período de 48 a 72 horas, para determinar los nuevos parámetros de producción.

7) En lo concerniente a la calidad del agua, como la fuente de contaminación es conocida, deberán efectuarse actividades para eliminarlas. Otro problema que el agua presenta para su consumo, es la presencia de hierro y manganeso fuera de norma, que tendrán que ser debidamente tratados a través de la inyección de permanganato de potasio.

## 4.15 ESTACION DE BOMBEO "SIERRA MORENA N° 2".

### 4.15.1 Situación actual.

Esta Planta de Bombeo, se encuentra ubicada entre la Avenida Cerro Verde y la Calle paralela al boulevard de la Urbanización Sierra Morena segunda etapa, en el Municipio de Soyapango. Está compuesta por una caseta de control, una cisterna con capacidad de aproximadamente 96.0 $mt^3$., subestación eléctrica, un equipo de rebombeo, tuberías y accesorios en general (ver fig. N° 4.15.a ).

La cisterna originalmente era abastecida por el agua proveniente del pozo. "Actualmente el agua que llega a ésta es suministrada por el Sistema Río Lempa, los pozos de la Chacra y Santa Lucía"*; luego se rebombea directamente a la red, logrااndo suplir la demanda generada por el cierre del pozo.

Dicho pozo comenzó sus operaciones en el año de 1990 y dejó de operar en el año de 1996, debido a daños en el equipo de bombeo, a partir de este año la planta funciona únicamente como rebombeo en la zona.

El pozo presentó las siguientes características de diseño en la fecha de su perforación, según la compañía que lo perforó (COMFISA, Comercial Financiera , S.A. de C.V.) :

Profundidad total..... 167.4 m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 12"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 116.4 m

Longitud de la rejilla..... 51.0 m

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Pozos.

Tipo de rejilla..... Puente

Profundidad del nivel estático..... 44.2 m

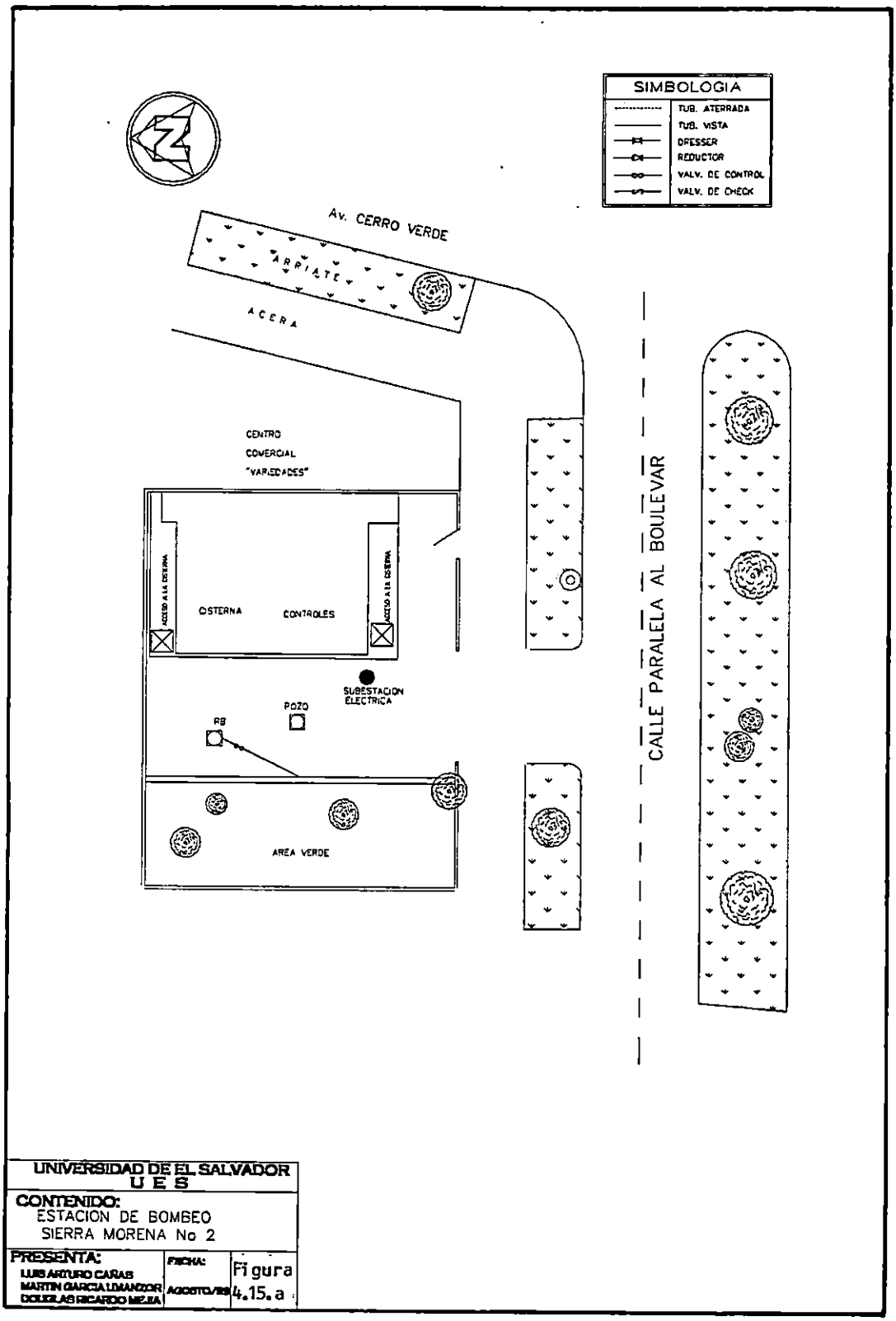
Para mayor detalle ver figura N° 4.15.c

**4.15.1.1 Condición actual del sistema eléctrico.**

**4.15.1.1.1 Caseta de control.**

Las condiciones en que se encuentran actualmente los elementos que integran la caseta de control se describen a continuación:

- Las paredes tanto interiores como exteriores, se aprecian en buenas condiciones en el aspecto estructural, así como también en el aspecto estético.
- El techo constituido de duralita se observa en buen estado, ya que no presenta deterioro alguno.
- El piso de ladrillo de cemento, no presenta ningún daño o avería, por lo que puede concluirse que está en buenas condiciones físicas.
- Las instalaciones eléctricas en el interior de la caseta se observan en condiciones aceptables, a excepción de la falta de bombillas.
- Las ventanas están provistas de defensas metálicas en buenas condiciones, sin embargo se puede apreciar la falta de algunas celosías de vidrio.
- Las puertas metálicas no presentan corrosión alguna y el estado de la pintura es buena.




| | | |
|---|---|---|
| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR<br>U E S | | |
| CONTENIDO:<br>ESTACION DE BOMBEO<br>SIERRA MORENA No 2 | | |
| PRESENTA:<br>LUIS ARTURO CARAS<br>MARTIN GARCIA LIMANZOR<br>DOUGLAS RICARDO MEJIA | FECHA:<br>AGOSTO/89 | Figura<br>4.15.a |

#### 4.15.1.1.2 Paneles de control.

Los paneles de control pertenecientes al equipo de bombeo del pozo, aún se encuentran dentro de las instalaciones de la planta y físicamente en buenas condiciones; el estado operacional de éstos no es posible determinarlo ya que actualmente están desconectados del suministro de energía eléctrica. Existen además, otros paneles de control dentro las instalaciones, que son los correspondientes al equipo de rebombeo que opera periódicamente en la Planta.

#### 4.15.1.1.3 Subestación eléctrica.

En la Planta existe subestación eléctrica operando ya que es la que suministra la energia que requiere el equipo de rebombeo que funciona en ella. Está compuesta por 3 transformadores, con una capacidad individual de 15 KVA, se encuentran suspendidos en un poste de alumbrado eléctrico, que está dentro de las instalaciones.

### 4.15.1.2 Condición física actual del equipo de bombeo.

El equipo de bombeo(tipo sumergible), que era el encargado de extraer el agua del interior del pozo, tenía una capacidad de 40 HP para bombear un caudal de 13.8 lts./seg. y fue retirado en el año de 1996. El desmontaje de este equipo fue por daños en el motor eléctrico y estuvo a cargo del Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA (ver fig. N° 4.15.b).

Fig. N°4.15.b) En esta figura se puede observar la parte superior del pozo, sin su equipo de bombeo.

**4.15.1.3 Condición actual del pozo.**

Según inspección efectuada el día 3 de Septiembre de 1999, a través de la videocámara, se pudieron obtener las siguientes características de este pozo:

Profundidad total observada..... 165.9m

Diámetro de la tubería de revestimiento y rejilla.. 12"

Longitud de la tubería de revestimiento..... 116.40m

Longitud de la rejilla observada..... 49.5m

Profundidad del nivel estático..... 48.05m

Para mayor detalle ver fig. N°4.15.c

**4.15.1.3.1 Estado de la perforación.**

En el recorrido con la videocámara a través del pozo, no se observó ningún tipo de obstrucción a lo largo de toda la perforación.

**4.15.1.3.2 Estado de la tubería de revestimiento.**

Se aprecia en buenas condiciones, sin embargo a partir de los 47.85m, se pierde un poco la visibilidad, debido a que el agua se presenta un poco rojiza. A partir de los 88.09m hasta los 116.4m mejora la visibilidad y no se observan descascaramientos ni agujeros en sus paredes internas, por lo tanto, podría concluirse que toda la tubería se encuentra en buenas condiciones estructurales.

**4.15.1.3.3 Estado de la rejilla.**

La rejilla, fabricada de acero al Cobre, tipo puente, se presenta con problemas de incrustación en sus aberturas, a causa de las concentraciones de hierro que se han desarrollado en el agua estancada al interior del pozo. Es importante destacar que no se pudo observar un tramo de rejilla (aproximadamente 1.50m) porque no se llego al fondo del pozo con la inspección, por causa de la distancia que existe entre la fuente de luz y el lente que proporciona la vista lateral de las paredes.

**4.15.1.4 Calidad del agua.**

Actualmente el agua se encuentra turbia, por concentraciones de hierro y por material orgánico en suspensión, esto último se debe principalmente a que el pozo permanece al descubierto.

De acuerdo con los análisis físico-químicos del agua generada por este pozo (ver tabla N° 4.15.1), puede apreciarse que el pH es ligeramente menor que 7.0, que el Indice de Langelier es de -0.1 y analizando otros factores se llega a la conclusión de que el agua tiene una leve tendencia a corroer el metal, además es poco incrustante, por su contenido de dureza total.

## CONTROL DE CALIDAD FISICO QUIMICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE : COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA : P.B DE LA URB. SIERRA MORENA N° 2, C. PARALELA AL BLVD.

PUNTO MUESTREADO : POZO

ZONA: M DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

MUNICIPIO: SOYAPANGO

FECHA TOMA: 30-04-93 HORA TOMA: 09:58 FECHA RECEPCION: 01-05-93 HORA: 10:30

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA FECHA DEL ANALISIS: 01-05-93 HORA: 10:30

### TABLA N° 4.15.1

### RESULTADOS ANALITICOS

| DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA | DETERMINACIÓN | RESULTADO | UNIDAD | NORMA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 6.73 | | 6.0-8.5 | ALCALI. TOTAL (CaCo3) | 107.8 | mg/L | 30-250 |
| OLOR | NORMAL | N° | NR - 3 | DUREZA TOTAL (CaCo3) | 193.4 | mg/L | 100-400 |
| COLOR VERDADERO | 9.0 | U pt-Co | 15 | BIOXIDO DE CARBONO | 37.33 | mg/L | - |
| COLOR APARENTE | 2.0 | U pt-Co | NR | CONDUCTIVIDAD 25Ø | 590 | µmnhos/cm | 500-1600 |
| TEMPERATURA | 29 | °C | 18 - 30 | CLORO RESIDUAL | 0.0 | mg/L | 0.5-1.0 |
| TURBIEDAD | 1 | UNT | 1 - 5 | INDICE LANGELIER | -1.0 | | -0.5-0.5 |
| SÓLIDOS TOTALES | - | mg/L | - | ALCA. AL BICAR.NA.K | 0.0 | mg/L | - |
| SÓLIDOS,TOT.DIS. | 295 | mg/L | 300-600 | DUREZA CARBONATICA | 107.8 | | - |
| | | | | DUREZA NO CARBONATI. | 85.6 | mg/L | - |
| CALCIO | 42.32 | mg/L | 75 | BORO | 0.0 | mg/L | 0.30 |
| MAGNESIO | 21.29 | mg/L | 50 | CARBONATOS | 0.0 | mg/L | - |
| SODIO | - | mg/L | 25-150 | BICARBONATO | 107.8 | mg/L | - |
| POTASIO | - | mg/L | 10 | HIDROXIDOS | 0 | mg/L | - |
| HIERRO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.05-0.30 | CLORUROS | 44.5 | mg/L | 25-250 |
| HIERRO DISUELTO | 0.0 | mg/L | - | SULFATOS | 46.5 | mg/L | 25-250 |
| MANGANESO TOTAL | 0.0 | mg/L | 0.02-0.05 | NITRATOS | - | mg/L | 10 |
| MANGANESO DIS. | - | mg/L | - | SILICE | 95.42 | mg/L | 60-125 |
| ARSENICO | - | mg/L | 0.01 | FLUORUROS | 0.4 | mg/L | 1.50 |
| | | | | DEMANDA DE CLORO | - | mg/L | - |

- NR: NO RECHAZABLE
- N°: DE UMBRAL DE OLOR

OBSERVACIONES: Agua tendiente a la corrosión para el metal, los demás parámetros están dentro de la norma.

## CONTROL BACTERIOLOGICO DEL AGUA

NOMBRE DEL SOLICITANTE: COORDINACION CONTROL DE CALIDAD

DIRECCIÓN TOMA DE MUESTRA: P.B DE LA URB. SIERRA MORENA N°2, C. PARALELA AL BLVD.

PUNTO MUESTREADO: POZO

ZONA: M

MUNICIPIO: SOYAPANGO

DEPARTAMENTO: SAN SALVADOR

FECHA TOMA: 30-04-93 HORA TOMA: 9:58

FECHA RECEPCION: 01-05-93 HORA DE RECEPCION: 10:30

FECHA DE ANALISIS: 01-05-93 HORA DE ANALISIS: 10:30

TIPO DE AGUA ANALIZADA: CRUDA METODO DEL ANALISIS:

**TABLA N° 4.15.2**

**RESULTADOS ANALITICOS**

| DETERMINACION | UNIDAD | RESULTADOS | NORMA |
|---|---|---|---|
| CLORO RESIDUAL | mg/L | 0.0 | 0.5 - 1.0 |
| COLIFORMES TOT | NMP/100ML | <1.1 | <2.2 |
| COLIFORMES TOT | COL/100ML | - | |
| COLIFORMES FEC | NMP/100ML | 0.0 | Negativo |
| COLIFORMES FEC | COL/100ML | - | |

OBSERVACIONES: Agua apta para consumo humano.

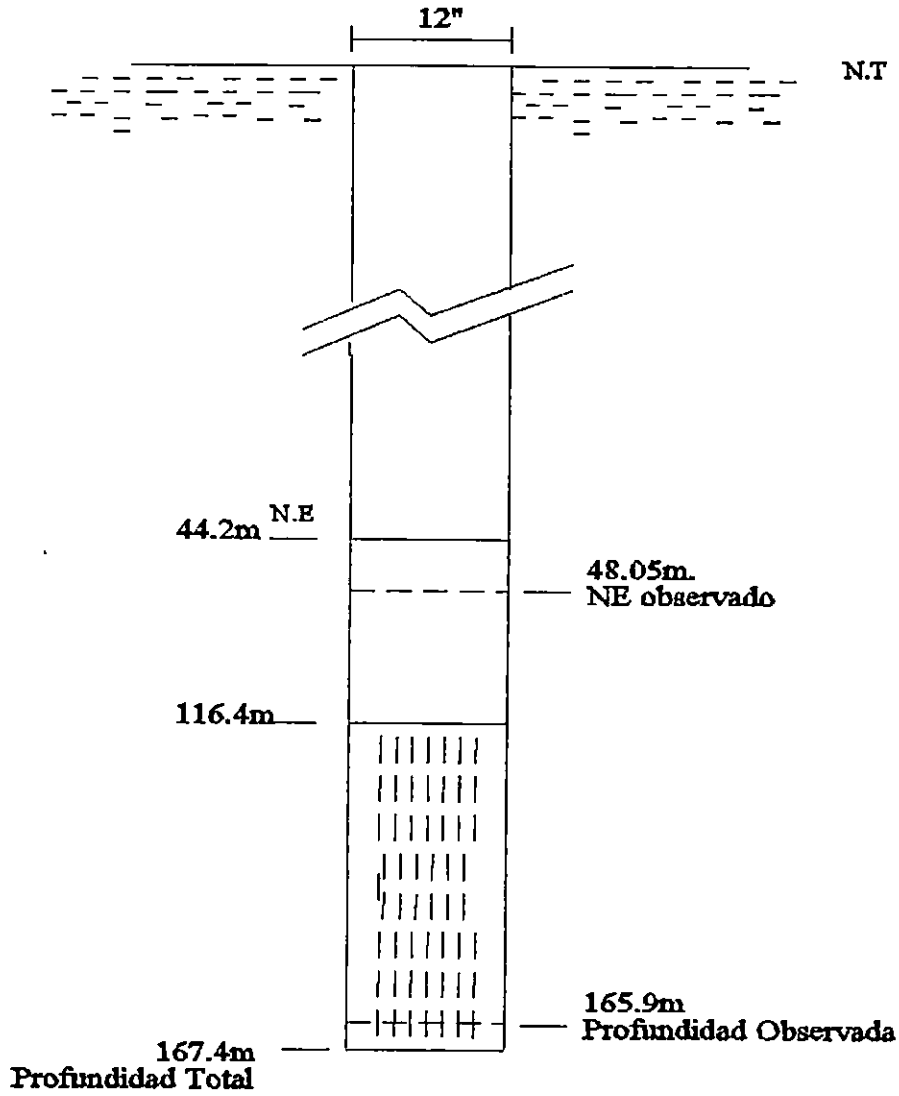



Fig. N°4.15.c Características iniciales del pozo perteneciente a la Planta de Bombeo "Sierra Morena N°2".

### 4.15.2 Diagnóstico de los sistemas de producción y captación.

#### 4.15.2.1 Equipo de bombeo.

En éste se pudo determinar que su fondo se encuentra libre de sedimentos u obstrucciones que pudieran reducir la columna de agua existente (119.40m); además si consideramos el descenso del nivel estático (3.85m), como una variación estacional (ver fig. N° 4.15.c), podría instalarse un equipo de bombeo con capacidad y características similares al que operaba el pozo inicialmente.

"Se conoce que el abatimiento era de 30.70m, cuando el pozo operaba con los parámetros de explotación anteriores (Q=13.8 Lts/seg. y un tiempo de bombeo de 16 horas diarias), también la transmisividad era de 18700 GPD/Pie y la recuperación del nivel estático después de abatido, era de 20 minutos"*; todos estos parámetros justifican que vale la pena la inversión en la rehabilitación del pozo y la extracción confiable de un caudal igual al inicial.

#### 4.15.2.2 Tubería de revestimiento.

A pesar que el agua es poca corrosiva para el metal, el tramo de tubería que está en contacto con ella no presenta problemas que la debiliten estructuralmente; este hecho se debe, en parte, al tiempo que ha estado instalada la tubería (9 años). Por lo anteriormente expuesto, puede esperarse que las

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Pozos.

condiciones normales de trabajo que presenta actualmente, prevalezcan por un período aproximado de 10 años.

**4.15.2.3 Rejilla.**

Existen ciertos factores a considerar para la reutilización eficiente de la rejilla, por un período aproximado de 10 años, entre los cuáles podemos destacar la corta edad del pozo (9 años), la poca tendencia que el agua tiene para corroer el metal, el espesor de pared de la rejilla (3/16"), la selección de grava de río que sirvió como estabilizador de las formaciones litológicas, el hecho de no haber efectuado limpiezas con químicos (ácido clorhídrico) que aceleren los ataques corrosivos en los metales; entre otras cosas, estos factores justifican en parte el buen estado estructural que presenta la rejilla actualmente; ésta a su vez, presenta poca incrustación en sus aberturas, la que sería fácilmente tratada con un procedimiento adecuado de limpieza, cada cierto período de tiempo (aproximadamente 5 años), después de transcurrido este período sería necesaria una nueva inspección visual. De encontrarse que las ranuras de la rejilla no presentan un tamaño mayor que el original y que éstas se encuentran obstruidas por incrustación, podría recomendarse una nueva limpieza acorde a las condiciones que presente; caso contrario, de encontrarse que el tamaño original de las aberturas ha experimentado un aumento, tendría, obligatoriamente, que compararse el tamaño de éstas y el de las partículas del estabilizador de la formación (4-9)mm. que rodea

a la rejilla, para determinar si se puede generar la entrada de material granular al interior de el pozo; de ser así, tendrá que considerarse la posibilidad de clausurar el pozo.

**4.15.2.4 Calidad del agua para consumo humano.**

El cuerpo de agua, actualmente presenta un color rojizo, debido principalmente a concentraciones de hierro presentes, por el estancamiento de ésta; es de hacer notar que, después de efectuada la limpieza del pozo y bombeo del agua, este color desaparecerá definitivamente; luego se concluye que desde el punto de vista físico-químico y bacteriológico, el agua que genera este pozo es apta para consumo humano y que los parámetros que indican su potabilidad están dentro de lo establecido por las normas.

**4.15.3 Alternativa de solución para los sistemas de producción y captación.**

El equipo de bombeo que se recomienda para esta Estación de Bombeo, que incluye la rehabilitación, tanto de su sistema de producción como el de captación, tendrá las principales características del que anteriormente operaba; siendo éstas las que a continuación se detallan:

EQUIPO DE BOMBEO DEL TIPO SUMERGIBLE.

Motor:

Potencia ..... 40 HP

Velocidad angular..... 3500 RPM

Voltaje..... 460/380 Voltios

Turbina:

Longitud de la tubería de succión..... 140.21m(460´)

Diámetro..... 4´´

Numero de etapas..... 13

"Este equipo de bombeo está diseñado para extraer un caudal de 13.8 Lts/s, con un tiempo de bombeo dado de 16 horas diarias; bajo una carga dinámica de 182.88 m (600´)"*.

Es importante mencionar, con respecto a la subestación eléctrica, que tendrá que ser rediseñada, ya que en la actualidad existen tres transformadores de 15 KVA cada uno, que se encargan de suministrar la energía requerida por el equipo rebombeo.

Para la rehabilitación del sistema de captación, como el problema de obstrucción no es severo, se hace necesaria, únicamente, una limpieza mediante la aplicación de químicos, centrándose solamente en la rejilla, ya que la tubería de revestimiento no exige dicho tratamiento; sin embargo, un tramo de ésta (68.35m) experimentará los efectos de la limpieza, puesto que está en contacto con el agua. La dosificación de químicos (DPA) se detalla a continuación:

Datos del pozo:

Diámetro = 12´´

Longitud de la columna de agua = 119.4m (391.73´)

*/ FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Departamento de Electricidad y Bombas.

La cantidad recomendada (según Anexo N° 2) es de 1.5 lbs/Pie de agua.

Entonces:

Dosificación = 1.5 x 391.73' = 587.60 Lbs de DPA

= 11.75 Bolsas de DPA.

Luego de 24 horas de acción del químico, se debe proceder a la instalación de un equipo de bombeo para el desalojo del agua turbia, con el propósito de devolverle el grado de cristalinidad y aceptabilidad requerido (aproximadamente 12 horas). Después de realizar estas actividades, se procederá a la instalación del equipo de bombeo recomendado para operar el pozo(ver fig. N° 4.15.d).

Es necesario que antes de distribuir el agua, se efectúe una desinfección, ya sea por medio de sistemas que utilicen hipoclorito de calcio o cloro-gas, los que tendrán que ser diseñados, debido a que en la actualidad no existe una caseta de cloración en esta Estación; aunque si se decide bombear el agua a la cisterna, ésta podrá ser tratada ahí mismo.

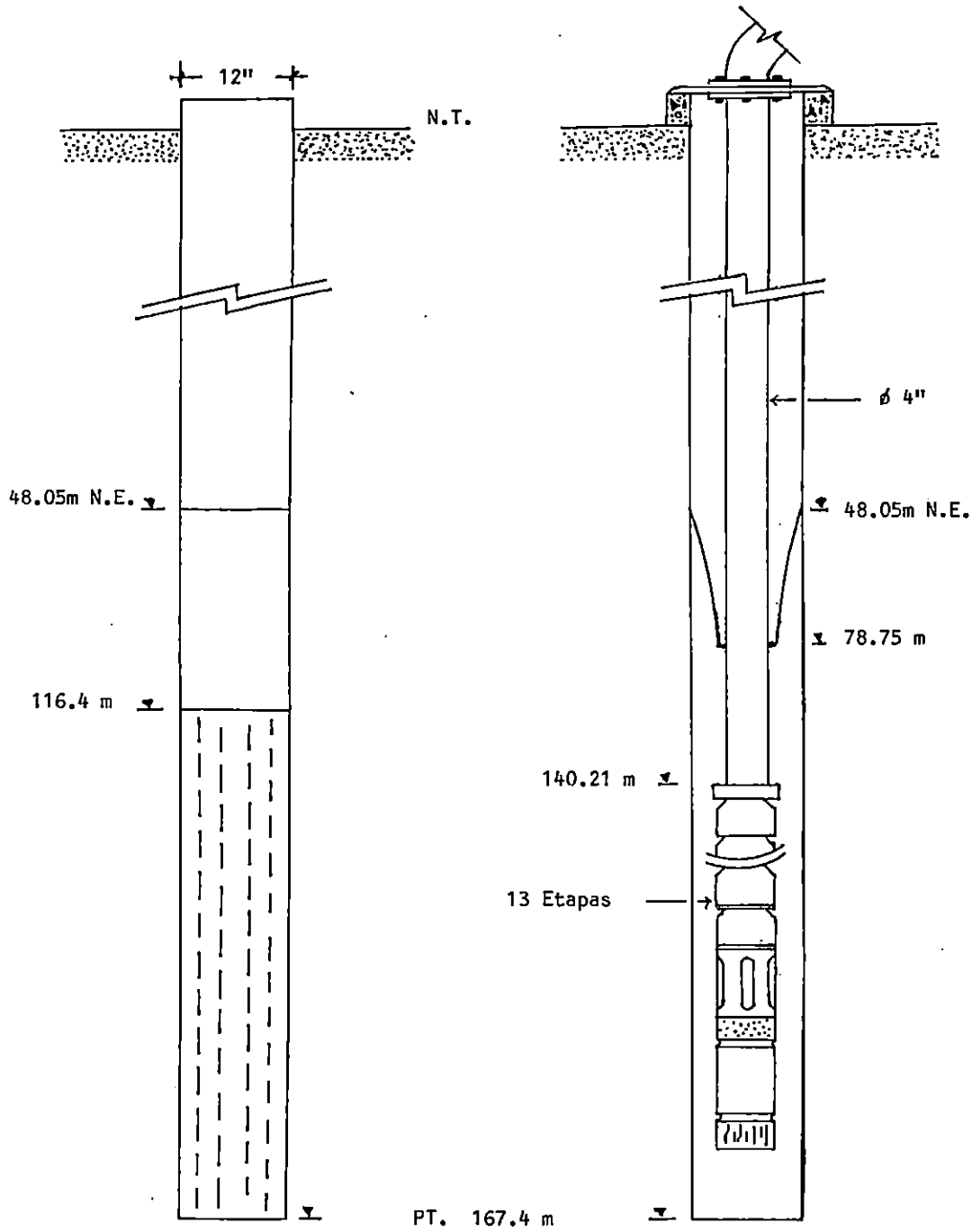



Fig. N° 4.15.d) Instalación del equipo de bombeo según las condiciones actuales del pozo de la Estación "Sierra Morena N° 2".

# CAPITULO V

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES.

Durante el desarrollo de este trabajo se conocieron las causas principales que influyeron para que las Estaciones de Bombeo estudiadas quedaran fuera de operación; éstas se mencionan a continuación:

- ***Falta de mantenimiento y operación deficiente en lo sistemas de producción.***

Según información proporcionada por personal del Departamento de Electricidad y Bombas de la ANDA, en algunos casos se desmontaron equipos dañados, producto de una obstrucción en sus impulsores y/o por negligencia en la operación del sistema eléctrico.

- ***Falta de mantenimiento en los sistemas de captación.***

Esto se pudo constatar a través de una inspección visuaL, mediante el uso de una videocámara (ver el tipo de cámara utilizada en el Anexo N° 4), por las altas concentraciones de minerales que se encontraron en la mayoría de los pozos inspeccionados.

- ***Sobre-explotación del acuífero.***

El algunos pozos se observó que el nivel estático ha descendido considerablemente; por ejemplo, el de San Antonio Abad N° 1, que quedó fuera de operación por este problema.

- ***Inyección de los Sistemas Zona Norte y Río Lempa.***

Este problema se ha dado en diversas Estaciones de Bombeo, como es el caso del pozo perteneciente a la Estación de Bombeo "Estadio N°2", que al dejar de operar en el año de 1987 por problemas en el equipo de bombeo, se efectuó en el mismo año la inyección del Sistema Río Lempa, para suplir la demanda de agua, que en ese momento era suficiente para el área de influencia que abastecía el pozo; pero que ahora, dado el crecimiento poblacional de dicha zona, se hace necesario la rehabilitación del pozo para utilizarlo como stand-by (sistema de emergencia) o incorporarlo directamente al sistema de abastecimiento de la zona, según lo estime conveniente la ANDA.

De las 15 Estaciones de Bombeo que se han estudiado, sólo se plantearon alternativas de solución para la rehabilitación de los sistemas de captación y producción de cuatro Estaciones (San Antonio Abab N° 2, La Cima N° 1, Estadio N° 2 y Sierra Morena N°2); para las Estaciones las Margaritas N°2, Margaritas N°3, Jardines del Volcán y Sierra Morena N°1; solamente se presentaron alternativas de solución para la rehabilitación del sistema de captación, por que no es posible, con la información que se cuenta, definir los nuevos parámetros de explotación de

los pozos pertenecientes a dichas Estaciones y de esta forma no puede recomendarse el sistema de producción a implementar.

En el caso particular del pozo de la Estación de Bombeo San Antonio Abab N°1, se llegó a la conclusión, mediante el diagnóstico, que no es factible su rehabilitación; quedando como única opción la perforación de un nuevo pozo dentro de las instalaciones, con las características plasmadas en su correspondiente alternativa de solución.

Para las Estaciones restantes, no fue posible la realización de un diagnóstico, por carecerse completamente de la información básica; de esta forma las alternativas de solución no pudieron ser formuladas.

De implementarse las alternativas de solución propuestas en este trabajo, se estaría beneficiando a un buen número de habitantes en el AMSS. Como existen Estaciones en las que no se pudo determinar el caudal recomendado de explotación, no es posible determinar la población total servida; sin embargo, existen algunas en que sí se ha recomendado el caudal de explotación junto con las alternativas para la rehabilitación de los sistemas de captación y producción; de esta manera es posible cuantificar la población que sería beneficiada con la operación de dichas Estaciones.

Los cálculos de esta población se obtuvieron con la siguiente ecuación:

$$Q = (D \times P)/n \qquad \text{(Ec. 5.1)}$$

$$P = (Q \times n)/D \qquad \text{(Ec. 5.2)}$$

Donde:

P = Población Servida

Q = Caudal recomendado de explotación (Lts/seg)

n = Horas diarias de bombeo (segundos)

D = Dotación (L/P/D).

Se tomará un "valor de 220 L/P/D, correspondiente a la dotación de agua para el área urbana en los casos particulares de "San Antonio Abad N°2" y "El Estadio N°2"; para "Sierra Morena N°1" y "La Cima N° 1", se tomará un valor de dotación estimado para vivienda mínima (150 L/P/D)"*

El número de viviendas beneficiadas se cuantificará con una densidad media de 6 habitantes por vivienda, mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{N.V} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{6}} \qquad \text{(Ec. 5.3)}$$

Donde:

N.V: Número de viviendas beneficiadas.

P: Población servida.

A continuación se presentan los cálculos de población servida, para las Estaciones de Bombeo en consideración:

* FUENTE: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA)
Normas Técnicas para Proyectos de Abastecimiento de Agua Potable.

- *San Antonio Abad N° 2*

Datos:

Q = 58.1 lts/s

n = 20 horas = 72,000 seg.

D = 220 L/P/D

De la Ec. 5.2:

$$P = \frac{58.1 \times 72{,}000}{220} \approx 19{,}014 \text{ hab}$$

De la Ec. 5.3:

$$N.V = \frac{19{,}014 \text{ hab}}{6 \text{ hab/Viv}} \approx 3{,}170 \text{ viviendas}$$

- *La Cima N° 1:*

Datos:

Q = 11.35 Lts/s

n = 16 horas = 50,400 seg.

D = 150 L/PLD

De la Ec. 5.2:

$$P = \frac{11.35 \times 50{,}400}{150} \approx 3{,}813 \text{ hab}$$

De la Ec. 5.3:

$$N.V = \frac{3{,}813 \text{ hab}}{6 \text{ hab/Viv}} \approx 635 \text{ viviendas}$$

- *El Estadio N° 2:*

Datos:

Q = 24.6 Lts/s

n = 16 horas = 57,600 seg.

D = 220 L/P/D

De la Ec. 5.2:

$$P = \frac{24.6 \times 57{,}600}{220} \approx 6{,}440 \text{ hab.}$$

De la Ec. 5.3:

$$N.V. = \frac{6{,}440 \text{ hab}}{6 \text{ hab/viv}} \approx 1{,}073 \text{ viviendas}$$

- *Sierra Morena N° 2*

Datos:

Q = 13.8 Lts/s

n = 16 horas = 57,600 hab.

D = 150 L/P/D

De la Ec. 5.2:

$$P = \frac{13.8 \times 57{,}600}{150} \approx 5{,}299 \text{ hab}$$

De la Ec. 5.3:

$$N.V = \frac{5{,}299 \text{ hab}}{6 \text{ hab/Viv}} \approx 883 \text{ viviendas}$$

Tomando en consideración los valores anteriores, se llega a la conclusión que con la rehabilitación de estas cuatro Estaciones, se estaría beneficiando un promedio de 34,566 habitantes o 5,761 familias. Estas cifras, desde luego son parciales, ya que existen otras Estaciones de Bombeo que beneficiarían a más familias, pero que no se puede efectuar el cálculo por las razones que se expusieron anteriormente.

## 5.2 RECOMENDACIONES

Debe pensarse en la elaboración de programas que tengan como fin garantizar el buen funcionamiento de las Estaciones de Bombeo, que sean rehabilitadas. Para realizar esto, será necesario tomar en cuenta actividades importantes tales como:

- Realizar monitoreos, para conocer la calidad del agua que se está distribuyendo con las Estaciones de Bombeo y poder tomar decisiones correctas para el tratamiento de la misma.
- Efectuar seminarios, que tengan como único objetivo la capacitación de las personas encargadas de operar los sistemas de producción en las Estaciones de Bombeo.
- Coordinar las actividades que realizan los diferentes departamentos que conforman la ANDA, para poder definir los problemas y posibles soluciones en forma rápida y efectiva.
- Incluir un proyecto de supervisión, para asegurarse que el desempeño de los operadores de las Plantas es el adecuado.
- Mejorar el sistema de comunicación que existe entre los diferentes departamentos de la ANDA y las Estaciones de Bombeo, con el objeto de informar cualquier emergencia que se suscite y que requiera de una solución inmediata.
- Implementar un plan de mantenimiento preventivo para los sistemas de captación y producción en las Estaciones de Bombeo. En el anexo N° 5 se proporciona un manual que

indica el tipo de mantenimiento a seguir para los sistemas mencionados anteriormente.

# BIBLIOGRAFIA

1. Informe Final Sobre Proyecto Piloto de Detección de Fugas en el Sistema del AMSS.
   Sade-ANDA
2. El Agua Subterránea y los Pozos.
   Primera Edición
   Edward E. Johnson, Inc.
3. Bombas, Teoría, Diseño y Mantenimiento
   Viejo Zubicaray, Manuel

# A N E X O S

## ANEXO N° 2

## HOJA DE DATOS TECNICOS DEL DPA.

## HIERRO, MANGANESO Y CARBONATOS EN LOS POZOS DE AGUA

- Limpia los residuos de mineral de las pantallas de los tubos y del empaque de grava en los depósitos ocasionadas por el agua en los pozos de agua. El hierro, el manganeso y el carbonato de calcio son los más comunes.
- Se disuelve en el agua y hace una solución que penetra en las más duras incrustaciones en el pozo de agua. Convierte estos depósitos en sales solubles las que son fácilmente bombeadas como desecho.
- Suspende y dispersa las partículas de lodo eficientemente.
- Aumenta la producción del pozo de agua en las formaciones de areniscas, piedra caliza, arenas y gravas altamente calcificadas.
- Disuelve los carbonatos en inofensivo dióxido de carbono.
- Salva dinero sobre compuestos granulados.

El DPA es seguro para su uso en todos los metales, gomas y plásticos. No tiene gases tóxicos ni causa gases tóxicos.

## INSTRUCCIONES PARA EL USO DEL DPA:

1) Tratamiento Normal: Use 1/4 libra por galón de agua en el pozo.

2) Tratamiento en caso severo: use el doble de la cantidad mencionada arriba.

El DPA está empaquetado en envases desechables de 50 libras con forro de polietileno. Mantener el envase cerrado para evitar endurecimiento.

## CUADRO DE DOSIS DEL DPA

| Diámetro del Pozo | DPA por 10' de agua |
|---|---|
| 2" | ½ Libra |
| 4" | 2 libras |
| 6" | 4 libras |
| 8" | 7 libras |
| 10" | 10 libras |
| 12" | 15 libras |
| 14" | 20 libras |
| 16" | 26 libras |
| 18" | 33 libras |
| 20" | 41 libras |

No se consideran los espacios vacíos en el pozo recubierto por grava.

# ANEXO N° 3

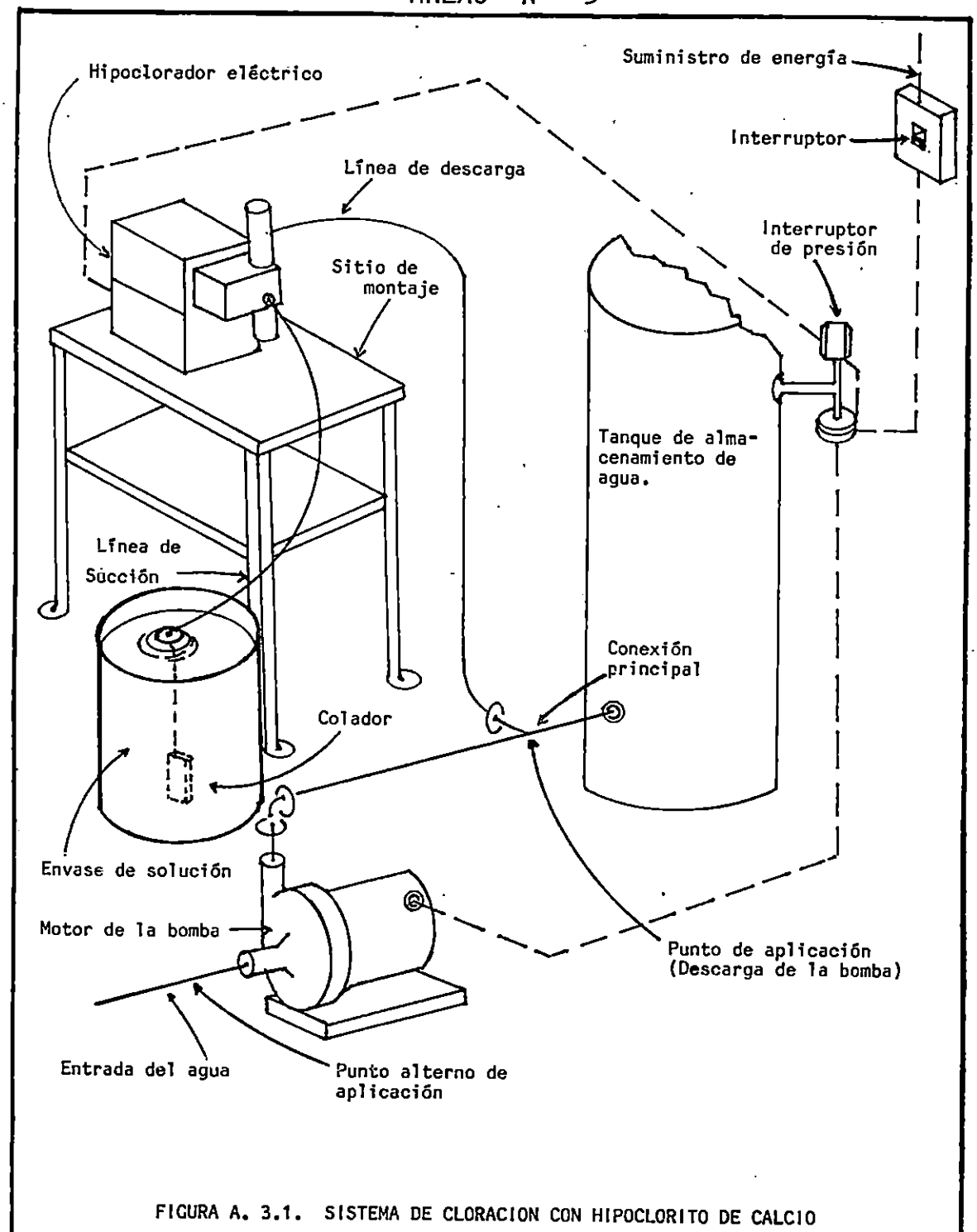



FIGURA A. 3.1. SISTEMA DE CLORACION CON HIPOCLORITO DE CALCIO

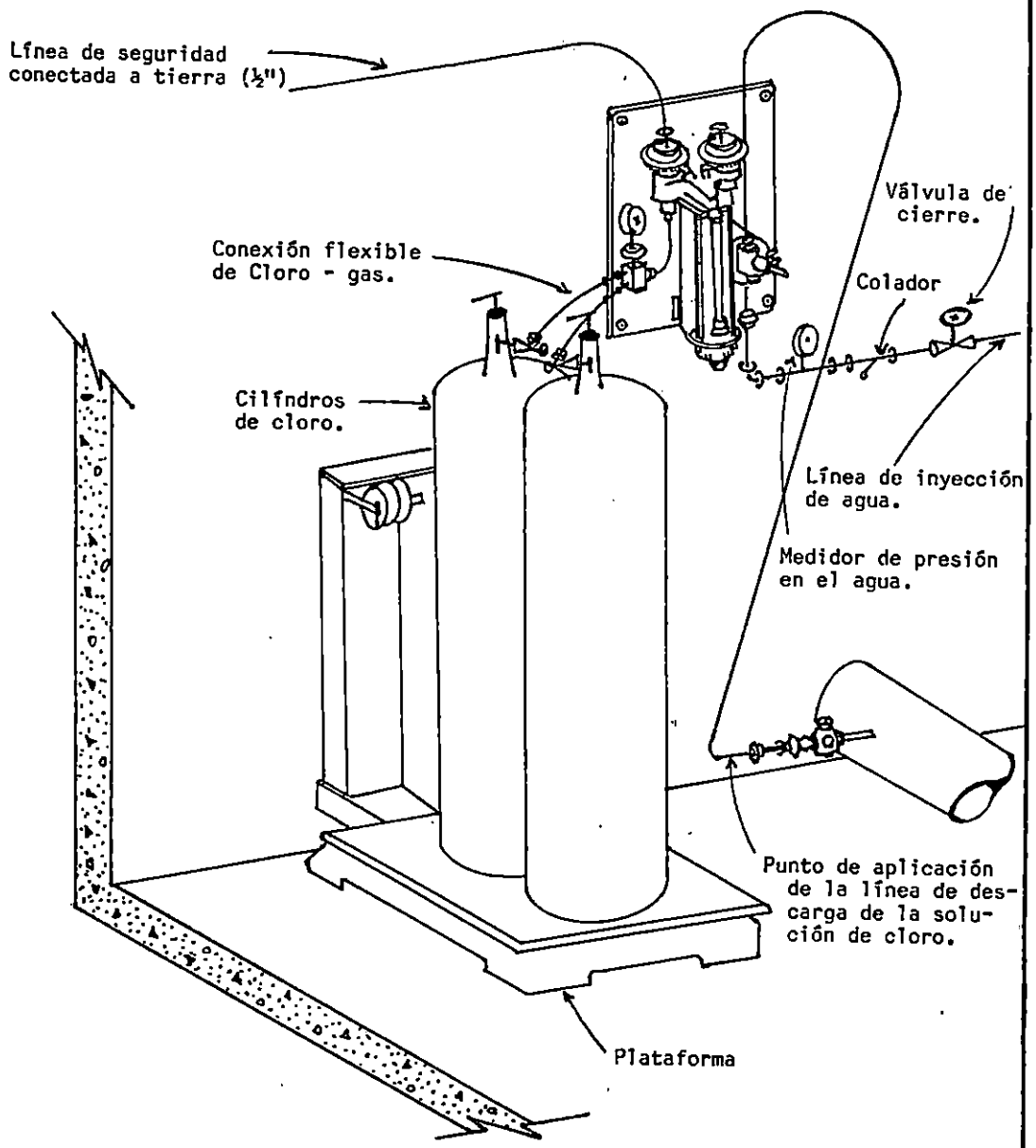



FIG. A.3.2. SISTEMA DE CLORACION CON CLORO - GAS.

## ANEXO N° 4

## ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LA VIDEOCAMARA

**CAM - 400**

Cámara a color de video para la inspección de pozos profundos. Capaz de inspeccionar pozos profundos con 6" a 24" de diámetro, la cámara CAM - 400 de laval Underground Surveys, proporciona imágenes a color, naturales y cristalinas creando las condiciones necesarias para tomar una decisión precisa. Construida con circuitos integrados confiables.

**Dimensiones:** 3" diámetro x 28-1/4" largo (sin extensión de luz).

**Cuerpo:** acero inoxidable

**Fuente de Luz:** Extensiones de 6" y 10" para acomodar diámetros de tuberías entre 6" y 24".

**Lente:** montaje "C" de 4.8 mm. (110°), con iris motorizado y control remoto.

**Peso:** 16 libras, sin fuente de luz o ensamblaje del cable.

**Rango de Presiones:** probada y hermética hasta 2,500 psi.

**Conector de la Cámara:** conector coaxial con VHS.

**Cable:** para profundidades de hasta 1,000 pies, la cámara opera con un cable coaxial de conductor sencillo con una armadura de acero inoxidable de 1/4" de diámetro.

**Imagen:** Solid State color 2/3" CCD 576(H) x 485(V) pixels NTSC, 60 Hz.

**Sistema de Rastreo:** Línea 525, 60 Hz, NTSC

**Sincronización:** control interno de cristal

**Resolución de línea de TV:** 350(H) x (360(V)

**Iluminación Mínima:** 10 lux (F=1.4)

**Rango de Temperatura:** 0-50° C (32-122°F)

**Shock:** 10 G's

**Vibraciones:** 3 G's, (10Hz a 100 Hz)

**Funciones Remotas:** Control de iris F1. 4-F22 control de enfoque motorizado

## ANEXO N° 5

## MANTENIMIENTO DE OBRAS DE CAPTACION Y PRODUCION EN ESTACIONES DE BOMBEO.

### ♦ MANTENIMIENTO DE OBRAS DE CAPTACION.

- ***Mantenimiento Preventivo:***

El mantenimiento preventivo, en las obras de captación por medio de pozos, deberá llevarse acabo en períodos regulares que oscilen entre (2-5) años, dependiendo de las condiciones específicas del acuífero de cada una de ellas. Este mantenimiento se subdivide en tres tipos, que pueden efectuarse en formas aisladas o combinada, según se requiera.

- ***Mantenimiento Mecánico:***

Este tipo de mantenimiento consiste básicamente en realizar limpiezas periódicas a los elementos físicos que constituyen la estructura interna de un pozo (tubería de ademe y rejilla), esto se realiza a través de una agitación mecánica.

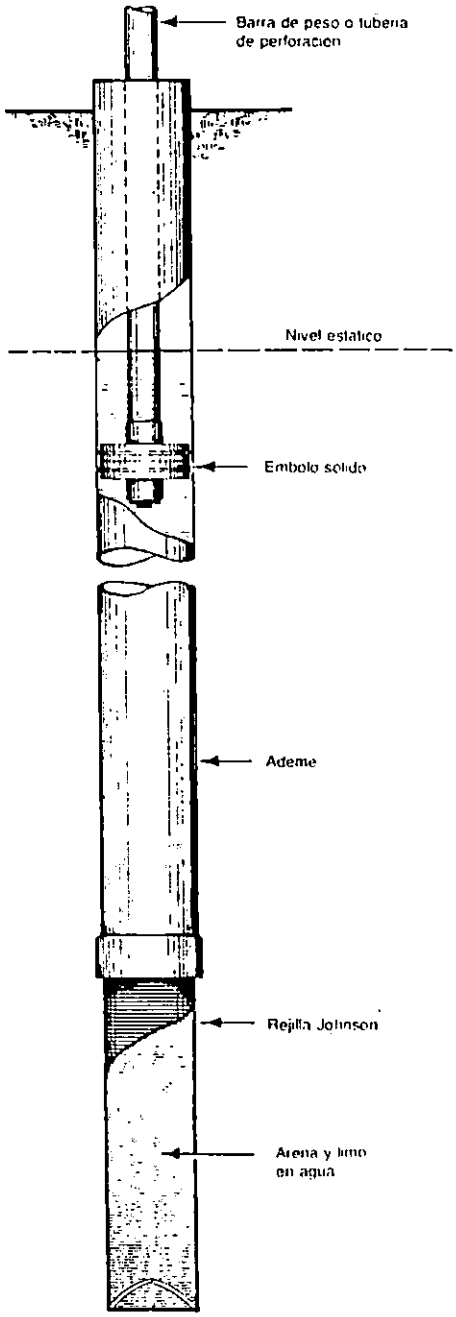
Una manera efectiva de efectuar esta agitación es mediante el desplazamiento hacia arriba y hacia abajo por dentro de la tubería de ademe, de un émbolo a la manera de un pistón dentro de un cilindro. "La herramienta que normalmente se utiliza se denomina émbolo de agitación o bloque de pistoneo (ver figs. A.5.1 y A.5.2). Podría también usarse una cuchara arenera (ver fig. A.5.4), pero ésta no resulta tan efectiva como un émbolo

bien ajustado"*; el objetivo de usar dicho émbolo, es el de provocar fricción entre éste y las paredes internas, tanto de la tubería de ademe como de la rejilla, también puede adaptarse un cepillo metálico, si la severidad del caso lo requiere.

Este rozamiento hace desprender la escarcha o costra que se forma por concentraciones de hierro, manganeso y carbonatos de calcio. Cuando se realiza este tipo de mantenimiento es indispensable una inspección visual de los resultados, ya que generalmente este trabajo tiene una duración de 10 a 15 horas efectivas, cuando se usa aisladamente.

La extracción de material proveniente de las costras que se han desprendido puede hacerse por bombeo o también mecánicamente mediante un baldeo.

* El agua subterránea y los pozos
Primera Edición
Edward E. Johnson, Inc.



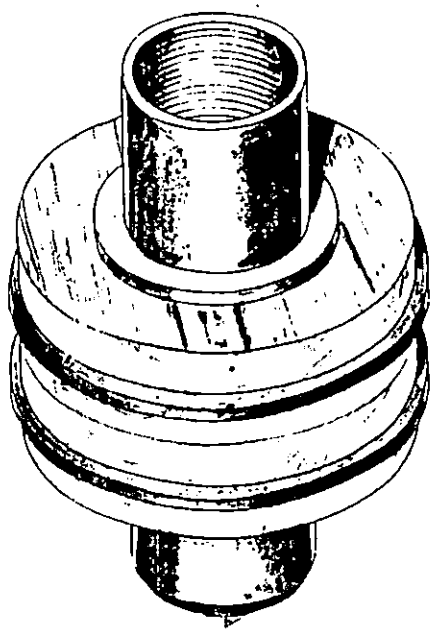
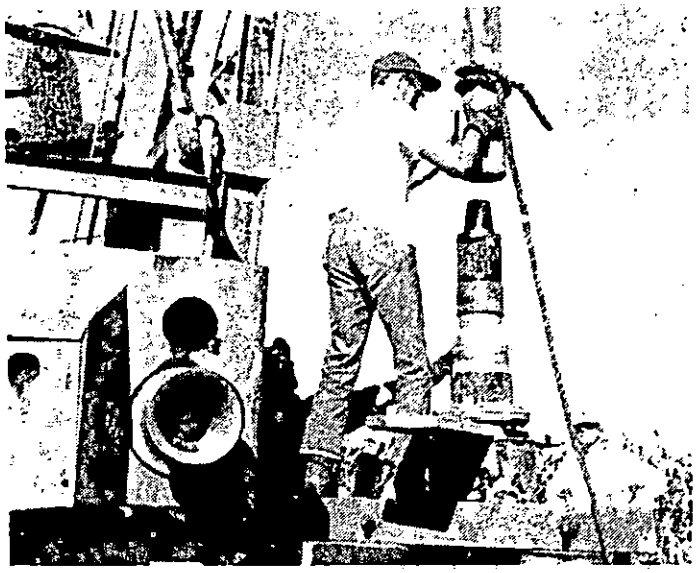



Fig. A.5.2 Detalle del émbolo característico de agitación del del tipo sólido.

Fig. A.5.1.En esta figura se presenta el bloque para pistoneo, dentro de la tubería de ademe. Se adapta en forma muy particular para utilizarlo con un equipo de percusión.



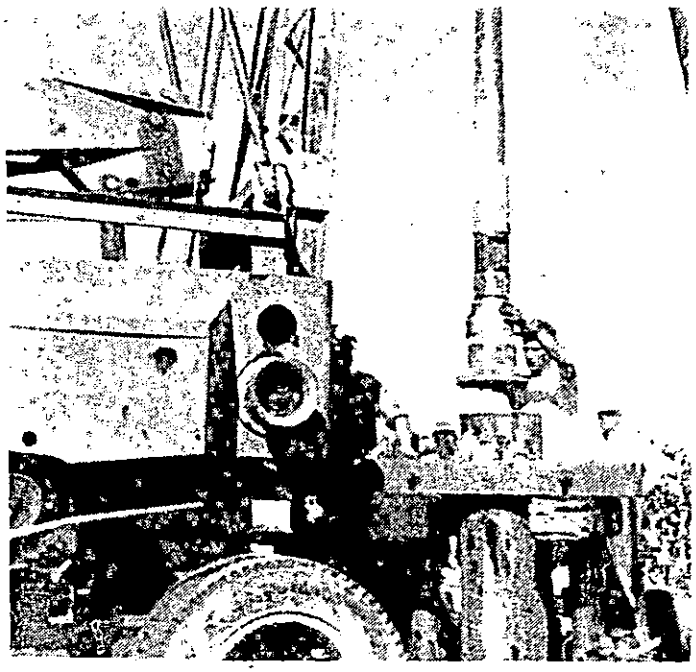


Fig A.5.3. Conexión de una barra pesada de perforar al bloque de agitación e introducción de la herramienta en una tubería de ademe.

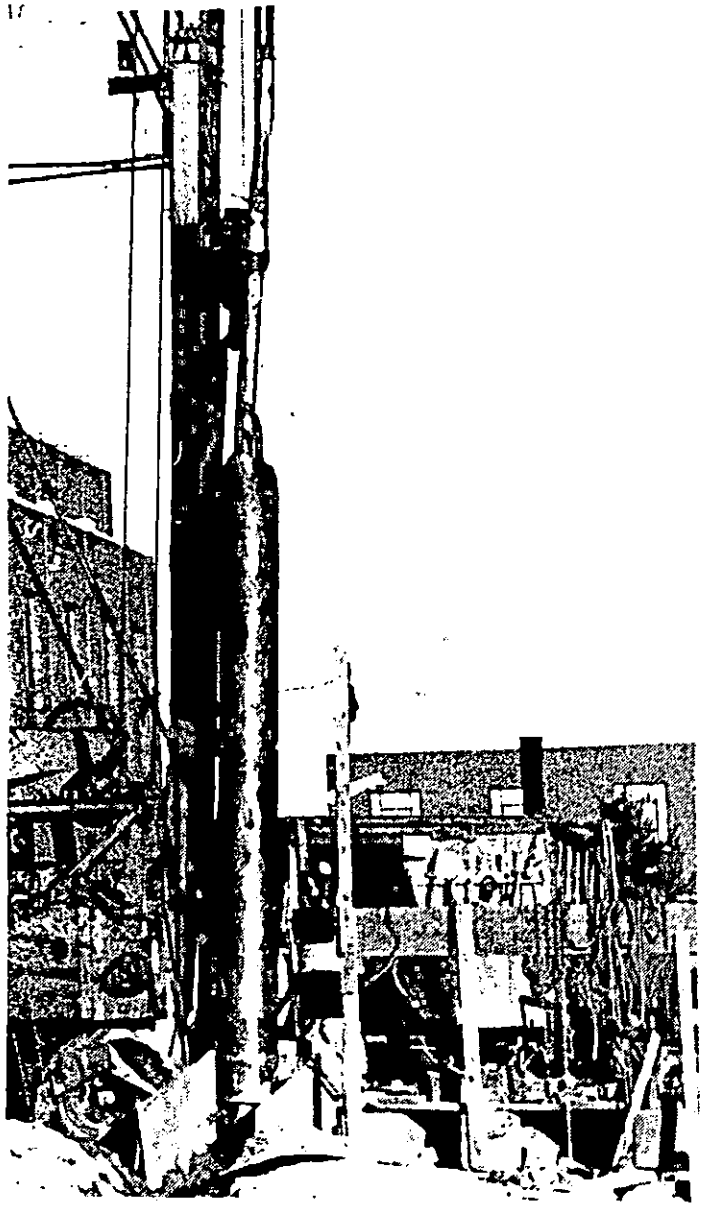


Fig A.5.4. Cucharón de lodo o cuchara arenera con las tijeras y enchufe para el cable.

- ***Mantenimiento Químico:***

En este tipo de mantenimiento se hace uso de compuestos químicos, que tienen acción sobre la costra que se forma, ya sea en la tubería de ademe o en la rejilla. Este tipo de mantenimiento es, según la ANDA, el que más se ha utilizado tanto el año pasado como el presente.

Los químicos que se utilizan son sobre todo los que disuelven la concentración de hierro, manganeso y carbonatos de calcio. Con la presencia de estos minerales en el agua se forman escarchas o costras que obstruyen la entrada del agua hacia el interior de la rejilla, y con el paso del tiempo la entrada de ésta es menor. Existen químicos que se encargan de eliminar la presencia de bacterias en forma de algas, que también evitan el paso libre del agua a través de la rejilla.

Si se utilizan químicos como el DPA, la aplicación se hace de la siguiente manera:

- Desmontar el equipo de bombeo (cuando existe)
- Calcular la cantidad de químico a utilizar, según la dosificación recomendada por el fabricante.
- Disolver un máximo de 50 libras (1 bolsa) en un barril de agua.
- Agregar al pozo la mezcla, instalando una columna de PVC, hasta alcanzar el 50% del tramo sobre el nivel estático.
- Dejar en reposo el agua del pozo durante un mínimo de 24 horas, para la acción del químico.

- Montar el equipo de bombeo y bombear el agua antes de ser distribuida.

- ***Mantenimiento Hidroneumático:***

Este tipo de mantenimiento se lleva a cabo con la utilización de aire, el cual se inyecta a presión en los puntos específicos donde se necesite efectuar la limpieza. El equipo que se necesita para la aplicación de este procedimiento, es el siguiente:

- Un compresor de aire y su tanque, del tamaño apropiado.
- Tubería de aire dentro del pozo, con medios de levantar y hacer descender cada uno independientemente.
- Una manguera de aire, flexible, de alta presión que permita levantar y bajar la línea de aire dentro del pozo.
- Un manómetro y una válvula de alivio como precaución de una sobrecarga accidental.
- Una válvula de abertura rápida a la salida del tanque, para regular el flujo de aire.

El compresor que se utiliza deberá estar en capacidad de desarrollar una presión no menor de 7 $Kg/cm^2$ y preferiblemente de 10 $Kg/cm^2$.

Con una concentración precisa de aire se efectúa una remoción de la costra y bacterias en forma de algas que aún no se encuentran muy adheridas, generalmente lo que tarda la inyección de aire en limpiar 6m de rejilla son 30 minutos. Este

método puede combinarse y dar buenos resultados cuando se utilizan químicos, y obtener así una limpieza más efectiva.

Los materiales que se desprenden, mediante este procedimiento, se pueden evacuar levantando la columna de agua por medio de la inyección de aire a presión o por cualquier otro método, ya sea por bombeo o por baldeo.

## ♦ MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE PRODUCCION.

- ***Objetivos del Mantenimiento:***

El objetivo principal es conservar el equipo, en condiciones tales que las faltas imprevistas sean mínimas y que la economía, seguridad y eficiencia sean máximas.

En un período largo de operación el mantenimiento efectivo del equipo no debe generar altos costos de dinero, sino que debe economizarlo. Un buen programa de mantenimiento también producirá en términos generales lo siguiente:

- Alta productividad en la Planta.
- Mayor seguridad para los trabajadores.
- Garantiza la vida útil del equipo.

- ***Mantenimiento Preventivo:***

Este tipo de mantenimiento principia con los planos y las instalaciones adecuadas. No se concreta a conservar limpio los motores, si éstos están colocados en lugares polvosos, mediante

la limpieza diaria, sino por el contrario se recomienda usar motores totalmente cubiertos.

El objeto del mantenimiento preventivo no se circunscribe a lo que es bueno para el equipo, sino que su meta es considerar la Estación de Bombeo en forma integral. Se le da servicio al equipo considerando el efecto sobre la producción, la seguridad del personal y del equipo mismo.

- ***Factores de Mantenimiento:***

El encargado del mantenimiento que quiera elaborar un programa de mantenimiento preventivo deberá procurar seguir los siguientes pasos.

- Conocer y analizar los objetivos básicos de la Planta para poder definir la finalidad del mantenimiento.
- Conocer a fondo el equipo que se maneja y tener conocimiento de las necesidades, período y ritmo de producción.
- Estudiar y tomar en cuenta la capacidad y habilidad del personal de mantenimiento y del personal de producción que tenga que operara el equipo.
- Establecer programas de capacitación, en caso que sea necesario.
- Estudiar los diferentes planes de mantenimiento aplicable a la Planta en general y a cada equipo en particular.
- Establecer los controles necesarios e indispensables para que el plan prefijado se cumpla.

- Estudiar cada tres, seis o doce meses los beneficios, dificultades y fracasos del período próximo pasado.
- Tomando en cuenta las conclusiones obtenidas en el punto anterior iniciar una nueva acción que afine, corrija o modifique el plan inicial.

- ***Mantenimiento de Equipo Eléctrico:***

Para realizar este mantenimiento los equipos de subdividen en:

- Motor Eléctrico:

El mantenimiento preventivo, será aplicable para motores eléctricos, para bombas de eje horizontal o vertical.

*Cada dos meses:* se debe verificar voltajes, amperajes y potencia, comprobación visual de niveles de aceite de baleros, condiciones de estabilidad o vibración en el equipo, cuando éste está funcionando, y condiciones generales de trabajo.

*Cada seis meses:* deberá desmontarse el motor, los baleros, el rotor, etc., posteriormente se procede al lavado de los baleros, inspección de los mismos, cambio de aceite o grasa; en caso que los baleros estuviesen dañados, se hace el cambio de éstos.

Una vez realizadas las actividades anteriores se procede al montaje, realiniamiento y prueba de funcionamiento del motor eléctrico.

- Subestación Eléctrica:

*Cada Año:* se verificará el nivel del aceite, limpieza de los terminales del transformador, medición de tierra de la subestación, revisión y limpieza de las cajas cortacircuitos y pararrayos, revisión y limpieza de los tramos de línea eléctrica.

*De dos a cinco años:* verificar la tenencia de ácidos del aceite y hacer un examen de la pintura de la cuba o recipiente del transformador.

*De los cinco a los diez años:* según el grado de acidez del aceite, este se reemplazará por otro que tenga las mismas características (aceite neutro). Sacar de su cuba, el transformador y limpiarlo con aceite caliente, limpiar y repintar la cuba, verificar las conexiones internas con los terminales.

- ***Mantenimiento de Equipo Hidráulico:***

Debido a las diferencias que existen entre los distintos equipos de bombeo, en cuanto a funcionamiento se refiere, se planteará por separado el tipo de mantenimiento para estos equipos.

- Bombas centrífugas de eje horizontal:

*Cada tres meses:* se debe tomar lectura de presiones a la descarga, chequeo y ajuste en la prensa-estopera, control y lubricación de cojinetes, reporte de vibraciones o estabilidad en el funcionamiento del equipo y de condiciones generales de trabajo.

*Cada seis meses:* se hará un alineamiento de la unidad bomba-motor, y reajuste de los pernos de anclaje, chequeo de la prensa-estopera y cambio de empaquetaduras, si fuere necesario.

*Cada año:* se hará un desmontaje completo de la bomba, lavado y limpieza completa de todas las partes, chequeo del alineamiento y desgaste del eje, reparaciones o cambio de éste si se hace necesario, chequeo de impulsores, difusores, bushing o camisas, baleros y demás elementos sujetos a desgaste, reparación o cambio de las partes dañadas, montaje y alineamiento del equipo, chequeo de las condiciones técnicas de trabajo del equipo en relación con su diseño y características.

- Bombas centrífugas de eje vertical (tipo turbina):

En este caso se considerarán dos tipos de bombas: bombas lubricadas por aceite y bombas lubricadas por agua.

Los datos sobre el tipo de mantenimiento y tiempo para la ejecución en la bombas centrífugas horizontales son similares a las verticales, exceptuando las siguientes:

*Cada tres meses:* tomar la altura piezométrica o nivel del pozo, control del tanque y prelubricación en las bombas lubricadas por agua.

*Cada año:* desmontaje integral del sistema y limpieza de todos los componentes, inspección de todos los elementos de fricción con el eje y del eje, en la columna y en la bomba y

cambio de las partes defectuosas, revisión de los tazones y limpieza del colador de succión.

- Accesorios Hidráulicos:

Los accesorios hidráulicos comprendidos son la rejilla o embudo, válvulas check de pie y de descarga. A este tipo de accesorio se le puede dar mantenimiento, cuando la bomba se desmonta cada año, con el propósito de limpiar las incrustaciones y revisar los desgastes ocasionales en el disco o asiento de la válvula correspondiente.