

2ey



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
"ACATLAN"

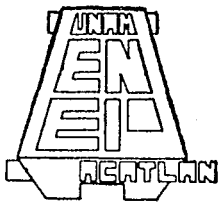
APROVECHAMIENTO DE LA CAPTACION DE AGUAS  
SUBTERRANEAS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE  
"MIXQUIC - STA. CATARINA"

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

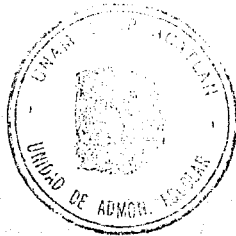
E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
LICENCIADO EN  
INGENIERIA CIVIL  
P R E S E N T A ;

JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ



México



1990



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

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

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

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

## I N D I C E

|                     |   | Pags. |
|---------------------|---|-------|
|                     | <u>INTRODUCCION</u>   | 1     |
| <b>CAPITULO I</b>   | <u>NOCIONES GEOLOGICAS Y SU RELACION<br/>CON LAS AGUAS SUBTERRANEAS</u> | 2     |
|                     | 1.1 CICLO HIDROLÓGICO   | 2     |
|                     | 1.2 CLASIFICACIONES GEOLOGICAS  | 4     |
|                     | 1.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍ-<br>FEROS                               | 5     |
|                     | 1.4 EXPLORACIONES GEOFÍSICAS  | 5     |
| <b>CAPITULO II</b>  | <u>PERFORACION Y EQUIPAMIENTO DE PO-<br/>ZOS</u>                        | 7     |
|                     | 2.1 MÉTODOS DE PERFORACIÓN  | 7     |
|                     | 2.1.1 EQUIPO DE PERCUSIÓN   | 9     |
|                     | 2.1.2 EQUIPO ROTATORIO  | 10    |
|                     | 2.2 MÁQUINAS PERFORADORAS   | 11    |
|                     | 2.2.1 MÁQUINA DE PERCUSIÓN  | 11    |
|                     | 2.2.2 MÁQUINA ROTATORIA   | 16    |
|                     | 2.3 FONTANERÍA Y BOMBAS   | 20    |
| <b>CAPITULO III</b> | <u>HIDRAULICA DE POZOS</u>  | 35    |
|                     | 3.1 MOVIMIENTO DE LAS AGUAS SUB-<br>TERRÁNEAS                           | 35    |
|                     | 3.1.1 POROSIDAD   | 35    |
|                     | 3.1.2 LEY DE DARCY  | 37    |
|                     | 3.1.3 COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD                                      | 40    |
|                     | 3.1.4 DETERMINACIÓN DE LA PERMEABI-<br>LIDAD                            | 41    |
|                     | 3.1.5 ECUACIONES DEL MOVIMIENTO   | 46    |
|                     | 3.2 HIDRÁULICA DE POZOS   | 49    |
|                     | 3.2.1 FLUJO RADIAL ESTABLECIDO  | 49    |
|                     | 3.2.2 FLUJO RADIAL NO ESTABLECIDO                                       | 52    |
|                     | 3.3 COEFICIENTE DE ALMACENAJE   | 50    |
|                     | 3.4 BALANCE DE LAS AGUAS SUBTERRÁ-<br>NEAS                              | 56    |
|                     | 3.4.1 ECUACIÓN DE BALANCE   | 56    |
|                     | 3.4.2 ENTRADAS Y SALIDAS SUBTERRÁ-<br>NEAS                              | 59    |
|                     | 3.4.3 CAMBIO DE ALMACENAMIENTO  | 59    |

|                            | Pags.   |            |
|----------------------------|---|------------|
| 3.4.4                      | EXTRACCIÓN POR BOMBEO                               | 61         |
| 3.4.5                      | RECURSOS DISPONIBLES                                | 61         |
| <b>CAPITULO IV</b>         | <b><u>LÍNEAS Y TANQUES</u></b>                      | <b>63</b>  |
| 4.1                        | LÍNEAS DE CONDUCCIÓN                                | 63         |
| 4.1.1                      | CONDUCCIONES ABIERTAS                               | 63         |
| 4.1.2                      | CONDUCCIONES CERRADAS                               | 63         |
| 4.1.3                      | TUBERÍA DE P. V. C.                                 | 63         |
| 4.1.4                      | TUBERÍA DE ASBESTO - CEMENTO                        | 64         |
| 4.1.5                      | TUBERÍA DE ACERO                                    | 64         |
| 4.1.6                      | TUBERÍA DE CONCRETO                                 | 54         |
| 4.1.7                      | VALVULAS Y PIEZAS ESPECIALES                        | 65         |
| 4.2                        | LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN                              | 65         |
| 4.3                        | CÁLCULO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN O DE CAPTACIÓN    | 65         |
| 4.4                        | TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y REGULIZACIÓN            | 66         |
| 4.5                        | CÁLCULO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y REGULIZACIÓN | 66         |
| 4.5.1                      | MÉTODO GRÁFICO                                      | 66         |
| 4.5.2                      | MÉTODO ANALÍTICO                                    | 66         |
| <b>CAPITULO V</b>          | <b><u>SISTEMA MIXQUIC - STA. CATARINA</u></b>       | <b>69</b>  |
| 5.1                        | MEMORIA DESCRIPTIVA                                 | 69         |
| 5.1.1                      | DATOS DEL PROYECTO                                  | 69         |
| 5.2                        | DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y PROCESO CONSTRUCTIVO      | 69         |
| 5.2.1                      | FUENTE DE ABASTECIMIENTO                            | 69         |
| 5.2.2                      | OBRAS DE CAPTACIÓN                                  | 69         |
| 5.2.3                      | LÍNEA DE CONDUCCIÓN                                 | 69         |
| 5.2.3.1                    | CANTIDAD DE TUBERÍA                                 | 71         |
| 5.2.4                      | FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA                          | 71         |
| 5.2.5                      | CLORACIÓN   | 71         |
| 5.2.6                      | SISTEMA DE LODOS                                    | 72         |
| 5.2.7                      | PERFORACIÓN EXPLORATORIA                            | 72         |
| 5.2.8                      | MÉTODO DE AMPLIACIÓN                                | 72         |
| 5.3                        | CEMENTACIÓN DE POZOS                                | 72         |
| 5.4                        | DISEÑO DE POZOS                                     | 82         |
| 5.4.1                      | CLASIFICACIÓN LITOLÓGICA                            | 82         |
| <b><u>CONCLUSIONES</u></b> |   | <b>128</b> |
| <b><u>BIBLIOGRAFIA</u></b> |   | <b>129</b> |

## ANEXOS

- CA-D 1-000 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANO DE CONJUNTO
- CA-D 1-001 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( KM 0+000.00 - 2+000.00 )
- CA-D 1-002 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( KM 2+000.00 - 4+011.56 )
- CA-D 1-003 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( KM 4+011.56 - 6+035.73 )
- CA-D 1-004 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( KM 6+035.73 - 8+004.90 )
- CA-D 1-005 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( KM 8+004.90 - 9+543.04 )
- CA-D 1-006 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( PLANTA POTABILIZADORA CAVM Y DE REDOM-  
BEO LA CALDERA CAVM )
- CA-D 1-007 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( PLANTA POTABILIZADORA CAVM TANQUE LA -  
CALDERA CAVM )
- CA-D 1-008 LÍNEA DE CONDUCCIÓN CRUCEROS Y LISTA DE  
PIEZAS ESPECIALES
- CA-D 1-009 CRUCE DE LA LÍNEA DEL CAMPO DE POZOS CON  
CANALES PARA RIEGO
- CA-D 1-010 CRUCE DE LA LÍNEA DEL CAMPO DE POZOS CON  
CANALES PARA RIEGO

## I N T R O D U C C I O N

LA CARENCIA DEL AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE MÉXICO, NOS HA LLEVADO A EXPLOTAR LOS MANTOS SUBTERRÁNEOS PARA PODER ABASTECER A ESTA GRAN METROPOLI DEL VITAL LÍQUIDO. EL SISTEMA DE AGUA POTABLE MIXQUIC - STA. CATARINA, FORMA PARTE DE LA GRAN RED DE ABASTECIMIENTO DE ESTA CIUDAD.

PARA DICHA EXPLOTACIÓN SE LLEVAN A CABO CIERTAS PRUEBAS PARA CONOCER LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS LOCALIZADOS DENTRO DE LA DELEGACIÓN TLÁHUAC.

EL TRABAJO EXPUESTO SE DESARROLLA EN TRES PARTES:

EN LA PRIMERA PARTE SE DA UNA INTRODUCCIÓN DE LAS NOCIONES GEOLÓGICAS QUE DEBEMOS TENER, PARA ASÍ PODER COMPRENDER LOS DIFERENTES PROCEDIMIENTOS DE PERFORACIÓN Y EQUIPAMIENTO DE LOS POZOS.

EN LA SEGUNDA PARTE SE EXPLICAN LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS, ASÍ COMO LOS MÉTODOS TEÓRICOS - PRÁCTICOS PARA COMPRENDER EL COMPORTAMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA AL SER EXTRAÍDA DEL ÁREA DONDE SE LOCALIZA.

POR ÚLTIMO EN LA TERCERA PARTE SE EXPONEN LOS ESTUDIOS, MÉTODOS DE PERFORACIÓN EMPLEADOS, CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS Y LOS CÁLCULOS HIDRÁULICOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE MIXQUIC - STA. CATARINA.

## CAPITULO I

### NOCIONES GEOLOGICAS Y SU RELACION CON LAS AGUAS SUBTERRANEAS

#### 1.1. CICLO HIDROLOGICO

EL HOMBRE, COMO TODOS LOS SERES VIVIENTES, NECESITA FORZOSAMENTE DEL AGUA PARA SU SUBSISTENCIA. CUANDO EL AGUA QUE SE ENCUENTRA EN LA SUPERFICIE DE UNA REGION DETERMINADA RESULTA ESCASA PARA SUS NECESIDADES, TIENE QUE RECURRIR AL AGUA SUBTERRANEA, SI ESTA EXISTE, O IMPORTARLA DE OTRAS PARTES.

PARA CUALQUIER AREA HABITADA POR EL HOMBRE, EL CONOCIMIENTO DE LA CANTIDAD DE AGUA DE LLUVIA, DEL CAUDAL QUE SE EXTRAE, YA SEA POR MEDIO DE ESCURRIMIENTOS O DE POZOS Y LA INFILTRACION, ES INDISPENSABLE PARA PODER EXPLOTAR ESA REGION EN FORMA RACIONAL.

EL PROCESO QUE RELACIONA LOS VOLUMENES DE AGUA DEBIDO A LAS LLUVIAS, INFILTRACIONES, EVAPORACIONES, ESCURRIMIENTOS Y EXTRACCION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS, SE LLAMA CICLO HIDROLOGICO ( FIG 1.1.).

ASI, POR EFECTO DEL CALOR SOLAR, EL AGUA SE EVAPORA EN LOS MARES, LAGOS Y RIOS, FORMANDO NUBES QUE POSTERIORMENTE, AL CONDENSARSE, SE PRECIPITAN EN FORMA DE LLUVIA. ESTA AGUA CAE SOBRE LA TIERRA; UNA PARTE ESCURRE SUPERFICIALMENTE A LO LARGO DE LAS CORRIENTES PARA ALIMENTAR LAGOS, PRESAS O RETORNAR AL MAR; OTRA SE EVAPORA PARA CONDENSARSE DE NUEVO EN NUBES, Y UNA ULTIMA SE INFILTRA EN EL TERRENO, EN DONDE UNA BUENA PARTE ES APROVECHADA POR LAS PLANTAS. EL APROVECHAMIENTO DE ESTA PORCION LLAMADAS "AGUAS METEORICAS" ES FUNCION ESPECIFICA DEL GEOHIDROLOGO. LA REPETICION PERIODICA DE ESTE PROCESO INFLUYE DE MODO DECISIVO EN EL MODELO DE LA CORTEZA TERRESTRE, SIEMPRE CAMBIANTE, COMO RESULTADO DEL INTEMPERISMO Y LA EROSION, EN LO QUE EL AGUA JUEGA UN PAPEL IMPORTANTE, BIEN SEA COMO AGENTE MECANICO DE DESTRUCCION DE ROCAS O DE DEPOSITOS Y ARRABRE DE SEDIMENTOS O COMO AGENTE QUIMICO DE ALTERACION DE LAS MISMAS ROCAS, CUYA ESTRUCTURA ORIGINAL O PRIMARIA PUEDE MODIFICAR A VECES FAVORABLEMENTE, O DESFAVORABLEMENTE, DESDE EL PUNTO DE VISTA QUE INTERESA AL GEOHIDROLOGO.

LA BUSQUEDA DEL AGUA HA SIDO UN PROBLEMA PERMANENTE PARA EL HOMBRE. EN EPOCAS MUY LEJANAS, EL HOMBRE RECOGIA EL AGUA DIRECTAMENTE DE RIOS Y MANANTIALES; AL AGOTARSE O MENQUARSE ESTOS, FUE NECESARIO EXPLOTAR POZOS O GALERIAS DE CAPTACION PARA EXTRAER EL AGUA DE LOS MANTOS SUBTERRANEOS.

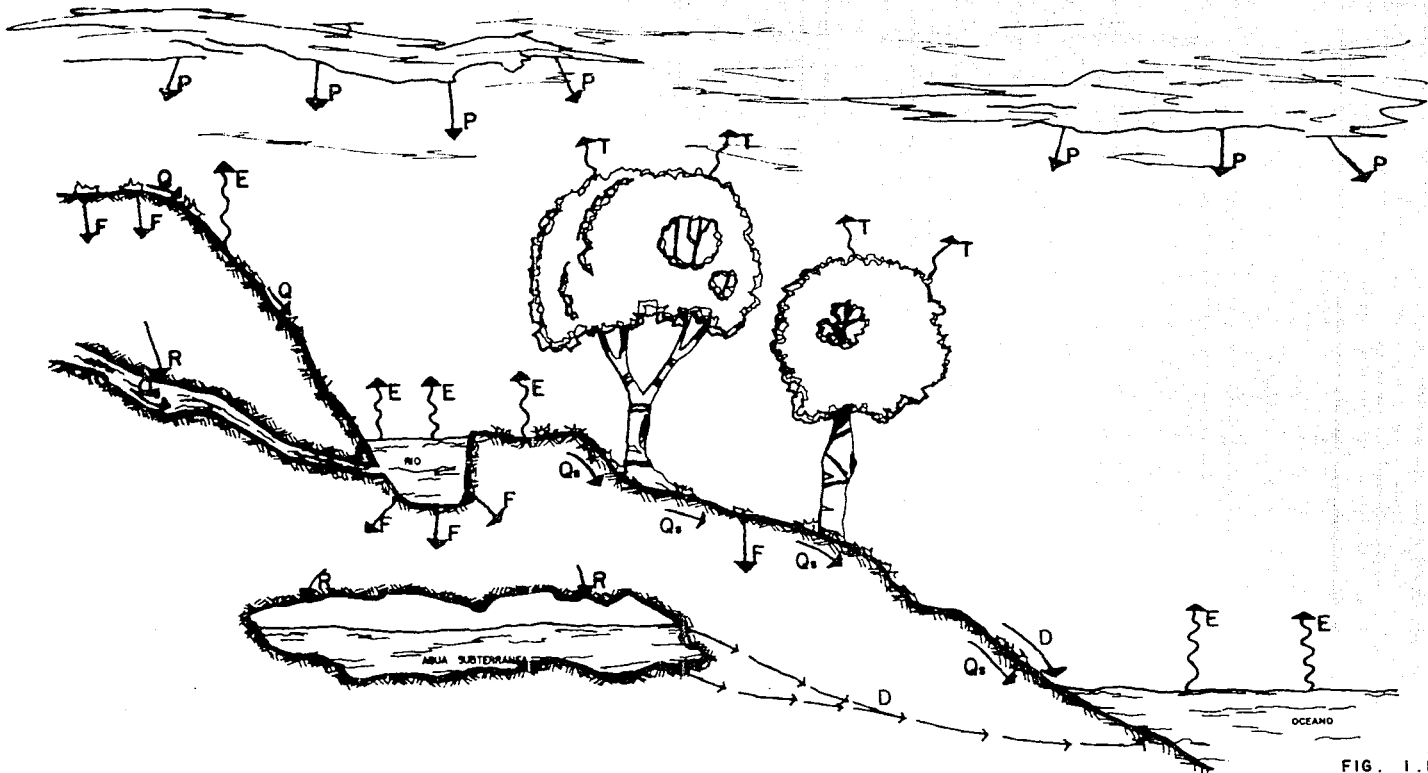


FIG. 1.1

E \_ EVAPORACION

T \_ TRANSPIRACION

Qs \_ ESCURRIMIENTO SUBSUPERFICIAL

P \_ PRECIPITACION

Q \_ ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL

Qs \_ ESCURRIMIENTO SUBTERRANEO

R \_ RECARGA

D \_ DESCARGA AL OCEANO

F \_ INFILTRACION

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>     |           |
| CICLO HIDROLOGICO                |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ |           |
| NO. CUENTA                       | 8004983-6 |



ES DE HACERSE NOTAR TAMBIÉN QUE POR MUCHO TIEMPO SE TRATO DE LOCALIZAR NUEVAS FUENTES SUBTERRÁNEAS DE AGUA A BASE DE PROCEDIMIENTOS EMPÍRICOS, COMO EL USO DE LA HORQUETA Y EL DE LA VARA "MÁGICA". PERO ES EN NUESTROS DÍAS CUANDO YA SE EMPLEAN MÉTODOS RACIONALES, COMPROBADOS, PARA EFECTUAR TANTO LA LOCALIZACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, COMO PARA EMPRENDER SU EXPLOTACIÓN.

EL CONOCIMIENTO DEL CICLO HIDROLÓGICO ES IMPORTANTE PARA LA EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS, PUÉS APLICANDO EL PRINCIPIO DE LA CONSERVACIÓN DE LA MATERIA A UNA PORCIÓN DEL CICLO EN UNA REGIÓN DETERMINADA, SE PUEDE SABER LA CANTIDAD DE AGUA QUE SE INFILTRA A UN MANTO SUBTERRÁNEO Y PARA UN TIEMPO DADO, ES DECIR ESTA CANTIDAD SE CONOCE A PARTIR DE LA PRECIPITACIÓN, DE UN ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL, DE LA EVAPORACIÓN Y LA EVAPOTRANSPIRACIÓN QUE EXPERIMENTA.

LA EVAPORACIÓN Y LA EVAPOTRANSPIRACIÓN SON DOS FENÓMENOS DE LA FASE DEL CICLO HIDROLÓGICO QUE RESUMEN LA MAYOR CANTIDAD DE AGUA, LOS CUALES RESULTAN AFECTADOS POR MUCHAS CIRCUNSTANCIAS, CUYA INFLUENCIA SE CONOCE CUALITATIVAMENTE.

LA EVAPORACIÓN ES UN FENÓMENO QUE SE PRODUCE INEVITABLEMENTE EN LA SUPERFICIE DEL SUELO, INMEDIATAMENTE DESPUÉS Y EN FORMA DIRECTA DE LA PRECIPITACIÓN LOCAL EN LA REGIÓN CONSIDERADA, NO ASÍ LA EVAPOTRANSPIRACIÓN, QUE REPRESENTA LA SUMA DE LA EVAPORACIÓN QUE SE PRODUCE EN LAS PLANTAS, SU TRANSPIRACIÓN, Y LA EVAPORACIÓN QUE TIENE LUGAR EN EL SUELO, ABÍ COMO EN LAS SUPERFICIES DE AGUA LIBRE.

## 1.2. CLASIFICACIONES GEOLOGICAS

LA HIDROLOGÍA ES UNA DISCIPLINA CIENTÍFICA QUE ACTUALMENTE EMPLEA LA GEOLOGÍA PARA LA LOCALIZACIÓN DE LOS MANTOS SUBTERRÁNEOS DE AGUA. LA GEOLOGÍA DEFINE LAS FORMACIONES DE LAS ROCAS DE ACUERDO CON SU EDAD Y SU ORIGEN, O SEA QUE DE ACUERDO CON SU EDAD PODEMOS CONOCER LA POSICIÓN QUE GUARDAN ENTRE SI LAS DIVERSAS CAPAS QUE NOS INTERESAN, EN CUANTO A LA BÚSQUEDA DEL AGUA SUBTERRÁNEA, Y EL ORIGEN DE UNA FORMACIÓN NOS PERMITE CONOCER LA TEXTURA, DENSIDAD, ETC., DE LAS CITADAS FORMACIONES.

EN HIDROGEOLOGÍA, LO QUE NOS INTERESA ES SABER SI LAS FORMACIONES QUE ESTAMOS ESTUDIANDO TIENEN AGUA SUBTERRÁNEA, QUE CANTIDAD DE VACIOS O HUECOS TIENEN; SI ESTÁN CONECTADAS UNAS CON OTRAS; COMO SE CONECTAN, Y SI LAS AGUAS ESTÁN EN MOVIMIENTO; QUE ORIENTACIÓN TIENEN ESTAS; SI TIENEN FISURAS, COMO SON ÉSTAS Y CUAL ES SU ORIENTACIÓN.

POR ESTO, ES IMPORTANTE CONOCER LA GEOLOGÍA DE LA REGIÓN, DONDE SE VA A PERFORAR UN POZO PARA EXTRAER AGUA, PUES NOS PROPORCIONA LA EXTENSIÓN, PROFUNDIDAD Y CARACTERÍSTICAS DE LAS FORMACIONES, QUE VA ATRAVESAR, ASÍ COMO LOS POSIBLES OBSTÁCULOS Y FRONTERAS QUE TIENEN ÉSTAS, EN CUANTO A SU PERMEABILIDAD.

LA GEOLOGÍA DE LA REGIÓN, NOS AYUDA A DEFINIR CON UNA MAYOR APROXIMACIÓN LAS CARACTERÍSTICAS QUE VAMOS A ENCONTRAR EN LOS ACUÍFEROS, PARA PROCEDER A UNA EXPLOTACIÓN RACIONAL DE LOS MISMOS.

### 1.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ACUÍFEROS

UN ACUÍFERO ES UNA FORMACIÓN ROCOSA QUE CONTIENE AGUA ALMACENADA O EN TRÁNSITO, CUYA EXPLOTACIÓN ES FACTIBLE PARA UN USO DETERMINADO. LA PRESENCIA DEL AGUA SE ESTABLECE CUANDO EXISTEN EN LA FORMACIÓN HUECOS O CAVIDADES QUE PUEDEN CONTENER AGUA Y SI ESTOS VACÍOS O CAVIDADES ESTÁN CONECTADOS, ENTONCES, ES POSIBLE EL MOVIMIENTO DEL AGUA DE UN LADO PARA OTRO, CUMPLIÉNDOSE LAS LEYES HIDRÁULICAS, LAS CUALES SERÁN ESTUDIADAS MAS ADELANTE.

PARA CONOCER LAS CARACTERÍSTICAS DE UN ACUÍFERO ES NECESARIO EFECTUAR UNA SERIE DE ESTUDIOS Y MEDICIONES. LA MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE AGUA, POR MEDIO DE LOS POZOS DE EXPLORACIÓN, NOS PERMITE CONOCER LA CONFIGURACIÓN DE UN ACUÍFERO EN UNA REGIÓN DETERMINADA. LA MEDICIÓN DEBE HACERSE DE ACUERDO A UN PLAN BIEN ELABORADO, A FIN DE SABER LA EVOLUCIÓN DEL ACUÍFERO EN ESA REGIÓN, O SEA LA CANTIDAD DE AGUA QUE FLUYE DE UNA ZONA A OTRA.

SE SABE QUE EL AGUA FLUYE DE LAS ZONAS DE MAYOR PRESIÓN A LAS DE MENOR PRESIÓN; POR ESO AL PRODUCIRSE EL ABATIMIENTO DE UN POZO, EL AGUA FLUYE HACIA EL.

MEDIANTE PRUEBAS DE AFORO Y BOMBEO SE PUEDE MEDIR LA CAPACIDAD QUE TIENE UN SUELO PARA TRANSMITIR Y ALMACENAR EL AGUA, PARA CONOCER EL FLUJO DE ENTRADA Y EL DE SALIDA DEL MANTO SUBTERRÁNEO. CON TODAS ESTAS CARACTERÍSTICAS, SE CONOCE LA RECARGA DE UNA REGIÓN, QUE ES UN ESTUDIO INDISPENSABLE PARA PLANEAR LA EXPLOTACIÓN DE LA MISMA.

### 1.4. EXPLORACIONES GEOFÍSICAS

LAS EXPLORACIONES GEOFÍSICAS SON PERFORACIONES QUE PROPORCIONAN INFORMACIÓN MUY IMPORTANTE PARA CONOCER LAS CARACTERÍSTICAS PROPIAS DE LOS ACUÍFEROS, ME REFIERO AL CONOCIMIENTO DEL VOLUMEN QUE PUEDE EXTRAERSE, SU CALIDAD Y EL TIEMPO QUE ES POSIBLE EXTRAER DICHO VOLUMEN, PARA UNA DETERMINADA ZONA.

LAS EXPLORACIONES GEOFÍSICAS MAS COMUNES SON SOMDEOS GEOELÉCTRICOS QUE SUMINISTRAN INFORMACIÓN ACERCA DE LA EXISTENCIA - DE ZONAS SATURADAS EN EL SUBSUELO DE LA REGIÓN QUE SE ESTUDIA, - PERO NO DAN INFORMACIÓN SOBRE LA CAPACIDAD DE LOS ACUÍFEROS, NI DATOS ACERCA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS. EN ESTO ÚLTIMO, AUXILIA MAS LA GEOLOGÍA QUE TIENE EN CUENTA LA NATURALEZA DE LAS ROCAS - DESDE EL PUNTO DE VISTA DE SU COMPOSICIÓN QUÍMICA.

OTROS MÉTODOS GEOFÍSICOS APROVECHAN LA DIFERENTE DENSIDAD DE LAS ROCAS O SU DISTINTO GRADO DE COMPACIDAD PARA SEÑALAR LA - EXISTENCIA DE FORMACIONES PERMEABLES EN LAS QUE ES POSIBLE ENCON- TRAR AGUA, PERO NUNCA CON UNA SEGURIDAD ABSOLUTA.

ES MUY IMPORTANTE LA LOCALIZACIÓN DE LAS CAPAS DEL SUELO QUE PRESENTAN ALMACENAMIENTO DE AGUA Y SE REQUIERE SABER TANTO - SU PROFUNDIDAD COMO SU EXTENSIÓN. YA QUE EL TAPIZAR UNA REGIÓN - DE PERFORACIONES, SERÍA ANTIECONÓMICO, PARA CONOCER LA POTENCIA- LIDAD DEL ACUÍFERO Y SU EXTENSIÓN, ASÍ COMO SU PROFUNDIDAD, ES - NECESARIO HACER EXPLORACIONES GEOFÍSICAS ESTRATÉGICAS QUE PERMI- TAN CONOCER LA RELACIÓN ENTRE UNAS Y OTRAS, OBTENIENDO ASÍ UNA - IMAGEN DE LO QUE EXISTE EN EL SUBSUELO.

EN UNA MISMA REGIÓN PUEDEN ENCONTRARSE VARIOS ACUÍFEROS - INDEPENDIENTES, CUYO ESPESOR Y EXTENSIÓN ES INDISPENSABLE CONO- CER.

CONVIENE DISTINGUIR LA CALIDAD DE LOS DIFERENTES ACUÍFE- ROS, SOBRE TODO EN ZONAS DONDE LA SALINIDAD PUEDE INUTILIZAR EL AGUA O DONDE ES POSIBLE, POR LOS ÍNDICES QUÍMICOS, IDENTIFICAR - LA PROCEDENCIA DEL AGUA O LA ZONA DE RECARGA DE UN ACUÍFERO.

EL LEVANTAMIENTO HIDROGEOLÓGICO DE UNA REGIÓN PERMITE AM- PLIAR LOS LEVANTAMIENTOS GEOLÓGICOS EXISTENTES, PERO CON BASE EN LA LOCALIZACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. ESTO PROPORCIONA LA DEFI- NICIÓN DE LA PRESENCIA DEL ACUÍFERO, SU EXTENSIÓN Y SU PROFUNDI- DAD, ASÍ COMO LAS CARACTERÍSTICAS DE SUS FRONTERAS Y DE TODOS - LOS PROBLEMAS QUE PUEDE HABER AL PROMOVER SU EXPLOTACIÓN.

## CAPITULO 11

### PERFORACION Y EQUIPAMIENTO DE POZOS

#### 2.1. METODOS DE PERFORACION

DESDE TIEMPOS REMOTOS, EL HOMBRE HA EXCAVADO O PERFORADO - POZOS EN BUSCA DE AGUA PARA CALMAR SU SED, UTILIZANDO DIFERENTES METODOS Y HERRAMIENTAS, DE ACUERDO CON SU ÉPOCA.

COMO CONSECUENCIA DE LA BÚSQUEDA DE AGUA, ENCONTRÓ OTROS - LÍQUIDOS Y APRENDIÓ A UTILIZARLOS EN SU PROVECHO. TAL ES LA SAL-- MUERA DE LA CUAL OBTUVO SAL. FUERON LOS CHINOS QUIENES, DESDE EL AÑO 256 A.C. YA CONSTRUÍAN POZOS PROFUNDOS PARA OBTENER SALMUERA. SI BIEN ES CIERTO QUE LOS MÉTODOS DE PERFORACIÓN QUE UTILIZARON - FUERON RUDIMENTARIOS, TAMBIÉN PODEMOS AFIRMAR QUE FUERON ELLOS -- LOS QUE SENTARON LAS BASES TÉCNICAS PARA LA PERFORACIÓN DE POZOS EN TODO EL MUNDO. A TRAVÉS DE LOS PRIMEROS VIAJEROS, SUS MÉTODOS SE DIFUNDIERON PRIMERAMENTE EN EUROPA, DONDE FUERON APLICADOS CON ALGUNAS MODIFICACIONES.

SE DICE, QUE EL AGUJERO ERA ADEMADO CON UN TUBO DE MADERA (SE SUPONE QUE HAYA SIDO DE BAMBÚ), A TRAVÉS DEL CUAL EFECTUABAN LA PERFORACIÓN SUBIENDO Y BAJANDO UNA HERRAMIENTA METÁLICA, CUYO PESO A VECES EXCEDÍA A 300 LIBRAS, SUSPENDIDA DE UN CABLE DE "RO TA".

POR MEDIO DE ESE MOVIMIENTO ALTERNADO, LOS CHINOS LOGRA-- BAN PERFORAR HASTA 60 M. EN ROCA, EMPLEANDO, A VECES, HASTA 3 PA LOS PARA TERMINAR UN POZO.

TAMBIÉN SE DICE QUE: "DE CUANDO EN CUANDO VACIABAN ALGU-- HAS CUBETAS DE AGUA AL POZO PARA ABLANDAR LA ROCA Y REDUCIRLA A PULPA". A CIERTOS INTERVALOS, LOS PERFORADORES CHINOS BAJABAN UN RECIPIENTE TUBULAR PARA EXTRAER LA REZAGA.

MUCHO DESPUÉS, SE INICIÓ EN AMÉRICA, LA PERFORACIÓN DE POZOS, UTILIZANDO LOS MÉTODOS ORIENTALES, QUE CONSISTIAN EN EM--- PLEAR LOS LODOS DE PERFORACIÓN CON DOS FINES: PRIMERO, PARA --- ABLANDAR LAS FORMACIONES Y SEGUNDO, PARA REMOVER LOS CORTES.

LOS CHINOS TAMBIÉN CONOCIERON, AUNQUE EN FORMA ELEMENTAL, MUCHAS DE LAS HERRAMIENTAS Y MÉTODOS USADOS EN LA PERFORACIÓN - MODERNA; CONSTRUÍAN MÁSTILES, SABÍAN UNIR LOS TRAMOS DE TUBERÍA DE REVESTIMIENTO; IDEARON MUCHOS TIPOS DE HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN Y CEMENTABAN LOS ADEMOS DE SUS POZOS.

APARTE DE LOS POZOS PERFORADOS EN ROCA POR LOS CHINOS, -- HUBO ALGUNOS CONSTRUIDOS ANTES DEL SIGLO XIX; PERO TODOS ESTOS -- FUERON EXCAVADOS A MANO Y A PROFUNDIDADES RELATIVAMENTE PEQUE-- NAS.

DE ACUERDO CON LOS DATOS HISTÓRICOS, EL PRIMER POZO PER-- FORADO EN ROCA EN LOS ESTADOS UNIDOS FUE CONSTRUIDO POR LOS HER-- MANOS DAVID Y JOSÉ RUFFNER, EN EL OESTE DE VIRGINIA, DE 1806 A -- 1808. PARA PERFORAR ESTE POZO CON EL OBJETO DE OBTENER SALMUERA, SE EMPLEARON 18 MESES, USANDO LOS MISMOS PRINCIPIOS QUE LOS CHI-- NOS, PERO HERRAMIENTAS Y MÉTODOS IDEADOS POR ELLOS. HICIERON EL AGUJERO POR MEDIO DE UNA HERRAMIENTA DE METAL SEMEJANTE AL CIN-- DEL, LA QUE LEVANTABAN Y DEJABAN CAER. ESTE PROCEDIMIENTO ES -- CONOCIDO AHORA COMO: "MÉTODO DE PERCUSIÓN".

PARA PODER LEVANTAR Y DEJAR CAER LA HERRAMIENTA, UTILIZA-- RON LO QUE DESPUÉS SE CONOCIÓ COMO "MÁSTIL DE RESORTE CON PÉRTI-- GA". ESTE ESTABA CONSTITUIDO POR UN TRONCO JOVEN, FLEXIBLE Y -- CORROSO DE APROXIMADAMENTE 15 M. DE LONGITUD, ANCLADO EN UNO DE SUS EXTREMOS Y SUJETO A CORTA DISTANCIA DE ÉSTE POR UNA HORQUE-- TA, A FIN DE QUE PUDIERA EFECTUAR UN MOVIMIENTO DE MUELLE. EN EL OTRO EXTREMO Y PRECISAMENTE ARRIBA DEL AGUJERO, SE SUSPENDIAN DE UN CABLE LOS INSTRUMENTOS DE PERFORACIÓN. OTROS CABLES, DOS O -- TRES, SE ATABAN A LA PUNTA DEL TRONCO, LA QUE AL SER IMPULSADA -- HACIA ABAJO PERMITÍA QUE LA HERRAMIENTA PENETRARA EN EL AGUJERO-- Y AL SOLTARLA ACTUABA COMO RESORTE, LEVANTÁNDOLA.

ESTE PROCEDIMIENTO SUFRÍ CONSTANTES MODIFICACIONES DE -- ACUERDO CON LAS IDEAS DE CADA PERFORADOR Y ESTUVO VIGENTE HASTA-- MEDIADOS DEL SIGLO XIX. POR EJEMPLO, ALGUNOS ANCLABAN EL "MÁSTIL, RESORTE" FORMANDO CON LA SUPERFICIE DEL TERRENO UN ÁNGULO DE 30°; OTROS LO COLOCABAN EN POSICIÓN HORIZONTAL, QUEDANDO SUJETO A DOS HORQUETAS, UNA DE LAS CUALES, LA QUE SERVÍA DE EJE, ERA MAYOR -- QUE LA OTRA Y ALCANZABA UNA ALTURA APROXIMADAMENTE DE 3 M., QUE-- DANDO UNA LONGITUD CONVENIENTE PARA QUE LA PÉRTIGA TRABAJARA CO-- MO RESORTE.

LOS HERMANOS RUFFNER LOGRARON LA PATENTE DE LA PRIMERA -- MÁQUINA DE ESTE TIPO EN 1828. EN ÉSTA ÉPOCA, LOS PERFORADORES -- MAS DESTACADOS EN ESTADOS UNIDOS FUERON ESTOS Y WILLIAM MORRIS; -- LOS PRIMEROS INTRODUJERON Y DIFUNDIERON EL USO DEL CONTRADEME Y DEL PRIMER EMPACADOR, CUYA FUNCIÓN ERA EVITAR LA INTRODUCCIÓN DE LOS FLUIDOS INDESEABLES AL POZO; MORRIS INTRODUJO LAS TIJERAS DE PERFORACIÓN, CUYA PATENTE LE FUE OTORGADA EN 1837.

A PARTIR DE ENTONCES Y HASTA LA FECHA, SE HAN VENIDO MEJORA-- NDO LOS EQUIPOS DE PERCUSIÓN Y SUS HERRAMIENTAS, PERO, PRACTI-- CAMENTE, RESPETANDO LOS PRINCIPIOS BÁSICOS ESTABLECIDOS POR LOS HERMANOS RUFFNER.

En 1829, se introdujo el uso del vapor en la operación de los equipos de perforación; en 1833, el ingeniero francés -- FAUVELLE ideó la forma de rimar o ampliar los pozos y en 1845 -- introdujo el empleo de los leños de perforación a base de arci-- LLAS.

En 1859, con la aparición del Coronel Drake en el medio -- de la perforación, los equipos de percusión alcanzaron su clímax, a tal grado, que a pesar que los equipos rotatorios también se -- fueron superando en forma radical, gozando de la simpatía de los perforadores, los de percusión continuaron trabajando de tal for -- ma que en 1959, el 74.5 % de los pozos petroleros fueron perfora -- dos por este método.

También las herramientas se fueron modificando de acuerdo con el ritmo de trabajo, entrando en juego no sólo el diseño ade -- cuado para lograr mayores avances de conformidad con las forma -- ciones atravesadas, sino también en forma directa a la metalur -- gia. Inicialmente, todas las herramientas fueron forjadas a mano, pero, poco a poco, este proceso fue sustituido por las máquinas. Actualmente, las soldaduras autógena y eléctrica han reemplazado la forja en el afilado de los trépanos o herramientas de corte.

Como consecuencia de la comercialización del petróleo, a fines del siglo pasado, se fundaron fábricas para la construc -- ción en serie, tanto de perforadoras como de sus herramientas. -- De éstas últimas se construían de los más variados diseños, de -- acuerdo con las ideas o problemas que se presentaban durante el curso de los trabajos de perforación. De ahí se iniciaron los -- primeros trépanos fabricados en serie, cuya forma y afilado se -- lograban a base de forja y marro.

En la actualidad, la mayoría de los pozos se perforan uti -- lizando medios mecánicos que difieren entre sí por sus caracte -- rísticas, condiciones geológicas y del subsuelo bajo las cuales trabajan. Pueden clasificarse, principalmente, en equipos rotato -- rios de tipo hidráulico y herramientas de cable o percusión.

La efectividad de cada uno de estos equipos depende de di -- versos factores: unos, trabajan mejor y más rápidos en formacio -- nes sedimentarias (equipos rotatorios); otros, en rocas con can -- vermas (equipo de percusión). Unos equipos requieren mayor canti -- dad de agua que otros; otros emplean lodo para sellar.

#### 2.1.7. EQUIPO DE PERCUSIÓN

El equipo de percusión consiste, esencialmente, en un má -- til, una sople línea de elevación, una línea de operación de las herramientas de perforación y otra línea para operación de la cu

CHARA O CUBA DE ARENA, UN SISTEMA DE BALANCÍN PARA EL GOLPE DE LAS HERRAMIENTAS CON UN MOTOR PARA ACCIONAR ESTOS ELEMENTOS, ASÍ COMO UNA SARTA DE HERRAMIENTAS Y LAS TIJERAS DE PERFORACIÓN.

UNA VEZ MONTADA LA UNIDAD, PUEDE OPERAR SOBRE TRAVIEBAS O SOBRE UN CAMIÓN O TRAILER.

EL GOLPEO DE LA HERRAMIENTA DESMENUZA EL MATERIAL EN EL HOYO, EL CUAL SE EXTRAE CON UNA CUCHARA. EN ROCA DURA, EL HOYO SE PERFORA SIN TUBERÍA; PERO EN TERRENO BLANDO O DEFORMABLE, SE USA UNA ENVOLTURA PARA PODER MANTENER DESPEJADO EL HOYO.

EL AVANCE DE LA PERFORACIÓN DEPENDE DE CUATRO FACTORES -- PRINCIPALES:

- 1) EL DIÁMETRO DEL POZO POR PERFORAR.
- 2) EL PESO DE LAS HERRAMIENTAS.
- 3) EL NÚMERO DE GOLPES DE LAS HERRAMIENTAS EN EL FONDO -- DEL POZO.
- 4) LA LONGITUD DE CAÍDA DE ÉSTAS.

PARA OBTENER UN MÁXIMO RENDIMIENTO DE LA MÁQUINA DE PERFORACIÓN, ES NECESARIO CONOCER, ADÉMÁS DE ESTOS FACTORES Y SU RELACIÓN ÓPTIMA, LAS FORMACIONES QUE VA A PERFORAR, ES DECIR, SU TEXTURA, DUREZA Y CONSOLIDACIÓN DEL MATERIAL.

LA EXPERIENCIA HA DEMOSTRADO QUE SE REQUIEREN 200 LIBRAS DE PESO EN LAS HERRAMIENTAS POR CADA PULGADA DEL DIÁMETRO DEL POZO POR PERFORAR, PARA TENER UN AVANCE ADECUADO EN LA PERFORACIÓN, FÓRMULA QUE PUEDE SER VARIABLE DE ACUERDO CON LA CAPACIDAD LÍMITE RECOMENDADA DE LA PERFORACIÓN PARA UN TRABAJO MENOR Y UNA PENETRACIÓN MÁS RÁPIDA.

## 2.1.2. EQUIPO ROTATORIO

DESPUÉS DEL MÉTODO DE PERFORACIÓN DE POZO, EN BASE DE MÁQUINAS DE PERCUSIÓN, EL MÉTODO MÁS COMÚN ES EL ROTATORIO. ESTE ÚLTIMO MÉTODO SE DESARROLLÓ EN LA INDUSTRIA DE LA PERFORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DEL PETRÓLEO, PUES REQUIERE DE LA PERFORACIÓN RÁPIDA A GRANDES PROFUNDIDADES Y CON UNA GRAN VARIEDAD DE DIÁMETROS.

ESTAS MÁQUINAS, ENCUENTRAN MUCHA APLICACIÓN EN FORMACIONES BLANDAS, COMO ARCILLAS Y PIZARRAS, DEBIDO A LA RAPIDEZ CON LA QUE PERFORA.

EL EQUIPO ROTATORIO ES MÁS COMPLEJO, PUES, PARA SU MANEJO, REQUIERE DE MÁS OPERACIONES Y ADÉMÁS AGUA EN CANTIDAD SUFICIENTE A MEDIDA QUE SE AVANZA EN LA PERFORACIÓN.

LA EXTRACCIÓN DE NÚCLEOS DE ROCA DURA ES UNA DE LAS VENTAJAS

#### JAS MÁS CARACTERÍSTICAS DE LAS MÁQUINAS ROTATORIAS.

LAS PARTES BÁSICAS DE LOS EQUIPOS ROTATORIOS, CONSISTEN EN: LA TORRE Y CADESTANTE, UNA MESA ROTATORIA QUE HACE GIRAR LA BARRA O TUBO DE PERFORACIÓN, UNA CANTIDAD DE BARRAS PARA PERFORAR, UNA HERRAMIENTA DE CORTE O TRÉPANO EN EL EXTREMO INFERIOR DE LAS BARRAS, UNA BOMBA PARA IMPULGAR EL FLUÍDO HACIA ABAJO POR EL TUBO O BARRA Y UN MOTOR PARA SUMINISTRAR ENERGÍA.

LA PERFORACIÓN SE REALIZA POR MEDIO DEL TUBO DE PERFORACIÓN, CON EL TRÉPANO QUE CORTA Y TRITURA EL MATERIAL A MEDIDA QUE PENETRA EN LA FORMACIÓN.

LA INYECCIÓN PASA POR EL TUBO O BARRA Y SALE POR LOS AGUJEROS DEL TRÉPANO. ESTE FLUÍDO RECOGE EN LA BASE DEL POZO EL MATERIAL TRITURADO Y LO ENVÍA HACIA ARRIBA POR EL ESPACIO ANULAR ENTRE LAS BARRAS Y LA PARED DEL POZO. EL MATERIAL ES ARROJADO A UN TANQUE DE SEDIMENTACIÓN CERCA AL POZO.

## 2.2. MAQUINAS PERFORADORAS

### 2.2.1. MAQUINA DE PERCUSION

LAS PARTES MÁS IMPORTANTES DE UNA MÁQUINA DE PERCUSIÓN SON LAS SIGUIENTES:

#### 1) SARTA DE HERRAMIENTAS.

UNA SARTA DE HERRAMIENTAS CONSISTE, BÁSICAMENTE, EN UNA BARRA DE PESO, CON SU TRÉPANO, UN JUEGO DE TIJERAS Y UN PORTACABLE. TODAS ESTAS HERRAMIENTAS ESTÁN CONSTRUÍDAS DE UN ACERO ESPECIAL, DADA SU GRAN ACTIVIDAD DE TRABAJO.

EL PORTACABLES GIRATORIO, TIENE POR OBJETO, PERMITIR QUE LA SARTA DE HERRAMIENTAS GIRE DESPUÉS DE CADA GOLPE, EVITANDO ASÍ, QUE LOS GOLPES O POSICIONES DE LAS HERRAMIENTAS SE EFECTÚEN EN UN MISMO LUGAR, ELIMINANDO LAS CAUSAS DE TORCEOURA U HOYOS ABRASIVOS.

A FIN DE EVITAR CORTES O DESCOMPOSTURAS PERJUDICIALES, ES NECESARIO HACER REVISIONES PERIÓDICAS DE LA UNIÓN DEL CABLE CON EL PORTACABLE, POR EL DEGRASTE QUE PUEDA HABER, YA QUE LA MAYOR PARTE DE LAS FORMACIONES QUE SE PERFORAN CONTIENEN MATERIALES ABRASIVOS.

#### 2) TIJERAS DE PERFORACIÓN.

LA TIJERA SE UTILIZA, PREFERENTEMENTE, CUANDO SE PERFORAN TERRENOS Duros O ARCILLAS, EN LAS QUE HAY PROBABILIDAD DE QUE --



#### LAS HERRAMIENTAS SE PEGUEN.

LA TIJERA DE PERFORACIÓN, ESTÁ CONSTITUIDA DE DOS ESLABONES CONECTADOS INMEDIATAMENTE ABAJO DEL PORTACABLE. LA CARRERA DE UNA TIJERA NUEVA ES DE 9", QUE AUMENTA A MEDIDA QUE SE DESGASTA EN SU PARTE SUPERIOR; A MAS DE 11" DE CARRERA, YA NO ES SEGURO USARLAS.

LA TIRANTEZ DE LA LÍNEA DE PERFORACIÓN, MANTENORA LA TIJERA TOTALMENTE ABIERTA. CUANDO SE SOSPECHA QUE LA HERRAMIENTA ESTÁ PEGADA EN FONDO, SE AFLOJA EL CABLE ABRIÉNDOSE LOS ES LABONES DE LAS TIJERAS EN SU MÁXIMA CARRERA O LONGITUD CHOCANDO LA TIJERA Y EL PORTACABLE PRODUCIENDO UN GOLPE ASCENDENTE, DESPEGÁNDOSE LAS HERRAMIENTAS EN CONDICIONES NORMALES.

#### 3) BARRA DE PESO.

LA BARRA DE PESO, COMO SU NOMBRE LO INDICA, REPRESENTA EL PEGO QUE DEBE DÁRSELE A LA SARTA DE HERRAMIENTAS PARA QUE ÉSTAS HAGAN SU TRABAJO. GENERALMENTE SON DE DOS TAMAÑOS, DE 4 1/2" POR 8' Y DE 4 1/2" POR 16', AUNQUE AMBOS SON NECESARIOS EN LA PERFORACIÓN DE ROCAS.

LA BARRA SE COLOCA BAJO LA TIJERA DE PERFORACIÓN Y SU CUIDADO DEBE SER IMPORTANTE, YA QUE CUALQUIER GOLPE QUE SE LE DE PUEDE PRODUCIR EFECTOS DESASTROSOS EN EL MOMENTO DEL HINCADO.

#### 4) TRÉPANO.

CORRESPONDE A LOS TRÉPANOS HACER EL TRABAJO DE CORTE Y ES LA PARTE MÁS IMPORTANTE DE LA SARTA DE HERRAMIENTAS; CONSISTE EN UN CUERPO DE TRABAJO QUE TIENE EN UN EXTREMO EL FILO CORTANTE Y EN EL OTRO EL CUADRADO PARA LLAVES Y VÁSTAGO.

TOMANDO EN CONSIDERACIÓN LAS DIFICULTADES PARA LOGRAR UN MAYOR AVANCE, DE ACUERDO CON LA FORMACIÓN QUE SE VA A PERFORAR, SE DISEÑARON DIFERENTES TIPOS DE TRÉPANOS, SIENDO EL MÁS GENERALIZADO A LA FECHA EL QUE SE HA DENOMINADO "REGULAR" O "ESTÁNDAR" DE CONFORMIDAD CON LA EMPRESA QUE LOS FABRICA. ÉSTE PUEDE EMPLEARSE PARA CORTAR FORMACIONES SUAVES, MEDIAS O DURAS, DE ACUERDO CON LA FORMA Y AFILADO QUE SE LE DÉ AL EXTREMO CORTANTE.

TAMBIÉN EXISTEN TRÉPANOS CON PUNTA DE "ESTRELLA" O "CRUZ", PARA CORTAR FORMACIONES CON FUERTES ECHADOS O AQUELLAS FISURAS CON TENDENCIA A PERDER LA VERTICALIDAD, QUE ES DIFÍCIL SOSTENER CON EL TRÉPANO DE TIPO REGULAR. CON LA MISMA FINALIDAD SE FABRICAN TRÉPANOS CON CUERPO TORCIDO.

SE EMPLEAN OTRO TIPO DE TRÉPANOS, AUNQUE SU USO NO ES MUY AMPLIO, COMO LOS DENOMINADOS HUBBARD Y EXCÉNTRICOS; EL PRIMERO,

DE DOBLE FILO ACCESORIO, Y EL SEGUNDO, "DESEQUILIBRADO", PUES --  
CONSTA DE UNA SOLA ALA, QUE EN TEORÍA SIRVE PARA TRABAJAR BAJO --  
LA ZAPATA PRODUCIENDO UN MAYOR DIÁMETRO, DEBIDO A SU EXCENTRICI-  
DAD.

TAMBIÉN SE USAN LOS TRÉPANOS DENOMINADOS: RECTIFICADOR O  
REBONDO, PARA RECTIFICAR POZOS Y EL COMENZADOR O CORTO QUE SIRVE  
PARA INICIAR UNA PERFORACIÓN, QUE SIENDO MÁS CORTO PERMITE SER --  
QUITADO CON LA MANO.

#### 5) CUCHARAS Y BOMBAS DE ARENA.

PARA REMOVER EL MATERIAL TRITURADO DEL FONDO DEL POZO PER-  
FORADO CON MÁQUINA DE PERCUSIÓN, SE EMPLEAN LAS CUCHARAS O ASPI-  
RADORAS DE ARENA, SIENDO EL TIPO MÁS SIMPLE EL DE FONDO PLANO. --  
ESTÁ CONSTITUIDA, ESTA CUCHARA, POR UN TUBO DE DIÁMETRO MENOR AL  
DEL POZO; EN SU PARTE SUPERIOR, TIENE UNA ARGOLLA PARA UNIRLA AL  
CABLE DE LA LÍNEA DE CUCHARAS Y EN LA PARTE INFERIOR, UNA VÁLVU-  
LA DE CHARNELA CON MOVIMIENTO DE BISAGRA.

AL SUMERGIRLA EN EL BARRO, LA VÁLVULA SE ABRE Y PENETRA --  
EL MATERIAL, CERRÁNDOSE CON EL PESO DE ÉSTE, AL IZARLO.

OTRO TIPO DE CUCHARA, ES EL CORRESPONDIENTE AL QUE TIENE  
VÁLVULA DE DADO Y SU USO ES SEMEJANTE AL ANTERIOR, ES DECIR, --  
CUANDO ENTRA EN CONTACTO CON EL FONDO DEL FONDO, LA VÁLVULA SE --  
ABRE Y AL LEVANTAR, LEVEMENTE, ÉSTA CIERRA AUTOMÁTICAMENTE, OBS-  
TRUYENDO LA SALIDA DEL MATERIAL.

LA BOMBA DE ARENA SE USA EN LODO Y GRAVA, DONDE LA CUCHARA  
NO PUEDE LEVANTAR EL MATERIAL. ESTÁ CONSTITUIDA DE UNA TUBERÍA  
A CON UNA VÁLVULA DE BISAGRA Y UN ÉMBOLO QUE TRABAJA DENTRO DEL  
CUERPO DE LA BOMBA. ÉSTA SE BAJA HASTA EL FONDO DEL POZO, DEJÁN-  
DO CORRER EL ÉMBOLO HASTA LA PARTE INFERIOR DE LA BOMBA. CUANDO  
EL ÉMBOLO SE LEVANTA, EL MATERIAL ES SUCCIONADO DENTRO DE LA CU-  
CHARA, Y AL LLEGAR AQUÍ A LA PARTE SUPERIOR DE LA BOMBA, SE LE-  
VANTA ÉSTA, DEJANDO SALIR EL MATERIAL.

#### 6) HERRAMIENTAS DE PESCA.

ESTAS HERRAMIENTAS SON UTILIZADAS PARA RECUPERAR HERRA--  
MIENTAS DE TRABAJO QUE QUEDAN PERDIDAS O ATORAJAS EN EL POZO.

EN GENERAL, LOS TRABAJOS DE PESCA SON SENCILLOS, AUNQUE A  
VECES, ALGUNA PESCA SE COMPLICA ENORMEMENTE DEBIDO ALCÚN ERROR --  
QUE SE COMETE, Y ENTONCES ES NECESARIO HASTA DISEÑAR UNA HERRA-  
MIENTA ESPECIAL QUE SE AJUSTE A LAS CIRCUNSTANCIAS.

LAS HERRAMIENTAS QUE SE USAN PARA LA PESCA SON MUY VARIA-  
DAS:

A) EL BLOQUE DE IMPRESIONES, QUE SE EMPLEA PARA CONOCER -- CON EXACTITUD LA POSICIÓN DE LA HERRAMIENTA PERDIDA Y PERMITE -- VER SI ÉSTA ESTÁ EN POSICIÓN DESFAVORABLE PARA QUE LAS HERRAMIENTAS DE PESCA PUEDAN ASIRLA.

B) EL PORTACABLE FIJO, SE USA PARA FAENAS DE PESCA, PUES EL GIRATORIO REGULAR, NO ES PRÁCTICO PORQUE LA LÍNEA DE PERFORACIÓN LE PERMITE CAMBIAR DE LONGITUD HASTA EN 1", IMPIDIENDO ASÍ, QUE LA HERRAMIENTA DE PESCA TOME LA HERRAMIENTA PERDIDA.

C) LAS TIJERAS DE PESCA, SON IGUALES QUE LAS DE PERFORACIÓN, EXCEPTO QUE TIENEN UNA CARRERA MAYOR. SE COLOCAN SIEMPRE -- ENTRE LA HERRAMIENTA DE PESCA Y LA BARRA MAESTRA, PUES ÉSTA ES -- LA FUERZA EFECTIVA QUE GOLPEA, TRATANDO DE SAFAR LAS HERRAMIENTAS PEGADAS AL HOYO.

D) LOS DESTRABADORES, SE EMPLEAN PARA AFLOJAR LAS HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN PEGADAS EN EL POZO. EL TRABAJO LO HACE A BASE DE GOLPETEO, SUDIENDO EL DESTRABADOR (UNOS CINCO METROS) Y DEJÁNDOLO CAER SOBRE LA HERRAMIENTA TRABAJADA.

E) LAS PESCA HERRAMIENTAS POR FRICCIÓN, SE USAN PRIMERO -- PARA TRATAR DE RECUPERAR CUALQUIER HERRAMIENTA, PRINCIPALMENTE -- LOS TRÉPANOS DESPRENDIDOS. AL PRIMER INTENTO, SE DÁ UNO CUENTA -- EN QUÉ CONDICIONES SE ENCUENTRA LA HERRAMIENTA PERDIDA O TRABADA; CUANDO SE ESTIMA QUE SE PUEDE RECUPERAR POR ESTE PROCEDIMIENTO, SE TRATARA DE OBTENER UNA MAYOR SUPERFICIE DE ADHESIÓN.

F) EL PESCA HERRAMIENTAS DE MORDAZA O CULAS, DISPONE DE -- MORDAZAS DE ACERO ENDURECIDO, QUE PERMITEN TOMAR LA HERRAMIENTA PERDIDA CON MAYOR FIRMEZA QUE LA ANTERIOR PESCA HERRAMIENTAS Y -- SE USA CUANDO LA HERRAMIENTA PERDIDA ESTÁ ATRAPADA EN EL POZO -- POR DERRUMBES O MATERIAL PERFORADO. LAS CUALES DEBEN USARSE CUANDO SE TIENE LA CERTEZA DE QUE SE ESTÁ SOBRE LA HERRAMIENTA PERDIDA, DE OTRA SUERTE PUEDEN DAÑARSE SERIAMENTE.

G) OTRAS HERRAMIENTAS DE PESCA MUY COMUNMENTE EMPLEADAS -- SON: LA GURBIA, EL GANCHO CERCADOR Y LOS ARPONES; LA PRIMERA, -- SIRVE PARA ENDEREZAR O ARREGLAR EL POZO, LOS TRÉPANOS O HERRAMIENTAS QUE SE HAN RELOSTADO EN LA PARED, LO MISMO EL GANCHO CERCADOR, Y LAS ÚLTIMAS SE USAN CUANDO HAY CORTES EN LOS CABLES, -- TRATANDO DE RECUPERARLOS. CONSISTEN EN UNA BARRA DE ACERO DE SECCIÓN CUADRADA, TENIENDO EN SUS CARAS ALTERNADAS ESPIGAS DEL MISMO MATERIAL DURO, FORMANDO ÁNGULOS QUE LE PERMITEN ENGANCHAR EL CABLE Y LEVANTARLO, PARA HACER LAS REPARACIONES O NUEVAS CONEXIONES.

H) EL LEVANTADOR DE TUBERÍA, SE EMPLEA MUCHO PARA SACAR -- TUBERÍA, EN COMBINACIÓN CON GATOS.

### 7) TUBERÍA DE HINCAR.

LA TUBERÍA DE HINCAR, SE EMPLEA DE DIVERSOS TAMAÑOS, SIEMPRE DE LOS MÁS COMUNES LOS DE 6" Y 8" DE DIÁMETRO. SE PUEDE USAR TAMBIÉN PARA ADEMAR UN POZO SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO Y LA FINALIDAD DEL POZO.

AL HINCAR LA TUBERÍA, SIEMPRE SE ACOPLA UNA ZAPATA EN EL EXTREMO INFERIOR PARA PROTEGERLA DEL ACHATAMIENTO O DETERIORO, - EN TERRENOS DURES. ESTAS ZAPATAS SON DE ACERO, CON ALTO PORCENTAJE DE CARBONO, SIN JUNTURAS Y GUARDA UNA RELACIÓN ENTRE SU DIÁMETRO, PESO Y LARGO.

PARA HINCAR LAS TUBERÍAS, SE EMPLEAN PRENSAS GOLPEADORAS QUE SE USAN AL EXTREMO DE LA UNIÓN SUPERIOR DE LA TUBERÍA, PARA PROTEGER LOS TUBOS DE LOS CHOQUES DE LAS CITADAS PRENSAS.

PARA LEVANTAR O BAJAR LAS TUBERÍAS, SE USAN LOS ELEVADORES, QUE ABRAZAN LA TUBERÍA DIRECTAMENTE BAJO EL COPLÉ. ASÍ MISMO, UN EFECTO SEMEJANTE, SE OBTIENE DEL LEVANTADOR DE MORGABAS, QUE SE EMPLEAN PARA SOSTENER LA ENVOLTURA O COLUMNA EN EL POZO - ABIERTO CUANDO SE ALZA O BAJA UNA GRAN COLUMNA DE TUBERÍA CON LOS ELEVADORES; TAMBIÉN SE USA PARA EXTRAER LA TUBERÍA DESDE EL POZO CON GATOS.

### 8) OTRAS HERRAMIENTAS Y MATERIALES.

I LOS CAIMANES O LLAVES DE CADENA, SE EMPLEAN PARA ATORNILLAR LA TUBERÍA, GENERALMENTE, EN NÚMERO DE DOS; UNA PARA MANTENER LA TUBERÍA FIJA, ABAJO; Y EL OTRO, PARA APRETAR Y SUJETAR LA QUE SE AGREGA. UN APRIETE SIN CAIMÁN, PUEDE SER MOTIVO DE DESTRUCCIÓN DE LA TUBERÍA.

II LAS CRIBAS (COLADORES) O REJILLAS MÁS USADAS, SON LAS DE RANURAS CONTINUAS Y ESTÁN DISEÑADAS PARA SOPORTAR LAS PRESIONES DE LAS PAREDES DEL HOYO. SU ENVOLTURA EXTERIOR ES UNA PLANCHA DE BRONCE CON DIFERENTES RANURAS, SEGÚN EL TIPO DE MATERIAL QUE SE PRESENTE. EL DIÁMETRO DE LAS REJILLAS ES GENERALMENTE DE 1/4" MENOR QUE EL DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DEL POZO.

EXISTEN DIFERENTES TIPOS DE CABLE; LOS DE PERFORACIÓN PARA EL TRABAJO DE LAS HERRAMIENTAS DE PERFORACIÓN Y LA MAYOR PARTE DE LAS HERRAMIENTAS DE PESCA, ESTÁN CONSTITUIDAS DE 6 TRONCOS, CON 19 ALAMONES CADA UNO Y UN ALMA DE SAÑAMO TAMBIÉN. ESTE CABLE SE USA, ADÉMÁS, PARA ALGÚN TRABAJO DE PESCA, LIMPIEZAS Y OTRAS TAREAS LIVIANAS DE LEVANTAMIENTO.

## 2.2.2. MAQUINA ROTATORIA

### 1) BASTIDOR DE MONTAJE.

EL BASTIDOR, ES LA BASE PARA MONTAR TODAS LAS UNIDADES; - ESTÁ CONSTITUIDO BÁSICAMENTE, DE DOS LARGUEROS DE FIERRO ESTRUCTURAL, UNIDOS TRANSVERSALMENTE POR MEDIO DE TRAVESAÑOS METÁLICOS SOLDADOS ELÉCTRICAMENTE. SOBRE ÉSTOS LARGUEROS, VA SOLDADA UNA PLANCHA METÁLICA ESTRIADA ANTIBERRAPANTE. ÉSTOS LARGUEROS ESTÁN DISPUESTOS DE TAL MANERA QUE QUEDAN FIJADOS A LA PLATAFORMA DE UN CAMIÓN O SOBRE PATINES, SEGÚN SEA EL CASO.

LOS PATINES, SON DE VIGAS DE ACERO DE ALMA RECORTADA EN LOS EXTREMOS Y EL ALA INFERIOR ENCORVADA HACIA ARRIBA, PARA PODER DESLIZARSE CON FACILIDAD.

### 2) LA TORRE.

LA TORRE DE ACERO ESTÁ CONSTITUIDA POR CUATRO COLUMNAS REFORZADAS CON TRAVESAÑOS HORIZONTALES Y DIAGONALES, SOLDADOS ELÉCTRICAMENTE. LAS COLUMNAS TRASERAS ESTÁN PROVISTAS DE EXTENSIONES REMOVIBLES PARA NIVELAR LA TORRE.

LA TORRE VA MONTADA EN LA MÁQUINA MEDIANTE UN PERNO LARGO, QUE PASA EN LA PARTE INFERIOR DE LAS COLUMNAS DELANTERAS. LA TORRE SE LEVANTA Y SE BAJA MEDIANTE LA POTENCIA DEL MOTOR.

### 3) SISTEMA DE CABLESTANTES DE MANIOBRA.

ESTE SISTEMA SE FORMA POR EL TAMBOR PRINCIPAL, EL CABLE DE LA CUCHARA Y EL QUE MUEVE LA RENBANA QUE SE USA COMO CABLE DE MANIOBRA.

EL TAMBOR PRINCIPAL CONSISTE EN UN TAMBOR, UN ENDRAGUE --- POR FRICCIÓN Y UN FRENO, PROTEGIDOS TODOS POR UNA CUBIERTA METÁLICA. EL TAMBOR ES MOVIDO POR EL MOTOR Y EL CABLE SE ENROLLA SOBRE EL. IGUALMENTE, EL TAMBOR PARA EL CABLE DE CUCHARA ESTÁ --- CONSTITUIDO POR LAS MISMAS PIEZAS QUE EL PRINCIPAL. SU MANEJO ACCIONA EL CABLE DE LA CUCHARA, ALGUNAS SERIES CORTAS DE BARRAS DE PERFORAR, ASÍ COMO FILTROS PARA POZOS E IZAMIENTO DE HERRAMIENTAS.

### 4) CABEZAL DE PERFORACIÓN.

EL CABEZAL DE PERFORACIÓN CONSISTE, EN UN CABEZAL ROTATIVO O MESA ROTATIVA, UN MECANISMO ALIMENTADOR DE POTENCIA Y UN --- BEBENROSCADOR DE UNIONES. EL PRIMERO, SIRVE PARA TRANSMITIR EL MOVIMIENTO ROTATIVO HORIZONTAL DE LA BARRA DE TRANSMISIÓN DEL MOTOR AL MECANISMO VERTICAL DE ROTACIÓN QUE HACE GIRAR LAS BARRAS PARA PERFORAR. EL CABEZAL ESTÁ ACOPLADO EN LA PARTE SUPERIOR DE

LA BARRA Y EN LA PARTE INFERIOR, TIENE UNAS MORZAS AJUSTABLES PARA SOSTENER LAS BARRAS DE PERFORACIÓN.

EL MECANISMO ALIMENTADOR DE POTENCIA VIENE AJUSTADO EN LA PARTE SUPERIOR DEL SISTEMA HIDRÁULICO, Y EL RESEÑOSCADOR DE UNIONES PERMITE DESARMAR LAS UNIONES DE LAS BARRAS DE PERFORACIÓN CON CIERTA FACILIDAD. INVIRTIENDO EL MOVIMIENTO ROTATIVO, SE OBTIENE TAMBIÉN EL EFECTO DESEADO PARA DESARMAR LAS BARRAS DE PERFORACIÓN.

#### 5) SISTEMA PARA LA PERFORACIÓN DE LEÑOS.

LA BOMBA DE INYECCIÓN ES EL ALMA DEL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DEL FLÚIDO. ESTA BOMBA GENERALMENTE, ES DE PISTÓN DE DOBLE ACCIÓN TIPO "DUPLEX". LA BOMBA, IMPULSA EL FLÚIDO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO A LA MANGUERA DE INYECCIÓN, AL CAPEZAL DE INYECCIÓN, PARA LUEGO PASAR A LA BARRA PARA PERFORAR Y LLEGAR HASTA EL TRÉPANO, PARA SUBIR A LA SUPERFICIE POR EL ESPACIO ANULAR COMPRENDIDO ENTRE LAS BARRAS Y LA PARED DEL POZO, HASTA LLEGAR AL DEPÓSITO DE SEDIMENTACIÓN.

DEBEN EXCAVARSE DOS TANQUES, UNO DE SEDIMENTACIÓN Y OTRO DE ALMACENAMIENTO, LOCALIZADOS CERCA DEL POZO. LOS TAMAÑOS DEPENDEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL POZO, UNIDOS AMBOS POR UNA CANALITA. LA REJILLA O CHUPADOR DE LA MANGUERA DEBE PERMANECER SIEMPRE SUMERGIDA, PERO NO TANTO COMO PARA QUE RECOJA PARTÍCULAS SEDIMENTADAS, Y MENOS CUANDO SON DE FORMACIONES ABRASIVAS QUE PUEDEN OCASIONAR MAYOR DESGASTE EN LAS PARTES DE LA BOMBA Y EN LA CABEZA DE LA INYECCIÓN.

#### 6) CABEZA DE LA INYECCIÓN.

EL ESABLÓN GIRATORIO, COMO TAMBIÉN SE LE LLAMA, ES UN DISPOSITIVO QUE PERMITE EL PASO DE LA INYECCIÓN DE LA MANGUERA AL TUBO GIRATORIO, A TRAVÉS DEL CUELLO DE GANCO PARA CONEXIÓN DE LA MANGUERA.

LA CABEZA DE INYECCIÓN, ES SUJETADA POR UN ESABLÓN DE ACEÑO, QUE SOSTIENE, A SU VEZ, A TODAS LAS BARRAS PARA PERFORAR. EN EL INTERIOR DE LA CABEZA, HAY UN COLLAR DE CASQUETA Y EMPAQUETADURA PARA IMPEDIR LAS FUGAS ENTRE LAS PARTES, ESTACIONARIA Y ROTATIVA DEL ESABLÓN. EL BUEN FUNCIONAMIENTO DE ÉSTE, DEPENDE DE LOS EMPAQUES Y SU AJUSTE. LAS PARTES DE MAYOR DESGASTE SON EL TUBO DE DESCARGA Y LAS EMPAQUETADURAS.

#### 7) VÁSTAGO GIRATORIO.

EL VÁSTAGO GIRATORIO O ROTATIVO, ES LA PIEZA DE UNIÓN SUPERIOR ENTRE LA CABEZA DE INYECCIÓN Y LAS BARRAS DE SONDEO O DE PERFORAR. GIRA CON LA MESA DE PERFORAR AL MISMO TIEMPO QUE SE --

DESLIZA CON ÉSTA, PUDIENDO SER LEVANTADO POR EL TAMBOR DE MANIOBRA.

8) MANGUERAS.

LAS MANGUERAS EN NÚMERO DE CUATRO, QUE SE EMPLEN EN EL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE LA INYECCIÓN SON: LA DE LA CABEZA DE INYECCIÓN, LA DEL TANQUE DE INYECCIÓN, LA DE SUCCIÓN Y LA DE MZCLA DEL LODO.

9) EQUIPO ACCESORIO.

EL EQUIPO ACCESORIO ES MUY VARIADO Y DEPENDE DEL TIPO DE POZO QUE SE VAYA A PERFORAR, ASÍ COMO DE SU PROFUNDIDAD. LOS MÁS COMUNMENTE USADOS SON LOS SIGUIENTES:

A) BARRAS PARA PERFORAR O DE SONDEO:

LAS BARRAS, SON DE DIVERSOS DIÁMETROS O LONGITUDES, Y EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS TIENEN 10 PIES DE LONGITUD. ESTAS BARRAS ESTÁN SUJETAS A FUERTES ESFUERZOS OCASIONANDO MUY DIVERSAS FALLAS, ENTRE LAS MÁS COMUNES, EL RETORCIMIENTO QUE PRODUCE LARGAS Y COSTOSAS OPERACIONES DE PESCA. DEBIDO A ESTOS DESGASTES EXCESIVOS, LAS BARRAS DEBEN INSPECCIONARSE MUY SEGURO, PARA DETECTAR RAJADURAS O PARTES GASTADAS.

B) BARRA DE PESO:

ESTA BARRA QUE SE EMPLEA INMEDIATAMENTE ARRIBA DEL TRÉPANO, SU OBJETIVO ES EL DE AUMENTAR EL PESO A ÉSTE, PARA MANTENERLO UNIFORME Y VERTICAL. TIENE COMUNMENTE, 10 PIES DE LARGO, SIENDO UN DIÁMETRO EXTERIOR MAYOR QUE EL DEL TUDO DE PERFORAR.

C) ADAPTADORES PARA UNIÓN:

LOS ADAPTADORES PARA UNIÓN O REDUCCIONES, SE EMPLEAN EN LAS HERRAMIENTAS QUE TIENEN ROSCAS DE TIPOS DIFERENTES. SU NÚMERO DEBE REDUCIRSE AL MÁXIMO YA QUE ES AQUÍ DONDE SE PRODUCEN EL MAYOR NÚMERO DE FALLAS. DE AHÍ QUE DEBAN MANTENERSE TODAS LAS ROSCAS LIBRES DE SUCIEDAD Y BIEN LUBRICADAS PARA IMPEDIR ENGRANAJAMIENTOS.

D) TRÉPANOS:

SON DISPOSITIVOS QUE HACEN DIRECTAMENTE EL TRABAJO DE CORTE Y EL TIPO DE TRÉPANO SELECCIONADO DEPENDE DE LA NATURALEZA Y EL CONOCIMIENTO DE LA FORMACIÓN QUE SE VA A PERFORAR Y DE LA HABILIDAD Y EXPERIENCIA DEL OPERADOR.

EXISTEN TRÉPANOS DE VARIOS TIPOS. LOS DE ARRASTRE TIENEN

UNA ACCIÓN CONSTANTE O DE RASPADO Y SON LOS SIGUIENTES:

- I) EL TRÉPANO "COLA DE PESCADO".
- II) EL TRÉPANO DE TRES ALETAS.
- III) EL PILOTE O DE SEIS ALETAS.

LOS FILOS TIENEN METAL DURO O INCRUSTACIONES DE CARBURO DE TUNGSTENO EN LAS ESQUINAS EXTERIORES. EL DE "COLA DE PESCADO", TIENE AGUJEROS A LOS LADOS PARA DIRIGIR EL CHORRO DE LA INYECCIÓN HACIA EL CENTRO DE CADA HILO. EL TERCER TIPO DE TRÉPANO ES VENTAJOSO EN FORMACIONES QUEBRADAS Y ARENAS CEMENTADAS.

PARA FORMACIONES DURAS, SE REQUIEREN TRÉPANOS CON DIENTES MÁS CORTOS Y MENOS SEPARADOS. EN EL CASO, DEL TRÉPANO PARA ROCA DE TIPO DE CONO, CON TRES CORTADORES CÓNICOS NO REMOVIBLES Y DE FUNCIONAMIENTO MÁS PAREJO Y EL CUERPO CENTRAL DE ACERO FORJADO, Y EL TRÉPANO PARA ROCA DE TIPO DE RODILLO CON CUATRO CORTADORES Y EL CUERPO CENTRAL DE ACERO.

#### C) HERRAMIENTAS DE PESCA:

ESTAS SIRVEN PARA RECUPERAR BANCOS O HERRAMIENTAS PERDIDAS DENTRO DE UN POZO Y, MÁS FRECUENTE, BARRAS DE PERFORACIÓN.

EXISTEN MUCHOS TIPOS DE PESCA HERRAMIENTAS PARA MÁQUINAS ROTATIVAS, PERO LAS MÁS SENCILLAS Y PRÁCTICAS, SI SE USAN INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE LA FALLA, SON LAS DE TIPO DE MACHO CÓNICO Y LAS DE AGARRE EXTERIOR O CAMPANA DE PESCA.

PARA COMPLETAR LA OPERACIÓN DE PESCA, ES NECESARIO COLOCAR LA HERRAMIENTA DE PESCA SOBRE EL EXTREMO SUPERIOR DE LA BARRA Y CONECTAR FIRMEMENTE PARA PODER LEVANTAR LA PIEZA. CUANDO LA HERRAMIENTA PERDIDA ESTÁ, ADEMÁS, CUBIERTA DE MATERIAL, SE EMPLEA CON MAYOR ÉXITO EL PESCADOR DE MORDAZA DE AGARRE EXTERIOR, CON CIRCULACIÓN, A FIN DE ELIMINAR PRIMERO EL MATERIAL A TRAVÉS DE LA CIRCULACIÓN DE LODOS.

#### F) CABLES Y ACCESORIOS:

LOS CABLES QUE SE USAN SON DE VARIOS TIPOS, EL MÁS COMÚN PARA EL TAMBOR PRINCIPAL ES EL DE 1/2" DE DIÁMETRO, CON 18 TORONES DE 7 HILOS CADA UNO, ESTANDO ENROLLADOS EN UN SENTIDO LOS 12 TORONES EXTERIORES Y EN EL OTRO SENTIDO LOS OTROS 6 INTERIORES. EL CABLE PARA LA CUCHARA, DE 3/8" DE DIÁMETRO, TIENE 6 TORONES DE 19 HILOS CADA UNO, CON ALMA DE FIBRA DE CÁÑAMO.

LOS CABLES DEBEN SIEMPRE MANTENERSE ENROLLADOS A LOS TAMBORES DE MANERA UNIFORME Y CON SUFICIENTE TENSIÓN. NO DEBE MARTILLARSE SOBRE ELLOS, EVITÁNDOSE TAMBIÉN LAS TORCEDURAS.

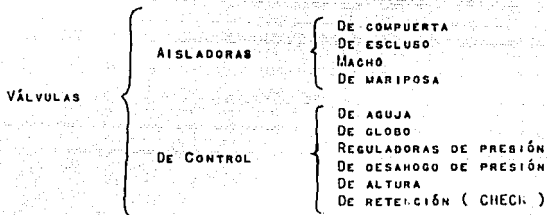


EL SUCCIONADOR SE USA PARA EXTRAER EL LODO DE PERFORACIÓN DEL POZO UNA VEZ INSTALADA LA TUBERÍA Y EL FILTRO EN EL POZO. -- CONSISTE EN UN MANORIL, EN EL CUAL HAY MONTADOS DOS ANILLOS DE GOMA QUE SE DESLIZAN EN LA TUBERÍA; TIENE UNA VÁLVULA DE RETENCIÓN QUE PERMITE EL PASO DEL FLÚIDO A TRAVÉS DE LA HERRAMIENTA -- AL IR ÉSTA HACIA ABAJO; CERRÁNDOSE AL SUBIR LA MISMA HERRAMIENTA.

### 2.3 FONTANERÍA Y BOMBAS

PARA EQUIPAR UN POZO SE TIENE QUE REALIZAR UNA SELECCIÓN DE LAS PIEZAS A UTILIZAR EN BASE A LAS CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL POZO. YA QUE SE CUENTA CON UNA GRAN CANTIDAD DE EQUIPOS PARA CADA SITUACIÓN.

EN LA FONTANERÍA DE POZOS SE UTILIZAN TUBERÍAS DE FIERRO FUNDIDO DE VARIOS DIÁMETROS EN BASE AL GASTO QUE SE VA A TRANSPORTAR, ASÍ COMO DISTINTOS TIPOS DE VÁLVULAS, TENIENDO LA SIGUIENTE CLASIFICACIÓN SEGÚN SU FUNCIÓN:



LAS VÁLVULAS AISLADORAS SE UTILIZAN PARA CORTAR O SEPARAR SECCIONES DE TUBOS, BOMBAS Y APARATOS DE CONTROL, DEL RESTO DEL SISTEMA, PARA INSPECCIÓN Y REPARACIÓN.

LAS VÁLVULAS DE CONTROL TIENEN USO NORMAL PARA EL CONTROL CONTINUO DE PRESIONES Y VOLUMENES DE CIRCULACIÓN.

EN LAS BOMBAS PARA POZOS SE CLASIFICAN DEPENDIENDO DE LA PROFUNDIDAD DEL POZO, TENIENDO ASÍ:

- BOMBAS PARA POZOS POCO PROFUNDOS: ESTAS TIENEN LOS MOTORES E IMPULSORES AL NIVEL DEL SUELO, POR LO CUAL TODA LA ELEVACIÓN ES POR SUCCIÓN.
- BOMBAS DE POZOS PROFUNDOS: ESTAS TIENEN LOS IMPULSORES LO BASTANTE CERCANO A LA SUPERFICIE DEL AGUA, PARA ELIMINAR LA CAVITACIÓN. EL MOTOR PUEDE ESTAR AL NIVEL DEL SUELO CON

UNA FLECHA LARGA QUE LO CONECTA CON LOS IMPULSORES O --  
PUEDE ESTAR EN EL FONDO DEL POZO, DEBAJO DE LOS IMPULSO  
RES Y DIRECTAMENTE ADYACENTE A ELLOS.

EN LAS BOMBAS DE POZOS PROFUNDOS DEPENDIENDO DONDE ESTE --  
UBICADO EL MOTOR SERÁN DEL SIGUIENTE TIPO:

BOMBA DE TURBINA PARA POZO PROFUNDO  
BOMBA SUMERGIDA

LAS BOMBAS TURBINA PARA POZOS PROFUNDOS SOLO PUEDEN UTILI-  
ZARSE EN POZOS QUE SOLO ESTEN RECTOS, EN CAMBIO LAS BOMBAS SUMER-  
GIDAS SE PUEDEN EMPLEAR EN POZOS TORCIDOS.

EXISTE UNA CLASIFICACIÓN DE BOMBAS EN BASE A SU FUNCIONA-  
MIENTO:

BOMBA DE EYECTOR  
BOMBA HELICOIDAL  
BOMBA RECIPROCANTE

LOS MODELOS DE LAS BOMBAS TURBINA VERTICALES ESTÁN PROYEC-  
TADOS PARA FUNCIONAR EN POZOS DONDE EL ESPACIO SUPERIOR LIMITADO  
HACE NECESARIO MANEJAR LA BOMBA EN SECCIONES CORTAS.

LAS PIEZAS COMPONENTES BÁSICAS DE LA UNIDAD DE BOMBA PARA  
POZOS PROFUNDOS ( FIG. 2.1 ) SON EL MOTOR PROPULSOR, EL CABEZAL --  
DE DESCARGA, EL TUBO DE COLUMNA Y EL CONJUNTO DE TAZONES DE BOMBA.  
NORMALMENTE SE DESPACHAN DICHAS PIEZAS SEPARADAMENTE PARA MONTAR-  
LAS DURANTE LA INSTALACIÓN.

SE SUMINISTRAN LAS UNIDADES PROPULSORAS EN GRAN VARIEDAD --  
DE TIPOS Y TAMAÑOS PARA SATISFACER UNA EXTENSA DIVERSIDAD DE RE-  
QUISITOS DE FUNCIONAMIENTO. LOS MOTORES ELÉCTRICOS DE EJE HUECO,  
TIPO "JAULA DE ARDILLA", SON LOS QUE PARTICULARMENTE SE EMPLEAN,  
AUNQUE PARA ACCIONAR LA BOMBA SE USAN OCASIONALMENTE UNIDADES PRO-  
PULSORAS DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA, ACOPLADAS EN ÁNGULO --  
RECTO MEDIANTE UN CABEZAL DE ENGRANES. COMO LOS MOTORES ELÉCTRI-  
COS, SE SUMINISTRAN LOS CABEZALES EN ÁNGULO RECTO PROVISTOS DE --  
EJE HUECO. TANTO LOS MOTORES COMO LOS CABEZALES EN ÁNGULO RECTO,  
AMBOS CON EJE HUECO, SE INSTALAN SOBRE LA EXTENSIÓN DEL EJE SUPE-  
RIOR AL PROPULSOR POR MEDIO DE CHAVETAS Y TUERCA AJUSTADORA EN SU  
EXTREMO SUPERIOR, Y SE SUELE COMPLETAR CON UN TRINQUETE DE NO-RE-  
TROCESO, PARA EVITAR EL GIRO INVERSO DE LA BOMBA AL SER PARADA, --  
LO QUE PROVOCARÍA EL DESACOPAMIENTO Y DETERIORO DE LAS FLECHAS.

#### A) CABEZAL DE LA BOMBA.

EL CABEZAL DE DESCARGA DE LA BOMBA, ES UNA RESISTENTE PIE-  
ZA FUNDIDA O UNA ESTRUCTURA FABRICADA DE ACERO, LA CUAL SOSTIENE  
LA BOMBA Y EL PROPULSOR SOBRE LA BASE. EN LAS INSTALACIONES DE --  
DESCARGA SOBRE EL SUELO, EL CABEZAL DE LA BOMBA TIENE UNA CONTRA-  
BRIDA QUE SE ACOPLA A LA TUBERÍA DE DESCARGA. CON LAS BOMBAS DE --

EJE DE TRANSMISIÓN ENCERRADO EN CUADREFLECHAS, SE SUMINISTRA UN EQUIPO ACCESORIO DE LUBRICACIÓN. UN DEPÓSITO DE ACERO MONTADO EN EL CABEZAL DE LA BOMBA, SIRVE PARA CONTENER EL ACEITE QUE LUBRICA AL EJE DE TRANSMISIÓN. SE MANTIENE LA LUBRICACIÓN ADECUADA POR MEDIO DE UNA VÁLVULA MANUAL O DE SOLENOIDE ACCIONADA ELECTRÍCAMENTE, LA CUAL SE ABRE AUTOMÁTICAMENTE CUANDO EL ELEMENTO PROPULSOR COMIENZA A FUNCIONAR, SUMINISTRANDO ACEITE DESDE EL DEPÓSITO AL TUBO QUE ENCIERRA AL EJE DE TRANSMISIÓN Y HACIA ABAJO, A TRAVÉS DE LOS COJINETES DEL EJE DE TRANSMISIÓN, HASTA EL CONJUNTO DE TAZONES. LAS BOMBAS DE FLECHA O EJE DE TRANSMISIÓN DESCUBIERTO SON LUBRICADAS ENTERAMENTE POR LOS LÍQUIDOS QUE SE BOMBEBEAN. UN PRESA - ESTOPAS O ESTOPEO OBTURA EL EJE SUPERIOR DE LA BOMBA, PARA IMPEDIR UN ESCAPE EXCESIVO DE LÍQUIDO, AUNQUE PERMITE UN PEQUEÑO ESCAPE PARA LUBRICAR LA EMPAQUETADURA DEL EJE. SE PUEDE EMPLEAR UNA TAZA ENGRASADORA PARA SUMINISTRAR LA PEQUEÑA CANTIDAD DE LUBRICANTE NECESARIA PARA CONSERVAR BLANDA LA EMPAQUETADURA DEL PRESA - ESTOPAS.

b) TUBO DE COLUMNA.

ESTE SE EXTIENDE HACIA ABAJO, DESDE LA PARTE INFERIOR DEL CABEZAL DE DESCARGA DE LA BOMBA HASTA EL CONJUNTO DE TAZONES DE LA MISMA. CONDUCE LOS LÍQUIDOS QUE SE BOMBEBEAN Y SOSTIENE LOS COJINETES DEL EJE DE TRANSMISIÓN. EN LAS BOMBAS CON FLECHA DESCUBIERTA, LOS LÍQUIDOS QUE SUBEN POR EL TUBO DE COLUMNA LUBRICAN A LOS COJINETES DEL EJE DE TRANSMISIÓN; EL LARGO DEL TUBO DE COLUMNA DEPENDE DE LA PROFUNDIDAD DEL POZO Y VARÍA SEGÚN CADA INSTALACIÓN PARTICULAR.

c) CONJUNTO DE TAZONES.

ESTÁN PROYECTADOS PARA FUNCIONAR CON EL IMPULSOR DE LA PRIMERA ETAPA, CUANDO MENOS, SUMERGIDO LO SUFICIENTE PARA EVITAR CAVITACIÓN. LA ABERTURA INFERIOR DE ADMISIÓN DEL CONJUNTO DE TAZONES PUEDE PROVEERSE DE UN COLADOR, PARA EVITAR EL DAÑO INTERNO QUE PUEDEN CAUSAR MATERIALES EXTRAÑOS.

LAS BOMBAS DE TIPO DIFUSOR DE VARIOS PASOS ( FIG. 2.2 Y - 2.3 ), SE USAN MUCHO PARA SERVICIO DE POZOS PROFUNDOS. LAS UNIDADES DE ESTE DISEÑO GENERAL SE LLAMAN, POR LO GENERAL, BOMBAS TURBINAS VERTICALES.

LAS BOMBAS TURBINAS VERTICALES PUEDEN SER LUBRICADAS POR ACEITE O POR AGUA. CUANDO SE TIENE CHUMACERAS LUBRICADAS CON ACEITE, SE USA UN TUBO DE CUBIERTA DE FLECHA ( FIG. 2.4 ). EL LÍQUIDO MANEJADO POR LA BOMBA SIRVE COMO LUBRICANTE EN LAS BOMBAS LUBRICADAS POR AGUA ( FIG. 2.2 ). EN ESTAS NO SE NECESITAN CUBRE FLECHAS, POR LO QUE SE CONOCE COMO BOMBA DE FLECHA DESCUBIERTA. LAS BOMBAS TURBINAS VERTICALES PUEDEN SER MOVIDAS POR MOTORES

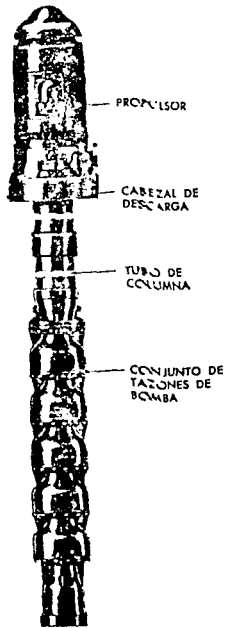


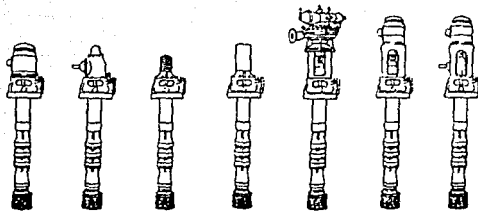
FIGURA No. 2.1. PRINCIPALES COMPONENTES DE UNA BOMBA  
TURBINA VERTICAL DE POZO PROFUNDO.



FIGURA No. 2.2 BOMBA TURBINA VERTICAL PARA POZO PRO  
FUNDO Y POCO PROFUNDO LUBRICADA POR  
AGUA, DE TRES PASOS MOVIDA POR MOTOR  
ELÉCTRICO.



FIGURA No. 43. BOMBA VERTICAL LUBRICADA POR ACEITE  
CON IMPULSORES CERRADOS.



**FIGURA No. 2.4. DISPOSICIÓN DE MOVIMIENTOS PARA BOMBAS TURBINAS VERTICALES: MOTOR ELÉCTRICO, CABEZAL DE ENGRANES A ÁNGULO RECTO, BANDA V, BANDA PLANA, TURBINA DE VAPOR, MOTOR DE FLECHA SÓLIDA, COMBINACIÓN DE MOTOR O TURBINA CON CABEZAL DE ENGRANES.**

ELÉCTRICOS, TURBINAS DE VAPOR O MÁQUINAS DE GASOLINA O DIESEL -- ( FIG. 2.3 ). LAS BOMBAS LUBRICADAS POR AGUA SE USAN CUANDO SE -- REQUIERE AGUA ABSOLUTAMENTE LIBRE DE ACEITE O CUANDO ALGUNOS -- CUERPOS REGULADORES DECIDEN QUE HAY ALGUNA PROBABILIDAD REMOTA -- QUE EL ACEITE QUE SE USA PARA LUBRICACIÓN PUEDA CONTAMINAR EL -- AGUA BOMBEADA. HAY, SIN EMBARGO, DEFENSORES OFICIALES DE AMBOS -- TIPOS DE CONSTRUCCIÓN.

LAS BOMBAS TURBINAS VERTICALES DE POZO PROFUNDO SE FABRICAN COMÚNMENTE PARA POZOS PERFORADOS DE 153 MM. DE DIÁMETRO O -- MÁS. EN MUCHAS ÁREAS EL DIÁMETRO MÁS ECONÓMICO PARA UN POZO PERFORADO ES DE 30 MM., PERO LOS TAMAÑOS INTERMEDIOS SON POPULARES EN INSTALACIONES INDUSTRIALES Y MUNICIPALIDADES PEQUEÑAS. SE HAN CONSTRUÍDO BOMBAS DE HASTA 760 MM. DE DIÁMETRO Y LAS HAY DISPONIBLES EN EL MERCADO. ADEMÁS DE AGUA, ÉSTAS BOMBAS PUEDEN MANEJAR ACEITE, LÍQUIDOS VOLÁTILES QUÍMICOS, ETC.

LAS BOMBAS DE VARIOS PASOS PARA SERVICIO DE POZO PROFUNDO, DESARROLLAN COLUMNAS DE MÁS DE 460 METROS Y MANEJAN GASTOS HASTA DE 1900 LPS. EL NÚMERO DE PAGOS ELEGIDO DEPENDE DE LA COLUMNA -- QUE DEBA DESARROLLARSE SIENDO LA ELEVACIÓN DE PRESIÓN UNIFORME -- EN CADA PASO.

LAS BOMBAS DE ALTA COLUMNA PUEDEN TENER 20 O MÁS PASOS, -- PERO LA MAYOR PARTE DE LAS UNIDADES QUE SE USAN HOY EN DÍA, TIENEN GENERALMENTE MENOS.

LOS IMPULSORES SON GENERALMENTE, CERRADOS O SEMIABIERTOS. LOS DIFUSORES ( FIG. 2.2 ), SE EXTIENDEN HACIA ARRIBA EN LOS TAZONES DE LA BOMBA. PARA LAS CONDICIONES PROMEDIO DEL AGUA, LOS -- MATERIALES QUE SE USAN PARA EL IMPULSOR, INCLUYEN BRONCE, FIERRO DE FUNDICIÓN GRIS DE GRANO FINO, HIERRO DE ALTO NIQUEL Y HIERRO ESMALTADO CON PORCELANA. LOS TAZONES REVESTIDOS CON PORCELANA, -- TAMBIÉN SE FABRICAN, PERO NO SE USAN EXTENSAMENTE, DEBIDO A QUE EL IMPULSOR ESTÁ SUJETO A MAYOR ACCIÓN DE CORTE QUE LOS TAZONES. EL ADEME DEL POZO NO ES PARTE DE LA BOMBA.

#### d) BOMBAS DE MOTOR SUMERGIDO.

EN ÉSTE DISEÑO ( FIG. 2.5 ), UNA BOMBA CENTRÍFUGA DE TIPO DIFUSOR, VERTICAL, SE MONTA DIRECTAMENTE SOBRE UN MOTOR DE PEQUEÑO DIÁMETRO QUE OPERA SUMERGIDO EN EL AGUA DEL POZO TODO EL TIEMPO. LA TUBERÍA DE DESCARGA, LLAMADA TAMBIÉN TUBO DE COLUMNA O -- ELFVADOR, SOPORTA EL PESO DE LA BOMBA Y EL MOTOR. LOS MOTORES -- USADOS CON BOMBAS DE ESTE TIPO, SE DISEÑAN PARA GRAN SERVICIO -- SIN ATENCIÓN. EN CASO DE UNA FALLA EN EL MOTOR, DEBE EXTRAERSE -- TODA LA BOMBA DEL POZO. ÉSTA ES UNA DESVENTAJA EN POZO EXTREMADAMENTE PROFUNDO.



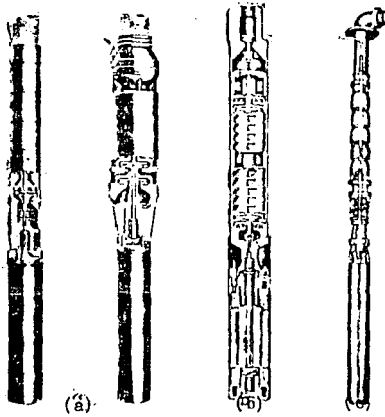


FIGURA No. 2.5. (A) Y (B) BOMBAS DE POZO PROFUNDO -  
PEQUEÑAS, DE MOTOR SUMERGIBLE. (C)  
BOMBA GRANDE DE MOTOR SUMERGIBLE.

MUCHAS BOMBAS DE MOTOR SUMERGIDO SE CONSTRUYEN PARA COLUMNAS DE HASTA 3660 METROS Y CAPACIDADES DE 25 LPS. A TEMPERATURAS DEL LÍQUIDO DE 132 CENTÍGRADOS. ALGUNAS BOMBAS MAYORES DE ÉSTE TIPO TIENEN HASTA 300 PASOS. MUCHAS BOMBAS DE MOTOR SUMERGIDO DE VARIOS DISEÑOS SE USAN A LA FECHA TANTO PARA POZOS PROFUNDOS, COMO PARA POZOS PROFUNDOS, ESPECIALMENTE CUANDO EL POZO ESTA HUECO. CON TODAS LAS BOMBAS DE ESTE TIPO, ES NECESARIO UNA CONEXIÓN DE LUBRICACIÓN ENTRE EL MOTOR Y LA SUPERFICIE, ASÍ COMO UN CABLE DE ENERGÍA.

#### E) BOMBAS DE EYECTOR.

ESTAS ( FIG. 2.6 Y 2.7 ), COMBINAN UNA BOMBA CENTRÍFUGA -- DE UN SOLO PASO EN LA PARTE SUPERIOR DEL POZO CON UNA BOQUILLA DE CHORRO O EYECTOR LOCALIZADA EN LA PANTALLA DE SUCCIÓN DEL POZO. -- UNA PARTE DEL AGUA DESCARGADA POR LA BOMBA FLUYE HACIA ABAJO A -- TRAVÉS DEL EYECTOR, EN DONDE COOPERA PARA MEJORAR EL FLUJO QUE VA A LA BOMBA, SUBIENDO POR EL TUBO DE DESCARGA.

PARA POZOS DE Poca PROFUNDIDAD, CON UNA ELEVACIÓN DE MENOS DE 7.6 METROS, EL EYECTOR SE COLOCA GENERALMENTE EN LA CARCASA DE LA BOMBA SOBRE LA SUPERFICIE DEL POZO. Ésto PERMITE UN MANTENIMIENTO MÁS FÁCIL. PARA PROFUNDIDADES MAYORES EL EYECTOR SE ENCUENTRA EN EL POZO Y LA BOMBA QUE PUEDE SER HORIZONTAL O VERTICAL, EN LA SUPERFICIE.

LAS BOMBAS DE EYECTOR, ESTÁN MÁS ADECUADAS PARA ELEVACIONES DE 7.6 METROS O MÁS, CON CAPACIDADES HASTA 3.76 LPS. DE DESCARGA NETA ( DESCARGA NETA = CAPACIDAD DE LA BOMBA - CANTIDAD USADA EN EL CHORRO ). SON COMÚNES LAS ELEVACIONES HASTA 38 METROS, Y ALGUNAS BOMBAS OPERAN CON ELEVACIONES DE 45.7 METROS. EN GENERAL, LA EFICIENCIA DE UNA BOMBA DE EYECTOR EN ELEVACIONES ALTAS ES REDUCIDA; HAY OTROS DISEÑOS MEJORES PARA SERVICIO DE COLUMNAS ALTAS.

#### F) BOMBAS DE MOTOR HELICOIDAL.

ESTAS SE ASEMEJAN A LAS BOMBAS TURBÍNAS LUBRICADAS POR AGUA, EXCEPTO EN EXTREMO LÍQUIDO Y SU CONEXIÓN A LA FLECHA. EN LUGAR DE UN IMPULSOR, LA BOMBA ESTÁ PROVISTA CON UN MOTOR HELICOIDAL QUE OPERA EN UN ESTATOR BIELICOIDAL ( FIG. 2.8 ). EL AGUA -- ATRAPADA EN LAS DEPRESIONES DEL ESTATOR SE DESPLAZA POSITIVAMENTE POR EL CONTACTO MOVIBLE CONTINUAMENTE HACIA ARRIBA DEL ESTATOR -- CON EL ROTOR. UN TUBO DE TRANSMISIÓN FLEXIBLE ARRIBA DEL ROTOR, -- AMORTIGUA LOS EFECTOS DE LOS MOVIMIENTOS DEL ROTOR Y EL ESTATOR. LAS UNIDADES DE ESTE TIPO SE DISEÑAN PARA POZOS PROFUNDOS Y CAPACIDADES DE 32 A 270 LPS. Y COLUMNAS HASTA 303 METROS. SE USAN POZOS PERFORADOS CON DIÁMETROS INTERNOS DE 10 CENTÍMETROS O MÁS.

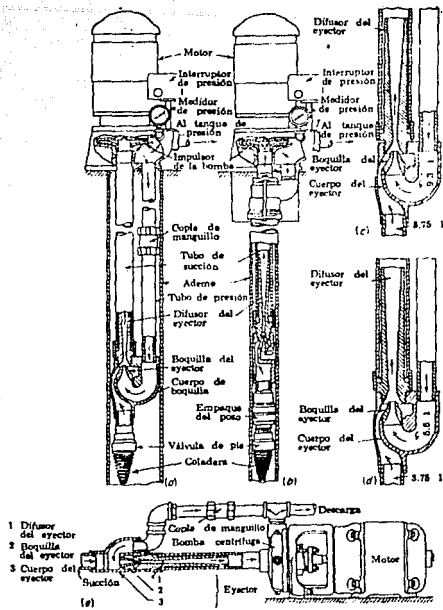


FIGURA NO. 2.6. TIPOS DE BOMBAS DE EYECTOR (A) DE DOS TUBOS. (B) DE UN TUBO. (C) ALTA COLUMNA, BAJA CAPACIDAD. (D) BAJA COLUMNA, ALTA CAPACIDAD. (E) EYECTOR CONECTADO CERCA DE LA BOMBA, DA UNA CURVA HQ DE INCLINACIÓN PRONUNCIADA.

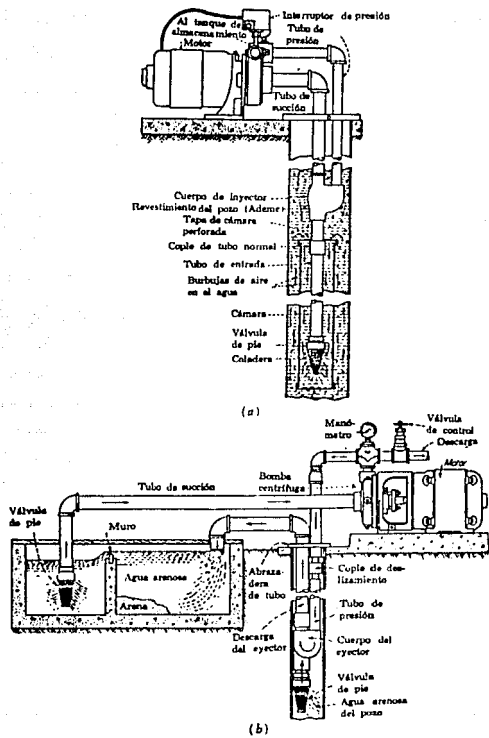


FIGURA No. 2.7. (A) SE PUEDE EVITAR LA ENTRADA DE BURBUJAS DE AIRE, ENCERRANDO LA VÁLVULA DE PIE. (B) LA CÁMARA DE ASENTAMIENTO ELIMINA LA ARENA DEL AGUA.



**FIGURA No. 2.8. BOMBA DE POZO PROFUNDO DE ROTOR HELICOIDAL.**

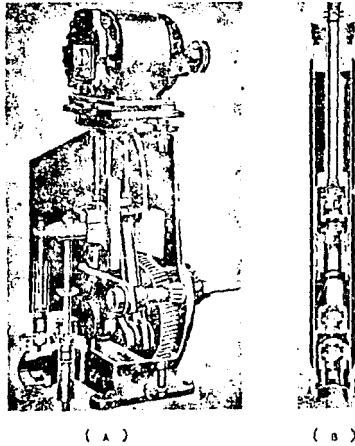


FIGURA No. 2.9. (A) CABEZAL DE BOMBEO. (B) CILINDRO DE DOBLE ACCIÓN.

a) BOMBAS RECIPROCANTES.

SE USAN ACTUALMENTE POCAS BOMBAS RECIPROCANTES EN POZOS -- INDUSTRIALES, YA QUE LOS VARIOS TIPOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS SE -- ADAPTAN MEJOR A ÉSTE SERVICIO. LA FIG. 29 MUESTRA LOS COMPONENTES DE UNA BOMBA RECIPROCANTE MODERNA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA. LA CABEZA DE BOMBO ( FIG. 29 ) MUESTRA LOS COMPONENTES DE UNA BOMBA RECIPROCANTE MODERNA PARA EL SUMINISTRO DE AGUA. LA CABEZA DE BOMBO ( FIG. 29A ), PUEDE USARSE CON MUCHOS TIPOS DE EXTREMOS LÍQUIDOS, ALGUNOS DE LOS CUALES SE MUESTRAN EN LA FIG. 29B.

EL EXTREMO LÍQUIDO DE DOBLE ACCIÓN SE LOCALIZA EN EL POZO, POR DEBAJO DE LA SUPERFICIE DEL AGUA. LAS BOMBAS DE POZO RECIPROCANTES SE CONSTITUYEN EN CAPACIDADES DE 19 LPS. Y COLUMNAS DE ALREDEDOR DE 240 METROS DE AGUA.

## CAPITULO III

### HIDRAULICA DE POZOS

#### 3.1. MOVIMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

EL NIVEL LIBRE DE LA CAPA FREÁTICA DE AGUA DE UN POZO ES COMPARABLE AL NIVEL DE AGUA DE UNA CORRIENTE SUPERFICIAL, POR LO TANTO, AL IGUAL QUE EN ÉSTA, DICHO NIVEL ADQUIERE LA PENDIENTE O GRADIENTE HIDRÁULICO NECESARIO PARA ORIGINAR EL FLUJO. EN NINGÚN PUNTO PUEDE HALLARSE EL NIVEL DE LA CAPA FREÁTICA POR DEBAJO DE LA SUPERFICIE DE LA CORRIENTE DE AGUA A LA QUE EL ACUÍFERO APORTA SU CAUDAL. EN EL CASO DE FLUJOS CONFINADOS, LOS NIVELES PIEZOMÉTRICOS INDICAN EL GRADIENTE HIDRÁULICO. CUANTO MAYOR SEA ÉSTE GRADIENTE, MAYOR SERÁ LA VELOCIDAD Y MAYOR, TAMBIÉN, LA CANTIDAD DE AGUA TRANSPORTADA POR EL ACUÍFERO. VALGA DECIR, ASÍ MISMO, -- QUE CUANTO MÁS FINO SEA EL MATERIAL, MAYOR SERÁ LA RESISTENCIA AL FLUJO, Y POR CONSIGUIENTE EL GRADIENTE DEBE SER MUY PRONUNCIADO SI EL ACUÍFERO HA DE LLEVAR GRAN CANTIDAD DE AGUA. LOS MATERIALES DE LOS ACUÍFEROS NO SON MUY UNIFORMES EN FIGURA, Y POR ÉSTA RAZÓN EL GRADIENTE HIDRÁULICO NO SUELE SER UNA LÍNEA RECTA. -- EN GENERAL, EL GRADIENTE HIDRÁULICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS POCO PROFUNDAS SIGUE APROXIMADAMENTE LA PENDIENTE DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO. BAJO CONDICIONES NATURALES, RARAMENTE SE HALLAN GRADIENTES HIDRÁULICOS SUPERIORES A 2 O 4 M/KM. A MENUDO, SE PERFORAN POZOS DE BUEN RENDIMIENTO EN ACUÍFEROS CUYA VELOCIDAD ES TAN SOLO DE 1.5 M/DÍA. EN EL LABORATORIO SE HAN OBSERVADO, PARA LAS GRAVAS, VELOCIDADES DE 9 A 15 M/DÍA, CON GRADIENTES HIDRÁULICOS DE 1 A 2 M/KM. LOS ENSAYOS SOBRE EL TERRENO, CON GRAVA GRUESA, -- PRESENTAN VELOCIDADES DE HASTA 120 M/DÍA, MIENTRAS QUE LAS ARENICAS ACUÍFERAS PUEDEN SER DE HASTA SOLO 15 M/AÑO.

#### 3.1.1. POROSIDAD

LA POROSIDAD DE UNA ROCA O SUELO ES UNA MEDIDA DEL CONTENIDO DE INTERSTICIOS. SE EXPRESA COMO UN PORCENTAJE DEL ESPACIO VACÍO AL VOLUMEN TOTAL DE LA MASA Y SE PUEDE ESCRIBIR:

$$\alpha = \frac{100 W}{V} \quad (1)$$

DONDE:

- V VOLUMEN TOTAL DE LA ROCA O SUELO
- W VOLUMEN DEL AGUA REQUERIDA PARA LLENAR O SATURAR TODOS LOS HUECOS
- $\alpha$  POROSIDAD, EN PORCENTAJE



EN LA TABLA 3.1 SE MUESTRAN LOS INTERVALOS DE POROSIDAD REPRESENTATIVA PARA MATERIALES SEDIMENTARIOS.

TABLA 3.1. INTERVALOS DE POROSIDAD REPRESENTATIVA PARA MATERIALES SEDIMENTARIOS.

| MATERIAL       | POROSIDAD EN PORCENTAJE |
|----------------|-------------------------|
| SUELOS         | 50 - 60                 |
| ARCILLA        | 45 - 55                 |
| LIMO           | 40 - 50                 |
| ARENA UNIFORME | 30 - 40                 |
| GRAVA          | 30 - 40                 |
| GRAVA Y ARENA  | 20 - 35                 |
| ARENISCA       | 10 - 20                 |
| PIZARRA        | 1 - 10                  |
| CALIZA         | 1 - 10                  |

EL AGUA QUE SE ENCUENTRA POR DEBAJO DE LA SUPERFICIE DEL SUELO PUEDE ESTAR ALOJADA EN DOS ZONAS, LAS CUALES ESTÁN DELIMITADAS POR EL NIVEL FREÁTICO. LA ZONA QUE SE ENCUENTRA POR ARRIBA DEL NIVEL FREÁTICO, SE CONOCE COMO ZONA DE AREACIÓN Y DICHO NIVEL ESTÁ OCUPADO PARCIALMENTE POR AIRE Y AGUA. LA ZONA INFERIOR DENOMINADA DE SATURACIÓN, SE CARACTERIZA PORQUE TODOS LOS INTERSTICIOS ESTÁN LLENOS DE AGUA SUJETA A PRESIÓN HIDROSTÁTICA FIG. 3.1.

EN LA ZONA DE SATURACIÓN ES DONDE SE ENCUENTRA EL AGUA SUBTEPRÁNEA, Y COMO TODOS LOS INTERSTICIOS ESTÁN LLENOS, LA POROSIDAD ES UNA MEDIDA DIRECTA DEL AGUA POR UNIDAD DE VOLUMEN. SIN EMBARGO, NO TODA EL AGUA PUEDE SER EXTRAÍDA POR DRENAJE O POR BOMBEO, YA QUE PARTE DE ELLA ESTÁ ADHERIDA A LA SUPERFICIE DE LOS POROS POR FUERZAS MOLECULARES O DE TENSIÓN SUPERFICIAL.

SI SE CONSIDERA AL VOLUMEN DE AGUA QUE PUEDE SER DRENADO POR UNIDAD DE VOLUMEN TOTAL COMO EL HENDIMIENTO ESPECÍFICO, Y AL VOLUMEN QUE QUEDA RETENIDO EN LOS POROS DESPUÉS DEL DRENADO COMO LA RETENCIÓN ESPECÍFICA,  $S_r$ , SE TIENE QUE LA ECUACIÓN 1 SE PUEDE ESCRIBIR COMO:

$$S = S_y + S_r \quad (2)$$

SI  $S_y$  Y  $S_r$  SE EXPRESAN EN PORCENTAJE. ESTO IMPLICA QUE EL HENDIMIENTO ESPECÍFICO ES UNA REACCIÓN DE LA POROSIDAD DE UN AGUÍFERO, Y POR ENDE DEPENDE DEL TAMAÑO DE LOS GRANOS, FORMA Y DISTRIBUCIÓN DE LOS POROS Y LA COMPACTACIÓN DEL ESTRATO.

### 3.1.2. LEY DE DARCY

EL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA ESTÁ GOBERNADO POR --- PRINCIPIOS HIDRÁULICOS ESTABLECIDOS. EL FLUJO A TRAVÉS DE ACUÍFEROS, LA MAYORÍA DE LOS CUALES SON MEDIOS POROSOS NATURALES, PUEDE EXPRESARSE POR LA LEY DE DARCY.

EN 1856, HENRY DARCY ESTABLECIÓ LA LEY QUE LLEVA SU NOMBRE, LA CUAL DICE QUE LA VELOCIDAD DEL FLUJO A TRAVÉS DE UN MEDIO POROSO, ES PROPORCIONAL A LA PÉRDIDA DE CARGA E INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA LONGITUD DE RECORRIDO DEL FLUJO.

LA VERIFICACIÓN DE LA LEY DE DARCY PUEDE HACERSE UTILIZANDO UN CILINDRO LLENO DE ARENA, TRANSVERSAL; A LA CUAL SE LE COLGAN DOS TUBOS PIEZOMÉTRICOS A UNA DISTANCIA Y SE LE HACE PASAR AGUA, ORIGINANDO UN GASTO ( FIG. 3.1 ).

SI SE APLICA LA ECUACIÓN DE BERNOULLI ENTRE LAS DOS SECCIONES LIMITADAS POR LOS DOS TUBOS PIEZOMÉTRICOS, SE TIENE QUE:

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + z_2 + h_L \quad (3)$$

DONDE:

- $g$  ACCELERACIÓN DE LA GRAVEDAD, EN  $m/sec^2$
- $h_L$  PÉRDIDA DE CARGA, EN  $m$
- $p$  PRESIÓN, EN  $ton/m^2$
- $v$  VELOCIDAD DEL FLUJO, EN  $m/sec$
- $z$  ELEVACIÓN, EN  $m$
- $\gamma$  PESO ESPECÍFICO DEL AGUA, EN  $ton/m^3$

COMO LA VELOCIDAD EN UN MEDIO POROSO ES USUALMENTE MUY PEQUEÑA, LAS CARGAS DE VELOCIDAD  $v^2/2g$  PUEDEN ANULARSE Y LA PÉRDIDA DE CARGA SE EXPRESARÁ COMO:

$$h_L = \left( \frac{P_1}{\gamma} + z_1 \right) - \left( \frac{P_2}{\gamma} + z_2 \right) \quad (4)$$

DARCY ENCONTRÓ QUE LA VELOCIDAD  $v$  ES PROPORCIONAL A  $h_L$  Y A  $1/L$ . ASÍ, LA LEY DE DARCY SE PUEDE ESCRIBIR:

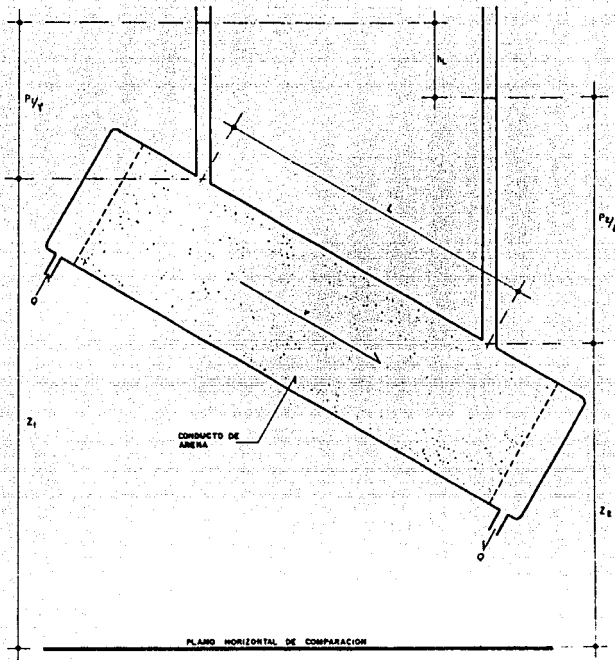


FIG. 3.1

|   |           |
|---|-----------|
| ENEP - ACATLAN - UNAM   |           |
| DISTRIBUCION DE PRESIONES Y PERDIDA DE CARGA EN UN FLUJO A TRAVES DE UN CONDUCTO DE ARENA |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUNIZ  |           |
| Nº CUENTA   | 8004983 6 |

$$v = K \frac{dh}{L} \quad (5)$$

DONDE  $K$  ES UNA CONSTANTE DE PROPORCIONALIDAD.

EN FORMA GENERAL, LA ECUACIÓN (5) SE PUEDE EXPRESAR COMO:

$$v = K \frac{dh}{dl} \quad (6)$$

DONDE  $dh/dl$  ES EL GRADIENTE HIDRÁULICO.

COMO PUEDE OBSERVARSE, EL COEFICIENTE TIENE UNIDADES DE VELOCIDAD Y SE LE CONOCE CON EL NOMBRE DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD.

SEGÚN SE EXPRESA EN LA ECUACIÓN (6), LA VELOCIDAD DEL LÍQUIDO A TRAVÉS DEL MEDIO, O SEA, LA RELACIÓN ENTRE EL GASTO DEL FLUJO Y EL ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTO, ES APARENTE. LA VELOCIDAD REAL ES MAYOR Y VARIABLE, DE ACUERDO CON EL TAMAÑO DE LOS CONDUCTOS DE LOS INTERSTICIOS.

EL INTERVALO DE VALIDEZ DE LA LEY DE DARCY DENTRO DEL CUAL ES APLICABLE, DEPENDE QUE SE CUMPLA QUE, LA VELOCIDAD SEA PROPORCIONAL A LA PRIMERA POTENCIA DEL GRADIENTE HIDRÁULICO. PARA FIJAR EL LÍMITE DENTRO DEL CUAL SE CUMPLA LO ANTERIOR, SE UTILIZA EL NÚMERO DE REYNOLDS, EL CUAL SE PUEDE EXPRESAR COMO:

$$Re = \frac{v d}{\nu} \quad (7)$$

DONDE:

- $d$  DIÁMETRO REPRESENTATIVO DE LOS GRANOS DEL MEDIO GRANULAR
- $Re$  NÚMERO DE REYNOLDS
- $v$  VELOCIDAD APARENTE DE FILTRACIÓN
- $\nu$  VISCOSIDAD CINEMÁTICA DEL AGUA

EXPERIMENTALMENTE SE OBTUVO QUE LA LEY DE DARCY ES VÁLIDA PARA NÚMEROS DE REYNOLDS MENORES DE 10.

### 3.1.3. COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD  $K$  DEPENDE TANTO DE LAS PROPIEDADES DEL MEDIO POROSO COMO DEL FLUJO QUE CIRCULA POR EL. ESTO IMPLICA QUE  $K$  TAMBIÉN SE PODRÁ EXPRESAR POR UN COEFICIENTE QUE SEA INDEPENDIENTE DE AQUELLAS PROPIEDADES QUE GOBIERNAN EL FLUJO, ES DECIR:

$$K = f(\mu, \gamma, d) \quad (8)$$

DONDE:

$K$  COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD  
 $d$  DIÁMETRO DE GRANO REPRESENTATIVO  
 $\gamma$  PESO ESPECÍFICO DEL AGUA  
 $\mu$  VISCOSIDAD DEL AGUA

POR MEDIO DE UN ANÁLISIS DIMENSIONAL DE LA EXPRESIÓN ANTERIOR SE LLEGA A:

$$K = \frac{C d^2 \gamma}{\mu} \quad (9)$$

DONDE  $C$  ES UNA CONSTANTE ADIMENSIONAL. COMO EL PRODUCTO  $C d^2$  ES SOLO LA PROPIEDAD DEL MEDIO POROSO, SE PUEDE CONSIDERAR COMO LA PERMEABILIDAD ESPECÍFICA DEL MEDIO,  $k$ , O SEA QUE:

$$k = C d^2 \quad (10)$$

SUSTITUYENDO LA EC. (10) EN LA EC. (9) SE TIENE QUE:

$$K = \frac{k \gamma}{\mu} \quad (11)$$

Y LA LEY DE DARCY SE PUEDE EXPRESAR DE ACUERDO CON LA EC. (6) COMO:

$$Q = A \frac{k \gamma}{\mu} \frac{dh}{dh} \quad (12)$$

DONDE:

- A ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CONDUCTO, EN  $\text{cm}^2$
- k PERMEABILIDAD ESPECÍFICA DEL MEDIO, EN  $\text{cm}^2$
- Q GASTO DEL FLUJO DEL AGUA, EN  $\text{cm}^3/\text{seg}$
- $dh/dh$  GRADIENTE HIDRÁULICO  $\text{cm}/\text{cm}$
- $\gamma$  PESO ESPECÍFICO DEL AGUA, EN  $\text{kg}/\text{cm}^3$
- $\mu$  VISCOSIDAD DEL AGUA, EN  $\text{kg}-\text{seg}/\text{cm}^2$

### 3.1.4. DETERMINACIÓN DE LA PERMEABILIDAD

#### A) FÓRMULAS DE PERMEABILIDAD.

SON NUMEROSOS LOS INTENTOS QUE SE HAN HECHO PARA TRATAR - DE RELACIONAR LA PERMEABILIDAD CON LAS CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO POROSO OBTIENIENDO DIVERGAS EXPRESIONES, DE LAS CUALES SÓLO ALGUNAS PUEDEN CONSIDERARSE GENERALES, POR LA DIFICULTAD QUE SE TIENE PARA INCLUIR TODAS LAS VARIACIONES DEL MEDIO POROSO.

UNA FÓRMULA TÍPICA DE LAS CONTRIBUCIONES, ES LA OBTENIDA POR FAIR Y HATCH, A PARTIR DE CONSIDERACIONES DIMENSIONALES Y VERIFICACIÓN EXPERIMENTAL. LA PERMEABILIDAD ESPECÍFICA SE EXPRESA COMO:

$$k = \frac{1}{m \left[ \frac{(1-\alpha)^2}{\alpha^3} \left( \frac{\phi}{100} \approx \frac{P}{d} \right)^2 \right]} \quad (13)$$

DONDE:

- d MEDIA GEOMÉTRICA DE LA ABERTURA ENTRE DOS MALLAS ADYACENTES
- k PERMEABILIDAD ESPECÍFICA
- m FACTOR DE COMPACIDAD CON VALORES DEL ORDEN DE 5
- P PORCENTAJE DE MATERIAL RETENIDO ENTRE DOS MALLAS ADYACENTES
- $\alpha$  POROSIDAD

⊖ FACTOR DE FORMA DE LOS GRANOS; VARÍA DESDE 6 PARA GRANOS REDONDEADOS HASTA 7.7 PARA GRANOS ANGULOSOS.

LA ECUACIÓN ES DIMENSIONALMENTE CORRECTA PARA CUALQUIER SISTEMA DE UNIDADES CONSISTENTE QUE SE USE. ESTE TIPO DE ECUACIONES PUEDE SER DE UTILIDAD PARA VALUAR LA PERMEABILIDAD EN UNA PRIMERA APROXIMACIÓN DE UN MATERIAL DE GRANO GRUESO, SIN NECESIDAD DE RECURRIR A PRUEBAS DE LABORATORIO.

B) MEDICIONES EN LABORATORIO DE LA PERMEABILIDAD.

EN LAS PRUEBAS DE LABORATORIO QUE SE REALIZAN NORMALMENTE PARA DETERMINAR LA PERMEABILIDAD DE UN MATERIAL SE EMPLEAN PERMEAMETROS; PUEDEN SER DE CARGA CONSTANTE Y DE CARGA VARIABLE ( FIG. 3.2 ).

LA PERMEABILIDAD A PARTIR DE UN PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE ( FIG. No. 3.2.A ) SE PUEDE CALCULAR COMO:

$$K = \frac{\gamma b}{A c h} \quad ( 14 )$$

DONDE:

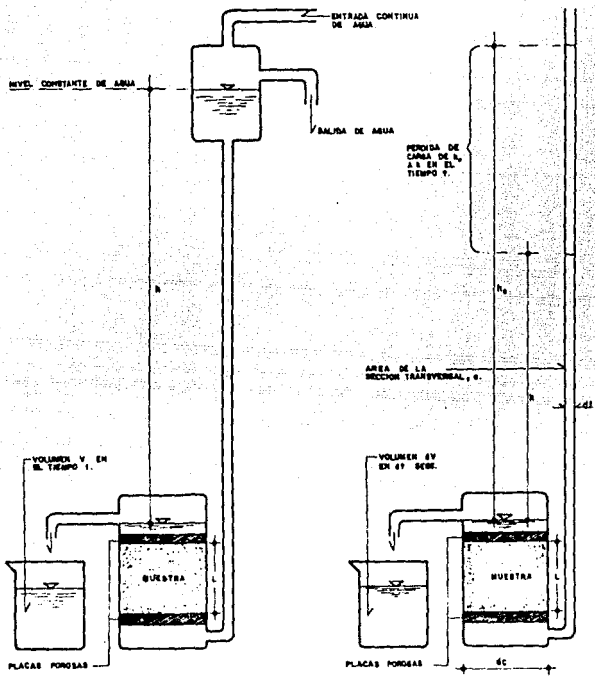
A ÁREA DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL DE LA MUESTRA  
c CARGA CONSTANTE  
K PERMEABILIDAD  
L LONGITUD DE LA MUESTRA  
γ VOLUMEN DE AGUA EN EL TIEMPO t

PARA UN PERMEAMETRO DE CARGA VARIABLE, LA ECUACIÓN QUE SE APLICA EN LA EVALUACIÓN DE LA PERMEABILIDAD ES:

$$K = \frac{d c^2 L}{d c^2 t} \ln \frac{h_0}{h} \quad ( 15 )$$

TODAS LAS VARIABLES ESTÁN DEFINIDAS EN LA FIGURA 3.2, LA CUAL SE PUEDEN VER UN PERMEAMETRO DE CARGA CONSTANTE Y UNO DE CARGA VARIABLE.

ESTOS PERMEAMETROS PUEDEN EMPLEARSE YA SEA CON MUESTRAS INALTERADAS O COMPACTADAS.



a) Carga Constante

b) Carga Variable

FIG. 3.2

|                                  |                   |
|----------------------------------|-------------------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>     |                   |
| PERMEAMETRO :                    |                   |
| a) CARGA CONSTANTE               | b) CARGA VARIABLE |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ |                   |
| MT. CUENTA                       | 8004983 - 6       |



c) MEDICIONES DE CAMPO PARA OBTENER LA PERMEABILIDAD.

LA PERMEABILIDAD EN NIVELES POCO PROFUNDOS PUEDE OBTENERSE PERFORANDO LA SUPERFICIE DEL SUELO HASTA EL NIVEL FREÁTICO ( FIG. No. 3.3 ). UNA VEZ CONOCIDA LA ELEVACIÓN DEL NIVEL FREÁTICO EN EL POZO, EL CUAL SE BOMBEA HASTA QUE ALCANCE UN NUEVO NIVEL, Y SE MIDE LA VARIACIÓN DEL NIVEL DEL AGUA RESPECTO AL TIEMPO. PARA VALUAR LA PERMEABILIDAD EN UN SUELO HOMOGÉNEO SE PUEDE USAR LA ECUACIÓN DE ERNST:

$$K = \frac{4000}{(20 + \frac{1}{2} \Delta)(2 - \frac{1}{2} \Delta)} \frac{a}{y} \frac{\Delta y}{\Delta t} \quad ( 16 )$$

CUYOS VALORES ESTÁN DEFINIDOS EN LA ( FIG. No. 3.3 ). EL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD SE EXPRESA EN METROS POR DÍA, Y TODAS LAS OTRAS CANTIDADES EN CENTÍMETROS Y SEGUNDOS.

UN SEGUNDO MÉTODO PARA EVALUAR LA PERMEABILIDAD CON MEDICIONES EN EL CAMPO SE EMPLEAN TRAZADORES.

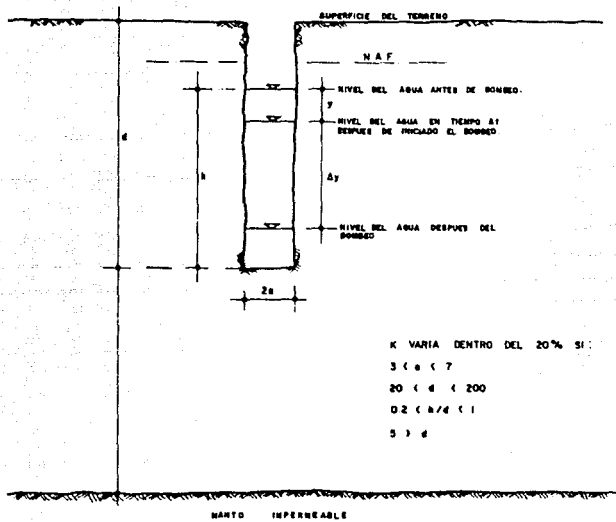
SE PUEDE ESTIMAR LA VELOCIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA INTRODUCIENDO UN TRAZADOR EN UN PUNTO DEL TERRENO Y MIDIENDO EL TIEMPO QUE TARDA EN APARECER EN OTRO PUNTO SITUADO EN LA DIRECCIÓN DEL MOVIMIENTO DEL AGUA. COMO EL TRAZADOR SE DIFUNDE POR EL MEDIO, PARA DETERMINAR LA VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO ES CONVENIENTE EMPLEAR TÉCNICAS ESTADÍSTICAS.

CONOCIDA LA VELOCIDAD MEDIA, Y CON LA DIFERENCIA DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS ENTRE LOS DOS PUNTOS DE OBSERVACIÓN, SE OBTIENE LA PERMEABILIDAD COMO:

$$K = \omega v \frac{\Delta L}{\Delta h} \quad ( 17 )$$

DONDE:

- K COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD
- v VELOCIDAD MEDIA
- ΔL LONGITUD ENTRE LOS PUNTOS OBSERVADOS
- Δh DIFERENCIA DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS ENTRE LOS PUNTOS DE OBSERVACIÓN
- ω POROSIDAD



NOTA: N.A.F. = NIVEL DE AGUAS FREATICAS

FIG. 3.3

|   |             |
|---|-------------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>                                |             |
| MEDIDA DE CAMPO DE LA PERMEABILIDAD EN UNA FORMA HOMOGENEA. |             |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ                            |             |
| N° CUENTA   | 8004983 - G |

COMO SUSTANCIAS TRAZADORAS SE USAN AQUELLAS CUYA DETECCIÓN ES POSIBLE, YA SEA POR SU COLORACIÓN, POR SU COMPOSICIÓN QUÍMICA O POR SU RADIACIÓN.

HASTA AHORA, EL MÉTODO CON TRAZADORES SE HA USADO SOLAMENTE CUANDO EL RECORRIDO DEL AGUA ES DE ALGUNOS METROS.

UN TERCER MÉTODO PARA EVALUAR LA PERMEABILIDAD CONSISTE EN EFECTUAR PRUEBAS DE BOMBEO. ESTE TIPO DE PRUEBA ES CONVENIENTE CUANDO SE REQUIERE CONOCER LAS CARACTERÍSTICAS DE PERMEABILIDAD DE ACUÍFEROS PARA SU EXPLOTACIÓN. POR MEDIO DE UNA PRUEBA DE BOMBEO, SE DETERMINA LA PERMEABILIDAD PROMEDIO DE UNA ZONA AMPLIA, ALREDEDOR DEL POZO BOMBEO. SE OBTIENE, ADEMÁS, INFORMACIÓN QUE PERMITE PREVER LAS CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN DEL POZO QUE SE OPERA Y DE OTROS QUE SE INTENTE PERFORAR EN ZONAS CERCANAS.

### 3.1.5. ECUACIONES DEL MOVIMIENTO

LA ECUACIÓN GENERAL QUE GOBIERNA EL MOVIMIENTO DEL AGUA SUBTERRÁNEA PUEDE DEDUCIRSE A PARTIR DE LA LEY DE DARCY, LA CUAL SE PUEDE ESCRIBIR, EN FORMA GENERAL:

$$v = K \frac{\partial h}{\partial S} \quad (18)$$

DONDE  $S$  ES AHORA LA DISTANCIA A LO LARGO DE LA DIRECCIÓN MEDIA DEL FLUJO.

SI SE CONSIDERA QUE UN ACUÍFERO ES HOMOGÉNEO CON PERMEABILIDAD ISOTRÓPICA, LOS COMPONENTES DE VELOCIDAD EN UN SISTEMA DE COORDENADAS RECTANGULARES ESTÁN DADOS, DE ACUERDO CON LA ECUACIÓN ANTERIOR, POR:

$$v_x = K \frac{\partial h}{\partial x}, \quad v_y = K \frac{\partial h}{\partial y}, \quad v_z = K \frac{\partial h}{\partial z} \quad (19)$$

EN HIDRODINÁMICA, UN POTENCIAL DE VELOCIDAD  $\phi$  SE DEFINE COMO UNA FUNCIÓN DE ESPACIO Y TIEMPO TAL QUE SU DERIVADA NEGATIVA CON RESPECTO A CUALQUIER DIRECCIÓN, ES LA VELOCIDAD DEL FLUÍDO EN ESA DIRECCIÓN. ENTONCES, SI  $\phi = -Kh$ , DE LA ECUACIÓN ( 17 ) SE OBTIENE QUE:

$$v_x = -\frac{\partial \phi}{\partial x}, \quad v_y = -\frac{\partial \phi}{\partial y}, \quad v_z = -\frac{\partial \phi}{\partial z} \quad (20)$$

LO CUAL INDICA QUE EXISTE UN POTENCIAL DE VELOCIDADES PARA EL -- FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA.

A) FLUJO ESTABLECIDO.

LA ECUACIÓN DE CONTINUIDAD, EN SU FORMA GENERAL, PUEDE EXPRESARSE COMO:

$$-\left[ \frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} \right] = \frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (21)$$

ONDE  $\rho$  ES LA DENSIDAD DEL FLUÍDO Y  $t$  ES EL TIEMPO.

SI CONSIDERAMOS QUE EL AGUA ES INCOMPRESIBLE, SU DENSIDAD, SERÁ CONSTANTE; ENTONCES, LA ECUACIÓN DE CONTINUIDAD PARA ESTE CASO SERÁ:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0 \quad (22)$$

SUSTITUYENDO LA ECUACIÓN (20), Y REEMPLAZANDO  $\phi$  POR  $-Kh$  SE LLEGA A:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \quad (23)$$

ESTA ES LA ECUACIÓN PARA UN FLUJO ESTABLECIDO EN UN MEDIO HOMOGÉNEO E ISOTRÓPICO.

b) FLUJO NO ESTABLECIDO.

PARA DEDUCIR LA ECUACIÓN CORRESPONDIENTE AL FLUJO NO ESTABLECIDO, ES NECESARIO CONSIDERAR EL COEFICIENTE DE ALMACENAJE,  $S$ , LO QUE PARA UN ACUÍFERO NO CONFINADO REPRESENTA SU RENDIMIENTO ESPECÍFICO Y PARA UN ACUÍFERO CONFINADO UNA MEDIDA DE SU COMPRESIBILIDAD. ESTA ÚLTIMA SE DEFINE POR LA ECUACIÓN:

$$\beta = \frac{-\partial V/V}{\partial p} \quad (24)$$

DONDE  $V$  ES EL VOLUMEN Y  $p$  LA PRESIÓN, LO CUAL, PU DE VALUARSE EN TÉRMINOS DEL CAMBIO DENTRO DE LA COLUMNA DE SECCIÓN TRANSVERSAL UNITARIA, EXTENDIÉNDOSE A TRAVÉS DEL ACUÍFERO CONFINADO. SI  $b$  ES EL ESPESOR DEL ACUÍFERO, SE TIENE QUE  $V = A \cdot b$  Y EL CAMBIO DE PRESIÓN ES  $\partial p = -\gamma \cdot \Delta h$ . ADEMÁS,  $S = \partial V/V$ , POR LO QUE LA ECUACIÓN (24) SE TRANSFORMA EN:

$$\beta = \frac{S}{\gamma \cdot b} \quad (25)$$

PARA UN MATERIAL ELÁSTICO SE TIENE QUE:

$$\frac{\partial V}{V} = -\frac{\partial p}{p} \quad (26)$$

DE LAS ECUACIONES (24) Y (26), SE DEDUCE:

$$\partial p = p \cdot \beta \cdot \partial p \quad (27)$$

Y SUSTITUYENDO  $\beta$  POR LA ECUACIÓN (25), SE OBTIENE:

$$\rho = \frac{\rho S}{b\gamma} \rho_f \quad (28)$$

SUSTITUYENDO ÉSTA ECUACIÓN EN LA ECUACIÓN DE CONTINUIDAD, EN SU FORMA GENERAL, SE ENCUENTRA :

$$-\left[ \frac{\partial(\rho v_x)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v_y)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} \right] = \frac{\rho S}{b\gamma} \frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (29)$$

CONSIDERANDO  $\rho$  CONSTANTE, TENIENDO EN CUENTA LA ECUACIÓN (19) Y EXPRESANDO A  $\rho \cdot \gamma h$ , SE LLEGA A:

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = \frac{S}{Kb} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (30)$$

QUE ES UNA ECUACIÓN DIFERENCIAL PARCIAL QUE GOBIERNA AL FLUJO NO ESTABLECIDO DEL AGUA EN UN ACUÍFERO CONFINADO COMPRESIBLE DE ESPESOR UNIFORME,  $b$ . ÉSTA ECUACIÓN PUEDE USARSE POR APROXIMACIONES SUCESIVAS EN UN ACUÍFERO NO CONFINADO DONDE LAS VARIACIONES DEL ESPESOR SATURADO SON PEQUEÑAS.

### 3.2. HIDRAULICA DE POZOS

EL EFECTO DEL BOMBEO DE UN POZO EN EL FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA Y SU DISTRIBUCIÓN EN UN ACUÍFERO, DEPENDEN DE SU CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN, SUS CONDICIONES Y FRONTERAS. LA HIDRÁULICA DE POZOS PERMITE EVALUAR LAS PROPIEDADES DEL ACUÍFERO, DEFINIENDO FRONTERAS, RENDIMIENTO ESPECÍFICO Y EFECTOS DE FUTUROS BOMBEO.

#### 3.2.1 FLUJO RADIAL ESTABLECIDO

CUANDO EL AGUA DE UN ACUÍFERO ES REMOVIDA POR EL BOMBEO DE UN POZO, EL NIVEL PIEZOMÉTRICO DEL AGUA SUBTERRÁNEA DECAE, ORIGINANDO UNA CURVA DE ABATIMIENTO. ÉSTA CURVA FORMA ALREDEDOR

DEL POZO UN CONO DE DEPRESIÓN, CUYA FRONTERA EXTERIOR DEFINE EL ÁREA DE INFLUENCIA DEL POZO ( FIG. No. 3.4 )

A) ACUÍFERO CONFINADO.

PARA DEDUCIR LA ECUACIÓN QUE GOBIERNA LA EXTRACCIÓN DE UN POZO DENTRO DE UN ACUÍFERO CONFINADO, SE CONSIDERA QUE LA FRONTERA ES CIRCULAR Y EL MEDIO HOMOGÉNEO E ISOTRÓPICO.

ASÍ, USANDO COORDENADAS POLARES Y LA NOTACIÓN DE LA ( FIG. No. 3.4 ), SE OBTIENE:

$$Q = A_v = 2\pi r b K \frac{dh}{dr} \quad (31)$$

PARA FLUJO ESTABLECIDO A CUALQUIER DISTANCIA  $r$  DEL POZO.

INTEGRANDO PARA LAS CONDICIONES DE FRONTERA DEL POZO ---  $h = h_w$  Y  $r = r_w$ , Y EN EL BORDE  $h = h_o$  Y  $r = r_o$ , SE TIENE:

$$Q = 2\pi K b \frac{h_o - h_w}{\ln(r_o/r_w)} \quad (32)$$

GENERALIZANDO, SI UN ACUÍFERO NO ESTÁ LIMITADO, NO HABRÁ UN LÍMITE DE  $r$ ; ENTONCES:

$$Q = 2\pi K b \frac{h - h_w}{\ln(r/r_w)} \quad (33)$$

DONDE:  $b$  ESPESOR DEL ACUÍFERO CONFINADO EN  $m$

DONDE SE VE QUE  $h$  AUMENTA INDEFINIDAMENTE CON  $r$ . ESTO IMPLICA, TEÓRICAMENTE, QUE NO EXISTE EL FLUJO RADIAL ESTABLECIDO EN UN ACUÍFERO NO LIMITADO.

LA ECUACIÓN ( 33 ) SE CONOCE COMO ECUACIÓN DE EQUILIBRIO O DE THIEHM, Y PUEDE USARSE PARA EVALUAR LA PERMEABILIDAD DE UN ACUÍFERO EFECTUANDO MEDICIONES ALREDEDOR DE UN POZO DE BOMBEO. UTILIZAMOS DOS POZOS DE OBSERVACIÓN A DIFERENTES DISTANCIAS DEL DE BOMBEO, SE PUEDE MEDIR EL ABATIMIENTO DEL NIVEL PIEZOMÉTRICO,

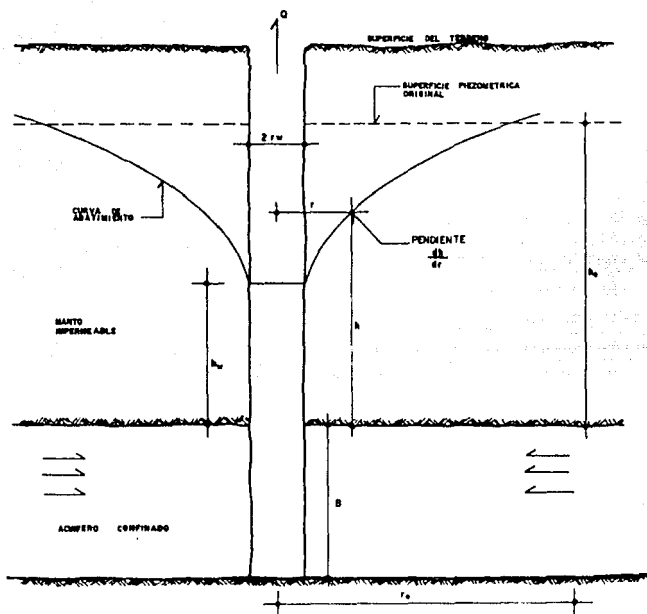


FIG. 3.4

|  |
|--|
| ENEP - ACATLAN - UNAM  |
| FLUJO RADIAL ESTABLECIDO DE UN ACUIFERO CONFINADO A UN POZO. |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ                             |
| Nº CUENTA 8004983 - 6  |



Y DE ACUERDO CON LA ECUACIÓN ( 33 ) SE TIENE:

$$K = \frac{Q}{2\pi b (h_2 - h_1)} \ln \frac{r_2}{r_1} \quad ( 34 )$$

DONDE  $r_1$  Y  $r_2$  SON LAS DISTANCIAS DE LOS POZOS DE OBSERVACIÓN - AL DE BOMBEO Y  $h_1$  Y  $h_2$  SON LAS CARGAS MEDIDAS EN DICHO POZOS, ( FIG. No. 3.5 ).

**B) ACUÍFERO NO CONFINADO.**

EL GASTO QUE DESCARGA UN POZO HECHO DENTRO DE UN ACUÍFERO NO CONFINADO ( FIG. No. 3.6 ) SE PUEDE CALCULAR COMO:

$$Q = 2\pi r K h \frac{dh}{dr} \quad ( 35 )$$

DONDE, INTEGRANDO ENTRE LOS LÍMITES DE  $h$  ENTRE  $h_w$  Y  $h_0$  Y  $r$  ENTRE  $r_w$  Y  $r_0$ , SE TIENE:

$$Q = \pi K \frac{h_0^2 - h_w^2}{\ln(r_0/r_w)} \quad ( 36 )$$

NOTA: LA NOMENCLATURA SE PUEDE VER EN LAS FIGURAS 3.4, 3.5 Y 3.6

**3.2.2. FLUJO RADIAL NO ESTABLECIDO**

CUANDO DE UN POZO LOCALIZADO DENTRO DE UN ACUÍFERO NO LIMITADO SE EXTRAE UN GASTO CONSTANTE, SE PRODUCE UNA ÁREA DE INFLUENCIA DENTRO DEL ACUÍFERO QUE CRECE CONFORME PASA EL TIEMPO. LA CARGA PIEZOMÉTRICA DISMINUYE A MEDIDA QUE SE TOMA AGUA ALMACENADA DENTRO DEL ACUÍFERO.

LA ECUACIÓN DIFERENCIAL QUE SE USA PARA ÉSTO, ES LA ECUACIÓN QUE GOBIERNA AL FLUJO NO ESTABLECIDO EN UN ACUÍFERO CONFINADO COMPRESIBLE, DE ESPESOR UNIFORME, QUE EN UN PLANO EN COORDENADAS POLARES SE EXPRESA COMO:

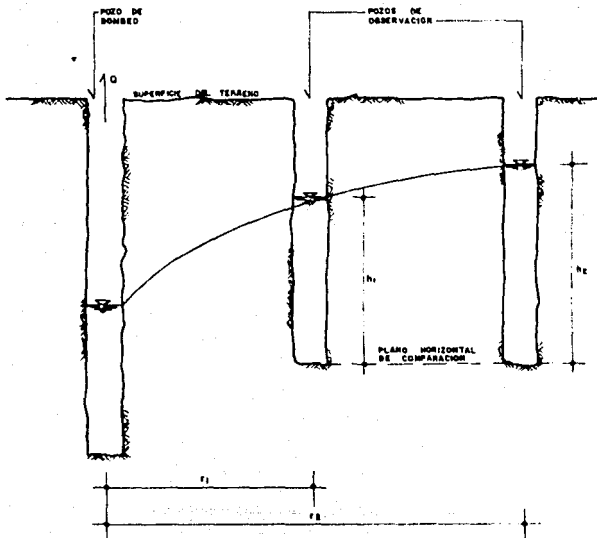


FIG. 3.5

|  |           |
|--|-----------|
| ENEP - ACATLAN - UNAM                                    |           |
| METODO DE "THIEM" PARA LA EVALUACION DE LA PERMEABILIDAD |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑOZ                         | 8004983-6 |
| NT CUENTA  |           |

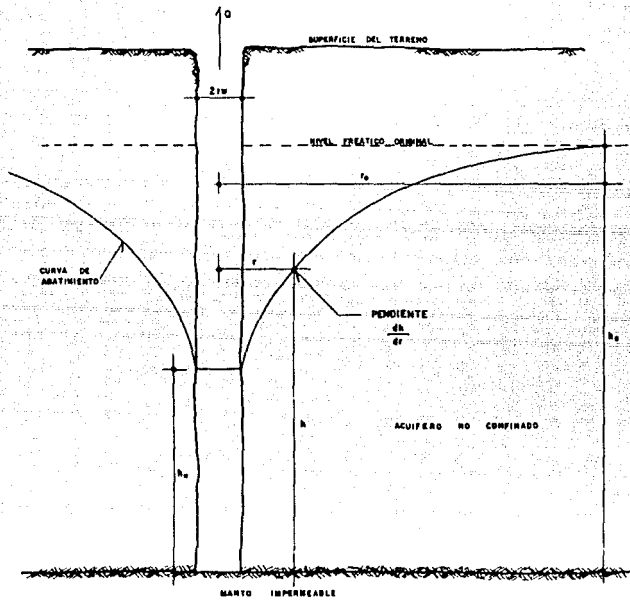


FIG. 3.6

|   |           |
|---|-----------|
| ENEP - ACATLAN - UNAM.  |           |
| FLUJO RADIAL ESTABLECIDO DE UN ACUÍFERO NO CONFINADO A UN POZO. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ                                |           |
| NI CUENTA   | 8004993-6 |

$$\frac{\partial^2 h}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial h}{\partial r} = \frac{S}{T} \frac{\partial h}{\partial t} \quad (37)$$

DONDE T ES EL COEFICIENTE DE TRANSMISIBILIDAD (T=Kb, DONDE b ES EL ESPESOR DEL ACUÍFERO) Y t ES EL TIEMPO DESDE QUE SE INICIA EL BOMBEO.

THIES OBTUVO LA SOLUCIÓN A LA ECUACIÓN ( 37 ), BASADA EN UNA ANALOGÍA ENTRE EL FLUJO DE AGUA SUBTERRÁNEA Y LA CONDUCCIÓN DEL CALOR. CONSIDERANDO QUE  $h = h_0$  PARA  $t = 0$  Y  $h = h_\infty$  CONFORME  $r \rightarrow \infty$  PARA UN  $t \rightarrow \infty$ , SE TIENE:

$$h_0 - h = \frac{Q}{4\pi T} \int_u^\infty \frac{e^{-u}}{u} du \quad (38)$$

DONDE:

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt} \quad (39)$$

LA ECUACIÓN ( 38 ) SE CONOCE COMO ECUACIÓN DE Desequilibrio o de THIES. PERMITE EVALUAR Y A PARTIR DE PRUEBAS DE BOMBEO. LAS MEDICIONES DE CAMPO CONSISTEN EN REGISTRAR LOS ABATIMIENTOS DE NIVEL EN UN POZO DE OBSERVACIÓN RESPECTO AL TIEMPO. A CONTINUACIÓN, SE DESCRIBE UNO DE LOS CRITERIOS EXISTENTES PARA VALUAR Y , CONOCIDO COMO MÉTODO DE THIES.

LA ECUACIÓN ( 38 ) SE PUEDE ESCRIBIR:

$$h_0 - h = \frac{Q}{T} W(u) \quad (40)$$

DONDE:

$h$  - h ABATIMIENTO, EN m  
 $Q$  GASTO DE DESCARGA DEL POZO, EN  $m^3/seg$   
 $T$  COEFICIENTE DE TRANSMISIBILIDAD, EN  $m^2/dia/m$   
 $W(u)$  FUNCIÓN DEL POZO ( TABLA I )

EL ARGUMENTO  $u$  SE DEFINE COMO:

$$u = \frac{r^2 S}{T t} \quad (41)$$

DONDE:

$r$  DISTANCIA DESDE EL POZO DE DEBARGA HASTA EL DE -  
OBSERVACIÓN, EN m  
 $S$  COEFICIENTE DE ALMACENAJE ADIMENSIONAL  
 $t$  TIEMPO DESDE QUE DIÓ INICIO EL BOMBEO, EN DÍAS  
 $T$  COEFICIENTE DE TRANSMISIBILIDAD, EN  $m^2/dia/m$

EL MÉTODO DE THIES SE BASA EN LA GRAFICACIÓN DE CURVAS. EN PAPEL LOGARÍTMICO SE DIBUJA  $W(u)$  CONTRA VALORES DE  $u$ , DE ACUERDO CON LA TABLA I. EN OTRO PAPEL CON LA MISMA ESCALA, SE DIBUJAN LOS VALORES DE  $(h_0 - h)$  OBTENIDOS DEL POZO DE OBSERVACIÓN CONTRA LOS VALORES DE  $r^2 t$ . CON LOS EJES COORDENADOS PARALELOS, SE SUPERPONEN LAS DOS FIGURAS HASTA QUE COINCIDAN, ANOTÁNDOSE LOS VALORES COINCIDENTES DE UN PUNTO SELECCIONADO DE  $W(u)$ ,  $h_0 - h$  Y  $r^2 t$ . SUSTITUYENDO ÉSTOS VALORES EN LAS ECUACIONES ( 40 ) Y ( 41 ), SE OBTIENEN  $S$  Y  $T$ .

### 3.3 COEFICIENTE DE ALMACENAJE

EL COEFICIENTE DE ALMACENAJE  $S$  SE DEFINE COMO EL VOLUMEN DE AGUA QUE UN ACUÍFERO DEJA O TOMA DEL ALMACENAJE POR ÁREA UNITARIA DE SUPERFICIE DEL ACUÍFERO POR UNIDAD DE CARGA. SI SE CONSIDERA UNA COLUMNA VERTICAL DE SECCIÓN CUADRADA DE 1CM X 1 CM A TRAVÉS DE UN ACUÍFERO, EL COEFICIENTE DE ALMACENAJE  $S$  SERÁ EL VOLUMEN DE AGUA EN  $cm^3$ , QUE SE EXTRAE DE EL CUANDO EL NIVEL PIEZOMÉTRICO O CARGA DISMINUYE 1 CM.

### 3.4 BALANCE DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

#### 3.4.1. ECUACION DE BALANCE

PARA DETERMINAR LA RECARGA DE UNA CUENCA SUBTERRÁNEA, ES COMÚN, REALIZAR BALANCES GLOBALES INCLUYENDO PROCESOS SUPERFICIALES COMO LA LLUVIA Y LA EVAPOTRANSPIRACIÓN PARA DETERMINAR LA IN-

|                     | 1.0   | 2.0   | 3.0   | 4.0    | 5.0    | 6.0     | 7.0     | 8.0      | 9.0      |
|---------------------|-------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|----------|----------|
| X                   | 0.219 | 0.049 | 0.013 | 0.0038 | 0.0011 | 0.00036 | 0.00012 | 0.000038 | 0.000012 |
| X 10 <sup>-1</sup>  | 1.82  | 1.22  | 0.91  | 0.70   | 0.56   | 0.45    | 0.37    | 0.31     | 0.26     |
| X 10 <sup>-2</sup>  | 4.04  | 3.35  | 2.96  | 2.68   | 2.47   | 2.30    | 2.15    | 2.03     | 1.92     |
| X 10 <sup>-3</sup>  | 6.33  | 5.64  | 5.23  | 4.95   | 4.73   | 4.54    | 4.39    | 4.26     | 4.14     |
| X 10 <sup>-4</sup>  | 8.63  | 7.94  | 7.53  | 7.25   | 7.02   | 6.84    | 6.69    | 6.55     | 6.44     |
| X 10 <sup>-5</sup>  | 10.94 | 10.24 | 9.84  | 9.55   | 9.33   | 9.14    | 8.99    | 8.86     | 8.74     |
| X 10 <sup>-6</sup>  | 13.24 | 12.55 | 12.14 | 11.85  | 11.63  | 11.45   | 11.29   | 11.16    | 11.04    |
| X 10 <sup>-7</sup>  | 15.54 | 14.85 | 14.44 | 14.15  | 13.93  | 13.75   | 13.60   | 13.46    | 13.34    |
| X 10 <sup>-8</sup>  | 17.84 | 17.15 | 16.74 | 16.46  | 16.23  | 16.05   | 15.90   | 15.76    | 15.65    |
| X 10 <sup>-9</sup>  | 20.15 | 19.45 | 19.05 | 18.76  | 18.54  | 18.35   | 18.20   | 18.07    | 17.95    |
| X 10 <sup>-10</sup> | 22.24 | 21.76 | 21.35 | 21.06  | 20.84  | 20.66   | 20.50   | 20.37    | 20.25    |
| X 10 <sup>-11</sup> | 24.75 | 24.06 | 23.65 | 23.36  | 23.14  | 22.96   | 22.81   | 22.67    | 22.55    |
| X 10 <sup>-12</sup> | 27.05 | 26.36 | 25.96 | 25.67  | 25.44  | 25.26   | 25.11   | 24.97    | 24.86    |
| X 10 <sup>-13</sup> | 29.36 | 28.66 | 28.26 | 27.97  | 27.75  | 27.56   | 27.41   | 27.28    | 27.16    |
| X 10 <sup>-14</sup> | 31.66 | 30.97 | 30.56 | 30.27  | 30.05  | 29.89   | 29.71   | 29.58    | 29.46    |
| X 10 <sup>-15</sup> | 33.96 | 33.27 | 32.86 | 32.58  | 32.35  | 32.17   | 32.02   | 31.88    | 31.76    |

TABLA I

|  |           |
|--|-----------|
| ENEP - ACATLAN - UNAM                          |           |
| TABLA DE VALORES DE W(u)<br>PARA VALORES DE u. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUNIZ               |           |
| Nº CUENTA                                      | 8004983-6 |

FILTRACIÓN. LA MAGNITUD DE ÉSTOS TÉRMINOS EN LA ECUACIÓN HIDROLÓGICA, ES DE UN ORDEN SUPERIOR AL TÉRMINO QUE SE QUIERE CALCULAR, POR LO QUE LA PRECISIÓN OBTENIDA EN EL VALOR DE LA RECARGA ES MUY PRECARIA, TANTO, QUE CONDUCE A CONCLUSIONES POR COMPLETO FUERA DE LA REALIDAD.

CUANDO SE REQUIERE CONOCER CON MAYOR PRECISIÓN LA RECARGA DEL ACUÍFERO, ES NECESARIO ESTABLECER ECUACIONES DE BALANCE LOCAL CON VOLÚMENES DE AGUA LIGADOS DIRECTAMENTE AL ACUÍFERO.

EL BALANCE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, PARA UN VOLUMEN DE ACUÍFERO EN UN TIEMPO DADO, PUEDE PLANTEARSE POR MEDIO DE LA SIGUIENTE RELACIÓN ENTRE VOLÚMENES:

$$E_s + I = S_s + D + B + \Delta A \quad (42)$$

DONDE:

- $E_s$  ENTRADA POR FLUJO SUBTERRÁNEO
- $I$  INFILTRACIÓN Y APORTACIONES DE OTROS ACUÍFEROS SUB O SUPRADYACENTES
- $S_s$  SALIDA POR FLUJO SUBTERRÁNEO
- $D$  DESCARGA DEL ACUÍFERO A CORRIENTES SUPERFICIALES O HACIA OTROS ACUÍFEROS
- $B$  EXTRACCIÓN POR BOMBEO
- $\Delta A$  INCREMENTO DE VOLUMEN ALMACENADO DENTRO DE LA ZONA CONSIDERADA

LOS TÉRMINOS DE ÉSTA ECUACIÓN MÁS DIFÍCILES DE MEDIR SON  $I$  Y  $D$ , POR LO QUE SU DIFERENCIA SE DEJA COMO INCÓGNITA EN CADA PERÍODO EN QUE SE PLANTEE EL BALANCE. ÉSTA DIFERENCIA ( $I - D$ ), REPRESENTA LA APORTACIÓN NETA DEL EXTERIOR AL ACUÍFERO. A CONTINUACIÓN SE DESCRIBIRÁ LA FORMA EN QUE SE DETERMINAN LOS TÉRMINOS RESTANTES DE LA ECUACIÓN (42). ÉSTA DETERMINACIÓN REQUIERE, COMO TRABAJO PREVIO, UNA SERIE DE MEDICIONES EN EL CAMPO, YA SEA EN POZOS EXISTENTES O EN POZOS CONSTRUÍDOS ESPECÍFICAMENTE PARA EL ESTUDIO. LAS OBSERVACIONES MÁS IMPORTANTES SON:

a) MEDICIÓN PERIÓDICA DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS EN EL ACUÍFERO, QUE SIRVE PARA FORMAR PLANOS DE CURVAS EQUIPIEZOMÉTRICAS Y DE LÍNEAS DE CORRIENTES (MED DE FLUJO) Y PARA CONOCER LA EVOLUCIÓN DE DICHO NIVELES.

b) REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE BOMBEO, PARA DETERMINAR LAS PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL ACUÍFERO EN DIFERENTES PUNTOS: - TRANSMISIBILIDAD,  $T$ , COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO,  $S$ , Y PARÁMETROS QUE DEFINEN SU COMUNICACIÓN CON ACUÍFEROS SUB O SUPRADYACENTES.

c) AFORO DE LOS VOLUMENES EXTRAÍDOS POR BOMBEO EN TODOS -  
LOS POZOS EXISTENTES EN LA ZONA.

### 3.4.2. ENTRADAS Y SALIDAS SUBTERRANEAS

EL FLUJO SUBTERRÁNEO QUE PASA ENTRE DOS LÍNEAS DE CORRIEN-  
TE ESTÁ DADO POR:

$$Q = T \times B \times i \quad (43)$$

DONDE:

Q GASTO, EN  $m^3/seg$

T TRASMISIBILIDAD, EN  $m^2/seg$

B SEPARACIÓN ENTRE LAS LÍNEAS DE CORRIENTE, EN ME-  
TROS

i GRADIENTE PIEZOMÉTRICO EN LA SECCIÓN CONSIDERADA

APLICANDO ÉSTA ECUACIÓN A LO LARGO DE LA FRONTERA DE LA -  
ZONA SOBRE LA QUE SE HACE EL BALANCE, ES POSIBLE OBTENER LOS FLU-  
JOS SUBTERRÁNEOS DE ENTRADA Y SALIDA DE DICHA ZONA PARA EL TIEM-  
PO CORRESPONDIENTE A LA CONFIGURACIÓN PIEZOMÉTRICA EMPLEADA. PA-  
RA OBTENER LOS VOLUMENES DURANTE UN PERÍODO, SERÁ NECESARIO HA-  
CER LA MISMA DETERMINACIÓN PARA LA CONFIGURACIÓN AL FINAL DEL PE-  
RÍODO Y MULTIPLICAR EL PROMEDIO DE LOS DOS FLUJOS POR EL INTER-  
VALO DE TIEMPO.

$$E_{\Delta t} = \frac{Q_{ei} + Q_{ei+1}}{2} \Delta t \quad S_{\Delta t} = \frac{Q_{si} + Q_{si+1}}{2} \Delta t \quad (44)$$

EL PERÍODO  $\Delta t$  NECESARIO PARA NO COMETER ERRORES DE CONSI-  
DERACIÓN, DEPENDE DE LA RELACIÓN  $T/S$  Y DEL ÁREA SOBRE LA QUE SE -  
HACE EL BALANCE. ES RECOMENDABLE QUE:

$$\Delta t < \frac{a^2 S}{2T} \quad (45)$$

DONDE  $a$  ES EL ÁREA EN PLANTA DE LA ZONA DE ESTUDIO. ( FIG. 3.7 )

### 3.4.3. CAMBIO DE ALMACENAMIENTO

AL DISPONER DE LA EVOLUCIÓN DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS, ES -  
POSIBLE DIBUJAR CURVAS DE IGUAL EVOLUCIÓN PARA CADA INTERVALO DE  
TIEMPO; EL VOLUMEN CONTENIDO POR ÉSTAS CURVAS MULTIPLICADO POR EL  
COEFICIENTE DE ALIACENAMIENTO,  $S$ , DA EL CAMBIO DE ALMACENAMIENTO,  
 $\Delta A$ , EN LA ZONA.



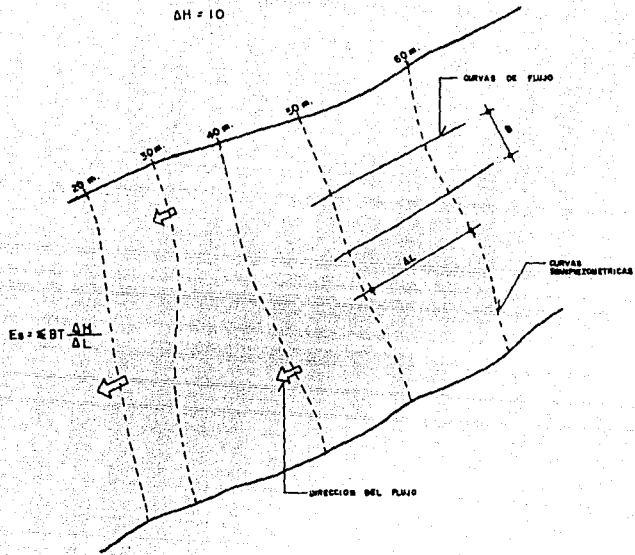


FIG. 3.7

|   |
|---|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>                              |
| <b>CALCULO DEL FLUJO<br/>SUBTERRANEO</b>                  |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑOZ<br>NI CUENTA 8004983 - 6 |

NORMALMENTE, EL COEFICIENTE  $S$  OBTENIDO DE LAS PRUEBAS DE BOMBEO ES ALGO MENOR QUE EL CONSIDERADO A LARGO PLAZO, DEBIDO -- QUE DURANTE EL CORTO TIEMPO DE LA PRUEBA (72 A 96 HRS.), EL MATERIAL NO SE Drena COMPLETAMENTE. CUANDO SE TIENE INFORMACIÓN PARA VARIOS PERÍODOS DE TIEMPO, ES POSIBLE DEJAR DICHO COEFICIENTE COMO INCÓGNITA JUNTO CON LA DIFERENCIA ( $I - D$ ), Y DESPEJARLA -- DE LAS ECUACIONES DEL BALANCE QUE RESULTEN. CUANDO SE TIENE MAYOR NÚMERO DE ECUACIONES QUE DE INCÓGNITAS, ÉSTAS SE AJUSTAN DE TAL MANERA QUE SEA MÍNIMO EL ERROR.

PARA ACUÍFEROS CONFINADOS, EL CAMBIO DE ALMACENAMIENTO ES DESPRECIABLE ( $S < 10^{-5}$ ).

#### 3.4.4. EXTRACCIÓN POR BOMBEO

PARA CONOCER ÉSTE TÉRMINO DEL BALANCE, ES NECESARIO TENER INSTALADOS MEDIDORES EN LOS POZOS QUE EXPLOTAN EL ACUÍFERO EN LA ZONA DE ESTUDIO. EN CASO DE NO DISPONER DE ÉSTA FACILIDAD, SÓLO PUEDEN HACERSE ESTIMACIONES TOSAS, BASADAS EN LA INFORMACIÓN QUE PROPORCIONA EL USUARIO, EN LAS SUPERFICIES QUE RIEGA, -- CUANDO SE TRATA DE UN POZO AGRÍCOLA.

#### 3.4.5. RECURSOS DISPONIBLES

CON EL BALANCE ANTERIOR PLANTEADO PARA DIFERENTES PERÍODOS SE PUEDE HACER UNA ESTIMACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE RECURSOS SUBTERRÁNEOS DE LA ZONA, O SEA, LA CANTIDAD DE AGUA QUE ES POSIBLE BOMBLEAR SIN PROVOCAR EFECTOS ADVERSOS; DICHO EFECTO -- PUEDE SER EXCESIVO ABATIMIENTO DE LOS NIVELES DE BOMBEO, QUE -- LLEQUE A PROVEER PRECIOS INCOSTEABLES DE OPERACIÓN, CONTAMINACIÓN DEL ACUÍFERO, DISMINUCIÓN DE LOS RECURSOS DE ZONAS ADYACENTES, ETC.

EL VOLUMEN MEDIO MÁXIMO DISPONIBLE EN ESA ZONA, CUANDO SE DECIDE EXPLOTAR EL AGUA SUBTERRÁNEA COMO UN RECURSO RENOVABLE, -- ES LA MEDIA ANUAL DE LA SUMA  $I - D + E$ ; SIN EMBARGO, NORMALMENTE EL RECURSO RENOVABLE SERÁ MENOR CUANDO LA ENTRADA SUBTERRÁNEA PROVIENE DE OTROS ALMACENAMIENTOS SUBTERRÁNEOS, O CUANDO EXISTA LA NECESIDAD DE DEJAR CIRCULAR UNA CANTIDAD DETERMINADA, SÓ, PARA ALIMENTAR ZONAS INFERIORES. POR OTRA PARTE, EL ABATIMIENTO DE NIVELES QUE PRODUCE LA EXPLOTACIÓN, INDUCE EN OCASIONES ALGÚN INCREMENTO DEL VOLUMEN  $I - D$ , POR MENOR RECHAZO DE LA INFILTRACIÓN EN LAS REGIONES DE NIVEL FREÁTICO CERCANO A LA SUPERFICIE DEL TERRENO Y POR MENOR DESCARGA A CORRIENTES SUPERFICIALES.

SI SE REQUIERE EXPLOTAR EL AGUA SUBTERRÁNEA COMO RECURSO NO RENOVABLE, SE UTILIZA, ADENÁS DE LA RECARGA NATURAL, EL VOLUMEN ALMACENADO EN EL ACUÍFERO, Y SE ACEPTA QUE DESPUÉS DE UN -- CIERTO PERÍODO, EL RECURSO SE VERÁ NOTABLEMENTE DISMINUIDO O DEFINITIVAMENTE AGOTADO.

EL BALANCE GLOBAL DESCRITO, PERMITE TENER UNA PRIMERA --  
APROXIMACIÓN A LOS VALORES, YA SEA, DE LA RECARGA NATURAL O DEL  
PERÍODO MÁXIMO DE SOBREEXPLOTACIÓN DEL ACUIFERO; SIN EMBARGO, --  
ÉSTAS CARACTERÍSTICAS DEPENDEN TAMBIÉN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DEL BOMBEO.

## CAPITULO IV

### LÍNEAS Y TANQUES

#### 4.1 LÍNEAS DE CONDUCCIÓN

ES LA PARTE CONSTITUIDA POR UN CONJUNTO DE DUCTOS Y ACCESORIOS DESTINADOS A TRANSPORTAR EL AGUA PROCEDENTE DE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO, DESDE EL LUGAR DE LA CAPTACIÓN HASTA UN PUNTO QUE PUEDE SER UNA PLANTA POTABILIZADORA, UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO O EL PUNTO DONDE PRINCIPIA LA RED DE DISTRIBUCIÓN.

LAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN SE CLASIFICAN DE ACUERDO A LA FORMA QUE TRABAJAN Y PUEDEN SER POR GRAVEDAD O BOMBEO.

OTRA CLASIFICACIÓN DE ESTAS LÍNEAS DE CONDUCCIÓN, ES QUE PUEDEN SER ABIERTAS O CERRADAS.

##### 4.1.1 CONDUCCIONES ABIERTAS

ESTAS CONDUCCIONES CONSISTEN EN CANALES REVESTIDOS Y NO REVESTIDOS EN LOS QUE EL AGUA ESTÁ SUJETA A PÉRDIDAS POR FILTRACIÓN, EVAPORACIÓN, FUGAS ACCIDENTALES Y EXTRACCIONES PARA OTROS USOS.

POR ESTAR EL AGUA AL DESCUBIERTO, ESTÁ EXPUESTA A TODA CLASE DE CONTAMINACIÓN POR LO QUE ES ACONSEJABLE UTILIZAR DICHOS MEDIOS, ÚNICAMENTE CUANDO EL AGUA SEA ABUNDANTE Y QUE TODAVÍA NO POSEA CALIDAD DE POTABLE.

##### 4.1.2 CONDUCCIONES CERRADAS

LA GRAN MAYORÍA DE LAS CONDUCCIONES CERRADAS ESTÁN FORMADAS POR TUBERÍAS PREFABRICADAS Y SOLAMENTE PARA CASOS ESPECIALES Y PARA GRANDES CAUDALES, SE FABRICAN EN EL SITIO.

##### 4.1.3 TUBERÍA DE P.V.C.

EN LA ACTUALIDAD LA TUBERÍA DE P.V.C. SE ESTÁ EMPLEANDO CON GRANDES VENTAJAS. ES UNA TUBERÍA MUY RESISTENTE A LA CORROSIÓN, NO APORTA CALOR NI SABOR Y POR SU POCO PESO FACILITA EL TRANSPORTE Y COLOCACIÓN.

LAS DESVENTAJAS DE ESTA TUBERÍA, ES CON RESPECTO A SU RESISTENCIA MECÁNICA, EN COMPARACIÓN CON TUBERÍAS DE ACERO, RAZÓN POR LA CUAL SE DEBE EVITAR QUE ESTÉ EXPUESTA AL MALTRATO.

LA TUBERÍA DE P.V.C. SE FABRICA EN DIFERENTES TIPOS COMO SON:

RD - 13.5 = 22.4 Kgr/cm = 224 M.C.A.  
RD - 26.0 = 11.2 Kgr/cm = 112 M.C.A.  
RD - 32.5 = 9.0 Kgr/cm = 90 M.C.A.  
RD - 41.0 = 7.1 Kgr/cm = 71 M.C.A.

M.C.A. METROS DE COLUMNA DE AGUA

#### 4.1.4 TUBERIA DE ASBESTO - CEMENTO

ESTAS TUBERÍAS SE FABRICAN CON UNA MEZCLA DE CEMENTO Y FIBRA DE ASBESTO. ESTA TUBERÍA AL SER ENTERRADA LOS SUELOS QUE ESTAN AL CONTACTO DE LA MISMA NO LA ATACAN.

LAS TUBERÍAS DE ASBESTO - CEMENTO SE HACEN DE DIFERENTES CLASES, LAS CUALES NOS INDICA LA PRESIÓN INTERNA QUE PUEDE SOPORTAR Y QUE SON:

CLASE

A - 5 = 5 Kgr/cm = 50 M.C.A.  
A - 7 = 7 Kgr/cm = 70 M.C.A.  
A - 10 = 10 Kgr/cm = 100 M.C.A.  
A - 14 = 14 Kgr/cm = 140 M.C.A.

LAS TUBERÍAS DE ASBESTO - CEMENTO SE ACOPLAN POR MEDIO DE UNA JUNTA ESPECIAL, QUE CONSISTE EN UN COPLE, EL CUAL RESISTE LA SUFICIENTE FLEXIBILIDAD PARA PERMITIR UNA DEFLEXIÓN DE 12° EN COLOCACIÓN DE TUBOS A LO LARGO DE LAS CURVAS. ESTAS SON LIGERAS Y PUEDEN INSTALARSE AUN SIN MANO DE OBRA ESPECIALIZADA.

#### 4.1.5 TUBERIA DE ACERO

LAS TUBERÍAS DE ACERO SE HAN UTILIZADO EN TODOS LOS TAMAÑOS, DESDE 6" HASTA 120" DE DIÁMETRO, Y SE EMPLEAN ESPECIALMENTE PARA GRANDES CONDUCCIONES Y PRESIONES ALTAS.

LA ÚNICA DESVENTAJA EN LOS TUBOS DE ACERO ES QUE NO SON APROPIADOS PARA RESISTIR CARGAS EXTERNAS, YA QUE EL VACÍO PRODUCIDO AL VACIAR LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN PUEDE DAR ORIGEN A DEFORMACIONES O TORCEDURAS.

#### 4.1.6 TUBERIA DE CONCRETO

PUEDEN SER DE CONCRETO SIMPLE O ARMADAS; LA PRIMERA, SE USA PARA AGUAS SIN PRESIÓN Y HASTA UN DIÁMETRO DE 60 CM. LA SEGUNDA, PARA DIÁMETROS MAYORES DE 60 CM. Y CUANDO CONDUCE AGUA A PRESIÓN.

#### 4.1.7 VALVULAS Y PIEZAS ESPECIALES

SON TODAS AQUELLAS QUE SE UTILIZAN PARA GUIAR Y CONTROLAR EN FORMA EFICIENTE EL FLUJO DE AGUA EN CONDUCCIONES, Y ÉSTAS SON LAS SIGUIENTES:

a) CODOS.- SE UTILIZAN PARA LOS CAMBIOS DE DIRECCIÓN - DEL SENTIDO HORIZONTAL, COMO EN EL VERTICAL; SE INSTALAN CODOS - QUE VARIAN EN DEFLEXIONES Y CUYOS ÁNGULOS COMERCIALES SON: 15 , 30 , 45 , Y 90 .

b) CRUCES Y TEEES.- SE USAN CUANDO SE TIENEN QUE HACER RAMIFICACIONES Y ÉSTAS PUEDEN SER EN FORMA DE T, O LAS CUALES PUEDEN TENER EL MISMO DIÁMETRO O DIFERENTES.

c) REDUCCIONES.- SON PIEZAS DE SECCIÓN TRONCÓNICAS QUE SIRVEN PARA HACER LAS UNIONES ENTRE TUBOS DE DISTINTOS DIÁMETROS.

d) TUBOS CORTOS.- ESTOS TUBOS CORTOS O CARRETES SON -- LOS QUE TIENEN UNA LONGITUD MENOR A LA COMERCIAL Y QUE SE EMPLEAN PARA AJUSTAR LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN A UNA LONGITUD DETERMINADA.

e) NIPLES O COPLES.- SON LAS PIEZAS QUE SE UTILIZAN PARA HACER LA INTERCONEXIÓN ENTRE UNA TUBERÍA Y UN CODO, UNA T, O REDUCCIÓN.

f) TAPAS CIEGAS.- COMO SU NOMBRE LO INDICA, SON TAPONES QUE SE COLOCAN CUANDO EN UN EXTREMO DE TUBERÍA NO VA A TRABAJAR POR CIERTO TIEMPO.

g) JUNTAS.- SE UTILIZAN PARA ABSORBER ESFUERZOS POR CAMBIOS DE TEMPERATURA, DAR FLEXIBILIDAD Y PODER UNIR UNA TUBERÍA A CON CUALQUIER PIEZA ESPECIAL.

#### 4.2 LÍNEAS DE ALIMENTACION

LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN, EN REALIDAD VIENE SIENDO UNA LÍNEA DE CONDUCCIÓN, CON LA DIFERENCIA QUE CUANDO SE USA ESTE TÉRMINO PARA DESIGNAR A UN TRAMO DE LA TUBERÍA, ÉSTA SE ENCUENTRA EN LA ZONA DE CAPTACIÓN O EXPLORACIÓN, YA SEA EL CASO DE UN VASO, DE UNA PRESA O UN CAMPO DE POZOS.

LOS MATERIALES QUE SE UTILIZAN PARA ESTA LÍNEA SON LOS MISMOS QUE PARA LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN, AL IGUAL QUE TAMBIÉN SE LLEGAN A UTILIZAR PIEZAS ESPECIALES.

#### 4.3 CALCULO DE LA LÍNEA DE CONDUCCION O DE CAPTACION

EL CALCULO DE LAS LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN DE POZOS Y CON-

DUCCIONES, CONSISTE EN DETERMINAR POR TRAMOS LOS DIÁMETROS DE TUBERÍA EN FUNCIÓN DEL CAUDAL QUE LLEVA Y LA VELOCIDAD ADECUADA PARA EL TIPO DE MATERIAL. SE ACOSTUMBRA INICIARSE EL CÁLCULO POR LOS TRAMOS FINALES PARA CONSIDERAR LA ACUMULACIÓN DE GASTOS CON LOS TRAMOS ANTERIORES.

#### 4.4 TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y REGULARIZACIÓN

LAS FUNCIONES Y OBJETIVO DE LOS TANQUES SON LAS SIGUIENTES:

- 1.- COMPENSADOR DE OFERTAS Y DEMANDAS QUE PUEDEN SER:
  - A) HORARIAS
  - B) DIARIAS
  - C) SEMANALES
  - D) MENSUALES

DE MANERA, QUE SIEMPRE EXISTA SUFICIENTE AGUA A UNA PRESIÓN ADECUADA EN TODOS LOS PUNTOS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.

- 2.- DISPONER DE AGUA PARA COMBATIR INCENDIOS, SIN SUSPENDER EL SERVICIO NORMAL DE AGUA POTABLE.

- 3.- TENER SUFICIENTE AGUA EN CASO DE OTRAS EMERGENCIAS, COMO POR EJEMPLO:

- A) REPARACIÓN DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN
- B) LIMPIEZA DE LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN
- C) FALLAS LEVES EN EL SISTEMA DE BOMBEO

#### 4.5 CÁLCULO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y REGULARIZACIÓN

PARA EFECTOS DEL DISEÑO DEL TANQUE SE PUEDEN CONSIDERAR DOS MÉTODOS QUE SON: GRÁFICO Y ANALÍTICO.

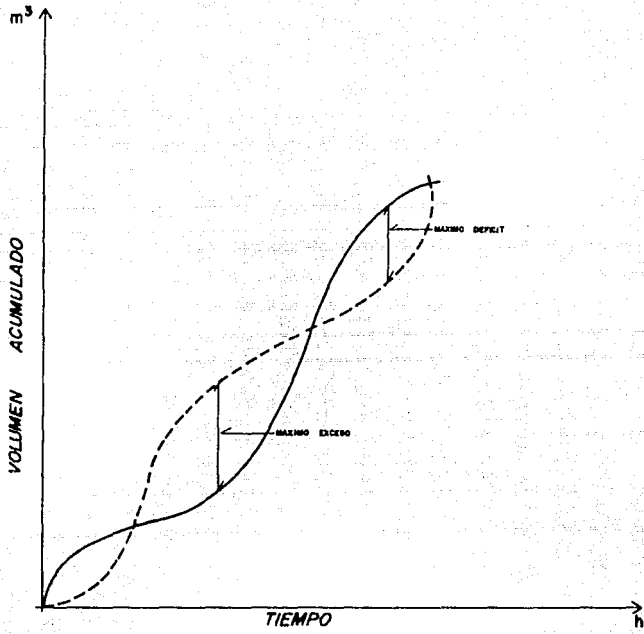
##### 4.5.1 METODO GRAFICO

EN LA GRÁFICA DE LA FIG. 4.1, PODEMOS OBSERVAR QUE EL TANQUE DEBE TENER UN VOLUMEN QUE OBSERVA EL MÁXIMO EXCESO MAS EL VOLUMEN QUE REPRESENTA EL MÁXIMO DÉFICIT. PERO COMO ESTE TANQUE TAMBIÉN DEBE ABSORBER UN VOLUMEN PARA INCENDIO, POR LO TANTO, EL VOLUMEN DE DISEÑO SE EXPRESA DE LA SIGUIENTE FORMA:

$$\text{VOL. NECESARIO ES = VOL. MAX. EXCESO + VOL. MAX. DÉFICIT}$$
$$\text{VOL. DISEÑO = 1.30 (VOL. NECESARIO + VOL. INCENDIO)}$$

##### 4.5.2 METODO ANALITICO

PARA LA SOLUCIÓN DE ESTE MÉTODO SE AUXILIA DE UNA TABLA LA CUAL SE INTEGRA DE CINCO COLUMNAS.



———— GRAFICA DE DEMANDA  
 - - - - - GRAFICA DE ABASTECIMIENTO

FIG. 4.1

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| ENEP - ACATLAN - UNAM            |           |
| METODO GRAFICO                   |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ | 8004983-6 |
| NI CUENTA                        |           |



| HORA | ENTRADA | SALIDA | DIFERENCIAS | DIFERENCIAS<br>ACUMULADAS |
|------|---------|--------|-------------|---------------------------|
| 0    | ( + )   | ( - )  |             |                           |
| 24   |         |        |             |                           |

DE LA ÚLTIMA COLUMNA, SE TOMA EL VALOR MÁS ALTO POSITIVO QUE SIGNIFICA EL MÁXIMO EXCESO Y EL MÁS ALTO NEGATIVO QUE ES EL MÁXIMO DÉFICIT, POR LO QUE EL VOLUMEN DE DISEÑO SE ESTABLECE -- CON LA EXPRESIÓN:

$$\text{VOL DISEÑO} = 1.30 (\text{VOL NECESARIO} + \text{VOL INCENDIO})$$

## CAPITULO V

### SISTEMA MIXQUIC - STA. CATARINA

#### 5.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

LA COMISIÓN DE AGUAS DEL VALLE DE MÉXICO EN SU AFÁN DE --- DISMINUIR LA GRAN CARENCIA DE AGUA POTABLE QUE SE TIENE EN ALGUNAS ZONAS DEL D.F., ESPECIALMENTE EN ÉPOCA DE ESTIAJE Y DE ACUEN--- DO AL PLAN DE ACCIÓN INMEDIATA, PROGRAMÓ CONSTRUIR EL SISTEMA -- MIXQUIC - STA. CATARINA, QUE AUNQUE NO RESUELVE EL PROBLEMA DE - ABASTECIMIENTO, SÍ SE MEJORA A UNA GRAN PARTE DE LA POBLACIÓN, - TANTO DEL D.F., COMO DEL ESTADO DE MÉXICO.

#### 5.1.1 DATOS DEL PROYECTO

|   |   |
|---|---|
| FUENTE DE ABASTECIMIENTO:                   | AGUAS SUBTERRÁNEAS                          |
| OBRAS DE CAPTACIÓN:                         | 16 POZOS PROFUNDOS                          |
| GASTO PARCIAL DE EXPLOTACIÓN:               | 100 LPS POR POZO                            |
| GASTO TOTAL DE CONDUCCIÓN:                  | 1.5 m <sup>3</sup> /g                       |
| CAPTACIÓN DE LA LÍNEA DE CON---<br>DUCCIÓN: | 1.5 m <sup>3</sup> /g                       |
| SITIOS DE ENTREGA:                          | TANQUES.- LA CALDERA DEL<br>D.F. Y C.E.A.S. |
| SISTEMA:                                    | BOMBEO A LA PLANTA POTABILIZADORA           |

#### 5.2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA Y PROCESO CONSTRUCTIVO

#### 5.2.1 FUENTE DE ABASTECIMIENTO

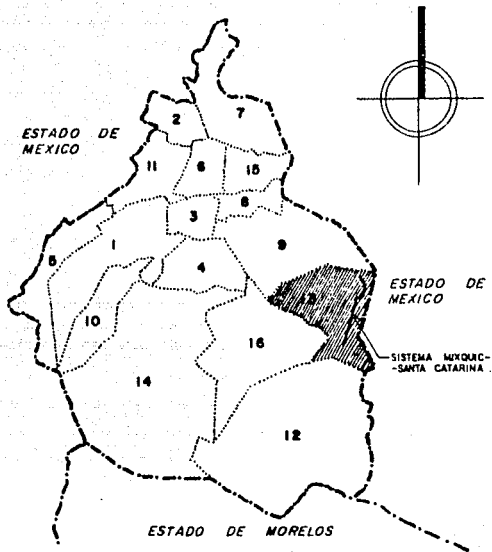
EL ACUÍFERO SUBTERRÁNEO SELECCIONADO COMO FUENTE DE ABAS--- TECIMIENTO, SE LOCALIZA EN EL SURESTE DE LA CIUDAD DE MÉXICO Y - AL SUR DEL PUEBLO STA. CATARINA, EN TERRENOS EJIDALES DE STA. CA--- TARINA Y TLÁHUAC, D. F. FIG. 5.1.

#### 5.2.2. OBRAS DE CAPTACIÓN:

LA CAPTACIÓN EN PROYECTO SE HARÁ MEDIANTE 16 POZOS PROFUN--- DOS, PERFORADOS A 500 MTS. UNO DEL OTRO Y EQUIPADOS CON BOMBAS - VERTICALES PARA POZOS PROFUNDOS CAPACES DE EXTRAER UN GASTO DE - 100 L.P.S. POR CADA EQUIPO, A LA FECHA DE REALIZACIÓN DEL PROYEC--- TO SE CUENTA CON EL ESTUDIO DE 14 POZOS.

#### 5.2.3 LÍNEA DE CONDUCCIÓN

LA LÍNEA SE CONSTRUIRÁ CON TUBERÍA, DE ASBESTO - CEMENTO DE DIFERENTES DIÁMETROS Y CLASES EN BASE AL GASTO Y VELOCIDADES DEL PROYECTO. EN LOS ANEXOS CA-D 1-001 AL CA-D 1-007 SE MUESTRAN LOS DETALLES DEL PROYECTO EJECUTIVO DE LA LÍNEA, INDICANDO EL TRAZO GEOMÉTRICO EN PLANTA, PERFIL HIDRÁULICO Y DEL TERRENO.



**DISTRITO FEDERAL, MEX.**

- 1 Alvaro Obregón
- 2 Azcapotzalco
- 3 Benito Juárez
- 4 Coyoacán
- 5 Cuajimalpa
- 6 Cuauhtémoc
- 7 Gustavo A Madero
- 8 Iztacalco
- 9 Iztapalapa
- 10 Magdalena Contreras
- 11 Miguel Hidalgo
- 12 Milpa Alta
- 13 Tiñahuac ←
- 14 Tlalpan
- 15 Venustiano Carranza
- 16 Xochimilco

FIG. 5.1

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| <b>ENEP-ACATLAN-UNAM</b>         |           |
| <b>LOCALIZACION</b>              |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ |           |
| Nº CUENTA                        | 8004983-6 |

### 5.2.3.1 CANTIDAD DE TUBERIA

TRAMO: CAMPO DE POZOS  
TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO DE:

|                |              |        |
|----------------|--------------|--------|
| 610 mm ( 24" ) | CLASE A - 10 | 2000 m |
| 762 mm ( 30" ) | CLASE A - 10 | 1611 m |
| 914 mm ( 36" ) | CLASE A - 10 | 2425 m |

TRAMO: POZO No. 1 - PLANTA POTABILIZADORA  
TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO DE:

|                |              |        |
|----------------|--------------|--------|
| 914 mm ( 36" ) | CLASE A - 10 | 235 m  |
| 914 mm ( 36" ) | CLASE A - 7  | 2872 m |

TRAMO: PLANTA POTABILIZADORA - TANQUE LA CALDERA DEL D.D.F.  
TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO DE:

|                |             |        |
|----------------|-------------|--------|
| 762 mm ( 30" ) | CLASE A - 7 | 1593 m |
|----------------|-------------|--------|

TRAMO: PLANTA POTABILIZADORA - ESTACIÓN DE BOMBEO LA CALDERA DE LA C.A.V.M.  
TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO DE:

|                |             |        |
|----------------|-------------|--------|
| 610 mm ( 24" ) | CLASE A - 5 | 1560 m |
|----------------|-------------|--------|

TODAS ESTAS LÍNEAS SE PUEDEN LOCALIZAR EN LOS PLANOS DEL PROYECTO EJECUTIVO SEGÚN ANEXOS DEL CA-D 1-001 AL CA-D 1-010.

### 5.2.4 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

EL CAMPO DE POZOS PROPORCIONARÁ UN CAUDAL DE 1.5 M<sup>3</sup>/SEG. - EL CUAL SE CONDUCE HASTA LA PLANTA POTABILIZADORA, A TRAVÉS DE 9.5 KM. DE TUBERÍA DE ASBESTO CEMENTO DE DIFERENTES DIÁMETROS Y CLASES. SIN EMBARGO, DADO QUE LA PLANTA POTABILIZADORA AÚN ESTÁ EN ESTUDIO DE VIABILIDAD, LA DESCARGA DE 1.5 M<sup>3</sup>/SEG. SE HARÁ AL CÁRCAMO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO Y DE ESTE SITIO SE ENTREGARÁ UN GASTO DE 750 L.P.S.; TANTO AL TANQUE DEL DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL, COMO AL TANQUE DE LA COMISIÓN ESTATAL DE AGUAS Y SANAMIENTO DEL ESTADO DE MÉXICO ( CEAS ). VER ANEXO CA-D 1-000.

LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE PROYECTO, SE LOCALIZARÁ A LA ALTURA DEL KM. 21 + 740 DE LA AUTOPISTA MÉXICO - PUEBLA, LA CUAL CONTARÁ CON CUATRO BOMBAS HORIZONTALES DE 250 L.P.S. ACOPLADAS A MOTORES ELÉCTRICOS DE 250 H.P. - ASI MISMO, DEL CÁRCAMO DE BOMBEO SE CONDUCE POR GRAVEDAD UN GASTO DE 750 L.P.S. HASTA LA ESTACIÓN DE BOMBEO LA CALDERA QUE OPERA LA C.A.V.M. Y DE ESTE SITIO SE BOMBEOARÁ EL AGUA AL TANQUE DE CEAS. LA ESTACIÓN DE BOMBEO LA CALDERA CONSTARÁ DE 4 BOMBAS DE 500 L.P.S. PARA OPERAR CON UN GASTO DE 1.5 M<sup>3</sup>/SEG.

### 5.2.5 CLORACION

ESTE PROCESO EN UNA PRIMERA ETAPA SE REALIZARÁ EN CADA PUNTO EN LO QUE SE EJECUTAN LOS TRABAJOS DE CONTROL DE CALIDAD, Y DEPOSIENDO DEL RESULTADO QUE ARROJEN LOS MISMOS SE DARÁ INICIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LA PLANTA POTABILIZADORA.

### 5.2.6 SISTEMA DE LODOS

PARA EFECTOS DE PERFORACIÓN DE LOS POZOS SE CONSTRUYEN CÁR--  
CAMOS EN LOS CUÁLES SE PREPARA EL LODO. ÉSTE LODO SE REALIZA CON ---  
BENTONITA Y AGUA.

ESTE LODO SIRVE PARA LUBRICAR LA HERRAMIENTA DE PERFORACIÓN, --  
TAMBIÉN SE UTILIZA COMO BASE A LAS PAREDES DEL POZO PARA EVITAR ---  
DERRUMBES O DESLAVES DEL TERRENO.

EL SISTEMA DE LODOS FUNCIONA DE LA SIGUIENTE MANERA:

SE PREPARA EL LODO Y SE COLOCA EN EL CÁRCAMO DE REBOMBEO, ---  
DE AQUÍ LO TOMA LA BOMBA Y LO MANDA AL EQUIPO DE PERFORACIÓN, EL ---  
CUAL, SI SE TIENE CIRCULACIÓN DE LODOS, SE CUENTA CON UN CANAL DE --  
CIRCULACIÓN QUE VA AL CÁRCAMO DE DECANCIÓN Y DE AQUÍ AL CÁRCAMO --  
DE REBOMBEO Y SE VUELVE A EMPEZAR EL CICLO. (FIGS. 5.2 )

### 5.2.7 PERFORACION EXPLORATORIA

LA PERFORACIÓN EXPLORATORIA CONSISTE EN IR PERFORANDO Y A ---  
CADA DOS METROS PERFORADOS SE EXTRAE UNA MUESTRA DEL SUELO Y SE ---  
LLEVA EL REGISTRO DEL TIEMPO QUE SE LLEVÓ PERFORAR ESOS DOS METROS.  
ESTE PROCEDIMIENTO SE LLEVA HASTA LA PROFUNDIDAD DESEADA DE ESTUDIO.

YA ESTANDO PERFORADO EL POZO SE REALIZA EL ESTUDIO ELÉCTRICO.  
EL CUAL SE REALIZA INTRODUCIENDO UNA SONDA POR LA PERFORACIÓN Y EN--  
LA SUPERFICIE SE TIENE UNA HOJA MILIMÉTRICA QUE VA ESCRIBIENDO DESDE  
DONDE ES MÁS PERMEABLE EL SUELO Y MÁS DURO. (FIG. 5.3 )

### 5.2.8 METODO DE AMPLIACION

EL MÉTODO CONSISTE EN INCREMENTAR EL DIÁMETRO DEL POZO.

SE REALIZA CUANDO EL TERRENO TIENE MUY Poca RESISTENCIA Y SE--  
DERRUMBA CON FACILIDAD O CUANDO NO SE DEBEA OBTENER EL AGUA QUE SE --  
ENCUENTRA EN ESTE ESTRATO, POR DISTINTAS CAUSAS.

### 5.3 CEMENTACION DE POZOS

ESTA OPERACIÓN DEBE REALIZARSE CUANDO SE PRETENDE AISLAR UN --  
ACUÍFERO DE ALTA SALINIDAD, QUE SE ENCUENTRA EN LA PARTE SUPERIOR ---  
DEL POZO.

LA CEMENTACIÓN DEBERÁ REALIZARSE MEDIANTE EL SISTEMA PETROLE--  
NO DE DOBLE TAPÓN.



P A S O

CARCAMO DE REBOMBEO

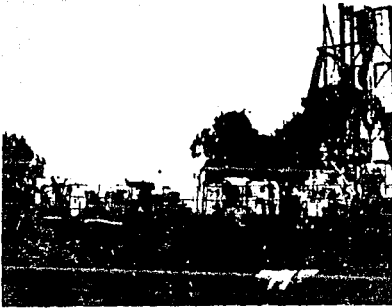
P A S O 2

BOMBA



FIG. 5.2





P A S O 3

EQUIPO DE PERFORACION.

P A S O 4

EQUIPO DE PERFORACION

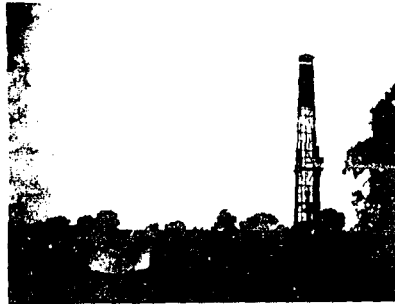


FIG. 5.2

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| ENEP-ACATLAN-UNAM.               |           |
| SISTEMA DE LODOS                 |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ |           |
| Nº CUENTA                        | 8004983-6 |



P A S O 5

CANAL DE CIRCULACION.

P A S O 6



CARGAMO DE DECANTACION

FIG. 5.2

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| ENEP - ACATLAN - UNAM            |           |
| SISTEMA DE LODOS                 |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUNIZ |           |
| NR CUENTA                        | 8004883-6 |



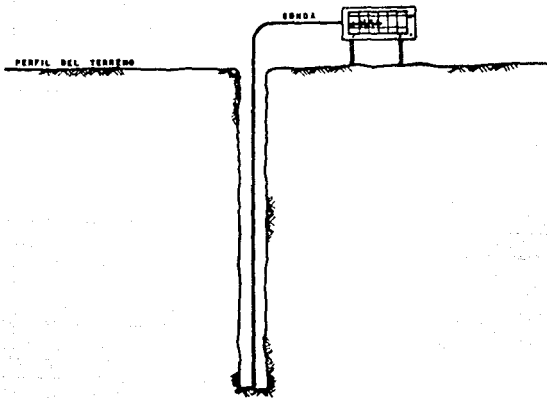


FIG. 5.3

|                                  |             |
|----------------------------------|-------------|
| ENEP - ACATLAN - UNAM            |             |
| ESTUDIO ELECTRICO                |             |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ |             |
| Nº CUENTA                        | 8004983 - 6 |

ANTES DE INTRODUCIR LA TUBERÍA DE BOMBEO, SE RECOMIENDA -  
COLGAR UN TAPÓN DE CEMENTO EN EL EXTREMO INFERIOR DE LA TUBERÍA,  
QUE ADEMÁS DE GUIARLA A TRAVÉS DE LAS IRREGULARIDADES QUE PUEDEN  
EXISTIR EN EL AGUJERO, SIRVE PARA PERMITIR LA CIRCULACIÓN DE LA  
LECHADA DE CEMENTO DEL INTERIOR AL EXTERIOR DE LA TUBERÍA E INVE-  
DIR LA CIRCULACIÓN EN EL SENTIDO INVERSO. DICHO TAPÓN SERÁ DE --  
APROXIMADAMENTE 0.60 M. DE ESPESOR.

UNA VEZ FRAGUADA LA LECHADA QUE CONSTITUYE EL TAPÓN, A --  
UNA DISTANCIA APROXIMADA DE 0.70 M. SE CORTARÁN CON SOPLETE CUATRO  
AGUJEROS DE APROXIMADAMENTE  $1\frac{1}{2}$ " DE DIÁMETRO Y QUE SE UTILI-  
ZARÁN PARA EXPULSAR LA LECHADA.

PARA DETERMINAR LA CANTIDAD DE CEMENTO QUE SE VA A EM-  
PLEAR EN LA CEMENTACIÓN DE UNA TUBERÍA, SE PARTE DE LA SIGUIENTE  
BASE: CADA SACO DE CEMENTO DE 50 Kg. MEZCLADO CON 40 A 50 % DE --  
SU PESO EN AGUA, ES IGUAL A 45 LITROS DE LECHADA CON UNA DENSI-  
DAD QUE VARÍA DE 1.30 A 1.90.

ASÍ, PARA LA CEMENTACIÓN DEL ESPACIO ANULAR, TENDREMOS --  
QUE CUANTIFICAR; ENTRE TUBERÍA DE 32" DE DIÁMETRO Y TUBERÍA DE --  
24" DE DIÁMETRO, 45.0 M.; ENTRE PERFORACIÓN DE 30" DE DIÁMETRO Y  
TUBERÍA DE 24", 0.0 M.

AL RESULTADO DE LA CUANTIFICACIÓN SE LE AGREGA UN 20 % --  
POR PERDIDAS QUE SE TIENEN AL ESTAR EFECTUANDO LA OPERACIÓN, ASÍ  
COMO SU CANALIZACIÓN DE LA LECHADA EN EL FONDO, POR LA PENETRA-  
CIÓN DEL CEMENTO A LAS FORMACIONES PERMEABLES O POR DERRUMBES --  
QUE SE PRODUCEN DURANTE LA PERFORACIÓN.

LA OPERACIÓN DE CEMENTACIÓN, PODRÁ REALIZARSE CON LA MIS-  
MA BOMBA DE LODOOS DEL EQUIPO DE PERFORACIÓN, TENIENDO CUIDADO --  
QUE AL TERMINAR LA CEMENTACIÓN, LA BOMBA SE SOMETA A UN LAVADO --  
MINUCIOSO PARA QUE SUS PARTES NO SEAN AFECTADAS POR LA PROPIEDAD  
ABRASIVA DEL CEMENTO.

UNA VEZ QUE LA TUBERÍA QUE SE VA A CEMENTAR SE ENCUENTRA  
COLOCADA, SE INSTALARÁN LOS ACCESORIOS DESCRITOS EN LA ( FIG. --  
5.4 ).

YA CALCULADA LA CANTIDAD DE CEMENTO POR UTILIZAR, SE APLI-  
CARÁN LOS SACOS DE TAL MANERA QUE PUEDAN SER FACILMENTE DESPLAZA-  
DOS HASTA UNA TOLVA O EMBUDO EN CUYO EXTREMO INFERIOR SE CONECTA  
LA MANGUERA DE PRESIÓN DEL AGUA, A FIN DE QUE ÉSTE A SU PASO, --  
ARRASTRE EL CEMENTO EN FORMA DE LECHADA. ESTA LECHADA SE DEPOSITA  
EN UNA DE LAS FOSAS DONDE SE CONTINÚA AGITANDO PARA QUE POSTE-  
RIORMENTE SER BOMBEADA AL INTERIOR DE LA TUBERÍA.

EL LODO DE PERFORACIÓN SERÁ DESALOJADO POR LA INYECCIÓN -

DE LECHADA.

INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE TERMINAR LA INYECCIÓN DE TODA LA LECHADA, SE PROCEDERÁ A AFLOJAR LOS TORNILLOS SUJETADORES DEL ÉMBUDO DE MADERA Y PARA DESPLAZARLO JUNTO CON LA LECHADA CONTENIDA EN EL INTERIOR DEL TUBO, SE INYECTARÁ LODO HASTA QUE LA LECHADA DERRAME POR LA BOCA DEL POZO; LO QUE INDICARÁ QUE YA HA OCUPADO TOTALMENTE EL ESPACIO ANULAR POR CEMENTAR. AL SEGUIR INYECTANDO LODO Y NO SALIR POR EL TAPÓN, HA LLEGADO AL FONDO DE LA TUBERÍA; EL MANÓMETRO DE LA BOMBA REGISTRARÁ UN INCREMENTO DE PRESIÓN, MISMO QUE SE APROVECHARÁ CERRANDO BRUSCAMENTE LA VÁLVULA DE COMPUERTA, CON OBJETO QUE LA PRESIÓN DEL CEMENTO ANTES DE FRAGUAR, NO INVIERTA LA CIRCULACIÓN Y LEVANTE EL TAPÓN DE MADERA. SE DESCONECTA LA MANGUERA DE INYECCIÓN Y SE PROCEDE AL LEVANTADO INMEDIATO DE LA BOMBA DE LODOS. SE SUSPENDEN LOS TRABAJOS POR UN LAPSO DE 48 HORAS PARA QUE EL CEMENTO TERMINE DE FRAGUAR, CONTINUÁNDOSE DESPUÉS, DESPLAZANDO LOS TAPONES ALOJADOS EN EL FONDO DE LA TUBERÍA DE LA CÁMARA DE BOMBEO.

EL REPASO CON DOBLE RIMA SE REALIZA PARA ASEGURARNOS DE QUE EL POZO NO TIENE SALIENTES QUE NOS VAYAN A IMPEDIR LA ENTRADA DE LA TUBERÍA DEL POZO O PARA ESTAR SEGUROS DE QUE EL POZO ESTÉ A PLOMO. ( FIG. 5.5 )

YA RIMADO EL POZO, SE CALIBRA ANTES DE SER ENTUBADO PARA TENER UNA AMPLIA SEGURIDAD DE QUE LA TUBERÍA NO VA HA TENER PROBLEMAS.

CALIBRADO EL POZO, SE ENTUBA EL MISMO CON CENTRADORES, ÉSTOS TIENEN LA FUNCIÓN DE MANTENER SIEMPRE AL TUBO AL CENTRO, A LA VEZ, ÉSTOS SIRVEN PARA ATORARSE A LAS PAREDES DEL POZO.

YA ESTANDO COLOCADOS, SE PROSIGUE A BAJAR LA TUBERÍA RANURADA.

EN ESTA TUBERÍA ES EN LA CUAL SE VA A LLEVAR LA EXPLOTACIÓN DEL ACUÍFERO.

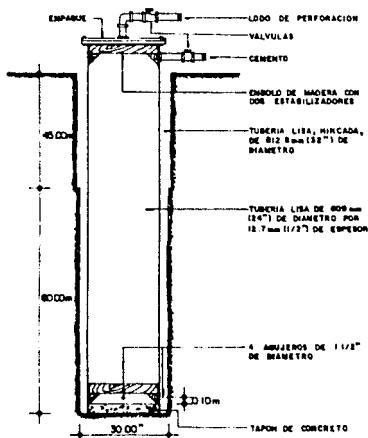
ESTA TUBERÍA NO SE SUELTA HASTA QUE ES COLOCADA LA GRAVA ALREDEDOR, LA CUAL LE SIRVE DE ADEME AL POZO. ( FIG. 5.6 )

EL PISTONEO DE POZOS CON TUBERÍA RANURADA SE REALIZA PARA QUE SE CONSOLIDE LA ANEÑA.

LA PERFORACIÓN EXPLORATORIA ES LA QUE NOS DETERMINA EL DISEÑO DEL POZO.

EN OCACIONES ES NECESARIO DEJAR LOS POZOS DE EXPLORACIÓN PARA QUE NOS SIRVAN COMO NIVELES PIEZOMÉTRICOS.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



COTAS EN METROS

FIG. 5.4

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| ENEP - ACATLAN - UNAM            |           |
| CEMENTACION                      |           |
| JUAN JOSE DE JESUS / MEIDA MURIZ |           |
| Nº CUENTA                        | 8004983-6 |

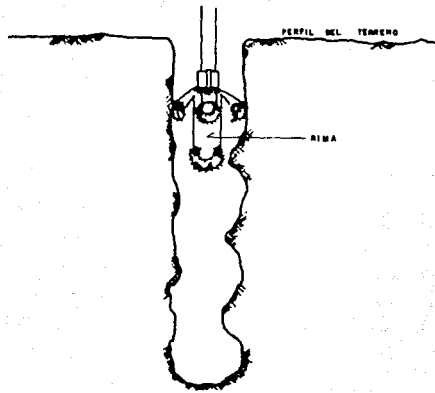


FIG. 5.5

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| ENEP - ACATLAN - UNAM            |           |
| REPASO CON DOBLE RIMA            |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑOZ |           |
| NT CUENTA                        | 8004983-6 |

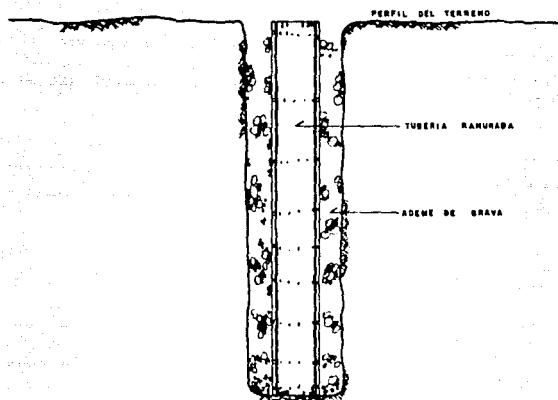


FIG. 5.6

|                                  |           |
|----------------------------------|-----------|
| ENEP - ACATLAN - UNAM            |           |
| TUBERIA RANURADA Y               |           |
| ADEME DE GRAVA                   |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ |           |
| Nº CUENTA                        | 8004983-6 |

PARA LA EJECUCIÓN DE UN POZO SE ENCUENTRAN INVOLUCRADAS -  
DISTINTAS PERSONAS Y VARIOS ESTUDIOS.

#### 5.4 DISEÑO DE POZOS

AL REALIZAR LAS PERFORACIONES SE OBTUVIERON MUESTRAS DE -  
LA CIRCULACIÓN DE LODOS Y SE OBTUVO LA CLASIFICACIÓN LITOLÓGICA  
DE CADA POZO, A LA VEZ QUE SE REALIZÓ EL DISEÑO DE LA TERMINA-  
CIÓN DE CADA POZO.

A CADA POZO SE LE REALIZÓ UNA PRUEBA DE AFORO EN LA CUAL  
SE OBTUVO UNA TABLA CON LA CUAL DESPUÉS EN GABINETE SE OBTUVO SU  
GRÁFICA.

A CONTINUACIÓN SE ENCUENTRA LA CLASIFICACIÓN LITOLÓGICA,  
ASÍ COMO EL DISEÑO DE TERMINACIÓN Y LA PRUEBA DE AFORO DE CADA -  
POZO.

##### 5.4.1 CLASIFICACION LITOLÓGICA

###### POZO I

| METROS    | MATERIAL               |
|-----------|------------------------|
| 0 - 86    | ARCILLA                |
| 86 - 96   | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |
| 96 - 115  | BASALTO SANO           |
| 115 - 140 | ARENA FINA NEGRA       |
| 140 - 146 | GRAVA                  |
| 146 - 150 | ARENA FINA             |
| 150 - 156 | GRAVA                  |
| 156 - 170 | ARENA FINA NEGRA       |
| 170 - 190 | GRAVA                  |
| 190 - 250 | ARENA FINA NEGRA       |
| 250 - 278 | BRECHA BASÁLTICA       |
| 278 - 304 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |
| 304 - 394 | BRECHA BASÁLTICA       |

###### POZO II

| METROS    | MATERIAL               |
|-----------|------------------------|
| 0 - 33    | ARCILLA                |
| 33 - 100  | BASALTO SANO           |
| 100 - 400 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |

POZO III

| METROS    | MATERIAL               |
|-----------|------------------------|
| 0 - 92    | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |
| 92 - 120  | BASALTO SAND           |
| 120 - 166 | TOBA PUMITICA          |
| 166 - 400 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |

POZO IV

| METROS   | MATERIAL   |
|----------|--|
| 0 - 2    | ARENA COLOR CAFÉ OSCURO, FORMADA POR DETRITOS DE COMPOSICIÓN BASÁLTICA, CUARZO Y ALGUNOS FELDES PATOS. |
| 2 - 10   | ROCA BASÁLTICA CON TEXTURA VISICULAR AMIGDALOIDE   |
| 10 - 400 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN   |

POZO V

| METROS | MATERIAL   |
|--------|--|
| 0 - 20 | BASALTO CON TEXTURA PIROCLÁSTICA VESICULAR AMIGDALOIDE, ÉSTAS SE ENCUENTRAN RELLENAS DE MATERIAL ARENOSO Y PÓMEZ |
|        | A PARTIR DE LOS 18 METROS LA TEXTURA ES AFANÍTICA.   |

POZO VI

| METROS    | MATERIAL                |
|-----------|-------------------------|
| 0 - 124   | ARCILLA                 |
| 124 - 136 | TOBAS ARENOARCILLOSAS   |
| 136 - 174 | ARCILLA                 |
| 174 - 192 | TOBAS ARENOARCILLOSAS   |
| 192 - 202 | PÉRDIDAS DE CIRCULACIÓN |
| 202 - 210 | TOBAS ARENOARCILLOSAS   |
| 210 - 350 | ARENA GRUESA            |
| 350 - 375 | TOBAS LITICAS           |
| 375 - 400 | ANDESITA MUY ALTERADA   |

POZO VII

| METROS  | MATERIAL         |
|---------|------------------|
| 0 - 38  | ARCILLA          |
| 38 - 50 | CENIZA VOLCÁNICA |



| METROS    | MATERIAL               |
|-----------|------------------------|
| 50 - 60   | ARCILLA                |
| 60 - 66   | TOBA ARCILLOSA         |
| 66 - 126  | ARCILLA                |
| 126 - 176 | ARCILLA POCO ARENOSA   |
| 176 - 182 | TOBAS                  |
| 182 - 218 | ARENAS                 |
| 218 - 256 | TOBAS ARENOARCILLOSAS  |
| 256 - 274 | ARENA GRUESA           |
| 274 - 286 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |
| 286 - 296 | TOBA ARENOSA           |
| 296 - 394 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |
| 394 - 400 | TOBA PUMÍTICA          |

POZO VIII

| METROS    | MATERIAL               |
|-----------|------------------------|
| 0 - 96    | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |
| 96 - 136  | BASALTO SANO           |
| 136 - 400 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |

POZO IX

| METROS    | MATERIAL                 |
|-----------|--------------------------|
| 0 - 12    | ARCILLA                  |
| 12 - 40   | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN   |
| 40 - 88   | ARCILLA POCO CARBONATADA |
| 88 - 96   | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN   |
| 96 - 140  | BASALTO SANO             |
| 140 - 400 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN   |

POZO X

| METROS   | MATERIAL                 |
|----------|--------------------------|
| 0 - 40   | ARCILLA                  |
| 40 - 48  | ARCILLA CARBONATADA      |
| 48 - 54  | ARCILLA                  |
| 54 - 94  | ARCILLA POCO CARBONATADA |
| 94 - 96  | ARCILLA                  |
| 96 - 400 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN   |

POZO XI

| METROS    | MATERIAL               |
|-----------|------------------------|
| 0 - 24    | ARCILLA                |
| 24 - 34   | ARCILLA CARBONATADA    |
| 34 - 76   | ARENA GRUESA           |
| 76 - 86   | ARCILLA CARBONATADA    |
| 86 - 166  | TOBAS ARENOSAS         |
| 166 - 168 | ARENA GRUESA           |
| 168 - 176 | TOBAS ARENOSAS         |
| 176 - 304 | ARENA GRUESA           |
| 304 - 400 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |

POZO XII

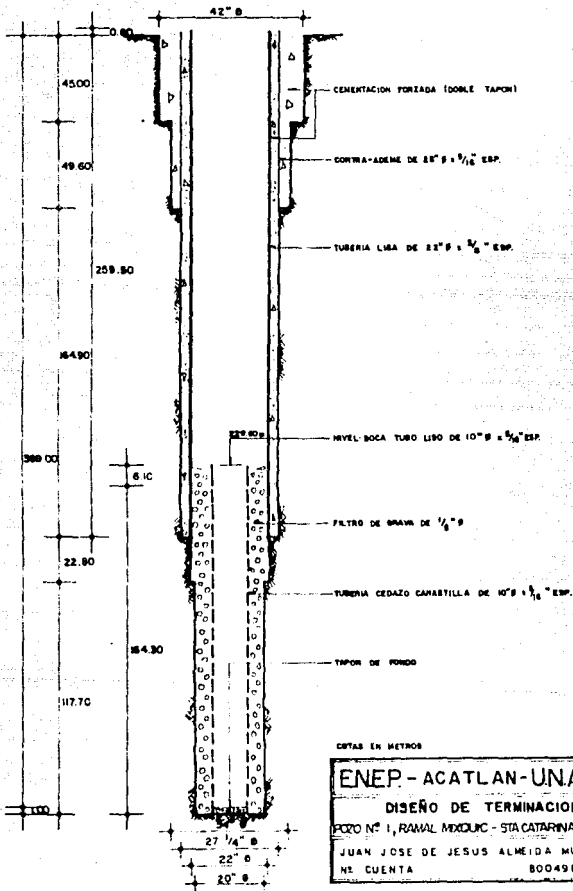
| METROS    | MATERIAL               |
|-----------|------------------------|
| 0 - 36    | ARCILLA                |
| 36 - 200  | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |
| 200 - 242 | ARCILLA                |
| 242 - 284 | ARENA                  |
| 284 - 310 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN |
| 310 - 312 | ARCILLA                |
| 312 - 340 | ARENA                  |
| 340 - 360 | GRAVA                  |
| 360 - 400 | ANDESITA MUY ALTERADA  |

POZO XIII

| METROS   | MATERIAL                     |
|----------|------------------------------|
| 0 - 12   | TOBA PUMÍTICA ARENOARCILLOSA |
| 12 - 20  | ARCILLA                      |
| 20 - 38  | TOBA PUMÍTICA ARENOARCILLOSA |
| 38 - 400 | PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN       |

POZO XIV

| METROS | MATERIAL   |
|--------|--|
|        | HUBO PÉRDIDA DE CIRCULACIÓN A DIFERENTES PROFUNDIDADES DURANTE LA PERFORACIÓN. |



CESTAS EN METROS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>                 |           |
| DISEÑO DE TERMINACION                        |           |
| POZO N° 1, RAMAL MXDLIC - STA CATARINA, D.F. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MURIZ             |           |
| NE CUENTA                                    | 8004983-6 |

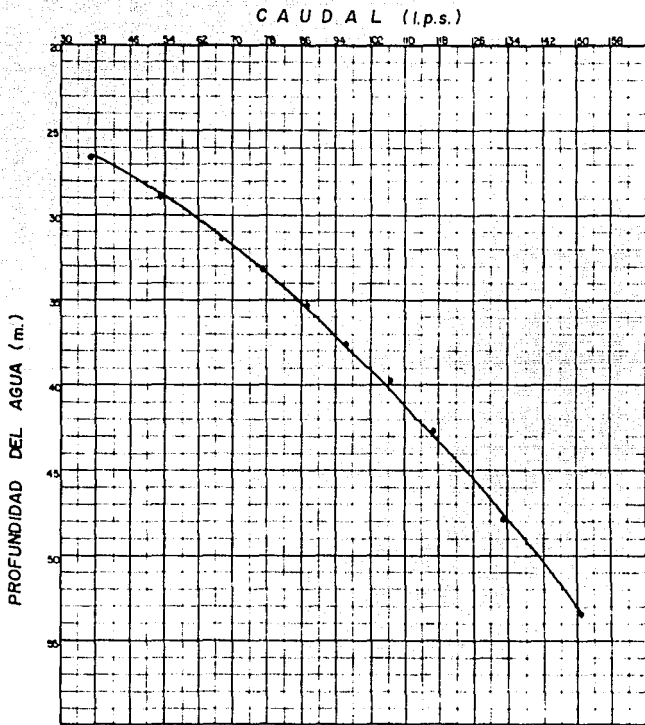
AFORO: 1982, AFORO 1

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORO  
POZO No. 1 - F.M.L. MIRONIC - STA. CATARINA, D.F.  
E: 23.15 m.

| R.P.M. | M.D.  | EST.  | CARGA<br>AXIAL | CAUDAL | CAUDAL<br>ESP. |
|--------|-------|-------|----------------|--------|----------------|
|        | m.    | m.    | cm.            | l.p.s. | l.p.s. m.      |
| 1100   | 26.44 | 8.28  | 9              | 37.0   | 5.88           |
| 1200   | 28.95 | 8.80  | 19             | 53.8   | 6.11           |
| 1300   | 31.38 | 11.23 | 30             | 67.6   | 6.02           |
| 1400   | 33.20 | 13.05 | 39             | 77.0   | 5.90           |
| 1500   | 35.37 | 15.22 | 50             | 87.2   | 5.73           |
| 1600   | 37.59 | 17.44 | 61             | 96.3   | 5.52           |
| 1700   | 39.75 | 19.60 | 74             | 106.1  | 5.41           |
| 1800   | 42.63 | 22.48 | 90             | 117.0  | 5.20           |
| 1900   | 47.85 | 27.70 | 117            | 133.4  | 4.82           |
| 2000   | 53.41 | 33.26 | 152            | 152.1  | 4.57           |

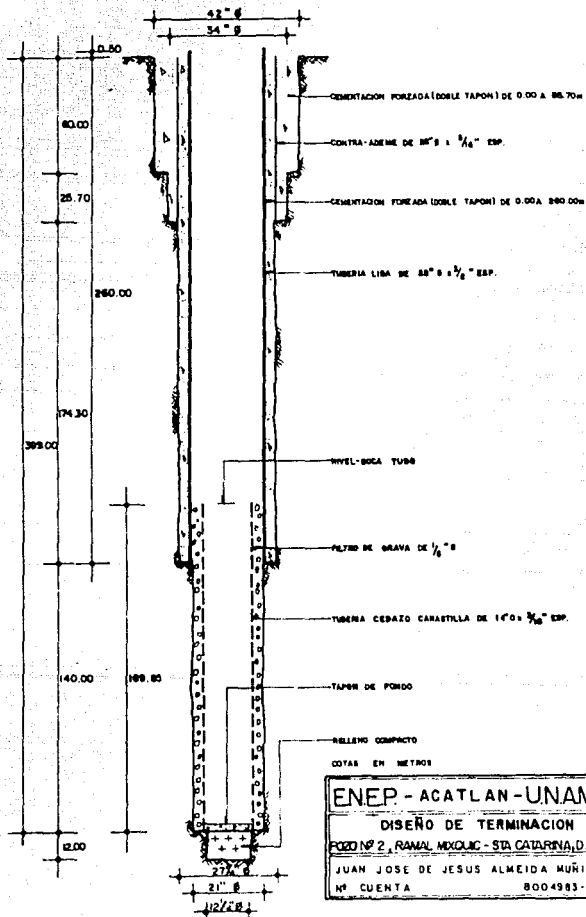
\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

PROFUNDIDAD DEL POZO: 400.00 m  
TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 22" PRODUCCION: 22" y 10"  
LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 22" 229.6m; 10" 170.40 m  
DESCARGA Y ORIFICIO: 10"-E' COLUMNA: 10" 100.0 m  
RECUPERACION EN: 2:00 HORAS A 22.72 m  
INICIO AFORO: 17:00 HORAS DEL 9 DE FEBRERO DE 1983  
TERMINO AFORO: 14:00 HORAS DEL 10 DE FEBREPO DE 1983



NIVEL ESTÁTICO 20.15 m.  
 NIVEL DINÁMICO 53.41 m.  
 CAUDAL MÁXIMO 152.10 l.p.s. (AFORADO)  
 ABATIMIENTO 33.28 m.  
 CAUDAL ESPECÍFICO 4.57 l.p.s./m.  
 PROFUNDIDAD 400.00 m.  
 DIÁMETRO ADEME 22 y 10 p.p.s.

|   |             |
|---|-------------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM.</b>                   |             |
| <b>PRUEBA DE AFORO</b>                          |             |
| POZO N° 1, RAMAL MIXQUITO - STA. CATARINA, D.F. |             |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ                |             |
| N° CUENTA                                       | 0004983 - 8 |



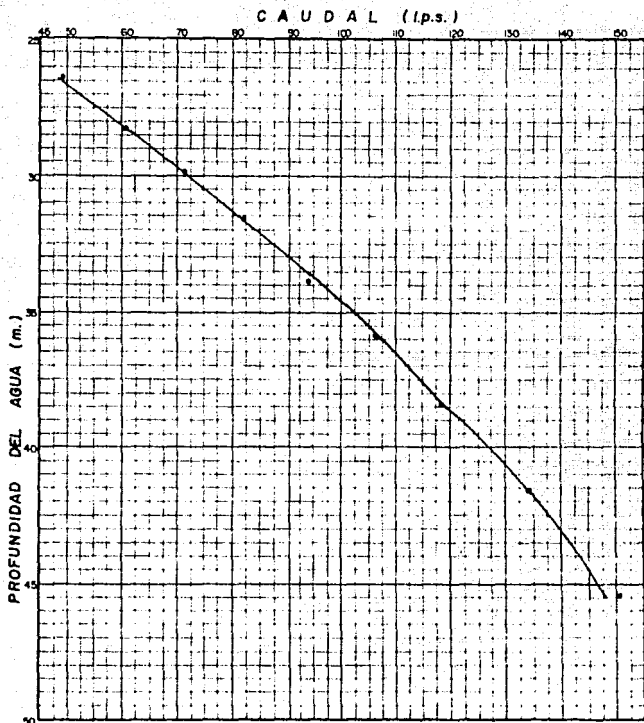
Arch: GRAF. AFORO 2

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORO  
 POZO No. 2 RAMAL MIRQUIC - STA. C-STARINA. C.F.  
 N. E. \* 18.50 m.

| P.P.H. | N.O. * | ABERT. | CAPSA<br>AXIAL | CAUDAL | CAUDAL<br>ESP. |
|--------|--------|--------|----------------|--------|----------------|
|        | m.     | m.     | cm.            | l.p.e. | l.p.e./m.      |
| 1100   | 26.35  | 7.75   | 16             | 49.3   | 6.36           |
| 1200   | 28.22  | 9.62   | 24             | 60.4   | 6.28           |
| 1300   | 29.85  | 11.25  | 33             | 70.9   | 6.30           |
| 1400   | 31.64  | 13.04  | 44             | 81.8   | 6.27           |
| 1500   | 33.83  | 15.23  | 57             | 93.1   | 6.11           |
| 1600   | 35.87  | 17.27  | 72             | 104.7  | 6.06           |
| 1700   | 38.44  | 19.84  | 92             | 118.3  | 5.96           |
| 1800   | 41.60  | 23.00  | 117            | 133.4  | 5.80           |
| 1900   | 45.46  | 26.89  | 148            | 150.1  | 5.59           |

\* LECTURAS REFEJIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

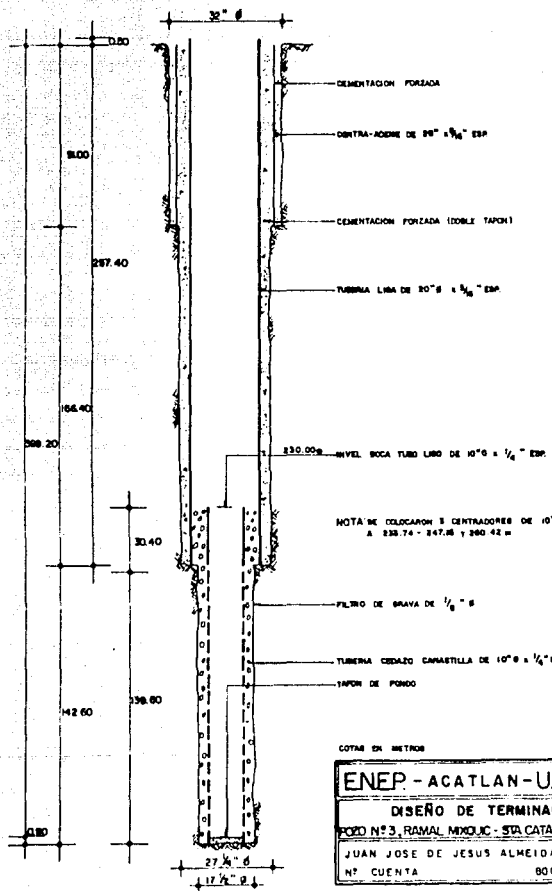
PROFUNDIDAD DEL POZO: 399.00 m  
 TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
 DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 22" PRODUCCION: 14"  
 LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 32" 230.15 m; 14" 162.85 m  
 DESCARGA Y OFICIO: 10"-8" COLUMNA: 10" 120.0 m  
 RECUPERACION EN: 2:00 HORAS A 21.44 m  
 INICIO AFORO: 18:00 HORAS DEL 25 DE NOVIEMBRE DE 1982  
 TERMINO AFORO: 14:00 HORAS DEL 26 DE NOVIEMBRE DE 1982



NIVEL ESTÁTICO 18.60 m  
 NIVEL DINÁMICO 45.46 m  
 CAUDAL MÁXIMO 150.10 lps (AFORADO)  
 ABATIMIENTO 26.88 m  
 CAUDAL ESPECÍFICO 5.59 lps/m  
 PROFUNDIDAD 388.00 m  
 DIÁMETRO ADEME 22.14 pulgs.

|  |            |
|--|------------|
| <b>ENEP - ACATLAN-UNAM</b>                   |            |
| PRUEBA DE AFORO                              |            |
| POZO N° 2, RAMAL MAQUIC, STA. CATARINA, D.F. |            |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ             |            |
| N° CUENTA                                    | 1004983 G. |





NOTA DE COLOCACION E CENTRADORES DE 10"-10" Ø  
 A 238.78 - 247.88 Y 260.42 m

COTAS EN METROS

|  |             |
|--|-------------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>                   |             |
| DISEÑO DE TERMINACION                          |             |
| POZO N° 3, RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F. |             |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ               |             |
| N° CUENTA                                      | 8004983 - 6 |

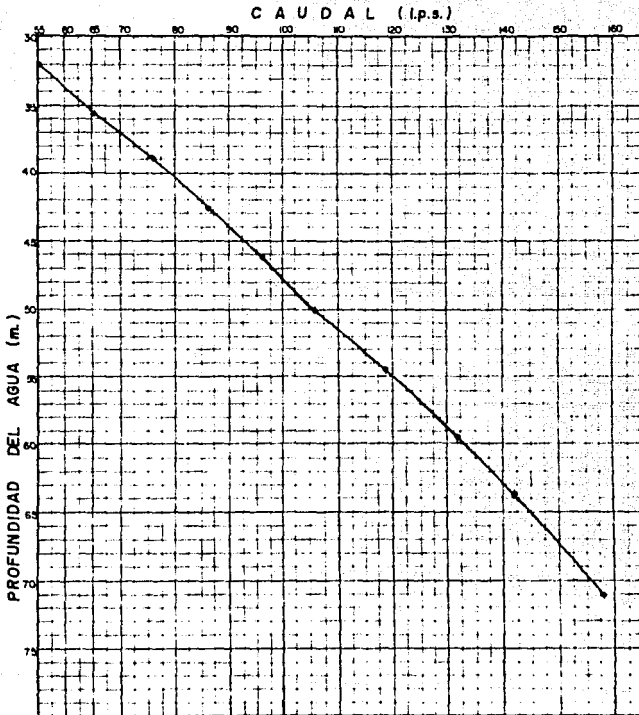
GRAF. AFORO 3

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORO  
 POZO No. 3 RAMA MIQUIC - STA. CATARINA, D.F.  
 N. E. \* 19.35 m.

| S.C.M. | N.D. * | ABAT. | CAPA         | CAUDAL | CAUDAL   |
|--------|--------|-------|--------------|--------|----------|
|        | m.     | m.    | AXIAL<br>cm. | l.p.e  | l.c.e./m |
| 1100   | 32.00  | 12.14 | 20           | 55.2   | 4.55     |
| 1200   | 35.60  | 15.74 | 28           | 65.3   | 4.15     |
| 1300   | 38.97  | 19.11 | 38           | 76.0   | 3.98     |
| 1400   | 42.59  | 22.73 | 49           | 86.3   | 3.60     |
| 1500   | 46.25  | 26.39 | 61           | 96.3   | 3.65     |
| 1600   | 50.37  | 30.51 | 75           | 106.8  | 3.50     |
| 1700   | 54.50  | 34.64 | 93           | 118.9  | 3.43     |
| 1800   | 59.38  | 39.52 | 114          | 131.7  | 3.33     |
| 1900   | 63.84  | 43.98 | 133          | 142.2  | 3.23     |
| 2000   | 71.02  | 51.16 | 164          | 158.0  | 3.09     |

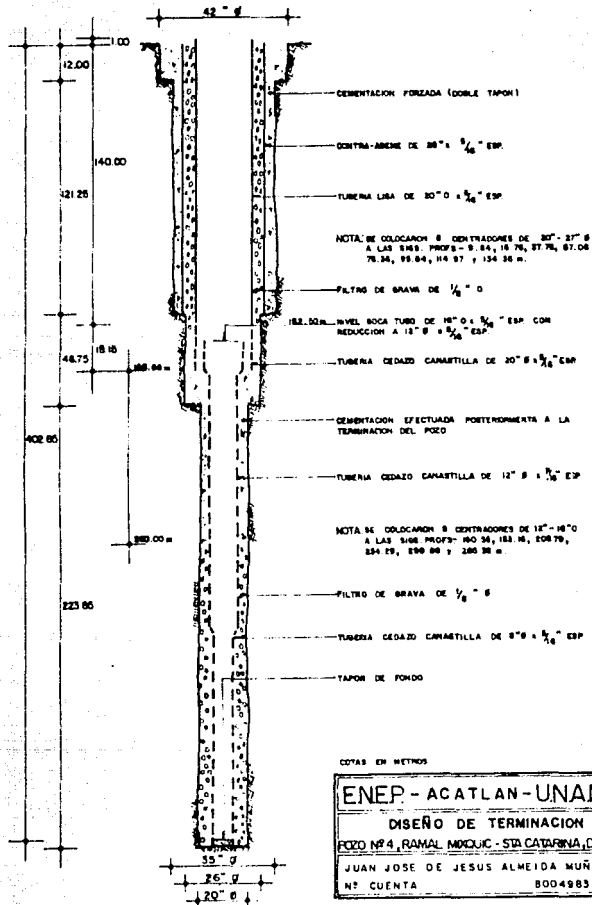
\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

PROFUNDIDAD DEL POZO: 400.00 m  
 TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
 DIAMETRO CAMARAS SOMBEO: 20" PRODUCCION: 10"  
 LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 20" 230.00 m; 10" 170.00 m  
 DESCARGA Y ORIFICIO: 10"-8" COLUMNA: 10" 100.0 m  
 RECUPERACION EN: 3:00 HORAS A 21.06 m  
 INICIO AFORO: 22:00 HORAS DEL 14 DE MARZO DE 1983  
 TERMINO AFORO: 2:00 HORAS DEL 16 DE MARZO DE 1983



NIVEL ESTÁTICO 19.06 m  
 NIVEL DINÁMICO 71.02 m  
 CAUDAL MÁXIMO 128.00 lps (AFORADGE)  
 ABATIMIENTO 51.18 m  
 CAUDAL ESPECÍFICO 3.09 lps/m  
 PROFUNDIDAD 400.00 m  
 DIÁMETRO ADEME 20 x 10 pulgs

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>                |           |
| PRUEBA DE AFORO                             |           |
| BOZÓN # 3, RAMAL MINOUC, STA CATARINA, D.F. |           |
| JUAN JOSÉ DE JESÚS ALMEIDA MURIZ            |           |
| Nº CUENTA                                   | 8004983-6 |



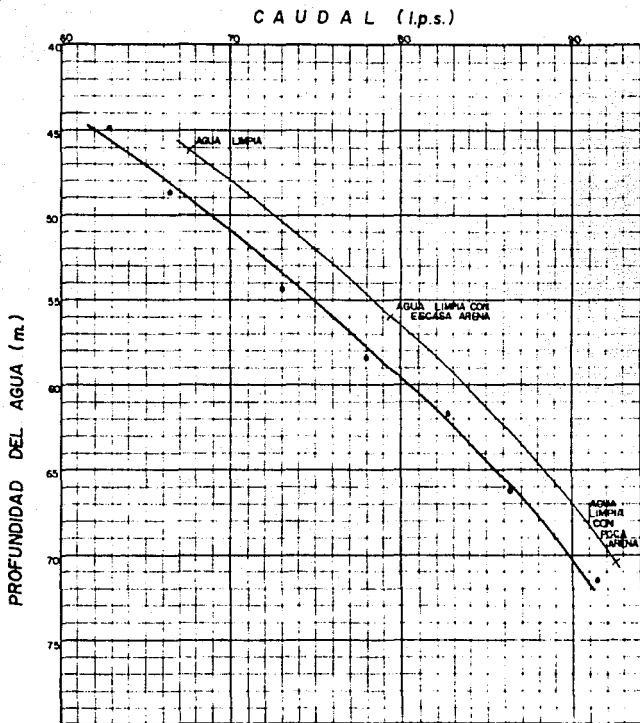
Arch: GRAF.AFORO 4

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORO  
POZO No. 4 PALM MEXQUIC - STA. CATUPINA, D.F.  
N. E. \* 19.55 m.

| P.P.M. | N.D. * | ABAT. | CARGA<br>AXIAL | CAUDAL | CAUDAL<br>ESP. |
|--------|--------|-------|----------------|--------|----------------|
|        | m.     | m.    | cm.            | l.p.s  | l.p.s./m.      |
| 1350   | 44.98  | 25.40 | 26             | 62.9   | 2.48           |
| 1400   | 48.69  | 27.11 | 29             | 65.4   | 2.28           |
| 1500   | 54.30  | 34.72 | 35             | 73.0   | 3.10           |
| 1550   | 59.39  | 38.81 | 40             | 78.0   | 2.01           |
| 1600   | 61.65  | 42.07 | 45             | 82.7   | 1.97           |
| 1650   | 66.27  | 46.69 | 49             | 86.3   | 1.85           |
| 1700   | 71.55  | 51.97 | 55             | 91.5   | 1.76           |

\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

PROFUNDIDAD DEL POZO: 403.00 m  
TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 20" PRODUCCION: 20", 12" y 8"  
LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 20" 152.50 m; 12" 145.00 m; 8" 105.  
DESCARGA Y ORIFICIO: 10"-8" COLUMBIA; 10" 120.45 m  
RECUPERACION EN: 3:30 HORAS A 21.77 m  
INICIO AFORO: 18:30 HORAS DEL 15 DE OCTUBRE DE 1982  
TERMINO AFORO: 13:00 HORAS DEL 18 DE OCTUBRE DE 1982

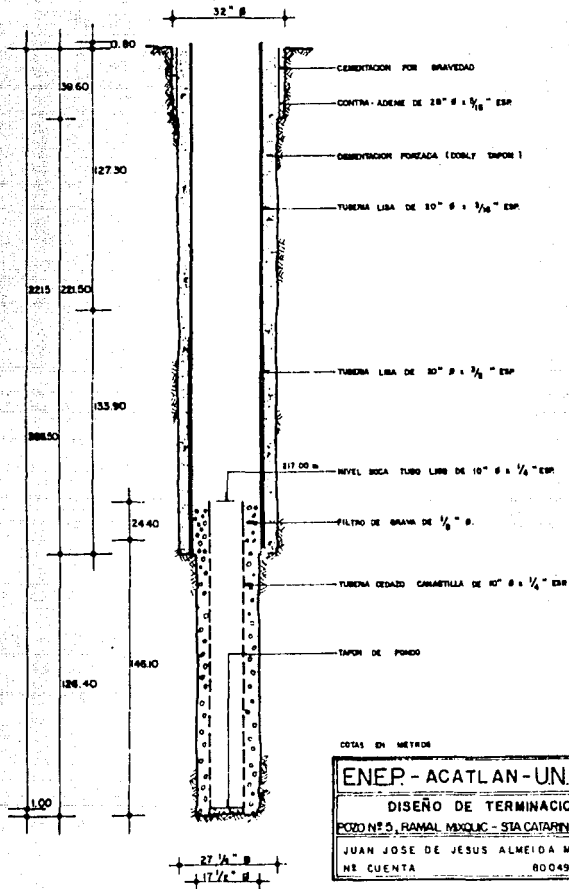


NIVEL ESTÁTICO — 19.58 m  
 NIVEL DINÁMICO — 71.52 m  
 CAUDAL MÁXIMO — 91.50 l.p.s. (AFORADO)  
 ABATIMIENTO — 51.97 m  
 CAUDAL ESPECÍFICO — 1.76 l.p.s./m.  
 PROFUNDIDAD — 403.00 m  
 DIÁMETRO ADEME — 20.12 x 8 pulps

**ENEP - ACATLAN - UNAM**

PRUEBA DE AFORO

POZO N° 4, RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F.  
 JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑOZ  
 N° CUENTA — 8004983-6



Arch: GRAF.AFOPO 5

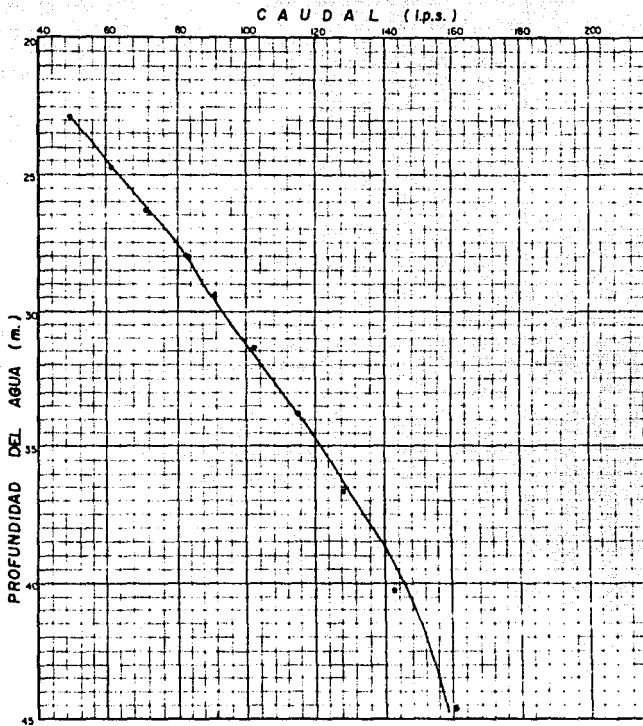
DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFOPO  
POZO No. 5 RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F.  
N. E. \* 18.02 m.

| R.F.M. | N.D. * | ABAT. | CARGA<br>AXIAL | CAUDAL | CAUDAL<br>ESP. |
|--------|--------|-------|----------------|--------|----------------|
|        | m.     | m.    | cm.            | l.p.s  | l.p.s./m       |
| 1100   | 22.92  | 4.90  | 16             | 49.3   | 10.06          |
| 1200   | 24.79  | 6.77  | 25             | 61.7   | 9.11           |
| 1300   | 26.34  | 8.32  | 34             | 71.9   | 8.64           |
| 1400   | 28.00  | 9.98  | 45             | 82.7   | 8.29           |
| 1500   | 29.45  | 11.43 | 55             | 91.5   | 8.01           |
| 1600   | 31.39  | 13.37 | 69             | 102.5  | 7.67           |
| 1700   | 33.75  | 15.73 | 87             | 115.0  | 7.31           |
| 1800   | 36.68  | 18.66 | 109            | 128.8  | 6.90           |
| 1900   | 40.28  | 22.26 | 133            | 142.2  | 6.39           |
| 2000   | 44.69  | 26.67 | 170            | 160.8  | 6.03           |

\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

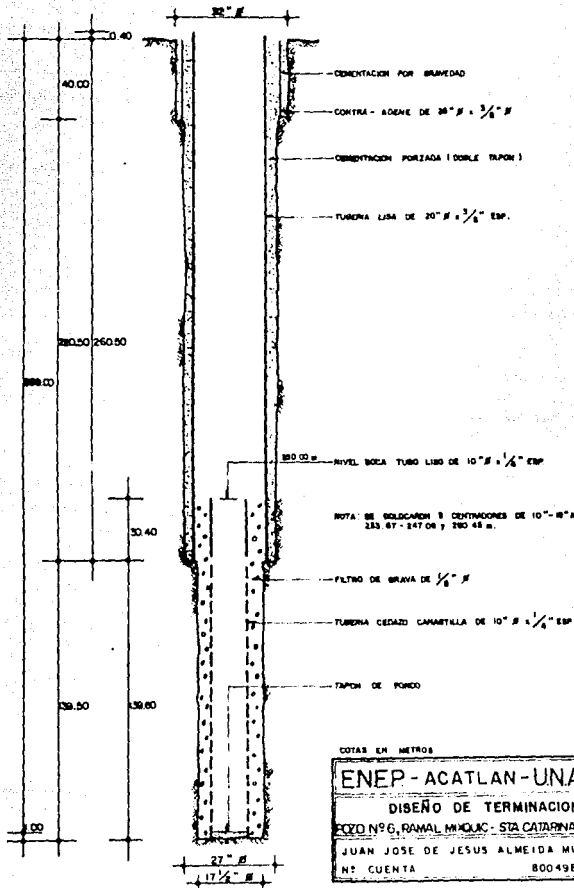
PROFUNDIDAD DEL POZO: 387.50 m  
TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 20" PRODUCCION: 10"  
LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 20" 217.00 m; 10" 170.50 m  
DESCARGA Y ORIFICIO: 10"-8" COLUMNA: 10" 100.00 m  
RECUPERACION EN: 2:00 HORAS A 19.52 m  
INICIO AFORO: 15:00 HORAS DEL 22 DE FEBRERO DE 1983  
TERMINO AFORO: 15:00 HORAS DEL 23 DE FEBRERO DE 1983





NIVEL ESTÁTICO 19.02 m  
 NIVEL DINÁMICO 44.69 m  
 CAUDAL MÁXIMO 160.80 lps (AFORADO)  
 ABATIMIENTO 26.67 m  
 CAUDAL ESPECÍFICO 6.03 lps/m  
 PROFUNDIDAD 38.730 m  
 DIÁMETRO ADEME 20 y 10 pulgs

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ENEP- ACATLAN-UNAM</b>                        |           |
| PRUEBA DE AFORO                                  |           |
| ECCO N.º 5. HAYAL, MEXQUIC - STA. CATARINA, J.E. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MURIZ                 |           |
| N.º CUENTA                                       | 8004183-6 |



Archi GRAF. AFORO 6

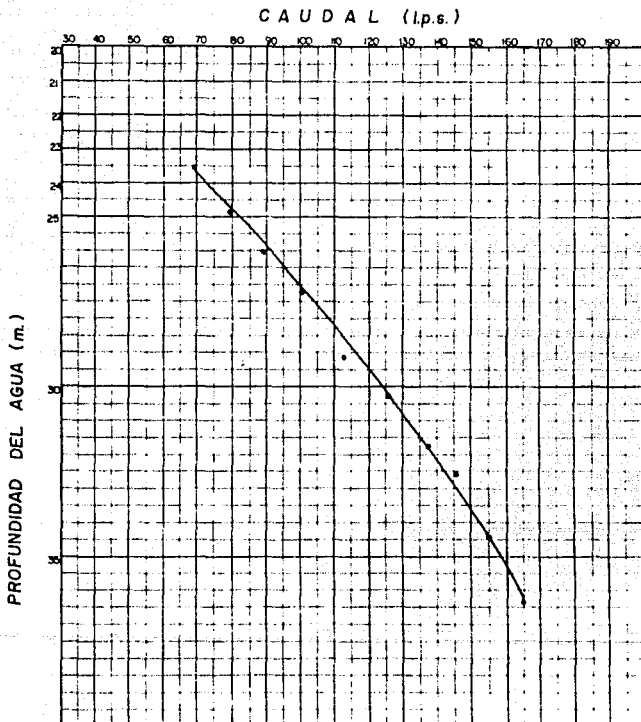
DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORO  
 POZO No. 6 RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F.  
 N.º E. \* 17.13 m.

| R.P.N.  | N.D. *<br>m. | ABAT.<br>m. | CARGA<br>AXIAL<br>cm. | CAUDA<br>I.p.s | CAUDAL<br>ESP.<br>I.p.s./m |
|---------|--------------|-------------|-----------------------|----------------|----------------------------|
| 1100    | 23.55        | 6.42        | 31                    | 68.7           | 10.70                      |
| 1200    | 24.37        | 7.76        | 41                    | 79.0           | 10.13                      |
| 1300    | 26.01        | 8.88        | 52                    | 88.9           | 10.01                      |
| 1400    | 27.23        | 10.10       | 66                    | 100.2          | 9.92                       |
| 1500    | 29.16        | 12.03       | 84                    | 113.0          | 9.39                       |
| 1600    | 30.30        | 13.17       | 104                   | 125.8          | 9.55                       |
| 1700    | 31.75        | 14.62       | 124                   | 137.4          | 9.40                       |
| 1800    | 32.53        | 15.40       | 139                   | 145.4          | 9.44                       |
| 1900    | 34.47        | 17.34       | 158                   | 155.0          | 8.94                       |
| 2000    | 36.39        | 19.26       | 179                   | 165.0          | 8.57                       |
| ** 2000 | 36.69        | 19.56       | 178                   | 164.6          | 8.42                       |

\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

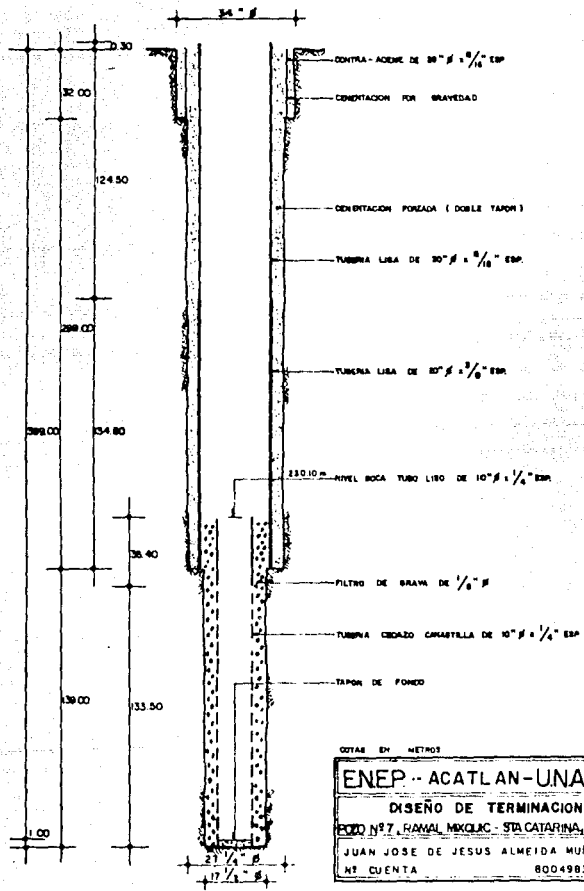
\*\* PRUEBA DE BOMBEO EFECTUADA DE LAS 12:00 HORAS  
 DEL 18 DE MAYO A LAS 10:30 HORAS DEL 19 DE MA-  
 YO DE 1983

PROFUNDIDAD DEL POZO: 400.00 m  
 TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
 DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 20" PRODUCCION: 10"  
 LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 20" 230.00 m; 10" 170.00 m  
 DESCARGA Y ORIFICIO: 10"-8" COLUMNA: 10" 100.00 m  
 RECUPERACION EN: 5:00 HORAS A 17.65 m  
 INICIO AFORO: 18:00 HORAS DEL 12 DE MAYO DE 1983  
 TERMINO AFORO: 10:00 HORAS DEL 13 DE MAYO DE 1983



NIVEL ESTÁTICO 17.13 m  
 NIVEL DINÁMICO 35.22 m  
 CAUDAL MÁXIMO 165.00 l.p.s. (APORADO)  
 ABATIMIENTO 18.25 m  
 CAUDAL ESPECÍFICO 8.57 l.p.s./m  
 PROFUNDIDAD 4.00 m  
 DIÁMETRO ADOME 20 x 10 pulgs

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>               |           |
| PRUEBA DE AFORO                            |           |
| SECCION 6, RAMAL MEDIC. DEL CATCHINA, D.F. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ           |           |
| Nº CUENTA                                  | 8004983-6 |



DITAE EN METROS  
**ENEP - ACATLAN - UNAM.**  
 DISEÑO DE TERMINACION  
 POZO N° 77 - RAMAL MXCLIC - STA. CATARINA, D.F.  
 JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑOZ  
 NI CUENTA 8004983-6

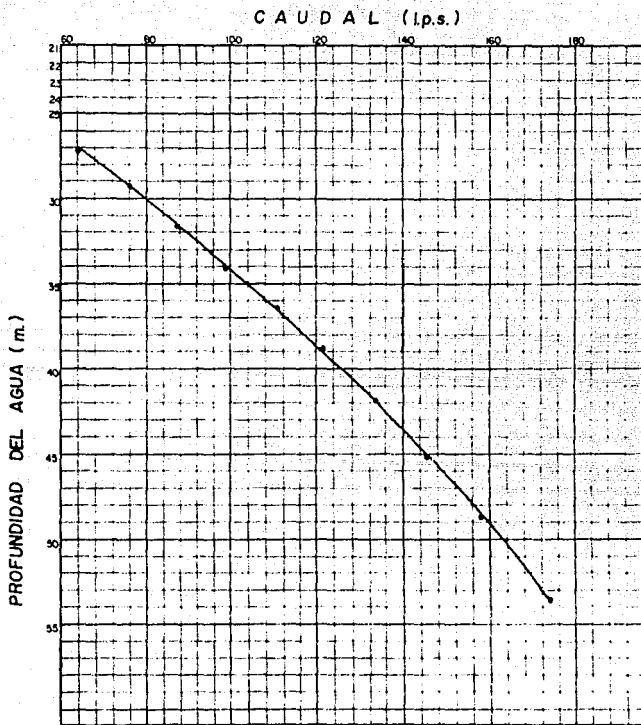
Aforo: 0599 AFORO 7

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORO  
 POZO No. 7 RAMAL MINQUIC - STA. CATARINA, D.F.  
 N. E. + 18.46 m.

| R.P.M. | N.D. *<br>m. | ABAT.<br>m. | CARGA<br>MÁX.<br>cm. | CAUDAL<br>l.p.s | CAUDAL<br>ESP.<br>l.p.s./m |
|--------|--------------|-------------|----------------------|-----------------|----------------------------|
| 1100   | 27.07        | 8.61        | 27                   | 64.1            | 7.44                       |
| 1200   | 29.25        | 10.79       | 38                   | 76.0            | 7.04                       |
| 1300   | 31.65        | 13.19       | 50                   | 87.2            | 6.61                       |
| 1400   | 34.08        | 15.62       | 64                   | 98.7            | 6.32                       |
| 1500   | 36.44        | 17.98       | 80                   | 110.3           | 6.13                       |
| 1600   | 38.82        | 20.35       | 96                   | 120.9           | 5.94                       |
| 1700   | 41.90        | 23.44       | 117                  | 133.4           | 5.69                       |
| 1800   | 45.07        | 26.61       | 140                  | 145.9           | 5.48                       |
| 1900   | 48.70        | 30.24       | 164                  | 158.0           | 5.22                       |
| 2000   | 53.53        | 35.07       | 199                  | 174.0           | 4.96                       |

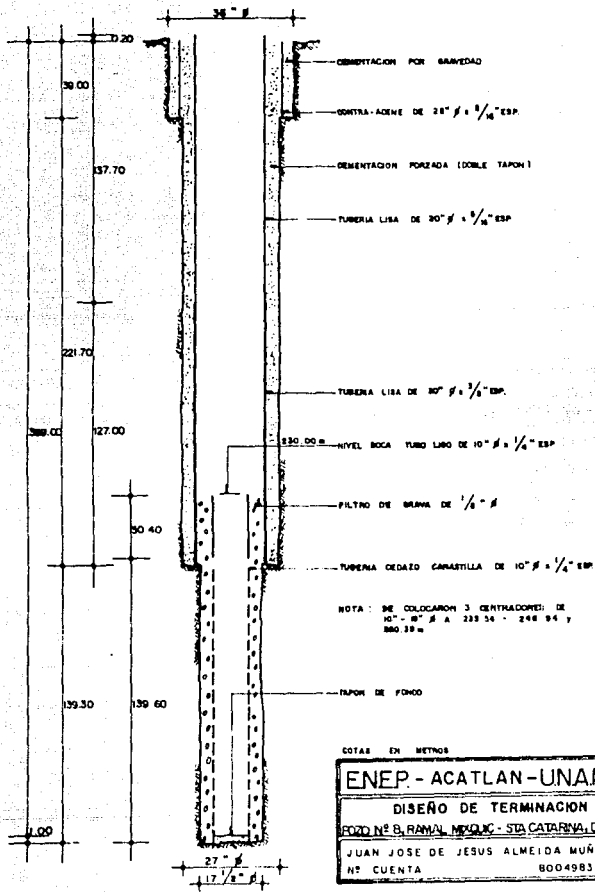
\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

PROFUNDIDAD DEL POZO: 400.00 m  
 TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
 DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 20" PRODUCCION: 20" x 10"  
 LONGITUD TUBERIA DE WDEME: 20" 230.10 m; 10" 169.90 m  
 DESCARGA Y ORIFICIO: 10"-8" COLUMNA: 10" 100.00 m  
 RECUPERACION EN: 3:00 HORAS A 18.58 m  
 INICIO AFORO: 8:30 HORAS DEL 25 DE FEBRERO DE 1983  
 TERMINO AFORO: 8:00 HORAS DEL 26 DE FEBRERO DE 1983



NIVEL ESTÁTICO 18.46 m  
 NIVEL DINÁMICO 3.27 m  
 CAUDAL MÁXIMO 174.00 l.p.s. (AFORADO)  
 ABATIMIENTO 3.07 m.  
 CAUDAL ESPECÍFICO 4.98 l.p.s./m  
 PROFUNDIDAD 400.00 m  
 DIÁMETRO ACEME 20 x 10 pulg.

|  |            |
|--|------------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>                   |            |
| PRUEBA DE AFORO                                |            |
| POZO N° 7, RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F. |            |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ               |            |
| N° CUENTA                                      | 8004983 G. |





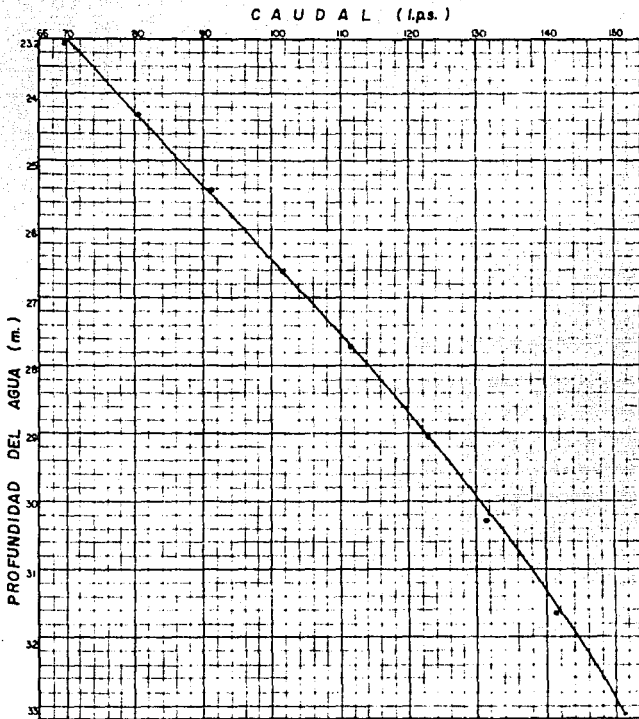
Arch: GRAF.AFOPO 8

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFOFO  
 POZO No. 3 RAMAL MIXQUIC - STA. C-TARIHA, D.F.  
 N. E. \* 17.76 m.

| R.P.M. | N.D. * | ABAT. | CARGA<br>AXIAL | CAUDAL<br>l.p.s. | CAUDAL<br>ESP.<br>l.p.s./m |
|--------|--------|-------|----------------|------------------|----------------------------|
|        | m.     |       |                |                  |                            |
| 1200   | 23.25  | 5.49  | 32             | 69.8             | 12.71                      |
| 1300   | 24.32  | 6.56  | 43             | 80.9             | 12.33                      |
| 1400   | 25.42  | 7.66  | 55             | 91.5             | 11.95                      |
| 1500   | 26.61  | 8.85  | 68             | 101.7            | 11.49                      |
| 1600   | 27.73  | 9.97  | 82             | 111.7            | 11.20                      |
| 1700   | 29.06  | 11.30 | 99             | 122.7            | 10.86                      |
| 1800   | 30.28  | 12.52 | 114            | 131.7            | 10.52                      |
| 1900   | 31.65  | 13.89 | 132            | 141.7            | 10.20                      |
| 2000   | 33.12  | 15.36 | 150            | 151.7            | 9.84                       |

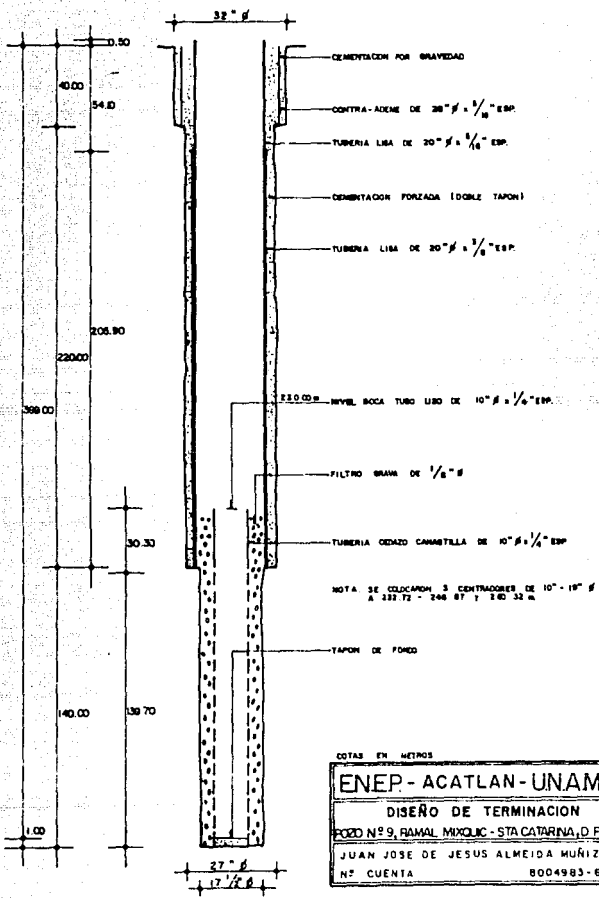
\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

PROFUNDIDAD DEL POZO: 400.00 m  
 TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEGAZO CANASTILLA 2.00 mm  
 DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 20" PRODUCCION: 10"  
 LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 20" 230.00 m; 10" 170.00 m  
 DESCARGA Y ORIFICIO: 10"-8" COLUMNA: 10" 100.00 m  
 RECUPERACION EN: 2100 HORAS A 17.76 m  
 INICIO AFOFO: 13:00 HORAS DEL 19 DE JUNIO DE 1983  
 TERMINO AFOFO: 4:00 HORAS DEL 20 DE JUNIO DE 1983



NIVEL ESTÁTICO 1.7 76 m  
 NIVEL DINÁMICO 3.3 12 m  
 CAUDAL MÁXIMO 151.10 ps (AFORADO)  
 ABATIMIENTO 1.5 36 m  
 CAUDAL ESPECÍFICO 9.84 ps/m  
 PROFUNDIDAD 4.00 00 m  
 DIÁMETRO ADEME 2.0 x 10 pulgs

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ENEP-ACATLAN-UNAM</b>                        |           |
| <b>PRUEBA DE AFORO</b>                          |           |
| SECCION N° 8. BARRAL MIGUEL. SAN CATALINA DE L. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ                |           |
| NF. CUENTA                                      | 8004983-5 |



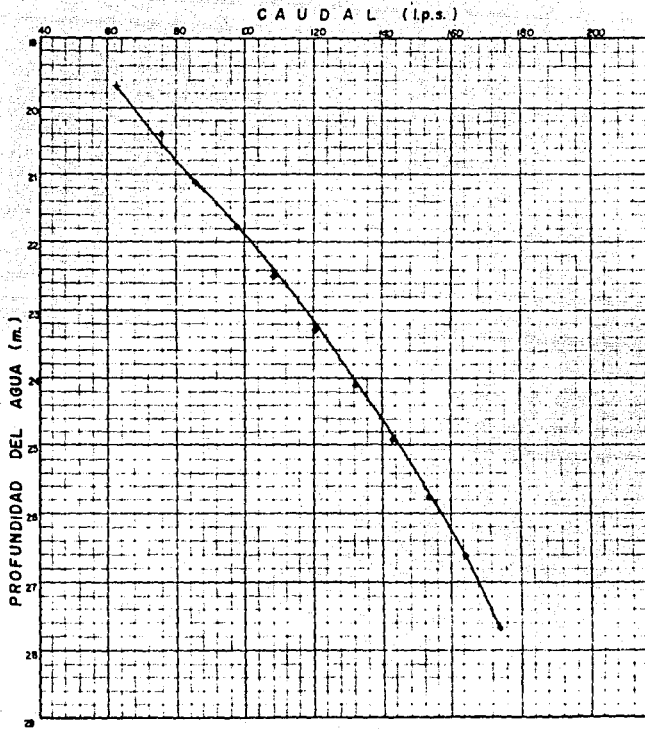
Arch: GRAF AFORO 9

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORO  
POZO No. 9 RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F.  
N. E. \* 17.57 m.

| R.P.M. | N.D. *<br>m. | ABAT.<br>m. | CARGA<br>AXIAL<br>cm. | CAUDAL<br>l.p.s | CAUDAL<br>ESP.<br>l.p.s./m |
|--------|--------------|-------------|-----------------------|-----------------|----------------------------|
| 1000   | 19.69        | 2.12        | 26                    | 62.9            | 29.67                      |
| 1100   | 20.40        | 2.83        | 38                    | 76.0            | 26.84                      |
| 1200   | 21.06        | 3.49        | 49                    | 86.3            | 24.73                      |
| 1300   | 21.77        | 4.20        | 63                    | 97.9            | 23.31                      |
| 1400   | 22.48        | 4.91        | 78                    | 108.9           | 22.18                      |
| 1500   | 23.29        | 5.72        | 95                    | 120.2           | 21.01                      |
| 1600   | 24.09        | 6.52        | 115                   | 132.3           | 20.29                      |
| 1700   | 24.92        | 7.35        | 135                   | 143.3           | 19.50                      |
| 1800   | 25.77        | 8.20        | 155                   | 153.6           | 18.73                      |
| 1900   | 26.63        | 9.06        | 178                   | 164.6           | 18.17                      |
| 2000   | 27.66        | 10.09       | 200                   | 174.4           | 17.28                      |

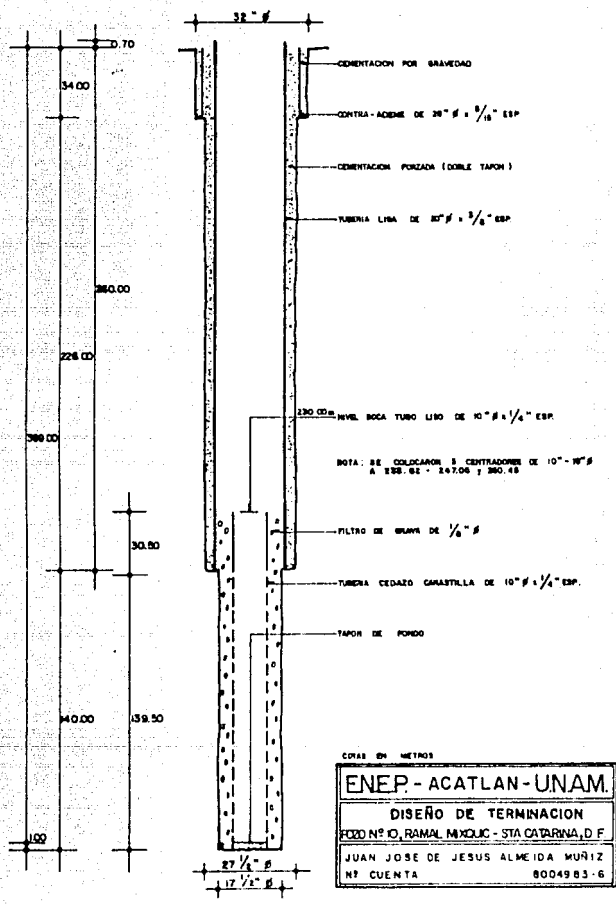
\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

PROFUNDIDAD DEL POZO: 400.00 m  
TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 20" PRODUCCION: 10"  
LONGITUD TUBERIA DE ACEME: 20" 230.00 m; 10" 170.00 m  
DESCARGA Y DRIFICIO: 10"-8" COLUMNA: 10" 80.00 m  
RECUPERACION EN: 2:00 HORAS A 17.57 m  
INICIO AFORO: 8:00 HORAS DEL 28 DE JUNIO DE 1983  
TERMINO AFORO: 4:00 HORAS DEL 29 DE JUNIO DE 1983



NIVEL ESTÁTICO 17.57 m  
 NIVEL DINÁMICO 27.66 m  
 CAUDAL MÁXIMO 174.40 lps (AFORADO)  
 ABATIMIENTO 10.09 m  
 CAUDAL ESPECÍFICO 17.28 lps/m  
 PROFUNDIDAD 4.00 m  
 DIÁMETRO ADEVE 20 y 10 pulgs

|   |           |
|---|-----------|
| ENEP-ACATLAN-UNAM                           |           |
| PRUEBA DE AFORO                             |           |
| BOQUINA: RAHAL HINOLUK, STA. CATARINA, D.F. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MURIZ            |           |
| Nº CUENTA                                   | 8004983.C |



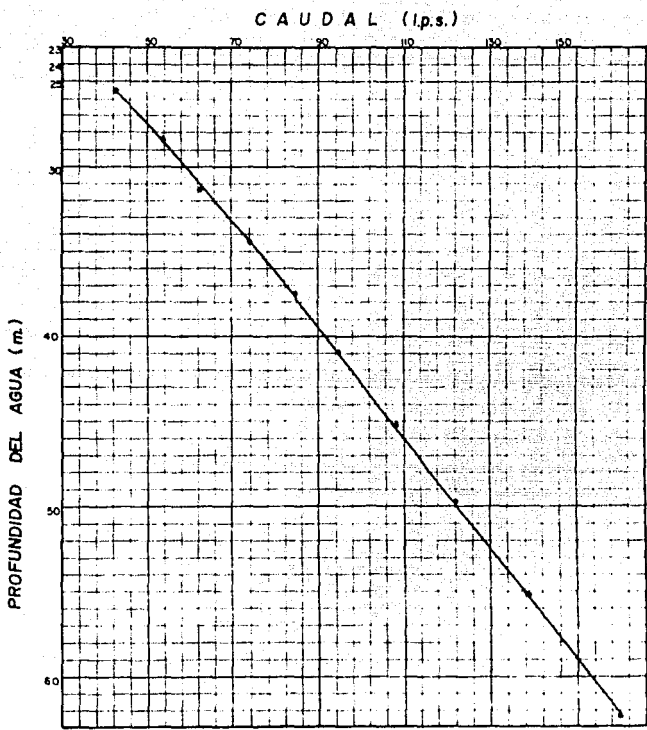
Arch: GRAF.AFORO 10

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORO  
POZO No. 10 RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F.  
N. E. \* 18.23 m.

| R.P.M. | N.D. *<br>m. | ABAT.<br>m. | CARGA<br>AXIAL<br>cm. | CAUDAL<br>l.p.s | CAUDAL<br>ESP.<br>l.p.s./m |
|--------|--------------|-------------|-----------------------|-----------------|----------------------------|
| 1100   | 25.42        | 7.19        | 12                    | 42.7            | 5.93                       |
| 1200   | 28.39        | 10.16       | 19                    | 53.8            | 5.29                       |
| 1300   | 31.17        | 12.94       | 26                    | 62.9            | 4.86                       |
| 1400   | 34.40        | 16.17       | 36                    | 74.0            | 4.57                       |
| 1500   | 37.45        | 19.22       | 47                    | 84.6            | 4.40                       |
| 1600   | 40.95        | 22.72       | 59                    | 94.7            | 4.16                       |
| 1700   | 45.25        | 27.02       | 77                    | 108.2           | 4.00                       |
| 1800   | 49.75        | 31.52       | 98                    | 122.1           | 3.87                       |
| 1900   | 55.20        | 36.97       | 126                   | 138.5           | 3.74                       |
| 2000   | 62.19        | 43.96       | 168                   | 159.9           | 3.63                       |

\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL.

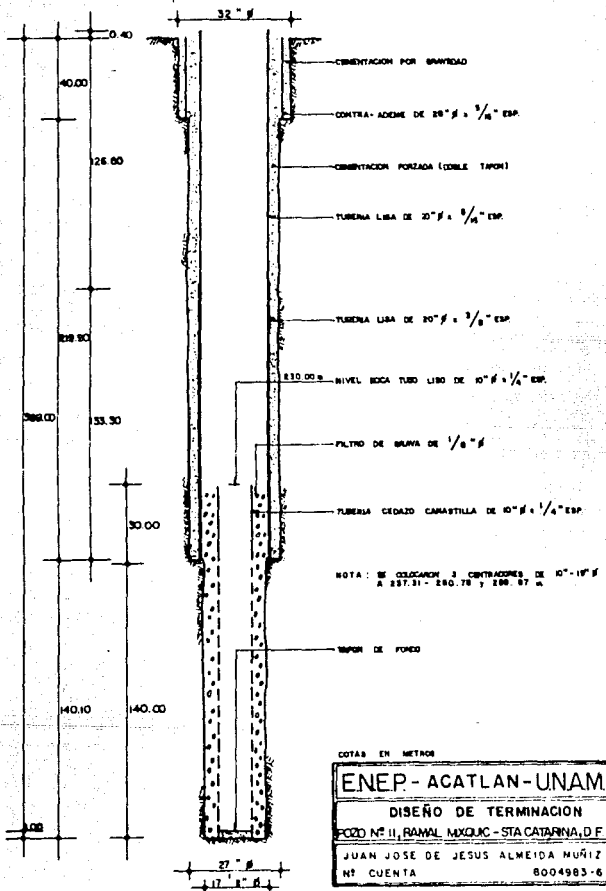
PROFUNDIDAD DEL POZO: 400.00 m  
TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
DIAMETRO CANAPAS BOMBEO: 20" PRODUCCION: 10"  
LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 20" 230.00 m; 10" 170.00 m  
DESCARGA Y ORIFICIO: 10"-8" COLUMNA: 10" 100.00 m  
RECUPERACION EN: 2:00 HORAS A 18.49 m  
INICIO AFORO: 13:00 HORAS DEL 24 DE JUNIO DE 1983  
TERMINO AFORO: 5:00 HORAS DEL 25 DE JUNIO DE 1983



NIVEL ESTÁTICO 19.23 m.  
 NIVEL DINÁMICO 62.19 m.  
 CAUDAL MÁXIMO 159.30 l.p.s. (AFORADO)  
 ABATIMIENTO 43.96 m.  
 CAUDAL ESPECÍFICO 3.63 l.p.s./m.  
 PROFUNDIDAD 400.00 m.  
 DIÁMETRO ADBME 20 y 10 pulgs.

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>                    |           |
| <b>PRUEBA DE AFORO</b>                          |           |
| POZO N° 10, BOMBA MIXQUIC - STA. CATARINA, Q.F. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ                |           |
| N° CUENTA                                       | 8004993-6 |





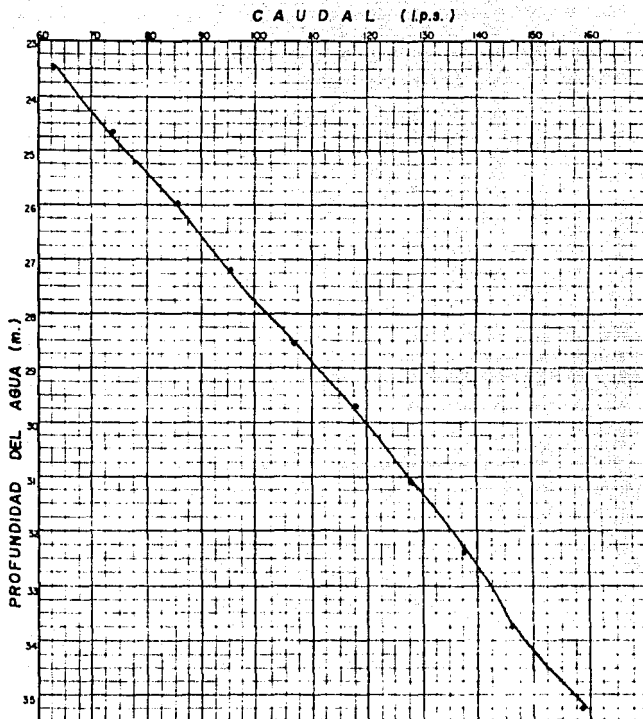
Arch: GRAF.AFORD 11

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORD  
POZO No. 11 RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F.  
N. E. \* 17.36 m.

| R.P.M. | N.D. * | ABAT. | CARGA<br>AXIAL | CAUDAL | CAUDAL<br>ESP. |
|--------|--------|-------|----------------|--------|----------------|
|        | m.     | m.    | cm.            | l.p.s  | l.p.s./m       |
| 1100   | 23.49  | 6.13  | 26             | 62.9   | 10.26          |
| 1200   | 24.66  | 7.30  | 36             | 74.0   | 10.14          |
| 1300   | 25.96  | 8.60  | 48             | 85.5   | 9.94           |
| 1400   | 27.21  | 9.85  | 60             | 95.5   | 9.70           |
| 1500   | 28.54  | 11.18 | 75             | 106.8  | 9.55           |
| 1600   | 29.71  | 12.35 | 91             | 117.7  | 9.53           |
| 1700   | 31.12  | 13.76 | 108            | 128.2  | 9.32           |
| 1800   | 32.39  | 15.03 | 125            | 137.9  | 9.17           |
| 1900   | 33.75  | 16.39 | 145            | 148.5  | 9.06           |
| 2000   | 35.25  | 17.89 | 166            | 158.9  | 8.88           |

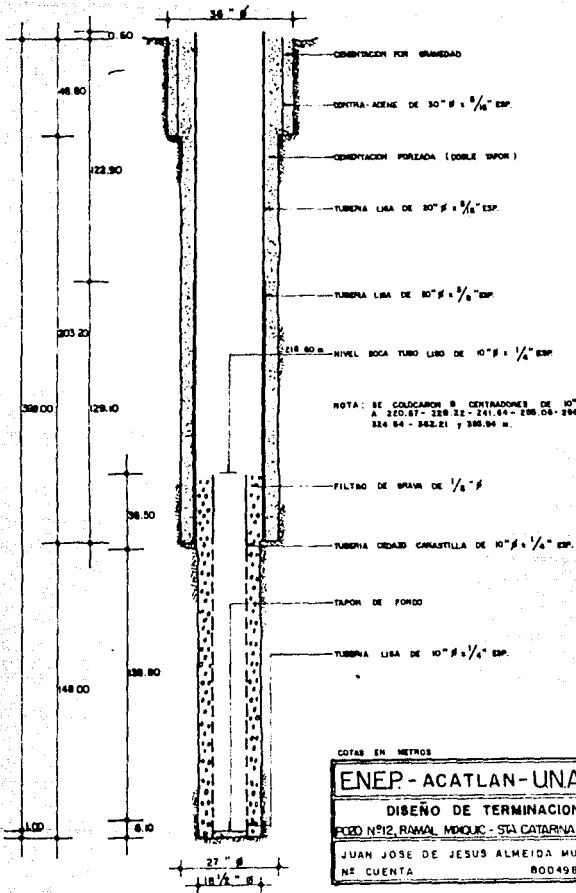
\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

PROFUNDIDAD DEL POZO: 400.00 m  
TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 20" PRODUCCION: 10"  
LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 20" 230.00 m; 10" 170.00 m  
DESCARGA Y ORIFICIO: 10"-8" COLUMNA: 10" 100.00 m  
RECUPERACION EN: 2:00 HORAS A 17.82 m  
INICIO AFORD: 17:00 HORAS DEL 12 DE ABRIL DE 1983  
TERMINO AFORD: 19:00 HORAS DEL 13 DE ABRIL DE 1983



NIVEL ESTÁTICO 17.36 m  
 NIVEL DINÁMICO 35.25 m  
 CAUDAL MÁXIMO 158.90 lps (AFORADO)  
 ABATIMIENTO 17.89 m  
 CAUDAL ESPECÍFICO 8.88 lps/m  
 PROFUNDIDAD 4.00.00 m  
 DIÁMETRO ADEME 20 y 10 pulg

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>                   |           |
| <b>PRUEBA DE AFORO</b>                         |           |
| BOD. N° 11, RAMAL, MEQUIC, STA. CATARINA, D.F. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ               |           |
| N° CUENTA                                      | 8004983 6 |



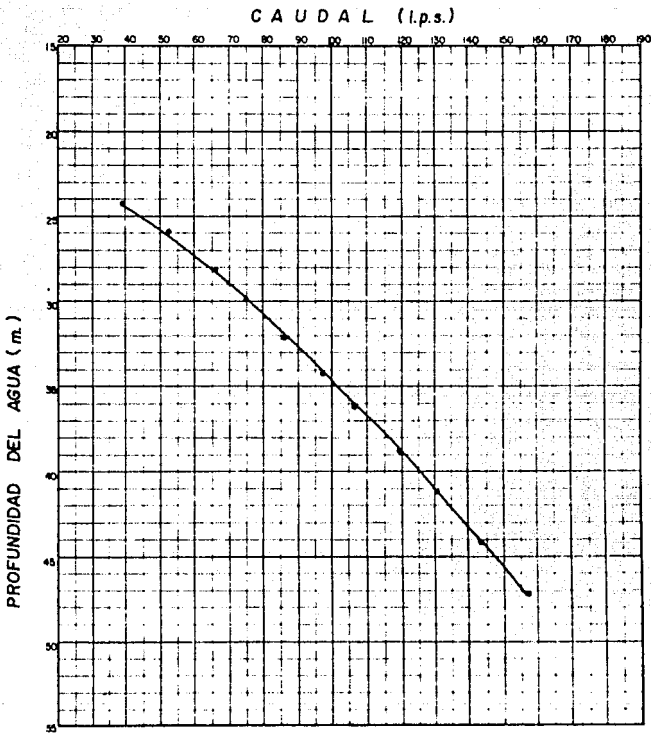
Arch: GRAF.AFORD 12

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORO  
POZO No. 12 RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F.  
N. E. \* 17.71 m.

| R.P.M. | N.D. * | ABAT. | CARGA<br>AXIAL | CAUDAL | CAUDAL<br>ESP. |
|--------|--------|-------|----------------|--------|----------------|
|        | m.     | m.    | cm.            | l.p.s. | l.p.s./m       |
| 1000   | 24.23  | 6.52  | 10             | 39.0   | 5.98           |
| 1100   | 25.94  | 8.23  | 18             | 52.3   | 6.35           |
| 1200   | 28.10  | 10.39 | 28             | 65.3   | 6.28           |
| 1300   | 29.94  | 12.23 | 37             | 75.0   | 6.13           |
| 1400   | 32.02  | 14.31 | 48             | 85.5   | 5.97           |
| 1500   | 34.21  | 16.50 | 62             | 97.1   | 5.88           |
| 1600   | 36.14  | 18.43 | 75             | 106.8  | 5.79           |
| 1700   | 38.81  | 21.10 | 94             | 119.6  | 5.67           |
| 1800   | 41.13  | 23.42 | 112            | 130.5  | 5.57           |
| 1900   | 44.16  | 26.45 | 135            | 143.3  | 5.42           |
| 2000   | 47.20  | 29.49 | 163            | 157.5  | 5.34           |

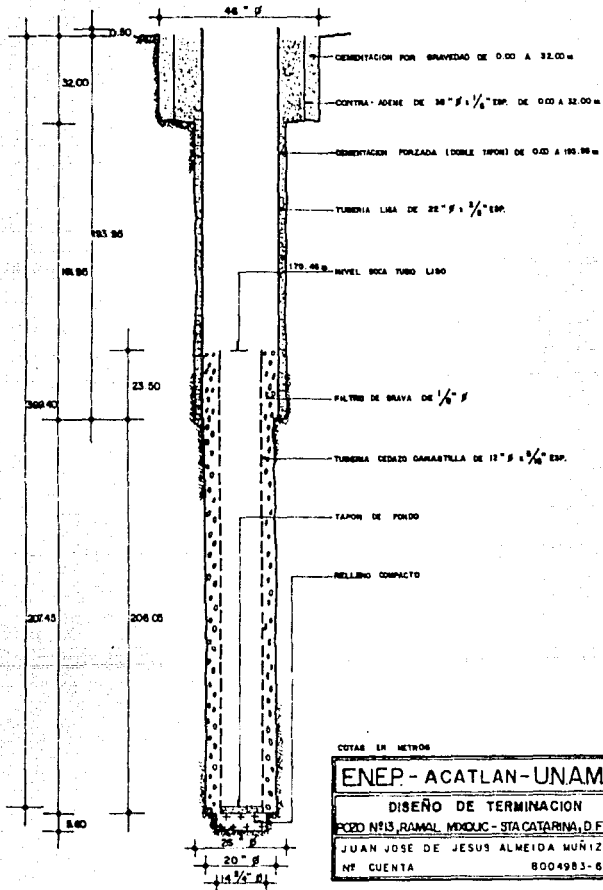
\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

PROFUNDIDAD DEL POZO: 400.00 m  
TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 20" PRODUCCION: 20" x 10"  
LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 20" 218.60 m; 10" 181.40 m  
DESCARGA Y ORIFICIO: 10"-8" COLUMNA: 10" 100.00 m  
RECUPERACION EN: 2:00 HORAS A 17.70 m  
INICIO AFORO: 12:00 HORAS DEL 28 DE OCTUBRE DE 1983  
TERMINO AFORO: 8:00 HORAS DEL 29 DE OCTUBRE DE 1983



NIVEL ESTÁTICO 17.71 m  
 NIVEL DINÁMICO 47.20 m  
 CAUDAL MÁXIMO 137.50 l.p.s. (AFORADO)  
 ABATIMIENTO 29.49 m  
 CAUDAL ESPECÍFICO 3.34 l.p.s./m  
 PROFUNDIDAD 40.00 m  
 DIÁMETRO ADEME 20 y 10 pulgs

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| <b>ENEP-ACATLAN-UNAM</b>             |           |
| PRUEBA DE AFORO                      |           |
| BOOZ NEIZ RAHUEL MENDOZA CÁDIZ, D.F. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ     |           |
| Nº CUENTA                            | 8004983-6 |



COTAS EN METROS

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ENEP - ACATLAN-UNAM</b>                   |           |
| DISEÑO DE TERMINACION                        |           |
| POD N°15, RAMAL MIXOLIC - STA CATARINA, D.F. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ             |           |
| NR CUENTA                                    | 8004983-6 |

Arch: GRAF. AFORO 13

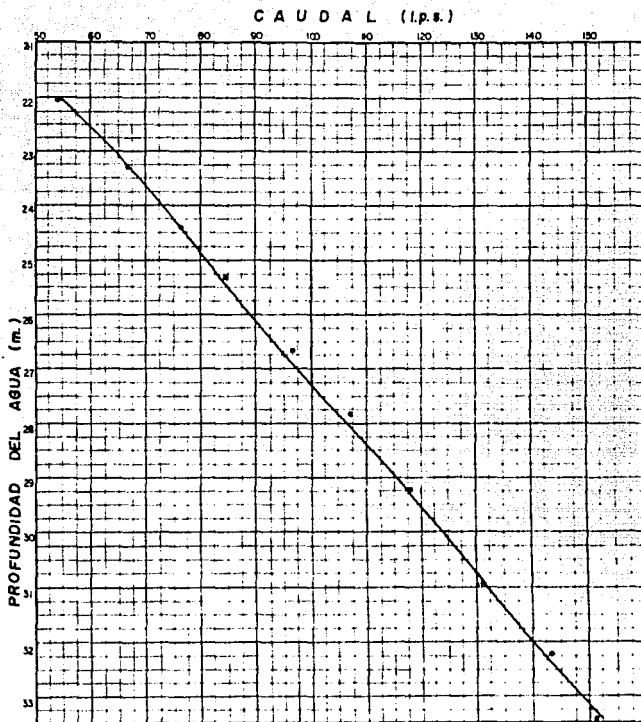
DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORO  
POZO No. 13 RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F.  
N. E. \* 16.77 m.

| R.P.M. | N.D. * | ABAT. | CARGA<br>AXIAL | CAUDAL | CAUDAL<br>ESP. |
|--------|--------|-------|----------------|--------|----------------|
|        | m.     | m.    | cm.            | l.p.s  | l.p.s./m       |
| 1100   | 22.03  | 5.25  | 19             | 53.8   | 10.23          |
| 1200   | 23.28  | 6.51  | 29             | 66.4   | 10.20          |
| 1300   | 24.41  | 7.64  | 38             | 76.0   | 9.95           |
| 1400   | 25.28  | 8.51  | 47             | 84.6   | 9.94           |
| 1500   | 26.67  | 9.90  | 61             | 96.3   | 9.73           |
| 1600   | 27.82  | 11.05 | 75             | 106.8  | 9.67           |
| 1700   | 29.24  | 12.47 | 91             | 117.7  | 9.44           |
| 1800   | 30.98  | 14.21 | 112            | 130.5  | 9.18           |
| 1900   | 32.22  | 15.45 | 135            | 143.3  | 9.28           |
| 1980   | 33.43  | 16.66 | 150            | 151.1  | 9.07           |

\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

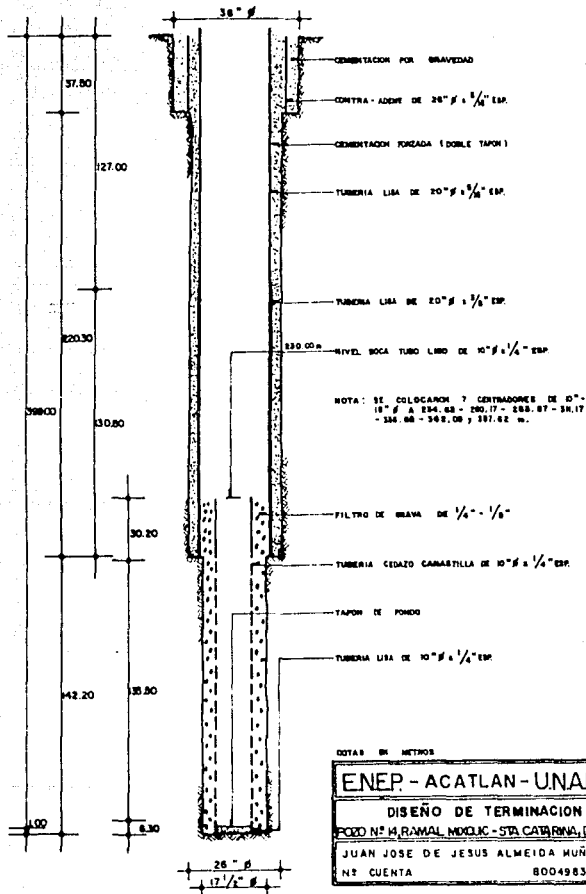
PROFUNDIDAD DEL POZO: 399.40 m  
TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 22" PRODUCCION: 12"  
LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 21" 170.45 m; 12" 228.95 m  
DESCARGA Y ORIFICIO: 10"-8" COLUMNA; 10" 120.00 m  
RECUPERACION EN: 2:00 HORAS A 17.21 m  
INICIO AFORO: 17:00 HORAS DEL 11 DE NOVIEMBRE DE 1982  
TERMINO AFORO: 13:00 HORAS DEL 12 DE NOVIEMBRE DE 1982





NIVEL ESTÁTICO 16.77 m  
 NIVEL DINÁMICO 33.43 m  
 CAUDAL MÁXIMO 151.10 lps (AFORADO)  
 ABATIMIENTO 16.66 m  
 CAUDAL ESPECÍFICO 9.07 lps/m  
 PROFUNDIDAD 3.99.40 m  
 DIÁMETRO ADEME 22.7.12 pulgs.

|   |            |
|---|------------|
| <b>ENEP - ACATLAN - UNAM</b>                  |            |
| <b>PRUEBA DE AFORO</b>                        |            |
| POZO N°13, RAMAL MISQUIC, STA. CATARINA, D.F. |            |
| JUAN JOSÉ DE JESÚS ALMEIDA MUÑOZ              |            |
| MÉ. CUENTA                                    | 800.4983.6 |



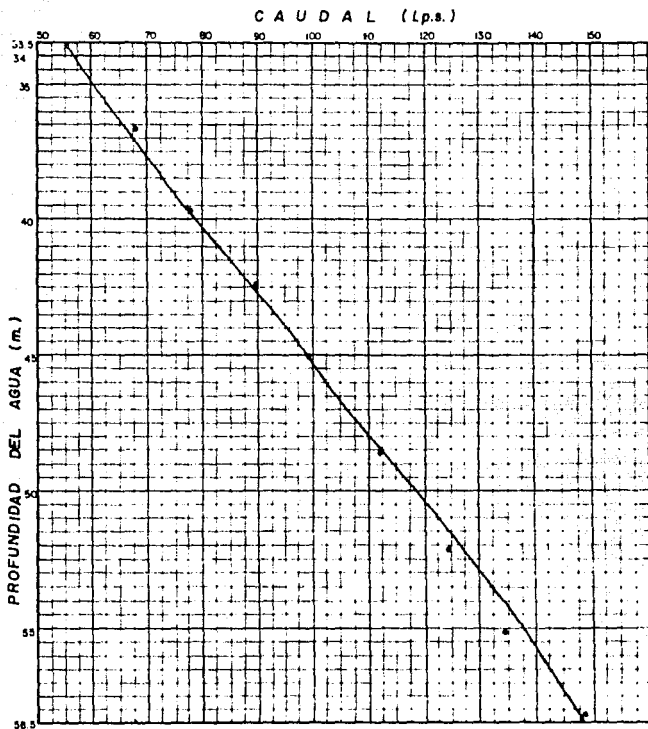
Arch: GRAF.AFORO 14

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LA GRAFICA DE AFORO  
POZO No. 14 RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F.,  
N. E. \* 21.85 m.

| R.P.M. | N.D. * | ABAT. | CARGA<br>AXIAL | CAUDAL | CAUDAL<br>ESP. |
|--------|--------|-------|----------------|--------|----------------|
|        | m.     | m.    | cm.            | l.p.s  | l.p.s./m       |
| 1200   | 33.78  | 11.93 | 20             | 55.2   | 4.43           |
| 1300   | 36.65  | 14.80 | 30             | 67.6   | 4.57           |
| 1400   | 39.67  | 17.82 | 40             | 78.0   | 4.38           |
| 1500   | 42.48  | 20.65 | 53             | 89.8   | 4.35           |
| 1600   | 45.04  | 23.19 | 65             | 99.4   | 4.29           |
| 1700   | 48.60  | 26.75 | 83             | 112.4  | 4.20           |
| 1800   | 52.13  | 30.28 | 102            | 124.6  | 4.11           |
| 1900   | 55.14  | 33.29 | 119            | 134.5  | 4.04           |
| 2000   | 58.19  | 36.34 | 145            | 148.5  | 4.09           |

\* LECTURAS REFERIDAS A NIVEL DE PISO ACTUAL

PROFUNDIDAD DEL POZO: 400.00 m  
TIPO Y ABERTURA DEL TUBO FILTRO: CEDAZO CANASTILLA 2.00 mm  
DIAMETRO CAMARAS BOMBEO: 20" PRODUCCION: 20" y 10"  
LONGITUD TUBERIA DE ADEME: 20" 230.00 m; 10" 170.00 m  
DESCARGA Y OFIFICIO: 10"-8" COLUMNA: 10" 100.00 m  
RECUPERACION EN: 2:00 HORAS A 22.45 m  
INICIO AFORO: 18:00 HORAS DEL 31 DE ENERO DE 1985  
TERMINO AFORO: 17:00 HORAS DEL 1 DE FEBRERO DE 1985



NIVEL ESTÁTICO 21.85 m.  
 NIVEL DINÁMICO 58.18 m.  
 CAUDAL MÁXIMO 148.30 l.p.s. (AFORADO)  
 ABATIMIENTO 36.84 m.  
 CAUDAL ESPECÍFICO 4.09 l.p.s./m.  
 PROFUNDIDAD 4.00.00 m.  
 DIÁMETRO ADEME 20 x 10 pulgs.

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ENEP-ACATLAN-UNAM</b>                        |           |
| PRUEBA DE AFORO                                 |           |
| POZO N° 14, RAMAL MIXQUIC - STA. CATARINA, D.F. |           |
| JUAN JOSE DE JESUS ALMEIDA MUÑIZ                |           |
| N° CUENTA                                       | 8004883-6 |

### C O N C L U S I O N E S

EL SISTEMA MIXQUIC - STA. CATARINA SE CALCULA QUE TENDRÁ UNA VIDA ÚTIL DE 35 AÑOS, ABASTECIENDO A UNA PARTE DE LA POBLACIÓN - DEL D. F. Y ÁREA CONURBANA.

EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE POR AGUA SUBTERRÁNEA SE -- HACE CADA DÍA MÁS INACCESIBLE POR LA PROFUNDIDAD A LA QUE SE TIENE QUE EXTRAER.

UNA DE LAS PROBLEMÁTICAS QUE SE ENFRENTA LA RECARGA DE LOS - ACUÍFEROS DEL SISTEMA MIXQUIC - STA. CATARINA ES EL CRECIMIENTO - DESMEDIDO DE LA CIUDAD DE MÉXICO.

AL INICIARSE LOS ESTUDIOS PARA EL PROYECTO SE ENCUENTRA QUE -- YA VARIOS POZOS ESTABAN PERFORADOS HASTA PROFUNDIDADES DE ----- 100 MTS., PERO SE HALLABAN FUERA DE SERVICIO POR ESTAR SECOS. SE -- HABILITARÁN HACIÉNDOLOS TENER PROFUNDIDADES DE 400 MTS. Y CONEC-- TÁNDOLOS A LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN.

EN EL SISTEMA MIXQUIC - STA. CATARINA SE BUSCA NO CREAR ---- PROBLEMAS DE ASENTAMIENTOS EN EL TERRENO AL ESTAR EL ACUÍFERO EN-- ZONAS DE RIEGO.

B I B L I O G R A F I A

ABASTECIMIENTO DE AGUA Y ALCANTARILLADO.

ERNEST W. STEGL

VERSION ESPAÑOLA DE

J. BAGARIA BLANKART

EDITORIAL GUSTAVO GILI, S. A.

BARCELONA

ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOCION DE AGUAS RESIDUALES

FAIR, GEYER Y OKUN

TERCERA REIMPRESIÓN

MÉXICO, EDITORIAL LIMUSA

1979

HIDROLOGIA

PRIMERA PARTE

SPRINGALL G., ROLANDO

ABRIL 1970, INSTITUTO DE INGENIERIA

U.N.A.M. 210 P.P.

INGENIERIA DE LOS RECURSOS HIDRAULICOS

K. LINSLEY RAY, B. FRANZINI JOSEPH

9A. IMPRESIÓN C.E.C.S.A.

MÉXICO 791 P.P.

MECANICA DE SUELOS

TOMO III FLUJO DE AGUA EN SUELOS

JUÁREZ BADILLO, RICO RODRÍQUEZ

LIMUSA 474 P.P.

PURIFICACION DE AGUAS Y TRATAMIENTO Y REMOCION DE AGUAS  
RESIDUALES

FAIR, GEYER Y OKUN

TOMOS I, II TERCERA REIMPRESIÓN

EDITORIAL LIMUSA S. A.

MÉXICO, 1979 746 P.P.

TECNICAS Y ANALISIS DE COSTOS DE POZOS PROFUNDOS Y AGUAS  
SUBTERRANEAS

VARGAS A. VICENTE

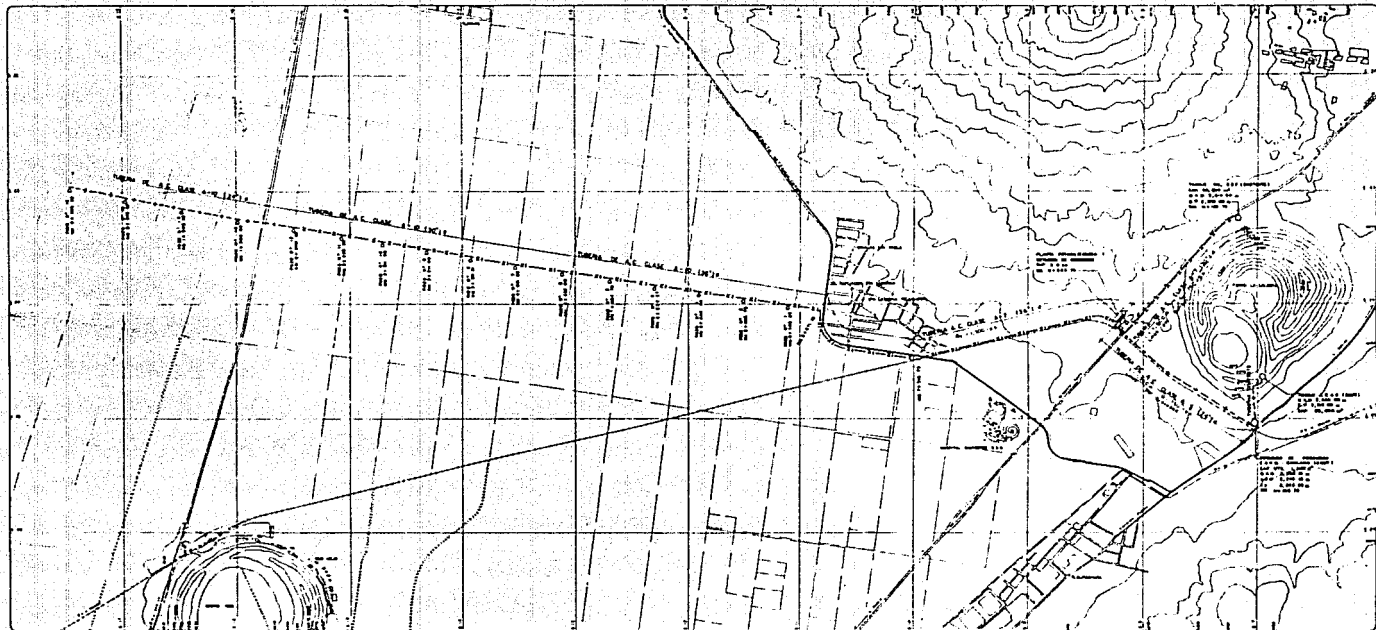
PRIMERA EDICIÓN, LIMUSA, S. A.

MÉXICO 1976 514 P.P.

### A N E X O S

- CA-D 1-000 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANO DE CONJUNTO
- CA-D 1-001 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( Km 0+000.00 - 2+000.00 )
- CA-D 1-002 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( Km 2+000.00 - 4+011.56 )
- CA-D 1-003 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( Km 4+011.56 - 6+035.73 )
- CA-D 1-004 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( Km 6+035.73 - 8+004.90 )
- CA-D 1-005 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( Km 8+004.90 - 9+543.04 )
- CA-D 1-006 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( PLANTA POTABILIZADORA CAVM Y DE RE-  
BOMBEO LA CALDERA CAVM )
- CA-D 1-007 LÍNEA DE CONDUCCIÓN PLANTA PERFIL  
( PLANTA POTABILIZADORA CAVM TANQUE -  
LA CALDERA CAVM )
- CA-D 1-008 LÍNEA DE CONDUCCIÓN CRUCEROS Y LISTA-  
DE PIEZAS ESPECIALES.
- CA-D 1-009 CRUCE DE LA LÍNEA DEL CAMPO DE PÓZOS-  
CON CANALES PARA RIEGO.
- CA-D 1-010 CRUCE DE LA LÍNEA DEL CAMPO DE PÓZOS-  
CON CANALES PARA RIEGO





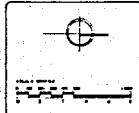
| S I M B O L O G Í A |                 |
|---------------------|-----------------|
| <br>1.5" x 100'     | <br>1.5" x 100' |
| <br>1.5" x 100'     | <br>1.5" x 100' |
| <br>1.5" x 100'     | <br>1.5" x 100' |

| DATOS DE PROYECTO    |       |
|----------------------|-------|
| Nombre del Proyecto: | _____ |
| Fecha de Emisión:    | _____ |
| Escala:              | _____ |
| Proyecto de:         | _____ |
| Por:                 | _____ |
| Revisado por:        | _____ |
| Proyecto de:         | _____ |
| Por:                 | _____ |
| Revisado por:        | _____ |

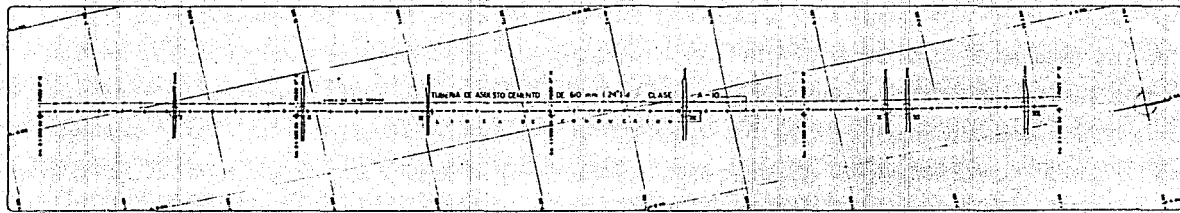
| C Á N T I D A D D E T U B E R Í A         |  |  |  |
|---|--|--|--|
| <b>TRAMO CAMPO DE POCOS</b>               |  | <b>TRAMO PLANTA POPULAZIONERA - TANQUE LA CALZADA B.S.P</b>                |  |
| Tubo de 1.5" x 100' = _____               |  | Tubo de 1.5" x 100' = _____  |  |
| Tubo de 1.5" x 100' = _____               |  | Tubo de 1.5" x 100' = _____  |  |
| Tubo de 1.5" x 100' = _____               |  | Tubo de 1.5" x 100' = _____  |  |
| <b>TRAMO POCOS Y PLANTA POPULAZIONERA</b> |  | <b>TRAMO PLANTA POTABILIZADORA - ESTACION DE BOMBEO LA CALZADA C.A.V.B</b> |  |
| Tubo de 1.5" x 100' = _____               |  | Tubo de 1.5" x 100' = _____  |  |
| Tubo de 1.5" x 100' = _____               |  | Tubo de 1.5" x 100' = _____  |  |
| Tubo de 1.5" x 100' = _____               |  | Tubo de 1.5" x 100' = _____  |  |

**NOTA**

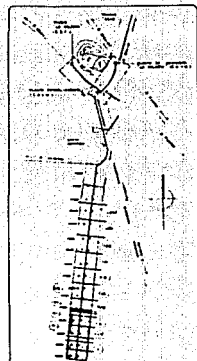
Este proyecto es una estimación preliminar de los datos necesarios para la construcción de la obra. Los datos definitivos serán suministrados en el momento de la licitación de la obra. El contratista deberá verificar los datos de campo y los planos de detalle antes de iniciar los trabajos. El contratista será responsable de cualquier error o omisión que pueda ocasionar daños a la obra o a las personas. El contratista deberá mantener a la obra en todo momento en condiciones de seguridad y cumplir con todas las normas y regulaciones aplicables. El contratista deberá proporcionar a la autoridad competente toda la información necesaria para la ejecución de la obra. El contratista deberá mantener a la obra en todo momento en condiciones de seguridad y cumplir con todas las normas y regulaciones aplicables. El contratista deberá proporcionar a la autoridad competente toda la información necesaria para la ejecución de la obra.



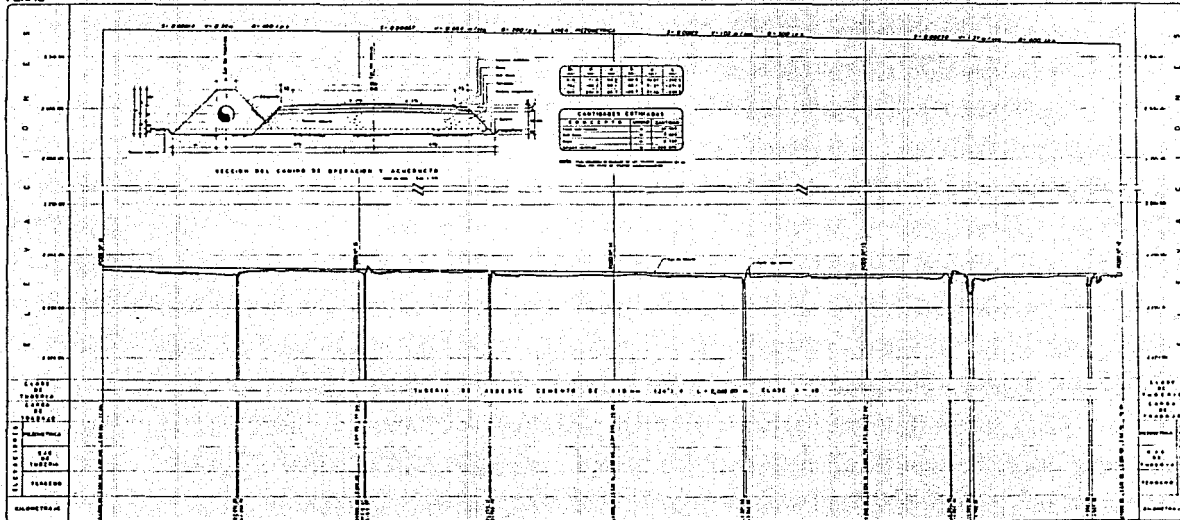
**ENEP-ACATLAN-UNAM**  
 SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE  
 SISTEMA DE TRUENO-BAHIA CATEPEC  
 LINEA DE CONDUCCION I-000  
 PARSO DE CONJUNTO  
 JEFE JOSE DE JESUS ALVARO GARCIA  
 EN CHUESTA 0004666-0  
 DISEÑA 1: 1000



PLANTA



PERFIL



**ESPECIFICACIONES**

**BASES DEL PROYECTO:**

**CONDICIONES DE TRABAJO:**

**NOTAS:**

**LEGENDA:**

**ESCALAS:**

**ENEP-ACATELÁN-UNAM**

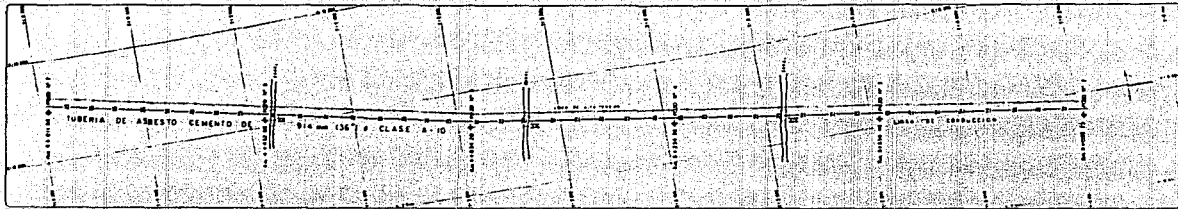
PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE AGUAS SANEADAS (CA-D)

FUENTE DE LA OPERACIÓN: [---001]

PLANTA (UNA DE VARIAS)

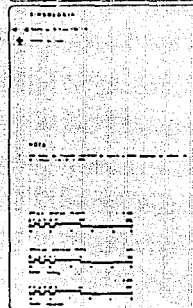
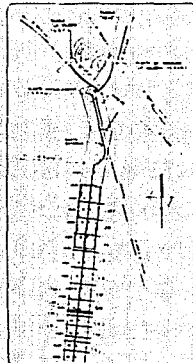
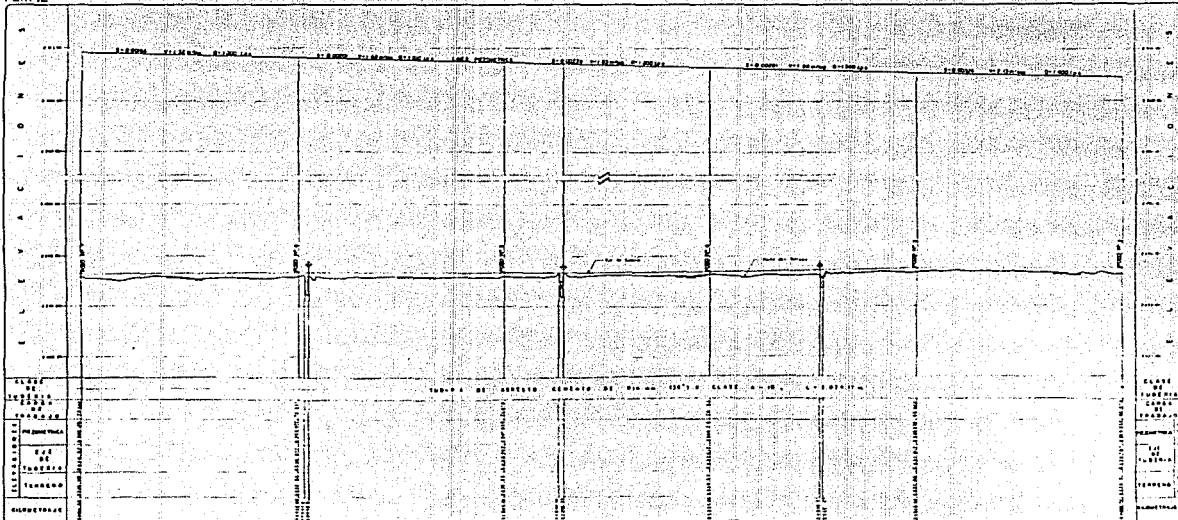
HOJA 001 DE 001



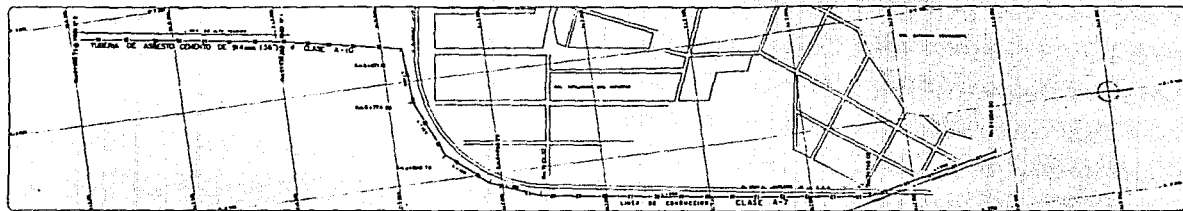


PLANTA

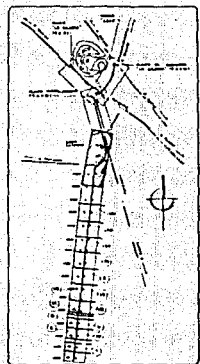
PERFIL



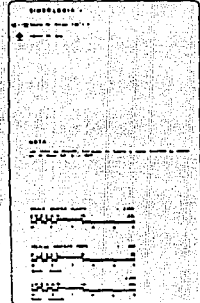
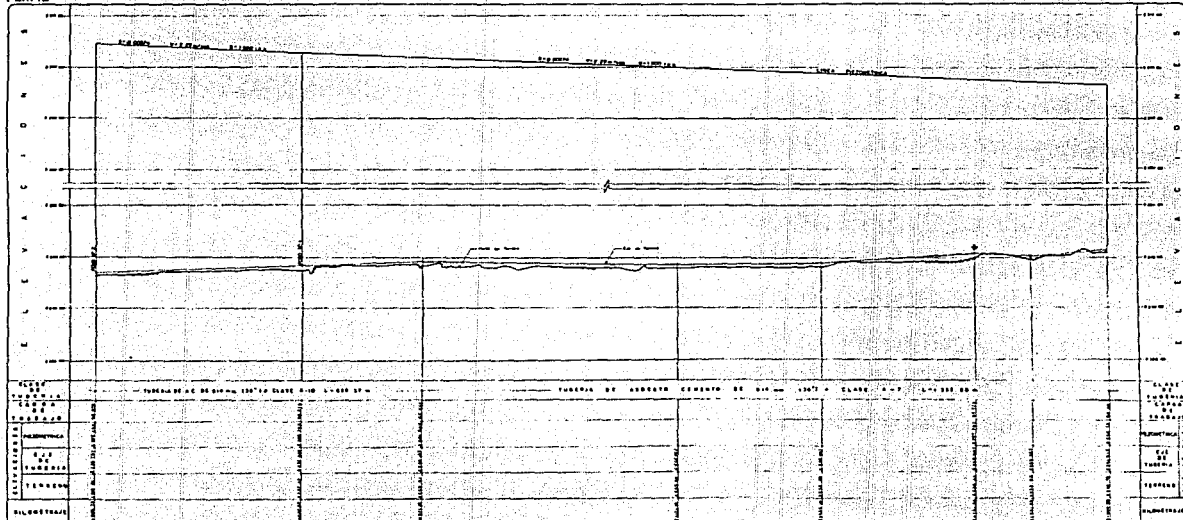
ENEP - SCATLAN - UNAM  
 DISEÑO DE LA TUBERIA DE ASBESTO CEMENTO DE 914 mm (36") CLASE A-10  
 LINEA DE CUBIERTAS  
 PLANTA, PERFIL (en metros)  
 1:100  
 1:100



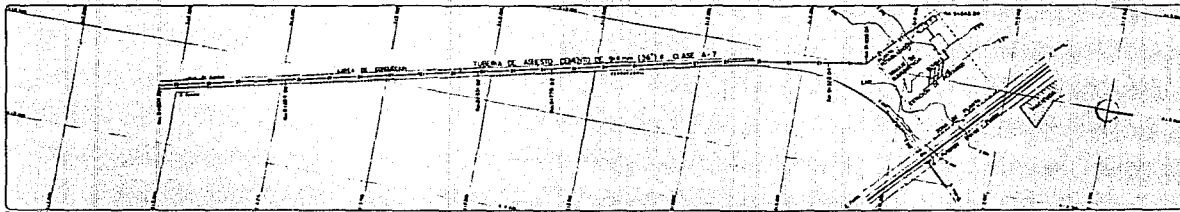
PLANTA



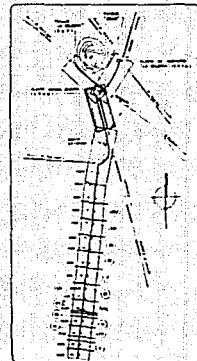
PERFIL



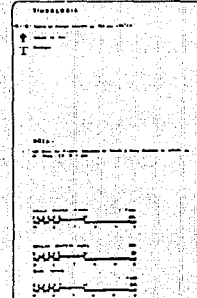
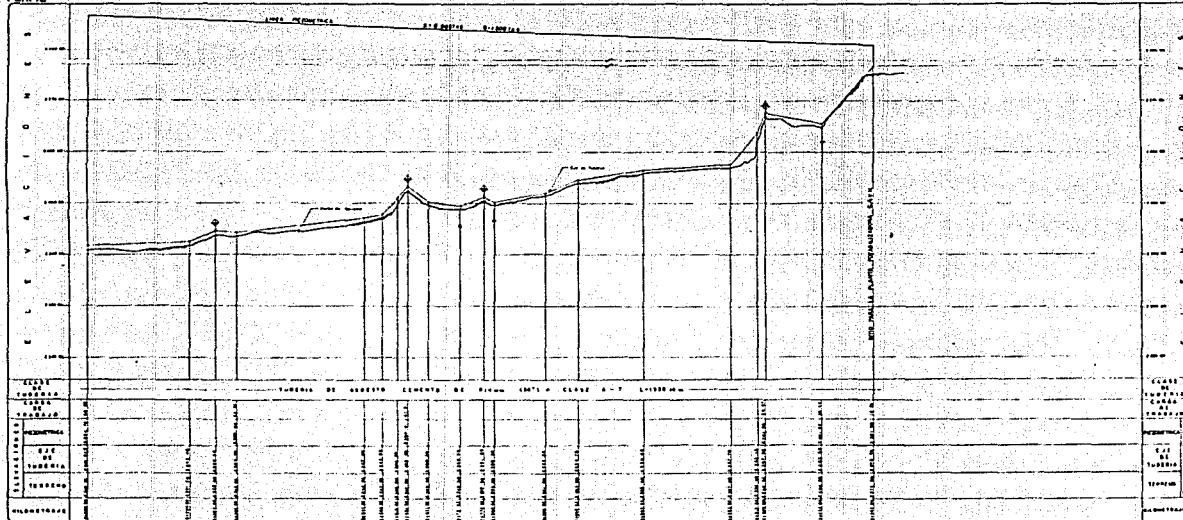
**ENEP - ACATLAN - UNAM**  
 CENTRO DE INVESTIGACION Y DESARROLLO TECNOLÓGICO  
 CARRILLO DE LA MANA S/N. ACATLAN, QUERÉTARO, QRO.  
 TELÉFONO: 01 (777) 712 1000  
 FAX: 01 (777) 712 1001  
 E-MAIL: cidi@enep.unam.mx  
 DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN  
 DIVISIÓN DE INGENIERÍA DE OBRAS DE OBRAS  
 DE SANEAMIENTO  
 PROYECTO: CA-004  
 PLAN DE PERFILES DE CONDUCCIONES  
 HOJA: 001 DE 01  
 ESCALA: 1:100  
 FECHA: 2008.02.10



PLANTA



PERFIL



**ENEP - ACATLAN - UNAM**

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE ACATLAN, CANTÓN DE BATEM (M.T.) CLASE A-1

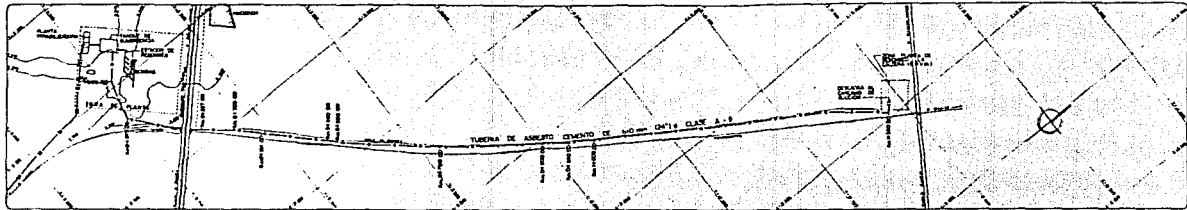
LÍNEA DE OBRAS DE RECONSTRUCCIÓN DE LA LÍNEA DE ACATLAN, CANTÓN DE BATEM (M.T.) CLASE A-1

ESTADO DE GUATEMALA

SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS Y VIVIENDA

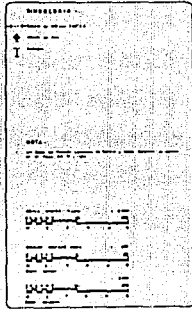
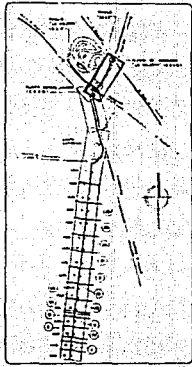
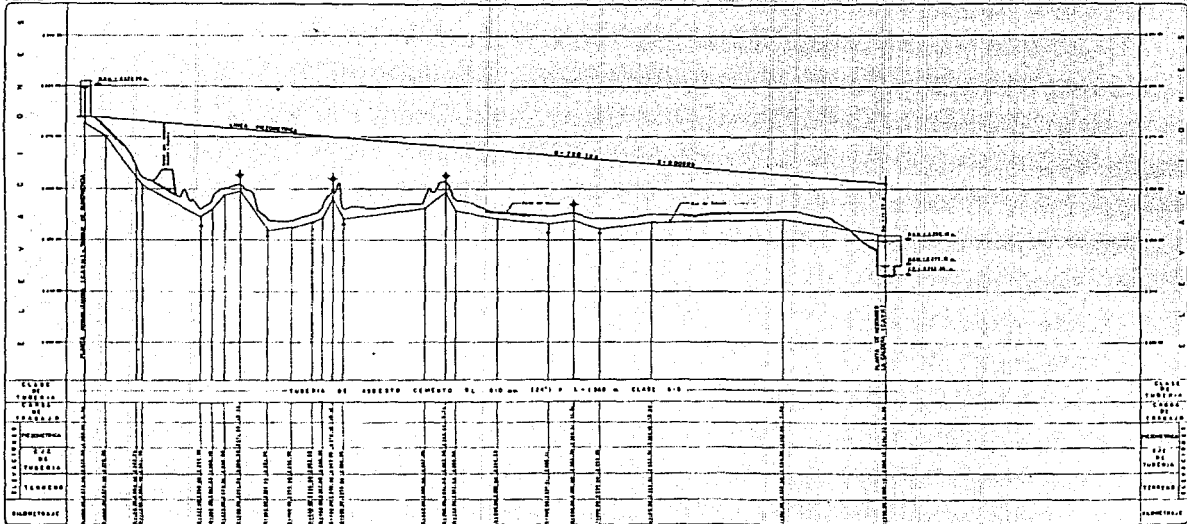
INSTITUTO NACIONAL DE ELECTRICIDAD Y ENERGÍA ELÉCTRICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE GUATEMALA

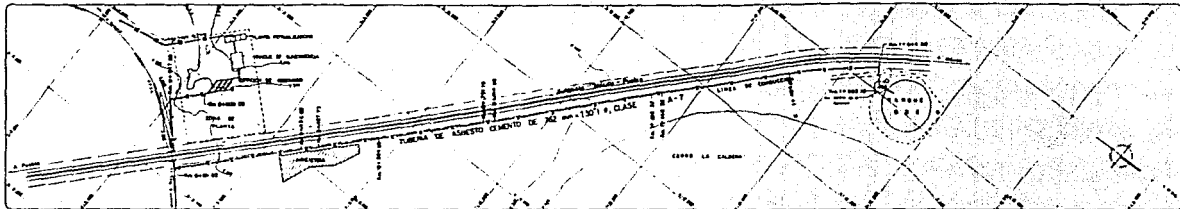


PLANTA

PERFIL

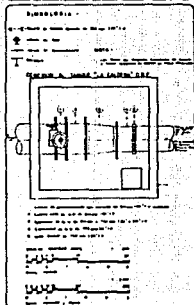
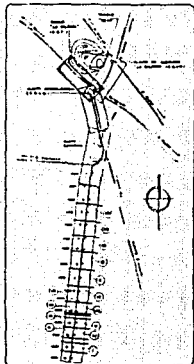
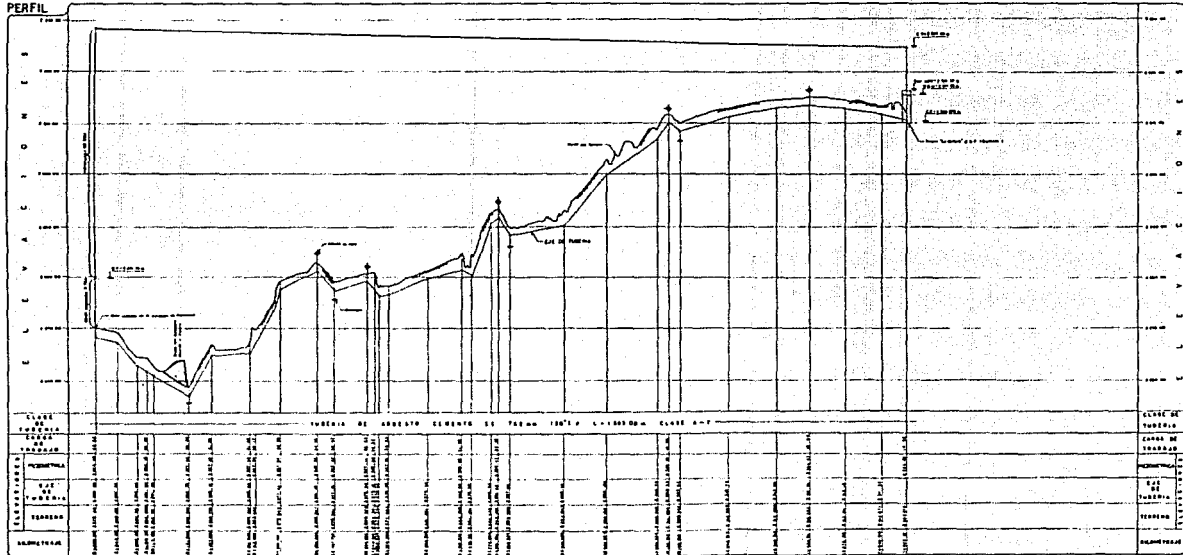


**ENEP - CATLAN - UNAM**  
 INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS  
 DIRECCIÓN GENERAL DE INGENIERÍA Y OBRAS PÚBLICAS  
 SECCIÓN DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN  
**PLANTA Y PERFIL**  
 HOJA 001 DE 0000  
 1-008



PLANTA

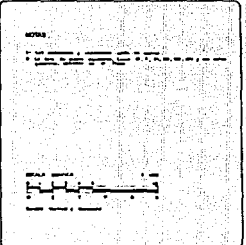
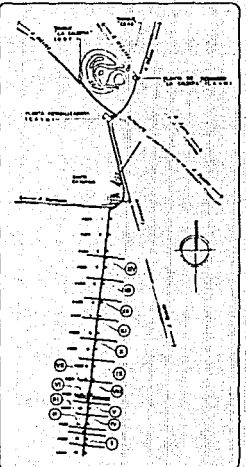
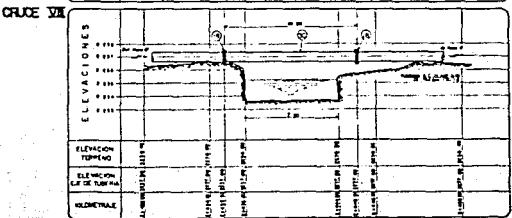
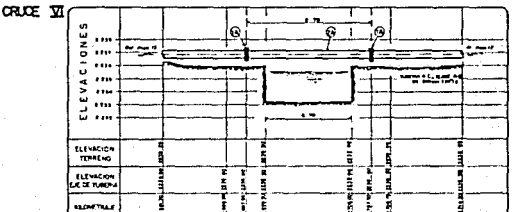
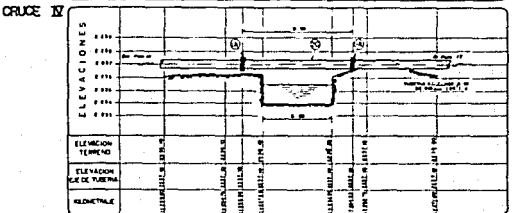
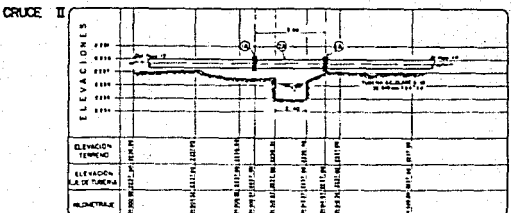
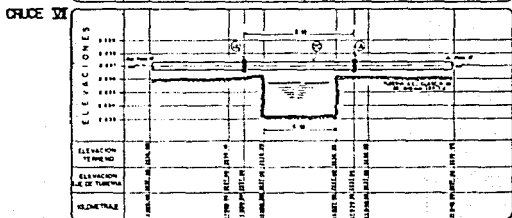
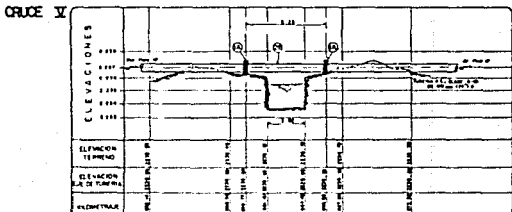
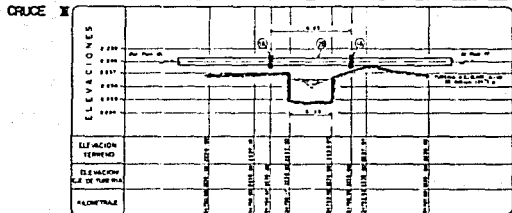
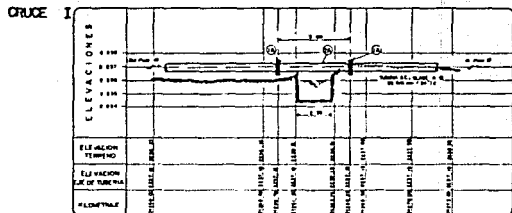
PERFIL



**ENEP - ACATLAN - UNAM**  
 INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIAS RECONSTRUCTIVAS  
 DIVISION DE ACATLAN - UNAM  
 LINEA DE CONSTRUCCION  
 PLANTA, PERFIL Y CORTES  
 HOJA 01 DE 01

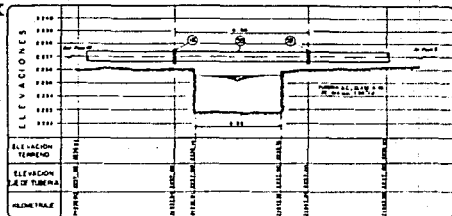




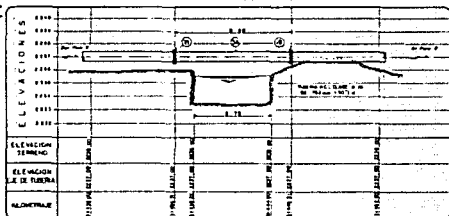


**ENEP - AGATLAN - UNAM**  
 PROYECTO DEL ESTADO DE SAN PABLO  
 SISTEMA HIDRICO - SANTA CATARINA  
 CRUCE DE LA LINEA DEL CAMPO DE  
 POZOS CON CAUALES PARA REGO  
 PLAN DE CUENTA  
 CA - 0  
 1-009  
 0000000-0

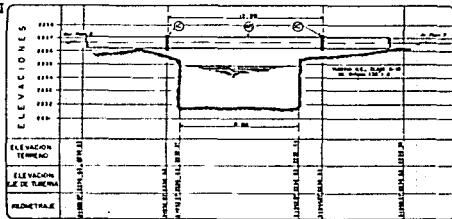
CRUCE IX



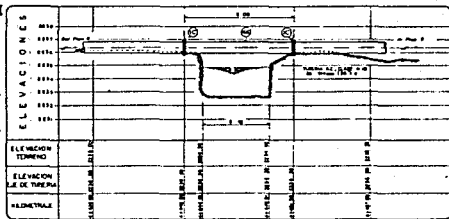
CRUCE X



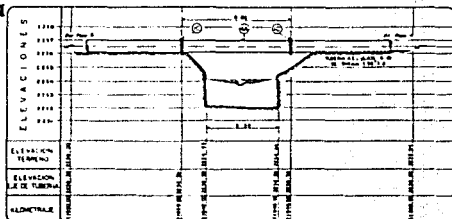
CRUCE XI



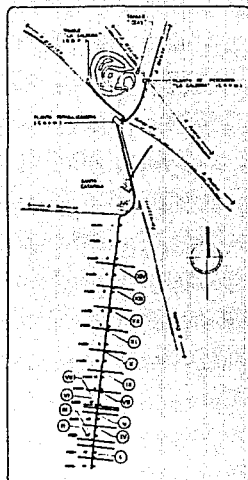
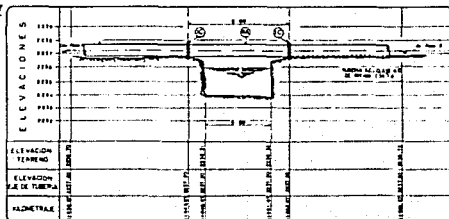
CRUCE XII



CRUCE XIII



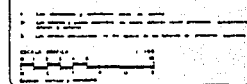
CRUCE XIV



Lista de Piezas Especiales

| ITEM | DESCRIPCION | CANTIDAD | UNIDAD |
|------|-------------|----------|--------|
| 1    | ...         | ...      | ...    |
| 2    | ...         | ...      | ...    |
| 3    | ...         | ...      | ...    |
| 4    | ...         | ...      | ...    |
| 5    | ...         | ...      | ...    |
| 6    | ...         | ...      | ...    |
| 7    | ...         | ...      | ...    |
| 8    | ...         | ...      | ...    |
| 9    | ...         | ...      | ...    |
| 10   | ...         | ...      | ...    |
| 11   | ...         | ...      | ...    |
| 12   | ...         | ...      | ...    |
| 13   | ...         | ...      | ...    |
| 14   | ...         | ...      | ...    |
| 15   | ...         | ...      | ...    |
| 16   | ...         | ...      | ...    |
| 17   | ...         | ...      | ...    |
| 18   | ...         | ...      | ...    |
| 19   | ...         | ...      | ...    |
| 20   | ...         | ...      | ...    |
| 21   | ...         | ...      | ...    |
| 22   | ...         | ...      | ...    |
| 23   | ...         | ...      | ...    |
| 24   | ...         | ...      | ...    |
| 25   | ...         | ...      | ...    |
| 26   | ...         | ...      | ...    |
| 27   | ...         | ...      | ...    |
| 28   | ...         | ...      | ...    |
| 29   | ...         | ...      | ...    |
| 30   | ...         | ...      | ...    |
| 31   | ...         | ...      | ...    |
| 32   | ...         | ...      | ...    |
| 33   | ...         | ...      | ...    |
| 34   | ...         | ...      | ...    |
| 35   | ...         | ...      | ...    |
| 36   | ...         | ...      | ...    |
| 37   | ...         | ...      | ...    |
| 38   | ...         | ...      | ...    |
| 39   | ...         | ...      | ...    |
| 40   | ...         | ...      | ...    |
| 41   | ...         | ...      | ...    |
| 42   | ...         | ...      | ...    |
| 43   | ...         | ...      | ...    |
| 44   | ...         | ...      | ...    |
| 45   | ...         | ...      | ...    |
| 46   | ...         | ...      | ...    |
| 47   | ...         | ...      | ...    |
| 48   | ...         | ...      | ...    |
| 49   | ...         | ...      | ...    |
| 50   | ...         | ...      | ...    |
| 51   | ...         | ...      | ...    |
| 52   | ...         | ...      | ...    |
| 53   | ...         | ...      | ...    |
| 54   | ...         | ...      | ...    |
| 55   | ...         | ...      | ...    |
| 56   | ...         | ...      | ...    |
| 57   | ...         | ...      | ...    |
| 58   | ...         | ...      | ...    |
| 59   | ...         | ...      | ...    |
| 60   | ...         | ...      | ...    |
| 61   | ...         | ...      | ...    |
| 62   | ...         | ...      | ...    |
| 63   | ...         | ...      | ...    |
| 64   | ...         | ...      | ...    |
| 65   | ...         | ...      | ...    |
| 66   | ...         | ...      | ...    |
| 67   | ...         | ...      | ...    |
| 68   | ...         | ...      | ...    |
| 69   | ...         | ...      | ...    |
| 70   | ...         | ...      | ...    |
| 71   | ...         | ...      | ...    |
| 72   | ...         | ...      | ...    |
| 73   | ...         | ...      | ...    |
| 74   | ...         | ...      | ...    |
| 75   | ...         | ...      | ...    |
| 76   | ...         | ...      | ...    |
| 77   | ...         | ...      | ...    |
| 78   | ...         | ...      | ...    |
| 79   | ...         | ...      | ...    |
| 80   | ...         | ...      | ...    |
| 81   | ...         | ...      | ...    |
| 82   | ...         | ...      | ...    |
| 83   | ...         | ...      | ...    |
| 84   | ...         | ...      | ...    |
| 85   | ...         | ...      | ...    |
| 86   | ...         | ...      | ...    |
| 87   | ...         | ...      | ...    |
| 88   | ...         | ...      | ...    |
| 89   | ...         | ...      | ...    |
| 90   | ...         | ...      | ...    |
| 91   | ...         | ...      | ...    |
| 92   | ...         | ...      | ...    |
| 93   | ...         | ...      | ...    |
| 94   | ...         | ...      | ...    |
| 95   | ...         | ...      | ...    |
| 96   | ...         | ...      | ...    |
| 97   | ...         | ...      | ...    |
| 98   | ...         | ...      | ...    |
| 99   | ...         | ...      | ...    |
| 100  | ...         | ...      | ...    |

NOTAS -



**ENEP - ACATLAN - UNAM.**

PROYECTO DE OBRAS DE RECONSTRUCCION DEL PUENTE DEL CRUCE DE LA LINEA DEL CAMPO DE FORTES CON CASILES PARA RECO

CA - D  
1 - 010

QUINTA CUESTA DE JERONIMO ALVARADO MORALES

EN CUENTA

0000000 - 2