

2eji 65



Universidad Nacional Autónoma  
de México

FACULTAD DE INGENIERIA

**EQUIPAMIENTO MECANICO DEL  
ACUEDUCTO SAN JUAN B. LONDO  
LORETO-NOPOLO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

Ingeniero Mecanico Electricista

P R E S E N T A N :

**HECTOR DE JESUS JIMENEZ  
JESUS SANCHEZ CONTRERAS  
HORACIO SORIANO MORA**

Director de Tesis: Ing. Armando Ortiz Prado



MEXICO, D. F.

JUNIO 1988

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## **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	Pag
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	
I REVISION DE INFORMACION DISPONIBLE	5
I.1. Demanda de caudal urbano y turistico (1987-2010)	5
-Datos de aforo en pozos	
I.2. Localización geográfica	10
CAPITULO II	
II PLANTEAMIENTO Y SELECCION DE ALTERNATIVAS	11
II.1 Zona de captacion (zona de pozos)	11
II.1.1 Alternativa 1, carga de bombeo $H_b=184$ mca	13
II.1.2 Alternativa 2, carga de bombeo $H_b=132$ mca	17
II.1.3 Conclusion	19
II.2 Planta de bombeo	23
II.2.1 Equipos horizontales	26
II.2.2 Equipos verticales	31
II.2.3 Conclusion	32
CAPITULO III	
III PROYECTO DEL EQUIPAMIENTO MECANICO EN LA ZONA DE CAPTACION	34
III.1 Equipamiento mecanico del pozo tipo	35
III.2 Memoria de cálculo de la zona de captacion	39
III.2.1 Cálculo afinado de pozo tipo	
a) potencia aproximada	
b) pérdidas hidráulicas	

- en fontanería
- en la columna de succión

- c) pérdida mecánica en la flecha
- d) carga dinámica total afinada
- e) potencia real
- f) empuje axial
- g) alargamiento de la flecha
- h) NPSH disponible

III.3 Elaboración de especificaciones técnicas	52
--	----

#### CAPITULO IV

IV PROYECTO DEL EQUIPAMIENTO MECANICO DE LA PLANTA DE BOMBEO.	70
---	----

IV.1 Dimensionamiento Hidráulico del cárcamo y equipamiento de la planta de bombeo.	71
---	----

IV.2 Memoria de cálculo de la planta de bombeo	87
--	----

##### IV.2.1 Cálculo afinado del equipo tipo

- a) potencia aproximada
- b) pérdidas hidráulicas
  - en fontanería
  - en la columna de succión

- c) pérdida mecánica en la flecha
- d) carga dinámica total afinada
- e) potencia real
- f) empuje axial
- g) alargamiento de la flecha
- h) NPSH disponible

IV.3 Especificaciones técnicas particulares del equipo mecánico.	94
--	----

IV.4 Elaboración y análisis de la curva de operación del sistema.	106
---	-----

#### CAPITULO V

V ASPECTOS GENERALES DE POS-INSTALACION	111
---	-----

V.1 Pruebas	111
V.2 Arranque	117
V.3 Faro	118
V.4 Recomendaciones de mantenimiento	121

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>127</b>
<b>APENDICE A</b>	<b>130</b>
<b>APENDICE B</b>	<b>140</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>143</b>

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

La ciudad de San Juan B. Londo-Loreto-Nopolo, B.C.S., dentro de su carácter urbano-turístico pretende participar en forma importante en el desarrollo económico nacional, por lo que la construcción de la infraestructura necesaria para coadyuvar a su expansión ha sido motivo de preocupación.

Es por ello que un aspecto crítico en los últimos años lo constituye el abastecimiento de agua, sobre todo cuando la afluencia turística va en aumento; además el aumento, resultado de pronósticos de población actual y futura, en la demanda de agua potable en la ciudad ha dado lugar a la explotación total de las fuentes actuales cercanas, lo que ha ocasionado protestas populares.

Las fuentes superficiales y subterráneas próximas a la zona metropolitana son solo las que ya están en uso, además en condiciones salobres, por lo que para cubrir las necesidades futuras es necesario recurrir a fuentes más alejadas.

Como resultado de un estudio exhaustivo (no contemplado en los alcances del presente trabajo) para aumentar los caudales de abastecimiento a las ciudades señaladas, se determinó

como adecuado explotar el acuífero de San Juan B. Londo. Por lo anteriormente expuesto se construirá el acueducto San Juan B. Londo-Loreto-Nopolo; cuyos componentes mecánico-hidráulicos son:

Zona de captación.

Línea de interconexión de pozos a planta de bombeo.

Planta de bombeo.

Líneas de conducción.

Abarcar todos y cada uno de estos importantísimos temas en un trabajo de tesis, por las limitantes de espacio, resulta imposible.

Es por ello que el presente trabajo sólo contemplará El proyecto de la zona de captación (pozos) y planta de bombeo, en lo que se refiere a proyecto, selección, equipamiento, especificaciones y mantenimiento del equipo mecánico. Y de los demás temas sólo se mencionarán características generales necesarias, cuando se crea oportuno, para darle un fácil entendimiento y continuidad al presente trabajo.

Este trabajo está estructurado en cinco capítulos, los cuales están destinados a dar lineamientos generales sobre El proyecto de abastecimiento de agua potable, particularmente en los sistemas de bombeo.

En el capítulo uno se indica la demanda de agua potable actual y futura, resultado de los pronósticos de población

futura y potencial, importante dato para iniciar el proyecto del equipamiento mecánico de la zona de captación (pozos) y planta de bombeo.

En el capítulo dos se selecciona la mejor Alternativa de la ubicación del cárcamo de bombeo, arrojando consecuentemente la selección óptima del equipo de bombeo para cada pozo. También muestra el criterio técnico general seguido para concluir el tipo y número de equipos en la planta de bombeo.

En el capítulo tres se indican los factores técnicos, así como un cálculo a manera de ejemplo (aplicado a un pozo), que intervienen en la depuración selectiva de un equipo de bombeo para un pozo profundo. También se señalan las razones de cada elemento que forma el equipamiento mecánico del pozo tipo y se muestra el plano de dicho equipamiento con las características generales de cada pozo.

En el capítulo cuarto se muestra lo mismo que en el capítulo tres, sólo que para los equipos a instalar en la planta de bombeo. Se señalan las recomendaciones para el diseño óptimo del cárcamo de bombeo. En este capítulo también presentan las recomendaciones de operación conjunta zona de pozos-planta de bombeo, resultado del análisis de la curva de operación en paralelo de la planta de bombeo.

En el capítulo quinto se señalan las recomendaciones para la puesta en marcha y paro del sistema de bombeo. Se listan



algunas de las fallas más comunes y sus correspondientes compos-  
turas de los equipos de bombeo y finalmente se indican algunas  
recomendaciones de mantenimiento.

## C A P I T U L O   I

### I REVISION DE INFORMACION DISPONIBLE

#### I.I Demanda de caudal urbano y turistico (1987-2010)

El desarrollo Urbano-Turístico ocasionado por el importante impulso que se ha estado dando en los últimos años a las ciudades de Loreto y Nopoló, B.C.S., ubicadas en la parte central del litoral del Golfo de Baja California Sur, han atraído un importante número de visitantes del interior del País y del extranjero, por lo que FONDEPORT realizó pronósticos de población futura y sus correspondientes demandas de agua potable, para contar con información base para la planeación de la infraestructura requerida. Los resultados de FONDEPORT se describen a continuación:

La Ciudad de Loreto con una población de 7 600 habitantes, requiere actualmente de un caudal medio de 21 lps para uso urbano, y 4 lps para uso turistico, considerando una dotación de 250 l/h/día para la población urbana, y 1 500 l/cuarto/día para la turística.

Se estima que la población se incrementará hasta alcanzar la cifra de 42 000 habitantes en el año 2 000, que demandará un

caudal medio de 121 lps así mismo se prevé la construcción de 165 cuartos que requerirán un caudal de 4 lps, haciendo un total de 125 lps. Se estima que a partir del año 2 000 únicamente se tendrá un crecimiento normal de la población urbana, hasta alcanzar la cifra de 59 000 en el año 2 010 los que demandarán un caudal de 171 lps, dando un total de 175 lps considerando las demandas turísticas.

La Ciudad de Nopoló, con una población de 322 habitantes y una infraestructura turística de 250 cuartos en hoteles y condohoteles de 364 cuartos en lotes unifamiliares y villas que demandan un caudal medio de 10 lps para fines turísticos.

Se estima que la población se incrementará hasta los 2 600 habitantes en el año 2 000, que demandarán un caudal de 7 lps, asimismo, la infraestructura turística se incrementará hasta contar con 2 483 cuartos en hoteles y condohoteles, y 1 661 cuartos en lotes familiares y villas, que demandarán un caudal medio de 72 lps. En este caso se considera que la infraestructura turística no se incrementará a partir del año 2 000, y que para el año 2 010 la población urbana únicamente se incrementará a la cifra de 3 700 habitantes, que demandarán 10 lps, dando un total de 82 lps.

El caudal total que demandarán las ciudades de Loreto y Nopoló, considerando población natural y turismo, al año 2 010 se estima en 257 lps.

## FUENTES DE ABASTECIMIENTO ACTUALES

La Ciudad de Loreto se abastece de cuatro pozos que están contaminados con agua salobre, o sea que no cuentan con agua potable de calidad.

Por lo que se refiere a Nopoló, cuenta con tres pozos someros, que tienen un caudal potencial de 35 lps, sin embargo únicamente se utiliza un pozo al que se le extraen 13 lps; de los otros dos pozos, uno está equipado, conectado y listo para operar y el otro no cuenta con conexión o equipo alguno.

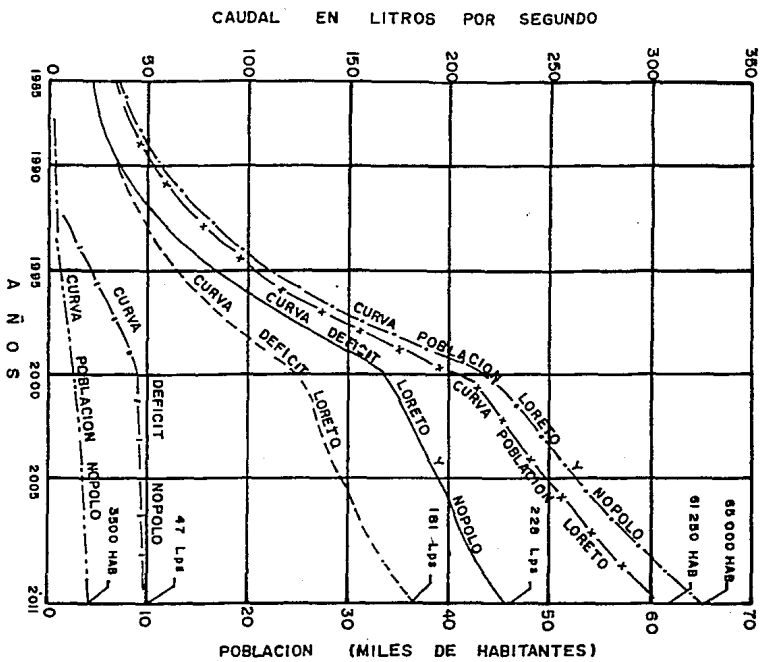
Haciendo un balance entre la oferta y la demanda, se tiene que actualmente la demanda de las dos ciudades es de 35 lps y la oferta de 13 lps; es decir, se presenta un déficit de 22 lps. Para el año 2 010 la demanda será mayor. Debido al problema anterior mencionado la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) determinó adecuado explotar el acuífero San Juan B.Londo.

## CARACTERISTICAS DE LOS POZOS

Para el correcto aprovechamiento de los pozos es necesario conocer sus características del mismo, entre ellas podemos mencionar:

- nivel estático.
- nivel dinámico máximo en el aforo.
- nivel dinámico esperado.

OFERTA Y DEMANDA DE AGUA  
CIUDAD DE LORETO Y NOPOLO



- caudal máximo de aforo.
- caudal de operación recomendable.
- diámetro ademe.
- calidad del agua.

La definición de cada uno de los términos anotados se explica en el apéndice A.

La siguiente tabla es un resumen de las características antes mencionadas de cada uno de los pozos.

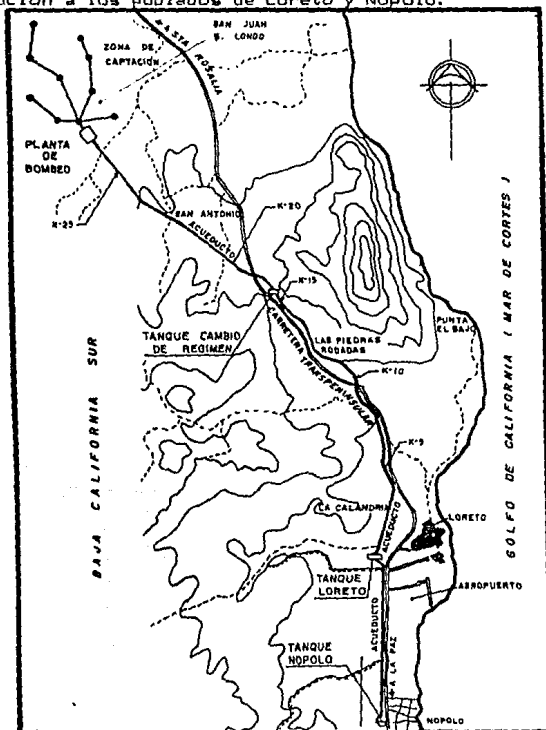
CARACTERISTICAS DE LOS POZOS DEL ACUEDUCTO SAN JUAN B. LONDO-  
LORETO-NOPOLO, B.C.S.

POZO No.	NIVEL ESTATICO (m)	N.D MAXIMO EN AFORD (m)	N.D. ESPERADO (m)	CAUDAL MAXIMO (LPB)	CAUDAL OPERACION (LPS)	DIAMETRO ADEME (m)
6	41.0	53.09	60.0	35.81	30.0	0.305
7	51.0	56.43	60.0	32.94	30.0	"
8	39.0	58.43	65.0	34.05	30.0	"
9	40.0	54.00	60.0	33.25	30.0	"
10	35.0	59.35	65.0	35.65	30.0	"
11	55.0	60.43	65.0	36.00	30.0	"
12	30.0	50.05	55.0	34.50	30.0	"
14	45.0	54.35	60.0	35.90	30.0	"
15	30.0	54.25	55.0	36.60	30.0	"

(N.D= Nivel Dinámico)

## 1.2 Localización geográfica

A continuación se muestra la ubicación geográfica del sistema de bombeo que comprende la zona de captación (10 pozos,- acuífero San Juan B.Londó), línea de conducción a planta de bombeo, línea de conducción al tanque de transición, línea de distribución a los poblados de Loreto y Nopolo.



## C A P I T U L O   I I

### II PLANTEAMIENTO Y SELECCION DE ALTERNATIVAS

#### II.1 Zona de captación (zona de pozos)

Por medio de la obra de captación (pozo profundo) se toma el agua requerida de la fuente de abastecimiento para después conducirla hasta el cárcamo en donde opera el equipo de bombeo.

La zona de captación del acuífero de San Juan B. Londó se encuentra situada a 34.5 Km de Loreto, la cual estará integrada por diez pozos profundos, los cuales se han perforado y aforado, obteniendo caudales de diseño de 30 l.p.s. cada uno, aportando un gasto total de 300 l.p.s.

La interconexión se proyectó en dos ramales con cinco pozos cada uno, para seleccionar este tipo de interconexión se hicieron los análisis económicos correspondientes, resultando el que se presenta como el más económico, ver fig. 2.1.

La ubicación de la planta de bombeo, en cuanto a elevación de terreno y distancia de la zona de captación a partir del punto de referencia, hace que surjan las dos alternativas que se presentarán a continuación.



ZONA DE CAPTACION SAN JUAN B. LONDO

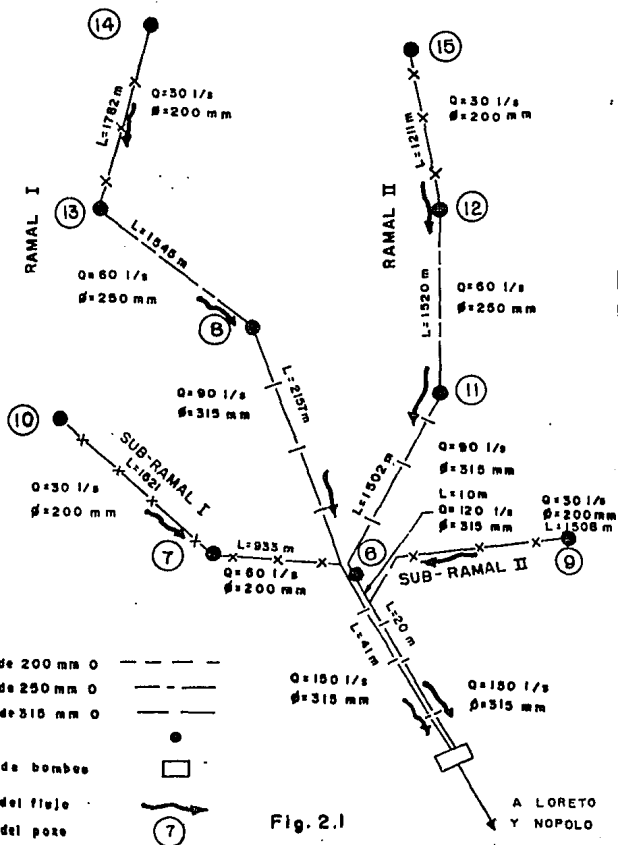


Fig. 2.1

Cabe señalar que la buena selección de la ubicación de la planta de bombeo, repercutirá en la selección óptima de cada uno de los pozos así como en una buena selección del equipo de bombeo y por consecuencia ya que a partir de este punto el agua se bombeará hasta el tanque de cambio de régimen.

#### 11.1.1. Alternativa 1, carga de bombeo (Hb) 178 m.c.a.

Ubicando la planta de bombeo en el Km 27 + 500 según referencia y a una elevación de 68.25 m.s.n.m. trae como consecuencia las correspondientes cargas de bombeo así como las cotas piezométricas, según su estación y altura sobre el nivel del mar, mostradas para cada pozo en la fig. 2.2.

Los equipos a usar en la zona de captación son definitivamente bombas centrifugas verticales tipo turbina para pozo profundo (por el tipo de fuente de abastecimiento).

A partir del gasto de diseño y de las cargas de bombeo correspondientes a cada pozo, se señalan los puntos óptimos de operación en las curvas de comportamiento de los fabricantes para cada uno de los pozos, ver fig. 2.3, y los resultados se resumen en la siguiente tabla:

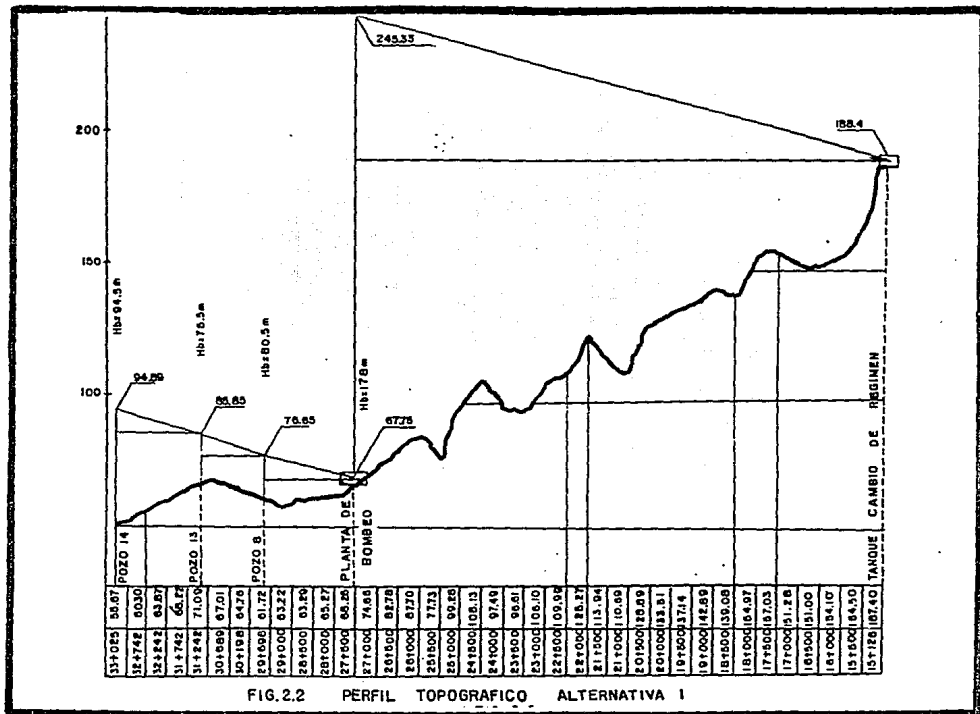


FIG.2.2 PERFIL TOPOGRAFICO ALTERNATIVA 1

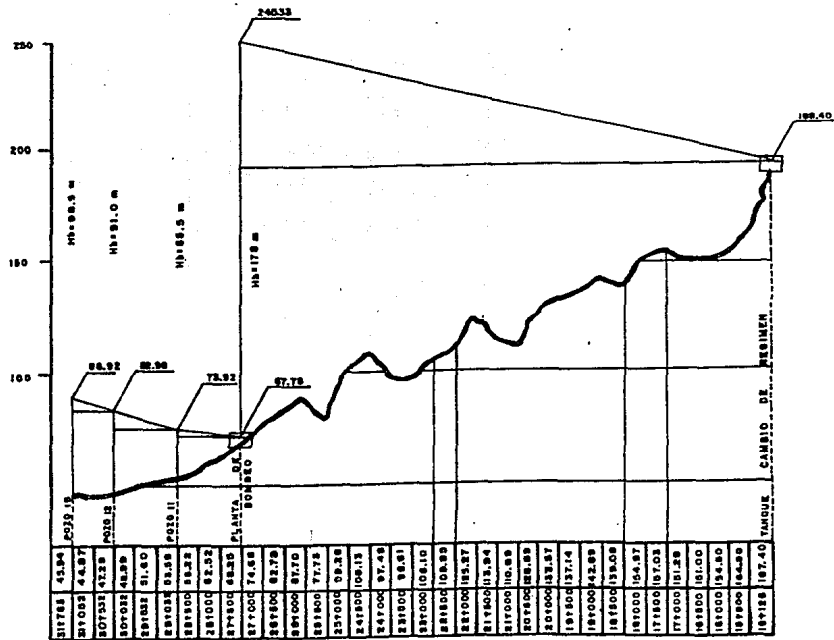
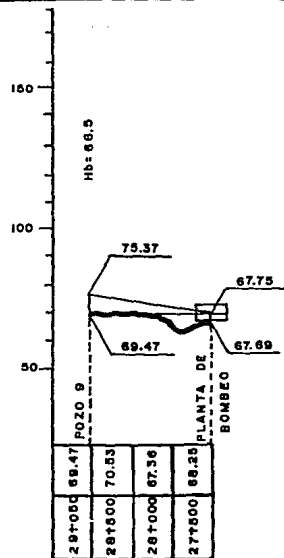
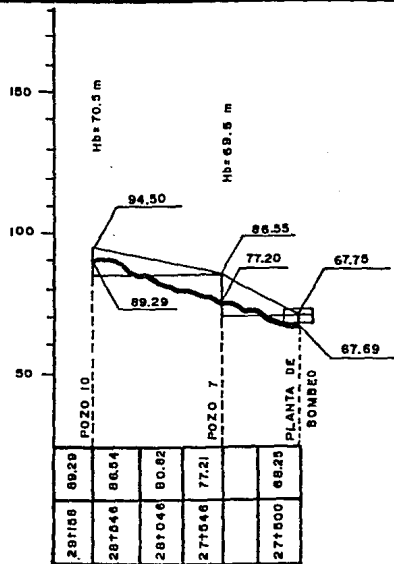


FIG. 2.2 PERFIL TOPOGRAFICO ALTERNATIVA I



PERFIL TOPOGRAFICO ALTERNATIVA I

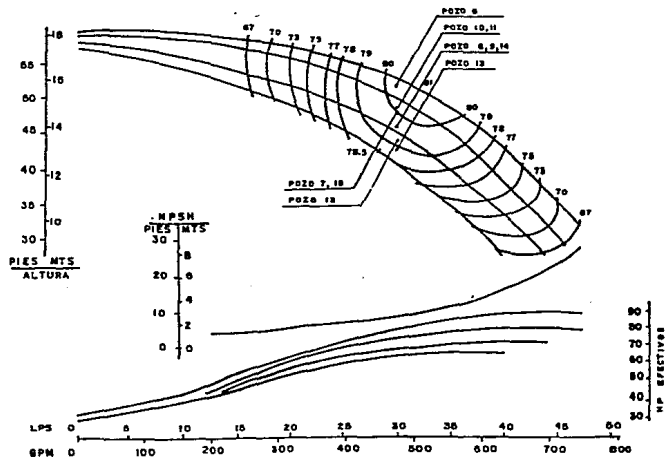
FIG. 2.2

Pozo No.	No. Pasos	RPM	E %
6	4	1760	80.1
7	5	"	80.0
8	6	"	79.8
9	5	"	79.8
10	5	"	80.1
11	6	"	80.1
12	7	"	79.2
13	6	"	79.0
14	7	"	79.8
15	7	"	80.0

#### II.1.2. Alternativa 2, carga de bombeo (Hb) 132 m.c.a.

Ubicando la planta de bombeo en el Km 24 + 500 según referencia y a una elevación de 108.13 m.s.n.m. trae como consecuencia las correspondientes cargas de bombeo así como las cotas piezométricas, según su estación y altura sobre el nivel del mar, mostradas para cada pozo en la fig. 2.4.

A partir del gasto de diseño y de las cargas de bombeo correspondientes a cada pozo, se señalan los puntos óptimos de operación en las curvas de comportamiento de los fabricantes para cada uno de los pozos, ver fig. 2.5, los resultados se resumen en la siguiente tabla:



CURVAS DE COMPORTAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO  
 RENDIMIENTO POR PASE  
 10 LB 1760 RPM

FIG. 2.3

Pozo No.	No.Pasos	RPM	E %
6	10	1760	80.1
7	10	"	79.8
8	11	"	80.0
9	10	"	80.1
10	10	"	79.9
11	11	"	80.1
12	12	"	80.1
13	11	"	80.1
14	12	"	80.1
15	12	"	80.1

De las curvas de comportamiento de los equipos de bombeo se observa que el equipo seleccionado podrá absorber en un momento dado un 50% adicional a su capacidad de diseño, puesto que, generalmente, nunca se conoce a priori las características hidráulicas de los pozos. Además la ventaja de este tipo de equipos es, también, que si la carga varía, solo bastará adicionar o eliminar tantos impulsores (tazones) como sea necesario para satisfacer dicha carga.

### II.1.3. Conclusión

De las tablas de resultados de cada una de las alternativas, se concluye:

- a) La eficiencia en ambas opciones es la misma.



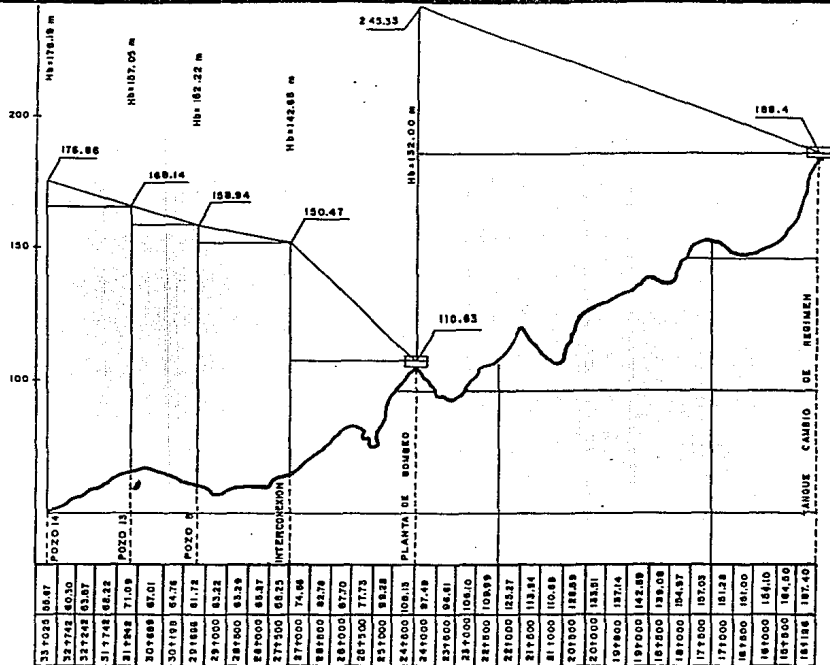


FIG. 2.4 PERFIL TOPOGRAFICO ALTERNATIVA II

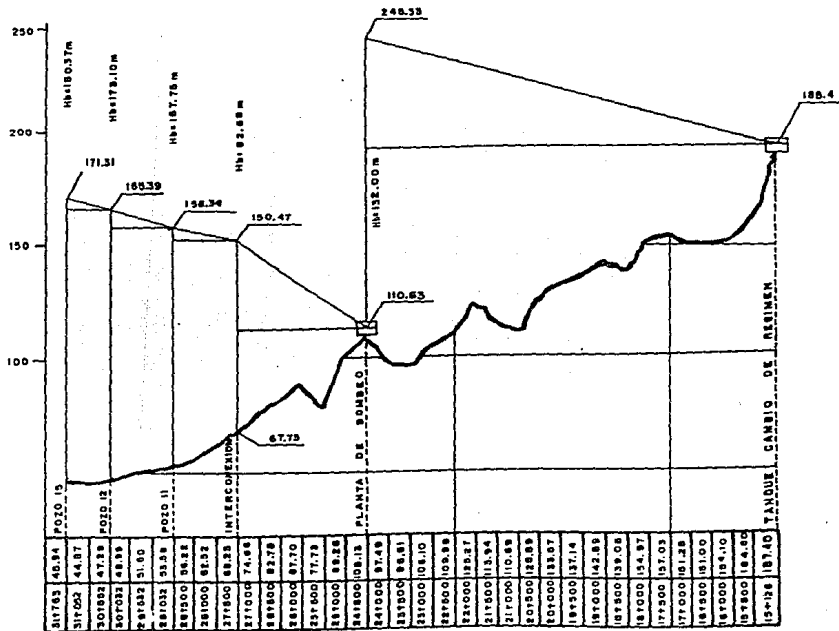
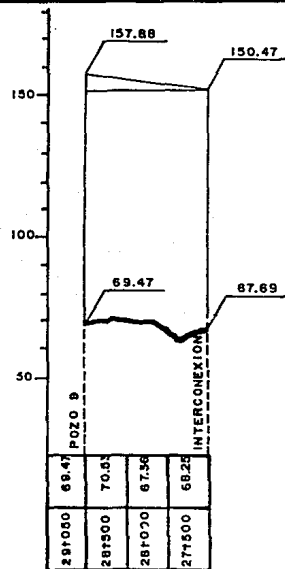
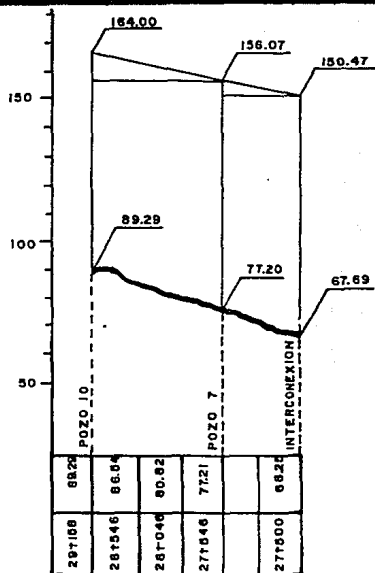


FIG. 2.4 PERFIL TOPOGRAFICO ALTERNATIVA II



PERFIL TOPOGRAFICO ALTERNATIVA II

FIG. 2.4

b) El número de pasos, de cada pozo, en la segunda alternativa es (aproximadamente) el doble al número de pasos requeridos, para cada pozo, en la primera alternativa.

c) Por lo anterior, el costo inicial y el de operación serán mayores en la segunda alternativa.

d) También, la potencia de los motores eléctricos, en la segunda alternativa será aproximadamente del 50% adicional a la requerida por los motores de la primera alternativa ya que la planta está más alejada de la zona de captación.

Por lo anteriormente expuesto, y en virtud de que la carga de bombeo en el cárcamo (planta de bombeo) no presenta problemas, debido a la gran variedad de equipos y a la forma de disponerlos, hace que cualquiera que sea la capacidad de ésta sea satisfecha, se trabajará, entonces, con la OPCION NUMERO 1 (Hb 178 m.c.a.) y todas las ventajas que trae consigo dicha opción en la zona de captación.

## II.2 Planta de bombeo

Definitivamente, no existe criterio alguno para determinar a priori si los equipos en la planta de bombeo serán horizontales o verticales. Esto dependerá de un análisis técnico económico, resultado de la aplicación de criterios ortodoxos de la ciencia hidráulica que se mencionarán en su momento, y de cierta experiencia por parte de los que proyectan.

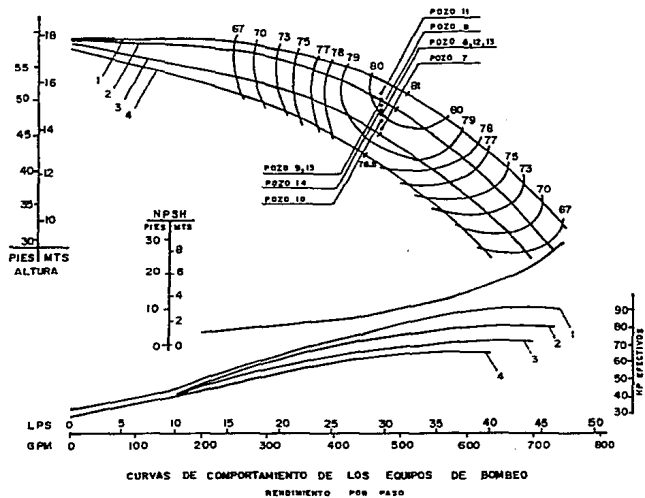


FIG. 2.5

Sin embargo, no esta de más para este proyecto considerar algunas ventajas y desventajas que ofrece cada uno de ellos y que a continuación se mencionan.

Una de las ventajas de la bomba vertical sobre la horizontal, la cual muchas veces decide la elección y con frecuencia la hace preferente, es que se puede colocar el motor a cualquier altura de tal manera que quede a salvo de las inundaciones, además el problema del cebado se elimina, la N.P.S.H. disponible\* puede mejorarse más fácilmente, ocupa menos espacio en su instalación y en general su eficiencia es más alta. Además, generalmente los fabricantes ofrecen bombas con mayor capacidad en el tipo vertical, porque la horizontal adolece de una limitante que es la altura de aspiración.

Mediante el concepto de  $N_s^*$ , que relaciona a los tres factores principales que influyen en el funcionamiento de una bomba (gasto, carga y velocidad) y la teoría de la similitud, los investigadores han encontrado formas y condiciones de operación convenientes para diferentes impulsores, y basándose en estos datos los fabricantes construyen sus diversos tipos y tamaños de bomba.

En la práctica, y debido a las limitaciones de esta, la velocidad específica es un índice más que permite predecir el tipo de bomba conveniente a emplear y esperar, en general, un buen funcionamiento.

\* Para la definición de estos términos de bombeo, ver apéndice A.

Es por ello que en este proyecto, en la determinación del tipo de equipos y número de ellos se utilizará el criterio de la velocidad específica con las consecuencias correspondientes.

Tanto las bombas verticales como las horizontales cumplen suficientemente con la carga y gasto señalados para el sistema, es por ello que ahora se debe considerar aspectos de la obra civil; pero, como en este aspecto y debido a las características del terreno no existen restricciones, queda libre por lo tanto la selección de uno u otro tipo.

Antes de seguir adelante es importante mencionar que el equipo en la planta de bombeo, operará en paralelo, es decir, el gasto a manejar por equipo será el resultado de dividir el gasto total entre el número de equipos a instalar, resultando esto de un análisis técnico y la carga a manejar será la misma en todos.

### II.2.1 Equipos horizontales

-Determinación de la velocidad específica para las condiciones del proyecto.

La velocidad específica máxima para impulsores de simple succión se determina de las figuras 2.6 y/o 2.7 del Hydraulic Institute Standards (HIS). En estas gráficas se entra con la altura de succión efectiva ( $H_{se}$ ) y la carga por impulsor ( $H_i$ ). Para nuestro caso la carga total es de aproximadamente 184 mts (604 ft) que resulta ser una carga muy elevada para ser trabajada

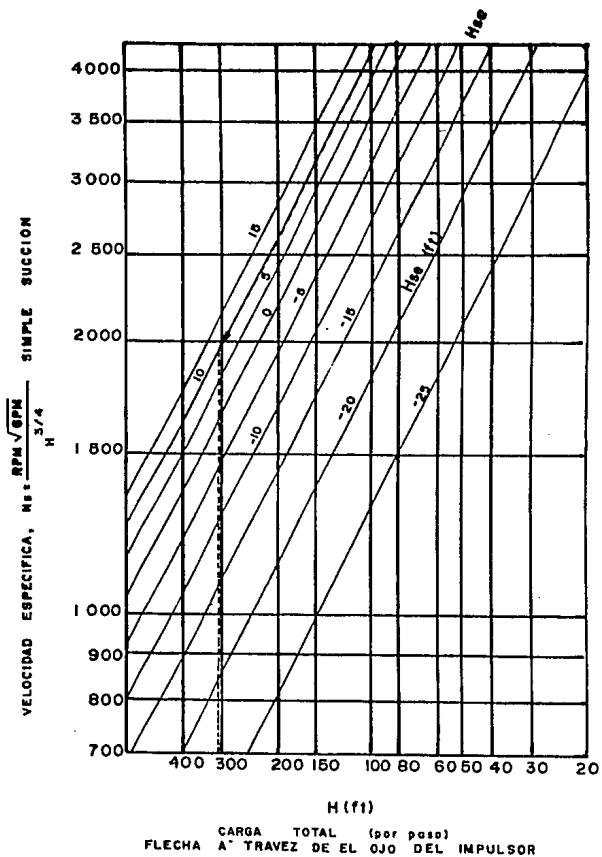


FIG. 2.6



por un solo impulsor, desde aquí se puede observar la necesidad de tener que utilizar un equipo multipaso. Por lo tanto dividimos la carga a la mitad de tal manera de tener  $H_i = 92$  mts (302) ft. Por otro lado:

$$H_{se} = (\pm H_{ss} - h_{fs} - 0.11 \text{ msnm}) / 100$$

donde  $H_{se}$  = altura de succión efectiva

$h_{fs}$  = pérdidas en la succión (aprox. = 0)

msnm = corrección por altura sobre el nivel del mar (aprox = 0)

$\pm H_{ss}$ : altura en la succión (aprox. = 3m)

Substituyendo:  $H_{se} = 3$  m

Con  $H_{se} = 3$  m y  $H_i = 92$  mts (302 ft) se tiene del HIS una velocidad específica máxima de:

$$N_{sm\acute{a}x} = 2000$$

Esta velocidad específica se aplica a los equipos horizontales y verticales.

-Determinación del número de unidades horizontales para estas condiciones.

La velocidad angular de operación se propone igual a  $N = 1760$  rpm, como una velocidad aceptable sin tener mayores problemas de operación y mantenimiento.

Substituyendo los valores anteriores en la expresión de la  $N_s$ , habiendo despejado previamente el gasto  $Q$  se tiene:

$$Q = (N_s/N)^2 \times H^{1.5} = (2000/1760)^2 \times 302^{1.5}$$

$$Q = 427.6 \text{ LPS (6 777 GPM)}$$

Este gasto resultó ser mayor que el gasto total de operación del sistema [ $Q_t = 300 \text{ LPS (4 755)}$ ] LO QUE INDICA QUE SE TENDRIA QUE OPERAR UN SOLO EQUIPO DE BOMBEO, bajo las condiciones señaladas.

El tener un arreglo con un solo equipo de bombeo resulta ser poco versátil en su operación y mantenimiento; por lo que el número conveniente de equipos que se proponen para esta planta es de tres en operación normal y uno de reserva (3+1 equipos), con lo que cada uno estará manejando 100 lps.

Para esta nueva disposición (3+1 equipos) se tiene:

$$Q_u = 100 \text{ LPS (1585 GPM)}$$

$$N_{\text{máx}} = 2000 \text{ rpm}$$

$$H_i = 302 \text{ ft}$$

Substituyendo en la expresión de la  $N_s$ , habiendo despejado previamente la velocidad angular  $N$ :

$$N = N_s \times H^{0.75} / (Q^{0.5}) = 2000 \times 302^{0.75} / (1585^{0.5})$$

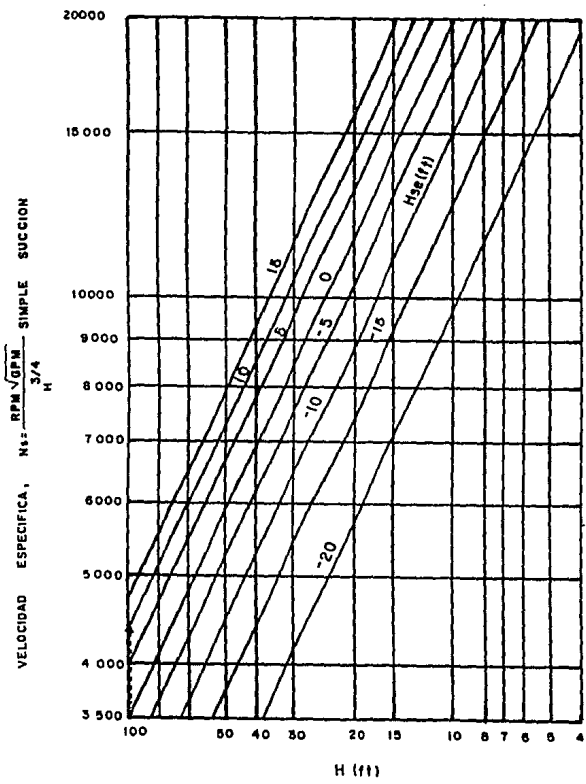
$$N = 3\ 600 \text{ rpm}$$

Esta velocidad angular es elevada y poco recomendable, por lo que finalmente volviendo a  $N = 1760 \text{ rpm}$  el número de pasos necesarios sería:

$$H_i = (N/N_s)^{1.3} \times Q^{0.7} = (1760/2000)^{1.3} \times 1585^{0.7}$$

$$H_i = 35 \text{ mts (115 ft)}$$

Donde el número de pasos es:



CARGA TOTAL (POR PASO)  
 BOMBA DE SIMPLE SUCCION FLUJO MIXTO Y AXIAL

FIG. 2.7

Donde el número de pasos es:

$$\text{No. pasos} = H_t/H_i = 604/115 = 5.25 \quad \text{No. pasos} = 6$$

$$H_i = 184/6 = 30.7 \text{ mts (100.7 ft)}$$

La conclusión que emitimos es que para tener equipos horizontales a una velocidad angular recomendable (1760 rpm), la bomba tendría que ser del tipo multipaso con un gran número de impulsores (debido a la carga tan grande y el gasto pequeño), arreglo que estimamos poco conveniente por cuestiones de operación, mantenimiento e inversión inicial.

La forma en que se reducen el número de pasos es aumentando la velocidad angular (3600 rpm), situación que tampoco se recomienda.

## II.2.2 Equipos verticales

Algunos de los resultados anteriores valen para esta opción, como se mencionó.

$$H_{se} = 3 \text{ m}$$

$$H_t = 184 \text{ m}$$

$$H_i = 30.5 \text{ m (100 ft)}$$

De la figura 2.7,

$$N_s \text{ max} = 4300 \text{ rpm}$$

Determinando el gasto por unidad

$$Q_u = (N_s/N)^2 * (H_i)^{1.5}$$

Sustituyendo valores en la ecuación anterior:

$$Q_u = (4300/1760)^2 * (100)^{1.5}$$

$$Q_u = 5970 \text{ gpm (377 lps)}$$

De los datos del capítulo I, el gasto a manejar es 300 lps (4755 gpm). De los resultados anteriores se puede concluir que un sólo equipo es capaz de satisfacer dichas necesidades; esto resulta poco versátil para la adecuada operación del sistema. Al igual que en el caso anterior se proponen tres equipos en operación más uno de reserva, resultando:

$$Q_u = 100 \text{ lps (1585 gpm)}$$

$$H_i = 30.5 \text{ m (100 ft)}$$

Determinando ahora la  $N_s$  real:

$$N_s \text{ real} = [((N) * (Q_u)^{0.5}) / (H_i)^{0.75}]$$

Sustituyendo valores:

$$N_s \text{ real} = [((1760) * (1585)^{0.5}) / (100)^{0.75}] = 2215$$

$$N_s \text{ real} < N_s \text{ max}$$

Los equipos verticales tipo pozo profundo son idóneos para trabajar bajo las condiciones señaladas, es decir, poco gasto y una carga elevada; manejada fácilmente a través de varios pasos.

### II.2.3 Conclusión

#### ALTERNATIVA 1

Se consultaron el catálogo y curvas de operación de las bombas del fabricante Worthinton, para equipos horizontales encontrándose:

- a) bomba multipaso  $H_t = 184 \text{ mts (604 ft)}$ ,  $Q_u = 100 \text{ LPS (1585 GPM)}$ ,  $N = 1760 \text{ RPM}$ , (no recomendada)

- b) bomba centrífuga Ht= 184 mts (604 ft), Qu= 100 LPS  
(1585 GPM), N= 3 600 rpm  
(no recomendada)

#### ALTERNATIVA 2

Para los equipos verticales comercialmente no se presenta inconveniente alguno, se consultó al fabricante Worthinton y al de Peerless Tisa:

- a) bomba centrífuga vertical Ht= 184 mts (604 ft),  
Qu=100 LPS (1585 GPM), N=1760 rpm, tipo turbina (reco-  
mendada), No.pasos= 6, Hi= 30.5 mts (100 ft)  
aproximadamente.

EL EQUIPAMIENTO MECANICO DE LA PLANTA DE BOMBEO SE HARA  
ENTONCES CON EQUIPOS VERTICALES, POR LAS RAZONES EXPUESTAS.

## C A P I T U L O   I I I

### I I I   P R O Y E C T O   M E C A N I C O   D E   L A   Z O N A   D E   C A P T A C I O N

Para este trabajo que nos ocupa, el número de equipos a instalar lo rige la fuente de abastecimiento, es decir, el número de pozos a equipar. Por lo tanto como se mencionó en el capítulo anterior se tendrán 10 equipos de bombeo para el mencionado acueducto, cuyas características piezométricas y cargas de bombeo aproximadas se mencionaron anteriormente.

Las cargas de bombeo de cada uno de los pozos, de la opción seleccionada, son aproximadas porque no se contemplo en la determinación de estas las pérdidas por fricción en fontanería y accesorios que son resultado del equipamiento (objetivo de este capítulo) del pozo tipo. Posteriormente, como resultado del diseño del pozo tipo, se calcularán dichas pérdidas y por consiguiente la carga dinámica total (CDT) por pozo, cuyos resultados serán tabulados al final del capítulo.

Definitivamente, cabe aclarar, que la CDT no dista mucho de la carga de bombeo empleada para la selección de alternativas, por lo tanto, las curvas de funcionamiento seguirán siendo las mismas.

### III.1. Equipamiento mecánico del pozo tipo

El equipamiento que a continuación se describe será el mismo para todos y cada uno de los pozos cuya única diferencia será la clase de los accesorios, como resultado de la presión manométrica a manejar en cada pozo.

Como se mencionó al principio del capítulo II el tipo de bomba seleccionada en todos los pozos será bomba centrífuga vertical tipo turbina. Nada más se anotarán las potencias de los motores eléctricos, pues se seleccionarán en base a la potencia al freno requerida por las bombas, cuidando de no rebasar su posibilidad de carga.

Debido a la forma en como se interconectaron los pozos en la zona de captación, origina, principalmente, la necesidad de instalar una tubería a presión para llevar el agua hasta el sitio requerido, que en este caso será al cárcamo de bombeo, consecuentemente, se tendrá durante la operación la necesidad de instalar válvulas para el control y protección en la descarga del equipo de cada pozo, por lo tanto a continuación se describirá la función de los elementos de control y protección que formarán el equipamiento del pozo tipo.

### FONTANERIA

El arreglo de la fontanería se efectuó considerando un mínimo de pérdidas hidráulicas, por lo cual se utilizarán tramos



Además el diseño hidrodinámico de ésta válvula permite emplearla como reguladora de gasto y en ciertos casos para estrangular la descarga de la bomba.

#### VALVULA ALIVIADORA DE PRESION

Se utilizará para proteger al equipo de bombeo, tuberías y demás elementos en la conexión contra los cambios bruscos de presión que se producen por el arranque o paro del equipo de bombeo, cierre de válvulas o falta, imprevista, de energía eléctrica.

La válvula está diseñada de tal manera que pueda abrirse automáticamente y descargar a la atmósfera, cuando la presión en el sistema, es mayor que aquella con la que fue calibrada, lográndose con ello el abatimiento de la línea piezométrica. El cierre de la válvula también es automático y se logra cuando la presión en la línea llega a ser menor que la de su ajuste o calibración.

Una vez definido el empleo de la válvula de alivio, su diámetro se determina, en función del gasto de escurrimiento en la tubería a la que se conectará, de las sobrepresiones originadas por el golpe de ariete y de las pérdidas de carga. Definitivamente el diámetro se determinó consultando el catálogo de los fabricantes.

#### VALVULA DE RETENCION

Se usan con el objeto de retener la masa de agua que se encuentra en la tubería, cuando la bomba suspende su operación y con el fin de evitar esfuerzos excesivos en las bombas debido a sobrepresiones. Esto no quiere decir que estas válvulas eliminan el efecto de este fenómeno, sino que únicamente lo atenúan.

En función a los diámetros a utilizar, las presiones a que operará, su simplicidad de operación y a su costo en el mercado, se seleccionó una válvula de retención tipo columpio.

#### VALVULA DE ADMISION Y EXPULSION DE AIRE

Se utilizará para expulsar el aire que se encuentra retenido en la columna de descarga del equipo de bombeo cuando este empieza a trabajar, así como también para permitir la entrada de aire a la columna de descarga cuando el equipo de bombeo tenga un paro accidental y así evitar que se colapse la tubería.

El diámetro y características de esta válvula se elige principalmente en función del gasto de la bomba y de la presión en la tubería, los cuales son datos contemplados en los catálogos de fabricantes.

#### MEDIDOR DE GASTO

Con el fin de verificar que el equipo de bombeo nos este entregando el gasto para el cual fue diseñado se instalará un

equipo de medición tipo silleta.

Para conocer la colocación de cada uno de los accesorios de control y protección mencionados anteriormente en cada uno de los pozos, ver el plano denominado EQUIPAMIENTO MECANICO DE POZO TIPO

### III.2 Memoria de cálculo de la zona de captación

Antes de continuar es conveniente hacer se hace la siguiente observación: los fabricantes de bombas en general de equipo de bombeo diseñan sus productos basándose en las mismas leyes y adelantos de la ciencia hidráulica, así como bajo ciertas normas y reglas generales que, en muchos aspectos, son hasta universales; consecuentemente no existen en estos productos diferencias acentuadas. Es por ello que a continuación se calcularán todos y cada uno de los factores, bajo reglas y normas de la hidráulica y de recomendaciones de fabricantes, que intervienen en la selección definitiva del equipo de bombeo. El cálculo sólo se hará para un pozo, el No 15, ya que la metodología será la misma para los demás y los resultados se resumiran en la tabla III.1.

#### III.2.1. Cálculo afinado del pozo tipo

Una vez hecho el análisis y la observación de los datos asignados en la fig.2.1., es ya posible elegir una bomba que satisfaga las condiciones deseadas, pero será necesario afinar el cálculo considerando en él las características propias del modelo y con ello ratificar o rectificar la elección.

En el cálculo que se expone a continuación se considera la bomba centrífuga vertical tipo turbina, modelo 10 LB, porque se encontró más atractiva para el trabajo que se viene desarrollando.

INFORMACION BASICA para seleccionar un equipo de bombeo de pozo profundo

1. Diámetro de ademe.- es indispensable conocer el diámetro interior del ademe del pozo en donde se va a instalar el equipo de bombeo, ya que este diámetro limita el tamaño de la bomba que se puede meter en él, se recomienda que el diámetro de los tazonas sea de 2 pulgadas menor al diámetro de ademe.

En este anteproyecto el diámetro de ademe para cada pozo es de 12 pulgadas y el diámetro exterior del cuerpo de tazonas para cada pozo es de 10 pulgadas, por lo tanto el equipo entrará libremente.

2. Capacidad.- por diseño, para estar dentro de la zona de explotación racional del acuífero, se designo 30 L.P.S. por pozo.

3.- Nivel Dinámico (ND)\*.- para este pozo en particular será de 55 m.

4.- Altura de Bombeo (AB)\*.- del perfil topográfico, ver fig. 2.1, vale 43 m.

\*Para la definición de estos términos ver apéndice A

5.- Carga Dinámica Total (CDT)\*.- la determinación de esta carga esta dada por la siguiente expresión:

$$CDT = ND + AB + F_s + F_d \quad \dots (3.1)$$

donde:

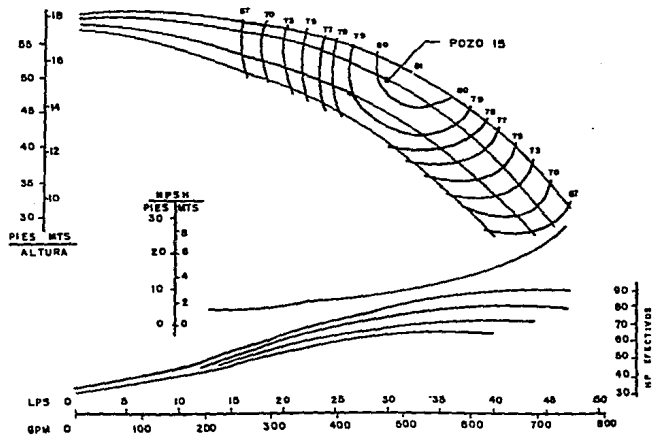
$F_s$  representa las pérdidas creadas por la fricción en la columna de bombeo.

$F_d$  representa las pérdidas creadas por la fricción en la tubería de descarga, válvulas, codos, cambios de dirección, reducción o ampliaciones súbitas de ductos, etc.

6.- Velocidad de operación.- siendo el equipo de bombeo una unidad de acción centrifuga, básicamente diseñada para operar a las velocidades rotatorias más comunes fabricados motores eléctricos, las velocidades de operación son normalmente 3500 R.P.M. y de 1760 R.P.M. estas velocidades son indicativas más no limitativas, pues las bombas según su diseño, pueden operar a velocidades varias obtenibles por reductores o variadores según se requiera. Normalmente es fijada en el valor mínimo económicamente recomendable, a fin de obtener la máxima duración o vida del equipo de bombeo.

DATOS CONSECUENTES de la selección de un equipo de bombeo de pozo profundo.

1.- Eficiencia de la bomba.- Es la eficacia de utilización



CURVAS DE COMPORTAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO  
 RENDIMIENTO POR PASEO  
 10 LB 1760 RPM

FIG. 3.1

de la energía, en el caso de las bombas, lo da el fabricante en la curva de comportamiento de sus equipos y es de mayor importancia en la selección adecuada del mismo, pues tómesese en cuenta que, de este factor dependerá en gran parte la economía que se tenga al operar el sistema durante su vida útil. En ocasiones ante la posibilidad de elegir cualquier modelo de bomba entre dos cuyo costo inicial sea diferente, casi siempre conviene elegir aquella con la EFICIENCIA MAS ALTA, aún cuando costara más y posiblemente esta decisión no afecte substancialmente la inversión inicial de la planta, además su costo de operación es menor.

2.- CARGA NETA POSITIVA DE SUCCION (NPSH)\*.- Normalmente se dispone del NPSH que provee la presión atmosférica del lugar de instalación y se conoce el NPSH requerido por la bomba, ya que el fabricante de la misma lo proporciona como dato en la curva de comportamiento de la unidad, por lo tanto el NPSH disponible debe ser mayor al NPSH requerido.

Con la información anterior, podemos proceder a la elección tentativa del equipo de bombeo.

a) Para poder pasar a la selección del equipo de bombeo nos hace falta tener la CDT, que no podemos obtener por desconocer las pérdidas, es decir,  $F_s$  y  $F_d$ , por lo que se consideraran pérdidas del orden del 5% en la columna obteniendo así una CDT aproximada:

\* Para definiciones de estos términos, ver apéndice A.

$$\begin{aligned}
 \text{CDT}_{\text{aprox}} &= 1.05 (\text{ND} + \text{AB}) \\
 &= 1.05 (55 + 43) \\
 &= 103 \text{ m.c.a.}
 \end{aligned}$$

Por lo tanto, tendremos que encontrar una bomba capaz de dar 30 L.P.S. a una CDT de 103 m.c.a.. Como se menciona en el apartado III.2.1 se seleccionó un modelo 10 LB, para mayor facilidad ver la fig.3.1, donde se muestra la curva de comportamiento del pozo No 15, de la cual puede observarse que se requieren 7 impulsores en el cuerpo de tazones, con diámetro exterior máximo de 10 pulgadas, con eficiencia de 80.1% para poder vencer la CDT.

b) Cálculo de la potencia aproximada (BHP)\*

$$\begin{aligned}
 \text{BHP} &= [(Q \times \text{CDT}) / (76 \times \eta)] \times \text{GE} \\
 \text{BHP} &= [(30 \times 103) / (76 \times 0.801)] \times 1 \\
 \text{BHP} &= 50.75 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Con este consumo de potencia se selecciona una flecha de 0.030 mts (3/16") de diámetro, ver fig.3.2, ya que puede transmitir hasta 75 HP operando a una velocidad de 1760 R.P.M.

Con 30 L.P.S. y una flecha de 0.03 mts (1 3/16") de diámetro, se selecciona una columna de 6" de diámetro, ver fig. 3.3, ya que sólo se pierden 4.5 ft por cada 100 ft, según se muestra en la fig.3.4.

\* Para definición de estos términos, ver apéndice A.



**DATOS DE SELECCION DE FLECHA Y TUBO DE CUBIERTA**  
**TABLA DE SELECCION TAMAÑO DE FLECHA**  
 (PAPA COLUMNAS DE 500 PIES (152.4 MTS.) Y ALTURAS DE 500 PIES (152.4 MTS.)

Esta tabla no siempre indica la selección de flecha más económica.  
 Los HP mostrados pueden exceder un 15% de los motores.  
 Columna máxima para flecha de 3/4" (1.9 Cmts.) es 400 pies (121.9 Mts.) en velocidades no mayores de 2,200 RPM.

TAMAÑO FLECHA		CMS.	1.9	2.54	3.01	3.8	4.2	4.9	5.5
		Pulg.	3/4"	1"	1 1/8"	1 1/2"	1 3/4"	1 7/8"	2 1/4"
3450	H.P. MAX.	30	100	150	300	450	---	---	---
	PERDIDA/100' (30.4 Mts.)	.62	1.1	1.45	2.2	2.8	---	---	---
1760	H.P. MAX.	15	50	75	150	250	350	450	---
	PERDIDA/100' (30.4 Mts.)	.32	.53	.72	1.25	1.4	1.9	2.3	---
1160	H.P. MAX.	10	30	50	100	150	200	300	---
	PERDIDA/100' (30.4 Mts.)	.21	.35	.48	.75	.94	1.2	1.5	---

FIGURA 3.2

c) Longitud de la columna.- Normalmente se recomienda una longitud de la bomba que permita al cuerpo de tazones estar sumergido en el fluido por debajo del nivel dinámico y una medida recomendable es de 10 mts. por debajo de él. Con objeto de proveer no sólo la altura neta positiva de succión (NPSH) que la bomba requiera, sino además, un margen razonable para prevenir abatimientos a corto plazo. Además de lo anterior se prevé que si en el fluido hay gases en solución, éstos no se puedan liberar por el excedente de presión y no causen una cavitación\* de la parte más importante del equipo de bombeo. Por todo lo anterior:

La longitud de la columna será de 65 m.

y las pérdidas por fricción en la columna son:

$$F_s = 0.045 \times 65 = 2.9 \text{ m}$$

d) Para las pérdidas por fricción en la tubería de descarga, causada por los accesorios de protección y control, se utilizó la ecuación de Darcy-Weisbach.

Para lo cual se seleccionó un diámetro de descarga igual a 0.15 mts (6") que por la ecuación de continuidad,  $Q = V \times A$ , resulta una velocidad en la descarga de 1.7 m/s. Estos datos dan por resultado que:

$$F_d = 0.51 \text{ m.c.a.}$$

e) Carga dinámica total afinada.

\* Para definición de estos términos, ver apéndice A.

PERDIDA POR FRICCION HIDRAULICA

PERDIDA POR FRICCION EN 100 PIES DE COLUMNA CON FLECHA INTERMEDIA CERRADA O ABIERTA  
 PARA CAPACIDADES DE 10 A 1000 GALONES LEASE A LA IZQUIERDA DE LA LINEA GRUESA  
 PARA CAPACIDADES DE 1050 A 5000 GALONES LEASE A LA DERECHA DE LA LINEA GRUESA

LPS.	GPM	2 1/2" STD.		3" STD.		4" STD.		5" STD.		6" STD.		8" STD.		10" STD.		12" STD.		GPM.	LPS.	
		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			
83	10	1.0	.21	.23	.31	.33	.41	.43	.51	.53	.61	.63	.71	.73	.81	.83	.91	.93	1050	66.1
128	20	3.2	.66	1.2	1.3	1.6	1.7	2.0	2.1	2.5	2.6	3.0	3.1	3.6	3.7	4.3	4.4	5.0	1100	69.4
189	30	6.3	1.3	2.3	2.6	3.4	3.7	4.5	4.8	5.8	6.2	7.5	7.9	9.5	10.0	12.0	12.6	15.0	1300	82.5
257	40	9.9	2.1	3.7	4.4	5.6	6.1	7.4	7.9	9.5	10.1	12.1	12.7	15.1	15.8	18.7	19.5	23.0	1500	95.7
319	50	13.5	3.0	5.0	5.9	7.4	8.0	9.8	10.4	12.5	13.2	15.5	16.2	19.0	19.8	23.7	24.6	29.0	1700	108.9
37	60	16.3	3.5	6.0	7.0	8.7	9.4	11.5	12.2	14.7	15.5	18.1	18.9	22.2	23.1	27.9	28.9	34.0	1900	121.2
44	70	19.2	4.1	7.0	8.1	9.9	10.7	13.0	13.8	16.5	17.4	20.2	21.1	24.9	25.9	31.5	32.6	38.0	2100	135.4
50	80	22.0	4.7	8.0	9.2	11.2	12.1	14.5	15.4	18.3	19.3	22.3	23.3	27.2	28.3	34.5	35.6	41.0	2300	149.6
56	90	24.8	5.3	8.7	10.0	12.1	13.0	15.5	16.5	19.5	20.5	23.6	24.6	29.0	30.1	36.5	37.6	43.0	2500	163.8
63	100	27.6	5.9	9.5	10.9	13.1	14.0	16.6	17.6	20.7	21.7	24.9	25.9	30.5	31.6	38.0	39.1	45.0	2700	178.0
70	120	32.4	7.0	11.2	12.8	15.2	16.2	19.0	20.0	23.2	24.3	27.6	28.7	33.5	34.6	41.0	42.1	48.0	3000	202.2
78	140	37.2	8.1	12.6	14.3	16.8	17.8	20.8	21.9	25.2	26.3	29.7	30.8	35.5	36.6	43.0	44.1	50.0	3300	226.4
100	160	42.0	9.2	14.1	15.9	18.5	19.6	22.6	23.7	27.1	28.2	31.6	32.7	37.5	38.6	45.0	46.1	52.0	3600	250.6
112	180	46.8	10.3	15.2	17.1	19.8	20.9	24.0	25.1	28.5	29.6	33.0	34.1	38.9	40.0	46.0	47.1	53.0	3900	274.8
128	200	51.6	11.4	16.3	18.3	21.1	22.2	25.4	26.5	29.9	31.0	34.4	35.5	40.3	41.4	47.0	48.1	54.0	4200	309.0
138	220	56.4	12.5	17.4	19.5	22.3	23.4	26.6	27.7	31.1	32.2	35.6	36.7	41.5	42.6	48.0	49.1	55.0	4500	333.2
151	240	61.2	13.6	18.5	20.6	23.4	24.5	27.7	28.8	32.2	33.3	36.7	37.8	42.6	43.7	49.0	50.1	56.0	4800	357.4
164	260	66.0	14.7	19.4	21.5	24.3	25.4	28.6	29.7	33.1	34.2	37.6	38.7	43.5	44.6	50.0	51.1	57.0	5100	381.6
176	280	70.8	15.8	20.3	22.4	25.2	26.3	29.5	30.6	34.0	35.1	38.5	39.6	44.4	45.5	51.0	52.1	58.0	5400	405.8
189	300	75.6	16.9	21.2	23.3	26.1	27.2	30.4	31.5	34.9	36.0	39.4	40.5	45.3	46.4	52.0	53.1	59.0	5700	430.0
205	325	80.4	18.0	22.1	24.2	27.0	28.1	31.3	32.4	35.8	36.9	40.3	41.4	46.2	47.3	53.0	54.1	60.0	6000	454.2
220	350	85.2	19.1	23.0	25.1	27.9	29.0	32.2	33.3	36.7	37.8	41.2	42.3	47.0	48.1	54.0	55.1	61.0	6300	478.4
235	375	90.0	20.2	23.9	26.0	28.8	29.9	33.1	34.2	37.6	38.7	42.1	43.2	48.0	49.1	55.0	56.1	62.0	6600	502.6
252	400	94.8	21.3	24.8	26.9	29.7	30.8	34.0	35.1	38.5	39.6	43.0	44.1	49.0	50.1	56.0	57.1	63.0	6900	526.8
268	425	99.6	22.4	25.7	27.8	30.6	31.7	34.9	36.0	39.4	40.5	43.9	45.0	50.0	51.1	57.0	58.1	64.0	7200	551.0
283	450	104.4	23.5	26.6	28.7	31.5	32.6	35.8	36.9	40.3	41.4	44.8	45.9	51.0	52.1	58.0	59.1	65.0	7500	575.2
299	475	109.2	24.6	27.5	29.6	32.4	33.5	36.7	37.8	41.2	42.3	45.6	46.7	51.8	52.9	58.0	59.1	65.0	7800	609.4
315	500	114.0	25.7	28.4	30.5	33.3	34.4	37.6	38.7	42.1	43.2	46.5	47.6	52.8	53.9	59.0	60.1	66.0	8100	633.6
331	525	118.8	26.8	29.3	31.4	34.2	35.3	38.5	39.6	42.9	44.0	47.3	48.4	53.6	54.7	60.0	61.1	67.0	8400	657.8
347	550	123.6	27.9	30.2	32.3	35.1	36.2	39.4	40.5	43.8	44.9	48.2	49.3	54.4	55.5	61.0	62.1	68.0	8700	682.0
378	600	132.0	30.0	32.3	34.4	37.2	38.3	41.5	42.6	45.9	47.0	50.3	51.4	56.6	57.7	63.0	64.1	70.0	9300	731.4
410	650	140.4	32.1	34.2	36.3	39.1	40.2	43.4	44.5	47.8	48.9	52.1	53.2	58.4	59.5	65.0	66.1	72.0	10000	780.8
441	700	148.8	34.2	36.3	38.4	41.2	42.3	45.5	46.6	49.8	50.9	54.1	55.2	60.4	61.5	67.0	68.1	74.0	10700	830.2
473	750	157.2	36.3	38.4	40.5	43.3	44.4	47.6	48.7	51.9	53.0	56.2	57.3	62.4	63.5	69.0	70.1	76.0	11400	879.6
504	800	165.6	38.4	40.5	42.6	45.4	46.5	49.7	50.8	54.0	55.1	58.3	59.4	64.4	65.5	71.0	72.1	78.0	12100	929.0
536	850	174.0	40.5	42.6	44.7	47.5	48.6	51.8	52.9	56.1	57.2	60.4	61.5	66.4	67.5	73.0	74.1	80.0	12800	978.4
567	900	182.4	42.6	44.7	46.8	49.6	50.7	53.9	55.0	58.2	59.3	62.4	63.5	68.4	69.5	75.0	76.1	82.0	13500	1027.8
589	950	190.8	44.7	46.8	48.9	51.7	52.8	56.0	57.1	60.3	61.4	64.5	65.6	70.4	71.5	77.0	78.1	84.0	14200	1077.2
620	1000	199.2	46.8	48.9	51.0	53.8	54.9	58.1	59.2	62.3	63.4	66.5	67.6	72.4	73.5	79.0	80.1	86.0	14900	1126.6

\*LUBRICACION DE AGUA UNICAMENTE

- 1 CUBIERTA DE 3" CON FLECHA DE 1X Y 1X
- 2 CUBIERTA DE 5" CON FLECHA DE 2X, 2X, 3X Y 3X
- 3 CUBIERTA DE 6" CON FLECHA DE 3X Y 3X

FIG. 3.3

Sustituyendo los dos últimos resultados en la ec. 3.1, se obtiene:

$$CDT = 55 + 43 + 2.9 + 0.51$$

$$CDT = 101.5 \text{ m.c.a.}$$

Por lo tanto la CDT = 102 m.c.a. ó 334.6 ft

Y la carga por impulsor es:

$$\text{carga por paso} = 102/7 = 14.57 \text{ m.c.a.} \quad \text{ó} \quad 47.8 \text{ ft}$$

#### f) Potencia total

Observando la curva de comportamiento, fig.3.1, la eficiencia continua siendo 80.1%, por lo tanto, la potencia a consumir es:

$$BHP = [(30 \times 102)/(76 \times 0.801)] \times 1$$

$$BHP = 50.3 \text{ hp}$$

Falta tomar en cuenta las pérdidas por transmisión en la flecha, ver fig.3.2, en este caso las pérdidas son del orden de 0.72 HP por cada 30.5 mts (100 ft).

El consumo total de potencia es:

$$BHP = 50.26 + 213.2(0.0072)$$

$$BHP = 51.8$$

Una vez determinadas las características de la bomba para las condiciones de operación más notables del sistema, es conve-

\* Para definición de estos términos, ver apéndice A.

niente conocer su comportamiento para alguna otra condición que se juzgue útil para el mejor conocimiento del funcionamiento del equipo; por ejemplo, verificar si el NPSH disponible es suficiente para evitar que el equipo de bombeo cavite, corroborar la velocidad específica ( $N_s$ )\* con los datos teóricos, el empuje total, el alargamiento de la flecha, entre otros.

g) NPSH disponible.- de acuerdo con la definición, ver apéndice A, para este caso y de acuerdo a la instalación del equipo vale:

$$\text{NPSH disponible} = 10.24 + 10 - 0.5$$

$$\text{NPSH disponible} = 19.74 \text{ m}$$

NPSH requerida, de la curva de comportamiento, fig.3.1, vale:  
3 m.

En toda instalación y para cualquier condición de trabajo, la NPSH disponible deberá ser como mínimo, igual al valor de la NPSH requerida para la bomba de que se trate, pero se recomienda que ese valor mínimo sea un poco mayor, y por los cálculos obtenidos anteriormente se cumple que:

$$\text{NPSH disponible} > \text{NPSH requerido}$$

h) Velocidad específica.

Del apéndice A y sustituyendo los valores para este caso se tiene:

$$N_s = [(1760) \times (475.5)] / (47.8)$$

$$N_s = 2111.1 \text{ R.P.M.}$$

i) En el motor eléctrico se debe checar que el empuje total, suma del empuje axial hidráulico y mecánico, producido por la bomba pueda ser soportado por el balero de carga del motor.

El empuje total se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Empuje total} = (K_t \times CDT) + (W \times L_c) \quad \dots (3.2)$$

donde:

$K_t$  = constante hidráulica de los impulsores

$W$  = peso de la flecha

$L_c$  = longitud de la columna

Dichas constantes son proporcionadas por el fabricante, ver fig.3.5.

Sustituyendo datos en la expresión 3.2 se obtiene:

$$\text{Empuje total} = 4.1 \times 334.6 + 3.77 \times 220$$

$$\text{Empuje total} = 2201.26 \text{ lb}$$

ó

$$\text{Empuje total} = 1000 \text{ Kg}$$

Como la potencia del motor deberá ser igual o mayor que la máxima que demanda la bomba se selecciona del catálogo de fabricantes un motor comercial de 75 HP, cuyo balero de carga soporta 1950 Kg por lo tanto el motor soportara sin inconvenientes el empuje total producido por la bomba.

i) Alargamiento de la flecha.- es calculado con la siguiente ecuación:

$$e = (CDT \times L_f \times K_t \times 12) / (A \times 29\,000\,000)$$

donde:

CALCULO DE EMPUJE

EMPUJE HACIA ABAJO EN LBS./PIE DE ALTURA (2) PESO EN LBS. POR PASO DEL ELEMENTO ROTATIVO.

TAMAÑO	EMPUJE (1)	TAMAÑO	EMPUJE (2)	TAMAÑO	EMPUJE (3)	TAMAÑO	EMPUJE (3)	TAMAÑO	EMPUJE (3)	TAMAÑO	EMPUJE (3)		
4LD	1.6	9LA	3.9	11	12HXB	8.5	17	16HH	30.0	75	27MA	74.5	270
4LE	1.0	10LB	4.1	25	14LC	5.7	37	18MA	22.5	54	28HXB	64.2	205
6LB	1.5	10MA	5.5	12	14MA	10.0		18HXB	24.4	72	30LA	64.0	210
6MA	2.8	10MFH	16.0		14MC	10.0	33	18HH	35.0	151	30HH	104.0	450
6HXB	2.2	10HH	9.5	35	14HXB	12.4	32	20MA	30.0	100	32HXB	87.0	470
7LA	1.9	10HXB	5.8	15	14HH	20.0	44	20HXB	25.3	120	36MA	83.0	636
7HXB	3.4	11MB	6.2	58	15LC	6.4	46	24MA	46.1	200	36HXB	112.0	680
8LB	2.6	12LB	6.0	14	15MA	15.0	56	24HXB	36.5	135	36HH	140.0	784
8MA	5.6	12MA	7.5		16M	18.2	39	24HH	57.0	190	42HXB	152.0	870
8HXB	3.62	12MB	7.9	21	16MA	22.6	32	26HXB	54.3	166	48HXB	208.0	1075
8MFH	10.5	12HXA	15		16HXB	20.3	35	26HH	69.0	275	48HH	235.0	1600

FLECHA Y TUBO CUBIERTA PESO POR PIE (30.4 CMS)

Dimensiones en Pulg. (Peso en lbs. a pie).

FLECHA DIFER.	1/2"	1"	1 1/2"	1 3/4"	1 7/8"	1 3/4"	1 7/8"	2 1/8"	2 1/4"	2 1/2"	2 3/4"	3 1/8"	3 1/4"	3 1/2"	3 3/4"
PESO DE FLECHA POR PIE	1.50	2.67	3.77	6.01	7.60	10.02	12.78	15.86	19.29	23.04	27.13	31.56	36.31	41.40	
TAMAÑO DE CUBIERTA	1 1/2"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	3"	3 1/2"	4"	5"	5"	5"	5"	6"	6"	
PESO DE CUBIERTA POR PIE	2.99	3.63	5.02	7.66	10.25	10.25	12.50	14.98	20.78	20.76	20.76	20.76	20.76	20.57	28.57

$e$  = alargamiento debido al empuje total, en pulg.

$L_f$  = longitud de la flecha, en ft

$A$  = área de la flecha, en pulg<sup>2</sup>

Sustituyendo datos:

$$e = (334.6 \times 220 \times 4.1 \times 12 \times 4) / (1.19) \times 29\,000\,000$$

$$e = 0.113''$$

ó

$$e = 2.9 \text{ mm}$$

k) Cabezal de descarga.- con el fin de poder acoplar el motor eléctrico con la columna de descarga en forma adecuada se selecciona un CABEZAL DE DESCARGA TIPO SUPERFICIAL ESTANDAR modelo (6 x 6 x 12) Ø (Ø de descarga x Ø de la columna x Ø de la base del motor) en pulgadas, para poder apreciar la forma de este ver PLANO DE DETALLES.

1) Se selecciona un colador cónico de 6" para proteger el conjunto impulsor-tazon del acceso de cuerpos extraños.

Básica y elementalmente se determina así la selección del equipo de bombeo para cada pozo profundo.

Los resultados obtenidos para éste y cada uno de los demás pozos se encuentran resumidos en la tabla III.1.

### III.3 Elaboración de especificaciones técnicas

El contenido de este capítulo es un resumen de todas las características técnicas de los equipos proyectados en el



TABLA III.1  
CARACTERISTICAS DE POZOS

POZO No.	ESTACION	GASTO DE DISEÑO (L.P.S.l.)	NIVEL ESTATICO (m)	NIVEL DINAMICO (m)	CARGA PIEZOME TRICA (m)	CARGA ESTATICA (m)	CARGA ESTATICA TOTAL (m)	CARGA DINAMICA TOTAL (m)	No DE PASOS	Ø FLECHA (in)	MOTOR FINAL (Hp)
6	27+500	30	41	60	65.04	40.79	59.79	63.50	4	1	40
7	27+546	30	51	60	86.55	41.54	50.54	73.00	5	1	50
8	29+698	30	39	65	76.65	37.00	63.60	84.00	6	1	60
9	29+050	30	40	60	75.37	38.28	58.28	70.00	5	1	50
10	29+158	30	35	65	94.50	13.46	43.46	74.00	5	1	50
11	29+032	30	55	65	73.92	69.16	79.16	89.00	6	1	60
12	30+552	30	30	55	82.98	49.46	74.46	94.50	7	1.2	60
13	31+242	30	45	60	85.85	41.66	56.66	79.00	6	1.2	60
14	33+025	30	35	55	94.59	47.08	67.08	98.00	7	1.2	75
15	31+763	30	30	55	88.92	51.81	76.81	102.00	7	1.2	75

### capitulo III.

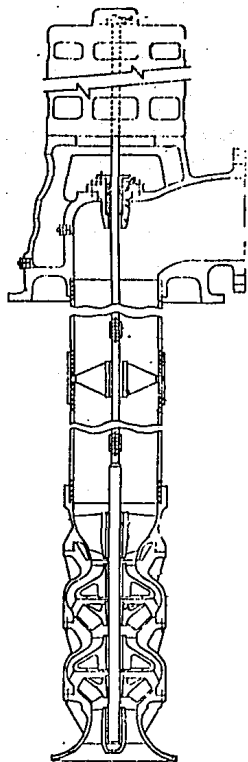
Las especificaciones estan estructuradas de tal forma de tener los datos más importantes a proporcionar al fabricante en formato de carátulas (una de ellas por cada equipo)

La información aquí señalada es para el pozo 6, se ha omitido para los demás ya que se pretende únicamente dar a modo de ejemplo la forma de especificación de este tipo de equipos. De cualquier forma las características particulares de los demás pozos se resume en la tabla del plano del arreglo del pozo tipo.

## BOMBA POZO 6

Bomba centrífuga vertical tipo turbina, para instalarse en pozo profundo, descarga sobre superficie con acoplamiento directo para motor eléctrico vertical de inducción, tipo jaula de ardilla, con las siguientes características:

Líquido a manejar.....agua de pozo  
 Gasto de diseño.....30 lps  
 Carga de diseño.....63.5 mca  
 Nivel de terreno natural.....67.96 msnm  
 Nivel estático.....26.96 msnm  
 Nivel dinámico.....7.96 msnm  
 Velocidad angular recomendada.....1760 rpm  
 Eficiencia mínima en el punto de diseño..79%  
 Potencia del motor recomendada.....40 hp  
 Diámetro mínimo de la columna.....152 mm (6")  
 Longitud de la columna.....70.1 m  
 Lubricación de la columna.....agua  
 Diámetro mínimo de la flecha.....25.4 mm  
 Tipo de impulsor.....cerrado  
 No.de pasos.....4 (cuatro)  
 Colador.....cónico  
 No.de equipos.....1 (uno)



BOMBA VERTICAL TPO TURBINA

## MOTOR ELECTRICO POZO No.6

Motor eléctrico vertical, de inducción, jaula de ardilla, flecha hueca, a prueba de goteo, con las siguientes características:

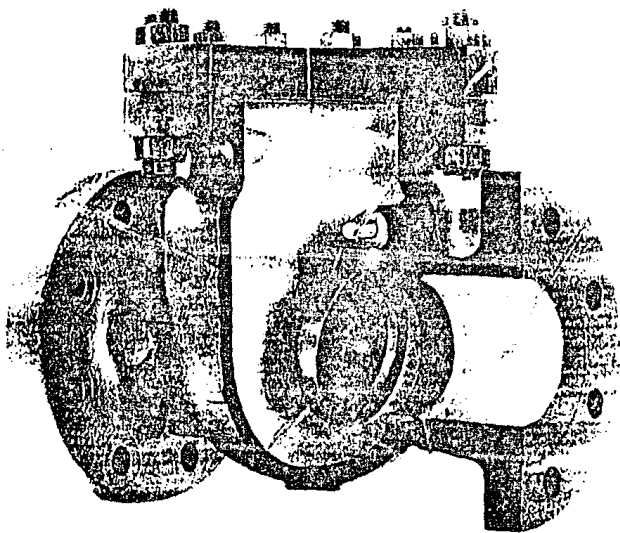
Potencia.....40 hp  
 Frecuencia.....60 Hz  
 Voltaje.....220/440 V  
 Arranque.....a tensión nominal  
 Aislamiento.....B/80 grados C  
 Velocidad angular.....1800 rpm  
 Eficiencia mínima carga plena.....90%  
 No. de polos.....4 (cuatro)  
 Tipo de servicio.....continuo  
 Temperatura.....60°C+Tamb (40°C)  
 Dispositivo de protección.....trinquete no retroceso  
 Factor de pot.min.carga plena.....0.89  
 Factor de servicio.....1.0  
 Altura de operación.....67.95 msnm  
 No.de equipos.....1 (uno)

## VALVULA DE RETENCION

Deberá ser de diseño compacto, fabricación estándar, metalurgia y dimensiones de acuerdo a los requerimientos de las normas ASTM, AWWA, ANSI, ASME.

## CONDICIONES DE OPERACION

Tipo.....columnio  
 Diámetro.....203 mm (8"), 152 mm (6")  
 Fluido a manejar.....agua de pozo  
 Clase.....8.8 kg/cm<sup>2</sup> (125 PSI)  
 Cuerpo.....bridado  
 Gasto de diseño.....30 lps  
 Instalación.....horizontal  
 Accionamiento.....automático  
 No.de válvulas.....diez (una por pozo)



VALVULA DE RETENCION TIPO COLUMPIO  
(AUTOMATICA)

## VALVULA DE SECCIONAMIENTO

Deberá ser de diseño compacto, fabricación estándar, material y dimensiones de acuerdo a los requerimientos de las normas ASTM, AWWA, ANSI, ASME.

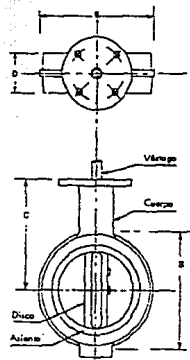
## CONDICIONES DE OPERACION

Tipo.....mariposa  
 Diámetro.....203 mm(8"), 152 mm(6")  
 Accionamiento.....manual, operador de palanca  
 Clase.....8.8 kg/cm<sup>2</sup> (125 PSI)  
 Cuerpo.....tipo oblea  
 Gasto de diseño.....30 lps  
 Fluido a manejar.....agua de pozo  
 No. de válvulas.....8 de 152 mm y 2 de 203 mm  
 Servicio.....intemperie  
 Instalación.....entre bridas



## Válvula de mariposa

DIMENSIONES BASICAS									
Diámetro Nominal		B		C		D		Peso	
pulg.	m.m.	pulg.	m.m.	pulg.	m.m.	pulg.	m.m.		Kg
2	50,8	4 1/8	104,2	3 15/16	100,0	1 5/8	41,2		2,77
2 1/2	63,5	4 7/8	123,8	4 1/2	114,3	1 3/4	44,4		3,43
3	76,2	5 3/8	136,5	4 7/8	123,8	1 3/4	44,4		4,09
4	101,6	6 7/8	174,6	6	152,4	2	50,8		5,90
5	127,0	7 3/4	196,8	6	152,4	2 1/8	53,9		6,81
6	152,4	8 3/4	222,2	6 1/2	165,1	2 1/8	53,9		8,63
8	203,2	11	279,4	8 5/16	211,1	2 1/2	63,5		14,57
10	254,0	13 3/8	339,7	9	228,6	2 1/2	63,5		21,34
12	304,8	16 1/8	409,6	10 9/32	261,1	3	76,2		39,95
14	355,6	17 3/4	450,8	12	304,8	3	76,2		51,76
16	406,4	20 1/4	514,2	12 61/64	329,0	4	101,6		67,62
18	457,2	21 5/8	549,2	14 1/2	368,3	4	101,6		100,79
20	508,0	23 7/8	606,4	15 7/8	402,2	5	127,0		143,91
24	609,6	32	812,8	20 5/8	523,8	5 15/16	150,8		226,47
30	762,0	38 3/4	984,2	27 15/16	682,6	6 9/16	166,4		354,78
36	914,4	46	1168,4	28 7/8	733,4	8 1/8	206,3		503,56
42	1066,8	53	1346,2	33 1/4	844,5	10 1/8	257,1		1224,44
48	1219,2	59 1/2	1511,3	37 1/2	952,5	11 1/8	282,5		1859,13



### VENTAJAS

Cierre Positivo y Hermético. Para Servicio de Presión y Vacío en Líquidos, Gases, Pastos o Sólidos Granulares. Resistente a la Abrasión y Corrosión. Asiento Elástico y Remontable. Compacta y Ligera. Operación Manual o Automática. No Requiere Mantenimiento. No Produce Ruido. Lubricación. No Necesita Embragues de Brida. Piezas Reemplazables. Precio Económico.

Su presión de trabajo es hasta 10,5 Kg/cm<sup>2</sup> (150 lbs/pul<sup>2</sup>).

## VALVULA DE ADMISION Y EXPULSION DE AIRE

Será de control automático, de operación interna, con desfogue de aire libre a la atmósfera, deberá ser de diseño compacto y fabricación estándar, materiales y dimensiones de acuerdo a los requerimientos de las normas ASTM, ANSI, AWWA, ASME.

## CONDICIONES DE OPERACION

Tipo.....cuerpo roscado  
 Diámetro.....51 mm (2")  
 Accionamiento.....automático  
 Clase.....8.8 kg/cm<sup>2</sup> (125 PSI)  
 Presión de trabajo.....Pman.\*  
 Gasto de la bomba.....30 lps  
 Instalación.....intemperie  
 No.de válvulas.....diez (una por pozo)

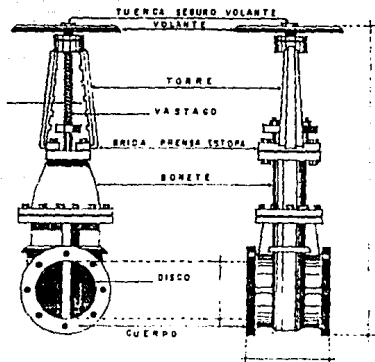
\*Ver tabla en el plano PM-1

## VALVULA DE SECCIONAMIENTO

Deberá ser de diseño compacto y fabricación estándar, materiales y dimensiones de acuerdo a las normas ASTM, AWWA, ANSI, ASME.

## CONDICIONES DE OPERACION

Tipo.....compuerta  
 Diámetro.....76 mm (3")  
 Accionamiento.....manual con volante  
 Presión de diseño.....8.8 kg/cm<sup>2</sup> (125 PSI)  
 Cuerpo.....roscado  
 Vástago.....ascendente  
 Fluido a manejar.....agua de pozo  
 No.de válvulas.....veinte (dos por pozo)  
 Servicio.....intemperie  
 Instalación.....horizontal



## MEDIDOR DE FLUJO

## CONDICIONES DE OPERACION

Pozo No..... todos  
 Tipo..... silleta  
 Líquido a manejar..... agua de pozo  
 Temperatura del agua..... 18 °C - 2 °C  
 Temperatura ambiente..... 39 °C - 12 °C  
 Rango de operación..... 12-57 (6"), 19-95 (8") lps  
 Presión de diseño..... 7 kg/cm<sup>2</sup>  
 Presión de trabajo..... Pman.\*  
 Diámetro..... 203 mm (8"), 152 mm (6")  
 Velocidad de flujo..... 1.64 - 2.47 m/s  
 Material de la tubería..... acero al carbón  
 Cuerpo..... tipo silleta  
 Número de medidores..... 8 de 152 mm, 2 de 203 mm

\*Ver tabla en plano PM-1

## SISTEMA DE ELECTRONIVEL

Este sistema tendrá por finalidad proteger los equipos de bombeo contra condiciones de bajo nivel en los pozos.

### CONDICIONES DE OPERACION

Sistema.....protección por bajo nivel  
 Instalación.....pozo profundo  
 Fluido.....agua de pozo  
 Nivel brocal de pozo.....msnm+1m  
 Nivel de protección.....según columna de succión  
 Alimentación eléctrica.....127 Vca  
 Frecuencia energía eléctrica.....60 Hz  
 Número de electrodos.....diez (uno por pozo)

## VALVULA DE ALIVIO

Deberá ser de diseño compacto, fabricación estándar, materiales y dimensiones de acuerdo con los requerimientos de las normas ASTM, AWWA, ASME, ANSI.

## CONDICIONES DE OPERACION

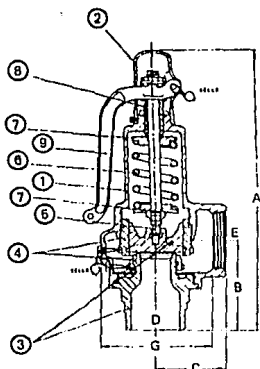
Diámetro.....38 mm (1 1/2")  
 Accionamiento.....automático  
 Presión de diseño.....8.8 kg/cm<sup>2</sup> (125 PSI)  
 Presión de ajuste.....+10% x Pman.\*  
 Extremos.....roscados  
 Cuerpo.....en ángulo  
 Piloto.....hidráulico  
 No.de válvulas.....diez (una por pozo)

\*Ver tabla en plano PM-1

# VALVULAS DE SEGURIDAD

## PARTE

- 1 Bonete
- 2 Casquillo
- 3 Base y disco
- 4 Anillos de ajuste
- 5 Vástago
- 6 Resorte
- 7 Roldanas
- 8 Tornillos de compresión
- 9 Palanca



1541

ENTRADA - ROSCA MACHO  
SALIDA - ROSCA HEMBRA

## CARACTERISTICAS

Descarga lateral para servicio de aire o gas.

Máxima presión de operación: 17.66 kg/cm<sup>2</sup> (250 PSIG).

Máxima temperatura de operación: 208 °C (406 °F).

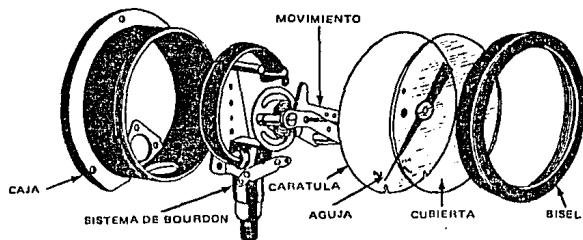
Medidas nominales desde 13 mm (1/2") hasta 64 mm (2 1/2").

Tamaño pulg. mm.	DIMENSIONES							Peso neto lb.-kg	Altura de montaje mínima pulg.-cm
	A	B	C	D	E	G			
	PULGADAS Y MILIMETROS								
1/2 12.7	6 5/8	2 6/16	1 1/4	1/2	3/4	1 15/16	2	8 1/4	
	160.5	66.7	31.8	12.7	19.1	49.2	0.91	20.95	
3/4 19.1	6 5/8	2 6/16	1 1/4	3/4	3/4	1 15/16	2	8 1/4	
	168.3	66.7	31.8	19.1	19.1	49.2	0.91	20.95	
1 25.4	7	2 8/16	1 7/16	1	1	2 1/8	3	8 5/8	
	177.8	65.1	36.5	25.4	25.4	54.0	1.36	21.91	
1 1/4 31.8	8 7/8	2 15/16	1 13/16	1 1/4	1 1/4	2 3/4	4 1/2	10 3/4	
	228.4	74.6	46.0	31.8	31.8	69.9	2.06	27.31	
1 1/2 38.1	9 5/8	3 1/8	2 1/8	1 1/2	1 1/2	3 3/8	7 3/4	11 5/8	
	244.5	79.4	54.0	38.1	38.1	86.7	3.52	29.53	
2 50.8	11 1/8	3 9/16	2 5/8	2	2	4 1/8	10 1/2	13 3/8	
	282.6	90.5	66.7	50.8	50.8	104.8	4.77	33.98	
2 1/2 63.5	12 13/16	4 1/16	3 1/4	2 1/2	2 1/2	4 7/8	17 3/4	16 1/8	
	326.4	103.2	84.1	63.5	63.5	123.8	8.07	38.42	

## MEDIDOR DE PRESION

## CONDICIONES DE OPERACION

Tipo.....Bourdón  
Presión de operación máxima.....40 mca  
Rango de presión.....0-7 kg/cm<sup>2</sup>  
Diámetro de la carátula.....114 mm (4 1/2")  
Posición de la conexión.....inferior  
No.de medidores.....diez (uno por pozo)







## C A P I T U L O   I V

### IV PROYECTO DEL EQUIPAMIENTO MECANICO DE LA PLANTA DE BOMBEO

La finalidad de este capitulo es (entre otros) definir el equipamiento mecánico de uno de los 3+1 equipos de bombeo que se instalarán en la planta, ya que todos son de las mismas características.

El equipamiento contempla los siguientes rubros:

- bomba
- motor eléctrico (mención únicamente)
- fontanería
  - válvulas
  - juntas
  - tramos rectos de tubería
  - codos
  - medidor de presión

La fontanería comprende todos los elementos mecánicos necesarios para conectar los equipos de bombeo a la línea de conducción.

El definir el equipamiento mecánico comprende determinar las características de cada uno de los elementos mencionados así como su justificación, que resumimos en las llamadas especificaciones técnicas.

En este capítulo se define también el cárcamo de bombeo, que a grosso modo comprende el dimensionamiento y justificación.

Por último se elabora la curva de operación del sistema de bombeo.

#### IV.1 Dimensionamiento hidráulico de la planta de bombeo

##### IV.1.1 Dimensionamiento del cárcamo

El pozo de succión o cárcamo es la estructura vertical en donde descarga el conjunto de la toma y se instalan las bombas para elevar el agua al nivel deseado.

Para nuestro caso de equipos verticales, generalmente consiste de un depósito enterrado, construido de concreto o mampostería, cuyas dimensiones están en función de la magnitud del equipo que se vaya a instalar y del procedimiento empleado en su construcción. Además en su diseño se toma en cuenta la facilidad que se debe tener para su inspección y limpieza periódicas. Algunas consideraciones hidráulicas de funcionamiento pueden en un momento dado determinar alguna de las magnitudes del cárcamo, también criterios de operación del sistema de bombeo pueden

influir en el dimensionamiento, como veremos más adelante.

#### LOCALIZACION

Para definir su localización se deben de considerar las condiciones físicas que ofrece el lugar donde ha de hacerse la instalación, y su situación con respecto a las estructuras de toma y descarga. La combinación de estas circunstancias permitirá elegir el sitio más conveniente.

En ocasiones, para la localización pueden influir factores especiales, como el acceso rápido a un camino existente cercano a la línea de conducción, a la facilidad para derivar la energía eléctrica de una línea que pasa en un lugar próximo, etc.

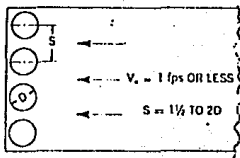
#### Dimensionamiento

Siendo el cárcamo el depósito donde "toman" el agua las bombas, se ha comprobado que de un buen diseño, desde el punto de vista hidráulico, dependen en gran parte las características de funcionamiento deseado y la durabilidad de las unidades.

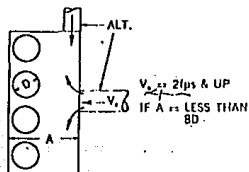
El diseño de esa estructura merece especial atención, sobre todo cuando se van a instalar unidades verticales cuyo cuerpo de impulsores estará sumergido en el agua del cárcamo.

1.- El ancho del cárcamo se ha basado en las recomendaciones del Hydraulic Institute Standards fig.4.1 y es una función del diámetro de la campana de succión, de tal manera de conservar una

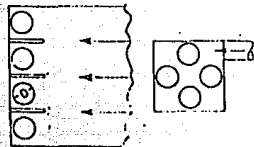
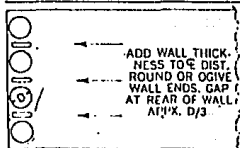
RECOMMENDED



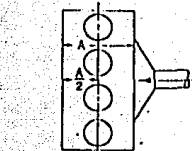
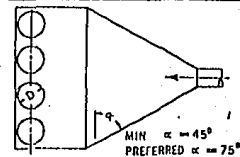
NOT RECOMMENDED



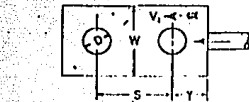
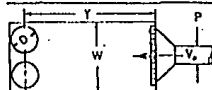
A



B



C



BAFFLES, GRATING OR STRAINER SHOULD BE INTRODUCED ACROSS INLET CHANNEL AT BEGINNING OF MAXIMUM WIDTH SECTION.

Not Recommended Unless:  $W = 5D$  OR MORE, OR  $V_1 = 0.2 \text{ fps OR LESS AND } Y = \text{SAME AS CHART TO LEFT } S = \text{IS GREATER THAN } 4D$

D

$\frac{W}{D}$	18	15	12	10	100
$\frac{Y}{D}$	30	30	30	30	150
$\frac{S}{D}$	7	7	6	6	6

FIGURA 4.1

distancia mínima entre equipos. Esta dimensión se indica en el plano PBM-1 y es de 4,600 mm.

2.- La longitud del cárcamo no se puede determinar de lo que recomienda el HIS en este sentido, dado lo pequeño del gasto manejado por bomba (100 lps), por lo que para determinar esta dimensión se recurre al tiempo de retención (1) que es de aproximadamente de 10 minutos, este tiempo da origen a un volumen de retención (2) que viene a ser:

$$V_r = (Q_t)(t_r) \quad \text{donde} \quad \begin{array}{l} V_r = \text{volumen de retención} \\ Q_t = \text{gasto total} \\ t_r = \text{tiempo de retención} \end{array}$$

substituyendo valores

$$V_r = (0.3)(10)(60) = 180 \text{ m}^3 \text{ aproximadamente}$$

La profundidad del cárcamo se propone de  $h_c = 5$  m, dimensión que se estima de tal forma que no tenemos problemas con la sumergencia de los equipos y estructuralmente para las condiciones del terreno es recomendable; por lo tanto la longitud aproximada del cárcamo es:

$$l_c = (V_r) / [(h_c)(A_c)] = 180 / [(5)(4.6)] \quad l_c = 10 \text{ m}$$

El volumen de retención no considera el volumen muerto de agua que se tiene que dejar para garantizar la sumergencia mínima de los equipos, y el volumen muerto de aire ya que el nivel máximo de operación del agua no debe de llegar hasta el techo de la estructura.

Dadas las consideraciones anteriores la longitud del cárcamo se considerará de:

$$l_c = 12 \text{ m}$$

3.- La llegada del agua al cárcamo queda en el lado opuesto a la colocación de los equipos. En esta parte del cárcamo el piso tiene una pendiente de 10 grados en una de sus partes, como se recomienda en The hydraulic design of pump sumps and intankes (HDPSI), y un ángulo de 15 grados en las paredes de aproximación.

Todos estos detalles se indican en el plano PBM-1 del arreglo de conjunto. En este se aprecia la ubicación de una zanja para retener sólidos, que tiene una pendiente el piso de llegada a esta de 5 grados.

El piso es horizontal en los primeros 4.5 m, medidos a partir del lado de la pared donde están colocados los equipos. Esta distancia obedece a los criterios consultados, a este respecto, en el HIS y el HDPSI.

#### IV.1.2 Selección del equipo de bombeo

##### BOMBAS

El número de bombas son cuatro, tres de operación normal y una de repuesto, de tal manera que cada una maneja 100 lps (1585 GPM) y 31 mca en cada uno de sus seis pasos, a 1760 rpm, según se determinó en el capítulo de selección de alternativas.

Con el gasto por bomba la carga por paso se encuentra en el

catálogo del fabricante la curva de operación correspondiente de un impulsor que trabaja satisfactoriamente bajo las condiciones señaladas. La figura 4.2 muestra la curva de operación, con una buena eficiencia de 83.5 %.

Las dimensiones de esta bomba y sus elementos se muestran en los planos correspondientes, tales elementos son:

- cabezal de descarga
- cuerpo de tazones (impulsor 14 M-160)
- colador tipo canasta
- columna de succión con todos sus elementos.

#### MOTOR ELECTRICO

El objeto de este trabajo no contempla el equipamiento eléctrico del sistema de bombeo, así que mencionaremos las características de este equipo sin entrar en detalle de su criterio de selección.

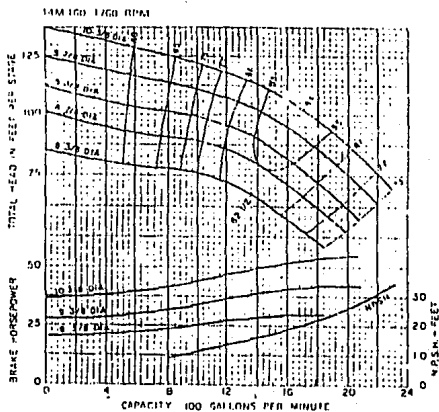
Motor eléctrico vertical de inducción jaula de ardilla, de 300 hp, 1,800 rpm, 3 fases, 60 Hz, 220/440 V, flecha hueca, tipo abierto a prueba de goteo. Toda esta información está disponible en el catálogo de fabricantes.

#### VALVULAS

##### VALVULA DE RETENCION

El objeto de esta válvula es evitar el flujo del agua en





NO.	MATERIAL	QTY.	REMARKS
1	Cast Iron	1	Impeller
2	Cast Iron	1	Impeller Nut
3	Cast Iron	1	Impeller Key
4	Cast Iron	1	Impeller Key Washer
5	Cast Iron	1	Impeller Key Lock Washer
6	Cast Iron	1	Impeller Key Pin
7	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Washer
8	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Lock Washer
9	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin
10	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Washer
11	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Lock Washer
12	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Pin
13	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Washer
14	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Lock Washer
15	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Pin
16	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Washer
17	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Lock Washer
18	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Pin
19	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Washer
20	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Lock Washer
21	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Pin
22	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Washer
23	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Lock Washer
24	Cast Iron	1	Impeller Key Pin Pin Pin

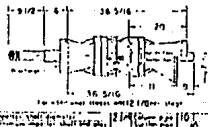


FIGURA 4.2

sentido inverso que pudiera dañar los equipos.

Se ha escogido para este fin una válvula tipo Slanting Disc Check de 203 mm (8") de diámetro, clase 250 PSI (175 mca), de fierro fundido, cuerpo bridado.

La elección de esta válvula esta basada en el hecho de que es una válvula más ligera y menos robusta que una de columpio. La estanqueidad de la válvula seleccionada es bastante buena en comparación con las válvulas de retención tipo Duo Check que además tienen problemas de ruptura en las obleas.

El diámetro estuvo en función del escogido para la tubería y cabezal de descarga, de tal manera de tener una velocidad adecuada del agua. Esto es con el fin de preservar la tubería de erosión por altas velocidades aunque no se hizo con el propósito de no tener elevadas pérdidas en la fontanería, ya que de cualquier forma resultaría pequeña comparada con la carga dinámica total.

La clase de la válvula de 250 PSI (150 mca) aparentemente nos indica que la válvula no soportará los 184 mca de carga del sistema, pero esto no es totalmente cierto, ya que la clase, como se sabe para estos accesorios, está referida para condiciones de trabajo con vapor (más de 200 grados centígrados) y como estamos trabajando con agua a temperatura ambiente la resistencia de la válvula se ve incrementada, como se muestra en la fig.4.3, hasta un valor de 500 PSI (350 mca). Con este nuevo límite de presión

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

# PUNTERAS DE BOMBONA TIPO PERAZA Y SU ACCESORIOS

(SIN GOLPE DE ARIETE)

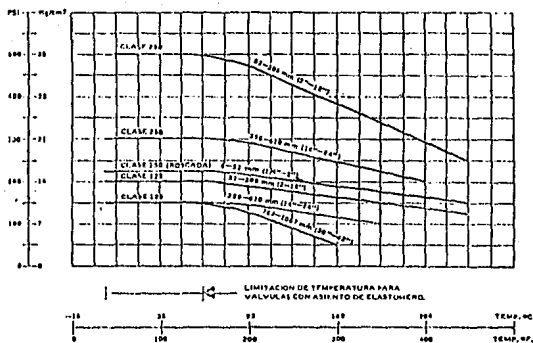


FIGURA 4.3

la válvula podrá soportar, inclusive, posibles sobrepresiones por golpe de ariete, que si lo estimamos en 20% adicional a la carga dinámica total nos dará escasamente 210 mca.

El material de fierro fundido y el cuerpo bridado son los adecuados para las condiciones de trabajo, no precisando una válvula de acero fundido o forjado para la presiones señaladas, o algún material especial como acero inoxidable.

Las dimensiones y características se indican en el plano PBM-1 y en las especificaciones técnicas.

#### VALVULA DE SECCIONAMIENTO

El fin de colocar una válvula de seccionamiento es, precisamente, aislar el equipo correspondiente de la línea de bombeo. Este seccionamiento obedece a cuestiones de reparación o a que no se necesite de este equipo en ese momento.

La válvula escogida para este motivo es una tipo compuerta ya que sólo pretendemos aislar los equipos y no pretendemos una regulación de flujo, en cuyo caso la elección sería de una válvula tipo mariposa que cumpliría ambas funciones.

La clase de la válvula tipo compuerta es 250 PSI, el criterio de selección es el mismo que para la clase de la válvula de retención; así como el material de fierro fundido, los diámetros y el cuerpo bridado.

El accionamiento es manual con volante, no ameritándose

mayor sofisticación, su instalación es horizontal bajo techo y a 500 mm del nivel de piso de operación, que permite un acceso fácil a ella.

A parte de la descarga de los equipos existen otras válvulas de este tipo instaladas con el mismo propósito de seccionamiento. Dos están en cada una de las válvulas de alivio y una en cada uno de los medidores de presión, donde el criterio de selección es similar al señalado.

El fabricante consultado para estas válvulas fue Walworth. Las dimensiones y demás características se detallan en los planos correspondientes y en las especificaciones técnicas.

#### VALVULA DE ALIVIO DE PRESION

La razón de colocar una válvula aliviadora de presión es evitar daños a la tubería, accesorios, equipos, así como por seguridad personal. La sobrepresión en un sistema como el que estamos analizando es provocada por el fenómeno denominado de golpe de ariete. Dicho estudio queda fuera del alcance de este trabajo, pero en la literatura hay bastante escrito acerca del fenómeno.

La forma en que estas válvulas alivian la presión del sistema es mediante el drenado de cierta cantidad del gasto total que maneja la línea, retornándolo hacia el cárcamo de bombeo.

El criterio de selección varía un poco según el fabricante consultado. Para nuestro caso se basa en determinar el gasto a

drenar del total manejado y la caída de presión admisible en la válvula, de tal manera que con esta información se obtiene el tamaño de la válvula.

Del catálogo consultado se recomienda drenar la tercera parte del gasto total (300 lps) y un rango de caída de presión admisible de 4.40 mca a 11.80 mca, con estos datos encontramos una válvula de 8" de diámetro que consideramos muy grande y robusta, comparada con las decargas de los equipos, por lo que decidimos utilizar dos válvulas de alivio. Con el nuevo gasto por válvula ahora de 50 lps a drenar y el rango de caída de presión mencionado encontramos que el diámetro de la válvula es 6". La clase y el material siguen siendo los mismos, tanto como el criterio de selección de estos parámetros.

El accionamiento es eléctrico-hidráulico, adecuado para los tiempos de respuesta del fenómeno de golpe de ariete, así como su calibración del piloto.

Dimensiones y demás características se indican en el plano de arreglo de conjunto y en las especificaciones técnicas correspondientes.

#### VALVULA DE ADMISION Y EXPULSION DE AIRE

La colocación de esta válvula tiene un doble propósito, por un lado alivia a la tubería de un vacío y que se pueda colapsar la misma, debido al retorno del agua en la tubería de succión. En

este caso la válvula admitirá aire hacia la tubería. Por otro lado en caso de que exista aire dentro de la tubería en el momento de estar bombeando éste será expulsado impidiendo que ingrese en la línea de conducción.

El criterio de selección para este tipo de válvulas, según el fabricante consultado, consiste en determinar el gasto a manejar en la línea donde se coloca la válvula (100 lps) y con este se encuentra el tamaño de la válvula como se muestra en la tabla IV.1 siendo de 102 mm (4") de diámetro.

La selección de la clase, como se viene explicando, es también 250 PSI, de hierro fundido y cuerpo bridado, ambos adecuados para las condiciones de trabajo.

Detalles y dimensiones fueron tomados de APCO fabricante de válvulas y se detallan en el plano y especificaciones correspondientes.

#### MANOMETRO DE PRESION

El criterio de selección se basa en escoger el rango de lectura de presión igual al doble de la presión máxima esperada en el sistema. Para nuestro caso se tomó el rango de 0-28 kg/cm<sup>2</sup>, que es un rango comercial.

La instalación del manómetro va acompañada de un amortiguador de pulsaciones y una válvula de compuerta para seccionar el manómetro de la tubería.

CAPACIDAD DE LA BOMBA LTS/MIN. GALS/MIN.		TAMARO DE VAL. MM. PULGS.	MODELO NUMERO	ALIVIADORA DE AIRE (a)
0 757	0 200	13 mm. [ 1/2" ]	141 WD	0
760 1.892	201 500	25 mm. [ 1" ]	142 WD	No. 55
1.896 4.542	501 1.200	51 mm. [ 2" ]	144 WD	No. 55
4.545 7.570	1.201 2.000	76 mm. [ 3" ]	146 WD	No. 55
7.573 18.925	2.001 5.000	102 mm. [ 4" ]	1604/152	No. 200 A
18.928 30.280	5.001 8.000	152 mm. [ 6" ]	1606/153	No. 200 A
30.283 75.700	8.001 20.000	203 mm. [ 8" ]	1608/154	No. 2
75.703 132.475	20.001 35.000	254 mm. [ 10" ]	1610/155	No. 200 A

(\*) Si la bomba turbina trabaja por periodos continuos de 6, 8 horas o más, se requiere el uso de la válvula aliviadora de aire.

TABLA IV. 1



## JUNTAS

El propósito de las juntas es absorber pequeñas desviaciones angulares y axiales de las tuberías conectadas, de tal manera de no transmitir fuerzas y momentos al cabezal de descarga, siendo los anclajes los únicos elementos estructurales que soporten la fuerzas y momentos. Otra función que desarrollan las juntas es la de poder seccionar el equipo de la línea de conducción de agua, así también para su fácil remoción.

Comercialmente existen juntas compensadoras de esfuerzos pero son dispositivos muy sofisticados para las condiciones demandadas en este anteproyecto, por lo que la junta seleccionada es una tipo Dresser estilo 38, completa, clase 250 PSI.

## ACCESORIOS

El arreglo de los accesorios se afecta de tal manera de tener un mínimo de pérdidas hidráulicas, por lo cual se utilizan tramos rectos de tubería y en los cambios de dirección codos a 45° grados.

La unión entre accesorios es mediante bridas y extremos soldables.

El material utilizado es acero al carbón.

## TRAMOS RECTOS DE TUBERIA

En este rubro se contemplan tramos rectos con:

- estremos biselados
- un extremo biselado y el otro bridado

Las longitudes de los tramos rectos son tales que cumplan con las restricciones dimensionales para descargar al múltiple y no tener problemas operativos o de mantenimiento en el acceso a la fontanería.

El tramo de tubería recto que comprende el múltiple se ha especificado de 10 m de longitud, con objeto de que se puedan efectuar las preparaciones de las derivaciones con las placas de refuerzo correspondientes, para después ser unido en campo a la obra en conjunto. Este múltiple es de diámetro constante.

## CODOS

Para los diámetros manejados en las derivaciones, que son de 203 mm (8") y 102 mm (4"), los codos fabricados comercialmente son adecuados por su costo, no siendo necesario proyectarlos en secciones (gajos) y mandarlos a manufacturar.

## BRIDAS

La especificación de las uniones con bridas se basa en el STEEL PIPE DESIGN AND INSTALLATION de la AMERICAM WATER WORKS ASSOCIATION.

La forma de especificar las bridas según este manual es mediante la clase (presión de diseño) y el diámetro nominal de la tubería, teniendo así todas las características de la misma, como se muestra en el plano de detalles.

#### IV.2 Memoria de cálculo de la planta de bombeo

En este punto de el seguimiento de cálculo de los rubros anotados, ya sea mediante las fórmulas correspondientes al caso o con la ayuda de la información disponible en los catálogos de los fabricantes consultados.

##### IV.2.1 Cálculo afinado del equipo tipo

###### a) Potencia aproximada

La finalidad de conocer la magnitud de la potencia en forma aproximada es poder estimar un tamaño de flecha comercial de tal suerte de que, con este diámetro, se puedan calcular las pérdidas hidráulicas y mecánicas en la columna de succión. Luego entonces se puede determinar el valor de la carga dinámica total que dará origen a la potencia real.

Para el cálculo de la potencia se tiene la siguiente expresión:

$$\text{Pot} = (G \times Q \times \text{CDT}) / 76 \times E$$

donde Pot= potencia al freno en hp

G= peso específico kg/m<sup>3</sup>

CDT= carga dinámica total en mca

$Q =$  gasto en  $m^3/s$

$E =$  eficiencia de la bomba

Substituyendo

$Pot = 1000 \times 0.1 \times 184 / (76 \times 0.85)$

Pot = 284 hp

El fabricante proporciona información como la que muestra en la tabla 3.2, en donde se puede encontrar un diámetro de flecha comercial dada una potencia máxima transmitida y una velocidad angular. Para nuestro caso con  $N=1760$  rpm se encuentra que el diámetro es de 0.05 mts (1 15/16"), con 350 hp máximos.

#### PERDIDAS HIDRAULICAS

Este punto contempla las pérdidas en la columna de succión y en la denominada fontanería .

Cabe aclarar que debido a que la columna de succión es demasiado corta (3 m) en comparación con las longitudes que se tienen en un pozo profundo (como es el caso de la zona de captación), las pérdidas obtenidas por este concepto pueden despreciarse.

Para comprobar lo anterior se calcularán a continuación dichas pérdidas.

Para el cálculo de estas pérdidas el fabricante proporciona la información de la tabla 3.3. Con el gasto de 100 lps y un diámetro de columna de 10", de acuerdo con el impulsor selecciona

do, se tiene una pérdida hidráulica de:

$$k = 0.034 \text{ mca/mcs}$$

si:

$$h_{fc} = k \times l_{cs}$$

donde  $h_{fc}$  = pérdida hidráulica en mca

$k$  = pérdida en mca por metro de columna de succión

$l_{cs}$  = longitud de columna de succión (3 m aprox.)

substituyendo

$$h_{fc} = 0.034 \times 3$$

$$h_{fc} = 0.102 \text{ mca}$$

Valor muy pequeño como se esperaba.

#### PERDIDAS EN FONTANERIA

Las pérdidas en la fontanería, dado el arreglo que se tiene, resultarán ser de un valor pequeño, como se aprecia a continuación.

#### VALVULAS

##### DISC CHECK

El fabricante consultado APCO proporciona la información de la gráfica 4.4. donde se encuentra que para una velocidad aproximada de 3 mts/s (10 ft/s) la pérdida es de:

0.15 mca

##### COMPUERTA

Del manual de hidráulica de J.M. AZEVEDO, en su tabla 16.6 para una compuerta abierta de 10" se tiene una longitud equiva-

# FRICTION LOSSES

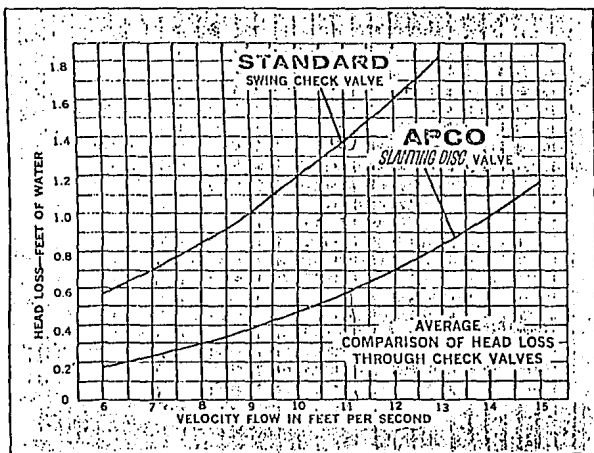


FIGURA 4.4

lente de 1.4 m.

Por otro lado usando la fórmula de HAZEN-WILLIAMS

$$S_f = (V / [0.355 \times C \times D^{0.63}])^{1.85}$$

donde:

V= velocidad media en m/s

D= diámetro en m

S<sub>f</sub>= pérdida de carga unitaria en m/m

C= coeficiente que depende del material (120 acero nuevo)  
 substituyendo se tiene  $S_f = 0.0496 \text{ m/m}$

Por lo que la pérdida en la válvula resulta ser de:

$$S_f \times L_{eq} = 0.0496 \times 1.4 = 0.1 \text{ mca}$$

#### UNIONES EN LAS DERIVACIONES

De la figura 4.5, con una relación de áreas de  $A1/A3 = 0.2$  y una relación de gastos de  $Q1/Q3 = 0.3$ , para el ángulo de 45 grados:

$$K_{13} = 1.5$$

Por lo que la pérdida resulta ser de:

$$K \times V^2 / 2g = 1.5 \times (9/19.6) = 0.67 \text{ mca}$$

#### CODOS

Del manual de hidráulica de Azevedo, de su tabla 16.6, para un diámetro de 10" a 45 grados:

$$L_{eq} = 3 \text{ m}$$

Con ayuda del coeficiente calculado S<sub>f</sub> la pérdida resulta ser de:

$$S_f \times L_{eq} = 3 \times 0.0496 = 0.15 \text{ mca}$$

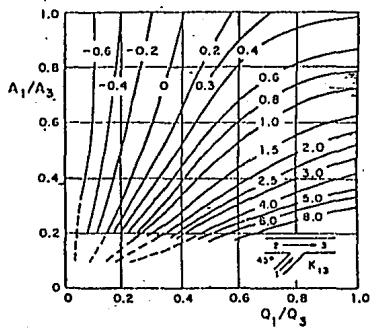


FIG. 4.5 Coeficiente de pérdida  $K_{13}$  para uniones



Para la pérdida en el cabezal de descarga supondremos que se trata de un codo de 90 grados de 10" de diámetro, lo que da:

$$Leq = 6.7 \text{ m}$$

Con ayuda del coeficiente calculado  $S_f$  la pérdida resulta ser de :

$$S_f \times Leq = 6.7 \times 0.0496 \quad 0.33 \text{ mca}$$

#### TRAMOS RECTOS

Se tiene una longitud de tramos rectos de  $L = 6.45 \text{ m}$  y con ayuda del coeficiente  $S_f$  la pérdida resulta ser de:

$$S_f \times L = 0.0496 \times 6.45 \quad 0.32$$

Sumando las pérdidas:

$$h_{ftot} = 0.15 + 0.1 + 0.69 + 0.33 + 0.15 + 0.32 \quad h_{ftot} = 1.74 \text{ mca}$$

#### c) Cálculo de la carga dinámica total

La carga dinámica total comprende:

- la diferencia de niveles
- pérdidas en la línea de conducción
- pérdidas en fontanería

Los dos primeros puntos hacen un total de 178.54 mca y el tercero 1.74 mca, de tal suerte que:

$$CDT = 178.54 + 1.74 \quad CDT = 180 \text{ mca}$$

#### d) Cálculo de la potencia real

Con el dato de  $CDT = 180 \text{ mca}$  se tiene una  $H_i = 30 \text{ m}$ , y el gasto de 100 lps, entonces de la curva de operación de la bomba del fabricante, fig.4.2, se tiene una eficiencia de:

$$83.5\%$$

Y de la expresión para la potencia:

$$\text{Pot} = 1000 \times 0.1 \times 180 / (76 \times 0.85) = 284 \text{ hp}$$

A esta potencia hay que añadirle la pérdida de potencia en la flecha de la columna de succión, como se mencionó en un principio.

Para lo anterior el fabricante de la bomba nos proporciona este dato, y que para la velocidad de 1760 rpm, potencia transmitida y diámetro de flecha se tiene:

$$K = 0.019 \text{ hp/mcs}$$

Por lo que la pérdida de potencia es:

$$K \times lcs = 0.019 \times 3 = 0.1 \text{ hp}$$

Esta pérdida de potencia es insignificante como se esperaba, por lo que la potencia real queda como:

$$\text{Pot} = 284 \text{ hp}$$

Esta potencia servirá como base para seleccionar el motor eléctrico, que deberá ser de una capacidad en potencia comercial, no precisamente la calculada y siempre mayor que esta.

#### IV.3 Elaboración de especificaciones técnicas

Este inciso consiste en resumir las características técnicas de cada uno de los equipos especificados en este capítulo, que se indican en las carátulas de las páginas siguientes bajo el formato señalado. Dicho resumen condensa la información obtenida de los fabricantes, criterios de normas y cálculos realizados.

Las especificaciones técnicas están elaboradas de una forma tal que se da la información necesaria para poder solicitar al fabricante los equipos correspondientes y son el complemento de la lista de materiales que se muestra en los planos.

## PLANTA DE BOMBEO

## BOMBA

Bomba centrífuga vertical tipo turbina, para instalarse bajo techo, descarga bajo superficie con acoplamiento directo para motor eléctrico vertical de inducción, tipo jaula de ardilla, con las siguientes características:

Líquido a manejar.....	agua de pozo
Gasto de diseño.....	100 lps
Carga de diseño.....	180 mca
Velocidad de operación.....	1760 rpm
Eficiencia mínima solicitada.....	83.5%
Potencia requerida del motor.....	300 hp
Instalación.....	interior
NPSH disponible.....	10 m
Cota de piso de operación.....	68.75 msnm
Cota del fondo del cárcamo.....	63.75 msnm
Nivel normal de agua en cárcamo.....	66.0 msnm
Nivel máximo de aguas en cárcamo.....	68.25 msnm
Nivel mínimo de agua en cárcamo.....	65.25 msnm
Servicio.....	continuo
Número de pasos.....	6 (seis)
Lubricación.....	agua
Sentido de rotación.....	Contrario al reloj vista de la parte superior.
Diámetro de la columna.....	203 mm (8")
Longitud de la columna.....	2609 mm
Tipo de colador.....	canasta
Número de equipos.....	3+1

## MOTOR ELECTRICO

Motor eléctrico vertical, tipo jaula de ardilla, servicio interior, flecha sólida, a prueba de goteo diseñado de acuerdo con las condiciones NEMA con las siguientes características:

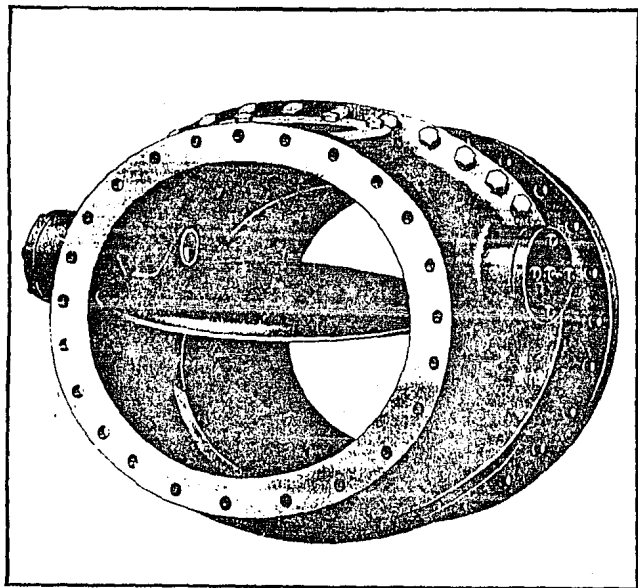
Potencia.....300 hp  
 Fases.....3 (tres)  
 Frecuencia.....60 Hz  
 Corriente a plena carga.....330 A  
 Corriente al arranque.....1650 A  
 Voltaje.....480 V  
 Arranque.....a tensión reducida  
 Aislamiento.....clase B  
 Velocidad angular recomendada.....1800 rpm  
 Eficiencia mínima en punto de diseño...90%  
 Factor de servicio.....1.15  
 Factor de potencia mínimo carga plena..80%  
 Tipo de servicio.....continuo  
 Temperatura.....60 grados °C+Tamb (40 grados)  
 Altura de operación.....68.75 msnm  
 Enfriamiento.....natural por aire  
 Normas básicas de construcción y prueba NEMA, CCONNIE  
 Número de polos.....4 (cuatro)  
 Número de equipos.....3+1 (uno por bomba)

## VALVULA DE RETENCION

Deberá ser de diseño compacto, fabricación estándar. metalurgia y dimensiones de acuerdo a los requerimientos de las normas ASTM, AWWA, ANSI, ASME.

## CONDICIONES DE OPERACION

Tipo.....Disc Check  
 Diámetro.....254 mm (10")  
 Clase.....17.6 kg/cm<sup>2</sup> (250 PSI)  
 Cuerpo.....bridado  
 Gasto de diseño.....30 lps  
 Instalación.....horizontal  
 No.de válvulas.....4 (cuatro, una por equipo)  
 Fluido a manejar.....agua de pozo  
 Accionamiento.....automático  
 Servicio.....interior



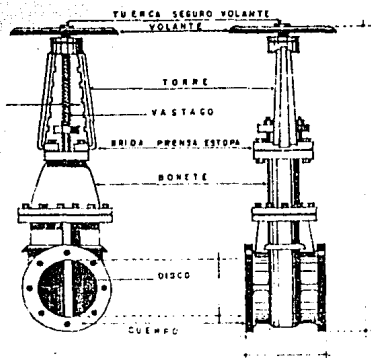
VALVULA DE RETENCION TIPO DISC CHEK  
(AUTOMATICA)

## VALVULA DE COMPUERTA

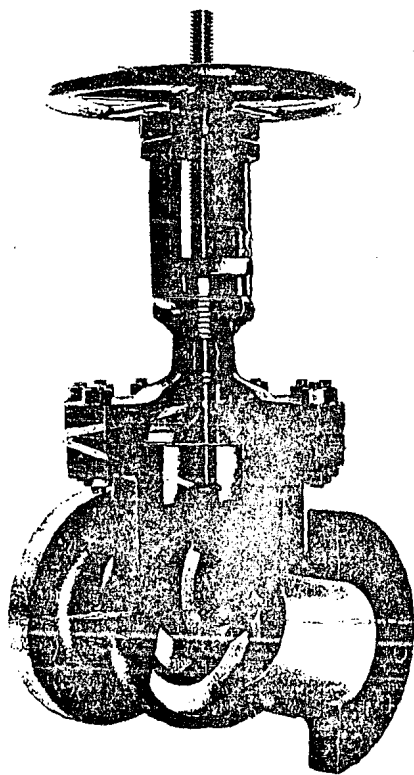
Deberá ser de diseño compacto y fabricación estándar, materiales y dimensiones de acuerdo a los requerimientos de las normas ASTM, AWWA, ANSI y ASME.

## CONDICIONES DE OPERACION

Tipo.....compuerta  
 Diámetro.....254 mm (10")  
 Accionamiento.....manual con volante  
 Clase.....17.6 kg/cm<sup>2</sup> (250 PSI)  
 Cuerpo.....bridado  
 Vástago.....ascendente  
 Fluido a manejar.....agua de pozo  
 No. válvulas.....4 (una por equipo)  
 Servicio.....interior







VALVULA DE SECCIONAMIENTO TIPO COMPUERTA

## VALVULA ALIVIADORA DE PRESION

Válvula aliviadora de presión, cuerpo tipo ángulo de operación externa, control hidráulico y eléctrico, deberá ser de diseño compacto, fabricación estándar, materiales y dimensiones de acuerdo a los requerimientos de las normas ASTM, AWWA, ANSI y ASME.

## CONDICIONES DE OPERACION

Tipo.....cuerpo ángulo  
 Diámetro.....152 mm (6")  
 Accionamiento.....automático  
 Operación.....hidráulica-eléctrica  
 Presión de diseño.....17.6 kg/cm<sup>2</sup> (250 PSI)  
 Cuerpo.....bridado  
 Gasto total del sistema.....300 lps  
 Piloto.....ajustado para abrir cuando  
 la presión del sistema sea  
 +10% de la de trabajo.  
 Número de válvulas.....2 (cuatro)  
 Instalación.....horizontal

## VALVULA DE ADMISION Y EXPULSION DE AIRE

Será de control automático, de operación interna, con desfoque de aire a la atmósfera libre, deberá ser de diseño compacto y fabricación estándar, materiales y dimensiones de acuerdo a los requerimientos de las normas ASTM, ANSI, AWWA y ASME.

## CONDICIONES DE OPERACION

Tipo.....cuerpo roscado  
Diámetro.....102 mm (4")  
Accionamiento.....automático  
Clase.....17.6 kg/cm<sup>2</sup> (250 PSI)  
Presión de trabajo.....18 kg/cm<sup>2</sup>  
Gasto de la bomba.....100 lps  
Instalación.....interior  
No. de válvulas.....4 (cuatro, una por equipo)

**MEDIDOR DE PRESION****CONDICIONES DE OPERACION**

Tipo.....Bourdón  
Presión de operación máxima.....18 kg/cm<sup>2</sup>  
Rango de presión.....0-28 kg/cm<sup>2</sup>  
Diámetro de la carátula.....114 mm (4 1/2")  
Diámetro de la conexión.....6.3 mm (1/4")  
Posición de la conexión.....inferior  
No.de medidores.....4 (cuatro)



#### IV.4 Elaboración y análisis de la curva de operación del sistema

Una curva sistema-carga es una representación gráfica de la relación entre el flujo y las pérdidas hidráulicas en un sistema de tuberías dado. Como las pérdidas hidráulicas son función del flujo, forma y longitud de la tubería, y forma, número y tipo de accesorios, cada sistema tiene sus curvas características y valores específicos.

De hecho todas las aplicaciones de bombeo en pequeño un punto sobre la curva del sistema esta dado por el fabricante de la bomba de tal manera que ayuda a la selección propiamente de la bomba. En muchos casos sin embargo, es más conveniente graficar, sobreponiendo la curva del sistema a la curva capacidad-carga de la bomba. La intersección de la curva de la bomba con la curva del sistema carga define el punto de operación de la bomba.

Este subcapítulo tiene por objeto mencionar el método de cálculo del sistema de carga para la aplicación de este proyecto en particular.

Las pérdidas hidráulicas en un sistema de tuberías están compuestos de lo siguiente: pérdidas por fricción en la tubería, pérdidas en accesorios, pérdidas por entrada y salida (estas normalmente ocurren en el comienzo y final de una línea, respectivamente); pérdidas debidas a cambios en las secciones transversales de tubería, ya sea por ampliación o reducción gradual en los diámetros.

En aplicaciones de bombas con baja carga y alta capacidad (gasto) tal es el caso de bombas de flujo mixto y las bombas de flujo radial, es importante que, cuando sea aplicable, cada una de las pérdidas anteriormente mencionadas sean cuidadosamente cuantificadas, porque el valor de estas representa una fracción significativa del sistema total de carga. Sin embargo en aplicaciones donde se involucran relativamente alta estática de succión y solo relativamente altas pérdidas por fricción es generalmente necesario contemplar otras pérdidas por fricción en tubería, entonces estas otras pérdidas son una porción insignificante de la carga total.

Sin embargo, en la práctica real cada porción deberá ser chequeada para ver cual es el orden de magnitud de las pérdidas hidráulicas, entonces una decisión puede ser hecha de tal manera que estas sean calculadas o simplemente ser pasadas por alto.

Frecuentemente dónde hay una amplio rango de demanda dos o más bombas pueden ser operadas en paralelo o en serie para satisfacer la alta demanda, justamente con una de la bombas usadas para bajas demandas. Para proponer especificaciones de las bombas y evaluar sus comportamientos bajo varias condiciones, la curva del sistema deberá ser usada en conjunto con la curva de comportamiento de la bomba en particular.

Para bombas en paralelo, que es el caso de este proyecto, la curva de comportamiento es obtenida sumando las capacidades con el mismo valor de carga. Suponiendo la curva del sistema sobre la

curva de comportamiento de la bomba, claramente queda indicado los valores de flujo que pueden ser esperados y que cargas en cada bomba estarán operando.

La forma de obtener la curva del sistema, consiste en poner en función del gasto la ecuación de pérdidas de la línea de conducción, para que de esta manera, y en forma iterativa encontrar el gasto que satisfaga la carga requerida, definida por la curva de comportamiento (H-Q) de la bomba en particular. El seguimiento anteriormente descrito aplicado a este proyecto nos lleva a obtener la curva de operación del sistema que se muestra en la en la fig. 4.6.

De la curva de operación del sistema, fig. 4.6, se concluye:

#### Operando un equipo

- Se presenta el mayor gasto (132 LPS) a manejar por equipo.
- Debido al comportamiento propio de la bomba el gasto de operación correspondiente este situado demasiado a la derecha del punto de eficiencia máxima, arrojando como consecuencia un aumento aproximado del 10% en la potencia requerida.
- Las pérdidas por fricción en este caso se ven disminuidas al mínimo.
- El manejo de 132 LPS (contra 100 LPS nominales) implica operar por lo menos tres pozos @ de 44 LPS por pozo.



- La condición de 44.2 LPS por pozo, observando la curva de operación del pozo correspondiente, no es posible, ya que se sale del rango de operación.
- En función de lo señalado se ve la necesidad de operar 4 pozos como mínimo.

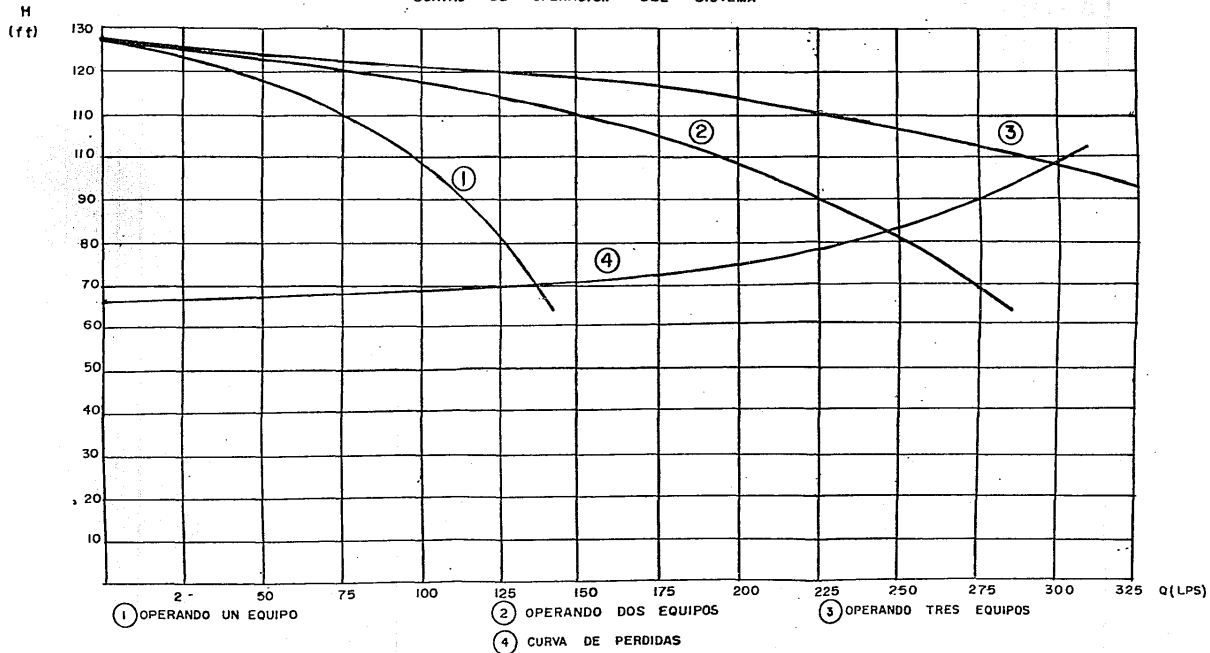
#### Operando dos equipos

- El gasto por equipo se incrementa, respecto al nominal, hasta 120 LPS por equipo aproximadamente.
- Ahora las pérdidas por fricción se ven incrementadas con respecto al caso anterior, pero sin llegar a su valor nominal.
- Las condiciones anteriores repercuten en el punto de operación de tal modo que dicho punto quede situado más cerca del punto de eficiencia máxima, como se observa en la gráfica correspondiente.
- El gasto de 120 LPS por bomba implica operar como mínimo 3 pozos los cuales estarán manejando 40 LPS cada uno, aproximadamente sacrificando así su eficiencia y por ende mayor consumo de potencia. Ahora bien, como en el caso anterior se puede tabajar con 4 pozos los cuales a su vez estarán operando en condiciones óptimas.

### Operando tres equipos

- Las condiciones de operación corresponden a los del punto de diseño, es decir, tanto en los requerimientos de carga y gasto.
- Bajo esta condición se tendrán operando los 10 pozos a su capacidad de diseño.

CURVAS DE OPERACION DEL SISTEMA



## C A P I T U L O V

### V ASPECTOS GENERALES DE POS-INSTALACION

Del emplazamiento correcto e impecable así como del mantenimiento debido de las bombas en y fuera de servicio dependen muy considerablemente el funcionamiento libre de perturbaciones así como la duración de las bombas. A estos detalles debe atribuirse una importancia especial.

Por medio de las presentes instrucciones de operación, mantenimiento y servicio, se debe informar al personal de servicio sobre la estructura y el modo de trabajo en cuanto esto sea necesario para un entrenamiento y servicio apropiado del sistema en general.

#### V.1 PRUEBAS Y RECOMENDACIONES DE OPERACION

El fabricante de los equipos deberá proporcionar los resultados de las pruebas efectuadas a dichos equipos, las cuales de acuerdo al Hydraulic Institute Standards son:

Pruebas de fábrica. Realizadas en la planta donde se construya la bomba.

Pruebas de campo. Realizadas en el lugar de la instalación.

Las pruebas de tolerancia deberán realizarse bajo el código de no permitir menos margen ó tolerancia con respecto a la capacidad nominal a condiciones específicas.

Las bombas deben estar dentro de las siguientes tolerancias.

En capacidad de carga:

$\pm 10\%$  de capacidad nominal

Pruebas de operación:

Es aconsejable hacer una ó más pruebas preliminares con el propósito de determinar los instrumentos y aparatos adecuados y la preparación del personal.

Las fluctuaciones aceptables en las lecturas durante las pruebas no deben exceder a las tabulaciones siguientes:

VARIABLES DE PRUEBA	FLUCTUACIONES ACEPTABLES
Diferencia de presión a través de la bomba (P)	2.0% x P
Presión de descarga (Pd)	2.0% x Pd
Presión de succión (Ps)	3.0% x Ps
Rango de flujo (Q)	2.0% x Q
Velocidad (N)	0.3% x N
Potencia de entrada a la bomba (BHP)	1.0% x BHP

Los valores dados anteriormente están aplicados en un punto cercano a la mejor eficiencia y bajo condiciones de no cavitación.

ción.

La ejecución de las pruebas se debe hacer, si es posible, a una carga específica total.

Los resultados de las pruebas se deben estudiar y seleccionar la más aceptable, antes de que la prueba se de por terminada y el equipo de pruebas sea removido.

#### INSPECCION

Se debe realizar una inspección cuidadosa, antes, durante y después de la prueba para asegurar la operación apropiada de la bomba. Los siguientes factores deben ser inspeccionados:

- a) Limpieza de la tubería
- b) Alineamiento de la bomba
- c) Rotación
- d) Lubricación
- e) Posición de las válvulas
- f) Fugas en los estoperos

a) LIMPIEZA DE LA TUBERÍA. Debido a que las bombas de varios pasos, así también como las de un solo paso, tienen partes rotatorias cerradas; estas deben ser protegidas de partículas abrasivas que frecuentemente se encuentran en los sistemas de bombeo nuevos. Las partículas enmohecidas que se encuentran en las partes rotantes de la bomba causan muchos problemas en la unidad y requieren costosas reparaciones y pérdidas hidráulicas durante

el inicio de operación.

b) ALINEAMIENTO. Los pozos y sus ademes normalmente son verticales a plomo y libres de desalineamientos y sólo por accidente, se puede esperar una desviación de la vertical o una falla de alineamiento; sin embargo, tales defectos se presentan más frecuentemente que lo deseado. Si esto no presenta problemas, entonces se checa el equipo de bombeo.

Se gira la flecha de la bomba con la mano y ésta debe girar libremente sin oscilaciones, ni dificultades o sin hacer ruidos extraños.

c) ROTACION. Corroborar el accionamiento y rotación de la bomba. Después de hacer las conexiones provisionales, entre el motor y la fuente de servicio eléctrico, se cierra momentáneamente el circuito eléctrico y se observa la dirección de rotación de la flecha, la cual debe girar en sentido contrario a las manecillas del reloj, mirando desde encima del motor. Si el sentido de rotación no es el correcto, simplemente se intercambian las conexiones.

d) LUBRICACION. Las bombas verticales convencionales, pueden ser lubricadas por agua o por aceites; el primer tipo es recomendable en la mayoría de los casos, por ser más económico en su mantenimiento y porque no contamina al fluido. Es por lo anterior que en este anteproyecto se selecciono bombas con lubricación por agua. Para bombas de más de 15 m de longitud de columna deben

prelubricarse. Bastará con arrancarla una sola vez sin prelubricación para que se quemen los cojinetes de caucho. La prelubricación es indispensable independientemente del tiempo que transcurre entre un arranque y otro.

Para llevar a cabo lo anterior sólo bastará con abrir la válvula del tanque de prelubricación hasta que la columna quede totalmente llena y volver a llenar dicho tanque, teniendo agua disponible para el próximo arranque de la bomba.

No se olvide tomar en cuenta el motor, también este debe estar lubricado y listo para operar. En este caso se deben seguir las instrucciones del fabricante para su operación.

e) POSICION DE LAS VALVULAS. Para este proyecto, el equipamiento tanto en la zona de pozos como en la planta de bombeo, sólo se tienen válvulas en la descarga del equipo. Las válvulas en la descarga del equipo durante la puesta en marcha para este tipo de bombas, es decir de flujo mixto, deben estar abiertas. De lo contrario la bomba requiere de más potencia a la entrada.

El Hydraulic Institute Standards recomienda esto, excepto en el caso de bombas de media y alta carga.

f) PRENSA-ESTOPAS. Al estar la bomba en operación, debe haber fuga en el estopero. La tuerca prensa-estopas se deberá ajustar de tal modo que permita una fuga controlada que mantenga la presión de descarga. La fuga adecuada es de aproximadamente una gota por segundo. Esta cantidad de fluido al pasar por el



empaques sirva de lubricación y se lleva el exceso de calor generado por la fricción.

Una vez revisados los factores anteriores se pone en marcha la bomba. Si no EMPIEZA A DESCARGAR INMEDIATAMENTE, desconectar el interruptor. Antes de intentar un nuevo arranque localizar la causa de la falla (ver el apartado correspondiente a mantenimiento). Si el equipo vibra o se sobrecalienta el motor, parar inmediatamente la bomba y solucionar el problema antes de intentar un nuevo arranque.

La mayoría de los fabricantes recomienda que el número mínimo de refacciones debe ser: un juego de cojinetes, un juego de manguitos, unos anillos de desgaste y estoperos. Para tener una cierta garantía de que la bomba continuará operando o se podrá poner a funcionar en un tiempo relativamente corto, para que no afecte negativamente el funcionamiento general de la planta.

#### Prueba Hidrostática

Toda parte de la bomba la cual contiene fluido bajo presión, debe ser capaz de soportar una prueba hidrostática, que estará dentro de los siguientes rangos:

150% de la presión, que tendrá esa parte cuando la bomba este operando en sus condiciones nominales.

125% de la presión, cuando opere en el rango de bombeo para

la aplicación dada, pero con la válvula de descarga cerrada.

La prueba de presión hidrostática deberá mantenerse por un mínimo de treinta minutos.

#### Prueba NPSH

Las pruebas de NPSH se realizarán de acuerdo a lo especificado en el American Water Works Association (AWWA).

Todas las pruebas anteriormente mencionadas se ejecutan en presencia del jefe de la planta, sin disminuir en lo absoluto la responsabilidad del proveedor.

#### V.2 ARRANQUE

En este punto señalamos algunas de las recomendaciones más importantes que se deben de tener en el arranque del sistema de bombeo particular que estamos analizando. Dichas recomendaciones son solo enlistadas a modo de secuencia, de tal suerte de tener una idea general de lo que significa el arranque del acueducto.

Las recomendaciones así señaladas estan orientadas al equipamiento mecánico y su operación hidráulica, sin entrar en pormenores del equipo eléctrico y de control.

#### SECUENCIA PARA EL ARRANQUE DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO

- 1] interruptor general de energía en posición "on".
- 2] comprobación de voltaje en cada fase que alimenta el

sistema.

- 3) arranque del motor de lubricación.
- 4) comprobación de voltaje y funcionamiento de la bomba de lubricación y presiones obtenidas.
- 5) lectura de niveles de fluido lubricante, en el tanque de almacén.
- 6) comprobación de la presión en el fluido lubricante de la chumaceras, que nos permita operar el motor de la bomba.
- 7) arranque del motor con su secuencia característica.
- 8) se procederá a la apertura de la válvula de descarga cuando se haya alcanzado el shut-off de la bomba (presión máxima de la bomba), siempre y cuando un interruptor general y un indicador manifiesten que la estación siguiente se encuentra en condiciones de recibir el agua que se envía.

### V.3 PARO

En este punto señalamos algunas de las recomendaciones más importantes que se deben de tener en cuenta en el paro del sistema de bombeo particular que estamos analizando. Dichas recomendaciones son sólo enlistadas a modo de secuencia, de tal suerte de tener una idea general de lo que significa el paro del acueducto.

## SECUENCIA PARA EL PARO DE LOS EQUIPOS

- 1] Será accionado el arrancador del motor para detenerlo.
- 2] Conforme vaya parando el motor se irá cerrando la válvula de descarga de acuerdo con el tiempo predeterminado en el estudio de golpe de ariete, estudio que queda fuera de nuestro alcance.
- 3] Cuando el motor se detenga se comprobará que la válvula de descarga está totalmente cerrada, que los indicadores estén activados (que transmiten su orden tanto a la estación siguiente como a la anterior, como sucede en la planta de bombeo).
- 4] Se detendrá el motor de lubricación.
- 5] Se comprobará que se tienen establecidas las condiciones para iniciar un nuevo arranque.
- 6] La secuencia anterior será seguida en el caso de paro manual de un equipo, de paro automático de un equipo o de paro simultáneo de todos los equipos debidos a una falla de energía.
- 7] Para el caso de falla de energía, todos los equipos en movimiento tenderán a pararse, siguiéndose automáticamente los pasos 2 al 5 simultáneamente en los equipos; la energía necesaria para mantener la lubricación de la bomba

- y el motor será suministrada por una fuente de energía (batería o planta de combustión interna).
- 8] Terminado el paro total de la planta se podrá iniciar la secuencia del arranque.
- 9] Como la estación de bombeo está en paralelo consta de varios los equipos, se dispondrá de un programador en ella, de manera que se pueda ir dejando una bomba fuera de operación, con objeto de revisión o descanso mientras el resto trabaja y/o se pone en operación el equipo de reserva.
- 10] En la planta de bombeo, no podrá arrancar un motor mientras otro esté en proceso de arranque, pero puede darse el caso de arranque simultáneo de dos o más motores, siempre y cuando correspondan uno a la planta de bombeo y los demás a la zona de captación.
- 11] En el caso de paro intencional de un pozo o más, antes de iniciarse esta operación, se enviará una señal a la planta de bombeo para detener alguno de los equipos de esta estación.
- 12] Para el caso de paro debido a falla de energía (en los pozos), deberá de existir un mando que detenga la planta de bombeo, ya que la falla de energía puede presentarse en la alimentación particular de la zona de captación.

- 13] Para el caso de paro debido a falla de energía (planta de bombeo), deberá existir un mando que detenga los pozos en un tiempo predeterminado por el volumen de retención del cárcamo de bombeo.

#### V.4 RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO

##### MANTENIMIENTO

##### IMPORTANCIA

Es necesario contar con un mantenimiento eficaz, ya que esto nos dará mayor seguridad en la continuidad del servicio, obteniéndose ahorros considerables al evitar fallas que si no se atienden cuando son incipientes pueden ser muy costosas. Para asegurar una buena operación y conservación del equipo, es necesario revisar y efectuar pruebas sistemáticas.

Para el mantenimiento preventivo deben de efectuarse inspecciones de rutina a las partes del equipo que pueden estar sujetas a desgaste, desalineamiento, deterioro o daños, y a todo el equipo al que se le deben efectuar pruebas periódicas o ajustes para asegurar su funcionamiento en condiciones apropiadas. Para ello se elaboran programas en los cuales se muestran cada uno de los equipos que deben ser inspeccionados, el mejor arreglo es en forma gráfica. En estas gráficas únicamente se anota el nombre del equipo que va a ser inspeccionado y la fecha en que

está programado.

Con ello el superintendente de mantenimiento puede observar cuáles son las inspecciones que se van a efectuar y preparar la forma de inspección para solicitar el personal encargado que la efectúe.

La apropiada programación de las inspecciones de mantenimiento, tiene por objeto evitar inútiles inspecciones frecuentes, y a la vez asegurar que todos los daños incipientes sean localizados y corregidos antes de que ocasionen una interrupción del servicio y daños graves en el equipo.

Es conveniente llevar datos de costos y de tiempos empleados en los mantenimientos, para contar con estadísticas en la programación y planeación de futuros mantenimientos. También deben de servir para estudiar posibles mejoras en los sistemas de control y métodos empleados.

#### HISTORIAL

Al formar el historial de un equipo se deben incluir sus características, indicando todos aquellos datos que sean necesarios para identificarlo plenamente y obtener de él la información concerniente, sin embargo, es necesario estar actualizando esta información, con ese objeto se elaboran hojas para censo del equipo eléctrico que en cada estación de bombeo y subestación

deberán ser llenados con los datos proporcionados por los fabricantes, los cuales serán comparados con los que se tienen en las oficinas de control.

Del Bureau of Reclamations de Denver, Colorado, se obtuvo una guía de la frecuencia con que deben ser revisados los equipos fundamentales de plantas y subestaciones; algunas modificaciones para adaptarlo a las necesidades nacionales, se muestran a continuación, así como puntos a revisar y las indicaciones generales necesarias.

#### MANTENIMIENTO DE BOMBAS

Cuando empiece a usar la bomba, escriba un reporte diario de la bomba, lleve un record de chequeo y reparaciones. Si existe algún fenómeno anormal en el record, busque las curvas. Esto es muy importante para continuar con la operación normal de durabilidad y confianza.

##### 1. Revise la bomba con las siguientes frecuencias:

- a) una vez al año, desármela completamente y cambie las partes gastadas.
- b) una vez al mes, cheque el alineamiento de la bomba y el motor.
- c) una vez al año cambie la grasa lubricante de los cojinetes.



## 2. Mantenimiento de los cojinetes.

a) nunca deje la tapa de los cojinetes fuera, ya que se puede infiltrar polvo causando daño al cojinete.

b) se deben de tomar precauciones para que no entre agua a los cojinetes. Si el agua llega a penetrar al cojinete, no obtendremos una apropiada lubricación. Para prevenir penetraciones del agua en el cojinete, se coloca un anillo de fieltro donde la flecha atraviesa la cubierta del cojinete.

La bomba esta diseñada para proteger el cojinete del agua, de donde debemos tener cuidado de esta instrucciones cuando se desensamble o se ensamble ésta.

c) ensamble y desensamble de los cojinetes. Como los cojinetes de rodillos estan hechos con mucha precisión, se deben tomar precauciones para no permitir que éstos se enmohecan, ni que haya infiltraciones de polvo en éstos. Los baleros de los cojinetes son de gran influencia en la operación de la bomba, y la cantidad y la calidad de la grasa usada para lubricar los cojinetes afecta también la operación de la bomba.

d) periodos de cambio de grasa. En el caso de que no haya filtraciones de agua ni de polvo en el cojinete, el cambio de grasa anual usualmente es suficiente. Para cambiar

la grasa quite la tapa de los cojinetes, después remueva la grasa vieja dentro de los rodillos y rellene éstos con grasa nueva.

- e) hay una gran cantidad de grasas y la selección apropiada de ésta afecta grandemente la durabilidad de la bomba. Se debe tener cuidado en la correcta selección del tipo de grasa, algunas grasas recomendables son:

grasa Shell liviana	No.2
grasa Mobilux	No.2
Nebula EP	No.2

- f) cantidad de grasa. La cantidad razonable que se debe suplir de grasa es de media a dos tercios del volumen que se tenga disponible. Ya que si ponemos mucha grasa, perderá parte de su poder lubricante, además de afectar las condiciones de sello.
- g) precauciones al tiempo de cambio de la grasa. Se deben de tomar precauciones en el cambio de la grasa, ésta debe hacerse en un lugar libre de polvo, para prevenir filtraciones de éste en el cojinete.

El cambio de grasa no debe hacerse con madera o bambú, ya que un pedazo de éstos podría quedarse dentro de los rodillos del cojinete.

3. Cuando la bomba no se use, cierre las válvulas de los medi-

la grasa quite la tapa de los cojinetes, después remueva la grasa vieja dentro de los rodillos y rellene éstos con grasa nueva.

- e) hay una gran cantidad de grasas y la selección apropiada de ésta afecta grandemente la durabilidad de la bomba. Se debe tener cuidado en la correcta selección del tipo de grasa, algunas grasas recomendables son:

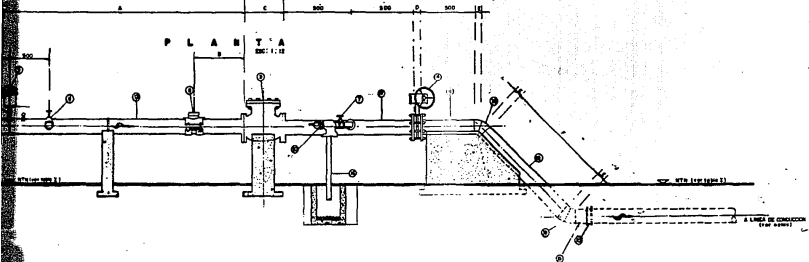
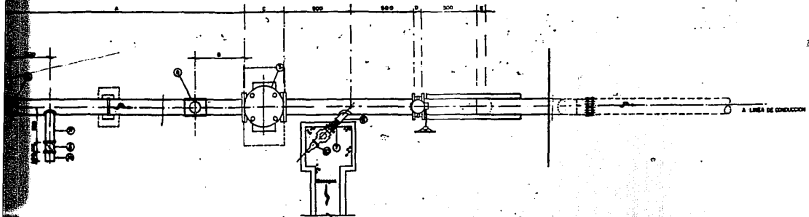
grasa Shell liviana	No.2
grasa Mobilux	No.2
Nebula EP	No.2

- f) cantidad de grasa. La cantidad razonable que se debe suplir de grasa es de media a dos tercios del volumen que se tenga disponible. Ya que si ponemos mucha grasa, perderá parte de su poder lubricante, además de afectar las condiciones de sello.
- g) precauciones al tiempo de cambio de la grasa. Se deben de tomar precauciones en el cambio de la grasa, ésta debe hacerse en un lugar libre de polvo, para prevenir filtraciones de éste en el cojinete.

El cambio de grasa no debe hacerse con madera o bambú, ya que un pedazo de éstos podría quedarse dentro de los rodillos del cojinete.

3. Cuando la bomba no se use, cierre las válvulas de los medi-





ELEVACION  
ESC. 1:10

**TABLA DE DATOS TECNICOS**

ITEM	Q. PUNTO	LOCALIZACION	DIAM. DEL TUBO MILIMETROS	DIAM. DEL CONJUNTO MILIMETROS	DIAM. DEL CONJUNTO MILIMETROS	CON.	R. (C) (MILIMETROS)	R. (C) (MILIMETROS)	LONG. ZANJA MILIMETROS	PERFORACION (MILIMETROS)	PERFORACION (MILIMETROS)	NO. DE PUNTO	A	B	C	D	E	F	PROFUNDIDAD	
													mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
1	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	1	2500	250	250	54	112	12.800	4.37
2	30	0+000.00	77.81	91	60	79.0	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	2	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
3	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	3	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
4	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	4	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
5	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	5	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
6	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	6	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
7	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	7	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
8	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	8	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
9	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	9	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
10	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	10	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
11	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	11	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
12	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	12	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
13	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	13	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
14	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	14	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
15	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	15	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
16	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	16	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
17	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	17	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
18	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	18	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
19	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	19	2500	500	250	54	127	12.800	4.37
20	30	0+000.00	47.50	81	60	810	152.1(3)	152.1(3)	79.10	60	152.1(3)	254.1(1)	20	2500	500	250	54	127	12.800	4.37

U.N.A.M.



**LOCALIZACION**  
**LISTA DE MATERIALES**

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
2	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
3	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
4	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
5	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
6	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
7	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
8	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
9	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
10	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
11	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
12	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
13	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
14	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
15	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
16	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
17	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
18	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
19	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m
20	1 tubo de acero al carbono tipo A106 Gr. B, longitud 12.800 m, diámetro exterior 152.1 mm, diámetro interior 127 mm, espesor 15.2 mm.	1	m

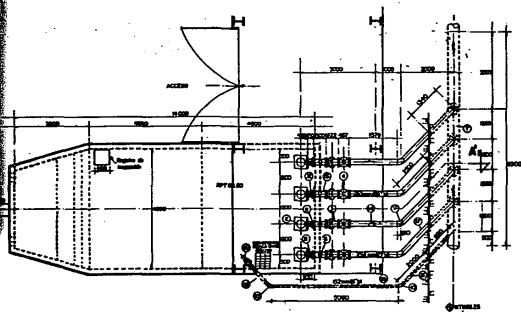
**NOTAS**

- 1. Los datos son de referencia.
- 2. El proyecto es de tipo preliminar.
- 3. El proyecto es de tipo preliminar.
- 4. El proyecto es de tipo preliminar.
- 5. El proyecto es de tipo preliminar.
- 6. El proyecto es de tipo preliminar.
- 7. El proyecto es de tipo preliminar.
- 8. El proyecto es de tipo preliminar.
- 9. El proyecto es de tipo preliminar.
- 10. El proyecto es de tipo preliminar.
- 11. El proyecto es de tipo preliminar.
- 12. El proyecto es de tipo preliminar.
- 13. El proyecto es de tipo preliminar.
- 14. El proyecto es de tipo preliminar.
- 15. El proyecto es de tipo preliminar.
- 16. El proyecto es de tipo preliminar.
- 17. El proyecto es de tipo preliminar.
- 18. El proyecto es de tipo preliminar.
- 19. El proyecto es de tipo preliminar.
- 20. El proyecto es de tipo preliminar.

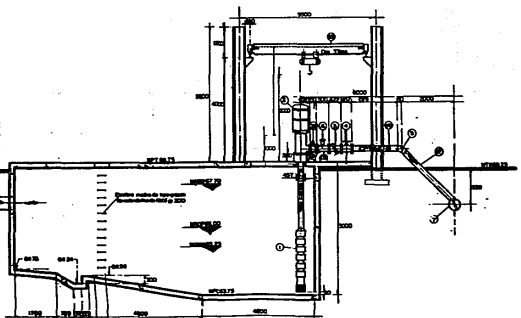
ACERQUE SAN JUAN DE LOS RIOS BOLFO  
EQUIPAMIENTO MECANICO PISO-TIPO

H. DE. S. A. SANCHEZ C. H. BORRERO M.

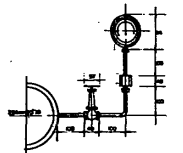




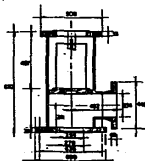
PLANTA  
Escala 1:50  
Dib. No. 100



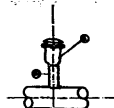
CORTE A-A'  
Escala 1:50  
Dib. No. 101



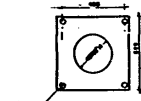
DETALLE DE MANOMETRO  
Escala 1:50  
Dib. No. 102



DETALLE CABEZA DE BOMBEO  
Escala 1:50  
Dib. No. 103



DETALLE VESICULA DE AEROSO Y EXPULSION DE AIRE  
Escala 1:50  
Dib. No. 104



DETALLE PLACA BASE  
Escala 1:50  
Dib. No. 105

LOCALIZACION



LISTA DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
2	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
3	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
4	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
5	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
6	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
7	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
8	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
9	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
10	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
11	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
12	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
13	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
14	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
15	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
16	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
17	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
18	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
19	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
20	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
21	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
22	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
23	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
24	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza
25	Acero para el eje de impulsión con un diámetro de 25 mm y una longitud de 1.50 m.	1	pieza

NOTAS

- Las dimensiones están en milímetros.
- Las tolerancias están en milímetros.
- Las superficies a mecanizar están en negro.
- Las superficies a pulir están en blanco.
- Queda de hacer un modelo preliminar del sistema.
- El material de acero se usará de acero ASTM A36 y del equivalente correspondiente a los tipos de acero.
- Este proyecto es preliminar y no debe usarse para la construcción de la obra.

ACERQUEADO SAN JUAN EL DORADO LLORITO BOMBEO DE PLANTA DE BOMBEO

H. DE JESUS A. SANCHEZ C. N. SORIANO DL

## CONCLUSIONES

En cada capítulo se establecieron conclusiones, porque la continuidad del trabajo así lo requirió, más sin embargo, en general se puede concluir:

- El proyecto de un sistema de bombeo implica la conjunción simultánea del conocimiento teórico con el conocimiento práctico.

- La demanda de gasto de agua potable establece la localización, el tipo de zona de captación, así como los requerimientos mínimos de calidad del agua.

- De un análisis técnico-económico, desde la zona de captación a la planta de rebombeo se obtiene el tipo y número de equipos a instalar, y además la forma de interconexión entre ellos en la zona de captación.

- El tipo de descarga en los equipos, resultado del tipo de interconexión, implica que se instalen o no accesorios de protección en cada uno de los equipos que formen parte de la zona de captación, formando así el equipamiento mecánico del pozo.



- A su vez el número y tipo de equipos a instalar en la planta de rebombeo depende del análisis técnico-económico desde la misma planta de rebombeo hasta el tanque de cambio de régimen.

- Número y tipo de los equipos de bombeo, sumergencia, tiempo de retención, factores primordiales que determinan el tamaño, forma y el buen funcionamiento hidráulico de la obra de toma.

- Definitivamente, la operación en paralelo, es la más versátil y ampliamente usada en los sistemas de bombeo de agua potable.

- La forma de operación en la planta de bombeo, determina el equipamiento mecánico de la misma.

- Para operar un sistema de bombeo satisfactoriamente, es necesario elaborar y posteriormente analizar la curva de operación del sistema.

- El fabricante de los equipos y accesorios debe satisfacer una serie de requerimientos mínimos en cuanto a materiales, manufactura, condiciones críticas de operación, pruebas de banco, todas ellas establecidas por las normas correspondientes.

- Es altamente recomendable hacer una revisión minuciosa de cada uno de los elementos que forman el equipamiento mecánico tanto en la zona de pozos como en la planta de rebombeo antes de

poner en funcionamiento el sistema.

- Llevar a cabo, una vez puesto en marcha el sistema, un mantenimiento rutinario de todos y cada uno de los elementos que forman parte del sistema, asignando historiales a cada uno; para de esta manera evitar falsas economías y tener un funcionamiento satisfactorio a lo largo de su vida útil.

## A P E N D I C E A

### DEFINICIONES

Al estudiar lo relativo a equipos de bombeo intervienen algunos conceptos que se deben tener presentes y que conviene recordar y aclarar. Los que se citan a continuación son los más empleados y están de acuerdo con la práctica usual.

**PRESION ATMOSFERICA.**- También se le llama presión barométrica y es aquella que se tiene en un lugar debido al peso de la atmósfera, por lo cual, varía con la altura con relación al nivel del mar, teniendo a cero metros un valor de 1.033 Kg/cm<sup>2</sup>(en condiciones normales).

**PRESION MANOMETRICA.**- Es la presión que se tiene en una superficie, sin considerar la presión atmosférica y por ello suele llamarsele presión relativa.

**PRESION ABSOLUTA.**- Se llama así, a la presión resultante de considerar la atmosférica, más aquella que la producen otras causas o sea la manométrica. Se mide arriba del cero absoluto y puede estar arriba o abajo de la presión atmosférica.

**PRESION NEGATIVA.**- Cuando la presión absoluta es menor que la

atmosférica se dice que se tiene una presión negativa o de vacío.

La carga negativa máxima que puede tenerse depende de la presión barométrica del lugar y de la presión del vapor y ésta de la temperatura. Al nivel del mar la altura de succión máxima teórica es de 10.33 m .

PRESION DE VAPOR.- Es la presión que ejerce el vapor de la superficie libre de un líquido cuando este se encuentra a una temperatura arriba de su punto de congelación. En el caso del agua, la presión de vapor tiene valores definidos a cualquier temperatura y se pueden consultar en las tablas de vapor.

COLUMNA O CARGA DINAMICA TOTAL DE BOMBEO (CDT).- Es, en un sistema de bombeo, la suma de las energías contra las que debe operar una bomba para mover determinada cantidad de agua de un punto a otro. Dicha carga valdrá siempre, la suma de la carga de succión y la carga de descarga. Debido al funcionamiento e instalación de las bombas verticales, seleccionadas en este proyecto, en la figura A.1 se representa un caso típico de bombeo con este tipo de unidades.

Por lo tanto se puede escribir:

$$CDT = H_s + H_d \quad \dots (1)$$

$$H_s = h_s + h_{fs} \quad \dots (2)$$

$$H_d = h_d + h_{fd} + h_{vd} \quad \dots (3)$$

Sustituyendo (2) y (3) en (1)

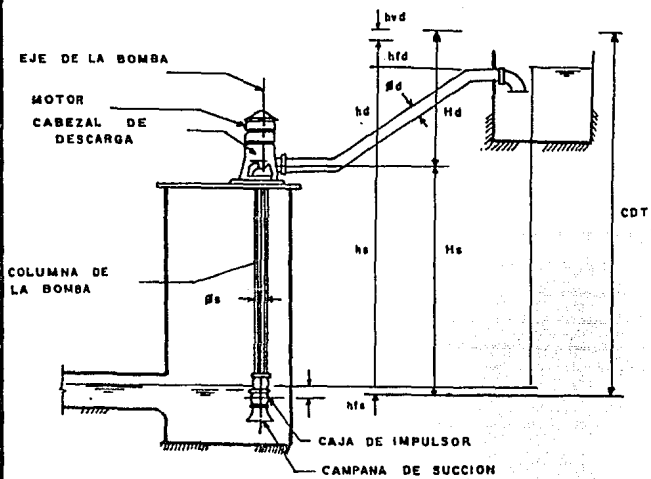


Fig.A1 INSTALACION TIPICA DE UNA BOMBA VERTICAL

la succión.

hd.- Carga estática de descarga, es la diferencia de elevación entre el nivel libre del agua en la descarga y el eje horizontal de la bomba.

hfd.- Carga de fricción en la descarga, incluye todas las pérdidas de energía que se tienen a partir de la boquilla de la bomba y en la tubería de descarga, estas pérdidas son debidas a la fricción a lo largo de dicha tubería, a cambios de dirección y a todos los accesoris que se tengan en la misma.

hvd.- Carga de velocidad en la descarga, se define como la carga requerida para que el agua alcance la velocidad requerida. Esta energía es perdida inmediatamente en la descarga y nunca convertida en energía de presión, cuyo valor se determina con la siguiente expresión:

$$hvd = v^2/2g \quad \dots (5)$$

En general su valor es relativamente pequeño y considerarlo en la determinación de la CDT no afecta substancialmente el valor final.

La fórmula de Darcy-Weisbach es frecuentemente usada para calcular la fricción en tuberías. Esta fórmula reconoce que la fricción incrementa con la rugosidad de las paredes de la tubería, con el área superficial mojada, con la velocidad y con la viscosidad, mientras que la fricción decrementa con el diámetro

de la tubería y con la densidad. Específicamente la pérdida de fricción de carga en metros es:

$$h_f = f(L/D)(V^2/2g) \quad \dots (6)$$

$f$  = factor de fricción, es una  $f(Re, e/D)$

$L$  = longitud de la tubería, m

$D$  = diámetro interior de la tubería, m

$V$  = velocidad promedio, m/s

$g$  = aceleración de la gravedad, (9.81 m/s<sup>2</sup>)

El número adimensional de Reynolds ( $Re$ ) es usado para describir el tipo de flujo, en este caso para tubería llena, y puede ser expresado como sigue:

$$Re = (VD)/\mu \quad \dots (7)$$

$V$  = velocidad promedio, m/s

$D$  = diámetro interior, m

$\mu$  = viscosidad cinemática del líquido, m<sup>2</sup>/s

Cuando el  $Re$  es 2000 o menor el flujo es generalmente laminar, y cuando es mayor que 4000 el flujo es generalmente turbulento. El flujo de agua en tuberías está generalmente por encima de 4000 y entonces siempre será turbulento.

Para un flujo laminar el factor de fricción  $f$  es igual a  $64/Re$  y es independiente de la rugosidad de la pared de la tubería. Para el flujo turbulento  $f$  para todo fluido incompresible puede ser determinado a partir del bien conocido diagrama de

Moody. Para determinar  $f$  se requiere el número de  $Re$  y la rugosidad relativa de la tubería conocida como  $e/D$ . El valor de la viscosidad cinemática dependerá de los diferentes fluidos así como de sus diferentes temperaturas.

Invariablemente un sistema contiene tubería la cual tendrá conexiones las cuales cambian las medidas y/o la dirección de los conductos. Estos accesorios adicionan fricción, llamadas pérdidas menores, para el sistema de carga. Las pérdidas en accesorios son generalmente el resultado de cambios en dirección y en la velocidad.

La resistencia de fricción en metros es encontrada a partir de la siguiente ecuación:

$$h = kv^2/2g \quad \dots (8)$$

Donde:

$k$  = factor de fricción, dependiendo del tipo de accesorio

$v$  = velocidad promedio, m/s

$g$  = aceleración de la gravedad, 9.81 m/s<sup>2</sup>

**CARGA NETA DE SUCCIÓN POSITIVA (CNSP o NPSH).** - Se define como la presión disponible o requerida para establecer un flujo a través del elemento de succión al ojo del impulsor o carcasa de una bomba, cuyo valor nunca deberá reducirse al correspondiente a la presión de vapor del líquido manejado. Se expresa en metros de



columna del líquido bombeado. Una determinación incorrecta de la CNSP ocasiona fundamentalmente problemas de cavitación en menor o mayor grado, disminución en la eficiencia de las unidades, excesivas vibraciones y por ende problemas en la operación del sistema de bombeo. Es importante aclarar, que es usual en los fabricantes de bombas emplear las siglas de este concepto en inglés, es decir, NPSH (Net Positive Suction Head) y es por ello que se manejará así.

**NPSH Requerida.**- Es la diferencia mínima de presión entre la carga de succión y la presión de vapor del líquido manejado, que necesita una bomba para operar a determinada capacidad; siendo característica propia de cada modelo de bomba, su valor es un dato proporcionado por los fabricantes en las curvas de comportamiento de sus equipos.

**NPSH Disponible.**- Es la diferencia entre la presión absoluta que se tiene en una instalación y la presión de vapor de agua. A continuación se da la expresión matemática para el cálculo de la NPSH disponible.

$$H_{sv} = H_p + H_z - H_f - H_{vp} \quad \dots (9)$$

Donde:

$H_{sv}$  = NPSH expresada en m.c.a.

$H_p$  = Presión absoluta sobre la superficie libre del líquido a bombear en m.c.a.

$H_z$  = Carga estática o elevación estática, según este el nivel arriba o abajo de la línea horizontal a través del eje

del impulsor.

$H_f$  = Pérdidas por entrada y fricción en la tubería de succión en m.c.a.

$H_{vp}$  = Presión de vapor absoluta del fluido a la temperatura de bombeo, expresada en m.c.a.

De acuerdo a la expresión anterior, la NPSH Disponible, depende fundamentalmente del lugar en que se lleve a cabo el bombeo y de la presión del vapor de agua a la temperatura de bombeo, así como de las condiciones físicas de la instalación, considerando esto, al final se presenta información para la determinación de los anteriores factores en función de la altura sobre el nivel del mar (a.s.n.m.) y de la temperatura.

Por lo anteriormente establecido, en toda instalación y para cualquier condición de trabajo:

NPSH Disponible > NPSH Requerida

**SUMERGENCIA.** - Es la carga estática que actúa en la bomba debido al ahogamiento del primer impulsor ( sólo en bombas verticales se utiliza este término ), esta carga es siempre necesaria para el funcionamiento de la bomba, también evita la posibilidad de que el aire del exterior sobre la superficie del agua entre al impulsor durante su operación y además favorece al equipo al aumentar el NPSH. La sumergencia mínima requerida por una bomba, operando en determinadas condiciones, es un dato del fabricante.

**NIVEL DINAMICO.** - es el nivel del agua en el suministro

cuando opera la bomba.

NIVEL ESTÁTICO.- es el nivel del agua en el suministro cuando no opera la bomba.

VELOCIDAD ESPECÍFICA (Ns).- Es la velocidad en revoluciones por minuto (RPM) a que debe girar un modelo reducido de impulsor de determinado tipo de bomba, para descargar la unidad de gasto, operando contra una carga unitaria. Se determina a partir de la siguiente expresión:

$$Ns = 0.211(NXQ^{1/2})/H^{3/4} \quad \dots(10)$$

Donde:

Ns = velocidad específica en r.p.m.

N = velocidad de rotación en r.p.m.

Q = gasto de la bomba en litros por minuto

H = carga por paso en metros

CAVITACION.-Cuando en el seno de un líquido en movimiento, la presión local se reduce a la correspondiente al vapor de ese líquido a la temperatura dominante, se presenta una formación de bolsas de vapor que desaparecen súbitamente al entrar en otra zona donde la presión tiene un valor tal que se condensan, es decir, se tornan en líquido. A este fenómeno de formación y desaparición rápida de cavidades llenas de vapor del líquido que fluye porque pasa de una zona de baja a una zona de alta presión, se le llama cavitación.

## A P E N D I C E B

### CRITERIO ORTODOXO DE SELECCION DE EQUIPOS DE BOMBEO (CRITERIO TECNICO DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA $N_s$ )

La selección de un equipo de bombeo, específicamente u tipo de bomba o impulsor, en calidad y número de ellos depende en gran medida del criterio seguido en dicha selección, de entre ellos podemos atender al:

- fluido a manejar
- facilidad de mantenimiento
- costos
  - de inversión
  - de mantenimiento
  - de operación
- funcionamiento hidráulico

Los tres primeros criterios anotados tienen mucho que ver con la experiencia del proyectista y operadores, el último de ellos es por tanto el que se explicará a continuación, ya que pocas veces se maneja para definir el equipamiento de un sistema

de bombeo.

El criterio técnico selectivo de la  $N_s$  se basa en de terminar el equipamiento con un "correcto funcionamiento hidráulico" de las unidades de bombeo. Estas unidades han de caer dentro de la categoría de bombas centrífugas (con la succión en un extremo, doble succión, etc.).

El funcionamiento hidráulico de este tipo de bombas se tiene graficado, atendiendo a varios parámetros, como: carga dinámica total de bombeo ( $H_t$  en pies de columna de fluido), velocidad específica máxima ( $N_s$ ), altura de succión efectiva ( $H_{se}$  en pies).

Una de las instituciones que se ha preocupado por difundir esta información en una de sus publicaciones es el Instituto de Hidráulica de los Estados Unidos (HIS), donde se resume el funcionamiento hidráulico de diferentes tipos de bombas centrífugas. Esta información se grafica en un eje coordinado de velocidad específica máxima contra carga dinámica total, teniendo como curva paramétrica la altura de succión efectiva de la bomba.

Lo anterior significa que dada una carga dinámica total y una altura de succión efectiva, de acuerdo a un tipo de bomba previamente seleccionado, tendremos limitada la velocidad específica hasta un valor máximo que se leerá en las curvas señaladas.

El criterio técnico selectivo aquí explicado atiende a las consideraciones mencionadas y consiste de los siguientes pasos:

- 1.- Determinar la carga dinámica total de la bomba ( $H_t$  en pies) y la altura de succión efectiva de la bomba ( $H_{se}$  en pies)

Lo anterior implica conocer el equipo mecánico para poder estimar pérdidas y alturas estáticas, así como la posición de la succión de la bomba con respecto al espejo de agua.

- 2.- Con lo anterior se determina la velocidad específica máxima a la que podría operar la bomba, dependiendo del tipo que sea ésta.

3.- De la expresión de la  $N_s$  se despeja el gasto, que será el gasto unitario ( $Q_u$ ), según se indica en las gráficas de la  $N_{smáx}$ .

4.- Se calcula el número de unidades en función del gasto total a manejar en el sistema ( $Q_t$ ) y el gasto unitario ( $Q_u$ ) que resultó por limitaciones de la  $N_{smáx}$ . El cociente de estos dos dividendos por lo general no es un número entero y como el número de unidades si debe serlo, se hará el ajuste para que tengamos el número de unidades en una cantidad entera.

5.- El paso anterior nos da un nuevo gasto unitario ( $Q_u$ ), con este recalculemos la velocidad específica y se revisa que esta sea menor que la máxima permitida ( $N_{smáx}$ ).

6.- El nuevo gasto unitario puede originar cambios considerables en el cálculo de la carga dinámica total, habrá entonces que hacer las correcciones correspondientes y de ser necesario repetir los pasos anteriores.

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

- Hydraulic Handbook "Fundamentals Hydraulics and Data useful in the solution of pump application problems". Colt Industries Fairbanks Morse Pump Division. Novena edición.

- Steel Pipe Design And Installation American Water Works Association (AWWA). Manual of Water Supply Practices. No. N 11.

-MATAIX, Claudio, Mecánica de Fluidos Y Máquinas Hidráulicas México, 1982

- DE AZEVEDO NIETO, J.M. y ACOSTA ALVAREZ Guillermo, Manual de Hidráulica, México, 1976.

- Hydraulic Institute Standars, for centrifugal, rotatory and reciprocating pumps. 13a. edición. USA. 1975

- The Hydraulic Design of Pump Sumps and Intakes, M.J. Prosser. Ciria, 1977.

- Tecnicas y análisis de costos de pozos profundos y aguas subterráneas, Vicente Vargas A. Editorial Limusa. México 1976.

- Bombas, Teoria, Diseño y Especificaciones, Manuel Viejo Zubicaray. Limusa. México 1976.

- Instalación de bombas centrifugas. Ivan Mejía Jaramillo. Primera edición. C.E.C.S.A. 1987

- Manual de válvulas WALWORTH

- Manual de válvulas APCD (Valvulas Slanting Disc Check)

- Manual de válvulas automáticas ROSS de MEXICO.

- Manual de manómetros SUREX

- Manual de válvulas de seguridad y alivio DURAVAL.
- Manuales de materiales MYMACO.
- Manual de tubo de acero con costura TUMEX.
- Manual de bombas WORTHINGTON
- Manual de Motores eléctricos US, GENERAL ELECTRIC.