



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGON**

**“SELECCIÓN Y MANTENIMIENTO DE BOMBAS
CENTRÍFUGAS PARA POZO PROFUNDO”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
ELECTRICO – ELECTRONICA
P R E S E N T A N:
ALEJANDRO SUAREZ NAVA
OMAR FRANCISCO HERNANDEZ CARMONA**



FES Aragón

MÉXICO

ASESOR: ING. ABEL VERDE CRUZ

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A Dios

Que me permite obtener lo que tengo y brindarme la oportunidad de cumplir con mis sueños.

A la Universidad Nacional Autónoma De México
Y a cada uno de mis profesores

A mis padres

Enrique Hernandez
Por el apoyo y la entrega total de su vida
Para llegar a ser un buen ser.

Juana Quintila Carmona Sandoval
Por apoyarme y darme el impulso de superación día a día.
Con su ejemplo y fortaleza.

A mis Hermanos

Ivan Enrique Hernandez Carmona
Leizy Citlalli Hernandez Carmona

Por los momentos de vida juntos

A mi abuelita
Parte fundamental de mi educación

Y a cada uno de mis seres queridos
Mis tías, tíos, primos y a todos aquellos que a través del tiempo se han ligado a mi existencia mis amigos.

Gracias.

Omar Francisco Hernández Carmona

A Dios

Que me dio todo lo que soy

Y a cada uno de mis seres queridos que siempre estuvieron conmigo

Gracias.

Alejandro Suarez nava

INDICE

INDICE.....	1
OBJETIVO.....	5
INTRODUCCION.....	6
1. FUNDAMENTOS DE BOMBAS CENTRÍFUGAS.....	8
1.1. DEFINICIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO.....	9
1.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	11
1.2.1. CAUDAL.....	11
1.2.2. ALTURA DE ELEVACIÓN.....	11
1.2.3. CEBADO.....	11
1.2.4. CAVITACIÓN.....	11
1.2.5. PÉRDIDAS DE CARGA.....	12
1.2.6. VELOCIDAD (RPM).....	12
1.2.7. VISCOSIDAD.....	12
1.2.8. PESO ESPECÍFICO.....	12
1.2.9. CARGA A LA DESCARGA.....	13
1.2.10. CARGA DE VELOCIDAD.....	13
1.2.11. CARGA TOTAL DE BOMBEO.....	13
1.2.12. POTENCIA DE ENTRADA AL MOTOR.....	13
1.2.13. POTENCIA DE ENTRADA A LA BOMBA.....	13
1.2.14. POTENCIA DE SALIDA DE LA BOMBA.....	13
1.2.15. EFICIENCIA DE LA BOMBA.....	13
1.2.16. EFICIENCIA DEL CONJUNTO MOTOR – BOMBA.....	14
1.2.17. CURVA CARACTERÍSTICA DE LA BOMBA.....	14
1.2.18. POZO PROFUNDO.....	15
1.2.19. NIVEL DINÁMICO.....	15
1.2.20. NIVEL ESTÁTICO.....	16
1.2.21. DIÁMETRO DEL ADEME.....	16
1.2.22. TIPO DE LUBRICACIÓN.....	16
1.2.23. TIPO DE IMPULSOR.....	16
1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS.....	16
1.4. ALGUNAS VENTAJAS QUE PRESENTAN LAS BOMBAS CENTRIFUGA.....	18
1.5. FUNCIONAMIENTO GENERAL DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA.....	19
1.6. DIFERENTES TIPOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS.....	21
1.6.1. VELOCIDAD ESPECÍFICA.....	21
1.6.2. VELOCIDADES VARIABLES.....	21
1.6.3. CURVA DE COLUMNA DEL SISTEMA.....	22
1.6.4. IMPULSORES.....	23
1.6.5. ANILLOS DE DESGASTE.....	26
1.6.6. BOMBA TIPO VOLUTA.....	27
1.6.7. BOMBAS DE TIPO DIFUSOR.....	28
1.6.8. BOMBAS TIPO TURBINA.....	29
1.6.9. BOMBAS DE FLUJO MIXTO Y FLUJO AXIAL.....	29
1.6.10. BOMBAS HORIZONTALES Y VERTICALES.....	30
2. COMPONENTES DE SISTEMAS DE BOMBEO.....	39
2.1. POZO PROFUNDO.....	40

2.1.1	PERFORACIÓN.....	41
2.1.2	ENTUBACIÓN.....	41
2.1.3	DIFERENCIAS CON RESPECTO A OTRAS REJILLAS.....	43
2.1.4	ENGRAVILLADO Y SELLADO.....	44
2.1.5	EL SELLADO.....	44
2.1.6	DESARROLLO.....	44
2.1.7	TIPOS DE PERFORACIÓN.....	47
2.1.8	PRUEBAS HIDRÁULICAS (AFORO).....	47
2.2.	EQUIPOS DE BOMBEO.....	48
2.2.1	BOMBA TURBINA VERTICAL LUBRICACIÓN EN AGUA O ACEITE.....	48
2.2.2	TIPO DE TRANSMISIÓN.....	51
2.2.3	TRANSMISIÓN MOTRIZ.....	53
2.2.4.	CABEZAL.....	55
2.2.5.	MOTORES VERTICALES.....	56
2.2.6.	MOTOBOMBA SUMERGIBLE.....	59
2.2.7.	TUBERÍA DE COLUMNA.....	63
2.3	EQUIPOS Y MATERIALES DE CONTROL ELÉCTRICO DE ACCIONAMIENTO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO.....	64
2.3.1	CABLE DE ALIMENTACIÓN ELECTROBOMBA.....	65
2.3.2	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES.....	65
2.3.3.	LOS ARRANCADORES A PLENA TENSIÓN.....	66
2.3.4.	ARRANCADORES A TENSIÓN REDUCIDA.....	67
2.3.5.	ARRANCADORES SUAVES.....	68
2.3.6.	VARIADOR DE FRECUENCIA.....	70
2.3.7.	BANCO DE CONDENSADORES.....	71
2.3.8.	CABLES PARA ACOMETIDAS Y TABLEROS DE CONTROL THW-LS.....	72
2.3.9.	SISTEMA DE ACOMETIDA DE MEDIA ALTA TENSIÓN.....	73
2.3.10	POSTES DE CONCRETO.....	74
2.3.11	UNIDAD CORTACIRCUITO.....	75
2.3.12.	PARARRAYOS DE DISTRIBUCIÓN.....	76
2.3.13.	VARILLA PARA PUESTA A TIERRA.....	77
2.3.14.	TRANSFORMADOR TIPO POSTE TRIFÁSICO.....	78
2.3.15.	CENTRO DE MEDICIÓN.....	84
3.	SELECCIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO PARA POZO PROFUNDO	
3.1.	SELECCIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO.....	87
3.1.1.	BOMBAS PARA LA TÉCNICA ENERGÉTICA.....	88
3.1.2.	BOMBAS PARA LA TÉCNICA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA.....	88
3.1.3.	BOMBAS PARA LAS TÉCNICAS DE PROCESOS Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE.....	88
3.1.4.	BOMBAS DE SERIE PARA APLICACIONES DOMÉSTICAS E INDUSTRIALES.....	88
3.2.	PLANTEAMIENTO TÉCNICO.....	89
3.2.1.	ESTUDIOS PRELIMINARES.....	90
3.2.2.	PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN.....	91
3.2.3.	COEFICIENTES DE RUGOSIDAD. –C.....	93
3.2.4.	DEFLEXIONES EN TUBERÍAS DE UNIÓN FLEXIBLE.....	94
3.2.5.	PENDIENTES MÍNIMAS.....	94
3.2.6.	VÁLVULAS DE AIRE.....	95

3.3. SISTEMA DE BOMBEO.....	95
3.3.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	97
3.4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	106
3.5. DETERMINACIÓN DE LA CARGA DINÁMICA TOTAL.....	108
3.5.1. CALCULO DE LA CARGA POR PASO Y NO. DE PASOS.....	110
3.5.2. COLUMNA DE VELOCIDAD.....	111
3.6. PERDIDAS DE ADMISIÓN Y SALIDA.....	114
3.6.1 ELEVACIÓN DE SUCCIÓN.....	114
3.6.2. COLUMNA DE SUCCIÓN.....	114
3.6.3. COLUMNA DE DESCARGA.....	114
3.6.4. COLUMNA TOTAL.....	115
3.6.5. PRESIÓN DE VAPOR.....	115
3.7 NPSH DISPONIBLE.....	116
3.7.1. NPSH REQUERIDO.....	116
3.7.2. EL USO DEL NPSH.....	118
3.8. CAVITACIÓN.....	120
3.9 VELOCIDAD ESPECÍFICA.....	122
3.10 ESPECIFICACIÓN DE LA COLUMNA DE LA BOMBA.....	126
3.10.1 COSTO RUIDO.....	126
3.10.2 OTROS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ESPECIFICACIÓN DE LA COLUMNA DE UNA BOMBA.....	126
3.10.3 DEMANDAS NUEVAS O FUTURAS.....	127
3.10.4 NIVEL DEL LÍQUIDO.....	128
3.10.5 ENVEJECIMIENTO DE LA TUBERÍA.....	128
3.11 CAPACIDAD DE UNA BOMBA.....	129
3.11.1 TEMPERATURA.....	129
3.12. CÁLCULOS EN LA SELECCIÓN DE UNA BOMBA.....	130
3.12.1 LUBRICACIÓN DE LAS BOMBAS.....	131
3.12.2 BOMBAS DE MOTOR SUMERGIBLE.....	131
3.12.3 MEDICIÓN DE PARÁMETROS.....	133
3.13 SELECCIÓN DE LA BOMBA ADECUADA.....	134
3.14 FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA.....	135
3.15 SELECCIÓN DEL CABLE ELÉCTRICO.....	136
3.16 SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR O GENERADOR.....	145
3.16.1 GUÍA PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN TRANSFORMADORES.....	149
3.17 MOTORES.....	152
3.17.1 RECOMENDACIONES GENERALES DE LA NOM-001, SOBRE ALAMBRADO DE MOTORES TENSIONES MENORES A 600 VOLT.....	157
3.17.2 TENSIONES SUPERIORES A 600 VOLT.....	157
3.17.3 ATERRIZAJE.....	158
3.17.4 CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA.....	158
4. APLICACIÓN DE CASOS PRÁCTICOS DE EQUIPOS DE BOMBEO.....	160
4.1. LA VARIACIÓN DE VOLTAJE.....	160
4.1.1. FACTOR DE SERVICIO.....	160
4.1.2. CONSIDERACIONES GENERALES ELÉCTRICAS.....	160
4.1.3. COLORES DE FASES.....	161
4.1.4. CONEXIÓN SEGURA.....	161

4.1.5. SISTEMA DE ARRANQUE (TIPO PLENA TENSIÓN, AUTO TRANSFORMADOR, Y ARRANQUE SUAVE).....	161
4.1.6. PROTECCIONES ELÉCTRICAS OPCIONALES.....	163
4.1.7. FALLA DE FASE.....	163
4.1.8. INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO.....	164
4.1.9. RELEVADOR BIMETÁLICO DE SOBRECARGA.....	165
4.1.10. TRANSFORMADOR.....	166
4.1.11 RESISTENCIA AL AISLAMIENTO.....	166
4.1.12 TAMAÑO DE LISTÓN FUSIBLE EN CANILLAS.....	168
4.2 SONDA NEUMÁTICA Y/O ELÉCTRICA.....	168
4.2.1 LISTA DE MATERIALES PARA SONDA NEUMÁTICA.....	168
4.2.2. MEDICIÓN VOLTAJE - VALOR MÍNIMO Y DE EQUILIBRIO.....	169
4.2.3. MEDICIÓN DEL AMPERAJE – DESEQUILIBRIO.....	170
4.3 PROTECCIÓN CONTRA PICOS DE CORRIENTE Y PARARRAYOS.....	172
4.4. INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO, MÁXIMA PROFUNDIDAD.....	173
4.4.1. COLOCACIÓN DE LA BOMBA Y NPSHR (CNPSR), MÍNIMA PROFUNDIDAD.....	174
4.4.2. MÁXIMO DE SUMERGENCIA.....	174
4.4.3. GIRO DEL MOTOR.....	174
4.4.4. CONDICIONES ESPECIALES DE OPERACIÓN.....	175
4.4.5. CAVITACIÓN.....	176
4.5 MANTENIMIENTO DE BOMBAS.....	177
4.5.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN QUE PUEDEN AFECTAR SU RENDIMIENTO.....	177
4.5.2 EQUIPO Y HERRAMIENTAS NECESARIAS.....	178
4.5.3 INSPECCIÓN DE LAS PARTES.....	178
4.5.4 DESMONTAJE.....	178
4.5.5 DESMONTAJE DE UNA BOMBA DE LUBRICACIÓN POR ACEITE.....	180
4.5.6 DESMONTAJE DE UNA BOMBA DE LUBRICACIÓN POR AGUA.....	180
4.5.7 DESMONTAJE A PARTIR DEL TAZÓN DE DESCARGA.....	180
4.5.8 MONTAJE DEL TAZÓN SUPERIOR EN BOMBAS LUBRICADAS POR ACEITE.....	183
4.5.9 MONTAJE DEL TAZÓN SUPERIOR EN BOMBAS LUBRICADAS POR AGUA.....	184
4.5.10 DIMENSIONES DEL ENSAMBLE.....	184
4.6 BOMBAS DIMENSIONES Y HOLGURAS.....	185
4.7 HERRAMIENTAS DE TRABAJO PARA LA INSTALACIÓN DE BOMBAS.....	186
4.7.1 VERIFICACIÓN DEL POZO.....	188
4.7.2 DESARROLLO DEL POZO.....	188
4.8. CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN.....	190
4.9. SISTEMA DE LUBRICACIÓN.....	192
4.10 ARRANQUE DE UNA BOMBA VERTICAL.....	194
4.11 CONSIDERACIONES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA EN EL DESMONTAJE DE EQUIPOS.....	196
CONCLUSIONES.....	200

OBJETIVOS.

El objetivo de la presente investigación, es dar una guía lo mas objetiva y accesible posible para aprender a diseñar adecuadamente un equipo de bombeo. Contiene una sección de hidráulica básica, la cual es muy importante comprender para generar un buen diseño y cálculo, y recomendamos se medite con cuidado estos conceptos que son básicos para comprender el transporte de agua.

Analizar las diferencias entre los dispositivos que optimizan a los equipos de bombeo en general y los importantes cambios que estos ofrecen, la optimización del agua, de la energía eléctrica, la importancia atribuida a cada uno de los mismos factores.

Evaluar las necesidades que se ofrecen: tipo de bomba, gasto, potencia aplicada, condiciones de sólidos en los pozos, durabilidad, ahorro, e intercambiabilidad de partes con respecto a las distintas marcas de bombas que se ofrecen actualmente en el mercado.

INTRODUCCION

Desde que el ser humano a tenido uso de razón ha tomado de la naturaleza lo que ésta le ofrece para evolucionar y desarrollarse, las primeras civilizaciones lo hicieron acogíendose a la benevolencia de las aguas de los ríos, de los mares, arroyos y lagunas. Nuestros primeros hombres así, aprendieron a convivir con el agua.

El agua para ser utilizable no siempre la tenemos en el punto donde la necesitamos, por lo que en la mayor parte de los casos es necesario transportarla y/o elevarla al sitio donde la requerimos, y cada vez más frecuente es necesario también darle una determinada presión para su adecuada utilización. Para ello necesariamente tenemos que agregarle cierta cantidad de energía, la cual nos permite lograr colocar el agua donde nos es útil.

La mejor manera que ha encontrado el hombre hasta el momento de lograr esto es a través de una bomba, cuya función es generar la presión necesaria para vencer la altura a la que queremos tenerla, así como subsanar todas las perdidas de presión generadas por la fricción en las tuberías y accesorios para su transporte, esto se logra a través de un intercambio de energía el cual se lleva a cabo haciendo girar un impulsor mediante una flecha o eje, y el cual por su geometría es decir el diseño de sus alabes generará dicha presión.

El propósito del desarrollo de este tema es explicar mediante ejemplos y la experiencia adquirida, una parte de las tecnologías que existen en el área de los equipos de bombeo. Dada la importancia que tiene el uso de una bomba en nuestra vida cotidiana, analizaremos los factores que

permitan mejorar las posibilidades de administración, comunicación, ahorro de agua y energéticos; por lo tanto se consideran de interés general.

Las limitaciones de los equipos de bombeo en las localidades rurales, en pozos antiguos, y las empresas, son de fundamental importancia , ya que son la parte básica para sus procesos.

Esto puede ser útil a quienes estén relacionados con la instalación, mantenimiento, y diseño de estos equipos; se proporciona información fiable, moderna con nuevos conceptos y términos que facilitan la comprensión. De esta forma se podrá obtener una valiosa información que permita comprender con éxito los conceptos en la construcción de la siguiente generación de sistemas automatizados.

El desarrollo de los equipos de bombeo como un sistema completo se ha apoyado de otras tecnologías como la electrónica de potencia, las telecomunicaciones, la geología, y la física, por solo mencionar algunas con lo que se ha convertido en un estándar común; sin embargo, un elemento importante de los equipos de bombeo es la utilización de dispositivos eléctricos que ahorren energía eléctrica, la cual hace la diferencia claramente del resto de los equipos convencionales, algo que anteriormente no sucedía: hoy por ejemplo equipos de bombeo utilizan arrancadores suaves, y de estado sólido, ya que vienen usando tecnología, protocolos y dispositivos electrónicos y estos facilitan la operación, diagnóstico, y ayudan al ahorro de energía.

Capitulo 1

FUNDAMENTOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS

I. FUNDAMENTOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS.

1.1. DEFINICIÓN DE EQUIPO DE BOMBEO.

El objetivo principal de la bomba centrífuga es la de convertir la energía de una fuente de movimiento (el motor) primero en velocidad (o energía cinética) y después en energía de presión. El rol de una bomba es el aporte de energía al líquido bombeado (energía transformada luego en caudal y altura de elevación), según las características constructivas de la bomba y en relación con las necesidades específicas de la instalación. El funcionamiento es simple: dichas bombas usan el efecto centrífugo para mover el líquido y aumentar su presión. Dentro de una cámara hermética dotada de entrada y salida (voluta) gira una rueda con paleta (rodete), el corazón de la bomba. El rodete es el elemento rodante de la bomba que convierte la energía del motor en energía cinética (la parte estática de la bomba, o sea la voluta, convierte, en cambio, la energía cinética en energía de presión). El rodete está, a su vez, fijado al eje de la bomba, ensamblado directamente al eje de transmisión del motor o acoplado a él por medio de un cople hecho ya sea de acero inoxidable u otro material con alto contenido de carbón.

Cuando entra líquido dentro del cuerpo de la bomba, el rodete (alimentado por el motor) proyecta el fluido a la zona externa del cuerpo-bomba debido a la fuerza centrífuga producida por la velocidad del rodete, de esta manera, el líquido almacena una energía (potencial), que se transformará en caudal y altura de elevación (o energía cinética). Este movimiento centrífugo provoca, al mismo tiempo, una depresión capaz de aspirar el

fluido que se debe bombear. El rodete de una bomba centrífuga se puede realizar según muchas variantes constructivas: rodetes abiertos, rodetes cerrados, Rodetes semi-abiertos, rodetes mono-canal, rodetes axiales, rodetes semi-axiales, rodetes desplazados, vórtice, A espiral, etc. Para nuestro caso nos referiremos especialmente a los rodetes semi abiertos o cerrados dependiendo el caso, esto se explicara mas adelante.

Dentro de los equipos de bombeo podemos tener diferentes variantes alguna de ellas son las bombas centrífugas monoestado, o sea, dotadas de un solo generador de caudal y presión (un rodete o un solo paso). Si hay varios rodetes (el primer rodete descarga el líquido sobre el segundo y así sucesivamente) se pueden suministrar, incluso, bombas centrífugas multiestado (multipasos), caracterizadas por la suma de presiones emanadas de cada rodete. Para las bombas centrífugas el funcionamiento depende del momento inicial, es decir las condiciones que se dan en el lado de succión, por ejemplo si la bomba se coloca a un nivel inferior al de la vena de la que se extrae el líquido, éste entra espontáneamente en la bomba (de esta manera se obtiene una instalación bajo nivel). Mientras que si la bomba se coloca sobre el surgente de el cual se desea bombear, el líquido se aspirará: la bomba (así como la tubería de aspiración) tendrá que cebarse preventivamente, o sea, llena de líquido (se tratará de una bomba auto cebada). Para nuestro caso de bombas sumergibles, estas no necesitan cebarse ya que se encuentran auto cebadas porque las bombas se encuentran bajo el nivel estático por lo tanto el agua entra de inmediato a la bomba quedando en el mismo nivel estático.

1.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

1.2.1. CAUDAL

Cantidad de líquido (en volumen o en peso) que se debe bombear, trasladar o elevar en un cierto intervalo de tiempo por una bomba: normalmente expresada en litros por segundo (l/s), litros por minuto (l/m) o metros cúbicos por hora (m³/h). (Q)

1.2.2. ALTURA DE ELEVACIÓN

Altura de elevación de un líquido: el bombeo sobreentiende la elevación de un líquido de un nivel más bajo a un nivel más alto. Expresado en metros de columna de líquido o en bar. (Presión). Símbolo: H.

1.2.3. CEBADO

Llenado de la bomba o de la tubería para quitar el aire presente en ellas. En algunos casos, se pueden suministrar, también, bombas auto cebadas, o sea, dotadas de un mecanismo automático que facilita el cebado y por lo tanto la puesta en marcha de la bomba, lo cual sería imposible de otra manera, y además muy lento.

1.2.4. CAVITACIÓN

Fenómeno causado por una inestabilidad en el flujo de la corriente. La cavitación se manifiesta con la formación de cavidad en el líquido bombeado y está acompañada por vibraciones ruidosas, reducción del caudal y, en menor medida, del rendimiento de la bomba. Se provoca por el pasaje rápido de pequeñas burbujas de vapor a través de la bomba: su colapso genera micro chorros que pueden causar graves daños al equipo de bombeo en tiempos muy cortos logrando con esto pérdidas.

1.2.5. PÉRDIDAS DE CARGA

Pérdidas de energía debidas a la fricción del líquido contra las paredes de la tubería, proporcionales al largo de éstas. También son proporcionales al cuadrado de la velocidad de deslizamiento y variabilidad en relación con la naturaleza del líquido bombeado. Cada vez que disminuye el deslizamiento normal del fluido movido representa una posibilidad de pérdidas de carga como los bruscos cambios de dirección o de sección de las tuberías.

Para lograr en la bomba un correcto dimensionamiento, la suma de tales pérdidas se debe agregar a la altura de elevación prevista.

1.2.6. VELOCIDAD (RPM)

Es el numero de R.P.M. que necesita la bomba para cumplir las condiciones de diseño, las mas comunes son (1760 RPM. o 3600 RPM)

1.2.7. VISCOSIDAD.

Se trata de una característica del fluido bombeado: representa su capacidad de oponerse al desplazamiento. La viscosidad varía según la temperatura. La viscosidad del agua a temperatura ambiente (20 °C) es de 0,0100 poises; en el punto de ebullición (100 °C) disminuye hasta 0,0028 poises

1.2.8. PESO ESPECÍFICO.

Cada fluido tiene una densidad característica. El agua, que se usa como término de comparación, convencionalmente tiene un peso específico (o densidad) de 1 (a 4°C y a nivel del mar). El peso específico representa el valor usado para comparar el peso de un cierto volumen de líquido con el peso de la misma cantidad de agua.

1.2.9 CARGA A LA DESCARGA.

Es la suma algebraica de la presión manométrica medida a la descarga, la carga de velocidad y las pérdidas por fricción, su unidad de medida es el metro (m).

1.2.10 CARGA DE VELOCIDAD.

Es la energía cinética por unidad de peso del líquido en movimiento, su unidad de medida es el metro (m).

1.2.11 CARGA TOTAL DE BOMBEO.

Está dada por la suma algebraica de la presión manométrica medida a la descarga, el nivel dinámico, las pérdidas por fricción en la columna y la carga de velocidad, su unidad de medida es el metro (m).

1.2.12 POTENCIA DE ENTRADA AL MOTOR.

Es la potencia en Watt, que requiere el motor eléctrico acoplado a la bomba. Esta se determina conociendo el voltaje, la corriente y el factor de potencia.

1.2.13 POTENCIA DE ENTRADA A LA BOMBA.

Es la potencia suministrada a la flecha de la bomba y debe expresarse en Watt.

1.2.14. POTENCIA DE SALIDA DE LA BOMBA.

Es la potencia en Watt, transferida al agua por la bomba, medida lo más cerca posible del cabezal de descarga.

1.2.15. EFICIENCIA DE LA BOMBA.

Es la proporción de la potencia de salida de la bomba entre la potencia de entrada a la bomba, se expresa en porcentaje.

1.2.16. EFICIENCIA DEL CONJUNTO MOTOR – BOMBA.

Es la proporción de la potencia de salida de la bomba entre la potencia de entrada al motor. La eficiencia se expresa en porcentaje.

1.2.17. CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA.

Las características de una bomba centrífuga se pueden ver gráficamente por medio de una curva característica que, normalmente, tiene datos relativos a la altura geodésica

Total, a la potencia efectiva del motor (HP), a la eficiencia, al NPSH. Cada bomba centrífuga tiene una curva característica, que es la relación entre su caudal y su altura de elevación. Esta relación se conoce en un gráfico cartesiano, donde se conoce qué caudal se puede obtener a una determinada altura de elevación y viceversa.

En este caso específico, la curva consiste en una línea que parte de un punto (equivalente a cero caudal /máxima altura de elevación) y que llega hasta el final de la curva con la reducción de la altura de elevación aumentando el caudal.

Para modificar esta representación, contribuyen otros elementos como la velocidad, la potencia del motor o el diámetro del rodete.

Una regla general para comprender las fuerzas desarrolladas por una bomba centrífuga es la siguiente: una bomba no crea presión sino que aporta sólo caudal. La presión es nada más que la medida de la resistencia del caudal.

En la siguiente figura se muestran diferentes curvas en donde se observa como cambia el comportamiento de una bomba, cuando se cambia tanto su carga, como el caudal, y otro factor que interviene es el diámetro de los impulsores

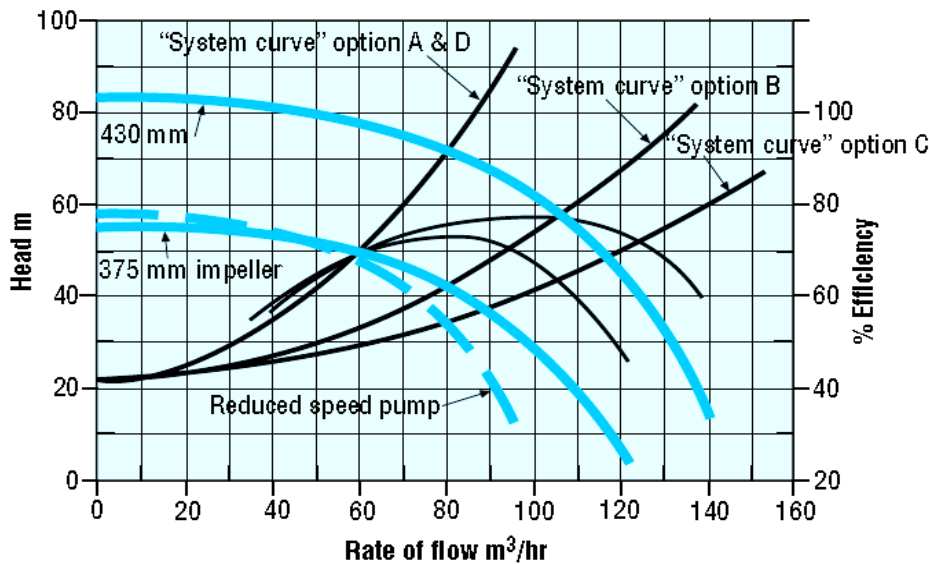


Fig. 1 Curva Característica de una Bomba Centrífuga.

1.2.18 POZO PROFUNDO

Lugar específico de suministro de líquido. Hoyo profundo con el objetivo de alcanzar agua subterránea para suministros. En este caso es específicamente una perforación en el subsuelo que comunica con los mantos acuíferos y es la principal aportación del agua.

1.2.19 NIVEL DINÁMICO

Es la distancia vertical desde el nivel de referencia hasta la superficie del agua cuando se encuentra en operación el equipo de bombeo.

1.2.20 NIVEL ESTÁTICO

Es la distancia vertical desde el nivel de referencia hasta la superficie del agua cuando se encuentra apagado el equipo de bombeo.

1.2.21 DIÁMETRO DEL ADEME

Es el diámetro máximo disponible de un pozo profundo para colocar el equipo de bombeo

1.2.22 TIPO DE LUBRICACIÓN

Esto se refiere a los tipos de bombas en particular a la lubricación para la transmisión, puede ser agua ó aceite.

1.2.23 TIPO DE IMPULSOR

Los tipos de impulsor pueden ser semi-abierto ó cerrado.

1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS.

Algunos de los conceptos que se deben de tomar en cuenta es que no hay que confundir, para el caso específico del agua, a una bomba que sería un generador hidráulico, en tanto que una turbina sería un motor hidráulico.

Normalmente un generador hidráulico (bomba) es accionado por un motor eléctrico, térmico, etc. mientras que un motor hidráulico (turbina) acciona un generador eléctrico. Antes de conocer los fundamentos de operación de las bombas es necesario distinguir las diferentes clases de bombas que existen, y para esto se da la clasificación

Existe una diversidad de clasificación de bombas que ocasionalmente puede causar confusión al intentar ubicarlas dentro de un cierto tipo.

Esta clasificación toma en cuenta la forma cómo el fluido se desplaza dentro de los elementos de la bomba, así para aquellos en los que el fluido se desplaza a presión dentro de una carcasa cerrada, como resultados del movimiento suavizada de un pistón o embolo, se le denomina “bombas de desplazamiento positivo”, mientras que las bombas en las cuales el fluido es desplazado por el movimiento circular de uno o varios impulsores provistos de alabe, se les denomina “Bombas Centrifugas” A las que se hará referencia en el presente trabajo.

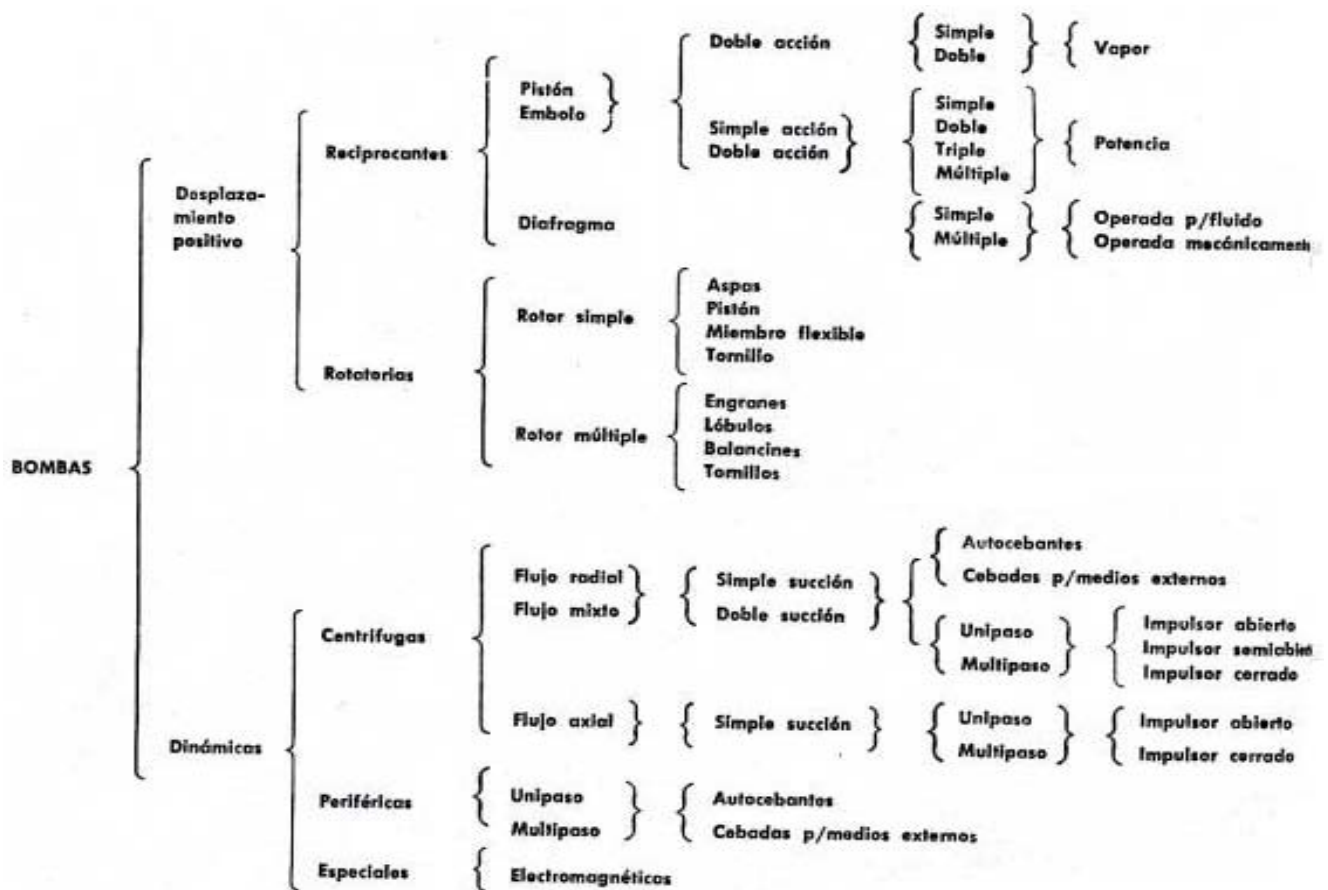


Tabla 1. Clasificación de las Bombas. Proporcionada por el instituto de Hidráulica de los E.E.U.U.

1.4. ALGUNAS VENTAJAS QUE PRESENTAN LAS BOMBAS CENTRIFUGAS.

No tienen órganos articulados y los mecanismos de acoplamiento son muy sencillos. La impulsión eléctrica del motor que la mueve es bastante sencilla. Para una operación definida, el gasto es constante y no se requiere dispositivo regulador. (Caudal Continuo) Se adaptan con facilidad a muchas circunstancias.

A parte de las ventajas ya enumeradas, se unen las siguientes ventajas económicas:

- El precio de una bomba centrífuga es aproximadamente $\frac{1}{4}$ del precio de la bomba de émbolo equivalente.
- El espacio requerido es aproximadamente $\frac{1}{8}$ del de la bomba de émbolo equivalente.
- El mantenimiento de una bomba centrífuga sólo se reduce a renovar el aceite de las chumaceras, los empaques de la prensa-estopa y el número de elementos a cambiar es muy pequeño.

En este trabajo nos enfocaremos específicamente a las bombas centrifugas particularmente a las de pozo profundo y a sus componentes, así como a los mecanismos que interviene en la modernización de los sistemas y la optimización eléctrica.

1.5. FUNCIONAMIENTO GENERAL DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA.

Las bombas centrífugas mueven un cierto volumen de líquido entre dos niveles, pues, transforman un trabajo mecánico en otro de tipo hidráulico.

Los elementos constructivos de que constan son:

Una tubería de aspiración, que concluye prácticamente en la brida de aspiración. En este caso se toma en cuenta la tubería de descarga, que empieza desde la salida de la bomba hasta la salida, del tren de descarga.

El impulsor o rodete, formado por una serie de alabes de diversas formas que giran dentro de una carcasa circular. El rodete va unido solidariamente al eje y es la parte móvil de la bomba. El líquido penetra axialmente por la tubería de aspiración hasta el centro del rodete, que es accionado por un motor, experimentando un cambio de dirección más o menos brusco, pasando a radial, (en las centrífugas), o permaneciendo axial, (en las axiales), adquiriendo una aceleración y absorbiendo un trabajo.

Los alabes del rodete someten a las partículas de líquido a un movimiento de rotación muy rápido, siendo proyectadas hacia el exterior por la fuerza centrífuga, de forma que abandonan el rodete hacia la voluta a gran velocidad, aumentando su presión en el impulsor según la distancia al eje.

La elevación del líquido se produce por la reacción entre éste y el rodete sometido al movimiento de rotación; en la voluta se transforma parte de la energía dinámica adquirida en el rodete, en energía de presión, siendo lanzados los filetes líquidos contra las paredes del cuerpo de bomba y evacuados por la tubería de impulsión. La carcasa, (voluta), está dispuesta en forma de caracol, de tal manera, que la separación entre ella y el rodete es mínima en la parte superior; la separación va aumentando hasta que las

partículas líquidas se encuentran frente a la abertura de impulsión; en algunas bombas existe, a la salida del rodete, una directriz de alabes que guía el líquido a la salida del impulsor antes de introducirlo en la voluta.

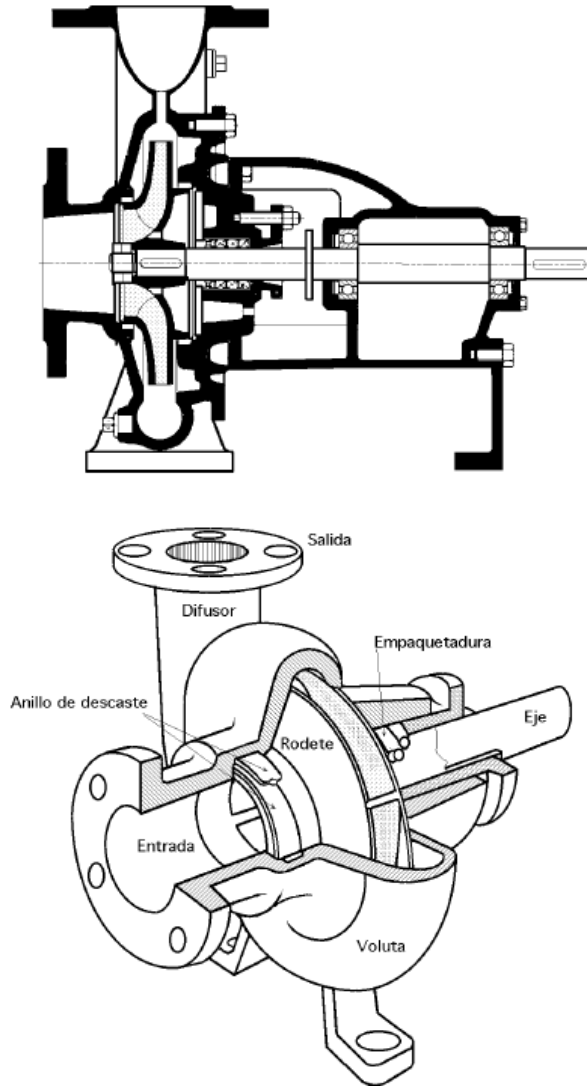


Fig. 2 Bomba centrífuga, disposición, esquema y perspectiva

Este es, en general, el funcionamiento de una bomba centrífuga aunque existen distintos tipos y variantes.

1.6. DIFERENTES TIPOS DE BOMBAS CENTRIFUGAS.

Para adentrarnos a la clasificación de las bombas centrifugas será necesario e indispensable definir algunos conceptos fundamentales que describen los componentes de una bomba centrifuga, y a su vez nos serán útiles para la comprensión de la clasificación.

1.6.1. VELOCIDAD ESPECÍFICA.

Determina el perfil o forma general del impulsor. En números la velocidad específica es la velocidad en revoluciones por minuto a la cual un impulsor deberá girar si su tamaño se reduce para dar un gasto de un litro por segundo contra una columna de un metro.

Los impulsores para columnas altas tienen generalmente velocidad específica baja. Los impulsores para columnas reducidas tienen generalmente una velocidad específica alta.

1.6.2 VELOCIDADES VARIABLES.

Cuando una bomba se opera a varias velocidades, puede dibujarse una grafica que muestre el comportamiento para una elevación de succión dada. Para formar este tipo de grafica, se dibuja (Q) caudal en el eje de las "x", contra carga (H) en el eje de las "y", entonces las curvas HQ se trazan para las diferentes velocidades que se consideran. Luego se sobreponen las curvas que tienen la eficiencia. Estas curvas de eficiencia constante, llamadas también curvas de isoeficiencia permiten encontrar la velocidad requerida y la eficiencia para cualesquiera condiciones de columna capacidad dentro de los límites de la grafica.

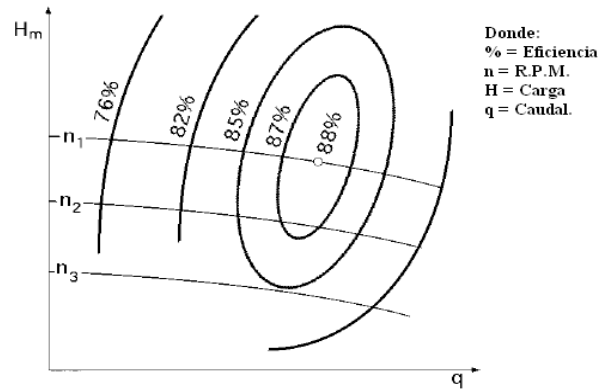


Fig. 3 Curva Columna Capacidad para distintas Velocidades.

1.6.3. CURVA DE COLUMNA DEL SISTEMA.

Esta se obtiene combinando la curva de columna de fricción del sistema con la columna estática del sistema y las diferencias de presiones que puedan existir. Una curva de columna de fricción es una curva de la relación entre el flujo y la fricción en los tubos, válvulas y accesorios de las líneas de succión y descarga. En donde la columna estática es la diferencia en elevación entre los niveles líquidos de la succión y la descarga.

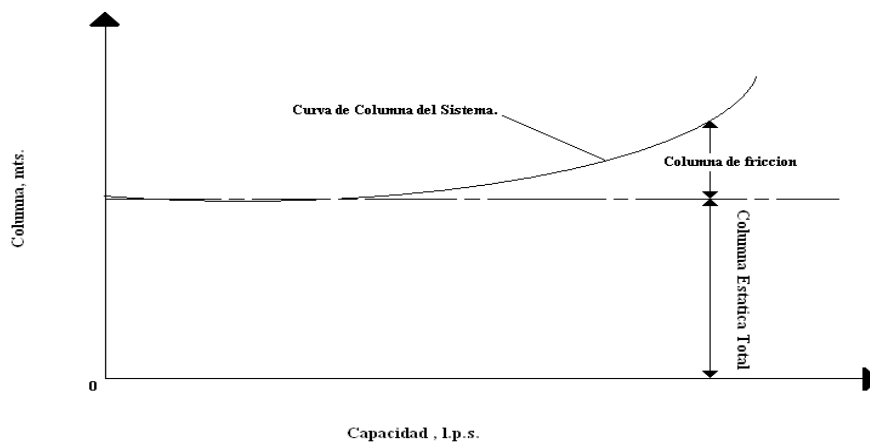


Fig. 4 La curva de columna del sistema es útil para estudiar una red determinada.

1.6.4. IMPULSORES.

Además de clasificarse de acuerdo a la velocidad específica, un impulsor se identifica por la forma en cuanto entra el líquido. Los detalles de los alabes, y el uso para el que se destinan.

- *Los impulsores abiertos* tienen alabes unidos a un mamelón central por medio de tabiques relativamente pequeños. Los impulsores semiabiertos tienen una tapa o pared en un solo lado.
- *Los impulsores cerrados* tienen tapas en ambos lados para encerrar el pasaje del líquido. Las unidades de succión simple o en el extremo tienen la entrada del líquido en un solo lado. En el tipo de doble succión el líquido entra en ambos lados. Estos son de los más utilizados en las bombas centrífugas ya que existen otros tipos pero su uso es diferente.

Teniendo en cuenta su diseño mecánico o estructural, se pueden distinguir:

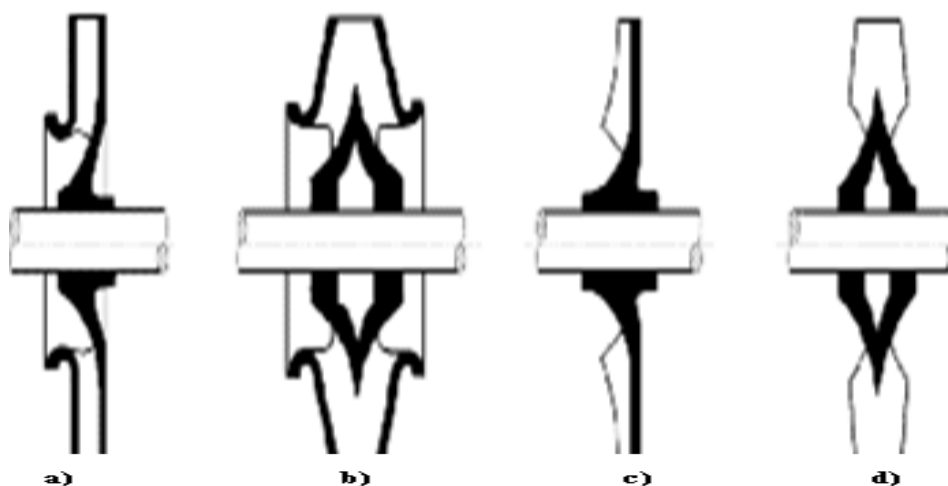


Fig. 5. tipos de impulsores a) Cerrado, b) De doble aspiración, c)Semiabierto, d)Abierto

Vista lateral.

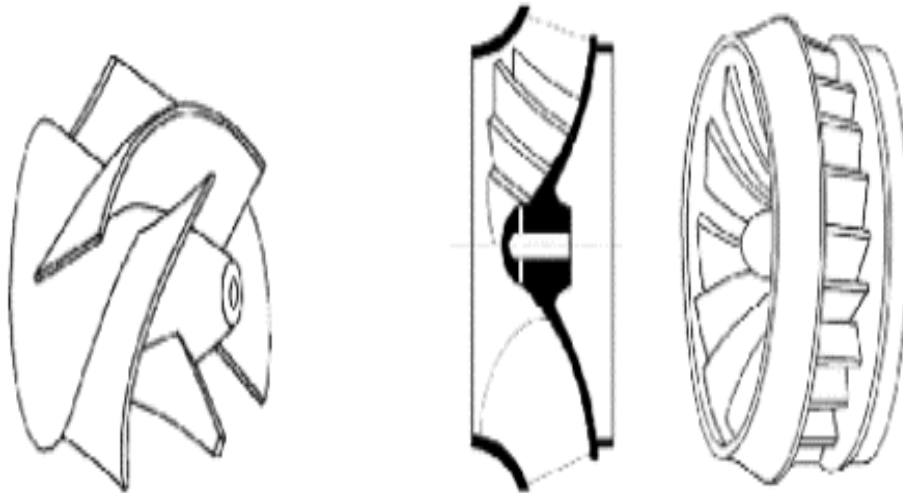


Fig. 6. Otros tipos de impulsores. Rodete de bomba diagonal abierta y rodete de bomba cerrado tipo Francis

Otros son los *impulsores axiales*, por su misma estructura, sólo pueden ser semiabiertos o cerrados, ya que sus alabes se pueden considerar como apoyados lateralmente en el eje de rotación, que hace las veces de cubo del impulsor, como si fuese la pared posterior de los radiales y diagonales.

El empuje axial en los impulsores abiertos es mayor que en los cerrados.

También sirven para evitar que el líquido quede estancado cerca del eje y empaquetaduras, ya que si aquel fuese abrasivo podría resultar muy perjudicial. Lo cual no sucede en este caso ya que se maneja agua.

Las ventajas del impulsor abierto sobre el cerrado son:

- a) La menor tendencia a obstruirse que le hace adecuado para líquidos sucios.

b) El menor roce hidráulico del disco, al tener sólo una pared girando, de lo que se deduce un buen rendimiento.

c) Una mayor accesibilidad de los álabes para el mecanizado, lo que permite conseguir mejores acabados.

d) Una mayor facilidad de construcción, con modelos más sencillos, por lo que se puede utilizar una mayor variedad de materiales constructivos con un coste menor de fabricación.

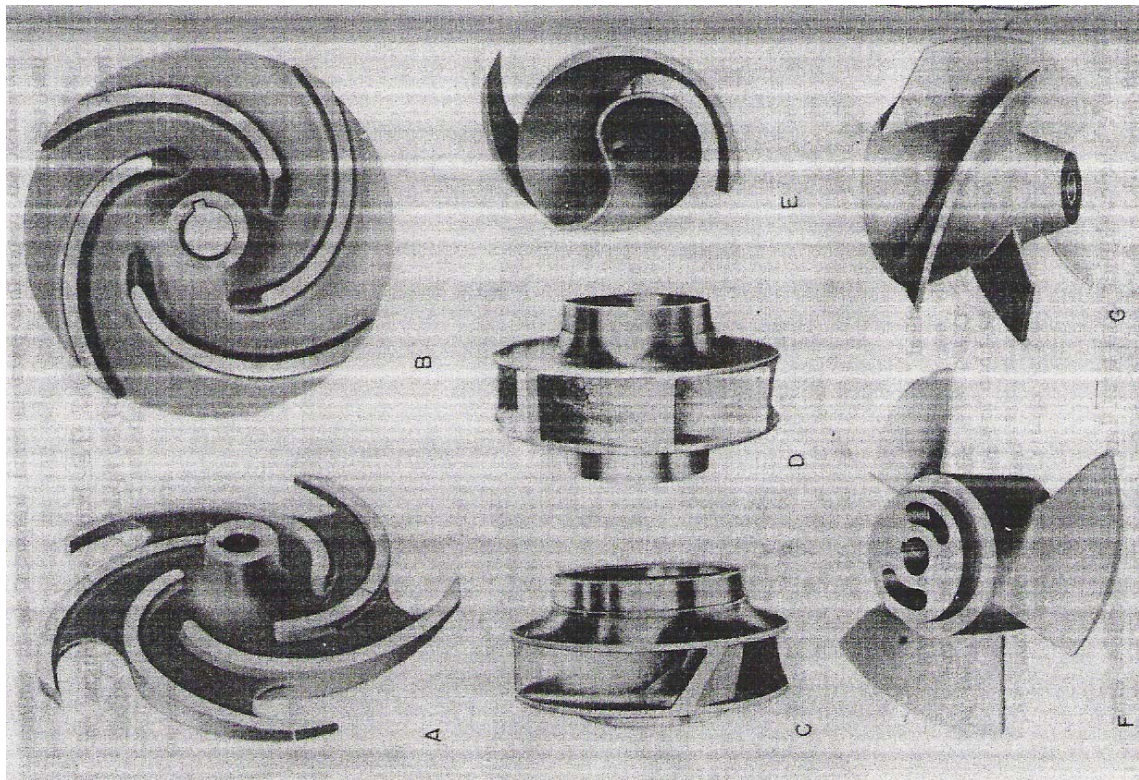


Figura 7. Diferentes tipos de impulsores a)Abierto, b)Semi abierto, c)Cerrado con un solo anillo de desgaste, d)Cerrado con doble anillo de desgaste e) Semi axial, f) Axial, g)Mixto.

1.6.5. ANILLOS DE DESGASTE.

El estrecho margen de tolerancias existente para evitar fugas de retroceso entre la impulsión y la aspiración suele ser axial y está constituida por unas superficies anulares muy próximas, situadas alrededor del orificio de aspiración (oído del impulsor) y formadas por los aros de cierre (anillos de desgaste), uno estacionario montado en el cuerpo y el otro que gira montado en el impulsor.

La principal ventaja de esta solución es que los aros de cierre se pueden cambiar fácilmente cuando se desgastan, recuperando la tolerancia primitiva, evitando así fugas mayores. Respecto al desgaste, se pueden hacer de materiales especiales para condiciones de funcionamiento y servicio particularmente duras.

A menudo, en vez de estos aros dobles se utiliza sólo un aro montado en el cuerpo, de forma que la superficie rozante móvil pertenece al propio impulsor; en estos casos, en el impulsor se deja material suficiente para poder rectificar su superficie desgastada, si procede, cambiando el aro del cuerpo por uno nuevo de diámetro ligeramente diferente, de forma que deje el juego conveniente con el impulsor.

Los impulsores de doble aspiración llevan aros de cierre en los dos oídos; sus ventajas son, ausencia de empuje axial, una menor NPSHr y una mayor capacidad de aspiración. Se pueden considerar como dos impulsores de aspiración simple, opuestos y en paralelo.

Los impulsores cerrados pueden resistir mucho mejor cualquier flexión del eje, o contracciones y dilataciones mayores de las previstas, por lo que son más adecuados para servicios de altas temperaturas. Tienen la desventaja

de que sus canales son normalmente inaccesibles para cualquier tipo de mecanizado, lo que exige métodos constructivos especiales, más difíciles, con modelos más complicados que en los abiertos. Hidráulicamente, el rozamiento de disco al tener el impulsor dos paredes, es doble que en los abiertos, pero las pérdidas por fugas son menores.

La posibilidad de obstrucción con líquidos sucios es mayor y para ello se diseñan impulsores especiales con oído de gran área, canales lo más amplios posibles, pequeño número de álabes, 2 ó 3, y éstos con los bordes de entrada redondeados. Estos sirven para evitar el desgaste costoso de la carcasa y del impulsor. Cuando estos anillos son móviles que es el caso general, pueden reemplazarse a una fracción del costo de una nueva carcasa o impulsor.

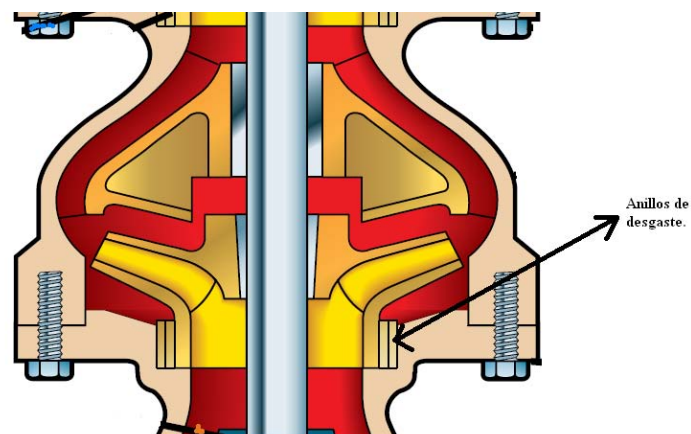


Fig. 8. Anillos de desgaste en una bomba vertical sumergible.

1.6.6. BOMBA TIPO VOLUTA.

El impulsor descarga en una caja espiral que se expande progresivamente, proporcionada de tal forma que la velocidad del líquido se reduce en forma

gradual. Esto da resultado a que parte de la energía de velocidad del líquido se convierte en presión estática.

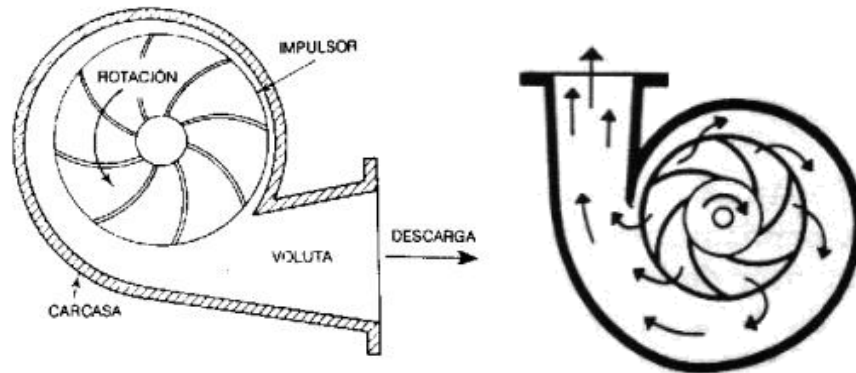


Figura 9. Bomba de tipo voluta.

1.6.7. BOMBAS DE TIPO DIFUSOR.

Los alabes direccionales estacionarios rodean el rotor o el impulsor en una bomba del tipo difusor. Estos alabes con expansión gradual cambian la dirección del flujo del líquido y convierten la energía de velocidad a columna de presión.

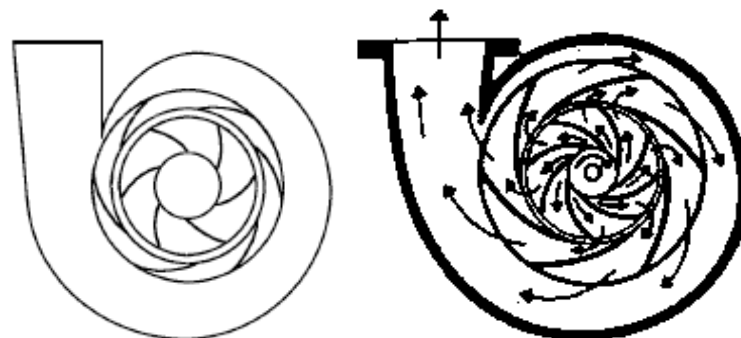


Fig. 10. Bomba de Tipo Difusor.

1.6.8. BOMBAS TIPO TURBINA.

En este tipo se producen remolinos en el líquido por medio de los alabes a velocidades muy altas dentro del canal anular en el que gira el impulsor. El líquido recibe impulsos de energía. Las bombas de tipo difusor de pozo profundo, se llaman frecuentemente bombas turbinas. Sin embargo no se asemejan a la bomba turbina regenerativa.

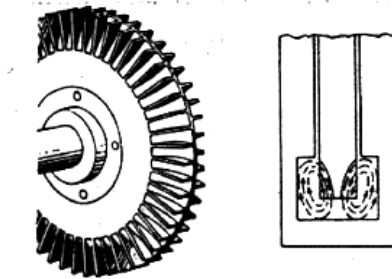


Fig.11 Bomba Tipo Turbina

1.6.9 BOMBAS DE FLUJO MIXTO Y FLUJO AXIAL.

Las bombas de flujo mixto desarrollan su columna parcialmente por fuerza centrífuga y parcialmente por el impulsor de los alabes sobre el líquido. El diámetro de descarga de los impulsores es mayor que el de entrada.

Las bombas de flujo axial desarrollan su columna por la acción de impulso o elevación de las paletas sobre el líquido. El diámetro de succión es el mismo que en el diámetro de descarga. Una bomba de impulsor es una bomba de flujo axial.

En las bombas centrífugas radiales la corriente líquida se verifica en planos radiales, en las axiales en superficies cilíndricas alrededor del eje de rotación y en las diagonales se verifica radial y axialmente, denominándose también de flujo mixto. La forma de los álabes en los impulsores de flujo

radial es, en general, curvada hacia atrás con respecto al sentido de giro, y con superficies de simple curvatura, siendo la generatriz paralela al eje de rotación; en los impulsores helicoidales, los álabes son de doble curvatura y en los axiales tienen, además, un determinado perfil aerodinámico.

1.6.10. BOMBAS HORIZONTALES Y VERTICALES.

En esta clasificación nos centraremos a fondo puesto que este tipo de bombas son las más comunes instaladas en las comunidades rurales, la bombas verticales en lubricación en agua y aceite, son la más comunes para uso agrícola, y las bombas electro sumergibles se usan para aguas potables.

Existen en el mercado un gran número de diseños de bombas verticales, en este caso nos enfocaremos al estudio de las bombas verticales de pozo profundo, las cuales cada una de estas a la vez tienen diferentes características, en cuanto a sus impulsores, chumaceras, forma de lubricación, material de construcción etc., esto varía considerablemente de acuerdo a el fabricante y a las condiciones de uso a las que estén sujetas. Las bombas verticales de flujo mixto se aplican generalmente en tareas de bombeo de gran capacidad con columnas desde reducidas hasta moderadas, en este caso para el suministro de agua potable.

Bombas Horizontales.- La disposición del eje de giro horizontal presupone que la bomba y el motor se hallan a la misma altura; éste tipo de bombas se utiliza para funcionamiento en seco, exterior al líquido bombeado que llega a la bomba por medio de una tubería de aspiración. Las bombas centrífugas, sin embargo, no deben rodar en seco, ya que necesitan del

líquido bombeado como lubricante entre aros rozantes e impulsor, y entre empaquetadura y eje.

Como no son autoaspirantes requieren, antes de su puesta en marcha, el estar cebadas; esto no es fácil de conseguir si la bomba no trabaja en carga, estando por encima del nivel del líquido, que es el caso más corriente con bombas horizontales, siendo a menudo necesarias las válvulas de pie, (aspiración), y los distintos sistemas de cebado.

Como ventajas específicas se puede decir que las bombas horizontales, (excepto para grandes tamaños), son de construcción más barata que las verticales y, especialmente, su mantenimiento y conservación es mucho más sencillo y económico; el desmontaje de la bomba se suele hacer sin necesidad de mover el motor y al igual que en las de cámara partida, sin tocar siquiera las conexiones de aspiración e impulsión.

Bombas Verticales.- Las bombas con eje de giro en posición vertical, tienen casi siempre, el motor a un nivel superior al de la bomba, por lo que es posible, al contrario que en las horizontales, que la bomba trabaje rodeada por el líquido a bombear, con el motor por encima de éste. Bombas verticales de funcionamiento en seco.- En las bombas verticales no sumergidas, el motor puede estar inmediatamente sobre la bomba, o muy por encima de ésta. El elevarlo responde a la necesidad de protegerlo de una posible inundación o para hacerlo más accesible si, por ejemplo, la bomba trabaja en un pozo. El eje alargado puede ser rígido o flexible por medio de juntas universales, lo que simplifica el siempre difícil problema del alineamiento.

Se emplean muy a menudo las mismas bombas horizontales modificadas únicamente en sus cojinetes. La aspiración es lateral, (horizontal); en las bombas grandes, frecuentemente, es por abajo, aunque a veces se transforma en lateral mediante un simple codo. La ventaja de las bombas verticales, es que requieren muy poco espacio horizontal que las hace insustituibles en barcos, pozos, etc; sin embargo se necesita un espacio vertical superior suficiente para permitir su cómodo montaje y desmontaje. Para bombas de gran caudal, la construcción vertical resulta en general más barata que la horizontal. Las bombas verticales se emplean normalmente en aplicaciones marinas, para aguas sucias, drenajes, irrigación, circulación de condensadores, etc.

Bombas Verticales Sumergidas.- El funcionamiento sumergido de las bombas centrífugas elimina el inconveniente del cebado, por lo que el impulsor se halla continuamente, aún parado, rodeado por el líquido a impulsar y, por lo tanto, la bomba está en disposición de funcionar en cualquier momento. El control de la unidad requiere únicamente la puesta en marcha del motor de accionamiento, sin necesidad de dispositivos adicionales de cebado previo. La aspiración, que es siempre por abajo, Fig. II.17, se hace a una cierta profundidad con respecto nivel libre del líquido. Si esta profundidad es menor de lo debido, 2 ó 3 veces el diámetro del orificio de aspiración, se pueden crear en la superficie vórtices o remolinos por cuyo centro se introduce aire en la bomba, con la consiguiente pérdida de caudal y deficiente funcionamiento. El eje del que van provistas estas bombas, va guiado normalmente por cojinetes de fricción separados a intervalos regulares (de 1,5 a 3 metros) y lubricados por aceite, grasa, o el

mismo líquido bombeado; en este último caso, el eje se suele disponer en el interior de la tubería de impulsión vertical, cerca del motor, en que ésta se desvía horizontalmente mediante un codo adecuado. En los casos de lubricación por grasa o aceite, el eje va dentro de un tubo portador de los cojinetes, siendo este conjunto, a su vez, exterior o interior a la tubería de impulsión. La otra solución tiene la ventaja de requerir un menor espacio, siendo en ambos casos innecesaria la empaquetadura, lo que constituye también una circunstancia muy favorable, dados los inconvenientes que ésta lleva a veces consigo. Las bombas sumergidas tienen la ventaja de ocupar un espacio horizontal mínimo, sólo el necesario para acomodar el motor vertical y la impulsión, siendo incluso ésta a veces subterránea. Las ventajas hidráulicas son evidentes al desaparecer todos los problemas de aspiración que constituyen el principal inconveniente en el funcionamiento de las bombas centrífugas. Desde un punto de vista mecánico, esta disposición presenta grandes inconvenientes con respecto a la horizontal. Las bombas son inicialmente más caras y su mantenimiento mucho más elevado, ya que cualquier reparación exige el desmontaje de la bomba para izarla a la superficie. El eje alargado, somete a los cojinetes a un trabajo duro que sobre todo, si están lubricados por agua o líquidos sin grandes propiedades lubricantes, hace que su vida sea corta e imprevisible. Los tipos más importantes de bombas verticales sumergidas son:

a) Las bombas de turbina verticales o de pozo profundo

b) Las bombas de hélice

A) BOMBAS DE TURBINA VERTICALES.- Entre las bombas sumergidas, las más importantes son las llamadas de pozo profundo, de sondeo o de turbina vertical, que fueron desarrolladas para la explotación de pozos, perforaciones y sondeos de diámetro reducido, lo que limita la altura por etapa, e implica la utilización de bombas multicelulares para reducir el espacio. El impulsor de aspiración simple, puede ser radial o diagonal, según las condiciones de servicio y su construcción cerrada o semiabierta. Los impulsores semiabiertos, sin embargo, aparte de su mayor empuje axial, hasta el 50% mayor, requieren un ajuste vertical más cuidadoso durante el montaje. El conjunto de difusores de la bomba y la tubería de impulsión, cuelgan del cabezal sobre el que va montado el motor. A veces, los difusores se recubren interiormente de un esmalte especial que disminuye la rugosidad de la fundición y las pérdidas hidráulicas consiguientes, aumentando el rendimiento, dotando de una cierta uniformidad a las distintas unidades, lográndose una mejor resistencia a la corrosión y a la abrasión. La construcción de estas bombas permite montar el número de etapas deseado, que puede llegar a 20 o más, añadiendo difusores e impulsores semejantes uno sobre otro, lo que dota de cierta elasticidad a las aplicaciones, con las consiguientes ventajas de estandarización, disponibilidad de repuestos, etc; no obstante, estas bombas participan de las desventajas mencionadas para las bombas verticales sumergidas, de ser caras y exigir unos costes de mantenimiento elevados. Las bombas verticales de turbina han llegado a un grado de perfección notable con rendimientos altos y determinadas ventajas hidráulicas; aunque empezaron siendo empleadas exclusivamente para

riegos en pozos y perforaciones, sus aplicaciones industriales aumentan cada vez más, siendo en la actualidad más numerosas que las agrícolas, por lo que la denominación de bombas de pozo profundo va desapareciendo para adaptarse a la de bombas de turbina vertical. Dentro de este tipo se pueden distinguir las bombas provistas de eje alargado y accionadas por motor sumergible dispuesto inmediatamente por debajo de la bomba o bombas buzo.

Bombas De Turbina Verticales Con El Motor Por Encima.- En estas bombas, el eje va por el interior de la tubería de impulsión, desnudo si la lubricación es por aceite, o dentro de un tubo protector si la lubricación es por agua de una fuente externa. El conjunto de impulsores y eje soportado por los cojinetes de empuje están colocados en el mismo cabezal o en la parte superior del motor, si su eje y el de la bomba están rígidamente acoplados (motores de eje hueco). Con estas bombas se pueden alcanzar unos 200 m.c.a., pero los problemas que ocasionan las imperfecciones en la rectitud del eje, influyen en gran manera en la vida de los cojinetes y en las vibraciones durante el funcionamiento, que crecen en gran manera con la longitud del eje.

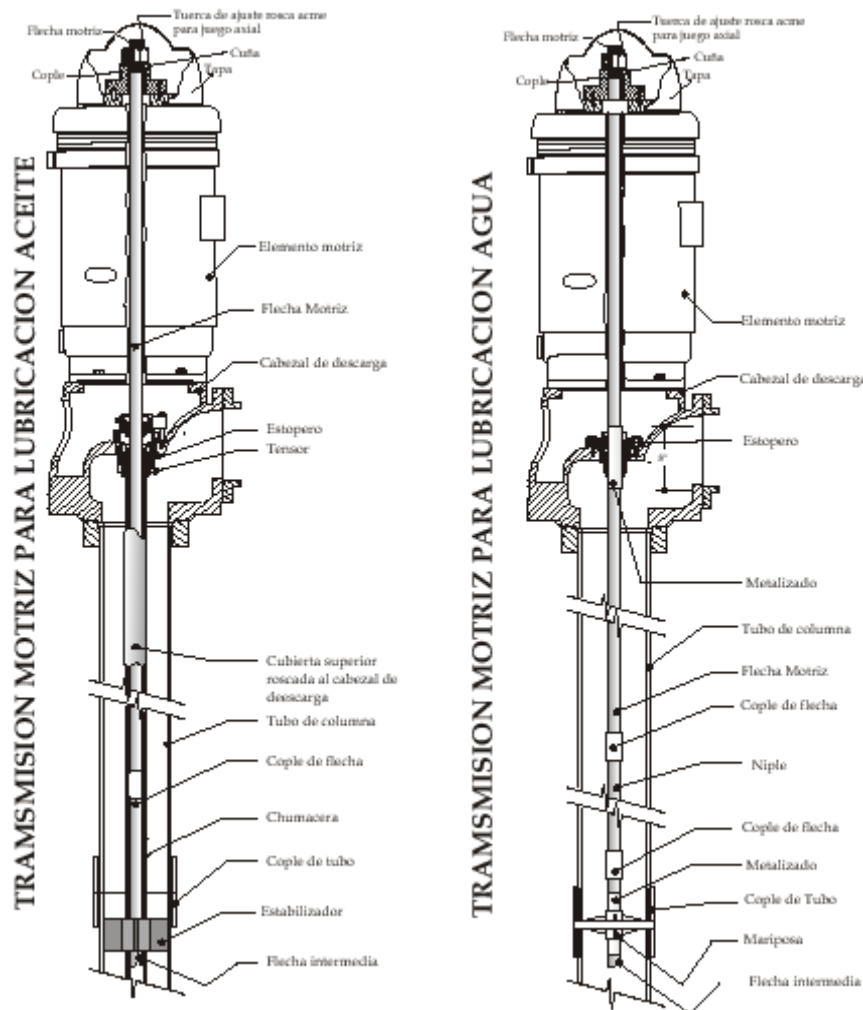


Figura 12. Bomba vertical lubricación en agua y aceite

Bombas De Turbina Verticales Con El Motor Sumergido.- Con objeto de evitar las desventajas que se derivan de la excesiva longitud del eje, en las bombas sumergidas se han desarrollado motores eléctricos capaces de funcionar rodeados de líquido y de dimensiones tales que les permite ir montados en el interior del pozo. De esta forma, colocando los motores inmediatamente por debajo de la bomba, desaparece la necesidad del eje, cojinetes y tubo protector, por lo que la tubería de impulsión puede ser de menor diámetro para pérdidas de carga semejantes.

Los motores pueden ser de funcionamiento en seco con cierre hermético, o inundados, en cuyo caso los aislamientos tienen características muy especiales. Las ventajas del motor sumergido se hacen apreciables, sobre todo, en pozos muy profundos de más de 30 m, o bien inclinados o curvados. El espacio requerido en la superficie es, evidentemente mínimo e incluso nulo con descarga subterránea. Las desventajas son un menor rendimiento y menor vida del motor y la necesidad ineludible del desmontaje total para cualquier revisión o reparación de la bomba o del motor.



Figura 13. Bomba sumergible con motor lubricación en agua

B) BOMBAS VERTICALES DE HÉLICE.- Para manejar grandes caudales con pequeñas alturas se usan, a menudo, bombas hélice en posición vertical y funcionamiento sumergido. La simplicidad de estas bombas llega algunas veces a ser máxima, consistiendo sólo en el impulsor axial abierto provisto de un eje vertical, que gira dentro de la tubería de impulsión. A veces pueden llevar un difusor o algunos álabes directores; a la entrada se pueden disponer también álabes directores con objeto de evitar o reducir una prerotación excesiva de la vena líquida en la aspiración, que puede dar lugar a remolinos o vórtices en la superficie del líquido. El eje puede estar lubricado por aceite, en cuyo caso va dispuesto dentro del correspondiente tubo protector con los cojinetes de apoyo. El impulsor puede ir en voladizo o bien tener un cojinete inferior, que aunque constituye un pequeño estorbo para la aspiración, tiene un papel importante dada la estrecha tolerancia radial entre el impulsor y la tubería que le rodea este tipo de bombas son las mas usadas en el bombeo de aguas negras.

CAPITULO 2

COMPONENTES DE

SISTEMAS DE BOMBEO

2. COMPONENTES DE SISTEMA DE BOMBEO

En este capítulo nos enfocaremos más a fondo en los sistemas de bombeo para pozo profundo desprendiéndose desde aquí solo los sistemas de pozo profundo ya en estudio como son: bombas verticales con motor en la superficie, lubricación en agua, y en aceite, las motobombas sumergibles, sistema de acometida (transformador arrancador). Para hacer el análisis más completo y entender a detalle el funcionamiento de los equipos en conjunto sin despreciar alguno de sus componentes, es necesario definir algunos conceptos que nos lleven de la mano a la completa comprensión de un sistema completo de bombeo.

2.1 POZO PROFUNDO

Es una obra de captación de aguas subterráneas para su explotación. Un pozo profundo se constituye por una perforación al subsuelo (desde vertical a horizontal), en el cual le fue introducida una tubería que sigue la dirección de la perforación para evitar su derrumbe. Esta tubería es lisa y ranurada en alguna de sus secciones con el fin de captar las aguas subterráneas y permitir su paso hacia el interior del tubo, haciendo posible la extracción del agua dentro de este por medios mecánicos.

Antiguamente se existían otros tipos de abastecimientos para el agua como eran las llamadas norias, que eran pozos de poca profundidad hechos a mano los cuales ofrecían caudales limitados de agua y solo eran usados para extraer agua para consumo humano y animales. Una de las diferencias entre pozo y noria se pueden enmarcar en lo siguiente: Lo primero es que un pozo profundo es más barato y más fiable en el largo plazo (dura más) debido a que entrega un flujo estable con más

caudal de agua que una noria y el costo de extracción de agua es muy bajo (se ocupa menor energía en el bombeo por metro cúbico extraído).

Beneficios y ventajas:

- Desde el punto de vista inmobiliario; un pozo profundo aumenta la plusvalía de un terreno.
- Desde el punto de vista de seguridad; en un pozo profundo no existe riesgo de caída de una persona o un niño dentro de él.
- Un pozo profundo no se desmorona con un temblor, y en su construcción no existe peligro de muerte.
- Un pozo profundo demora sólo algunos días en ser perforado y terminado

Siempre se puede hacer un pozo en cualquier terreno. Pero se debe considerar que existen limitantes en el caso que el terreno esté protegido por cuestiones legales y/o ambientales, por ejemplo: que se encuentre dentro de un parque nacional, que esté dentro de una zona declarada ambientalmente crítica y/o dentro de un radio legal de protección de otro pozo. Por otro lado, si desea extraer agua para fines de lucro, se recomienda obtener derechos de agua.

2.1.1 PERFORACIÓN

Consiste en atravesar los estratos que componen el subsuelo, hasta la profundidad del proyecto, dejando un espacio interior libre que permita la posterior colocación de la cañería de entubación definitiva.

2.1.2 ENTUBACIÓN

Consiste en dejar el pozo con su tubería de revestimiento definitiva con cribas tipo johnson en los tramos que enfrentan a los acuíferos. Existen varios tipos de los cuales mencionaremos los siguientes:

- **Ranura Continua** Una de las características constructiva de la ranura continua en el filtro es brindar máxima accesibilidad al acuífero, obteniéndose un desarrollo más eficiente del pozo. La disponibilidad de gran área abierta permite un mayor aprovechamiento de la conductividad hidráulica del acuífero. La baja velocidad de ingreso del agua implica mínima pérdida de carga, menor abatimiento del pozo durante el bombeo, y reducción de los efectos de incrustación y corrosión del filtro. Diseñados y construidos para responder a diferentes esfuerzos, manteniendo una óptima combinación entre resistencia y área abierta

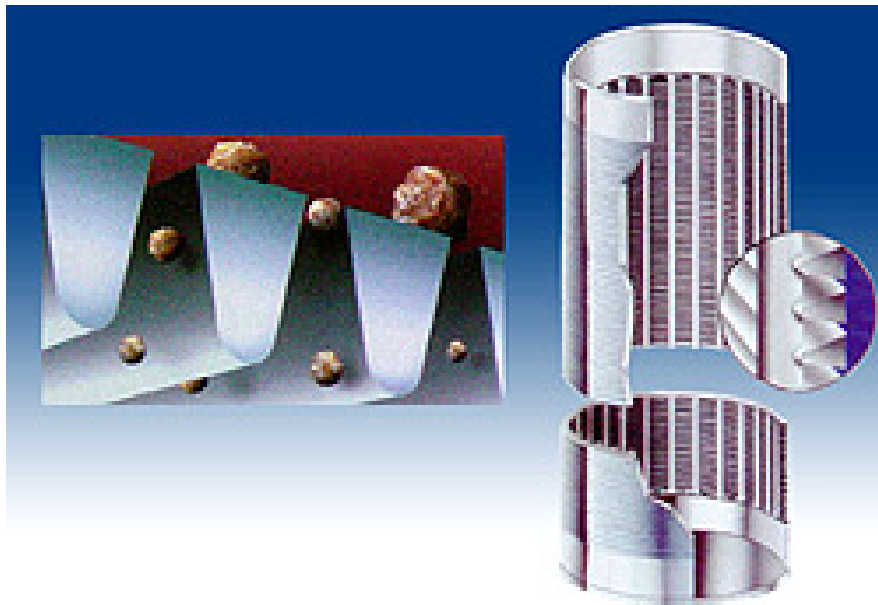


Figura 14. Encamisado de ranura continúa

Existen varios tipos de encamisado según las necesidades específicas que se requieran como son la cantidad de caudal, el tipo de material que se encuentre durante la perforación continuación se enmarcan las diferencias.

Item	Modelo	Material Encamizado	Material Gribas	Diam. Perforación	Diam. Habilitación	Caudal Máx.	Profundidad Máx.
1	P-AC-6	ACERO CARBONO	ACERO CARBONO	10 Pulgadas	6 Pulgadas	8 Lts. / seg.	150 Metros
2	P-AC-8	ACERO CARBONO	ACERO CARBONO	12 Pulgadas	8 Pulgadas	25 Lts. / seg.	150 Metros
3	P-AC-10	ACERO CARBONO	ACERO CARBONO	14 Pulgadas	10 Pulgadas	60 Lts. / seg.	150 Metros
4	P-AC-12	ACERO CARBONO	ACERO GALVANIZADO	16 Pulgadas	12 Pulgadas	120 Lts. / seg.	150 Metros
5	P-ACG-6	ACERO CARBONO	ACERO GALVANIZADO	10 Pulgadas	6 Pulgadas	8 Lts. / seg.	150 Metros
6	P-ACG-8	ACERO CARBONO	ACERO GALVANIZADO	12 Pulgadas	8 Pulgadas	25 Lts. / seg.	150 Metros
7	P-ACG-10	ACERO CARBONO	ACERO GALVANIZADO	14 Pulgadas	10 Pulgadas	60 Lts. / seg.	150 Metros
8	P-ACG-12	ACERO CARBONO	ACERO GALVANIZADO	16 Pulgadas	12 Pulgadas	120 Lts. / seg.	150 Metros
9	P-ACI-6	ACERO CARBONO	ACERO INOXIDABLE	10 Pulgadas	6 Pulgadas	8 Lts. / seg.	150 Metros
10	P-ACI-6	ACERO CARBONO	ACERO INOXIDABLE	12 Pulgadas	8 Pulgadas	25 Lts. / seg.	150 Metros
11	P-ACI-6	ACERO CARBONO	ACERO INOXIDABLE	14 Pulgadas	10 Pulgadas	60 Lts. / seg.	150 Metros
12	P-ACI-6	ACERO CARBONO	ACERO INOXIDABLE	16 Pulgadas	12 Pulgadas	120 Lts. / seg.	150 Metros
13	P-PIVCAC-6	PVC	ACERO CARBONO	9 Pulgadas	5 Pulgadas	3 Lts. / seg.	80 Metros
14	P-PIVCAC-6	PVC	ACERO CARBONO	10 Pulgadas	6 Pulgadas	8 Lts. / seg.	80 Metros
15	P-PIVCAC-6	PVC	ACERO CARBONO	12 Pulgadas	8 Pulgadas	25 Lts. / seg.	80 Metros

Tabla 2. Tipos de encamizado para pozos profundos

2.1.3 DIFERENCIAS CON RESPECTO A OTRAS REJILLAS

Las rejillas de ranura continua que se usan comúnmente tienen una mayor área abierta por lo cual son más eficientes. Su diseño esta hecho para ofrecer una superficie de gran área abierta con propiedades autolimpiantes. Esta rejilla de ranura continua con cribas tipo Johnson ofrece mayores ventajas que las otras.

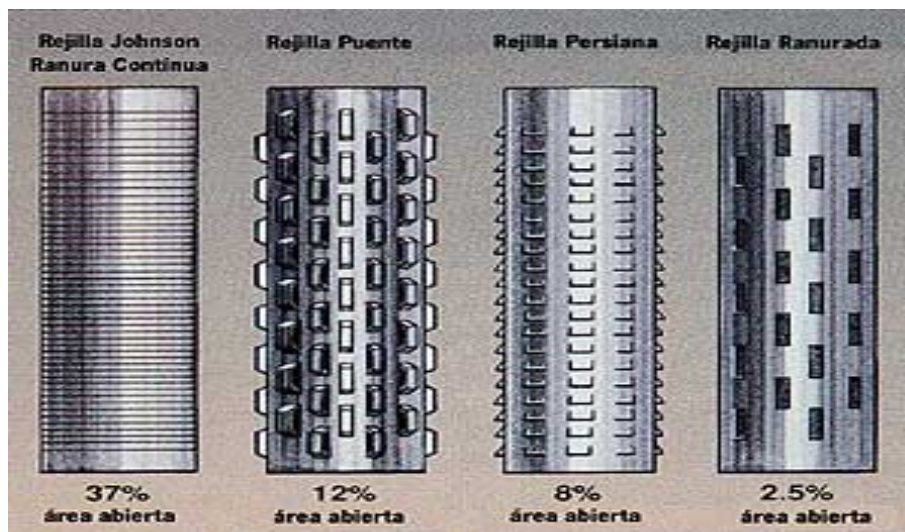


Figura 15. Diferentes tipos de rejillas

2.1.4 ENGRAVILLADO Y SELLADO

El engravillado consiste en rellenar el espacio anular comprendido entre la perforación cilíndrica y la tubería de habilitación, con una gravilla lo mas uniforme posible, que permita la formación de un filtro que impida la incorporación de partículas al pozo durante el bombeo, consiguiéndose así un pozo mas limpio y una duración mas prolongada de la bomba.

2.1.5 EL SELLADO:

Consiste en concretar los últimos 10 - 20 metros de espacio anular, entre la perforación y la tubería cilíndrica, para impedir que aguas y residuos superficiales percolen, contaminando el pozo.

2.1.6 DESARROLLO.

Consiste en extraer los residuos de la perforación (lodos), estabilizar las formaciones en torno a las cribas, logrando un mejoramiento granulométrico de mayor tamaño a menor tamaño. Mejorar la productividad y prolongar la vida útil del pozo.

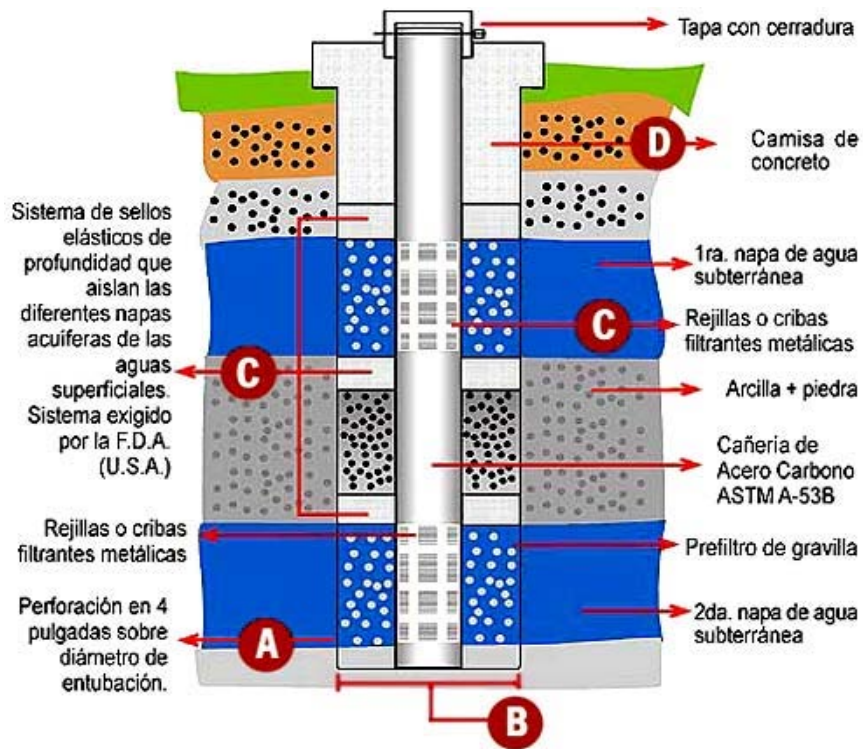


Figura 16. Construcción de un pozo profundo

2.1.7 Tipos de perforación

Se ha evolucionado a pasos crecientes por la necesidad de perforar mas profundamente a consecuencia de abatimiento de los mantos acuíferos. con una serie de innovaciones que revolucionó el mundo de la perforación de pozos. a pesar de los constantes desarrollos de la tecnología de perforación, se mantiene vigente su principio básico de rotación de la sarta de perforación, para lograr la preparación de los diferentes hoyos de un pozo de agua. Entre las principales diferencias de perforación por percusión a sistema rotativo fueron; un nuevo taladro de perforación el sistema para sacar y meter tubería, el sistema de circulación del lodo de perforación (ya que se avanza en la perforación utilizando el denominado barro de perforación) y considerables cambios en la sarta de perforación.

- **Perforación Rotatoria.** En términos generales la perforación de un pozo consiste en penetrar las formaciones de la corteza terrestre, utilizando adecuadas barrenas ó mechas de perforación a medida que se avanza en profundidad. Se perforan hoyos de diferentes diámetros de mayor a menor a lo largo del pozo. Cada hoyo se protege introduciendo y cementando tuberías de revestimiento de diámetros adecuados.

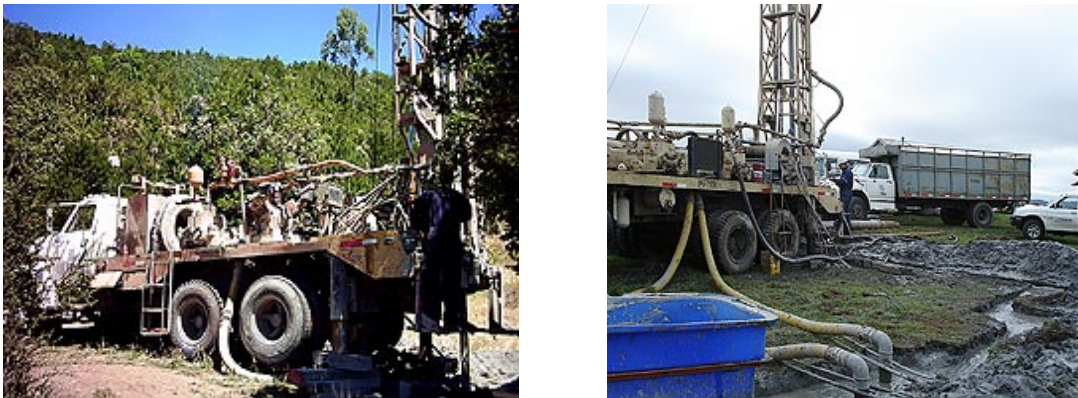


Figura 17. Perforaciones con maquinas rotarias.

- **Sistema de perforación por percusión.** Esta tecnología consiste en profundizar un hoyo fracturando las formaciones por el golpeteo de una barrena o mecha de perforación, conectada a barras suspendidas de un cable de acero. El peso de las barras de acero permite que sea más fuerte el impacto en la penetración de las formaciones. El trabajo se realiza en seco, razón por la cual es necesario sacar la barrena del hoyo, mezclar con agua los ripios en el hoyo para proceder a achicar el fondo del hoyo y posteriormente continuar con la perforación y de esta manera luego de varios ciclos llegar al objetivo final. Este método rudimentario, basado en la técnica de perforación de pozos de agua, una de las principales ventajas está asociada a la perforación en seco, además de ser un método económicamente competitivo. Tiene sus desventajas de ser

un método muy lento en formaciones duras y de poca efectividad en formaciones blandas. Al perforarse en seco no hay control alguno sobre las formaciones que se atraviesan , corriendo el riesgo que puedan expeler sus fluidos al hoyo y hasta la superficie, produciéndose con facilidad reventones incontrolables.



Figura 18. Perforación por Percusión

2.1.8 PRUEBAS HIDRÁULICAS (AFORO)

Terminado el desarrollo del pozo, se hace una prueba de comprobación llamada prueba de aforo, que consiste en a instalar el equipo de bombeo y realizará las pruebas de bombeo a caudal variable y constante con duraciones de tres escalones de tiempo y de 24 horas mínimo, a caudal constante, con sus debidas recuperaciones. Esto arroja los datos de caudal, nivel estático y nivel dinámico, que el pozo esta dispuesta a dar.

2.2 EQUIPOS DE BOMBEO

Los equipos de bombeo que aplican a los pozos profundos de acuerdo con las características que se requieran como son: caudal, altura, verticalidad del pozo, diámetro de pozo, por ejemplo: para uso de alimentos estas bombas tiene que ser lubricación en agua o bombas sumergibles, que esta libre de aceite y otros lubricantes, Que son dañinos para el organismo, el equipo de bombeo se conforma por varios componentes como son motores (Ya sea vertical o sumergible), bomba (sumergible o vertical), transmisión, (esta pede ser lubricación en agua o aceite), cable de alimentación (en caso de ser bomba sumergible), y tubería tipo columna, que a continuación se describen mas a fondo:

2.2.1 BOMBA TURBINA VERTICAL LUBRICACIÓN EN AGUA DE O ACEITE.

Típicamente se utiliza en pozos profundos, cárcamos, en donde tengamos seguridad de la verticalidad, es decir la bomba trabaje sin recargarse en la pared del pozo o cárcamo, pues de lo contrario resulta gravemente dañada y su duración es mínima. En el caso de transmisión en lubricación en agua esta parte de la descarga solo llevara un buje de chumacera largo, en el caso de la lubricación por aceite esta llevara in a campana de de adaptación de cubierta, esta campana tendrá la función de dejar pasar la lubricación (aceite) y no dejar pasar de un modo ascendente el agua. A continuación se describe esquemáticamente las partes una bomba de pozo profundo:

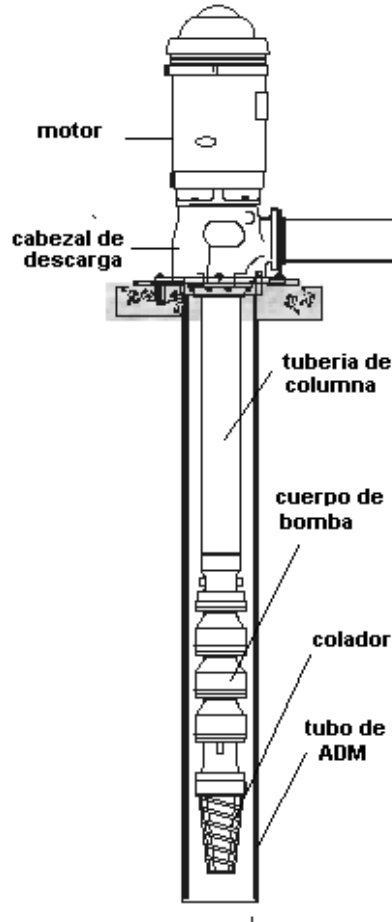


Figura 19. Descripción de una bomba vertical

La fabricación de las bombas verticales, empieza con un rango de caudales de 10 m³/h. hasta 700 m³/h. y para cargas dinámicas no máximas a los 250 mts., una característica de estas bombas de turbina y de eje verticales que son lubricadas por agua. El cuerpo de bomba está construido en fundición perlítica, el rodete en bronce ó hierro fundido, el anillo de cierre en bronce, con doble cojinete bronce, goma (bujes de neopreno) en el cuerpo de bomba. Cojinetes de bronce extra largos en el

cuerpo de aspiración y doble cojinete de bronce en cuerpo de impulsión. La tortillería del cuerpo de bomba es en acero inoxidable. El eje de la bomba (o flecha de bomba) es de acero inoxidable. Accionamiento eléctrico por medio de un motor tipo vertical flecha hueca, o por un cabezal engranado con relación para motor diesel o por poleas.

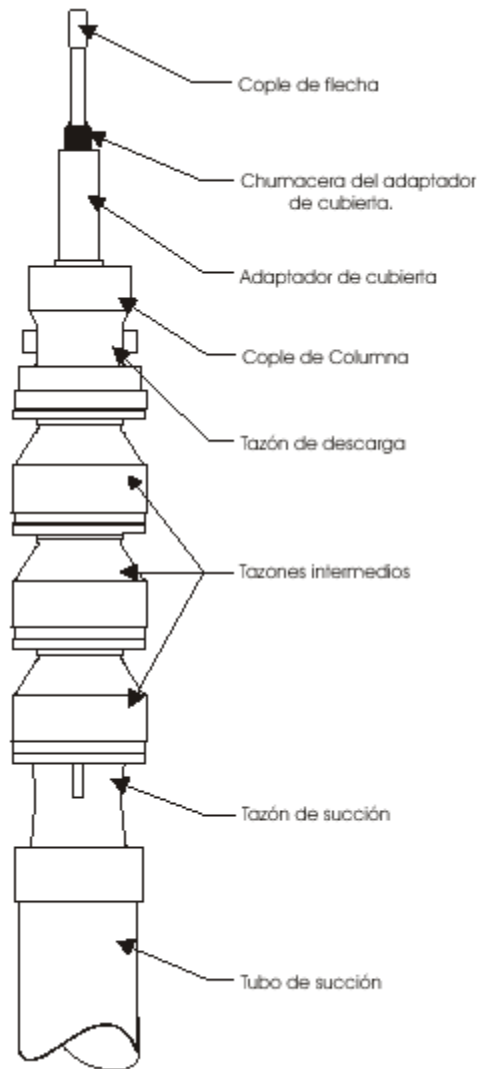
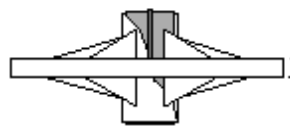


Figura 20. Bomba tipo turbina para pozo profundo

2.2.2. Tipo de Transmisión:

Esta puede ser lubricación en agua o lubricación en aceite según sea las necesidades requeridas por el usuario.

- **Lubricación en agua.** se permite que el equipo en conjunto trabaje con un poco menos de verticalidad. Por tener solo cada tramo de columna solo una mariposa estabilizadora con centro de hule, la flecha de transmisión tiene una longitud 120.5 pulgadas (3.06 Mts), las cuales se unirán a otra flecha del mismo diámetro por medio de un cople. Esta flecha tiene un metalizado y/o casquillo de acero inoxidable pegado a la flecha por medio de un resina epoxica donde deberán trabajar las mariposas, estas mariposas o porta chumacera tienen en su interior un buje o chumacera de hule cuya función es la de lubricar con el agua misma a la flecha. La función de la mariposa es la de estabilizar la flecha cuando gira y se encuentra esta Metalizado y/o en el casquillo de acero inoxidable.



mariposa estabilizadora
lubricacion agua



Chumacera de
hule neopreno

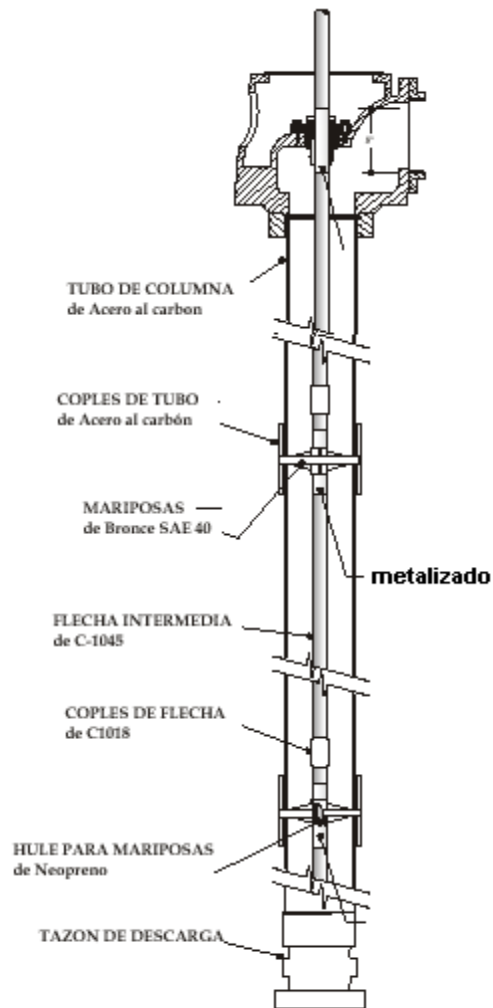


Figura 21. Componentes de transmisión en agua

- **Lubricación en aceite.** Este transmisión consta de una flecha cuya longitud es 3.05 mts. Y se une por medio de un cople a otra flecha. Cada transmisión o columna interior, tiene dos chumaceras, dichas chumaceras tienen la función de unir las cubiertas y lubricar las flechas..

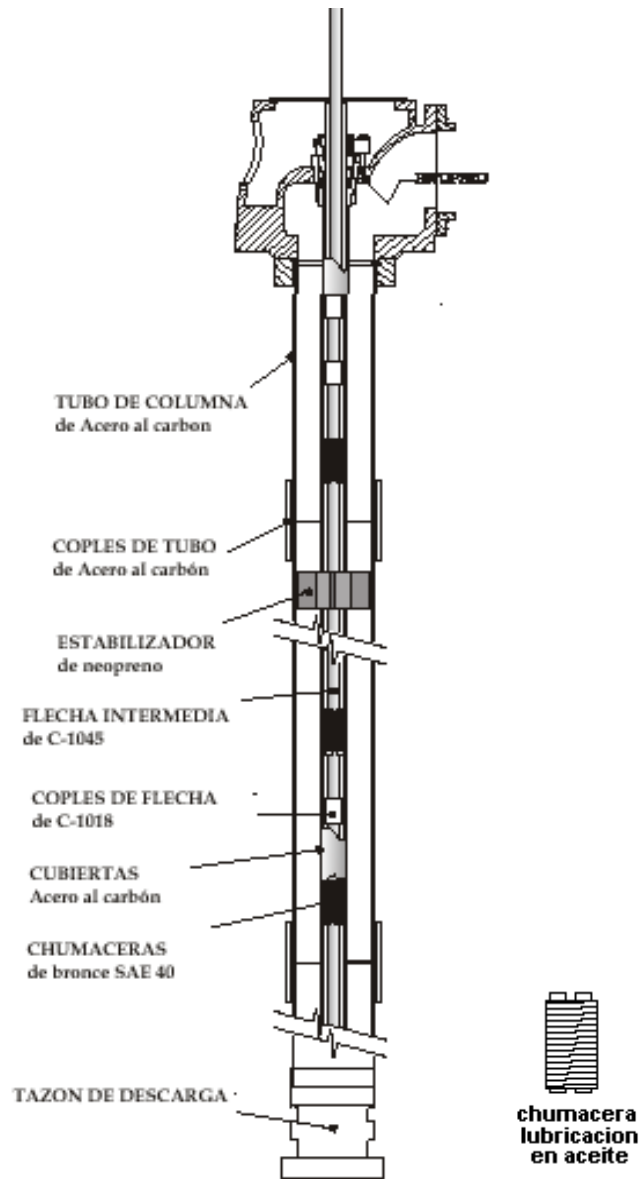


Figura 22. Componentes de transmisión de lubricación en aceite

Las cubiertas tienen una longitud de 1.52 MTS que es la mitad de una flecha y su función es la de alojar a la flecha para que no este en contacto con el agua, y pueda lubricarse con el aceite, que viene desde el gotero que esta en el cabezal de descarga, y para que las chumaceras por medio de las venas que se encuentran en su interior permitan ir lubricando dicha flecha. Al mismo

tiempo tiene una función de estabilización, evitando vibraciones que pudiera ocurrir. Entre las cubiertas y el tubo de columna se colocan cada tres tramos de cubierta un estabilizador, el cual es de neopreno y su función es la de amortiguar los movimiento radiales de las cubiertas, al estar en movimiento la flecha.

2.2.3 Transmisión motriz.

Tiene una longitud que esta determinada por las circunstancias de armado y que varia con respecto a la marca de bombas y tipo de motores, la cual tiene la particularidad que en un extremo de ella cuenta con un cuerda acme, la cual nos permite ajustar el juego axial en los impulsores por medio de la tuerca de ajuste, esta tuerca tiene en cada una de sus caras un opresor para asi evitar que se descalibre nuestra bomba cuando ya esta perfectamente calibrada. En la cuerda acme tiene la flecha por uno de sus lados un cuñero y una cuña de arrastre, esta permite que el movimiento de motor se trasmita a nuestra flecha. También cuenta con un metalizado y/o casquillo que se encuentra a la altura del estopero (cuando se trata de lubricación agua) y por ultimo tiene un cople y un niple para unirse a nuestra flecha intermedia. Cuando es lubricación aceite, se tiene una cubierta superior que esta roscada en su exterior, y que sirve para tensar la totalidad de la cubierta, por medio de una tuerca tensora alojada en el cabezal de descarga.

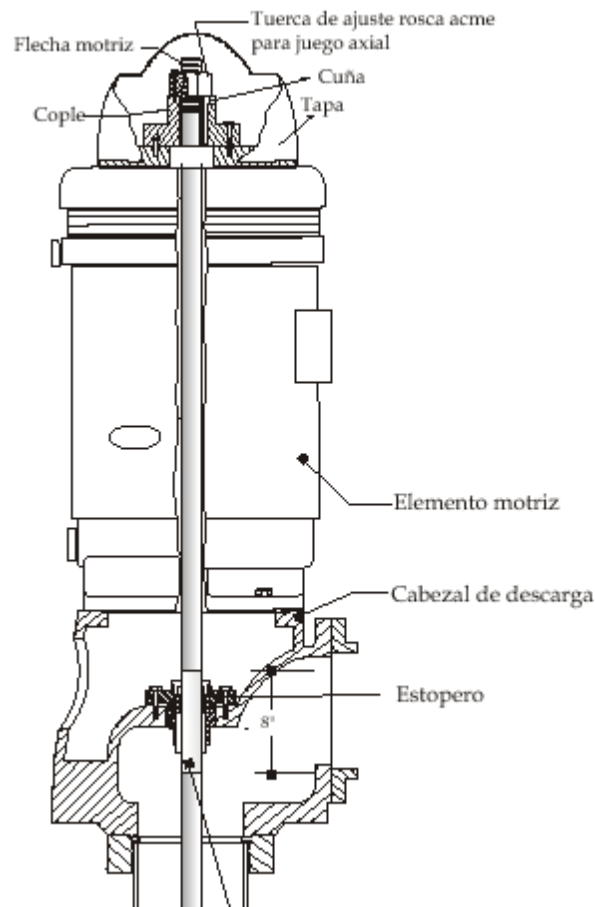


Figura 23. Flecha motriz

2.2.4. Cabezal.

Es la base de soporte de la tubería de columna con respecto a la superficie. El tamaño de bridas columna es de acuerdo al diámetro del tubo de columna utilizado, el cabezal tiene como objetivo según sea el caso de lubricación en agua o aceite de centrar la flecha motriz, y soportar el motor que va anclado con cuatro barrenos ala base del motor, si el cabezal es de lubricación en agua lleva componentes como: Estopero, prensa empaque, empaque grafitado, y si es lubricación en aceite sus partes son: estrella que sirve como buje centrador de flecha motriz, la cubierta

superior estira a todas las cubiertas de la transmisión para darle rigidez a la cubierta y evitar vibraciones, depósito de aceite y gotero dosificador de aceite.

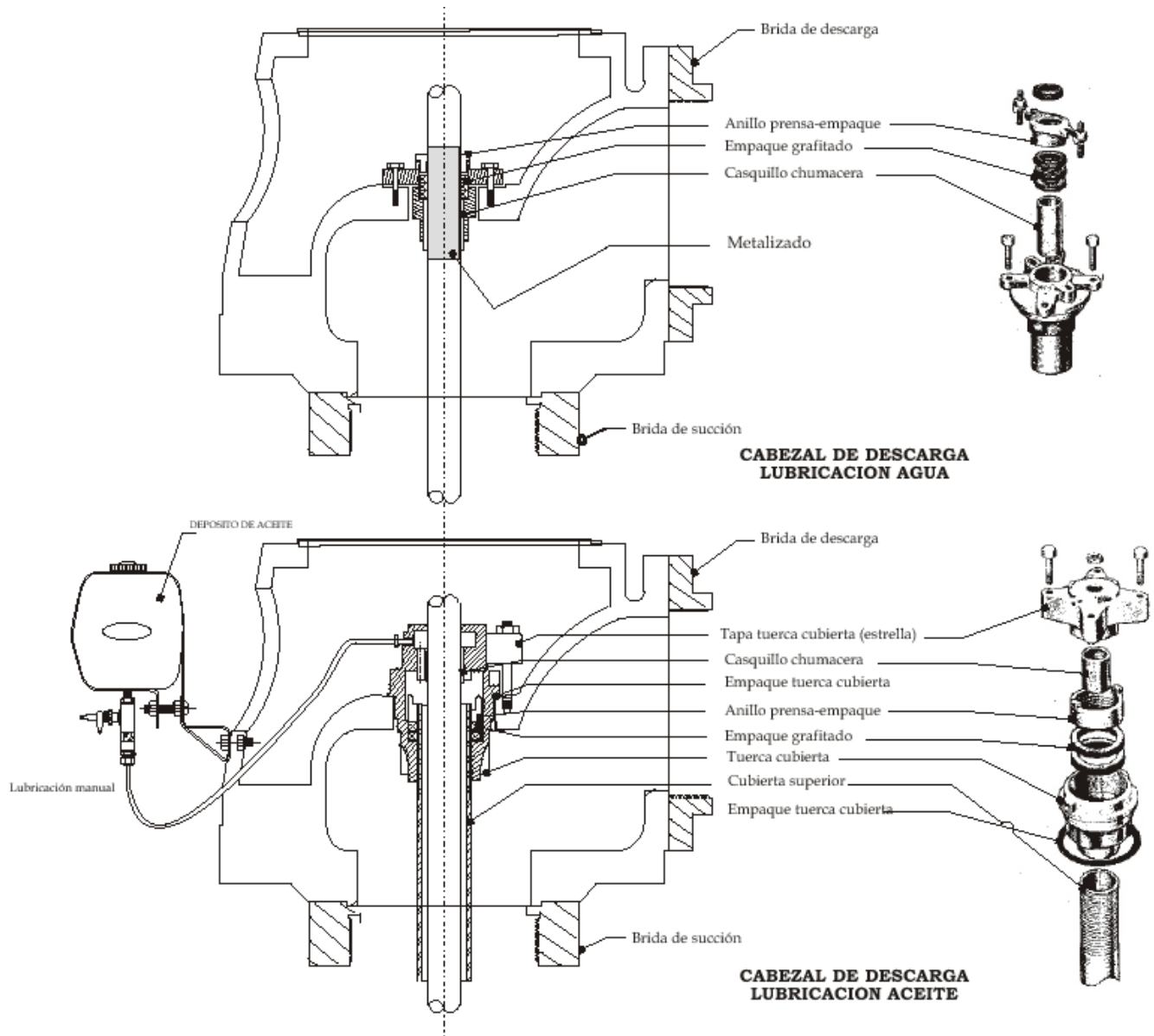


Figura 24. Cabezal lubricación en agua y aceite

2.2.5. Motores Verticales.

Este tipo de motores está destinado a impulsar bombas de pozo profundo. Que imponen altas cargas de empuje axial descendente. Los motores verticales flecha hueca en su construcción general todas las marcas fabrican para uso interior o intemperie, ya que por su diseño totalmente cerrado, los bobinados, baleros, estator y rotor están libres de contaminación por polvo, humedad, basura y ataque de roedores, Los motores están provistos con brida tipo “P” para montaje al cabezal de la bomba. El motor vertical flecha hueca posee un trinquete, mediante el cual se evita un giro opuesto al normal del motor que pueda ocurrir por una conexión eléctrica equivocada o porque el agua que quedó en la columna de la bomba al pararse el motor, tienda a recuperar su nivel normal y esto pueda ocasionar que la flecha de la bomba se destornille. El trinquete elimina esta posibilidad de dejar caer uno de los de cinco a siete pernos (dependiendo la marca) alojados en el acoplamiento superior de motor bombar y así detener inmediatamente el motor y evitar el peligroso sentido opuesto de giro. El sistema de rodamiento lo componen uno o dos baleros de contacto angular montados en el escudo (soporte de carga) y un balero guía montado en la brida.

Los motores verticales son eléctricamente semejantes a los motores horizontales, pero son contruidos mecánicamente de manera diferente debido a sus requerimientos únicos de enfriamiento. Generalmente, las cubiertas están diseñadas para manejar un rango más amplio de condiciones ambientales mayor que los motores horizontales. Los motores verticales están diseñados primariamente para impulsar bombas. Esto significa que están diseñados

específicamente para sostener impulso radial o axial. Las turbinas de flujo mixto y las bombas usualmente tienen un alto impulso axial. Para realizar la decisión correcta, es necesario tener una descripción completa de las condiciones de impulso.

1. Cubierta superior. (Techo)
2. Rejilla.
3. Cople [™]
4. Ventilador
5. Capuchón.
6. Cuña Ventilador.
7. Salpicador roscado para ajuste de baleros.
8. Tornillo Allen.
9. Rodamiento de contacto angular [™] (Doble)
10. Escudo opuesto.
11. Tornillo C.Hexagonal.
12. Tapa balero interior lado opuesto.
13. Sellos para grasa.
14. Flecha hueca.
15. Carcasa.
16. Anillo de fieltro.
17. Tapa balero interior.
18. Muelle de precarga.
19. Tornillo C.Hexagonal.
20. Rodamiento de bolas.
21. Salpicador.
22. Brida "P".
23. Tornillo C.Hexagonal.
24. Tornillo Allen.
25. Anillo de seguridad.
26. Perno trinquete.
27. Tapa balero exterior lado opuesto.
28. Anillo separador [™].
29. Pieza de relleno [™].
30. Tornillo C.Hexagonal.
31. Rodamiento de contacto angular [™] (Simple).
32. Anillo de seguridad.
33. Grasera.
34. Paquete estator.
35. Paquete rotor.
36. Tornillo C.Hexagonal.
37. Caja de conexiones.
38. Rodamiento guía (rodillos).
39. Grasera.
40. Anillo de seguridad.
41. Tapa balero exterior lado brida.
42. Retén (V-Ring).
43. Placa de apriete para la apuesta de tierra.

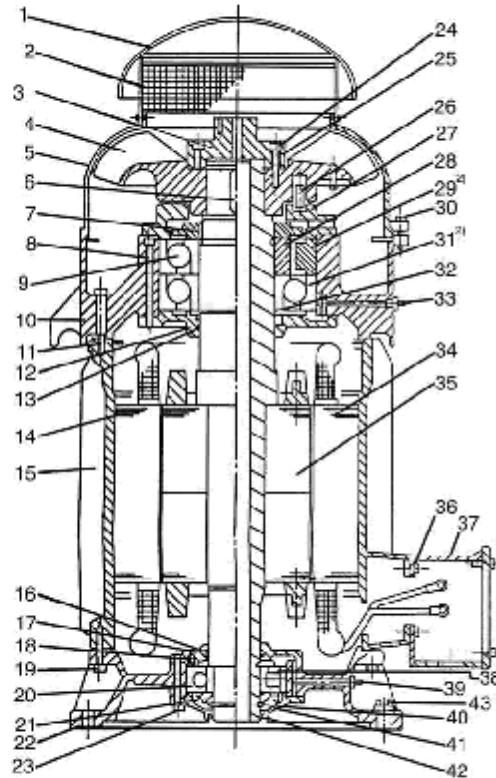


Figura 25. Componentes de un motor vertical flecha hueca

2.2.6 Motobomba sumergible

Se utiliza de una manera totalmente vertical y también con inclinación, se alimenta la energía mediante cable eléctrico diseñado especialmente para manejar la potencia bajo el agua. Su uso es para pozos donde no existe tanta verticalidad, estas bombas también pueden trabajar horizontales. Particularmente este tipo de motobombas se utilizan para la extracción de agua potable, o para líquidos de consumo humano, una de las principales características es que el motor está acoplado directamente a el cuerpo de bomba, lo que hace que el sistema sea muy simple, pero que el motor tenga que ser de una fabricación especial, puesto que el binado está dentro del agua y se deba utilizar material plástico que es más difícil de manipular para las futuras reparaciones.

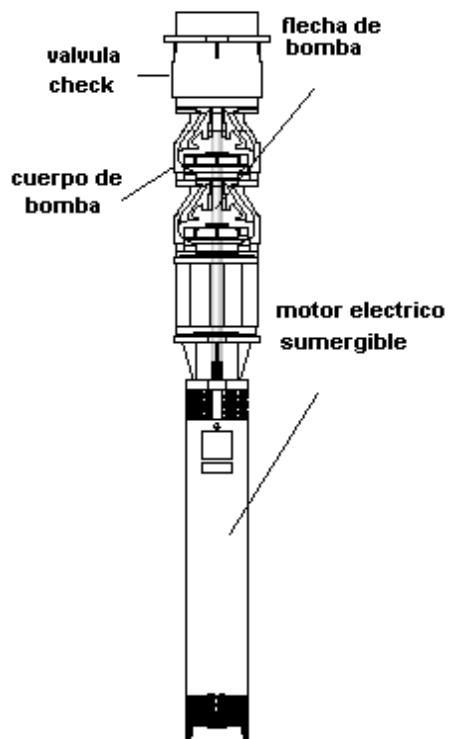
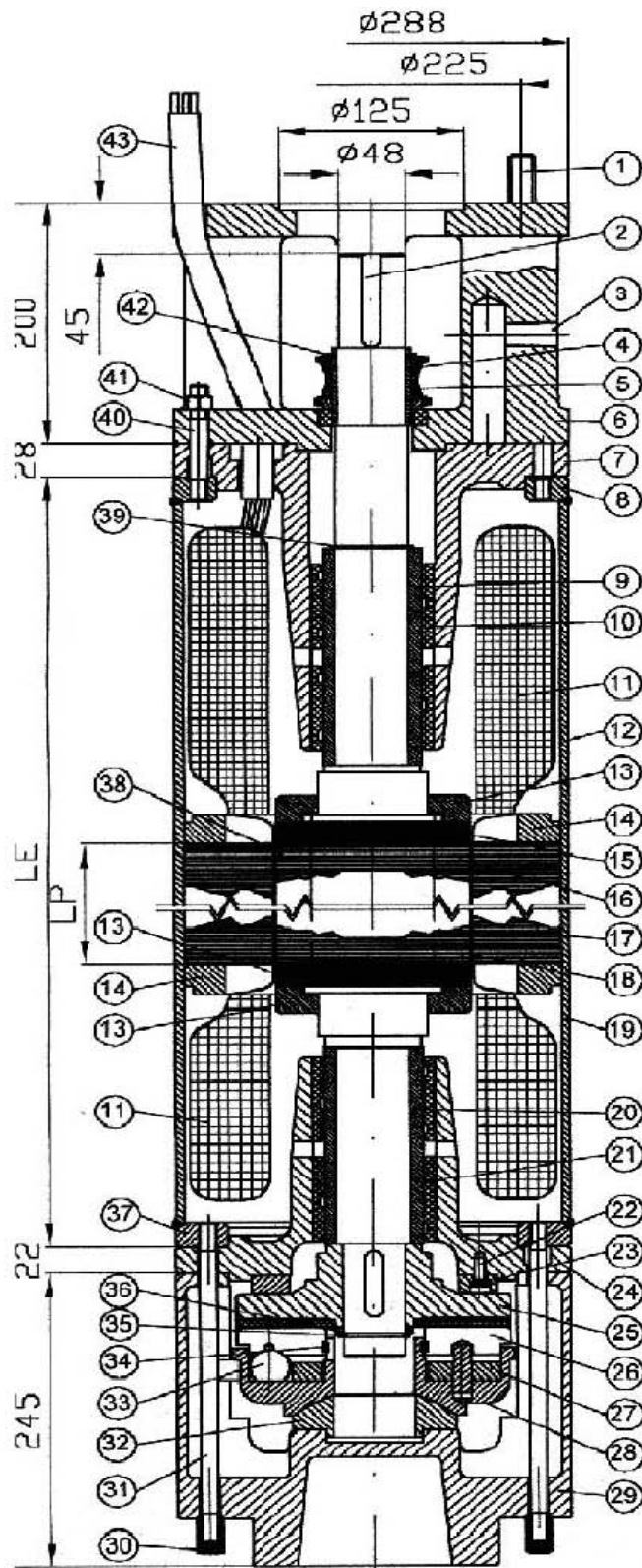


Figura 26. Motobomba sumergible

La sección de entrada de agua está protegida por un colador de acero inoxidable para evitar el paso de partículas gruesas. Los extremos de la flecha del rotor y de la bomba están conectados mediante un cople rígido de acero inoxidable. La torsión se da por medio de una cuña. Una válvula check con rosca, instalada en la parte superior de la bomba, forma parte integral de la unidad. Para flujos de mayor capacidad llevan impulsores semiaxiales. Las chumaceras radiales en todos los motores son de acero inoxidable en los bujes del rotor y casquillos de carbón en los cuerpos. Los motores sumergibles son de tipo asíncrono de corriente alterna y rotor en cortocircuito. La circulación del agua dentro del motor funciona como agente refrigerante y como lubricante en las chumaceras. Este sistema asegura una transferencia intensiva del calor del motor al medio que le rodea. Todos los motores están protegidos con sellos mecánicos para evitar la entrada de arena en el motor. La carga axial es absorbida por una chumacera de tipo "Mitchell" instalada en la parte inferior de la unidad.



ITEM	DESCRIPCION
1	BIRLO CONEXION BOMBA 3/4"
2	FLECHA ROTOR
3	TAPON 1/2"
4	CASQUILLO SELLO MECANICO
5	SELLO MECANICO
6	PIEZA DE CONEXION
7	CHUMACERA SUPERIOR
8	ANILLO DE BIRLOS SUP
9	CASQUILLO INOXIDABLE SUP.
10	CASQUILLO DE CARBON SUP.
11	BOBINA
12	CAMISA ESTATOR
13	ANILLO BALANCEADOR
14	ANILLO DE DEDOS
15	LAMINA DE COBRE
16	LAMINA PAQUETE ROTOR
17	LAMINA PAQUETE ESTATOR
18	ROTOR
19	ESTATOR
20	CASQUILLO INOXIDABLE INF.
21	CASQUILLO DE CARBON INF.
22	TORNILLO 3/16"
23	CONTRA RANGUA
24	CHUMACERA INFERIOR
25	DISCO DE RANGUA
26	SEGMENTOS
27	JAULA DE BOLAS
28	DISCO BASCULANTE
29	BASE DE RANGUA
30	TUERCA CIEGA
31	BIRLO INFERIOR
32	CALOTA
33	BOLA DE ACERO
34	O-RING 67X4.5
35	ANILLO TRUARC diam 45
36	RONDANA/DISTANCIADOR
37	ANILLO DE BIRLOS INFERIOR
38	PERFIL DE COBRE
39	ANILLO TRUARC diam 53
40	BIRLO SUPERIOR
41	TUERCA 1/2"
42	ANILLO TRUARC diam 57
43	CABLE SUMERGIBLE

Figura 27. Esquema de partes de un motor sumergible

El disco axial (disco de rangua) posee un recubrimiento especial en la superficie. Esta parte transmite la carga axial a seis segmentos de bronce, cada uno de los cuales está asentado sobre una bola de acero inoxidable para asegurar una posición idónea de recepción de carga axial. El arranque del motor puede efectuarse directamente desde la línea eléctrica, dependiendo de la capacidad de la red de distribución. El cable de conexión de las bombas es de tipo submarino, plano y flexible para facilitar su manejo. Lleva tres conductores aislados de distintos colores estandarizados para la identificación de las fases. La cubierta exterior del conjunto es de PVC, lo cual garantiza una excelente protección contra agua y daños mecánicos.

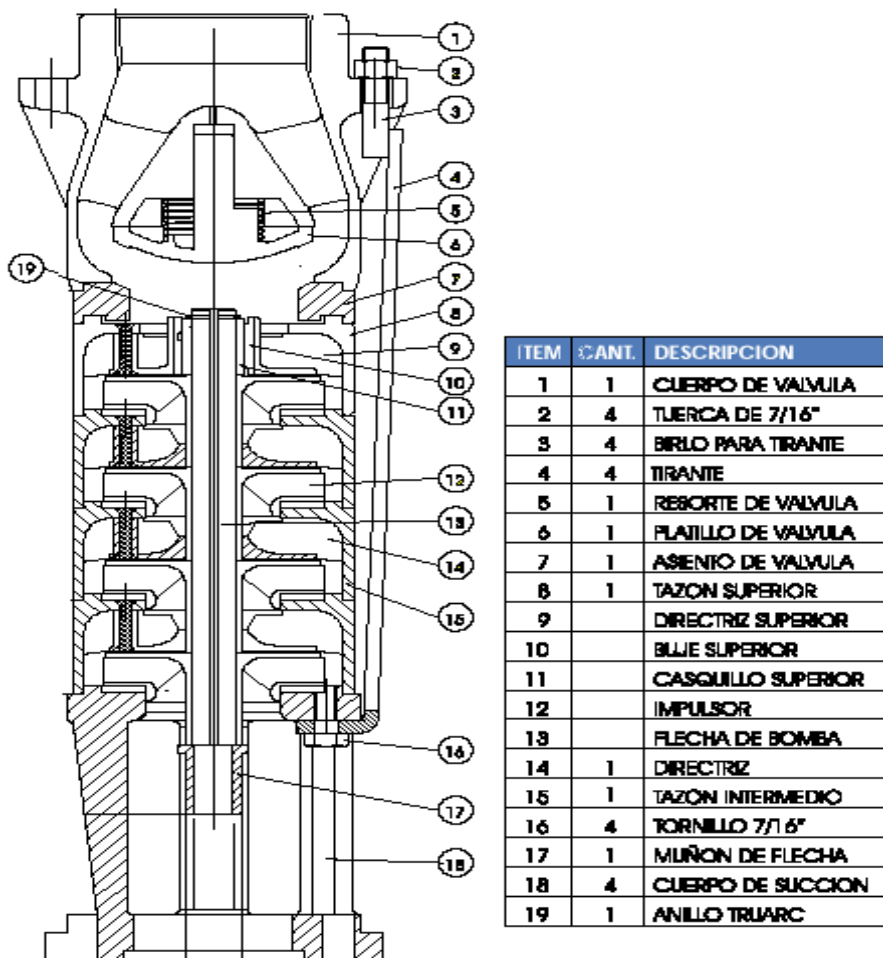


Figura 28. Cuerpo de bomba

2.2.7. Tubería de columna

Es tubo roscado en sus extremos, que sostiene a profundidad al cuerpo de bomba y se interconecta por medio de un cople roscado, esto normalmente se fabrican en tramos de 1.50 mts, 3.05 mts y 6.10 y en cedula 30 y 40, según sea el caso, para bombas verticales ya se lubricación en agua o aceite se utilizan estándares de 3.05 mts y 1.52 mts. Para bombas sumergibles se ocupa normalmente 3.05mts, y 6.10 mts. La tubería debe cumplir con ciertas especificaciones, libre de escorias y sus terminales son roscadas según el tipo de bomba, para cónica para los equipos sumergibles y recta para los equipos verticales, se debe garantizar verticalidad en la tubería de columna. la no correcta sujeción de la tubería ocasionara una perdida de la electrobomba y estar sujeto a pescar el equipo sin mayor costo.



Figura. 29 Tubería tipo columna

2.3. Equipos y materiales de control eléctrico de accionamiento de los equipos de bombeo

Es fundamental describir paso por paso los componentes de accionamiento de los equipos de bombeo puesto que, si se descuida algún parámetro en estos materiales el equipo no funcionara correctamente y podrá sufrir daños graves. Estos componentes que continuación vamos a describir se encargan de entregar, la energía eléctrica para el buen funcionamiento de los motores ya sean sumergibles o flecha hueca

2.3.1. Cable de alimentación electrobomba.

Los cables y alambres utilizados para alimentación de energía y control de bombas tienen que ser de cobre rojo electrolítico 99% de pureza, temple suave y aislamiento termoplástico para 600 voltios tipo THW 75 °C. Normalmente las fábricas de bombas sumergibles utilizan el siguiente: Cable de tres conductores de cobre suave en construcción flexible, paralelos, con aislamiento individual termoplástico de polietileno (PE), e identificados por el color del aislamiento y cubierta exterior termoplástica de policloruro de vinilo (PVC). Estos cables están diseñados para la alimentación de circuitos de baja tensión, hasta 600 V, a los motores de bombas sumergibles. La principal característica de este conductor es que, los materiales con que están contruidos permiten su instalación en ambiente mojado por su bajo nivel de absorción de humedad.



Figura 30. Cable tipo bomba sumergible

2.3.2 Centro de control de motores.

Para los arrancadores no debe existir marca en específico puesto que estos son integrados según las necesidades requeridas. Para proyectos en México se basa en ciertas normas que les son aplicables y que son las siguientes.

- **NEMA ICS 1 General Standards for Industrial Control and Systems.**
- **NEMA ICS 2 Standard for Industrial Control Devices Controllers and assemblies**
- **IEC 73 Colours of indicator lights and push-buttons**
- **IEC 157 Low voltage switchgear and controlgear circuit breaker**
- **ICONTEC 2050 Código Eléctrico Nacional:**

El tablero será del tipo auto soportado construido en lámina No. 14 como mínimo y con perfiles de refuerzo soldados o pernados de forma que se conformen estructuras rígidas e indeformables de gran solidez y excelente apariencia física. La tortillería tiene que ser en acero con algún tipo de recubrimiento que garantice una alta resistencia a la corrosión, especial para ambientes tropicales y húmedos. Las láminas de los tableros deberán tratarse químicamente, desengrasar y fosfatar. El gabinete se pintará y protegerá de tal forma que se garanticen sus características de

equipo tropicalizado. El esmalte horneable final será de color gris. Existen varios tipos de arrancadores de los cuales nombraremos los principales:

Las protecciones con las que mínimo debe de contar son:

- Relés térmicos y temporizados, tipo magnético, equipados con al menos un (1) contacto auxiliar normalmente abierto y uno (1) normalmente cerrado.
- Panel de señales para el control de la estación de bombas, que incluye, indicadores botón de pruebas y lámparas.
- Pulsador de “reset” externo para los relés de sobrecarga.
- Borneras terminales.

2.3.3. Los arrancadores a plena tensión:

Los arrancadores son adecuados para condiciones normales y semipesados de arranque de motores; que no sobrepasan los 15 hp puesto que la rampa de corriente contra tiempo genera un impulso de corriente demasiado alta. Los arrancadores magnéticos a plena tensión se operan con un botón pulsador doble (1-0) arranque-paro. Para la protección de los motores contra sobrecarga, los arrancadores magnéticos a plena tensión contienen un relevador bimetálico y una protección contra cortocircuito.



Figura 31. Arrancador magnético a plena tensión

2.3.4 Arrancadores a tensión reducida.

Se usa Para el arranque de motores trifásicos hasta 300 C.P.a 440V/ con autotransformador. Los arrancadores automáticos a tensión reducida tipo autotransformador se utilizan para el arranque de motores con rotor de jaula de ardilla, para potencias hasta 150 C.P.a 220 V y 300 C.P.a 440 V,60 Hz. Estos arrancadores limitan la corriente en la etapa de arranque, evitando alcanzar corrientes que puedan causar fluctuaciones perjudiciales en la línea de alimentación. Con el arrancador a tensión reducida tipo autotransformador, se reduce la tensión en los bornes del motor según la relación de transformación del autotransformador. Por lo general, se utilizan autotransformadores con derivaciones de 50, 65 y 80% de la tensión nominal. La intensidad de corriente consumida por el motor en la etapa de arranque disminuye en la misma proporción que la tensión de bornes del motor, es decir, según la relación de transformación del autotransformador. La capacidad del secundario del autotransformador se puede (*al no tomar en cuenta la corriente de excitación y las pérdidas de tensión en el autotransformador*) igualar nuevamente a

su capacidad primaria obtenida de la red. De lo anterior resulta: Al reducir la tensión en los bornes del motor por medio de un autotransformador, baja la corriente tomada de la red cuadráticamente con la disminución de la tensión, es decir, en la misma proporción que el momento de rotación del motor.



Figura 32. Arrancador a tensión reducida

2.3.5. Arrancadores suaves.

Para el arranque de motores sumergibles de equipos de bombeo sumergible y motores tipo flecha hueca de bombas verticales se ha creado un tipo de arrancador llamado de arranque suave. El arranque de motores de CA, utilizados para accionar bombas, producen cotidianamente innecesarios picos de intensidad en las plantas de producción de todo el mundo. Estos arranques violentos causan danos de diferente naturaleza. Entre ellos los siguientes: Problemas eléctricos debidos a transitorios de tensión y de intensidad provocados por los arranques directos o en estrella-triangulo. Estos transitorios pueden sobrecargar la red y provocar variaciones de tensión inaceptables que interfieren en el funcionamiento de otros equipos eléctricos conectados a la red. Problemas mecánicos que afectan a todo el

accionamiento, desde el propio motor hasta el equipo accionado, pudiendo llegar a provocar esfuerzos extremos en los materiales. Las consecuencias económicas son considerables: cada problema técnico y cada paro cuesta dinero, tanto en términos de reparación como en términos de pérdida de productividad.

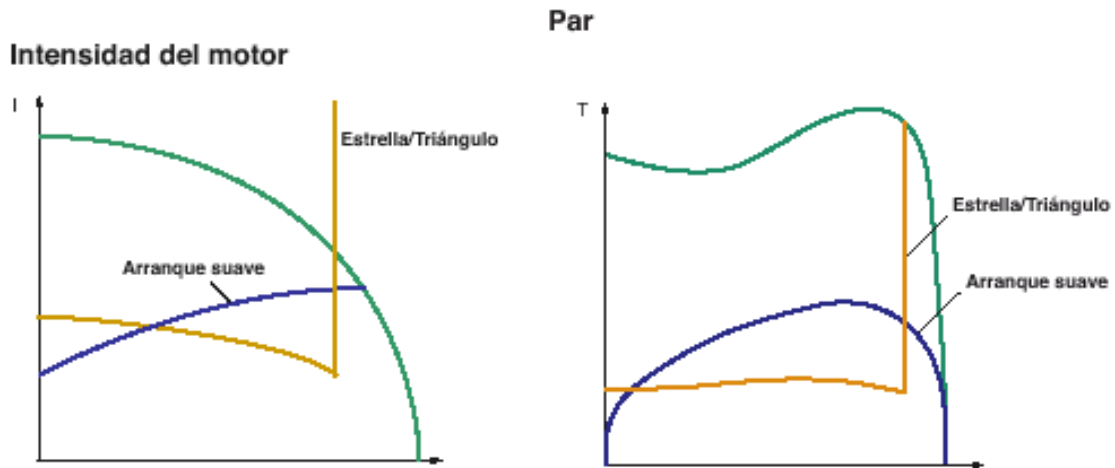


Figura 33. Curvas de arranque y par de un arranque suave



Figura 34. Unidades de arranque suave

2.3.6. Variador de frecuencia.

Es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable. Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad sincrónica de un motor de corriente alterna (CA) esta determinada por la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estator, de acuerdo con la relación: Motores síncronos operan a velocidad síncrona. La velocidad de un motor de inducción es un poco menor que la velocidad síncrona. Un sistema de variador de frecuencia consiste generalmente en un motor AC, un controlador y un interfaz operador. El motor usado en un sistema es normalmente un motor de inducción trifásico. Algunos tipos de motores monofásicos pueden ser igualmente usados, pero los motores de tres fases son normalmente preferidos. Varios tipos de motores síncronos ofrecen ventajas en algunas situaciones, pero los motores de inducción son más apropiados para la mayoría de propósitos y son generalmente la elección más económica. Motores diseñados para trabajar a velocidad fija son usados habitualmente, pero la mejora de los diseños de motores estándar aumenta la fiabilidad y consigue mejor rendimiento



Figura 35. Variadores de frecuencia

2.3.7 Banco de condensadores

Los condensadores ofrecen la mejor solución técnica a los problemas relacionados con el factor de la energía y la calidad de la energía. La normatividad exige que en los motores flecha hueca y los sumergibles, tengan en su centro de control instalados bancos fijos de capacitares. para calcular el la capacidad de estos bancos es necesario tener en cuenta ciertos datos, como son el factor de podenca actual, el factor de potencia requerido y el voltaje de operación. Los condensadores proporcionan una mejora significativa en la calidad de la potencia y reducciones en coste energéticos: reduciendo o eliminando las costosas penalizaciones por el bajo factor de potencia, reducción de perdidas de potencia en cables y transformadores, incrementando la capacidad de transmisión de potencia en cables, incrementando la capacidad de los transformadores disponibles, mejorando la estabilidad de tensión en cableados de gran longitud.

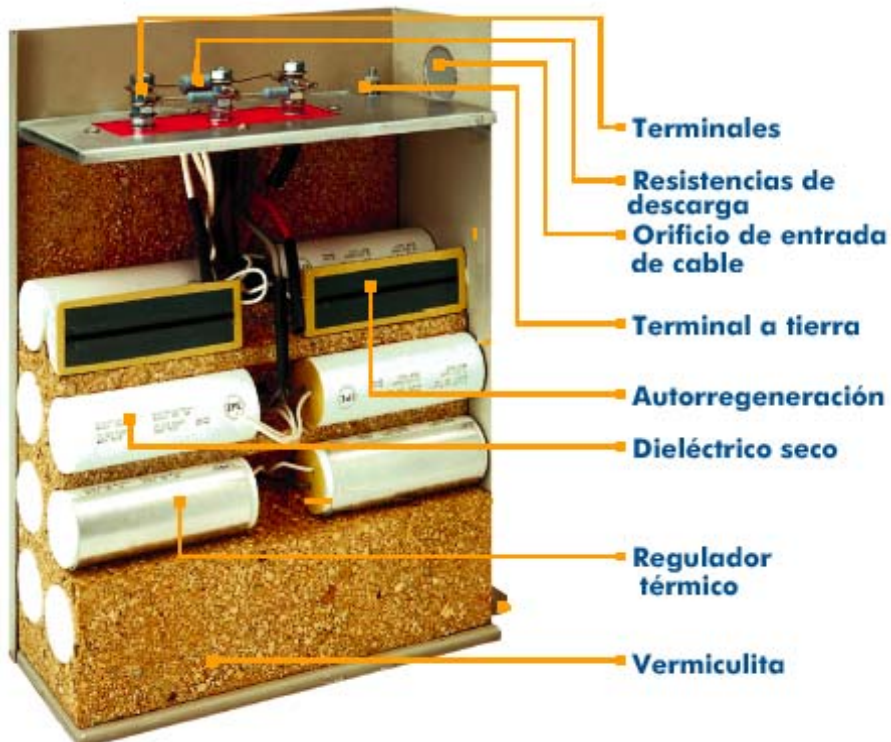


Figura 36. Banco fijo de capacitores

2.3.8 Cables para acometidas y tableros de control THW-LS.

Estos cables se utilizarán para la distribución desde la garganta de transformador a la caja de medición, y de la caja de medición a el tablero de arranque, si es motor bomba vertical con motor en la superficie se utilizara de centro de arranque al motor. Este cable es de cobre suave, con aislamiento termoplástico de policloruro de vinilo (PVC). Para instalaciones hasta 600 V. Los alambres y cables THW-LS son productos de uso general para sistemas de distribución a baja tensión e iluminación, en edificios públicos y habitacionales, construcciones industriales. La norma de instalaciones eléctricas exige su uso en lugares de alta concentración pública. Por

sus excelentes características de no propagación de incendio, baja emisión de humos y bajo contenido de gas ácido, estos cable van instalados en conduit, ductos o charolas. Los conductores hasta el No. 8 podrán ser de un solo hilo y los conductores hasta el No. 2 AWG serán de 7 hilos y en adelante de 19 hilos

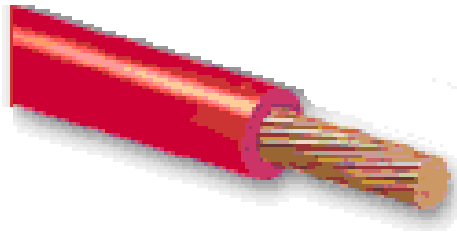


Figura 37. Cable tipo THW-LS

2.3.9 Sistema de acometida de media alta tensión

La acometida (instalación eléctrica) es la parte de la instalación de enlace que une la red de distribución de la empresa eléctrica con la caja general de protección del particular. Es propiedad de la empresa eléctrica. La acometida normal de una vivienda es monofásica, de dos hilos, uno activo (positivo) y el otro neutro, en 120 ó 220 voltios, Las acometidas pueden ser subterráneas o aéreas, dependiendo del tipo de distribución de la zona:

- Subterránea, para zonas urbanas.
- Aéreas, son aquellas que vuelan

En particular nos enfocaremos al sistema de aéreo ya que es el más usado en este tipo de equipos de bombeo.

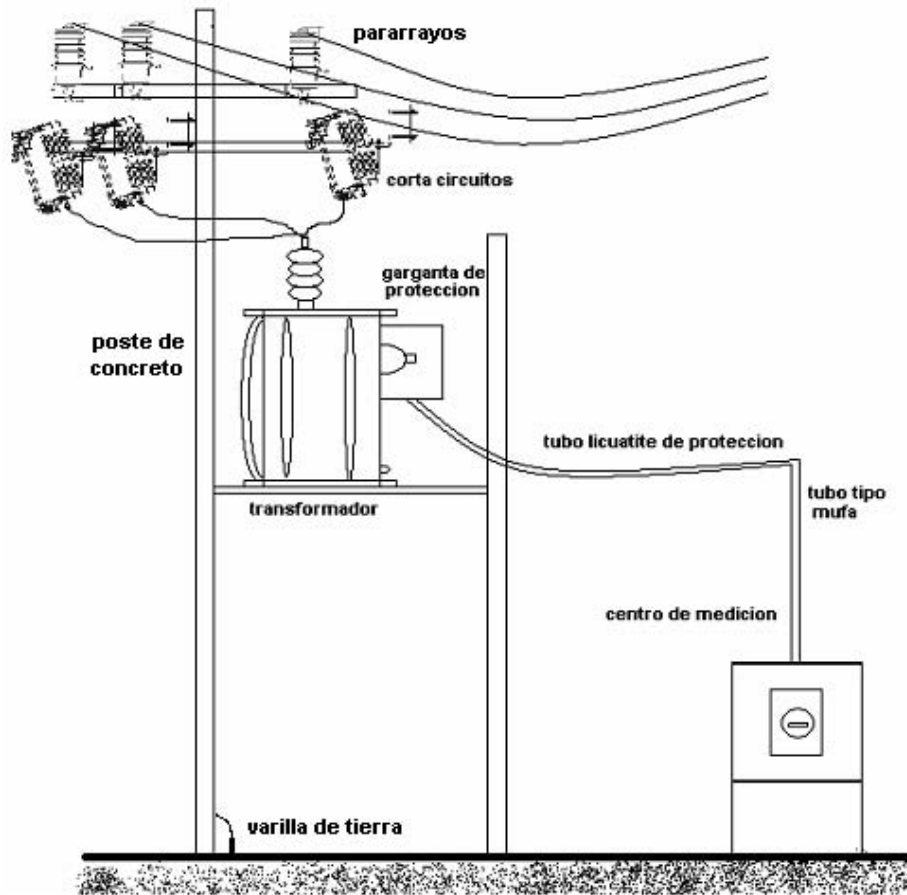


Figura 38. Acometida aérea de media tensión

2.3.10 Postes de concreto

Los postes son diseñados, fabricados y probados de acuerdo con las diferentes normas aplicadas una de las más comunes y elementales son las Normas ICONTEC. Normalmente los postes son construidos de concreto, centrifugado, elaborados de

materiales empleados en la fabricación como cemento portland, agregados, arena, varillas de acero y agua. La terminal exterior del poste esta perfectamente liso, sin fisuras., los postes normalmente son de 12 metros de longitud y cargas de rotura de 750 Kgf. Mínimo, En ningún caso la carga de trabajo será superior al 30% de la carga de rotura.

2.3.11 Unidad Cortacircuito

Los Cortacircuito son utilizados junto con los Eslabones Fusibles para *“Protección contra el Espectro Completo de Fallas”*, para sistemas de distribución aéreos aplicable ya sea a transformadores aéreos, capacitores, cables o líneas significa que los Cortacircuitos interrumpen todas las fallas...desde la corriente más baja que funde el eslabón fusible hasta la corriente interruptora de máxima capacidad aunque la falla esté en el primario o secundario del transformador con voltaje línea a línea o línea a tierra a lo largo del cortacircuito independientemente de las conexiones de bobinado del transformador y con la capacidad de manejar la gama completa de severidades de voltaje transitorio de recuperación asociadas a estas condiciones. Todos los Cortacircuitos emplean la expulsión sencilla solo hacia abajo y hacia fuera. cada cortacircuito es un punto de seccionamiento de líneas vivas.

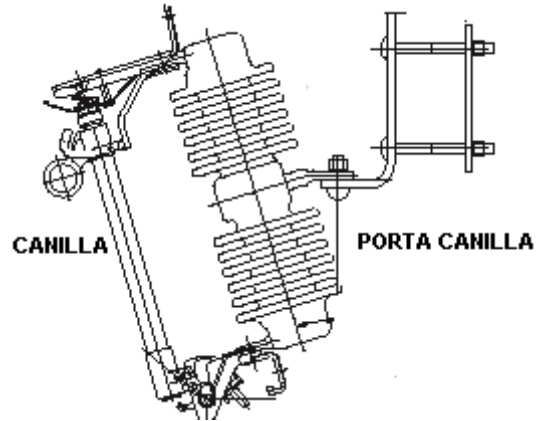


Figura 39. Cortacircuitos

2.3.12 Pararrayos de distribución.

Se denominan, en general, *pararrayos* a los dispositivos destinados a descargar las sobretensiones producidas por descargas atmosféricas, por maniobras o por otras causas que, en otro caso, se descargarían sobre los aisladores o perforando el aislamiento, ocasionando interrupciones en el sistema eléctrico y, en muchos casos, desperfectos en los generadores, transformadores, etc. Para que su funcionamiento sea eficaz, los pararrayos han de estar permanentemente conectados a las líneas pero solamente han de entrar en funcionamiento cuando la tensión alcance un valor conveniente y superior, naturalmente, a la tensión de servicio. Es decir, que pararrayos actúa a la manera de una válvula de seguridad. Su misión fundamental era limitar las sobretensiones de origen atmosférico, también sirven para proteger las instalaciones contra las sobretensiones de origen interno. Por eso, parece mas adecuada la denominación de *descargadores de sobretensión* aunque nosotros hemos conservado la denominación clásica de *pararrayos*, Los pararrayos mas comunes y utilizados en los sistemas de bombeo ya que se utilizan tenciones 13.2,

23.0 34 KV son de óxidos metálicos con envoltente polimérica de silicona o de porcelana, utilizados para la protección de transformadores.

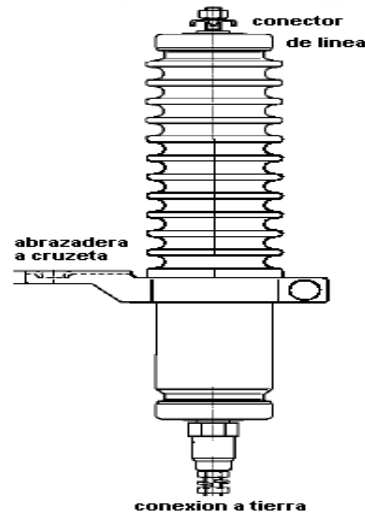


Figura 40. Parrayos óxidos metálicos

2.3.13 Varilla para puesta a tierra.

Es una varilla enterrada de núcleo de acero recubierto de cobre que no puede ser afectada por electrólisis y/o corrosión galvánica cuando se instala bajo las condiciones reales de servicio y este expuesta a la humedad. Tiene rigidez y resistencia mecánica adecuadas para permitir su instalación en el terreno sin rotura o deformaciones que afecten su servicio.

Para varillas con núcleo de acero, el revestimiento de cobre se deposita mediante electrólisis, fusión o cualquier otro procedimiento que asegure la perfecta adherencia del cobre al alma de acero. La longitud de la varilla debe ser de 2.40 m. para puesta a tierra de transformadores de 1.80 m, para puesta a tierra de apoyos fin de línea en baja tensión, su unión es por medio de un acople roscado en bronce.

2.3.14 Transformador tipo poste trifásico

Se denomina transformador a una máquina electromagnética que permite aumentar o disminuir el voltaje o tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la frecuencia. Para el funcionamiento de los equipos de bombeo es necesario la intervención de los transformadores como se muestra como pilar fundamental de transmisión de la energía.

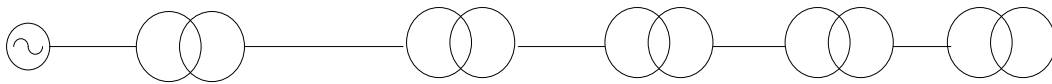


Figura 41. Transformadores de potencia: generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado de hierro dulce o hierro silicio. Las bobinas o devanados se denominan *primario* y *secundario* según correspondan a la tensión alta o baja, respectivamente.

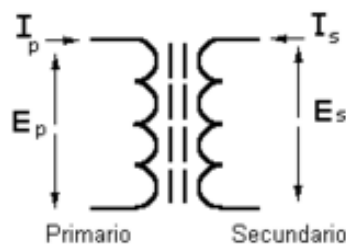


Figura 42. Representación esquemática del transformador.

Si se aplica una fuerza electromotriz alterna en el devanado primario, las variaciones de intensidad y sentido de la corriente alterna crearán un campo magnético variable dependiendo de la frecuencia de la corriente. Este campo magnético variable originará, por inducción, la aparición de una fuerza electromotriz en los extremos del devanado secundario.

La relación entre la fuerza electromotriz *inductora* (E_p), la aplicada al devanado primario y la fuerza electromotriz *inducida* (E_s), la obtenida en el secundario, es directamente proporcional al número de espiras de los devanados primario (N_p) y secundario (N_s).

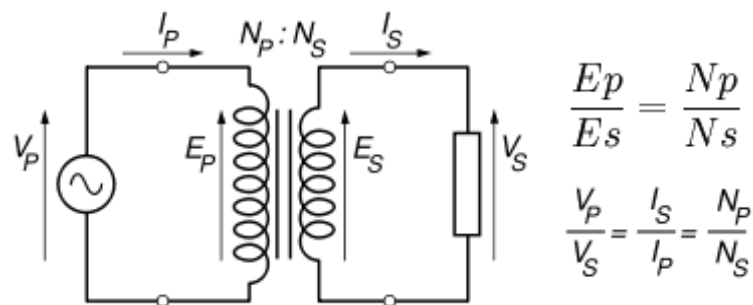


Figura 43. Relación de transformación

existen diferentes tipos de transformadores, las clasificaciones de estos puede ser según su construcción, y según la aplicación, dentro de los cuales existe un gran gama de transformadores.

Tipos de transformadores

1 Autotransformadores

- 2 Transformadores para alimentar fuentes de corriente continua.
- 3 Transformadores para ensayos de Alta Tensión y Extra Alta Tensión.
- 4 Transformadores especiales (hornos, soldaduras, etc.).
- 5 Transformadores de medida. Facilitan la conexión adecuada a los aparatos de medida.
- 6 Transformadores adaptadores de impedancia.
- 7 Transformadores para aislamiento galvánica.

Los diferentes tipos de transformadores también se pueden clasificar según diferentes criterios:

- Transformadores de potencia. Son los destinados a transformar potencias de consideración, alimentados por tensión y frecuencia fijas.
- Transformadores de comunicaciones. Previstos para trabajar a tensión y frecuencia variables.
- Clasificación según el sistema de tensiones:
 - Monofásicos
 - Trifásicos
- Transformadores elevadores o reductores.
- Clasificación según el medio ambiente de trabajo. para intemperie o interior.
- Clasificación según el elemento refrigerante. Transformadores en seco, en baño de aceite o con piraleno.

Clasificación según la forma de refrigeración. Natural o forzada

Para efecto de estudio en este capítulo nos enfocaremos a los transformadores reductores trifásicos en baño de aceite.

Transformador trifásico. Tienen tres bobinados en su primario y tres en su secundario. Pueden adoptar forma de estrella (Y) (con hilo de neutro o no) o de triángulo (Δ) y las combinaciones entre ellas: Δ - Δ , Δ -Y, Y- Δ y Y-Y. Hay que tener en cuenta que aún con relaciones 1:1, al pasar de Δ a Y o viceversa, las tensiones varían en particular. El tipo de conexiones de los transformadores usado en los equipos de bombeo son Δ -Y .

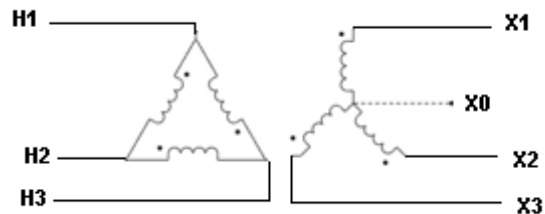


Figura 44. Conexión delta-estrella

Elementos constructivos de un transformador

Según el uso y las características especiales de trabajo podemos describir el transformador mas usado para los sistemas de bombeo.

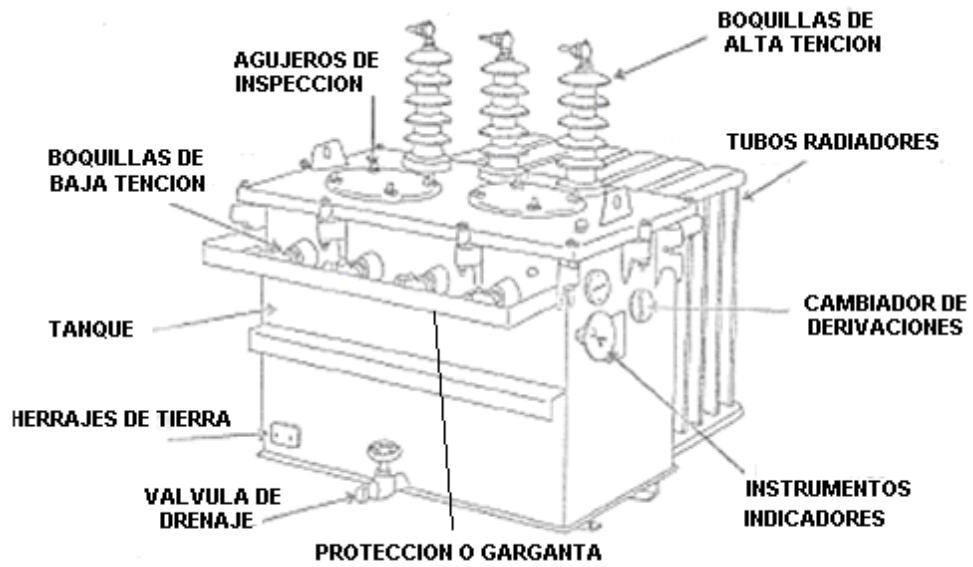


Figura. 45 Componentes externos de transformador trifásico tipo poste

Elementos internos que componen el núcleo:

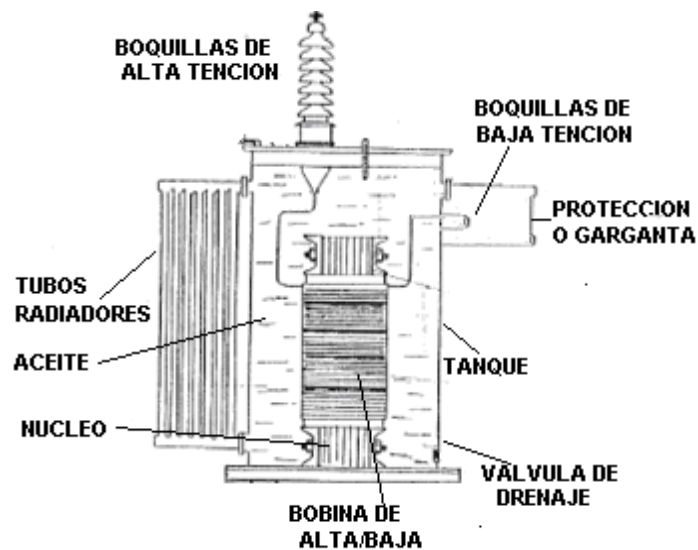


Figura 46. Elementos internos de un transformador

En la construcción del núcleo se utilizan acero aleado a base de silicio. Chapa de grano orientado (laminada en frío). Este tipo de chapa reduce las pérdidas por histéresis, el contenido de silicio hace que aumente su resistividad reduciendo las pérdidas por corrientes de Foucault. Como consecuencia de estos factores se disminuye la temperatura de trabajo reduciendo el envejecimiento del material. Las chapas de grano orientado se logran laminando en frío, se logra orientar el grano según la dirección definida por el eje cuaternario que es la más favorable desde el punto de vista magnético. La dirección magnética más favorable resulta ser la de laminación. En cuanto al aislamiento entre chapas, se puede utilizar papel, barniz o un tratamiento termoquímico denominado “*CARLITE*”. Acerca de las columnas que componen la parte activa de un transformador, están compuestas por chapas apiladas, tendiendo a formar secciones circulares para grandes potencias. Se trata de dejar conductos de refrigeración que permiten circular el aceite. En las esquinas se pueden ver diferentes soluciones: a tope, solapadas, y cortes a 45°. Estas últimas reducen las pérdidas por cambio de sentido en la circulación del flujo magnético.

El objetivo de la refrigeración es la de limitar el calentamiento de la máquina, los métodos más comúnmente utilizados son: aire, aceite mineral, y líquidos incombustibles, Askarel.

Los dos últimos tienen mayor rigidez dieléctrica que el aire y tienen mayor conductividad térmica. También presentan un mayor calor específico y peso específico, lo que provoca un mayor almacenamiento térmico.

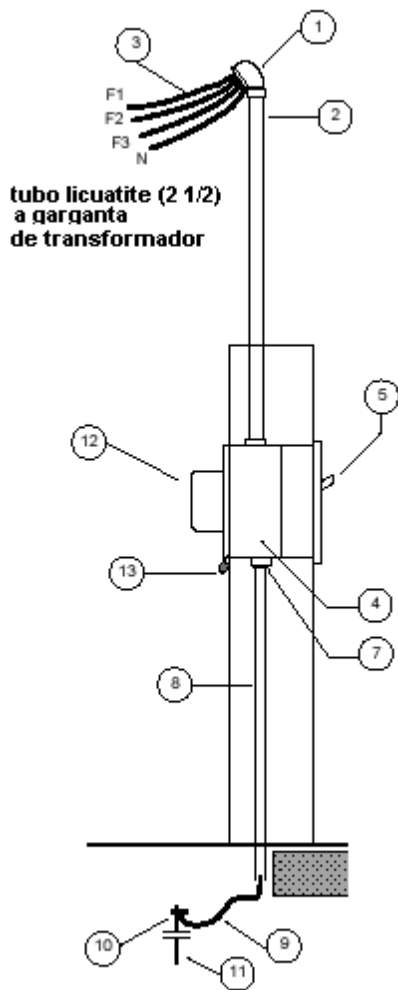
El sistema de cuba permite presentar una mayor área para mejorar la disipación (puede ser en base de tubos, radiadores o refrigeración forzada). En algunos equipos se hace circular el aceite por medio de una bomba enfriando el líquido en el

recorrido, esto permite también poder realizar tareas de purificación del aceite de una forma más sencilla.

2.3.15. Centro de medición

Este centro es normalizado por la compañía suministradora de la energía eléctrica que en este caso es comisión federal de electricidad y/o alguna concesionaria privada para los casos, donde el suministro eléctrico sea por parte de una paraestatal se tiene que cumplir con ciertos requisitos como son gabinete de medición y la instalación de la base de medición, existen varios tipos de base de medición las más usuales son de siete terminales por 200 amperes y la base con disposición para transformadores de corriente en el caso contrario

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPO



- 1 CONECTOR TUBO CONDUIT A TUBO LICUATITE DE 63.5 mm (2 1/2") DE DIAMETRO
- 2 TUBO CONDUIT DE FIERRO GALVANIZADO PARED GRUESA DE 63.5 mm (2 1/2") DE DIAMETRO
- 3 CABLE DE COBRE THW CALIBRE SEGUN LA TABLA DE CALIBRES Y DEMANDAS.
- 4 BASE ENCHUFE DE 7 TERMINALES, 200 AMPERES TIPO AEREA CON TAPA
- 5 INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO (ARRANCADOR)
- 6 MONITOR Y CONTRATUERCA DE 63.5 mm (2 1/2")
- 7 REDUCCION DE 63.5 mm (2 1/2") A 12.7 mm (1/2")
- 8 TUBO CONDUIT PARED DELGADA DE 12.7 mm (1/2") DE DIAMETRO
- 9 ALAMBRE O CABLE DE COBRE DE CALIBRE SEGUN LA TABLA DE CALIBRES Y DEMANDAS
- 10 CONECTOR PARA VARILLA DE TIERRA
- 11 VARILLA DE TIERRA PARA UNA RESISTENCIA MAXIMA DE 25 OHMS

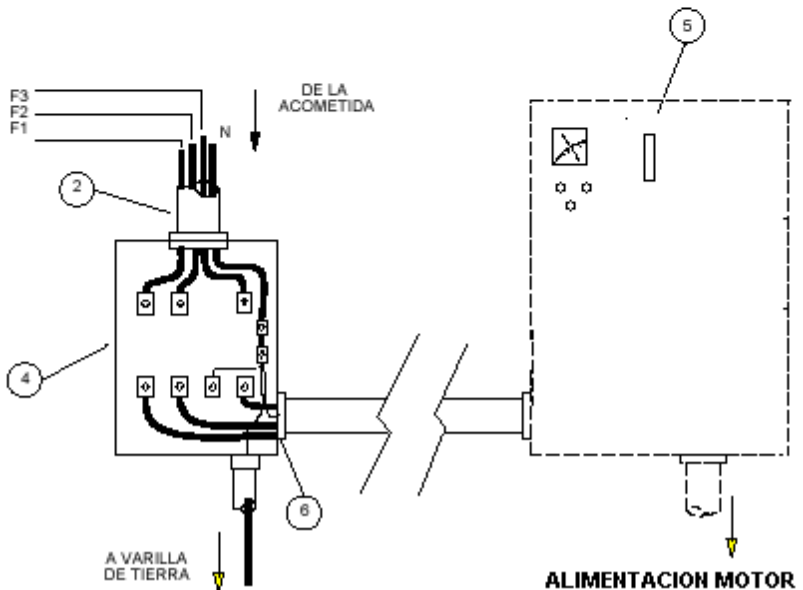


Figura 47. Esquema de una acometida de baja tensión

Capítulo 3

Selección de equipos de bombeo

3. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO PARA POZO PROFUNDO

3.1. SELECCIÓN DE EQUIPOS DE BOMBEO

Para el diseño de un sistema de bombeo hay muchos elementos que deben de considerarse. Estos elementos incluyen: columna, capacidad, naturaleza del líquido, tuberías, motores y economía, aunque en ocasiones no se da la importancia que merece al concepto de economía de diseño que se origina en el proyecto. Ya que vale la pena hacer una buena inversión ya que en la selección e instalación de un buen equipo de bombeo nos arrojará resultados a largo plazo, para que este beneficio se vea reflejado durante su larga vida útil. Por ejemplo una elección cuidadosa de tipo de materiales de construcción de los tazonos del cuerpo de bomba y/o motor sumergible, y prolonguen su vida útil ya que existen diferentes tipos de aguas azufrosas que atacan agresivamente a los materiales ferrosos, es otro ejemplo de cómo puede hacer que un diseño cuidadoso produzca ahorros en cuanto a economías de operación.

El tipo de bomba utilizado según el uso y las especificaciones varían dependiendo a la forma el tipo de construcción para fines de este trabajo solo nos enfocaremos en las bombas de pozo profundo, también se considera que el diseño de los equipos es aplicable en todos los casos como base fundamental, continuación se prescriben algunos usos de las bombas centrífugas.

3.1.1. BOMBAS PARA LA TÉCNICA ENERGÉTICA

Bombas centrifugas para centrales energéticas convencionales y nucleares: Bombas de alimentación de calderas, de recirculación, de condensado, de agua de circulación (refrigeración), de alimentación del reactor, de agua de refrigeración, bombas para plantas desalinizadoras de agua de mar.

3.1.2. BOMBAS PARA LA TÉCNICA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA

Bombas de carcasa espiral y tubular para abastecimientos y regadíos, bombas contra incendios, bombas para barcos, para la técnica “OfIShore™ así como para instalaciones térmicas de calefacción centralizadas. Motobombas sumergibles multicelulares para abastecimiento de agua, riego, industria y minería. Estaciones de bombeo de abastecimiento y avenamiento de agua, irrigación.

3.1.3. BOMBAS PARA LAS TÉCNICAS DE PROCESOS Y PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Bombas de proceso para la industria química y petroquímica refinerías, calefacción de alta temperatura, frío industrial, bombas con rodete de canal non-clogging para la técnica de aguas residuales, para la industria del papel, celulosas, azucareras, industria alimenticia, motobombas sumergibles para aguas sucias y residuales.

3.1.4. BOMBAS DE SERIE PARA APLICACIONES DOMÉSTICAS E INDUSTRIALES

Para calefacción y agua de servicios. Motobombas sumergibles para drenaje de sótanos y bodegas, para la industria, para instalaciones de aguas fecales, para jardines. Motobombas sumergibles para abastecimientos, riego por aspersión,

irrigación. Bombas de agua normalizadas, grupos monobloque, bombas en línea ("in-line") así como multicelulares para la industria. Bombas para sistemas de energía solar.

La selección de la bomba adecuada para cualquier aplicación entre la multitud de estilos, tipos y tamaños puede ser difícil para el usuario o persona encargada para este fin. El mejor método es hacer investigaciones preliminares, llegar a decisiones básicas y selecciones preliminares y analizar la aplicación con el proveedor de la bomba.

La clave para hacer la selección correcta de la bomba radica en el conocimiento del sistema en que trabajará la bomba. La especificación de una bomba puede hacer una selección errónea por no haber investigado los requisitos totales del sistema ni determinar cuál debe ser el rendimiento de la bomba. Además, cuando la responsabilidad de la elección de la bomba está en manos del proveedor, puede serle difícil o imposible determinar los requisitos totales de la operación. Por ello, si la primera regla para la selección de la bomba es el conocimiento completo del sistema, desde datos del pozo el uso del agua,

3.2. PLANTEAMIENTO TÉCNICO

Antes de empezar al dimensionamiento del equipo de bombeo tenemos que establecer las necesidades que van a satisfacerse, para el correcto funcionamiento del equipo nos ahorrara gastos innecesarios de energía y la compra excesiva de recursos materiales.

3.2.1. ESTUDIOS PRELIMINARES

Antes de realizar el cálculo de las dimensiones y parámetros del diseño de la línea de impulsión y de la selección del sistema de bombeo se debe realizar actividades de recolección de información.

Una inspección visual de la zona y reconocimiento de las instalaciones con el propósito de determinar que parte de estas están aun en buenas condiciones para seguir operando y cuales necesitan ser reemplazadas por otras que brinden mayor tiempo de operación planteado por la demanda futura de la población y con una garantía de funcionamiento a bajo costo de mantenimiento.

La inspección visual también permite determinar si la fuente de energía con que se dispone actualmente para el funcionamiento del equipo de bombeo se encuentra en condiciones de operatividad o requerirá realizar un cambio en el sistema que abarate los costos de inversión, es decir si se cuenta con suministro de energía eléctrica con fácil acceso o si se deberá contar con grupos electrógenos que trabajen con combustibles líquidos.

El estudio hidrogeológico nos proporciona:

- Las condiciones actuales del pozo (dimensiones).**
- Las reservas totales y explotables actuales del acuífero.**
- El rendimiento del pozo.**
- Los niveles estáticos y dinámicos del pozo.**
- La Profundidad del pozo.**

- La calidad del agua que suministra el acuífero.

La información necesaria para la selección del equipo de bombeo y del diseño de la línea de impulsión obtenida de los estudios se plasma en la siguiente tabla.

DIÁMETRO POZO (mm)	PROFUN- DIDAD POZO(m)	NIVEL- ESTÁTICO (m)	NIVEL- DINÁMICO (m)	CAUDAL BOMBEO (l/s)	HORAS BOMBEO
300	40	6	14	35	18

Tabla 3. Información básica para el diseño (los valores en esta tablas solo son de ejemplo).

De igual modo se debe de emplear este caudal para la selección del equipo de bombeo considerando un tiempo de vida útil de 10 años.

3.2.2. PARÁMETROS Y CRITERIOS DE DISEÑO DE LA LÍNEA DE IMPULSIÓN

Antes de la determinación de las características del sistema de suministro, se debe tener en cuenta en el diseño ciertos criterios y parámetros que permitan dar seguridad y condiciones de servicio a un mínimo costo de inversión.

Son estos criterios y parámetros los que se explican a continuación.

Línea de Impulsión: Para las líneas de impulsión se toma como base una serie de criterios y parámetros, partiendo de las condiciones a las que se encontrará sometida la tubería, como su entorno y el tipo de fluido que conducirá.

Partiendo de datos básicos como caudal, longitud y desnivel entre el punto de carga y de descarga, se parte en la elección de:

- **Material de la tubería.** El material es escogido por factores económicos, así como de disponibilidad de accesorios, y características de resistencia, ante esfuerzos que se producirán en momento de su operación. PVC para diámetros hasta 250 mm, clase 10 o clase 15 (Normas ISO 4422). Tubo de fiero Standard en distintos tipos de cedula 40, 60, 80 FFD para diámetros de 300 mm a mayores, clase k-9 (Normas ISO 2531). Accesorios de FFD k-9 en todos los casos, para presiones de servicio mayores a 10 bars (Normas ISO 2531). Se evalúa el material de tubería a utilizar cuando la corrosividad sea especialmente agresivo, es decir para cuando el contenido de sales solubles, ion sulfatos y ion cloruros del terreno sean superiores a 1000 ppm y el pH del subsuelo estar fuera de los limites comprendidos entre 6 y 8.
- **Diámetro de la tubería.** Los criterios de elección del diámetro se basan en un análisis técnico - económico.

A) Criterio Técnico Para determinar las pérdidas de carga por fricción se utilizó la formula de Hazen Williams, utilizando los coeficientes de rugosidad que se indican posteriormente. La elección de la dimensión del diámetro depende también de la velocidad en el conducto, en donde velocidades muy bajas permiten sedimentación de partículas y velocidades altas producen vibraciones en la tubería, así como pérdidas de carga importantes, lo que repercute en un costo elevado de operación. Las velocidades recomendables son: Líneas de Conducción de 0.6 m/s a 3 m/s. Líneas de Impulsión de 0.6 m/s a 2.0 m/s.

B) Criterio Económico. El cálculo económico, está basado en: Datos de inversión Inicial Costo de la tubería instalada por metro lineal. Costo del equipo de bombeo instalado por cada HP o kW. Datos de inversión por explotación Costo anual de operación. Intereses devengados por Inversión. Valor Presente de Operación en 10 años

Para su evaluación se toma como información los siguientes datos:

- Caudal de bombeo.
- Longitud de la línea de impulsión.
- Coeficiente de rugosidad de Hazen Williams.
- Niveles de succión y descarga.
- Precio Equipo Instalado= $k \times$ (potencia instalada de la bomba).
- Costos de energía en kW/hora.
- Horas de funcionamiento de la bomba.

3.2.3. COEFICIENTES DE RUGOSIDAD. –C

Empleado para calculo de la perdida de carga por fricción con la formula de HAZEN - WILLIAM y que depende del tipo de tubería a utilizar.

Tubos de PVC : Nuevo C = 135

Antiguo C = 110.

Tubos de FFD : Nuevo C = 130.

Antiguo C = 100

3.2.4. DEFLEXIONES EN TUBERÍAS DE UNIÓN FLEXIBLE.

Para los sistemas de riego por aspersión, riego por hidrante, Riego por cañón, y redes de agua potable donde el equipo de bombeo además de extraer agua del pozo le da más presión para alimentar dichos sistema. Se hacen otro tipo de consideraciones.

Tuberías de PVC: Se considera que no existe deflexión en las uniones de este tipo, la deflexión se considera en el cuerpo del material y nunca mayor de 30 cm en diámetros menores a 110 mm, y en diámetros mayores hasta un máximo de 12 cm por tubo de 6 m de largo.

Tuberías de FFD: Se puede realizar desviaciones en las uniones de 5° en diámetros hasta 150 mm, de 4° en diámetros de 200 a 300mm, 3° en diámetros de 350 mm a 600 mm y de 2° de 700 mm a 800mm.

3.2.5 PENDIENTES MÍNIMAS

El diseño de las líneas de impulsión se ha realizado considerando la operación del sistema, de tal manera que facilite la acumulación de aire en las partes altas pronunciadas, en donde se instalarán elementos que aseguren la evacuación de éste Se recomienda pendientes mínimas de: 2 a 3 mm/m en las partes ascendentes. 4 a 6 mm/m en las partes descendentes. Estando sujeto esto a la configuración de la topografía.

3.2.6. VÁLVULAS DE AIRE.

Ventosas (evacuación y admisión de aire) Las condiciones de funcionamiento, la cantidad y el emplazamiento de estos hacen difícil el dimensionamiento, por lo que se elegirá de manera clásica la ubicación y dimensionamiento de estas válvulas:

Ubicación:

- En todos los puntos altos.
- Cambio de pendiente ascendente a descendente.
- En puntos donde la tubería sale sobre el suelo (Ejm.: Casetas, cámaras, etc)

3.3. SISTEMA DE BOMBEO

La ubicación de la estación de bombeo obedece a criterios de mayor ahorro de energía, a fin de que el costo de operación, así como el tamaño de los equipos de bombeo sean de la menor dimensión posible para que cumplan en forma eficiente con las demandas del sistema en los momentos de máxima demanda al final del horizonte de diseño.

Para el diseño de la estación de bombeo se han considerado los siguientes aspectos:

- El equipo de bombeo (conjunto motor bomba).
- El cálculo de la velocidad específica.

Selección del conjunto motor-bomba. Cuando se tiene un gasto constante a lo largo del período de diseño, es preferible instalar un solo equipo de bombeo. Selección

equipo de bombeo, se toma fundamentalmente el caudal de bombeo al fin del período de vida útil del equipo y la altura dinámica total. Para la succión se ha verificado si se presenta altura positiva en la succión o negativa, referido a la altura sobre el nivel del mar.

Tipo de Bomba. Los equipos que se han seleccionado son aquellos que representan la máxima eficiencia, se ha considerado la velocidad específica, así como el NPSH requerido, tensión de vapor, peso específico, las condiciones del lugar donde se instalará, y se tiene que tomar en cuenta el tipo de uso que se requiera si es de uso agrícola o para consumo humano.

Potencia del motor. La potencia del motor debe ser mayor a la potencia requerida por la bomba en un 10% a 15%, lo que permitirá absorber las pérdidas por disipación de calor.

Niveles del fluido. El nivel mínimo del líquido deberá ser adecuado para satisfacer el diseño particular de la bomba, se emplea en todos los casos las recomendaciones del fabricante del equipo de bombeo

Velocidades en las tuberías de succión y bombeo. Líneas de bombeo, se ha detallado los parámetros de las líneas de bombeo en el ítem correspondiente a líneas de impulsión. En las Líneas de succión, se recomienda que las velocidades de flujo sean menores a 2,5 m/s y la velocidad de rotación del impulsor no debe ser mayor a 3600 rpm.

Estudio de Flujo en Régimen Transitorio. En el estudio del flujo en régimen transitorio como el que se presenta debido al fenómeno denominado golpe de ariete es práctica común utilizar celeridades de 1000 a 1200 m/s para tuberías de FFD y 500 m/s para tuberías de PVC. Aunque se puede utilizar estos valores de celeridades en forma rápida para determinar la sobrepresión es recomendable realizar el cálculo de la celeridad de forma mas precisa con datos propios a cada tubería. Para controlar efectos de supresión es suficiente la utilización de válvulas de aire (admisión de aire), siendo innecesaria la utilización de otro dispositivo de protección.

3.3.1 CONCEPTOS FUNDAMENTALES.

Para la instrucción al dimencionamiento de estos equipos de bombeo nos apoyaremos en la hidráulica que se define a la hidráulica como una rama de la física que estudia el comportamiento de los fluidos. En nuestro caso el fluido a estudiar siempre será agua, y se conoce como hidrostática el estudio del comportamiento de agua en reposo e hidrodinámica el estudio del agua en movimiento, para este fin definiremos algunos conceptos más específicos:

Caudal (Q): Volumen de líquido elevado por la bomba en la unidad de tiempo; es independiente del peso específico y variable al bombear líquidos de viscosidad superior a la del agua.

Presión. (P): En los problemas de bombas se consideran tres tipos de presión: absoluta, barométrica y de columna. Se usa un cuarto termino (vacío), cuando las instalaciones operan debajo de la presión atmosférica.

- **La presión absoluta.-** es la presión arriba del cero absoluto. Puede encontrarse arriba o debajo de la presión atmosférica existente en el punto de consideración.
- **La presión barométrica.-** es la presión atmosférica de la localidad estudiada y varia con las condiciones de altitud y clima.
- **La presión de columna.-** es la presión arriba de la atmosférica en la localidad en la que se mide.
- **Un vacío.-** es una presión de columna negativa.

Presión atmosférica (Pa): Fuerza ejercida por la atmósfera por unidad de superficie.

Presión relativa o efectiva (Pr): Es la presión medida con relación a la presión atmosférica. Los manómetros miden presiones positivas. Los vacuómetros miden presiones negativas.

Presión absoluta (Pabs): Es la presión por encima del cero absoluto (vacío perfecto)

$$P_{abs} = P_a + P_r$$

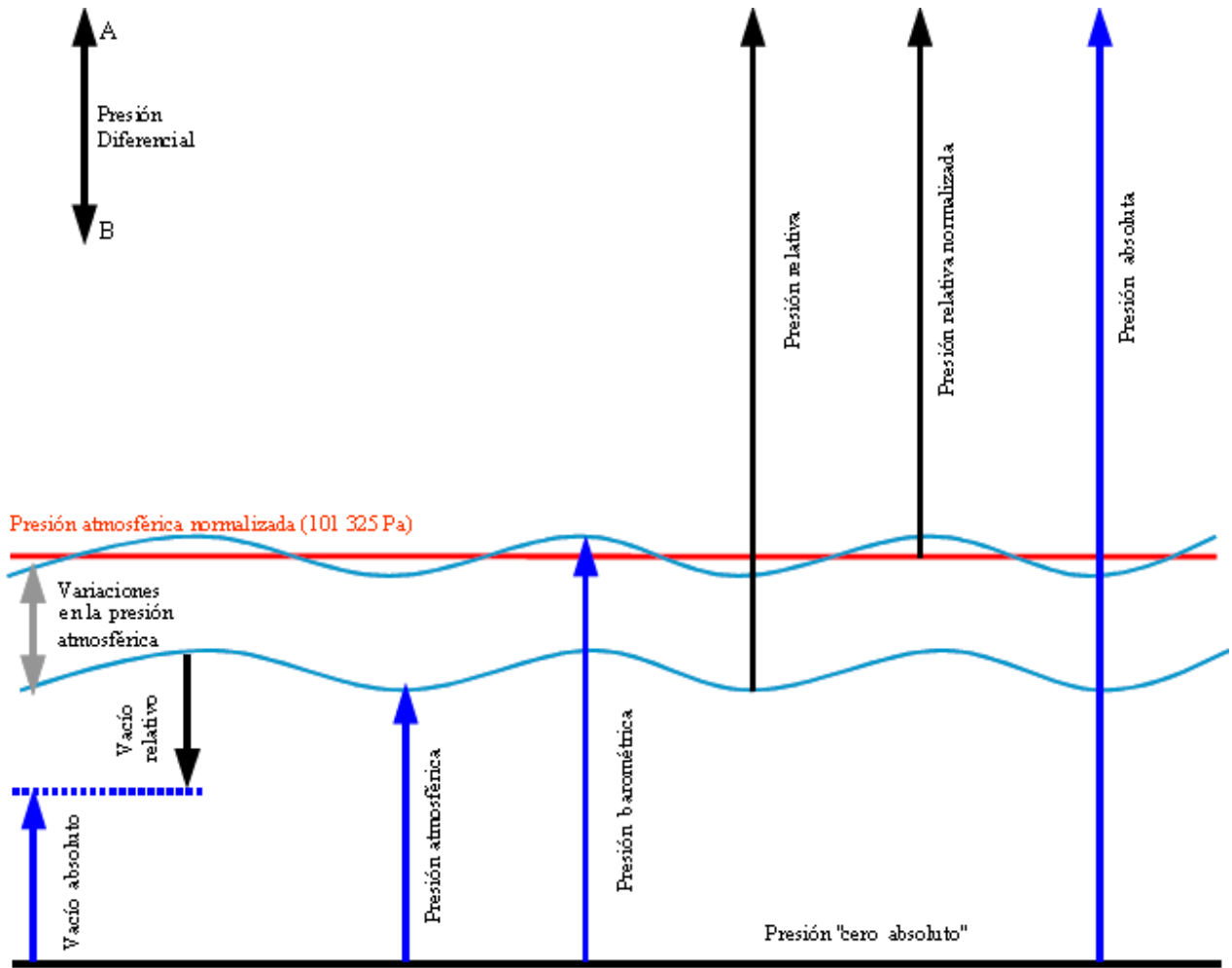


Figura 48. Relación entre los diferentes términos de presión que se usan en bombeo.

Densidad: es la masa de una sustancia por unidad de volumen.

Peso específico (γ): Es el peso de una sustancia por unidad de volumen.

Peso específico = Densidad x Gravedad **Formula**

Influencia del peso específico: Una bomba puede impulsar líquidos de distinto peso específico, por ejemplo agua, alcohol, ácido sulfúrico etc., a una misma altura, afectando tan sólo a la presión de descarga y potencia absorbida que se verán modificadas en relación directa al peso específico.

Altura de aspiración (H_a): Es la altura geométrica medida desde el nivel mínimo del líquido al eje de la bomba (ver figura).

Altura de impulsión (H_i): Es la altura geométrica medida desde el eje de la bomba al nivel máximo de elevación (ver figura).

Altura geométrica total (H_t):

$$H_t = H_a + H_i \dots\dots\dots \textit{Formula.}$$

Pérdidas de carga (P_c): Es la altura que se pierde por los rozamientos que ofrecen al paso del líquido en las tuberías, válvulas, filtros, curvas y otros accesorios.

Altura manométrica total (H_m): Es la altura total (presión diferencial) que ha de vencer la bomba. Responde a la ecuación.

$$H_m = H_t + P_c + \frac{10}{\gamma} (P_1 - P_2) \dots\dots\dots \textit{Formula.}$$

P1: Presión en el depósito de impulsión

P2: Presión en el depósito de aspiración

Si se realiza el bombeo entre depósitos abiertos con la misma presión (presión ambiental) como sucede NORMALMENTE, el valor $P_1 - P_2 = 0$. Es conveniente calcular

por separado la altura manométrica de aspiración para comprobar que la bomba es capaz de aspirar sin dificultades.

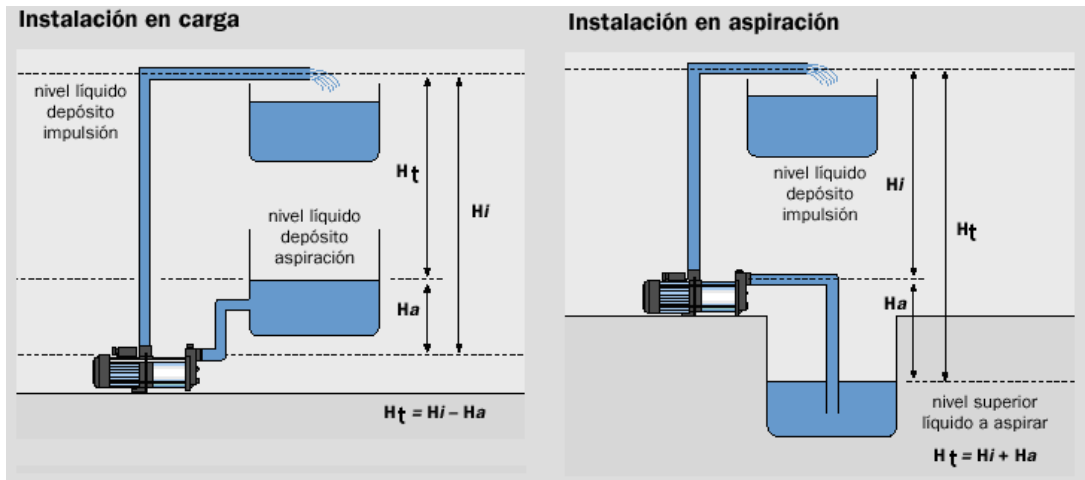


Figura 49. Altura geométrica total

Presión de vapor. (Tv): Todo líquido a cualquier temperatura arriba de su punto de congelación, ejerce una presión debida a la formación de vapor en su superficie libre. Esta presión del líquido es función de la temperatura del líquido. Mientras mas alta sea la temperatura, mayor será la presión de vapor. La presión del vapor es un factor importante en las condiciones de succión de las bombas que manejan líquidos de todos los tipos. En cualquier sistema de bombeo, la presión en cualquier punto nunca debe reducirse más allá de la presión de vapor correspondiente a la temperatura del líquido, porque el líquido formara vapor que puede, parcial o totalmente hacer que cese el flujo del liquido en la bomba.

Columna. Una columna de agua u otro líquido en un tubo vertical desarrolla una cierta presión (fuerza por unidad de área) sobre la superficie horizontal en el fondo del tubo. Esta presión se puede expresar en Kg/cm² o como el número de metros del

líquido que ejerce una presión igual sobre la misma superficie. La altura de la columna del líquido que produce la presión en cuestión se conoce como columna sobre la superficie. El peso del líquido que actúa sobre la superficie es lo que produce la presión.

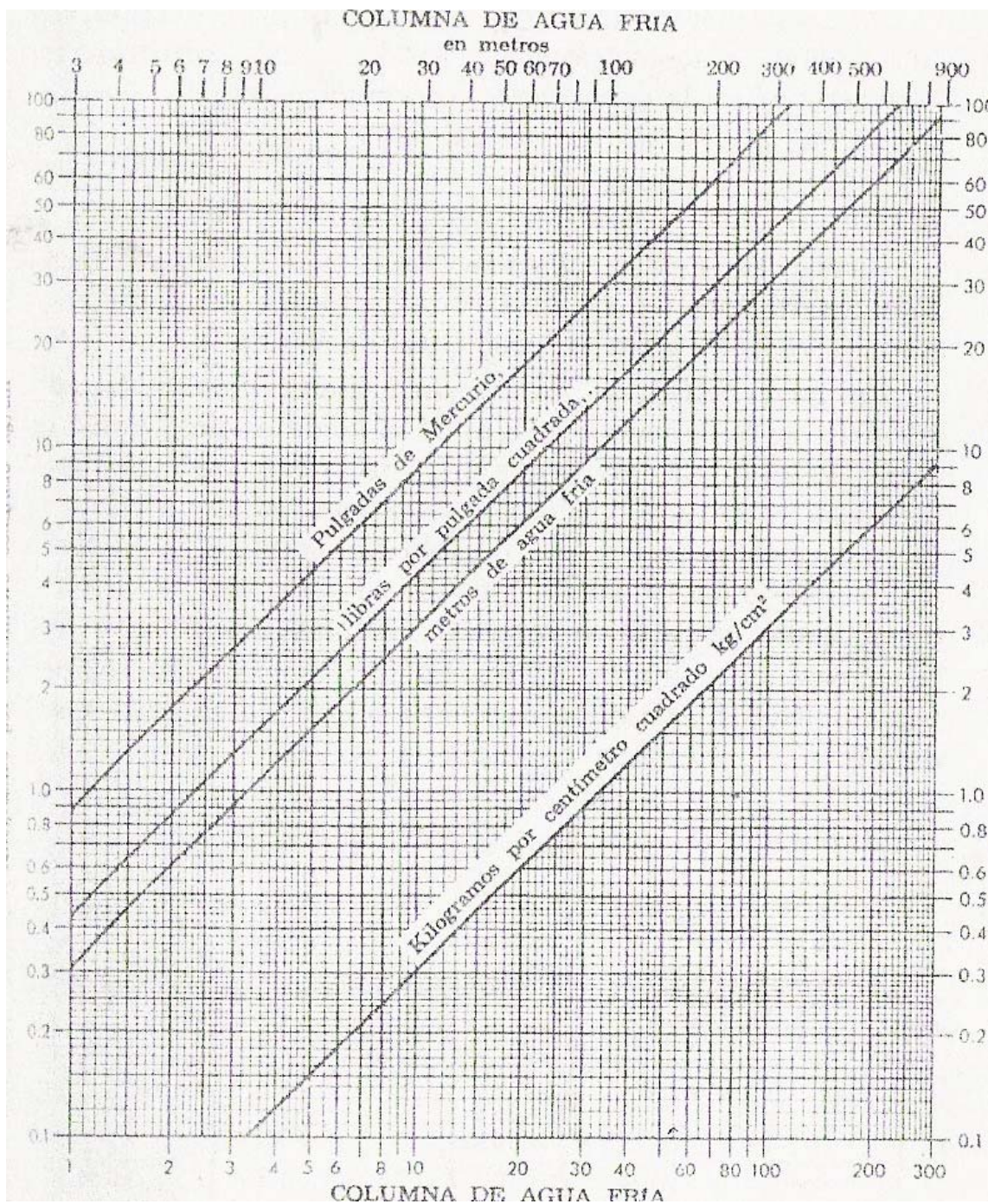


Tabla 4. Conversión de Presión a Metros Columna de Agua.

Considerándose una columna de agua vertical de agua fría (0 a 27 grados centígrados.) aproximadamente con una altura de 10 metros. Un medidor de presión conectada en la parte inferior de la columna, mostrara una presión de 1 Kg. /cm². Pero si ponemos una columna de gasolina cuya densidad es .75 se necesitarían 13.30 metros de altura para producir la misma presión en la base.

Así los términos columna y presión están estrechamente relacionados.

Para convertirla una a la otra se utiliza la siguiente formula:

$$columna\ líquida,\ metros = \frac{10(\text{presión } kg/cm^2)}{\text{densidad}} \quad \text{.....Formula ()}$$

También se utiliza el milímetro de columna de agua (mm.c.a.)

Su equivalencia es:

$$1\ m.c.a. = 0,1\ kg/cm^2 = 9,81\ kPa\ (\text{kilopascal})$$

Columna Estática. Es la altura de columna del líquido que actúa sobre la succión o descarga de la bomba, columna estática en la entrada o salida, y se expresa como un cierto número de metros de líquido. La columna estática es la diferencia de elevación y puede calcularse para una variedad de condiciones que se encuentren en una instalación de bombeo.

Elevación Estática de Succión. Es la distancia vertical en metros del nivel de suministro del líquido al eje central de la bomba, encontrándose la bomba arriba del nivel de suministro. Las distancias horizontales no se consideran como parte de la elevación de succión estática por lo que respecta a la elevación.

Columna Estática de Succión. Cuando la bomba se encuentra más abajo del nivel de suministro del líquido existe una columna de succión estática. Numéricamente es la distancia vertical en metros, entre el nivel de suministro del líquido y el eje central de la bomba.

Columna Estática de Descarga. Es la distancia vertical en metros del eje central de la bomba al punto de entrega libre del líquido. Debe tenerse cuidado que el punto de entrega libre se use cuando se calcula la columna de descarga. En algunos esquemas puede ser difícil determinar el punto exacto.

Columna Estática Total. Es la distancia vertical en metros entre el nivel de suministro y el nivel de descarga del líquido que se maneja de los tubos generalmente se expresa en función de la longitud equivalente de tubo recto de la misma dimensión de la accesorio.

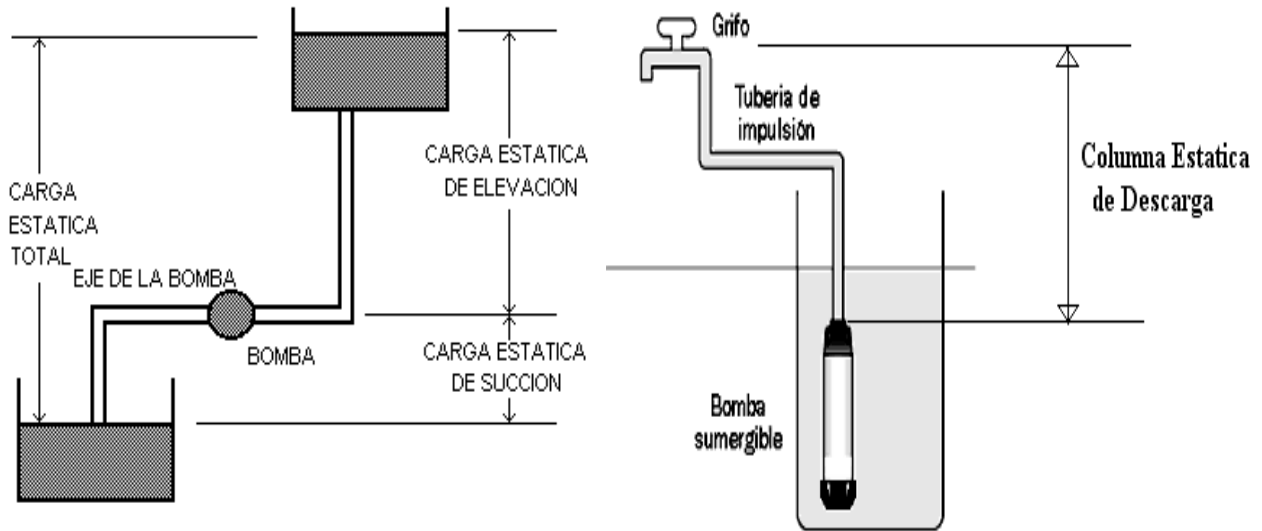


Figura 50. Términos usados en Bombeo Para las Columnas. (Para el caso de Bombas Sumergibles Solo Existe Columna de Descarga.)

3.4. DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA

En el caso particular de nuestro tema nos centraremos exclusivamente en los equipos para pozo profundo. Lo primero con lo que debemos contar para poder realizar el diseño de un sistema de bombeo son los siguientes datos:

- ***Gasto.***
- ***Nivel dinámico.***
- ***Diámetro del ademe.***
- ***Tipo de lubricación que se desea.***

- *Tipo de impulsor (Semi-abierto ó Cerrado).*
- *Velocidad de operación (R.P.M. varia con respecto al diseñador).*
- *Gravedad específica del agua a bombear*
- *Temperatura del agua a bombear.*
- *Altitud*
- *Presión de operación a la descarga de la bomba.*
- *Elevación topográfica*

Datos que ya definimos en el capítulo 1 y que es indispensable analizar y comprender, los antes mencionados en la lista de arriba, y que se obtienen de la siguiente manera:

Cuando se trata de un pozo nuevo, lo correcto es practicar un aforo en dicho pozo, es decir determinar cuanta agua es capaz de dar y a que profundidad, lo cual se logra con una bomba de prueba diseñada para tal fin y un motor de combustión al que podamos variar las revoluciones y experimentalmente tomamos los datos que arroje dicho aforo, que es básicamente el gasto que nos da el pozo a una determinada profundidad y a determinadas revoluciones por minuto que gira la flecha de la bomba.

En este Si se trata de un pozo que no es nuevo debemos tener los datos del equipo anterior o aforo anterior. Si hablamos de una bomba para uso industrial, un carcamo de rebombeo, o disponemos de toda el agua que queramos, nos basaremos en el gasto deseado o de diseño.

Resumiendo:

- **Gasto:** del aforo o gasto de diseño (explicado anteriormente capítulo 1).
- **Nivel Dinámico:** del aforo o nivel de bombeo en el caso de un carcamo.

- **Diámetro del ademe:** del aforo directamente o chocándolo del carcamo de bombeo.
- **Tipo de equipo de bombeo:** según la especificación del cliente (tipo motobomba sumergible, tipo vertical lub. En agua/aceite)
- **Gravedad específica:** Se obtiene pesando un decímetro cúbico del agua a bombear.
- **Temperatura del agua:** Se toma directamente con termómetro.
- **Altitud sobre el nivel del mar:** Se debe conseguir si estamos bombeando en un lugar de excesiva altitud pues puede afectar el NPSH.
- **Presión de operación a la descarga de la bomba:** Esta información puede estar previamente definida por el cliente o bien la calculamos.
- **Elevación Topográfica:** Es el desnivel topográfico desde el cabezal de descarga hasta la descarga del agua.

3.5. DETERMINACIÓN DE LA CARGA DINÁMICA TOTAL

A continuación se procede a calcular la carga dinámica total (CDT), esta la obtenemos de la siguiente manera.

$$CDT = Nivel\ dinámico + Elevación + Fricciones\ en\ columna + Fricciones\ en\ descarga\ o\ conducción + presión\ de\ operación. \dots\dots\dots Formula$$

Estos conceptos ya se explicaron con anterioridad pero podemos revisarlos nueva y brevemente de la siguiente manera:

Nivel Dinámico: Es la distancia vertical desde el cabezal de descarga ó nivel de superficie, hasta el nivel del agua cuando se encuentra en operación el equipo de bombeo.

Elevación: Es el nivel máximo al cual deseamos llevar el agua con respecto al cabezal de descarga.

Fricciones en columna: Son las pérdidas de carga, generadas por el rozamiento que existe entre las paredes del tubo debido a la velocidad del agua que circula dentro de el y a la rugosidad.

Fricciones en conducción: Son las pérdidas de carga, generadas por el rozamiento que existe entre las paredes del tubo de descarga debido a la velocidad del agua que circula dentro de el, así como en los accesorios que existan en el trayecto de la descarga o conducción después del cabezal de descarga.

Presión de operación: Es la presión que se requiere en el ultimo punto de salida del agua, expresada en: MTS o PIES (Recordemos que: $1 \text{ kg/cm}^2=10 \text{ mts}$ y $1 \text{ Lb/Plg}^2 = 2.31 \text{ Pies}$) puede esta presión de operación ser cero si deseamos el agua a descarga libre. (en el caso de tanque elevados y riegos por aspersión).

(Para estos conceptos revisados y los cálculos posteriores, es necesario ver y analizar los diagramas del anexo 1 las tablas 2 y 3).

Para fines de calcular la fricción en la columna de la bomba se propone un diámetro inicial de acuerdo a los fabricantes la siguiente tabla que luego ratificaremos con el diseño del tubo de columna. Y para la conducción posterior al cabezal longitud adicional, normalmente nos vamos a un diámetro mayor al de columna de la bomba, aunque todo depende de un análisis de fricciones y económico entre el costo de la tubería y el costo de energía de caballaje adicional.

GASTO (L/s)	DIAMETRO DEL TUBO DE COLUMNA
5 - 12	3
12 - 20	4
20 - 40	6
40 - 70	8
70 - 110	10
110 - 160	12

Tabla 5. Correspondencia gasto-diámetro

Con el gasto de diseño, buscamos la curva de operación que nos de mejor eficiencia, y tratando de quedar en el lado izquierdo del punto de mejor eficiencia.

Debemos siempre, tomar en cuenta el diámetro del ademe, para así poder localizar la curva de operación de acuerdo a la familia del modelo de tazón que corresponde, tomando en cuenta el diámetro máximo disponible.

3.5.1. CALCULO DE LA CARGA POR PASO Y NO. DE PASOS

En la curva de operación seleccionada nos posicionamos en el gasto de diseño y trazamos una línea vertical hasta tocar la curva de operación, de mayor diámetro, obteniendo el porcentaje de eficiencia de ese punto de operación, luego trazamos una línea horizontal en dirección a la carga total, *la cual nos va a dar el número de metros que eleva un paso de dicho modelo de tazón-impulsor*, y obtenemos el No. de pasos dividiendo la CDT entre la carga que nos da por paso a la eficiencia del punto de operación, esa eficiencia sin embargo no es la real a la que trabajara nuestra bomba, por lo que hay que hacer algunas consideraciones al respecto. La Eficiencia real es a la que va a trabajar realmente nuestra bomba, hasta ahora solo tenemos el punto de eficiencia obtenido en el inciso anterior, la cual es una

eficiencia con tazón esmaltado y con un numero de pasos tal, que no hay necesidad de corregir dicha eficiencia. Pero debemos analizar, los puntos de eficiencia que hay que disminuir por no. de pasos y por no ser esmaltado, dato que podemos ver en las tablas de la curva de operación. La eficiencia de la curva de operación menos los puntos restados nos dará la nueva eficiencia o eficiencia real. Para saber cual es la carga real por paso obtengo un factor de corrección el cual es la división de la eficiencia real entre la eficiencia de la curva de operación, con este factor lo multiplico por la carga por paso sin corregir, para obtener la carga real por paso y de aquí obtenemos el no de pasos real. También tenemos que hacer la corrección por concepto de gravedad especifica, es decir que si la gravedad especifica del agua es diferente a 1.0 tenemos que obtener un segundo factor de corrección que es igual a la gravedad especifica del agua destilada (1.0) entre la gravedad especifica del agua que se pretende bombear.

3.5.2. COLUMNA DE VELOCIDAD.

Un líquido que se mueve en un tubo a cualquier velocidad, posee una energía cinética debido a su movimiento. La columna de velocidad, posee una energía cinética debido a su movimiento. La columna de velocidad es la distancia de caída necesaria para que un líquido adquiera una velocidad dada, y esta dada por la siguiente formula:

$$h_v = \frac{v^2}{2g} \text{Formula (2)}$$

Donde:

h_v = columna de velocidad en metros de líquido.

V = velocidad del líquido en m/s.

G = aceleración debida a la gravedad.

La velocidad del líquido en el punto que se considera debe substituirse en esta relación por la columna de velocidad. Dependiendo de la naturaleza de la instalación de bombeo, la columna de velocidad puede o no ser un factor importante en la columna total de la bomba.

3.6. PERDIDAS DE ADMISIÓN Y SALIDA.

Igual que un líquido que fluye en un tubo, existe una pérdida de fricción cuando un líquido entra al tubo de una fuente libre o sumergida, o descarga a una región similar. Las pérdidas que ocurren en la entrada del tubo se conocen como pérdidas de admisión y por su puesto tenemos las de salida. En ambos casos las pérdidas reducen la columna de la velocidad en el punto que se considera. Para disminuir las pérdidas de admisión, generalmente se usa un tubo de succión acampanado.

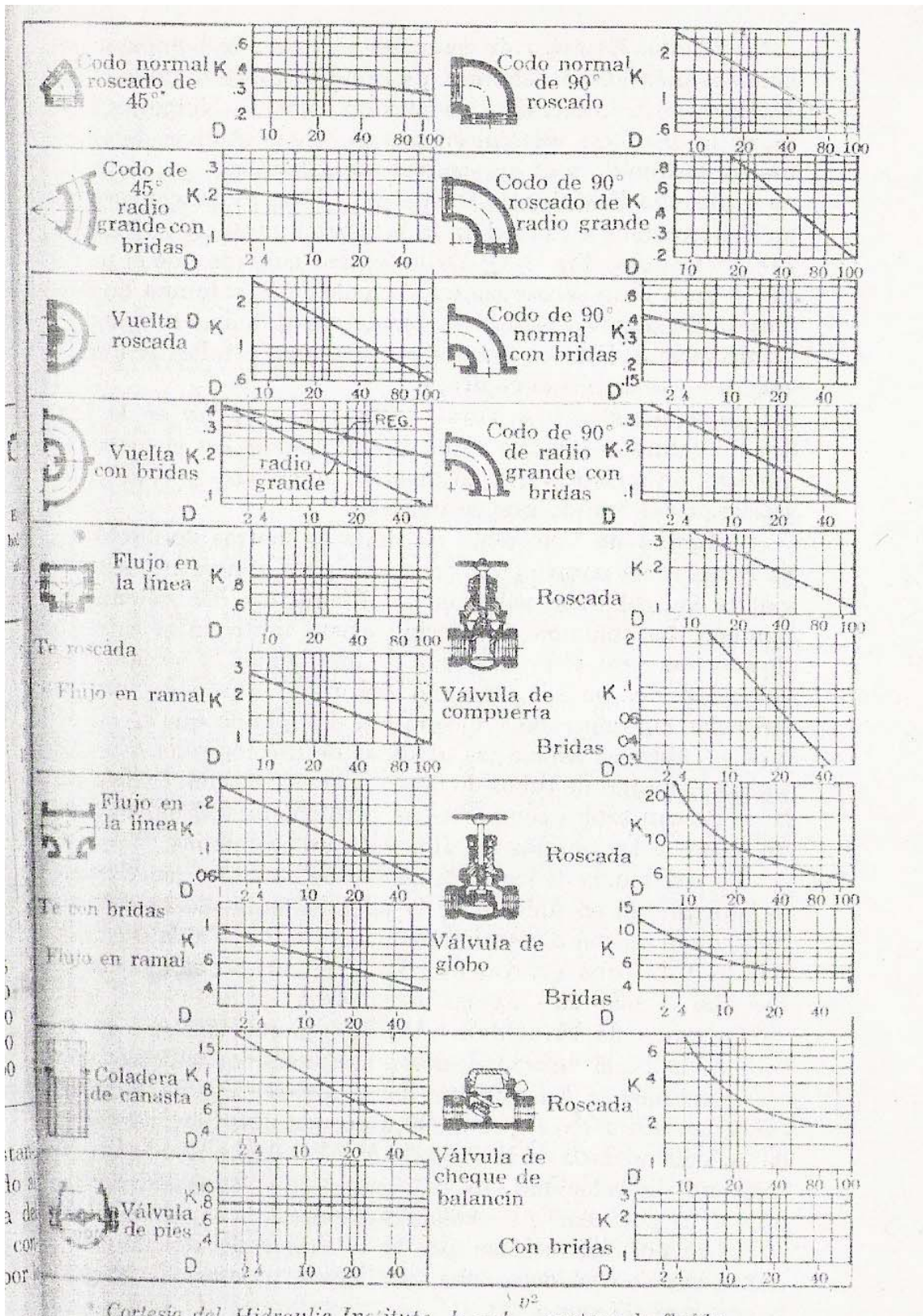
Igualmente se presenta una pérdida cuando el líquido que fluye en un tubo pasa a un tubo de succión mayor o menor en forma abrupta. Las pérdidas en estos puntos, así como las de admisión y salida de un tubo, pueden expresarse como el producto de un coeficiente (cuyo valor depende de accesorio y su disposición) y la columna de velocidad del accesorio. La tabla 4-3 señala los coeficientes para algunos accesorios que usan los sistemas de bombeo.

Se emplea la formula: $h = kV^2/2g$ Formula (3)

Donde:

k = coeficiente de perdidas

$V^2/2g$ = Columna de velocidad.



Cortesía del Hidráulico Institute $h = k \frac{v^2}{2g}$

Tabla 6. Coeficiente de resistencia para accesorios de tubería

El coeficiente de la tabla 6 y la velocidad correspondiente en el tubo, pueden usarse para determinar las pérdidas de columna causadas por un accesorio, en lugar de usar la longitud equivalente de la tabla.

3.6.1 ELEVACIÓN DE SUCCIÓN.

Numéricamente es la suma de la elevación estática de succión,, la columna de fricción de succión y las perdidas de admisión en el tubo de succión. Nótese que la columna de fricción en succión, incluye la fricción en el tubo y todos los accesorios en la línea de succión.

3.6.2. COLUMNA DE SUCCIÓN.

Aun cuando la elevación de succión es una columna de succión negativa, la práctica común es usar el término elevación para una columna de succión negativa cuando la bomba toma su succión de un tanque abierto cuya superficie esta expuesta a la presión atmosférica. La columna de succión, es la columna de succión estática menos la columna de fricción de succión y las perdidas de admisión de la tubería de succión, mas cualquier presión que se encuentre en la línea de succión. Nótese que el vacío en la línea de succión así como la del pozo caliente de un condensador, es una presión negativa y se suma algebraicamente a la columna de succión estática del sistema.

3.6.3. COLUMNA DE DESCARGA.

Es la suma de la columna de descarga estática, la columna de fricción de descarga y la columna de velocidad de descarga.

3.6.4. COLUMNA TOTAL.

Es la suma de las columnas de elevación de succión y descarga. Cuando hay una columna de succión negativa, la columna total de la bomba es la diferencia entre las columnas de descarga y de succión.

3.6.5. PRESIÓN DE VAPOR.

Los líquidos a cualquier temperatura arriba de su punto de congelación tiene una presión de vapor correspondiente que debe de considerarse cuando se calcula un sistema de bombeo. La figura 4.20 muestra la presión de vapor para agua a varias temperaturas. La reducción de la presión de vapor en el tubo de succión de una bomba más debajo de la presión de vapor del líquido puede causar vaporización, es decir, formación de vapor del líquido. Puesto que una bomba para líquidos de diseño ordinario no puede bombear únicamente vapor, el flujo del líquido a la bomba se interrumpe y se dice que la unidad se encuentra “en vapor”. El método mas comúnmente usado para evitar esta condición es el dar suficiente columna a la succión de la bomba para que la presión en el tubo de succión sea siempre mayor que la presión de vapor liquido que se maneja.

3.7 NPSH Disponible.

Esta es una función del sistema: la columna de succión o elevación, columna de fricción, y la presión de vapor del líquido que se maneja. Dependiendo de las condiciones de aplicación, el NPSH de que se dispone puede alterarse para conformarse con la que requiere la bomba para su operación satisfactoria, si pueden hacerse cambios en la tubería, nivel de suministro del líquido, etc. Así pues alterando la disposición física de una instalación, es posible controlar una fase del NPSH disponible. Pero la presión de vapor del líquido no puede cambiarse sin aumentar o disminuir la temperatura del líquido; y esto no es siempre factible. Por lo tanto, puede ser un obstáculo para la alteración de NPSH.

3.7.1. NPSH REQUERIDO.

Esta es una función de diseño de la bomba y varía de una marca de bomba u otra y entre diferentes modelos de una marca, así como con la capacidad y velocidad de una bomba dada. Luego aun cuando el NPSH disponible es fácil de calcular para unas condiciones conocidas, la requerida para una bomba particular puede obtenerse del fabricante.

El fabricante puede suministrar gráficamente las características del NPSH para una bomba dada sobre una curva de operación. La tabla 7 muestra una curva de ese tipo para una bomba de turbina. Muestra como las características del NPSH pueden dibujarse sobre una curva de características típicas de una bomba centrífuga.

Nótese que en ambos casos el NPSH es la presión disponible o requerida para forzar un gasto determinado, en litro por segundo, a través de la tubería de succión al ojo del impulsor, cilindro o carcasa de una bomba. Para uniformidad del NPSH viene dada en metros del líquido manejado equivalentes a las presiones en kilogramos por centímetro cuadrado requeridos para forzar el líquido de la bomba. Los valores dados por el fabricante de la bomba se basan en pruebas y están corregidos regularmente al eje central de la bomba.

Cuando el nivel de suministro del líquido se encuentra arriba de la línea de centro de la bomba, y la superficie del líquido expuesto a la atmósfera, el NPSH es la suma de la presión barométrica mas la columna de succión estática menos las perdidas de columna de fricción en el tubo de succión y la presión de vapor del líquido; todos expresados en metros del líquido manejado. Cuando la alimentación de la succión se hace de un tanque o recipiente cerrado hay que sustituir la presión del tanque por la presión barométrica (un vacío se expresa como presión negativa). La presión del tanque debe convertirse a metros de líquido manejado antes de que pueda intervenir en la ecuación del NPSH.

Cuando la alimentación del líquido se encuentra abajo de la bomba en un tanque abierto a la atmósfera. El NPSH es la diferencia entre la presión barométrica y la suma de la elevación de succión estática mas las perdidas de la columna de fricción en la tubería de succión mas la presión de vapor del líquido.

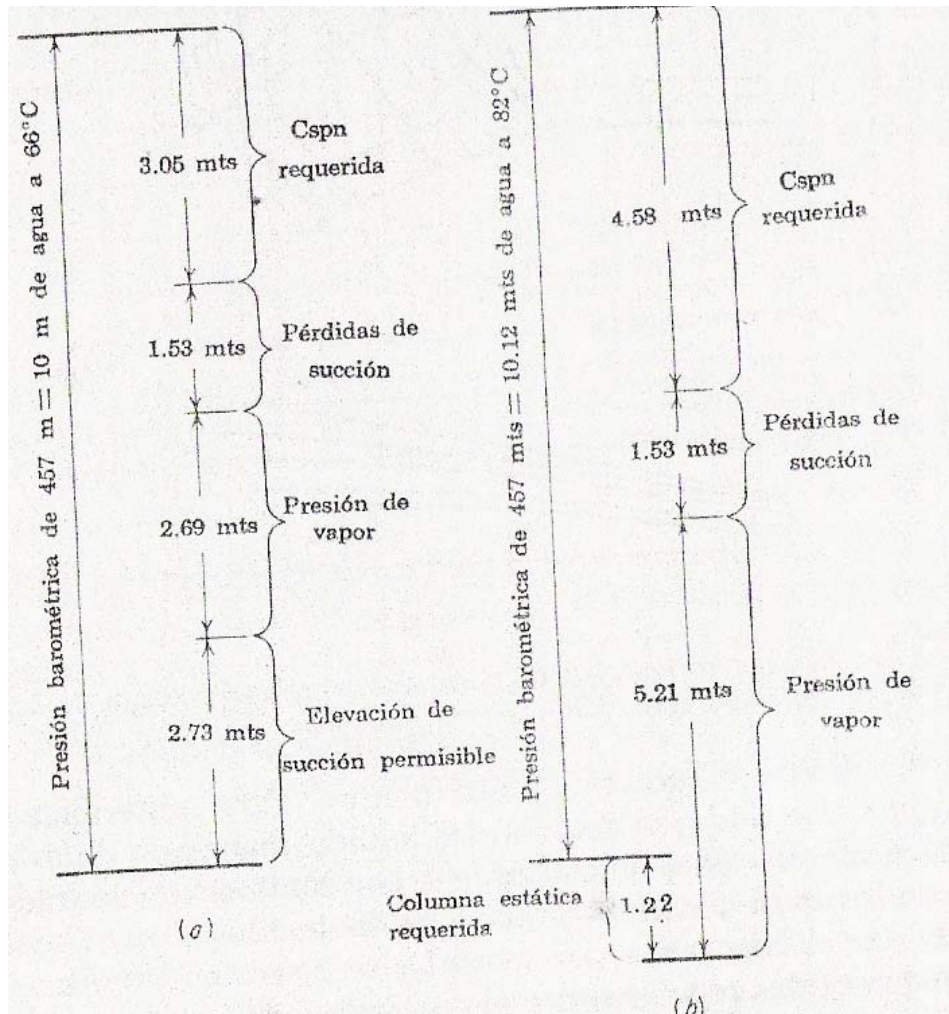


Tabla 7. Calculo del NPSH.

Cuando el suministro de líquido viene de un tanque o recipiente cerrado debajo de la bomba, la presión del tanque se usa en lugar de la presión barométrica. Debe convertirse a metros equivalentes de líquido, antes de sustituir la de la ecuación para NPSH.

3.7.2. EL USO DEL NPSH.

Supóngase una bomba en una planta a 457m sobre el nivel del mar que requiere 3.05m de NPSH manejando agua a 66° C a capacidad nominal. ¿Cuál es la elevación

de succión permisible de esta unidad si las pérdidas de fricción de admisión y succión son 1.53m de líquido.

En la tabla 7 muestra las condiciones de este problema al nivel del mar y presión atmosférica normal, 1.03 kg/cm² la elevación de succión estática máxima teórica es de 10.33m cuando la bomba maneja agua fría (por conveniencia, esto se redondea normalmente a 10.00m. Conforme aumenta la altura sobre el nivel del mar disminuye la presión atmosférica, reduciendo la elevación de succión estática teórica. Pero conforme la temperatura del agua aumenta sobre 4° C, su punto de máxima densidad, la velocidad disminuye. Así que altura sobre el nivel del mar en la que maneja agua caliente, es necesario una corrección para determinar la elevación de succión estática teórica máxima.

Altitud m.	Presión barométrica en mm Hg	Atmósferas	Punto de ebullición C
—305	787.4	1.07	109
—152.5	774.7	1.05	105
0 (anm)	759.5	1.03	100
305	734	1.00	99
457.5	718.8	0.98	98.5
610	706.1	0.96	98
1 220	655.3	0.89	96
1 830	609.6	0.93	94
2 440	563.9	0.77	92
3 050	523.2	0.71	90
4 575	429.3	0.58	84.5

Tabla 8. Propiedades del agua a diferentes altitudes.

De la tabla 8 la succión teórica máxima posible con agua fría a 457m de altura sobre el nivel del mar es de 9.75m sin embargo el agua a 66° C tiene una densidad de .981

luego la elevación teórica máxima con aguas a 66° C y a 457 m de altura es de $9.75/0.981=9.95\text{m}$ de agua.

Al construir la grafica de escala la elevación de succión permisible, si existe, es una función de la elevación teórica máxima, NPSH requerido, perdidas por succión y perdidas del vapor del líquido al temperatura de la entrada de la bomba.

3.8. CAVITACIÓN.

Con una elevación de succión anormalmente alta o NPSH insuficiente, puede ocurrir la cavitación en la instalación de bombeo. En la fig. 51 se ilustran los pasos que producen estos fenómenos, donde se ilustra lo que ocurre generalmente en el interior de la bomba por consecuencia de la cavitación.

Cuando la bomba opera con una elevación excesiva, se desarrolla una presión de succión baja en la entrada de la bomba, la presión disminuye hasta que puede crearse un vacío y el líquido se convierte en vapor, si la presión del tubo es mas baja que la presión del vapor del líquido, el flujo de líquido en la bomba desaparece. Fig. 51 esto se conoce como punto de corte debido a que se ha alcanzado el límite de la capacidad de la bomba con esta presión de entrada. La bomba se acerca ahora a condiciones de operación que pueden causar daño.

Cuando la presión de entrada esta a punto de alcanzar el punto de vaporización, las bolsas de vapor forman burbujas en el lado posterior del alabe del impulsor., cerca de su base conforme una burbuja se mueve del área de baja presión en la admisión, en el área de alta presión cerca del extremo del alabe, la burbuja desaparece. Se

deshace tan rápidamente que el líquido golpea el alabe con fuerza extrema, a veces lo bastante fuerte para descargar pequeñas partículas del impulsor. El daño se llama picadura, y el ruido que se oye en el exterior de la bomba durante la cavitación es causado por el colapso de las burbujas de vapor.

Una elevación de succión excesiva, NPSH insuficiente a una operación a velocidad excesiva son causas comunes de cavitación. Las dificultades más comunes derivadas de la cavitación son picadura, vibración y ruido. Aun cuando la cavitación severa viene generalmente acompañada por ruido excesivo y daños a la bomba, una cavitación moderada puede no producir más que una pequeña reducción en la eficiencia de la bomba y desgaste moderado de las partes de la bomba.

Puesto que cualquier bomba puede sufrir cavitación, debe tenerse cuidado en la selección de unidad y planificación de la instalación. Para las bombas centrífugas, el fabricante Fairbanks, Morse And Co. recomienda que se eviten las cinco condiciones siguientes.

1. Columnas mucho más bajas que la columna de máxima eficiencia de la bomba.
2. Capacidad mucho mayor que la capacidad de máxima eficiencia de la bomba.
3. Elevación de succión mayor o columna positiva menor que la recomendada por el fabricante.
4. Temperaturas de líquido mayores a las de diseño u originales del sistema.
5. Velocidades más altas que las recomendadas por el fabricante.

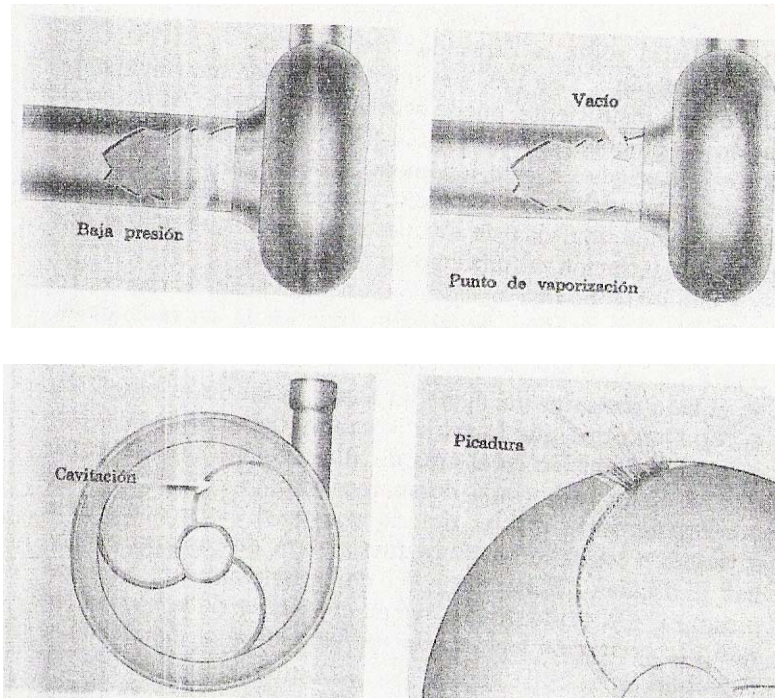


Figura 51. Cavitación

3.9 VELOCIDAD ESPECÍFICA.

En bombas centrifugas, la elevación de succión esta relacionada con la velocidad especifica de la unidad. Las pruebas demuestran que para una región dada de velocidad especifica, hay una relación entre columna, capacidad y elevación de succión segura para varios tipos de bombas. Las tablas 9 y 10 muestran las recomendaciones para los limites superiores de velocidad especifica para ciertos tipos de bombas centrifugas.

Estas curvas son útiles para comprobar la adaptabilidad de una bomba elegida de las tablas de características o de las curvas de catalogo del fabricante, y para verificar las recomendaciones de una bomba ofrecida en una posición.

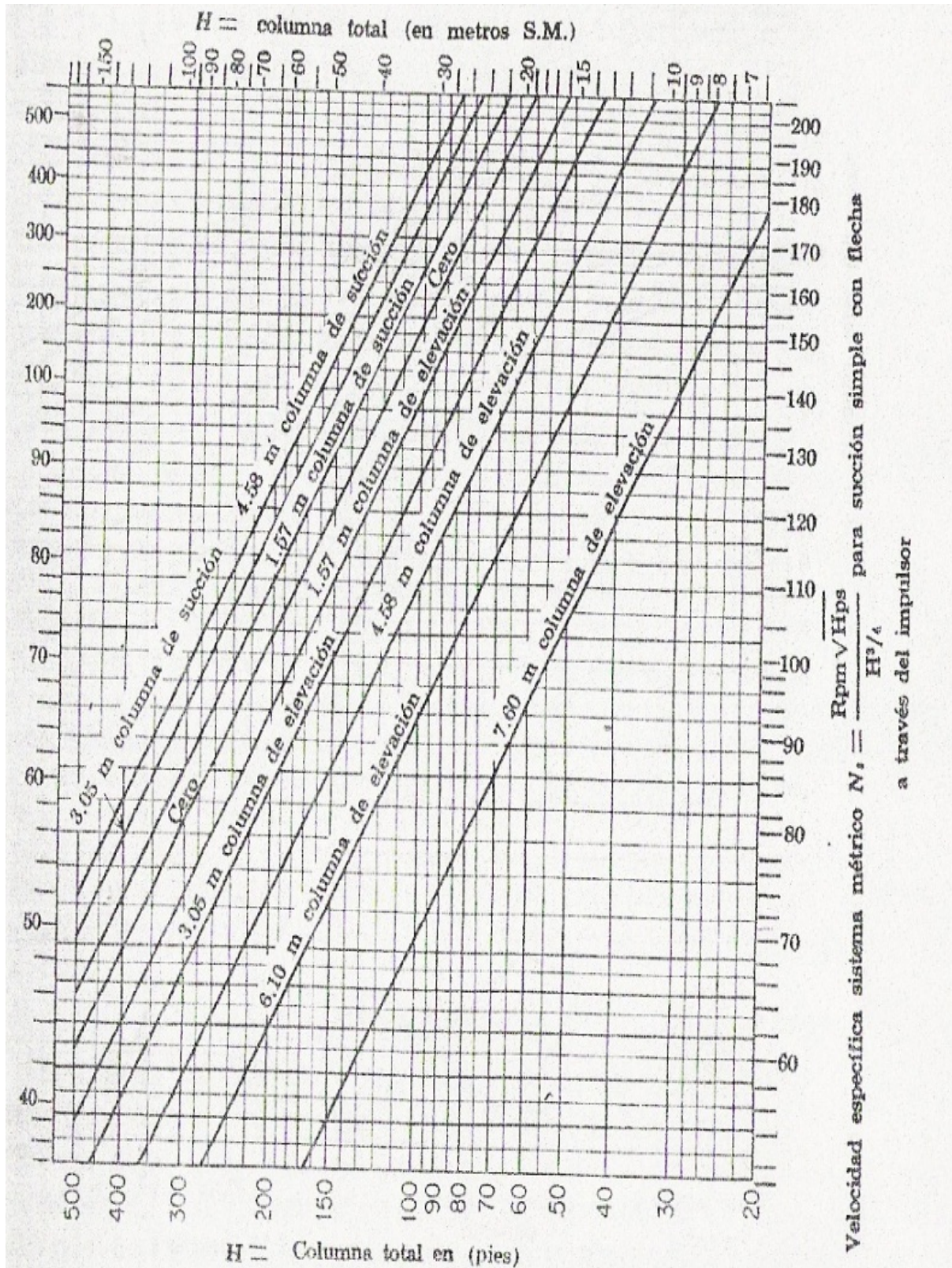


Tabla 9. Velocidades específicas

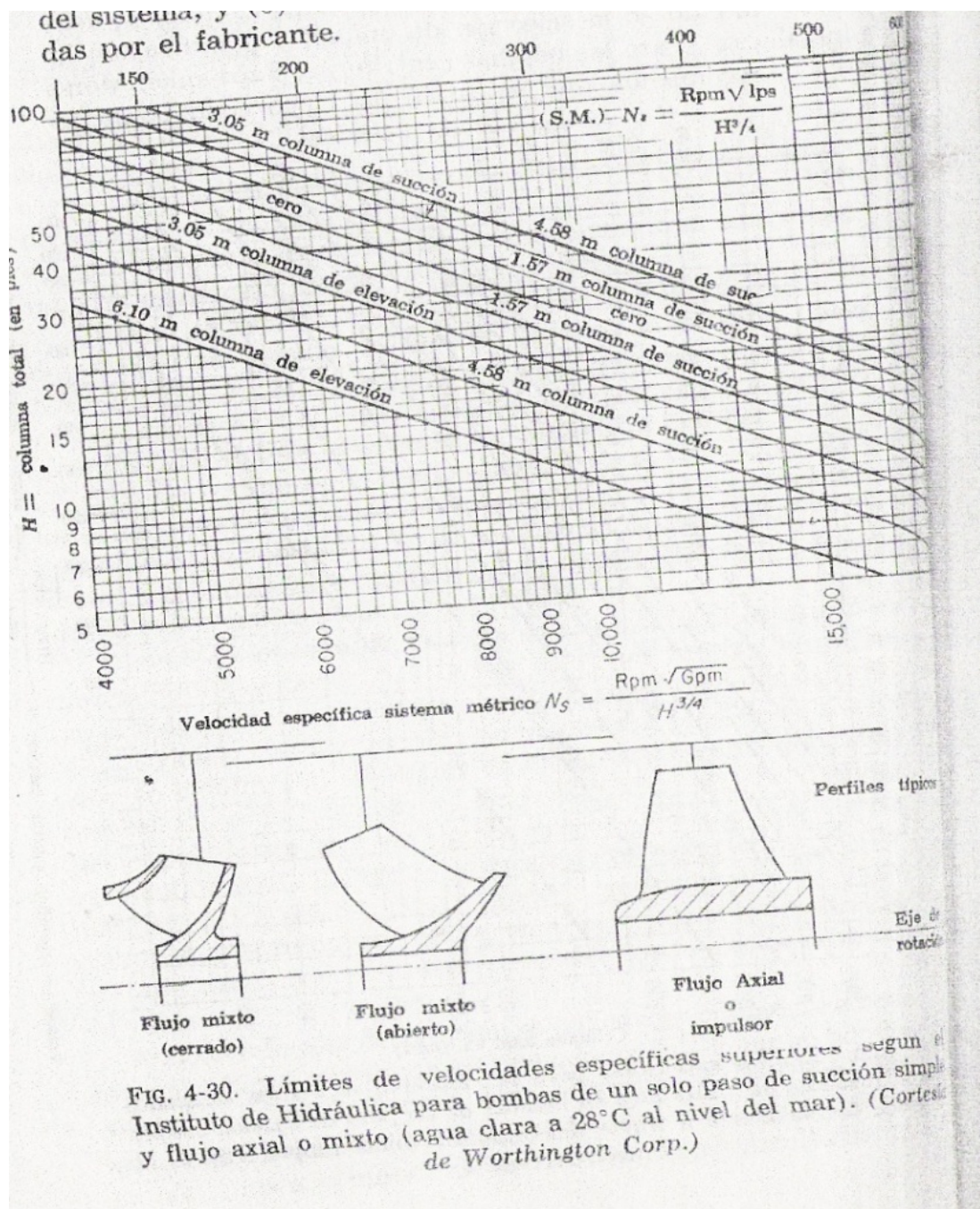


Tabla 10. Límites de velocidades específicas

3.10. ESPECIFICACIÓN DE LA COLUMNA DE LA BOMBA.

Aun cuando la columna total de una bomba puede calcularse con gran exactitud, es necesario ejecutar las especificaciones cuidadosamente conforme a las condiciones

exactas que existen en la instalación para evitar errores costosos en la selección de bombas. Quizás la causa más común de tales errores es la acumulación de factores de seguridad que se aplican antes de llegar al punto de operación final de la bomba. Factores de seguridad en exceso o demasiado liberales, pueden producir una bomba de capacidad mayor que la realmente necesaria, lo cual conduce un exceso en el consumo de potencia y posiblemente mayor costo de mantenimiento.

3.10.1. COSTO RUIDO.

Una bomba de capacidad excesiva tiene un costo inicial más alto, que una bomba del tamaño correcto.

El ruido que es un factor de importancia creciente en los sistemas de bombeo, muchas veces se debe a una bomba de tamaño excesivo. Una bomba más grande de lo necesario descarga más líquido, puesto que no puede cambiarse la tubería, el líquido debe circular por la tubería a mayor velocidad, esto puede conducir a ruido excesivo.

3.10.2. OTROS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ESPECIFICACIÓN DE LA COLUMNA DE UNA BOMBA.

Estos incluyen: los cálculos de pérdidas por fricción, demandas nuevas o futuras en la bomba, variación en el nivel de succión o de descarga, líquido que se maneja.

3.10.3. DEMANDAS NUEVAS O FUTURAS.

Si se ha de usar una bomba existente para un servicio nuevo o una bomba que se esta comprando habrá de tener una demanda diferente en el futuro, la columna especificada debe de considerarse desde diferentes aspectos. Por ejemplo al cambiar el ancho del impulsor de una bomba centrifuga generalmente habrá de alterar la curva columna capacidad fig.52 un impulsor mas ancho descarga un mayor volumen de agua que un angosto y tiene en general una curva HQ mas plana fig. 53. La bomba de impulsor mas angosto tiene menos capacidad que una curva HQ mas inclinada. El cambio en la forma de los alabes del impulsor también altera el comportamiento. Un alabe de tipo radial tiene en general una curva HQ plana. Fig. 53 mientras que los alabes con un ángulo más agudo nos da una curva HQ mas inclinada. El aumentar el numero de alabes es un impulsor produce también una curva HQ mas plana Fig.53. La reducción del número de impulsores da una curva más inclinada fig. 53.

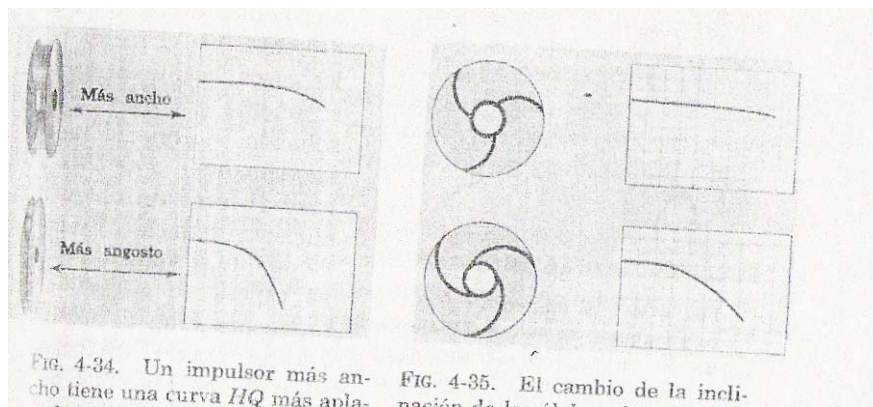


Figura 52. Reducción de impulsores

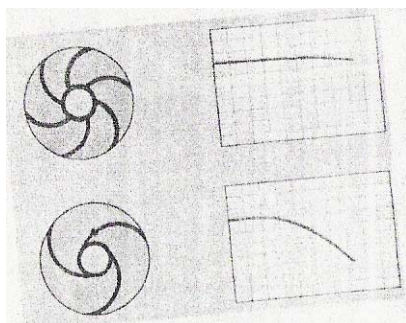


Figura 53. Alabes de un impulsor

3.10.4. NIVEL DEL LÍQUIDO.

Cuando el nivel de succión o de descarga del líquido, varía durante la operación de la bomba, es probable que venga acompañado por un cambio en la columna estática de la bomba. Dependiendo de la clase y tipo de bomba que se usa, puede hacer una variación en la cantidad del líquido entregado a diferentes columnas estáticas. El cambio de capacidad conduce a un cambio en las pérdidas de fricción y, como resultado, la región de la columna total en la bomba puede ser menor que la correspondiente a columna estática. Para determinar el efecto de tal variación en una bomba particular, la columna total deberá calcularse para cada grupo de condiciones de operación.

3.10.5. ENVEJECIMIENTO DE LA TUBERÍA.

En general la resistencia de un tubo dado aumenta con la edad, dependiendo la magnitud del aumento de las características químicas del líquido que fluye de las propiedades del material de que está hecho el tubo. Los depósitos químicos que reducen el área del tubo, o una mayor rugosidad en el interior causada por corrosión o por productos de corrosión, son los síntomas más comunes de la resistencia del flujo.

Es casi imposible señalar una regla general por lo que respecta a aumenta resistencia con la edad, debido a que las características de los líquidos varían tanto de una área a otra, y de una aplicación a otra. Cuando la economía de un proyecto no compensa el gasto de una investigación detallada del efecto del envejecimiento, o no existen registros del efecto de las aguas locales o similares sobre el envejecimiento, pueden aplicarse los factores.

3.11. CAPACIDAD DE UNA BOMBA.

El requisito principal de una bomba es entregar la cantidad correcta de líquido contra la columna existente en el sistema, pero son varios los puntos que deben estudiarse antes de que pueda especificarse la capacidad de la bomba propuesta.

La unidad más común para expresar la capacidad de la bomba, en estados unidos es la de galones americanos por minuto. En el sistema métrico la capacidad se expresa en metros cúbicos por hora o en litros por segundo.

3.11.1. TEMPERATURA.

La densidad del líquido cambia con la temperatura, es importante señalar la temperatura del líquido a las condiciones de bombeo. El agua fría entre 0 y 27° se supone generalmente con una densidad constante. Arriba de 27° C, el cambio de densidad se convierte en un factor de considerarse en los cálculos usuales.

3.12. CÁLCULOS EN LA SELECCIÓN DE UNA BOMBA.

Básicamente hay 5 pasos en la selección de cualquier bomba, sea grande o pequeña, centrífuga, recíproca o rotatoria. Estos pasos son:

1. Un diagrama de la disposición de bomba y tuberías.
2. Determinar la capacidad.
3. Calcular la columna total.
4. Estudiar las condiciones del líquido.
5. Elegir la clase y el tipo.

Demanda de potencia. La potencia requerida para mover cualquier clase o tipo de bomba puede calcularse así:

$$P = \frac{f \cdot h \cdot s}{7620 \cdot e}$$

Donde:

P = demanda de la potencia en (HP)

f = gasto en (lps)

h = columna total de la bomba en (m)

s = densidad del líquido.

e = eficiencia de la bomba.

Esta ecuación es adecuada para todos los líquidos con una viscosidad igual a la del agua.

3.12.1 LUBRICACIÓN DE LAS BOMBAS.

Las bombas lubricadas por agua se usan cuando se requieren agua absolutamente libre de aceite. Los impulsores son generalmente cerrados o semiabiertos. Los difusores, se extienden hacia arriba en los tazones de la bomba. Para condiciones promedio del agua, los materiales que se usan para el impulsor incluyen, bronce, fiero de fundición gris de grano fino. Hierro de alto níquel y hierro esmaltado con porcelana. Los tazones revestidos con porcelana también se fabrican pero no se usan extensamente debido a que el impulsor esta sujeto a mayor acción de corte que los tazones. Nótese que el ademe del pozo no es parte de la bomba.

3.12.2 BOMBAS DE MOTOR SUMERGIBLE.

En este diseño una bomba centrífuga del tipo difusor, vertical, se monta directamente sobre un motor de pequeño diámetro que opera sumergido en agua del pozo. La tubería de descarga llamada también tubo de columna, soporta el peso de la bomba y el motor.

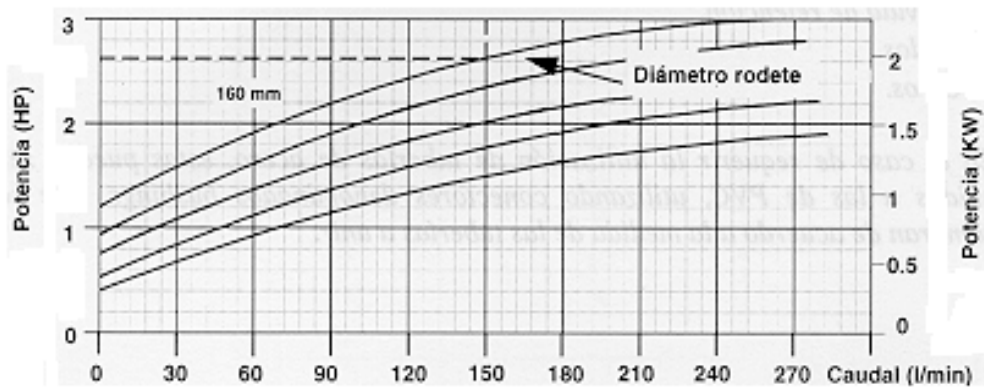
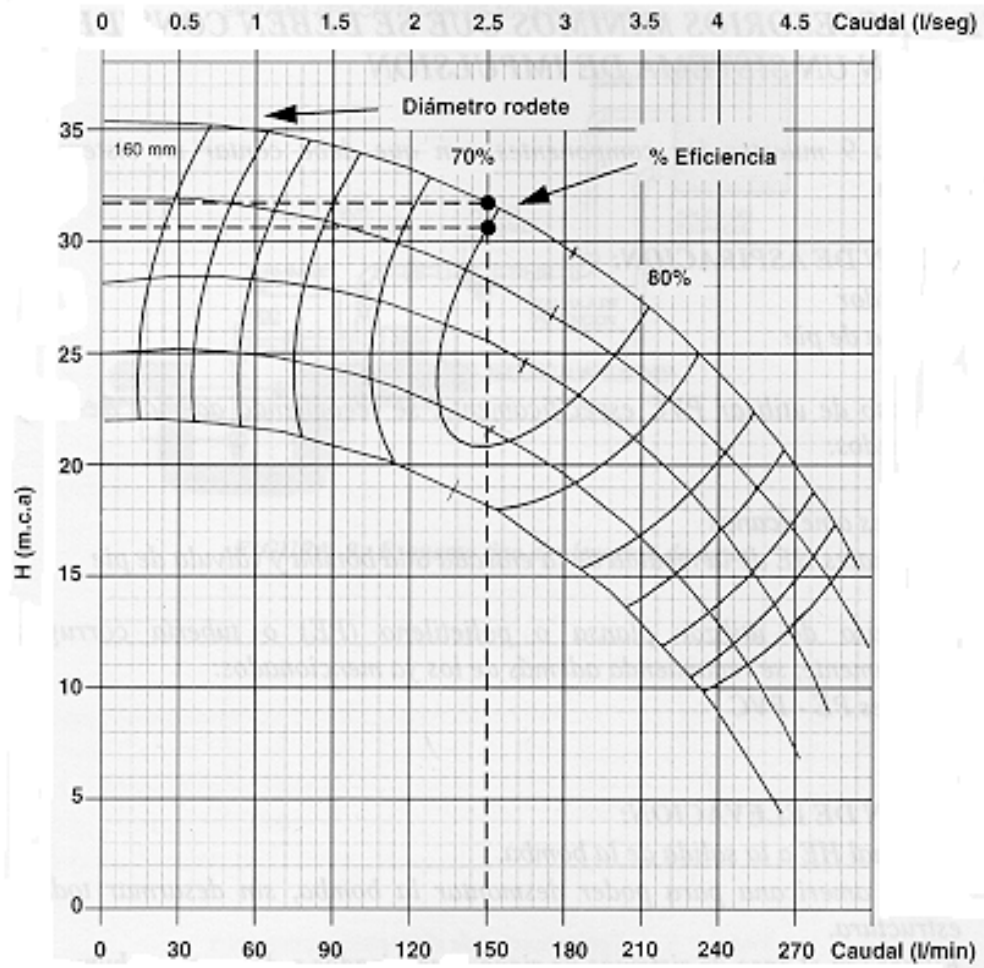


Tabla 11. Selección de diámetro de rodete, eficiencia y potencia en una curva característica, según caudal y altura manométrica.

3.12.3 MEDICIÓN DE PARÁMETROS.

La determinación del flujo, la carga, la potencia y la frecuencia de rotación son necesarias para la elaboración de la curva de operación de la bomba, misma que debe servir para verificar los parámetros garantizados por el fabricante específicamente el de la eficiencia. En seguida se mencionan algunos de los métodos utilizados en la medición de estas variables.

- **Medición de flujo.** Estos métodos pueden ser el de pitometría y tanque volumétrico. 1. *Valores instantáneos.* Placas de orificio calibrado, tubos venturi, toberas, rotámetros y medidores de flujo externos magnéticos. En la práctica también se usan los del tipo electromagnético.
- **Medición de la carga.** 1. *Carga total de bombeo (H),* (Valores promedio en un intervalo de tiempo).
- **Instrumentos de medición para la presión.**1. *Manómetro de Columna líquida.*2. *Manómetro de Bourdon.*
- **Medición de los niveles de bombeo y presión de descarga.**1. *Sonda eléctrica.* Este dispositivo consiste de Conductores eléctricos con forro de plástico; una fuente de energía eléctrica (baterías); un timbre de alarma tipo casero o un amperímetro.2. *Sonda neumática.* Este dispositivo consiste de un manómetro, una bomba de aire y la cantidad necesaria de tubo galvanizado de 6.32 mm (1/4 in) de diámetro.

- **Medición de la frecuencia de rotación. (Velocidad)**La velocidad de rotación debe ser medida mediante un tacómetro de indicación directa, por un contador de revoluciones en un intervalo de tiempo, por un dínamo, por un contador óptico y un frecuencímetro o por medio de una medición directa (estroboscópio).
- **Medición de la potencia de entrada a la bomba.** La potencia de entrada a la bomba debe ser determinada mediante la velocidad de rotación y el par, o mediante la medición de la potencia demandada por un motor eléctrico de eficiencia conocida, el cuál será directamente acoplado a la bomba dependiendo del método que se utilice. 1. *Mediante la medición del par.* El par debe ser medido por un medidor de par certificado. 2. *Mediante la utilización de un motor trifásico de características conocidas.* La potencia eléctrica debe ser medida en forma directa mediante wattmetros, o en forma indirecta mediante: voltímetros, amperímetros, y medidores de factor de potencia.

3.13. SELECCIÓN DE LA BOMBA ADECUADA.

La correcta selección, radica en conocer las condiciones en que trabajará la bomba. Se puede hacer una selección equivocada por no haber investigado los requisitos del sistema ni haber determinado cual debe ser la eficiencia.

Una selección inadecuada de la bomba ocasiona que el caudal de extracción sea mayor o menor al programado, provocando que la carga a la que opera el motor no

sea la correcta, derivando de esta forma lecturas muy altas o muy bajas en las eficiencias.

Los motores son diseñados para trabajar a una capacidad nominal y cuando operan por debajo de ésta, se genera un factor de potencia bajo que origina por principio, una penalización por parte de la CFE al llevar a cabo una sobrefacturación en los consumos de energía de los aprovechamientos, además de no trabajar con los parámetros de eficiencia marcados en los motores por el fabricante. El resultado de una mala selección, son bajas eficiencias.

3.14 FACTORES QUE AFECTAN LA EFICIENCIA.

Existen condiciones que afectan negativamente la eficiencia del equipo de bombeo, en general corresponde a la fabricación del diseño del equipo. Entre las principales se tienen las siguientes:

- **Pérdidas volumétricas.** Estas pérdidas son indicativas de una circulación de flujo del lado de alta presión al de baja presión del impulsor; aunque en general, estas pérdidas son pequeñas, pueden revestir importancia bajo condiciones de desgaste o desajuste de la bomba.

- **Pérdidas hidráulicas.** Constituyen la diferencia entre la carga que podría obtenerse de la energía disponible en el impulsor y aquella que realmente se desarrolla; las más importantes son por choque de entrada, generadas por el cambio de dirección del líquido y por fricción del líquido, al fluir.

- Pérdidas mecánicas. Se deben principalmente a la fricción de cojinetes, empaques o sellos y a la fricción del disco generada entre los lados del impulsor y el líquido.

3.15 SELECCIÓN DEL CABLE ELÉCTRICO

Los grupos con motor eléctrico sumergible necesitan de cables conductores, a través de los cuales se suministra la energía necesaria para su funcionamiento. Estos conductores, debido a las condiciones desfavorables de trabajo, deben ajustarse a la legislación vigente. La figura 3.9 muestra un tipo de conductor

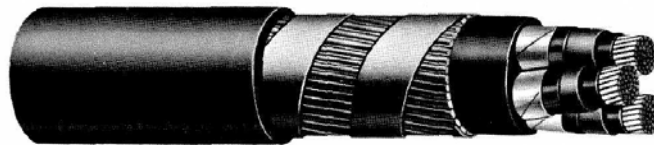


Figura 54. Cable eléctrico

Este tipo de cable lleva un aislamiento de goma etileno-propileno con cubierta de policloruro de vinilo (PVC). Los conductores han de ser de cobre, con campo eléctrico radial, a partir de una tensión nominal 6/10 KV La sección del cable depende esencialmente de la intensidad de corriente que ha de soportar y de su longitud.

Un cálculo sencillo y rápido de dimensionado del conductor puede efectuarse a partir del gráfico 81. Para tensiones de 220 y 220/380 voltios, la longitud del cable se obtiene multiplicando el resultado obtenido en el gráfico 81 por 0.58, que resulta de la división 220/380.

Ejemplo:

Calcular la máxima longitud del cable eléctrico para arrancar una bomba en directo con una tensión de 220 V y una intensidad de 143 A. Como datos, se conoce que la longitud máxima de un conductor, de 3 X 35 mm² de sección es de 100 m, para arrancar el motor en directo a 380 V (ver gráfico 81). Multiplicando la longitud inicial de 100 m por la relación 220/380 se obtiene la longitud máxima que debe tener el cable:

$$l = 100 \frac{220}{380} = 58 \text{ m}$$

En estos gráficos se determinan secciones de cable hasta una longitud de 200 m para tensiones de 380 y 380/660 voltios. Sin embargo, es aconsejable la utilización de las

ARRANQUE ESTRELLA TRIANGULO A Δ 380/660 V.

LONGITUD DEL CABLE EN METROS

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200
I	Sección del cable en mm																																						
II																																							
III																																							
IV																																							
V																																							
VI																																							
VII																																							
VIII																																							
IX																																							
X																																							
XI																																							
XII																																							
XIII																																							
XIV																																							
XV																																							
XVI																																							
XVII																																							
XVIII																																							
XIX																																							
XX																																							
XXI																																							
XXII																																							
XXIII																																							
XXIV																																							
XXV																																							
XXVI																																							
XXVII																																							
XXVIII																																							
XXIX																																							
XXX																																							
XXXI																																							
XXXII																																							
XXXIII																																							
XXXIV																																							
XXXV																																							
XXXVI																																							
XXXVII																																							
XXXVIII																																							
XXXIX																																							
XL																																							
XLI																																							
XLII																																							
XLIII																																							
XLIV																																							
XLV																																							
XLVI																																							
XLVII																																							
XLVIII																																							
XLIX																																							
L																																							
LI																																							
LII																																							
LIII																																							
LIV																																							
LV																																							
LVI																																							
LVII																																							
LVIII																																							
LVIX																																							
LX																																							
LXI																																							
LXII																																							
LXIII																																							
LXIV																																							
LXV																																							
LXVI																																							
LXVII																																							
LXVIII																																							
LXIX																																							
LXX																																							
LXXI																																							
LXXII																																							
LXXIII																																							
LXXIV																																							
LXXV																																							
LXXVI																																							
LXXVII																																							
LXXVIII																																							
LXXIX																																							
LXXX																																							
LXXXI																																							
LXXXII																																							
LXXXIII																																							
LXXXIV																																							
LXXXV																																							
LXXXVI																																							
LXXXVII																																							
LXXXVIII																																							
LXXXIX																																							
LXXXX																																							
LXXXXI																																							
LXXXXII																																							
LXXXXIII																																							
LXXXXIV																																							
LXXXXV																																							
LXXXXVI																																							
LXXXXVII																																							
LXXXXVIII																																							
LXXXXIX																																							
LXXXXX																																							

Tabla 12. Arranque estrella-triángulo

ARRANQUE DIRECTO - 380 V.

LONGITUD DEL CABLE EN METROS

	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
1	Sección del cable mm ²																												
2	3 x 1,5																												
3	3 x 2,5																												
4	3 x 4																												
5	3 x 6																												
6	3 x 10																												
7	3 x 16																												
8	3 x 25																												
9	3 x 35																												
10	3 x 50																												
11	3 x 70																												
12	3 x 95																												

INTENSIDAD DEL MOTOR EN AMPERES

Tabla 13. Arranque directo

siguientes fórmulas, en los casos que se precisen mayores longitudes de conductor.

Arranque en directo:

$$S = \frac{3 \cdot I \cdot L \cdot \cos \varphi}{56 \cdot \Delta U}$$

Arranque en estrella triángulo:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L \cdot \cos \phi}{3 \cdot 56 \cdot \Delta U}$$

Donde:

S = sección en mm' de cada fase

I = intensidad en amperios.

L = longitud del ramal (arranque directo) o de cada uno de los ramales (arranque en estrella-triángulo).

56 = conductividad eléctrica del cobre.

cos <p = factor de potencia del motor (<* 0.85).

A U = 3 por 1M) de U, siendo U la tensión entre fases.

Los cálculos a que hacen referencia las fórmulas anteriores. Así como los deducidos de los gráficos, son válidos para condiciones de trabajo con temperaturas inferiores a 25". En función del incremento de la temperatura, la densidad de corriente admitida por el conductor queda reducida de la siguiente forma:

Para temperatura de 30". 92 por 100.

Para temperatura de 40", 75 por 100.

Para temperatura de 50". 53 por 100.

Para temperatura de 55". 38 por 100.

Por tanto, a las secciones que se calculen deberá aplicárseles el coeficiente de corrección oportuno en función de la temperatura a que se prevea que han de trabajar los conductores. En las instalaciones fijas, estos conductores están sumergidos en el pozo, Y dadas las excelentes condiciones para la refrigeración. no es previsible un aumento en la temperatura de trabajo. Sin embargo, en los equipos

móviles suelen existir longitudes importantes de conductor sobrante en la superficie, que no sólo está expuesto al calor del sol, sino que con frecuencia se deja enrollado. Dificultando el efecto de refrigeración natural del ambiente.

Dado el elevado costo de este material, conviene dimensionarlo adecuadamente; atendiendo a la potencia del grupo moto-bomba a que ha de alimentar y a las condiciones de trabajo que se prevean.

El arranque en estrella-triángulo tiene la ventaja de que la sección de los conductores es inferior que para el arranque en directo; pero tiene la desventaja de precisar dos ramales trifásicos. En vez de uno, como ocurre en directo. En instalaciones fijas se recomienda en general la colocación de los dos ramales, siempre que la potencia sea superior a 10 CV. En los equipos móviles, aunque también es aconsejable el arranque en A- A para evitar intensidades punta muy superiores a la nominal de trabajo, por razones de rapidez y comodidad se utiliza con frecuencia un sólo ramal para arrancar en directo.

Los conductores deben revisarse de forma periódica para evitar accidentes mortales por electrocución, dadas las desfavorables condiciones del entorno (agua, objetos metálicos, etc.).

ALAMBRES Y CABLES DESNUDOS

APLICACION	DESIGNACION
Conductores para líneas aéreas de distribución, sistema de tierra	Alambres y cables de cobre Alambres y cables de aluminio (AAC)
Conductores para líneas aéreas de transmisión.	Cables de aluminio con alma de acero (ACSR) ACSR - AW / AS

ALAMBRE MAGNETO REDONDO ESMALTADO

APLICACION	DESIGNACION	CLASE TERMICA °C
Alambre magneto para uso general: embobinado de máquinas eléctricas estáticas y rotatorias, componentes electrónicos y automotrices, balastras, transformadores en aceite.	FORMACON F	105 120
Alambre para aplicaciones similares al anterior. Diseñado especialmente para usarse en sistemas herméticos de refrigeración.	FORMACON - H FH	105
Alambre magneto para elaborar componentes electrónicos y automotrices, transformadores especiales, motores de baja potencia y fraccionarios, en donde se utilizan sus características de soldabilidad y de bajas pérdidas a frecuencias altas.	SOLDACION S	105 130 155
Alambre magneto para aplicaciones similares al anterior. La sobrecapa de nylon mejora su comportamiento mecánico, resistencia a solventes y facilidad de embobinado.	SOLDACON -N SN	130 155 180
Alambre magneto para uso general que ofrece gran resistencia a la abrasión, al manejo, a los solventes y a la temperatura. Alta rigidez dieléctrica.	TERMACON -N TN TERMACON -N- EXTRA	155 180 200
Alambre magneto para uso general en alta temperatura. Ofrece excelentes características mecánicas, para uso en aire acondicionado y refrigeración.	POLYTERMACON -200 P-200	180 200

Tabla 14. Alambres y cables desnudos

ALAMBRE MAGNETO FORRADO

APLICACION	DESIGNACION	CLASE TERMICA °C
Bobinas de máquinas eléctricas, estáticas y rotatorias. Transformadores de distribución y potencia, en aceite y tipo seco.	A magneto rectangular o cuadrado con forro de papel.	90 ó 100 * 105 ó 115 * *impregnado
Alambre magneto para aplicaciones similares al anterior pero que ofrece mejor comportamiento dieléctrico.	A magneto redondo desnudo o esmaltado con forro de algodón.	90 105
Embobinado de máquinas eléctricas de mayor potencia y para alta temperatura de operación.	A magneto redondo o rectangular con forro de Fibra de Vidrio.	180

CORDONES PARA TERMINAL DE BOBINA DE 600 V

APLICACION	DESIGNACION	CLASE TERMICA °C
Terminales de bobina de máquinas eléctricas, alambrado interno de tableros y aparatos eléctricos	TEW	105
	CLN-6	90
	CLP-6	105
	CONDUSIL CLS con malla de fibra de vidrio	150 200

ALAMBRES, CABLES PARA BAJA TENSION 600 V

APLICACION	DESIGNACION	CLASE TERMICA °C
Circuitos de potencia y alumbrado en instalaciones domésticas, industriales y comerciales en donde se requiera seguridad en condiciones de incendio.	Alambres y cables VIAKON LS-105 tipo THW-LS / THHW / -LS	90 seco 75 mojado
Circuitos de potencia y alumbrado en instalaciones industriales en donde se requiera resistencia al aceite y a la gasolina.	Alambres y cables VIAKON tipo THHN/ THWN	90 seco 75 húmedo
Circuitos de potencia y alumbrado en instalaciones domésticas para alimentar cargas pequeñas.	Alambres y Cables de Cobre Duplex tipo TWD AF	60, cualquier ambiente
Circuitos de potencia y alumbrado en instalaciones industriales en donde se requiera resistencia a la temperatura, al agua y a la flama.	Alambres y Cables VIAKON XLPE tipo XHHW	90 secos y húmedo 75 mojado
Circuitos de potencia y alumbrado en instalaciones subterráneas en donde se requiera resistencia mecánica, a la temperatura y a la humedad.	Cables VIAKON XLPE tipo RHW (R90, USE)	90 seco, 75 mojado
Circuitos de potencia y alumbrado en instalaciones industriales en donde se requiera resistencia mecánica, a la temperatura y a la humedad.	Alambres y Cables VIAKON-XLPE-PVC tipo RHW	90 seco, 75 mojado
Circuitos de potencia y alumbrado en instalaciones industriales en donde se requiera flexibilidad y resistencia a la temperatura y a la humedad.	Alambres y Cables VIAKON-EPR-PVC tipo RHW	90 seco, 75 mojado

Tabla 15. Cables para baja tensión

CABLES CONTROL

APLICACION	DESIGNACION	TENSION DE OPERACION (Volt)	CLASE TERMICA °C
Control de operaciones, medición, señalización, protección, automatización, etc. de equipos en forma remota, en donde se requiera excelente comportamiento en condiciones de incendio.	Control VIAKON tipo THHW -LS NOTA: <i>Estos cables pueden fabricarse blindados: con pantalla de cobre o de mylar aluminizado y dren y/ o con armadura engargolada.</i>	600	75 cualquier ambiente
Control de operaciones, medición, señalización, protección, automatización, etc. de equipos en forma remota, en donde se requiera operar a 1 kV.	Control tipo PE -PVC	1000	75
Control de operaciones, medición, señalización, protección, automatización, etc. de equipos en forma remota, en donde se requiera mayor resistencia mecánica y a la temperatura.	Control VIAKON XLPE -PVC	600	90

Tabla 16. Cables de control

ALAMBRES Y CABLES PARA DISTRIBUCION SECUNDARIA

APLICACION	DESIGNACION	TENSION DE OPERACION (Volt)	TEMPERATURA DE OPERACION (°C)
Líneas aéreas para distribución secundaria (entre postes)	ALAMBRES Y CABLES INTEMPERIE TIPO WP	600	75
Acometida aérea entre el poste y el medidor del usuario.	CABLE CONCENTRICO ESPIRAL PARA ACOMETIDA (CCE)	600	60
	CABLE CONCENTRICO TRENZADO PARA ACOMETIDA (CCT)	600	60
Líneas aéreas para distribución secundaria	CABLES VIAKON TIPO PSD	300	75
	CABLES VIAKON TIPO XSD	600	90
Acometida aérea entre el poste y el medidor de los usuarios	ALAMBRES Y CABLES DUPLEX TIPO TWD	600	60

Tabla 17. Cables de distribución

3.16. SELECCIÓN DEL TRANSFORMADOR O GENERADOR

Las instalaciones elevadoras definitivas suelen contar con un centro de transformación a pie de sondeo; siendo los grupos electrógenos o generadores el sistema más usual de suministrar energía eléctrica a los equipos de bombeo móviles.

La potencia necesaria que debe tener un transformador o generador para poder accionar una bomba determinada, viene dada por la relación:

$$P = \frac{P_b}{R_m}$$

siendo P_b la potencia en caballos de la bomba y R_m el rendimiento del motor (0.9).

Como 1 CV = 0.736 Kw, la potencia expresada en Kw será:

$$P = \frac{P_b}{0.9} \times 0.736 \text{ Kw}$$

Si se tiene presente que un transformador o generador suministra conjuntamente energía activa y reactiva (KVA), y que el factor de potencia ($\cos = 0.85$). La potencia teórica necesaria en KVA para alimentar una bomba, vendrá dada por la siguiente relación:

$$P_r = \frac{P_b \times 0.736}{0.9 \times 0.85} = 0.96 \cdot P_b$$

En la práctica el número de KVA del transformador o generador será igual al de CV del motor de la bomba. Conviene trabajar con un factor de potencia elevado para reducir la energía reactiva y hacer económicamente más rentable la instalación.

Es frecuente que los generadores de los equipos móviles tengan que soportar intensidades muy superiores a la nominal como consecuencia del arranque en directo de las bombas. Resulta, por tanto, aconsejable sobredimensionar moderadamente la fuente de energía para que pueda absorber las intensidades punta que se originen en el arranque. Caso de no disponer de este sobredimensionado, habrá que recurrir al auxilio de un arrancador-transformador, no siempre posible por imperativos de espacio libre, o bien como se ha visto, a la solución de un arranque en A - A.

Se aconseja arrancar la bomba reduciendo el número de revoluciones del motor y por tanto, el voltaje, e ir gradualmente regulando dichas revoluciones hasta alcanzar su régimen normal de funcionamiento. Asimismo es conveniente la instalación de relés térmicos de protección que pongan fuera de servicio la bomba por una sobrecarga de corriente que puedan quemar el bobinado del estator del motor.

Los sistemas de alarmas constituyen un factor de seguridad importante para prevenir accidentes derivados de anomalías de funcionamiento imprevistos.

LISTONES FUSIBLES UNIVERSALES TIPO UT PARA USARSE EN DESCONECTADORES FUSIBLES TIPOS OA Y EA DE 15 kV MAXIMOS, PARA LA PROTECCION DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS

Volt	2 400		4 160		5 000		6 600		13 200	
kVA	Ampere		Ampere		Ampere		Ampere		Ampere	
	Carga Plena	Fusible UT	Carga Plena	Fusible UT	Carga Plena	Fusible UT	Carga Plena	Fusible UT	Carga Plena	Fusible UT
5	1,203	3	0,694	3	0,481	2	0,437	2	0,218	1
9	2,165	5	1,249	5	0,866	3	0,787	3	0,393	1
10	2,405	5	1,388	5	0,962	5	0,874	3	0,435	2
15	3,608	10	2,082	5	1,443	5	1,312	5	0,656	3
22,5	5,413	15	3,123	7	2,165	5	1,968	5	0,984	3
25	6,014	15	3,470	7	2,405	5	2,187	5	1,093	5
30	7,217	15	4,164	10	2,887	7	2,624	7	1,312	5
37,5	9,021	20	5,204	15	3,608	7	3,280	7	1,640	5
45	10,825	25	6,245	15	4,330	10	3,936	10	1,968	5
50	12,029	30	6,940	15	4,811	10	4,374	10	2,186	5
75	18,043	40	10,409	25	7,217	15	6,560	15	3,280	7
10	24,057	50	13,879	30	9,623	20	8,748	20	4,374	10
112,5	27,064	65	15,614	40	10,825	25	9,841	25	4,921	10
150	36,085	85	20,818	50	14,434	30	13,122	30	6,560	15
200	48,114	100	27,758	65	19,246	40	17,496	40	8,748	20
225	54,128	100	31,228	65	21,651	50	19,683	40	9,841	25
300	72,171	-	41,637	85	28,868	65	26,244	50	13,122	30
450	108,256	-	62,455	100	43,302	85	39,366	85	19,682	40
500	120,285	-	69,395	-	48,114	100	43,740	85	21,870	50
600					57,477	100	52,488	100	26,244	50
750					72,171	-	65,610	100	32,805	65
1 000					96,228	-	87,480	-	43,740	100
1 200					115,473		104,976	-	52,489	100

Tabla 18. Selección de listones

**CAPACIDADES DE Ampere DE LOS FUSIBLES COMUNMENTE USADOS PARA PROTECCION
DE TRANSFORMADORES MONOFASICOS**

VOLTAJE DEL SISTEMA														
kVA transformador	2 300 Volt		4 000 Volt		6 900 Volt		11 500 Volt		13 200 Volt		22 000Volt		33 000 Volt	
	Amp. plena carga	Amp. fusi- bles	Amp. plena carga	Amp. fusi- bles	Amp. plena carga	Amp. fusi- bles	Amp. plena carga	Amp. fusi- bles	Amp. plena carga	Amp. fusi- bles	Amp. plena carga	Amp. fusi- bles	Amp. plena carga	Amp. fusi- bles
1,5	,65	2	,38	1	,22	1	,13	1	,11	1				
2,5	1,09	3	,63	1,5	,36	1	,22	1	,19	1				
3	1,30	3	,75	2	,43	1,5	,26	1	,23	1				
5	2,18	5	1,25	3	,72	2	,43	1,5	,38	1	,23	1		
7,5	3,26	7	1,87	5	1,09	3	,65	2	,57	1,5	,34	1		
10	4,35	10	2,50	7	1,45	3	,87	3	,76	2	,46	1,5	,30	1
15	6,53	15	3,75	10	2,17	5	1,30	3	1,14	3	,68	2	,46	1
25	10,90	20	6,25	15	3,62	7	2,17	5	1,89	5	1,14	3	,76	2,5
37,5	16,30	25	9,37	20	5,43	10	3,26	7	2,84	7	1,70	5	1,14	3
50	21,80	30	12,50	25	7,25	15	4,35	10	3,79	7	2,27	5	1,52	5
75	32,60	50	18,70	30	10,90	20	6,52	13	5,68	10	3,41	7	2,27	5
100	43,50	65	25,00	40	14,50	25	8,70	15	7,58	15	4,55	10	3,03	7
150	65,30	100	37,50	50	21,70	30	13,00	20	11,40	20	6,82	15	4,55	10
200			50,00	65	29,00	40	17,40	25	15,20	25	9,10	15	6,06	15
250			62,50	80	36,30	50	21,70	30	18,90	30	11,40	20	7,58	15
333					48,00	65	29,00	40	25,20	40	15,20	25	10,10	20
500					72,50	100	43,50	65	37,90	50	23,00	40	15,10	25

Tabla 19. Capacidades de fusibles en transformadores monofásicos

CAPACIDADES DE Ampere DE LOS FUSIBLES COMUNMENTE USADOS PARA PROTECCION DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS

VOLTAJE DEL SISTEMA																
kVA transformador trifásico	2 300 Volt		4 000 Volt		6 900 Volt		11 500 Volt		13 200 Volt		22 000Volt		33 000 Volt		44 000Volt	
	Amp. plena carga	Amp. fusibles	Amp. plena carga	Amp. fusibles	Amp. plena carga	Amp. fusibles	Amp. plena carga	Amp. fusibles	Amp. plena carga	Amp. fusibles	Amp. plena carga	Amp. fusibles	Amp. plena carga	Amp. fusibles	Amp. plena carga	Amp. fusibles
4,5	1,13	3	,65	2	,38	1	,23	1	,20	1	,12	1				
7,5	1,88	5	1,09	3	,63	1,5	,38	1	,33	1	,20	1				
9,	2,26	5	1,30	3	,75	2	,45	1,5	,39	1,5	,24	1	,16	1		
10,	2,50	5	1,45	5	,84	2	,50	1,5	,44	1,5	,26	1	,17	1		
15,	3,77	7	2,18	5	1,26	3	,75	2	,66	2	,39	1,5	,26	1		
22,5	5,65	10	3,27	7	1,88	5	1,13	3	,98	3	,59	1,5	,39	1,5		
25,	6,30	15	3,64	7	2,09	5	1,26	3	1,09	3	,66	2	,44	1,5		
30,	7,54	15	4,33	10	2,51	5	1,51	5	1,31	3	,79	2	,52	1,5		
37.5	9,43	15	5,42	10	3,14	7	1,88	5	1,64	5	,99	3	,66	2		
45,	11,30	20	6,50	15	3,77	7	2,26	5	1,97	5	1,18	3	,79	2	,59	1,5
50,	12,60	25	7,24	15	4,18	10	2,51	7	2,19	5	1,31	3	,87	2	,66	2
75,	18,80	30	10,90	20	6,28	10	3,77	7	3,28	7	1,97	5	1,31	3	,99	3
100,	25,10	40	14,50	25	8,37	15	5,02	10	4,37	10	2,63	5	1,75	5	1,31	3
112,5	28,30	40	16,30	25	9,41	15	5,65	10	4,92	10	2,96	7	1,97	5	1,48	5
150,	37,70	50	21,80	30	12,60	20	7,53	15	6,56	15	3,94	7	2,62	5	1,97	5
200,	50,30	65	28,90	40	16,70	20	10,00	20	8,75	15	5,25	10	3,50	7	2,63	5
225,	56,50	80	32,70	50	18,80	30	11,30	20	9,84	20	5,90	10	3,94	10	2,96	7
300,	75,40	100	43,30	65	25,10	40	15,10	25	13,10	20	7,90	15	5,25	10	3,94	10
450,			65,00	100	37,70	50	22,60	30	19,70	30	11,80	20	7,87	15	5,92	10
500,					41,80	65	25,10	40	21,90	40	13,10	20	8,74	15	6,60	15
690,					50,20	65	30,10	40	26,20	40	15,80	25	10,50	20	7,90	15
750,					62,80	80	37,70	50	32,80	50	19,70	30	13,10	20	9,85	20
1 000,							50,20	65	43,70	65	26,30	40	17,50	25	13,10	20
1 500,							75,30	100	65,60	100	39,40	50	26,20	40	19,70	30
2 000,											52,50	65	35,00	50	26,30	40

Tabla 20. Capacidades de fusibles en transformadores trifásicos

3.16.1 GUÍA PARA MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN TRANSFORMADORES

En la operación de mantenimiento, se debe realizar lo siguiente:

- **Verificar resistencia de aislamiento.**
- **Verificar resistencia Ohmica de los devanados.**
- **Revisar termómetro.**

- **Checar nivel de aceite.**
- **Limpiar tanque y bushings.**
- **Comprobar que no hay fugas.**
- **Verificar que las juntas sellan bien y están en buen estado.**
- **Apriete general de tornillería y conexiones.**
- **Checar que sigue bien ventilado el cuarto en el que se aloja.**
- **Comprobar que no hay trazos de carbón, ni desprendimiento de gases o humos.**
- **Tomar una muestra adecuada de aceite para verificar sus características.**

FORMA DE ESPECIFICAR UN TRANSFORMADOR

Las siguientes son las características necesarias a conocer, para especificar correctamente un transformador:

- **Capacidad del transformador en kVA.**
- **Número de fases; generalmente 1 o 3.**
- **Tensión en el primario.**
- **Tensión en el secundario.**
- **Conexión en el primario.**
- **Conexión en el secundario.**
- **Número de derivaciones arriba y abajo del voltaje nominal y por ciento de cada una.**
- **Sobre elevación de temperatura en grados centígrados.**
- **Altura sobre el nivel del mar a la cual se va a operar.**

Dependiendo del tipo de instalación, del equipo ya existente, etc. se podrán dar más especificaciones, tales como:

- **Gargantas o ductos en alta y baja tensión y la colocación relativa de los mismos.**
- **Sumersión en líquido especial no inflamable.**
- **Equipo de ventilación forzada.**
- **Impedancia especial.**
- **En general, cualquier accesorio o arreglo que no sean los de norma.**

3.17. MOTORES

MOTORES DE C.A. TRIFASICOS CORRIENTE EN AMPERE A PLENA CARGA

HP	MOTOR DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO					MOTOR SINCRONICO FACTOR DE POTENCIA UNITARIO*			
	115V	230V	460V	575 V	2300V	220V	440V	550V	2300V
1/2	4	2	1	0,8					
3/4	5,6	2,8	1,4	1,1					
1	7.2	3,6	1,8	1,4					
1 1/2	10,4	5,2	2,6	2,1					
2	13,6	6,8	3,4	2,7					
3		9,6	4,8	3,9					
5		15,2	7,6	6,1					
7 1/2		22	11	9					
10		28	14	11					
15		42	21	17					
20		54	27	22					
25		68	34	27		53	26	21	
30		80	40	32		63	32	26	
40		104	52	41		83	41	33	
50		130	65	52		104	52	42	
60		154	77	62	16	123	61	49	12
75		192	96	77	20	155	78	62	15
100		248	124	99	26	202	101	81	20
125		312	156	125	31	253	126	101	25
150		360	180	144	37	302	151	121	30
200		480	240	192	49	400	201	161	40

Tabla 21. Motores trifásicos

Estos valores de corriente a plena carga son válidos para motores de banda que giran a velocidades comunes y para motores con características de par normal. Los

motores construidos especialmente para bajas velocidades o altos pares, pueden requerir de mayores corrientes a plena carga, y los motores para varias velocidades tendrán corrientes variables de acuerdo con su velocidad de operación, en cuyo caso debe consultarse las corrientes nominales de placa.

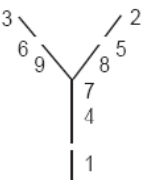
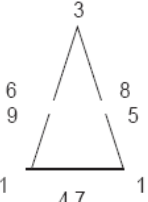
Para obtener corrientes a plena carga para motores con voltaje de 208 y 200 Volt, aumente un 10 o 15 % respectivamente a los valores correspondientes de la columna para motores de 230 Volt. Para valores de 90 y 80 % de factor de potencia, multiplique las corrientes por 1,1 o 1,25 respectivamente.

CORRIENTE EN Ampere PARA MOTORES CON ROTOR BLOQUEADO

HP MAXIMOS	MONOFASICOS		DOS O TRES FASES				
	115V	230V	115V	200V	230V	460V	575V
1/2	58.8	29.4	24	14	12	6	4,8
3/4	82,8	41,4	33,6	19	16,8	8,4	6,6
1	96	48	42	24	21	10,8	8,4
1 1/2	120	60	60	34	30	15	12
2	144	72	78	45	39	19,8	15,6
3	204	102		62	54	27	24
5	336	168		103	90	45	36
7 1/2	480	240		152	132	66	54
10	600	300		186	162	84	66
15				276	240	120	96
20				359	312	156	126
25				442	384	192	156
30				538	468	234	186
40				718	624	312	246
50				862	750	378	300
60				1035	900	450	360
75				1276	1110	558	444
100				1697	1476	738	588
125				2139	1860	930	744
150				2484	2160	1080	864
200				3312	2880	1440	1152

Tabla 22. Corrientes en motores

CONEXIONES EN MOTORES TRIFASICOS

Tipo de conexión	Diagrama	Voltaje	Fase A	Fase B	Fase C	Interconexión
Estrella		Bajo	1 y 7	2 y 8	3 y 9	4 y 5 y 6
		Alto	1	2	3	4 y 7; 5 y 8; 6 y 9
Delta		Bajo	1 y 6 y 7	2 y 4 y 8	3 y 5 y 9	Ninguno
		Alto	1	2	3	4 y 7; 5 y 8; 6 y 9

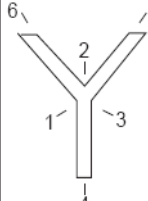
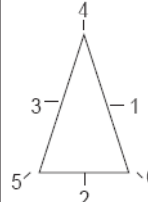
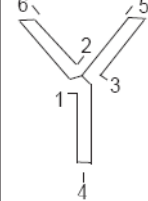
Tipo de conexión	Diagrama	Voltaje	Fase A	Fase B	Fase C	Interconexión
Par Constante		Alto	4	5	6	1 y 2 y 3
		Bajo	2	3	1	Abiertos 4 5 6
Potencia Constante		Alto	4	5	6	Abiertos 1 2 3
		Bajo	2	3	1	4 y 5 y 6
Par Variable		Alto	4	5	6	1 y 2 y 3
		Bajo	2	3	1	Abiertos 4 5 6

Tabla 23. Conexiones en motores

Estos valores de corriente alterna a plena carga son válidos para motores que giran a velocidades comunes y para motores con características de par normal. Los motores contruidos especialmente para bajas velocidades o altos pares, pueden requerir mayores corrientes a plena carga, y los motores para varias velocidades tendrán corrientes variables de acuerdo con su velocidad de operación, en cuyo caso debe consultarse las corrientes nominales de placa. Para obtener corrientes a plena carga para motores con voltaje de 208 y 200 Volt, aumente un 10 o 15 % respectivamente a los valores correspondientes de la columna para motores de 230 Volt.

Para un voltaje de línea diferente al voltaje de placa del motor multiplique:

a) Los valores de la 1a. y 3a. columna por la siguiente razón:

$$\frac{\text{Voltaje Real}}{\text{Voltaje Nominal del Motor}}$$

b) Los valores de la 2a. columna por la siguiente razón:

$$\left(\frac{\text{Voltaje Real}}{\text{Voltaje Nominal del Motor}} \right)^2$$

**CALIBRACIONES RECOMENDADAS PARA
INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS**

POTENCIA EN HP DE MOTORES TRIFASICOS	MOTORES DE UNA O MAS VELOCIDADES (PARA VARIABLE O CONSTANTE) DE ARRANQUE A TENSION PLENA O REDUCIDA CON AUTO TRANSFORMADOR			MOTORES DE VARIAS VELOCIDADES A POTENCIA CONSTANTE		
	208-230 Volt	460 Volt	575 Volt	208-230 Volt	460 Volt	575 Volt
	Unidad de disparo en Ampere	Unidad de disparo en Ampere	Unidad de disparo en Ampere	Unidad de disparo en Ampere	Unidad de disparo en Ampere	Unidad de disparo en Ampere
2 y menores	15	15	15	15	15	15
3	20	15	15	20	15	15
5	30	15	15	30	15	15
7 1/2	40	20	20	50	20	20
10	50	30	20	50	30	20
15	70	40	30	70	40	40
20	100	50	40	100	50	50
25	100	50	50	125	70	50
30	125	70	50	150	70	70
40	150	100	70	200	100	70
50	200	100	100	225	125	100
60	225	125	100	300	150	125
75	300	150	125	350	175	150
100	400	200	150	500	225	175
125	500	250	200	600	300	225
150	600	300	225	700	350	300
200	700	400	300	800	400	350
250	800	500	400	1000	500	400
300	1000	500	500		600	500
350		600	600		700	600
400		700	700		800	700
450		800	800		1000	800
500		900	900			900
600		1000	1000			1000

Tabla 24. Calibraciones en interruptores termo magnéticos

3.17.1 RECOMENDACIONES GENERALES DE LA NOM-001, SOBRE ALAMBRADO DE MOTORES TENSIONES MENORES A 600 VOLT

Un motor. Los conductores del circuito derivado que alimenten a un sólo motor, deben tener una capacidad no menor del 125 % de la corriente a plena carga del motor. En caso de motores con varias velocidades, la capacidad de los conductores debe basarse de acuerdo a la mayor de las corrientes.

Excepción: Alambrado de motores que operan por corto tiempo, períodos intermitentes

o servicio no continuo. Grupo de motores. Los conductores del circuito derivado que alimenten dos o más motores, deben tener una capacidad igual a la suma de las corrientes a plena carga de todos los motores más el 25 % de la corriente nominal del motor mayor del grupo.

Cargas combinadas. Los conductores que alimentan cargas de motores, cargas de iluminación y diversas cargas de servicio, deben tener capacidad suficiente para la carga calculada.

3.17.2. TENSIONES SUPERIORES A 600 VOLT

Calibre de conductores. Los conductores que alimentan motores de estos voltajes deben tener una capacidad no menor a la corriente a la cual accione el dispositivo protector de sobrecarga.

3.17.3 ATERRIZAJE

Motores estacionarios. Las carcasas de los motores estacionarios deben ser aterrizadas bajo cualquiera de las siguientes condiciones:

- 1) Cuando se suministre energía por conductores en ductos metálicos.**
- 2) Cuando se localicen en lugares húmedos y no son aislados o protegidos.**
- 3) Cuando se localicen en lugares peligrosos.**
- 4) Cuando el motor opere con voltaje mayor a 150 Volt entre una terminal y la tierra.**

3.17.4. CORRECCIÓN DEL FACTOR DE POTENCIA

Capacidad de los conductores. La capacidad de conducción de los conductores en la conexión de los capacitores, no debe ser menor del 135 % de la corriente nominal de los capacitores. La capacidad de conducción de los conductores que conecten un capacitor a las terminales de un motor a o a la red de un circuito de motores, no debe ser menor a 1/3 de la capacidad de los conductores de la red y en ningún caso menor del 135 % de la corriente nominal del capacitor.

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN DE CASOS

PRÁCTICOS DE EQUIPOS

DE BOMBEO

4. APLICACIÓN DE CASOS PRÁCTICOS DE EQUIPOS DE BOMBEO

4.1. LA VARIACIÓN DE VOLTAJE

Los motores verticales tipo flecha hueca, y sumergibles están diseñados para una variación máxima de $\pm 5\%$ en la tensión eléctrica (voltaje) y también para un máximo de 5% de desbalance entre fases, esto es $\pm 2.5\%$ entre fase más baja y fase más alta respecto de la tensión nominal.

4.1.1. FACTOR DE SERVICIO

Los motores soportan por tiempos razonables (media hora) una sobrecarga de 5%. Si se prevén condiciones más adversas, recomendamos consultar con el fabricante para una aplicación particular como lo es un motor con factor de servicio mayor, es decir de 1.10 ó 1.15.

4.1.2. CONSIDERACIONES GENERALES ELÉCTRICAS

En el campo ocurre con frecuencia al arrancar una bomba después de mucho tiempo de estar parada o sin utilizar, que al principio el nivel dinámico ND esté muy por encima de lo normal y corre el punto de operación a la derecha de la curva, aumentando extremadamente la potencia (amperaje del motor). Sugerimos estrangular la válvula de salida a tal punto, que mantenga el amperaje máximo del motor en el valor de placa e ir abriendo la válvula obturada poco a poco hasta que se llegue al Nivel Dinámico previsto.

4.1.3. COLORES DE FASES

Es una buena práctica, invariablemente colocar el cable con aislamiento negro del cable trifásico en caso de equipos sumergibles a la Fase central (fase 2 o fase b) del “interruptor” y irrelevador bimetálico” para que en caso de requerir el cambio de rotación o giro del motor solamente se deberán invertir los otros 2 cables con colores de aislamiento diferentes al negro del mismo cable trifásico sumergible.

4.1.4. CONEXIÓN SEGURA

Una vez concluida toda la instalación eléctrica, como para poder arrancar el equipo, nuestra recomendación útil es reapretar todas las conexiones eléctricas en el transformador, arrancador, interruptor, etc., para evitar falsos contactos y calentamientos. Si el arrancador empieza a zumbar o a vibrar pare el equipo e inmediatamente revise aprietes de tornillos, destape las cámaras de arqueo de los contactores y limpie o sustituya los platinos tanto fijos como móviles o los contactores en mal estado. Esta operación solamente realícela con las canillas de los cortacircuitos fusible desconectadas ya que existe una falla del tipo mecánica o eléctrica esto hace que el amperaje sea excesivo y provoque este tipo de fallas.

4.1.5. SISTEMA DE ARRANQUE (TIPO PLENA TENSIÓN, AUTOTRANSFORMADOR, Y ARRANQUE SUAVE)

Los motores de corriente alterna, trifásica tipo jaula de ardilla, necesitan arrancadores magnéticos para protegerlos contra los arcos eléctricos que se dan en los interruptores de seguridad, la corriente excesiva y los altos esfuerzos mecánicos durante el arranque; para limitar la sobre-corriente momentánea de

arranque demandada por el motor en los conductores que llegan a éste y para obtener un funcionamiento apropiado de aceleración suave en relación con el cuerpo de bomba acoplado. Los fabricantes de motores, así como la C.F.E. recomiendan arrancar los Equipos de Bombeo a tensión Reducida”, a partir de 1 0 H.P. ya sea con arrancador magnético a voltaje reducido o bien, con arrancador electrónico de rampa suave. Este tipo de arranque usualmente inicia con el 65% del voltaje en el primer paso durante 5 a 6 segundos y en el segundo paso entrega el 100% del voltaje. Así, se disminuye el levantamiento del conjunto rotativo (rotor y flecha de bomba con impelentes), llamado “efecto tirabuzón”, excesivo calentamiento del cable sumergible y del embobinado, así como esfuerzos torsionales.

En general, las funciones de los arrancadores son las siguientes:

- Arrancar y parar los motores de una manera conveniente, ya sea por control manual o automático, o inclusive de manera “remota”.
- Limitar la intensidad de la corriente en la línea durante el arranque a máximo 3.5 veces el valor nominal durante medio segundo aprox.
- Proteger el motor contra sobrecargas eléctricas.
- Proporcionar una aceleración uniforme y suave del motor y de la flecha de bomba.
- Proporcionar un procedimiento definido y un retardo de tiempo apropiado para el arranque.
- Proteger al motor por falla de voltaje.
- Proporcionar seguridad a los operadores.

4.1.6. PROTECCIONES ELÉCTRICAS OPCIONALES

Algunos de los equipos adicionales que recomendamos son:

- **Electroniveles magnéticos o electrónicos, o bien, sondas eléctricas o neumáticas que desconecten la bomba en caso de falta de sumergencia.**
- **Fasealert, protege contra falla de fase y fase a simetría.**
- **Sensor Plus, protege contra alto y bajo voltaje y descargas atmosféricas.**
- **Instrumentos análogos o digitales en el tablero (voltímetro, amperímetro, kilowatorímetro, factorímetro, etc.).**
- **Alternador simultaneador, para el caso de 2 ó 3 bombas en una red.**
- **Detector de nivel de mercurio, para cárcamos de rebombeo.**
- **Interruptor de presión a la descarga del pozo (con rango de presión diferencial).**
- **Capacitores para corregir factor de potencia.**
- **Sensor de temperatura en el devanado del motor interconectado a pirómetro programable con paro y arranque preestablecido.**

4.1.7. FALLA DE FASE

En el caso de que suministro de energía eléctrica al motor sea inadecuada y que por cualquier razón a la salida del arrancador se tenga alimentación eléctrica solamente en 2 fases, el motor No podrá iniciar el giro, lo que ocasionará que el devanado solamente genere calor por lo que se degradará el aislamiento de éste y se quemará. Si la pérdida de fase ocurre cuando el motor ya está trabajando, éste seguirá

girando toda vez que el fenómeno de inercia” vence el segmento equivalente al tercio de giro que se encuentra y no alimentado por la fase caída”, es decir 120° del giro, pero los 2 pares de bobinas que sí están alimentadas sufrirán un incremento sustancial de intensidad (amperaje), de tal suerte que unos minutos, por efecto de la sobre-corriente y del calor que ésta sobre-corriente genera, el aislamiento del alambre magneto de éstas bobinas se degradará y se irá irremisiblemente a cortocircuito ese motor y se quemará. Esto es justamente lo que se puede y debe evitarse utilizando un relevador Falla de fase y Fase a Simetría, independientemente de que el relevador bimetálico del propio arrancador registre dicho incremento de intensidad y pare la operación del motor por auto desconexión del arrancador.

4.1.8. INTERRUPTOR TERMOMAGNÉTICO

El Interruptor Termomagnético (ITM) trifásico está incorporado en los arrancadores magnéticos a tensión reducida 0 arranque suave. Debe tener una capacidad del 60% arriba del valor del amperaje nominal del motor. Sugerimos un (ITM) con intensidad ajustable. Como ejemplo un motor 125 HP que consume 156 Amperes en 440 Volts, el cual requiere un ITM de $155 \times 1.6 = 250$ Amps. Las características que tiene que cumplir este ITM diseñado para una intensidad de corriente nominal de 250 Amps., opera bien entre -20° C y $\pm 50^{\circ}$ C de temperatura. Tiene capacidad nominal de ruptura de 20 KA (20,000 Amps.] a 440 Volts con 15 milisegundos de retardo y 6,000 ciclos mecánicos útiles. El número máximo de maniobras por hora es de 20. La palanca de accionamiento se dispara hacia el centro en un caso de sobrecarga; bajándola a Restablecer subiéndola a conectado” se puede restablecer el ITM, después de que se haya enfriado, aproximadamente 5 minutos después.

Si vuelve a disparar en corto tiempo, es necesario, buscar la falla y corregirla.

4.1.9. RELEVADOR BIMETÁLICO DE SOBRECARGA

Es de vital importancia ajustar la intensidad de corriente permisible del relevador máximo al valor d amperaje de placa del motor. Como una buena práctica de protección en el caso de que el motor no esté tomando todo el amperaje de placa, es recomendable ajustarlo al punto de intensidad que demanda físicamente (medido con amperímetro) una vez el equipo ya en operación. Cualquier tipo de arrancador siempre cuenta con esta protección, el “relevador de sobrecarga” es el elemento más importante de todos para la adecuada protección térmica de la bomba. En la siguiente Tabla se aprecia el tamaño requerido, abarcando por ambos lados el valor del amperaje nominal.

Potencia HP		Capacidad del Interruptor Amperes	Rango de Ajuste del Relevador Bimetálico AMP	Fusible del Control	
220V	440V			220V	440V
10	20	40	25-35	4A	4A
15	30	70	32-50	4A	4A
20	40	100	50-63 * 40-57	4A	4A
25	50	100	63-80 * 57-70	6A	6A
30	60	125	83-90 * 63-80	6A	6A
40	75	175	90-120	6A	6A
50	100	200	120-150	6A	6A
60	125	225	150-180 * 135-180	10A	10A
75	150	250	180-250 * 150-230	10A	10A
100	200	400	200-320	10A	10A
125	250	500	250-400	16A	16A
150	300	600	250-400	16A	16A

Tabla 25. Ajuste del “Relevador Bimetálico de Sobrecarga”

Lo más importante de una protección adecuada es ajustar correctamente el “elemento bimetálico”, montado al final del circuito de corriente en el gabinete del arrancador automático.

4.1.10. TRANSFORMADOR

Es preferible tener un transformador exclusivo para la bomba sumergible, o sea, sin tener conectados otros equipos.

Se selecciona según esta tabla:

H.P. Motobomba	KVA Transformador	Montaje	Postes Concreta
hasta 15	15	Plataforma T3	1
20 a 30	30		
35 a 40	45		
50 a 75	75	Parrilla	2
85 y 100	112.5		
125 y 150	150	Piso	
175 y 200	225		
250 y 300	300		
350	500		

Tabla 26. Selección de transformadores

4.1.11. RESISTENCIA AL AISLAMIENTO

Esta prueba indica rápidamente, si hay algún problema en el embobinado del motor o con el aislamiento del cable sumergible. El modo de probar el nivel de aislamiento, cuando la bomba ya está instalada, es:

1. Desconectar el interruptor principal del arrancador.
2. Quitar físicamente los tres conductores del cable submarino del arrancador.
3. Con el Megóhmetro (Megger) de 1 000 volts C.D. medir cada uno de los conductores del o de los cables submarinos contra la columna de bombeo.
4. Valores aceptables:

Motor nuevo lleno de agua con cable sumergible conectado, antes de instalarlo en el pozo:	arriba de 20 Megohms
Motor nuevo, lleno de agua, en el pozo:	2 Megohms mínimo
Motor usado ó reparado, lleno de agua, en el pozo:	0.5 Megohms mínimo

Tabla 27. Valores del Me óhmetro

5. Valores abajo de 0.5 Megohms ó 500,000 Ohms, se consideran no aceptables, por lo que es necesario checar la bomba y revisarla o bien, repararla, sobre todo para evitar posible drenado de la energía eléctrica enviada al motor hacia el ademe, lo que generará descargas eléctricas a la persona que toque la tubería de descarga o el ademe del pozo.

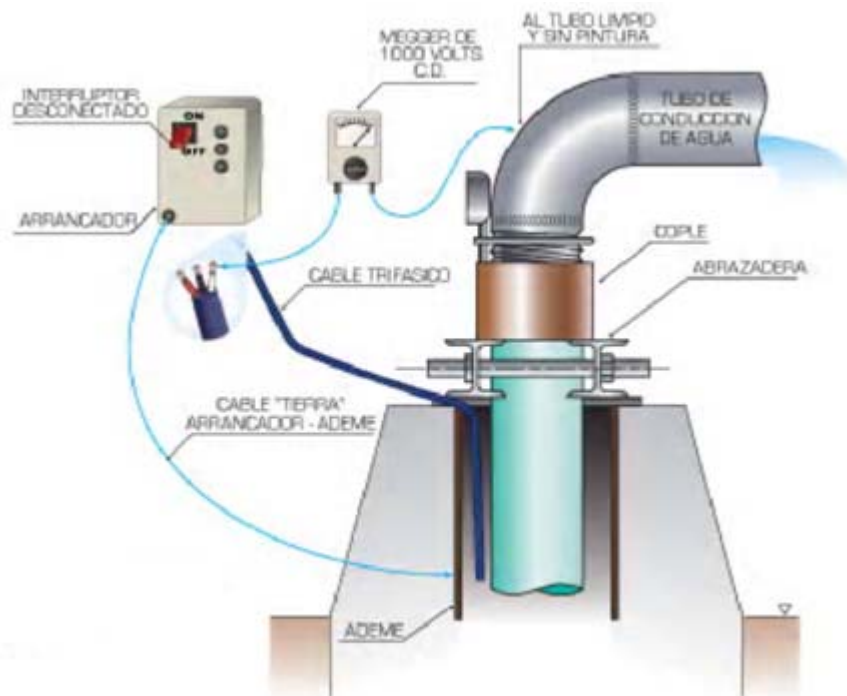


Figura 55. Esquema de medición de aislamiento del embobinado del motor

4.1.12 TAMAÑO DE LISTÓN FUSIBLE EN CANILLAS

El tamaño del fusible adecuado para el equipo se puede obtener en esta tabla (para proteger el transformador), que vale para Transformadores Trifásicos.

KVA Transformador	Amperes Listón		
	13200	23000	34500
15	2	1.5	1
25	3	2	1.5
30	3	2	1.5
45	5	3	2
75	7	5	3
112.5	10	7	5
150	15	7	5
225	20	10	10
300	20	15	10
500	40	20	15

Tabla 28. Fusibles para transformadores

4.2. SONDA NEUMÁTICA Y/O ELÉCTRICA

Lo más adecuado desde la instalación, es proveer una manguera para sonda neumática o un ducto (manguera de PVC) para la inserción de una sonda eléctrica, así se podrán tomar lecturas constantemente del nivel dinámico y detectar una falta eventual de sumergencia.

4.2.1. LISTA DE MATERIALES PARA SONDA NEUMÁTICA

1. Una bomba de aire manual o compresor portátil.
2. Manguera PX de 1/4 de diámetro interior
3. Cuatro abrazaderas sinfín para 1/2 de diámetro
4. Un manómetro 3 Kg/cm² de 2" de diámetro carátula
5. Dos conexiones manguera a cuerda 1/4 N.P.T.
6. Una Tee de hierro 1/4 N.P.T.

7. Un niple para manguera 1/4 de diámetro interior (Tubo de gas 1/4)

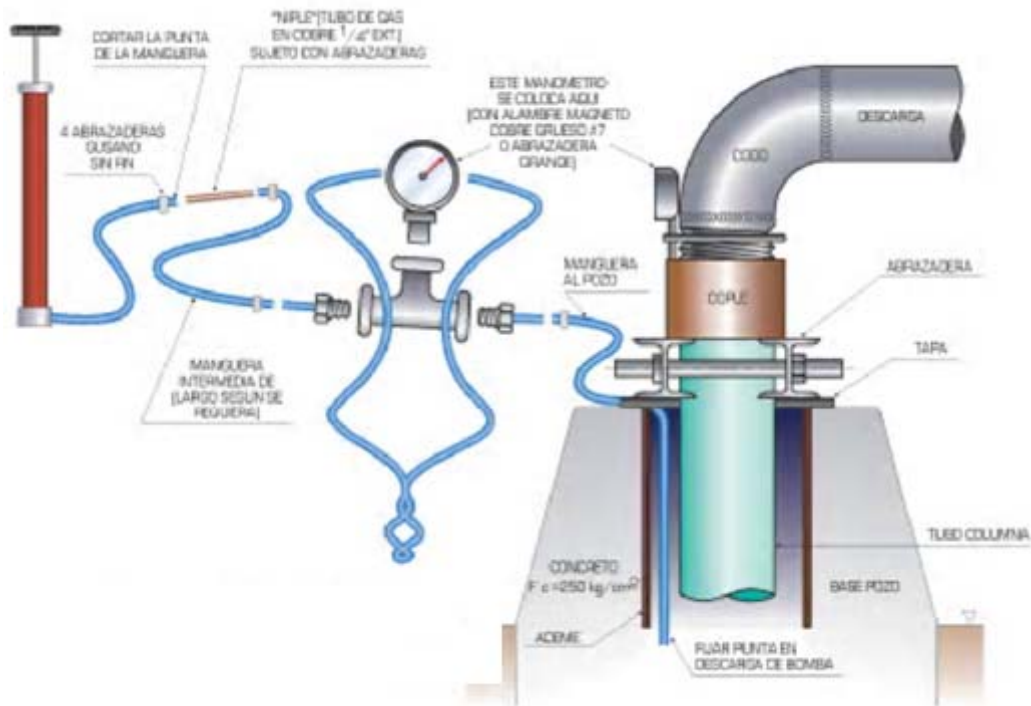


Figura 56. Utilización de la sonda neumática/eléctrica

Ejemplo de lectura 1.2 kg/cm² en el manómetro significa 12.0 mts de sumergencia

La correspondencia practica es 1 kg/cm² son 10 mts de columna de agua.

4.2.2. MEDICIÓN VOLTAJE - VALOR MÍNIMO Y DE EQUILIBRIO

La medición se realiza con el arrancador conectado a la línea eléctrica con potencial aplicado, y debe medirse en pares ordenados 1 : LI y L2, 2: L2 y LS, 3: LI y LS.

Los valores obtenidos en las lecturas tomadas tanto con equipo sin operar, como con equipo en operación, no deberán estar abajo de 209 volts en caso de voltaje de operación de 220 v nominales ó 418 para un voltaje nominal de 440 v según sea el

voltaje de operación del motor (ver placa de datos del motor). En caso necesario, mover los cambiadores de derivaciones del transformador (quitar canillas). Así mismo, deberá observarse de los valores de voltaje que arrojen las lecturas tomadas, el desequilibrio entre la fase más alta y la más baja, el cual NO debe exceder del 5%. En caso contrario, notificar a la C.F.E. quién deberá corregirlo.

4.2.3. MEDICIÓN DEL AMPERAJE - DESEQUILIBRIO

Operando el equipo con el amperímetro de gancho, se miden las tres fases. Valores permitidos son los de la placa del motor, con tolerancia de 5% máximo arriba del valor de amperaje marcado en la placa, siempre y cuando el voltaje esté correcto, es decir, dentro de los parámetros señalados en placa 220/440v

Ejemplo:

Valor de Placa = 156 Amps.

Valor máximo 5% = 163.8 Amps. Máximos aceptables.

Así mismo el valor máximo de desequilibrio de amperaje en un motor será del 6% entre el valor de la fase más alta y el valor de la fase más baja.

En el caso de que exista por bajo voltaje un amperaje que exceda lo explicado en el párrafo anterior, se podrá reducir el amperaje cerrando la válvula de compuerta de la descarga poco a poco hasta que el amperímetro marque el amperaje de placa. Y en un caso extremo, deberá extraer el equipo del pozo y reducir el diámetro de los impelentes. (Impulsores reducir el diámetro) Esto es necesario para el caso de que los “taps” del transformador no permitan ya subir más el voltaje.

Para evitar calentamiento excesivo del motor por fases con amperaje (corriente) desequilibradas, se permite un desequilibrio entre fases del 6% máximo.

Ejemplo: Nuestro motor de 125 H.P operando en 440V demanda nominalmente 156 Amp. físicamente:

156 Amps. Cable Rojo en la Fase 1

152 Amps. Cable Negro en la Fase 2

163 Amps. Cable Blanco en la Fase 3 [aceptable como máximo].

El valor en porcentaje de desequilibrio se determine de esta manera:

$$\frac{163 - 152}{\frac{156+152+163}{3}} \% = 7.0\%$$

Este valor está por encima del 6% permitido por lo tanto NO se debe operar el equipo así. Para determinar si el desequilibrio de la corriente del motor es causado por el motor o por la alimentación de la energía, haga lo siguiente:

1. Identifique el color de cada línea del cable sumergible y anote en que fase está conectado. Ejemplo: Cable Rojo en Fase 1, Cable Negro en Fase 2 y Cable Blanco en Fase 3.
2. Lea y anote el amperaje en cada fase.
3. Mueva cada hilo del cable sumergible a la siguiente fase: Cable Rojo a Fase 2, Cable Negro a Fase 3 y Cable Blanco Fase 1.
4. Otra vez lea y anote el amperaje en cada fase. Si el valor del amperaje de cada uno de los cables continúa siendo el mismo, es decir que ya cambiadas las

fases el cable Rojo sigue teniendo 156 amperes, el Negro 152 amperes y el Blanco 163 amperes, podemos determinar que el problema está en el motor. Pero si el desequilibrio se mueve y el cable Rojo es el que tiene 152 ó 163 amperes, el Negro 152 ó 156 amperes y el Blanco 152 ó 163 amperes, entonces el problema está en la alimentación de energía, ya sea en el transformador, o bien, en la línea de Alta Tensión de la C.F.E. Revise la línea de alta tensión, cortacircuitos, fusibles y canillas, transformador, arrancador, conexiones en baja tensión y como último recurso: exija que la C.F.E. corrija el desequilibrio. Mientras este último recurso ocurre, conecte las fases con el menor desequilibrio posible.

4.3 PROTECCIÓN CONTRA PICOS DE CORRIENTE Y PARARRAYOS

Los fusibles de alta tensión (cuchillas con canillas) deben hacer buen contacto, los listones fusible” deberán tensarse bien comprimiendo en un 90% el resorte.

Es de suma importancia que toda Subestación cuente con sus 3 apartarrayos del tipo óxidos Metálicos de la capacidad adecuada para protección contra descargas atmosféricas para evitar daños irreversibles al transformador, arrancador y hasta el motor. Estos apartarrayos deben de estar invariablemente conectados sólidamente a la red de berras de la subestación que de acuerdo a la capacidad del transformador y tipo de terreno deberá de contar con un sistema de tierras construido a partir del, 2,3, o más varillas copper weld (5/8” de diámetro x 3 mts. de longitud), interconectadas sólidamente con alambre de cobre suave desnudo calibre 4 mínimo.

La conexión del cable con las varillas copper weld deberá de hacerse preferentemente con soldadura tipo caldwell para evitar oxidaciones futuras y por ende un incorrecto drenado de las corrientes al terreno.

Es importante aclarar que no hay protección infalible contra descargas atmosféricas a pesar de los apartarrayos sólidamente conectados en la tierra. Esto se debe a que las descargas son de corriente directa y desgraciadamente éstas se originan en el pozo al ser éste la tierra o polo negativo y la corriente directa fluye del polo negativo al polo positivo. De ésta manera se presenta que muchas veces el embobinado del motor ya explotó (generando las características bolitas de cobre) antes de que la descarga llegue de abajo hasta los apartarrayos y por ende, éstos ya no disparan.

4.4. INSTALACIÓN DEL EQUIPO DE BOMBEO, MÁXIMA PROFUNDIDAD

La distancia libre mínima entre el fondo del pozo o del nivel de azolve y el motor, debe ser de 3 mts., en Bombas cuyo gasto no sea mayor de 1 5 L/s., y en el caso de Bombas de mayor flujo deberá de ser no menor a 5 mts. Para evitar que sean succionados los sedimentos que generalmente se depositan en el fondo del pozo y así mantener libre de sólidos a nuestro equipo de bombeo.

Es de vital importancia que el motor nunca quede instalado en o dentro del azolve o lodos inferiores del pozo.

4.4.1. COLOCACIÓN DE LA BOMBA Y NPSHR (CNPSR), MÍNIMA PROFUNDIDAD

La bomba requiere ser instalada con un mínimo de 2 metros por abajo de nivel dinámico Nd en bombas chicas hasta 4" (16 litros/seg.) Y los metros adicionales en bombas más grandes según las curvas NPSHR = net positive suction head required (Presión neta requerida de succión positiva, en la succión de la bomba) de cada modelo. Este valor se observa en las curvas de operación para cada equipo en particular,

4.4.2. MÁXIMO DE SUMERGENCIA

El máximo de sumergencia en el caso de los equipos verticales con lubricación en agua aceite no tiene ninguna reserva en este caso, pero en el caso de la el equipo sumergible si existe una restricción, la profundidad es 50 metros abajo del nivel estático. Es importante especificarlo así para asegurar que no entre agua a la conexión que se hace del cable trifásico sumergible al alambre magneto del devanado. En caso contrario se especificara otro tipo de material que soporte dicha presión excesiva.

4.4.3. GIRO DEL MOTOR

Visto desde la flecha de salida (de arriba para abajo), el giro es contra reloj (contrario a las manecillas del reloj). Consecuentemente con equipos verticales el motor flecha hueca cuenta con un dispositivo de frenado de contra sentido llamado freno tipo trinquete esto hace que el para el equipo la carga dinámica negativa ejerza una fuerza en sentido contrario al giro del motor, para esto el motor cuenta con el sistema de frenado de trinquete.

4.4.4. CONDICIONES ESPECIALES DE OPERACIÓN

Eventualmente existen pozos en condiciones especiales tales, que requieran de ciertas consideraciones adicionales o específicas de instalación para obtener el buen servicio de una bomba sumergible. La principal preocupación son aquellas instalaciones donde se restringe el enfriamiento adecuado del motor en el caso de los equipos sumergibles, ocasionando un incremento anormal de la temperatura y posibles fallas del mismo.

Es más factible que esto ocurra en aplicaciones de fosas o de agua estancada; en instalaciones cerca del fondo del pozo, donde la acumulación gradual de arena o sedimentos pueden azolvar el motor; también cuando el venero del pozo se encuentra arriba del nivel del motor, o en aguas que tienen la tendencia a acumular arcillas o carbonatos en el motor que se incrustan y en aquellos pozos con ademes grandes 12, 14, 16 o más pulgadas de diámetro, pero con gastos de explotación chicos, con motores de diámetro pequeño. Donde se esperen estas condiciones, finalmente se puede evitar la falta de enfriamiento del motor, instalando una camisa de succión sobre el motor y la succión de la bomba, forzando el agua a bombear a pasar alrededor del motor como se ilustra en la figura



Figura 57. Succión de una bomba sumergible

La camisa deberá tener, preferentemente. 1 mt. de longitud abajo del motor.

4.4.5. CAVITACIÓN

Es el fenómeno de “implosión” (como los cinescopios de televisión o las lámparas fluorescentes, que se rompen o estallan hacia su interior) y es generalmente causado en las bombas por “falta de sumergencia”, es decir por falta de presión positiva de succión [NPSHR ó CNPSR], como se explica anteriormente. Si el pozo no permite balar la bomba, por azolve o porque se colapsó o porque simplemente ya llegó a la profundidad de perforación, es necesario reducir el gasto de explotación Q hasta que se logre mantener la sumergencia requerida por el equipo y así desaparezca este fenómeno.

También el contenido de gases en el agua es un fenómeno negativo, porque puede causar el efecto cavitación. De igual manera, el remedio puede ser más sumergencia o menor gasto de explotación.

4.5 MANTENIMIENTO DE BOMBAS

Antes de extraer el cuerpo de tazones del pozo, se deben verificar las siguientes posibles causas de bajo rendimiento.

- 1. con un ajuste correcto del juego lateral de los impulsores en los tazones; lo mismo sucede con el rendimiento y la elevación.**
- 2. Las condiciones del pozo, tales como aire o gases en el agua o un abatimiento excesivo que cause cambios de consideración en la elevación.**
- 3. Revoluciones bajas del motor, provocadas ya sea por sobrecarga, baja frecuencia en las líneas o caídas de voltaje.**

4.5.1 CONDICIONES DE OPERACIÓN QUE PUEDEN AFECTAR SU RENDIMIENTO:

Una vez que el cuerpo de tazones se ha extraído del pozo, verifique que no haya piedras u otros elementos extraños en los impulsores y que el colador no esté obstruido; si no existe ninguno de los factores mencionados como causa de la disminución del rendimiento, se debe mandar el cuerpo de tazones al taller para que se desensamble y someta a inspección.

4.5.2. EQUIPO Y HERRAMIENTAS NECESARIAS

El cuerpo de tazones se puede desensamblar en cualquier taller que disponga de un área plana y despejada de 7 a 10 metros de largo, un banco con un tornillo de banco y unos soportes paralelos, ya sean éstos de madera o metálicos, para colocar sobre ellos los tazones, y un área limpia para trabajar.

Además de las herramientas ilustradas a continuación solo se requieren las herramientas de mano usuales para poder ensamblar y desensamblar los cuerpos de tazones. Los casquillos de bronce que se surten como refacción se deben rimar a un diámetro interior preciso después de haber sido montados en la prensa.

4.5.3. INSPECCIÓN DE LAS PARTES

Un medio abrasivo y corrosivo puede dañar cualquier parte del ensamble, por lo que se aconseja revisar cuidadosamente todas y cada una de las piezas que lo componen y sustituir las que se hallen en mal estado a medida que se desmonte el tazón. Los cuerpos de bomba mas usadas en este caso son las de manguillo cónico

4.5.4. DESMONTAJE

- 1. Quite el tapón de la parte inferior del tazón de succión.**
- 2. Marque todos los flanges de los tazones para aparearlos. Una marca con el punzón será suficiente y el ensamble correcto será más fácil.**
- 3. Desmonte las tuercas hexagonales del flange del tazón de succión y desmonte el mencionado tazón.**

4. Los tazones roscados se pueden desmontar con una llave de cadena.
Los tazones roscados tienen la rosca derecha.
5. Verifique que la flecha tenga una marca de referencia a paño con la cara inferior del impulsor que facilite su correcta localización posterior. Si no es perceptible ninguna marca de fábrica en este lugar, márquelo en este momento. Es importante que los impulsores se instalen en la misma posición que la que originalmente trae de fábrica.
6. Verifique también la dimensión A de la figura 1-1. Esta dimensión, lo que sobresale la flecha del tazón de descarga, es de 10 pulgadas para los tazones lubricados por agua y de 20 para las bombas lubricadas por aceite.
7. Golpee el manguito cónico de sujeción, con el mazo de impulsores.
Desmunte el impulsor por la parte inferior de la flecha.
8. Marque los impulsores a medida que los vaya desmontando en secuencia de tal modo que al ensamblar de nuevo el cuerpo de tazones lo haga en el mismo orden que se hizo originalmente en la fábrica.
Alinee también cada impulsor con su respectivo manguito cónico.
9. Introduzca un desarmador en la ranura del manguito cónico con objeto de que lo pueda sacar de la flecha deslizándolo a lo largo de la misma.
10. Repita el proceso para los tazones intermedios del cuerpo de tazones hasta llegar al tazón de descarga.
11. Desmunte el tazón de descarga.

4.5.5 DESMONTAJE DE UNA BOMBA DE LUBRICACIÓN POR ACEITE.

- 1. Desmonte el maguito cónico de sujeción y el impulsor del tazón de descarga, del modo descrito en los pasos 5 y 6 del procedimiento anterior.**
- 2. Desmonte la flecha del tazón.**
- 3. Desmonte el adaptador de cubierta, de la parte superior del tazón.**

4.5.6 DESMONTAJE DE UNA BOMBA DE LUBRICACIÓN POR AGUA.

- 1. Desmonte el manguito cónico de sujeción y el impulsor del tazón de descarga del modo descrito en los pasos 5 y 6 del procedimiento anterior.**
- 2. Desmonte el tazón de descarga.**
- 3. Afloje el tornillo allen del collarín de arena. El cuerpo de tazones ya está listo para que todas sus partes sean inspeccionadas.**

4.5.7 DESMONTAJE A PARTIR DEL TAZÓN DE DESCARGA.

Es posible desarmar un cuerpo de tazones empezando por el tazón de descarga, pero esto se debe hacer sólo cuando se requiere desarmar unos cuantos pasos para inspección o para un pequeño ajuste.

- 1. Desmonte el tazón de descarga y el tazón de succión.**
- 2. Bloquee el extremo superior de la flecha de tal modo que los impulsores queden en su posición superior extrema.**
- 3. Golpee el impulsor superior con el extremo mayor del mazo de impulsores hasta que se afloje el impulsor.**

4. Introduciendo un desarmador en la ranura del manguito cónico, extráigalo deslizándolo a lo largo de la flecha. A continuación se puede desmontar el impulsor.
5. Si se debe extraer otro impulsor, se procede a desmontar un tazón intermedio.

El mismo procedimiento se repite para cada impulsor adicional que se requiera desmontar.

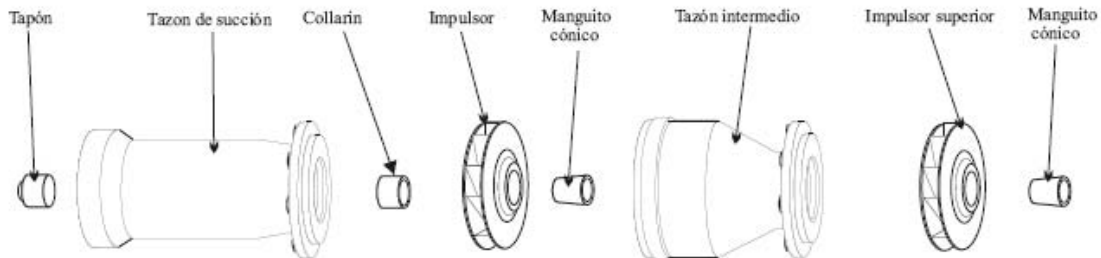


Figura 58. Despiece de una bomba

1. Sujete la flecha en un tornillo de banco usando mordazas blandas de cobre para no maltratar la flecha, cheque la flecha y verifique que esté derecha y que no tenga grietas o raspaduras profundas. No use una flecha que esté pandeada. Con una lima elimine las rebabas o ralladuras que presente la flecha.
2. Coloque el primer impulsor, que se desmontó en la parte superior de la flecha y deslícelo a lo largo de ella hasta que tope con el asiento del tazón.
3. Deslice el manguito cónico a lo largo de la flecha con un desarmador o con una cuña introducida en la ranura por el lado del diámetro mayor del

manguito, hasta que se introduzca en el interior del impulsor. Saque el desarmador o cuña y revise que no se hayan formado rebabas en el manguito. De haberlas, quítelas con una lima. Introduzca firmemente el manguito en su asiento por medio del mazo de impulsores.

4. Quite la flecha con el impulsor montado del tornillo de banco y colóquela sobre las paralelas para ensamblar las partes restantes. A continuación coloque el tazón de succión en su colocación contra el impulsor, para que deje en su lugar el collarín que tenemos sobre la flecha sin apretar. Desmonte nuevamente el tazón de succión, corra el collarín 1/16" hacia el cubo del impulsor y sujételo firmemente en esa posición.
5. Monte el tazón de succión en la flecha hasta que el impulsor descansa en el sello de hule del tazón. Recubra la cara superior del flange del tazón, (o la rosca si se trata de un tazón roscado) con lubricante.
6. Coloque el primer tazón intermedio en su lugar introduciéndolo por la parte superior de la flecha y cuidando de no maltratar la rosca del extremo superior de la mencionada flecha del tazón. Deslice el tazón sobre la flecha hasta que los birlos entren en los barrenos del flange del tazón de succión cuidando que las marcas que se hicieron al desmontar el tazón queden alineadas. Coloque las tuercas. Apriete solamente tres o cuatro tuercas de tal modo que si hay que proceder a desmontar por cualquier motivo, la operación se facilite.
7. Verifique el juego axial de los impulsores siguiendo el siguiente método: empuje la flecha hacia la parte inferior de la bomba hasta que tope; Marque la flecha a paño con el cubo del tazón. Jale la flecha en sentido opuesto hasta que tope; la distancia de la cara del cubo del tazón a la marca hecha en la

flecha es la medida del juego lateral y debe permanecer constante durante todo el proceso de ensamble del tazón. Asegúrese que la flecha gire libremente y que conserva el juego lateral después de montar cada tazón.

8. Antes de colocar el siguiente impulsor en la flecha, coloque los impulsores ya instalados en su posición límite inferior por medio del tornillo para este objeto.

NOTA: El procedimiento anterior se repite hasta que todos los tazones intermedios se encuentren instalados en su lugar.

4.5.8 MONTAJE DEL TAZÓN SUPERIOR EN BOMBAS LUBRICADAS POR ACEITE.

1. Coloque el impulsor y el manguito cónico correspondientes y fíjelos en su lugar.
2. Coloque el tazón de descarga en su lugar, viendo que los birlos entren en los barrenos del tazón intermedio de tal modo que las señales hechas al desmontar coincidan; coloque las tuercas y apriete tres o cuatro de ellas.
3. Enrosque la chumacera de bronce inferior de la cubiertas en el tazón de descarga exactamente $1/2$ de su longitud.
4. Coloque la chumacera en el adaptador de cubierta exactamente $1/2$ de su longitud. Y a continuación enrosque el adaptador de cubierta en la chumacera que está colocada en el tazón de descarga y apriételo firmemente contra el tazón de descarga.

5. Verifique la dimensión "A" (figura 4.5). Llene de grasa a prueba de agua la parte inferior del tazón de succión y coloque el tapón en su lugar. Apriete todas las tuercas de los tazones.

4.5.9. MONTAJE DEL TAZÓN SUPERIOR EN BOMBAS LUBRICADAS POR AGUA.

1. Coloque en la flecha el impulsor y el manguito cónico correspondiente.
2. Monte el tazón de descarga en la flecha y colóquelo en su posición de tal modo que los birlos entren en los barrenos del tazón intermedio y coincidan las marcas hechas al desmontar el tazón. Coloque las tuercas.
3. Verifique la dimensión "A" Rellene con una grasa a prueba de agua el cubo inferior del tazón de succión y coloque el tapón en su lugar.

4.5.10. DIMENSIONES DEL ENSAMBLE

"A" Distancia entre la cara superior del tazón de descarga y el extremo de la flecha.

En los tazones correspondientes a las bombas lubricadas por aceite es de 20".

En las bombas lubricadas por agua es de 10".

"B" Es la distancia entre la cara inferior del impulsor y el extremo inferior de la flecha.

Montaje y desmontaje del tazón de descarga.

- a) Desmonte el impulsor y el manguito cónico tal como se indicó en las instrucciones de desmontaje anteriores.
- b) Desmonte la flecha del tazón.

c) Desmonte el adaptador de cubierta del tazón de descarga.

Para volver a ensamblar el tazón de descarga proceda del siguiente modo:

- a) Coloque en la flecha el impulsor y el manguito cónico correspondiente al tazón de descarga.
- b) Introduzca en la flecha las siguientes partes en el orden indicado.

En las flechas de 1 1/2" de diámetro o mayores coloque unos 25 gramos de grasa resistente al agua. En las flechas de diámetros inferiores coloque la misma cantidad pero 1/2 de grasa y 1/2 de grafito. Continúe la operación de ensamble.

4.6. BOMBAS DIMENSIONES Y HOLGURAS

En las siguientes tablas, los encabezados de los renglones indican lo siguiente:

La flecha de dimensión mostrada es el diámetro mínimo que puede usar el impulsor para el tamaño y modelo de tazón STD.

Este diámetro puede ser mayor para un caballaje superior.

(D) Holgura diametral entre la flecha y los bujes.

(E) Holgura diametral entre el ojo del impulsor y lado del sello lateral.

DIM	6		7	8				10			12		14		18					
FLE- CHA	3/4	7/8	1-3/16	1-3/16				1-3/16	1-1/2		1-1/2	1-15/16	1-15/16		2-3/16	1-15/16				
D	.007	.007	.007	.007	.007	.007	.007	.007	.007	.007	.007	.007	.007	.007	.008	.007	.012	.012		
	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.006	.007	.006	.010	.010	
E	MAX	.011	.012	.012	.012	-	.012	.012	.012	.012	.012	.012	.012	.013	.015	.018	.018	.015	.021	.021
	MIN	.007	.008	.008	.008	-	.008	.008	.008	.008	.008	.008	.008	.008	.011	.012	.012	.011	.015	.015

Tabla 29. Dimensiones de materiales utilizados en bombas

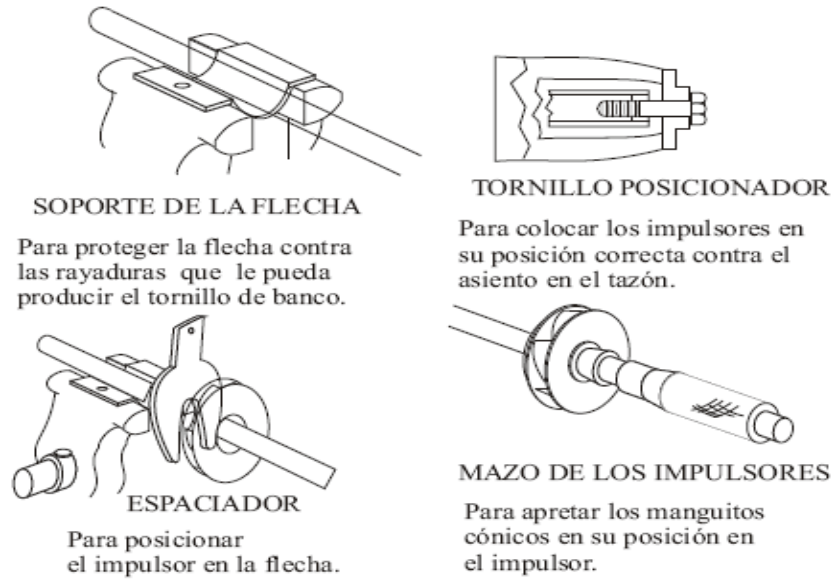


Figura 59. Desmontaje de impulsores

4.7. HERRAMIENTAS DE TRABAJO PARA LA INSTALACIÓN DE BOMBAS

Los materiales y el equipo requeridos para la instalación, variarán con el tamaño de la bomba y el tipo de instalación. La lista que se da a continuación se debe tomar solamente como una guía:

1. Materiales

- **Sellador para roscas.**
- **Aceite lubricante**
- **Grasa**
- **Aceite turbina**
- **Solvente (Cualquier solvente del petróleo).**

- **Cemento.**

2. Equipo

- **Grúa móvil o malacate, cable, sogas y blocks de madera**
- **Estrobos**
- **Grapas elevadoras**
- **Grapa (para sujetar la polea guía al tubo)**
- **Malacate (para enroscar los tubos).**
- **Tablas (tamaño y longitud requeridos para soportar las partes de la bomba suspendidas sobre el pozo).**
- **Grapa para la soga**

3. Herramientas De Mano.

- **Llaves de cadena**
- **Llaves Stillson**
- **Cortatubos o segueta**
- **Limas**
- **Cepillo de alambre**
- **Pinzas**
- **Corta alambres**
- **Navaja**
- **Llaves españolas, de ojo o socket**
- **Estopa**
- **Delantal protector**

4.7.1 VERIFICACIÓN DEL POZO

Equipo normal de herramienta mecánicas manuales. Antes de intentar instalar la bomba, se debe verificar cuidadosamente el pozo para asegurarse de que el ademe tenga el diámetro, la profundidad y alineación requeridas, Se sugiere que esta prueba se haga bajando al interior del pozo un tramo de tubo cuyo diámetro coincida con el cuerpo de tazones y cuya longitud sea una y media la del mismo cuerpo de tazones. Si este tubo se puede bajar hasta la profundidad requerida, se puede suponer que el pozo será adecuado para la bomba en cuestión. Por ningún concepto intente instalar una bomba en un pozo que no haya pasado satisfactoriamente la prueba del tubo.

4.7.2 DESARROLLO DEL POZO

Desarrollar el pozo y eliminar la arena que contenga es parte de trabajo del perforador y se debe realizar con una bomba de prueba reservada para este tipo de trabajos. Si no se tiene disponible una bomba para la prueba y desarrollo del pozo y tiene que usar la bomba nueva para esta operación, de a los impulsores un juego lateral de 3/16" mayor que su posición normal de trabajo.

Una vez arrancada la bomba, no se deberá parar hasta que el agua salga completamente limpia y libre de arena. A pesar de estas precauciones, la bomba puede resultar dañada por la abrasión provocada por la arena.

Si por alguna razón, la bomba se detiene mientras esta bombeando agua con alto contenido de arena, ésta puede bloquear la bomba. El bloqueo de la bomba por la

arena es la condición que se da cuando la holgura que existe entre los impulsores y los tazones se llena de arena que se hallaba contenida en el agua que llenaba la columna, y se deposita en el tazón al cesar el flujo de agua que lo arrastraba.

PRECAUCION: Si se intenta arrancar una bomba bloqueada con arena, el equipo puede resultar gravemente dañado.

Si la bomba se detiene accidentalmente mientras está operando con agua de alto contenido de arena, se puede desbloquear de la siguiente manera:

1. Tan pronto como la flecha detenga su rotación, levante los impulsores a su posición más elevada.
2. Alternadamente, eleve y baje los impulsores para liberar la arena contenida en el interior del tazón.
3. Gire alternativamente hacia adelante y atrás la flecha por medio de una llave aplicada en el cople de arrastre. Este movimiento tendrá el efecto de liberar la arena, permitiéndole caer al pozo nuevamente.
4. Si se dispone de agua limpia en abundancia de origen distinto al del pozo, enjuague la bomba con abundante agua.

Si todos los intentos de desbloquear la bomba fallan, se deberá extraer la bomba del pozo; el bloqueo se podrá eliminar lavando el cuerpo de tazones, o de ser necesario desmontándolo.

4.8 CONSTRUCCIÓN DE LA CIMENTACIÓN

Se recomienda especialmente que se construya una cimentación ampliamente dimensionada de concreto, alrededor del pozo antes de instalar la bomba. Téngase en cuenta que la alineación original de la flecha durará tan solo el tiempo que la cimentación soporte la bomba en una posición estable. Si el cabezal de descarga de la bomba tiene en su parte inferior elementos sobresalientes de un diámetro mayor que el de el pozo, la entrada del ademe debe estar lo suficientemente separado de la cara inferior del cabezal como para que los elementos sobre salientes queden libres de toda interferencia. En este caso se debe prever una ceja de retención alrededor del ademe para que el mortero que se cuele para fijar el cabezal a la cimentación quede retenido en esta ceja que deberá superar al nivel de la cimentación en aproximadamente una pulgada. En el caso de que el ademe sea de un diámetro superior a cualquier saliente del cabezal de descarga, se puede usar el mismo ademe como ceja de contención para el mortero que se colará posteriormente.



Figura 60. Cimentación de un equipo vertical

El espesor de la cimentación debe ser el adecuado para proveer la rigidez requerida, y el área de suelo ocupada debe ser suficiente para dar un asiento estable. El área de espesores mínimos se determina por medio de dos factores:

1. La firmeza de la tierra en el lugar en cuestión, considerando los efectos adversos que puedan tener las lluvias y las eventuales inundaciones.
2. El peso total del equipo cuando se halla lleno de agua, lo que equivale a:
 $\text{peso total de la cimentación} = \text{peso de todas las partes de la bomba} + \text{peso de la columna de agua.}$

Las cimentaciones estructurales, en ciertas ocasiones, pueden ser satisfactorias si se construyen adecuadamente. En algunos casos puede ser satisfactoria una combinación de concreto y elementos estructurales. Lo que se debe evitar siempre son las cimentaciones estructurales (ya sean de madera o metálicas) apoyadas sobre un suelo inestable; seguramente sufrirán deslizamientos y/o combaduras y pandeamientos, lo que provocará desalineamientos que perjudicaran la bomba.

<i>Diám. Tubo Nom.</i>	<i>Cédula</i>	<i>Peso por pie de tubo</i>	<i>Peso por pie de agua dentro del tubo.</i>	<i>Peso total por pie.</i>
3	40S	7.58	3.0	10.6
4	40S	10.79	5.0	15.8
5	40S	14.62	8.0	22.6
6	(0.250)	17	12.2	29.2
8	20	22.4	20.3	42.7
10	20	28	24.0	52
12	30	43.77	48.0	91.8
14	30S	54.57	57.0	111.6
16	30S	62.58	76.0	138.6
18	30	82.06	97.0	179.1
20	30X	104.13	120.0	224.1
24	30X	125.49	177.0	302.5

Tabla 30. Pesos aproximados de la tubería de las bombas llenas de agua. (Lbs.)

4.9. SISTEMA DE LUBRICACIÓN

El depósito de aceite puede ser parte integral del cabezal de descarga o puede ser un tanque separado. En cualquier caso inspeccione su interior para asegurarse que se halle limpio y de ser necesario lávelo con solvente, (a base de petróleo).

En caso de que el depósito de aceite sea un tanque separado, sujételo al cabezal de descarga por medio de las abrazaderas y tornillos adecuados. El sistema de lubricación que va del depósito al cabezal de descarga, puede ser uno de los cuatro diferentes mostrados en la figura 4.7. Conecte la válvula de solenoide, (en caso de ser usada), y la válvula con mirilla, (gotero), ya sea ésta estándar o con compensación de temperatura, al depósito, tal como se muestra en la figura apropiada. Conecte, por medio de un tramo de tubo de cobre flexible la salida del gotero al barreno roscado a 1/4 NPT en un lado de la tuerca de la cubierta.

La válvula de solenoide está diseñada para permitir el flujo de aceite cada vez que se arranca el motor. El voltaje de la válvula de solenoide está indicado en su placa. No conecte a ningún voltaje diferente al indicado.

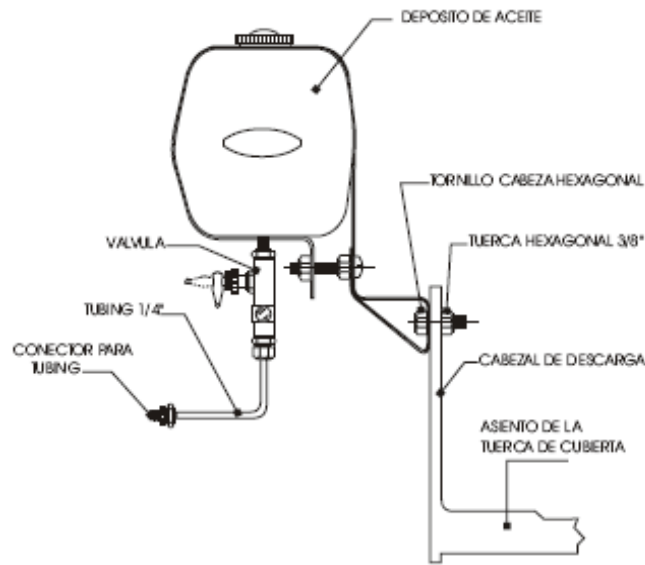
Si la bomba está operada por un motor eléctrico y el voltaje del motor coincide con el de la válvula, conecte las dos terminales de la válvula a cualquiera de las del motor. En caso de que el bobinado de la válvula sea para un voltaje diferente del motor, se deberá reembobinar la válvula o bien se podrá conectar a dos terminales

del tablero que tengan el voltaje requerido o se deberá usar un transformador aparte para conectarla.

La válvula con gotero de temperatura controlada, se mantiene a temperatura prácticamente constante por medio de agua que toma de la bomba. Por medio de un tramo de tubo de cobre flexible, conecte cualquiera de las dos entradas de la válvula al

barreno roscado a 1/4 NPT que se halla en la pared interior del cabezal de descarga, adyacente a la tuerca de cubierta. Conecte otro tramo de tubo a la otra salida de la válvula para regresar el agua ya sea al interior del pozo a través de un barreno en la base del cabezal o a otro drenaje conveniente.

Emplee únicamente aceite de alta calidad, llene el depósito, ajuste el gotero a un flujo de 5 o 6 gotas por minuto por cada 100 pies de columna. Al cabo de dos semanas de operación ajuste el gotero a 3 gotas por minuto por cada 100 pies de columna. Mantenga el depósito de aceite perfectamente tapado para evitar la entrada de suciedad en el sistema de lubricación. Mantenga el depósito lleno cuando menos hasta la cuarta parte de su capacidad total.



Lubricación manual

Figura 61. Lubricación por aceite en bomba vertical

4.10. ARRANQUE DE UNA BOMBA VERTICAL

Antes de intentar arrancar la bomba, verifique el nivel del agua en el pozo para asegurar que, cuando menos, el primer impulsor esté sumergido. No se puede esperar que la bomba eleve agua a menos que el nivel estático del agua sea superior al nivel del primer impulsor.

Antes de intentar arrancar la bomba verifique que los siguientes puntos estén listos:

- Nivel de aceite en el depósito.
- Todas las conexiones apretadas correctamente.
- Prelubricación de las chumaceras.
- Lubricación del elemento motriz.

- Conexiones del motor eléctrico, (de haberlo).
- Conexión de la válvula de solenoide, (de haberla).
- Acoplamiento del cabezal engranado al motor, (de haberlo).
- Ajuste de los impulsores.
- Conexión de la tubería de descarga.
- Conexiones de refrigeración del motor, (de haberlas).
- Válvula en la tubería de descarga (debe estar abierta)

En caso de que por cualquier motivo, las chumaceras de las cubiertas no hayan sido prelubricadas al momento de instalarlas, permita que el aceite alimentado por el gotero fluya cuando menos por dos horas antes de intentar arrancar la bomba. En caso de que se haya instalado una válvula de solenoide, se deberá desconectar el tubo de alimentación de aceite al cabezal de la bomba y prelubricar manualmente. Otra alternativa consiste en desmontar la tapa de la tuerca de cubierta y vertir aceite directamente al interior de la cubierta.

Al arranque la bomba en caso de que se note una vibración excesiva o de que el motor se sobrecaliente, deténgala inmediatamente. Determine la causa del problema y corrija antes de intentar un nuevo arranque de la bomba.

En caso de que la bomba se le haya ajustado la tuerca de cubierta por medio de la llave especial, verifique que no haya fugas de agua entre la tuerca de cubierta y el cabezal a través del empaque allí colocado. En caso de que el empaque no selle correctamente, se deberá apretar la tuerca de cubierta, opere a través de las

aberturas del cabezal con una varilla y un martillo apriete la tuerca de la cubierta hasta que las fugas dejen de manifestarse.

Si la bomba está instalada en un pozo nuevo, el ajuste definitivo de los impulsores se deberá llevar a cabo cuando deje de salir arena con el agua.

Al arrancar de la bomba después de un paro debe tomarse en cuenta que cuando la bomba ha estado parada por un tiempo superior a una semana, deje fluir el aceite durante dos horas antes de arrancar la bomba de nuevo.

4.11. CONSIDERACIONES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA EN EL DESMONTAJE DE EQUIPOS

No intente levantar el equipo completo a través de las orejas del motor, ya que ni estas orejas ni los tornillos de sujeción del motor al cabezal de descarga están calculados para soportar el peso del equipo completo.

Existen límites definidos a la capacidad de carga de las orejas y de las armellas colocadas en los barrenos de la cara superior del cabezal.

Exceder estas cargas puede traer como consecuencia la falla del cabezal de descarga y graves desperfectos a las otras partes de la bomba, así como lesiones graves para el personal involucrado en la maniobra.

No trabaje nunca bajo un elemento pesado que se halle suspendido a menos que exista un soporte sólido bajo el mismo que lo detenga en caso de que falle la grúa o el estrobo.

Descuidar esta advertencia puede traer como consecuencia lesiones de extrema gravedad.

Despeje un área suficiente adyacente al lugar de la maniobra como lugar para almacenar las partes de la bomba a medida que la vaya desmontando. Coloque sobre el piso una serie de tablonos paralelos para colocar sobre ellos los tramos de columna y flecha a medida que los vaya desarmando.

Desconecte la tubería de descarga del cabezal de descarga. En caso de que el elemento motriz esté equipado con un sistema de refrigeración del lubricante, desmonte el sistema de tuberías o mangueras de la instalación exterior hecha con este propósito.

En las bombas que están equipadas con un sistema de aire para medir el nivel del agua, desmonte el dispositivo y la tubería conectada al interior del cabezal de descarga; algunas bombas tienen esta conexión en la parte inferior del cabezal, por lo que sólo se podrá desconectar posteriormente.

En las bombas operadas a través de un cabezal engranado, desconecte el acoplamiento colocado entre el cabezal engranado y el motor. Si el motor es eléctrico, desconecte los alambres de la caja de conexiones del motor.

Antes de destapar la caja de conexiones de un motor eléctrico, verifique que se haya cortado la corriente al motor. La descarga eléctrica de una terminal energizada puede ser de fatales consecuencias.

Desmonte el motor del cabezal de descarga del siguiente modo:

- Desmonte la tapa protectora del motor.
- Desmonte los opresores de fijación de la tuerca de ajuste, la tuerca de ajuste, la chaveta y el cople de arrastre.
- Desmonte los tornillos de fijación del motor.
- Pase un estrobo por las orejas del motor y levántelo por encima del cabezal de descarga cuidando de no golpear ni rayar la flecha motriz.
- Coloque el motor sobre unas tablas en el área previamente despejada con esta finalidad.
- Desmonte los tornillos que sujetan la tapa de la tuerca de cubierta, y desmonte la tapa deslizándola por la flecha.
- Desenrosque la tuerca prensa empaques, de la tuerca de cubierta, y saque los empaques. Esta operación se puede realizar ya sea por medio de una herramienta especial para sacar los empaques o con un gancho hecho con un alambre afilado.

- **Use la llave especial para tuercas de cubierta, aplicando las ranuras de la llave a las salientes de la tuerca de cubierta y con una llave para tubo aplicada a la llave especial, desenrosque la tuerca de cubierta del cabezal de descarga. Algunos cabezales de diseño antiguo, tienen una contratuerca bajo la tuerca de cubierta; de haberla desmóntela.**
- **Desmunte los tornillos que sujetan el cabezal de descarga a la placa base o a la cimentación (según el caso), y pase el estrobo por, las orejas del cabezal de descarga, alce la bomba completa hasta una altura cómoda de trabajo. En caso de que la bomba tenga la conexión para la línea de aire bajo el cabezal desconéctela.**
- **El procedimiento para desmontar el cabezal de descarga y el tramo superior de la columna, varía según el tamaño del cabezal de descarga. El modelo de cabezal, está indicado con letras realzadas en la parte superior de la base del cabezal.**

CONCLUSIONES

En el presente trabajo cumplimos satisfactoriamente con el objetivo principal en el cual dimos una explicación amplia concisa y precisa de cómo seleccionar y dar mantenimiento a bombas centrifugas así como una explicación breve de los diferentes tipos que existen.

También podemos decir que mencionamos los conceptos fundamentales y principales para poder entender y tener una comprensión adecuada de todos los términos que manejamos dentro de los capítulos del presente trabajo.

Es de importancia mencionar que este trabajo esta hecho al alcance de casi cualquier persona aun sin conocimientos en el tema, hasta personas relacionadas con el mantenimiento y selección de bombas centrifugas.

Cabe destacar que nos enfocamos en profundizar todos los puntos importantes para la colocación de un sistema de bombeo, desde diferentes tecnologías existentes en tipos de arranque, diferencias entre bombas, colocación, puesta en marcha y como se deben seleccionar.

Por todo lo anterior es de importancia que un ingeniero tenga los conocimientos principales sobre el funcionamiento de estos sistemas, para que así obtenga resultados óptimos y eficientes y de mejores resultados ya que es muy importante para la vida del ser humano la transportación y obtención del líquido vital para la existencia humana.

BIBLIOGRAFIA

- Manual de selección de equipos sumergible editado por bombas alemanas s.a. de c.v. año 1996 Querétaro México
- "Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe". CRANE. Technical Paper No. 410.
- "Pump Handbook". Karassik – Messina – Cooper – Heald. Thrid Edition. McGraw - Hill.
- "Bombas Rotodinamicas y de Desplazamiento Positivo". Burton – Loboguerrero. [Edición](#) Julio 1999. UNIANDES.
- "Enginner's Guide to Rotating Equipment – The Pocket Reference". Mattews. Professional Enginnering Publishing.
- Goulds Pumps. ITT Industries.
http://www.gouldspumps.com/cat_pf_0001.html
- FRANQUINI B. Joseph / FINCMORE E. John. Mecánica de Fluidos con Aplicaciones en [Ingeniería](#). McGraw – Hill, mexico 1997
- TYLERG Hicks. BME, Bombas, su Elección y aplicación. Compañía editorial Continental, S.A., [México](#). 1979.
- Dr. Ing. CISNEROS MARTINES Luis. [Manual](#) de Bombas. Blume. [Barcelona](#); [España](#), 1977.
- KARASSIK IGOR I. CARTER ROY. Bombas Centrífugas, Continental, S.A. [México](#). México 1978
- MENAUGHTON KENNETCH. Bombas: Selección y [Mantenimiento](#). McGraw – Hill. México 1890.