

00521
25



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**"DISEÑO, INSTALACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE SISTEMAS
DE BOMBEO PARA MANEJO
DE AGUAS RESIDUALES"**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

P R E S E N T A :

ROSALÍA CANJAY TORRES

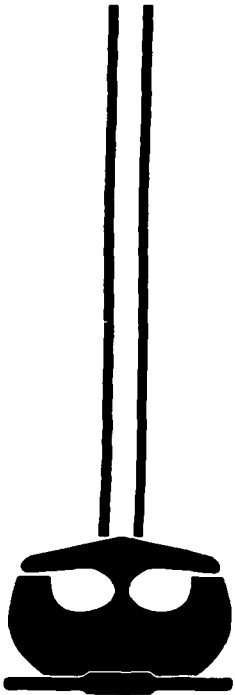
MÉXICO, D. F.



2004

EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUÍMICA

A





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.

PAGINACION

DISCONTINUA

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE :

Genovevo Silva Pichardo.

VOCAL :

Rodolfo Torres Barrera.

SECRETARIO :

Baldomero Pérez Gabriel.

PRIMER SUPLENTE :

Pablo Sandoval y González.

SEGUNDO SUPLENTE:

José Sabino Sámano Castillo.

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:


Facultad de Química,
Universidad Nacional Autónoma de México.

Aseor del Tema



Ing. Baldomero Pérez Gabriel

Sustentante



Rosalía Canjay Torres

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DEDICATORIAS

A mis padres:

Dominga Torres Salguero
Víctor Canjay Coello (q.e.p.d)
Quienes me dieron la vida,
su amor incondicional.

A mi madre:

Gracias por darme su apoyo
y consejos. Enseñarme con
su ejemplo a luchar por
mis metas.

En memoria de mi padre:

Por estar a mi lado y
guiarme ante la vida.

A mi asesor de tesis:

Gracias por darme todo su
apoyo, tiempo, paciencia.

A mis hermanos:

Myrna, José, Catalina, Rodrigo.
Quienes me han dado su apoyo,
cariño, por estar conmigo en los
momentos más importantes de
mi vida.

En memoria de mi familia:

Marina Salguero, Basilio Torres,
Lázaro Maye, Tomasa Penca,
Juan Canjay, Macaria Coello
Catalina Maye, Cirilo Maye
y Bedol Maye

A mis amigos:

Glicería, Betzabe, Perla,
Juan Carlos, Verónica, Araceli,
Ivonne, Juan, Flor, Germán,
Guadalupe, Omar, Karina, Alli,
Iliana, Xiomara, Claudia, Lucy,
Vanessa, Saúl, Arturo, Arelí,
Cielo, Sandra, Beatriz, Lidia,
Rocío, Aurora, "Donas"

A todos:

Los que luchan por ser
mejores cada día y
viven dignamente.

PICSA AURORA:

DGCOH

FAIRBANKS MORSE

Gracias por el apoyo que
me brindaron.

A la UNAM:

Por darme herramientas
para enfrentar la vida
con éxito.

ÍNDICE

CONTENIDO

PÁGINA

Presentación I

CAPÍTULO I. SISTEMAS DE BOMBEO

1.1	Definición de bomba	2
1.1.1	Impulsor Abierto	2
1.2	Sistema de Bombeo	4
1.3	Montaje de bombas	8
1.3.1	Bomba inatascable propuesta	8
1.3.2	Instalación de la bomba	9
a)	Alineamiento en el campo	9
b)	Rotación	9
c)	Montaje del motor en el campo	10
d)	Alineamiento del cople	10
e)	Esfuerzos de la tubería	11
f)	El sistema de sello y estopero	11
g)	Empaques	11
h)	Lubricación de baleros	13
1)	Lubricación con aceite	13
2)	Engrasado	13
1.3.3	Preliminares antes de arrancar la bomba	14
1.3.4	Instrucciones generales para la operación de la bomba	14
a)	Cebado	14
b)	Arranque	15
1.3.5	Operación	15
1.3.6	Paro	15
a)	Congelación	16
1.4	Diseño de cárcamos	16
a)	Cárcamo seco	19
b)	Cárcamo húmedo	20
c)	Capacidad de un cárcamo	20
d)	Ventajas y desventajas de los dos diseños de cárcamo	21
e)	Conclusiones	22

CONTENIDO**PÁGINA**

1.5	Obra civil para la instalación de bombas	22
a)	Cimentación y anclaje de las bombas	22
i)	Cimientos de concreto simple	23
ii)	Cimientos de concreto armado	24
1.5.1	Tomillos para la cimentación	25
1.5.2	Nivelación de la placa-base	26
1.6	Obra hidráulica	28
1.6.1	Definición de obra hidráulica	28
1.7	Instalación eléctrica de un sistema de bombeo	30
1.7.1	Explicación de la conexión eléctrica de un motor monofásico	30
1.7.2	Explicación de la conexión eléctrica de un motor trifásico, protegido de arrancador magnético a tensión completa	31
1.8	Pruebas de arranque, operación y paro	32

CAPÍTULO II. CÁLCULO PRÁCTICO DEL POTENCIAL DE BOMBEO HORIZONTAL Y VERTICAL.

2.1	Cálculo del potencial de bombeo horizontal y vertical	34
2.1.1	Factor de servicio y su manejo en la elección del sistema motor-bomba	34
2.1.2	Cálculo del potencial de bombeo en sentido horizontal	35
a)	Teórico	35
b)	Práctico (utilizando el Crane)	37
2.1.3	Cálculo del potencial de bombeo en sentido vertical	38
a)	Teórico	39
b)	Práctico (propuesto)	40
i)	Utilizando el factor de servicio	41
2.2	Curva de bombas inatascables y su explicación	42

CAPÍTULO III. MANTENIMIENTO

3.1	Generalidades	46
3.2	Mantenimiento preventivo	47
a)	Revisión de la bomba al adquirirla	47
b)	Base del conjunto motor-bomba	47
i.1)	Instalación del conjunto motor-bomba	47
i.2)	Alineación del conjunto motor-bomba	47
c)	Tubería	48
d)	Succión y descarga	48

e)	Tubería de purga	48
f)	Motor eléctrico	48
i.1)	Protección	49
g)	Flecha	49
h)	Prensa-estopa	49
i)	Baleros	50
j)	Sellos mecánicos	50
3.3	Causas de funcionamiento deficiente y solución	51
3.4	Trabajos a realizar para conservar el conjunto motor-bomba en óptimas condiciones	55
3.5	Tipos de bombas propuestas	56
3.5.1	Comportamiento y características de la bomba horizontal inatascable	56
a)	Motores eléctricos	56
b)	Características de las bombas	56
c)	Aplicaciones	58
3.5.2	Bomba vertical inatascable	60
a)	Partes de la bomba	60
b)	Fabricación estándar	62
3.5.3	Conclusiones	64

CAPÍTULO IV. COSTOS

4.1	Costo de operación y mantenimiento	67
4.1.1	Costo por consumo de energía	67
4.1.2	Costo por mantenimiento	68
4.1.3	Ejemplo de costo de consumo eléctrico	68
4.1.4	Ejemplo de costo de mantenimiento	69
a)	Bomba nueva	69
b)	Bomba usada	69
4.2	Financiamiento	70
4.3	Cotización de bombas	70
a)	Ejemplo	71
4.3.1	Costo de instalación del equipo	71
4.3.2	Costo de bombas sumergibles inatascables propuestas	72
4.4	Reemplazo de bombas	73

CONTENIDO**PÁGINA****CAPÍTULO V. NORMAS**

5.1 Normas Oficiales Mexicanas para la protección ambiental en materia de aguas residuales	76
5.1.1 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-002-ECOL-1996 Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal	76
Conclusiones	87
Referencias	89

PRESENTACIÓN

En esta tesis se propone la aplicación de bombas sumergibles inatascables para el manejo de aguas residuales.

En la actualidad es indispensable para la ciudad y el área conurbada el manejo de las aguas residuales a través del sistema de alcantarillado por razones de seguridad, salud humana y contaminación del medio ambiente.

La presente obra lleva la dirección y enfoque de proporcionar de una manera práctica, eficaz y prudente las recomendaciones propuestas para el manejo de aguas residuales por medio de las bombas sumergibles inatascables.

Se anexan figuras, modelos de bombas de los equipos comerciales más recomendables, así como su aplicación y montaje con el objeto de mostrar la efectividad de estas máquinas en el trabajo con aguas residuales.

Se propone el tipo de bombas sumergibles inatascables de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes y a la experiencia de contratistas y personal de trabajo en el manejo de aguas residuales.

Asimismo se incluyen recomendaciones sobre operación y mantenimiento de este tipo de máquinas para efectos de bombeo; además costos de operación de las bombas sumergibles inatascables y normatividad correspondiente a las aguas residuales.

CAPÍTULO 1
SISTEMAS DE BOMBEO

CAPÍTULO 1. SISTEMAS DE BOMBEO

1.1 DEFINICION DE BOMBA

Diseño mecánico compuesto por una parte estática llamada carcasa y una parte dinámica llamada impulsor, que conectada a un motor eléctrico, sirve para dar velocidad a un fluido líquido.

1.1.1 Impulsor abierto

Es el corazón de la bomba centrífuga. Recibe el líquido y le imparte una velocidad. Del impulsor dependen la carga y el gasto producidos por la bomba.

El impulsor está constituido por una pieza mecánica con sus correspondientes álabes, cuña, cuñero y prisionero. Se monta sobre un eje rotor y se asegura mediante una cuña y prisionero de fijación.

El número de impulsores determina el número de etapas o pasos de una bomba. Cuando esta posee sólo un impulsor, se dice que es de una etapa. La que tiene más de dos impulsores es una bomba de etapas múltiples o multipaso.

Según los detalles de los álabes los impulsores pueden ser:

1. Abiertos
2. Semiabiertos

3. Cerrados:
 - de admisión simple
 - de doble admisión
4. De flujo axial (hélice)
5. De tipo mixto

Los impulsores abiertos tienen álabes unidos a un plato central. Para el manejo de grandes piezas, las cuales van contenidas en las aguas residuales, el diseño del impulsor se fabrica de modo especial, pero siguiendo la forma geométrica como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Impulsor abierto de diseño especial para manejo inatascable.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1.2 SISTEMA DE BOMBEO

Es un arreglo de máquinas(bombas), tuberías, accesorios y controles, que sirven para llevar un líquido de un lugar a otro.

En la industria, es necesario disponer de un sistema de bombeo, para manejar líquidos; ya que su estudio y conocimiento es muy importante prácticamente en toda empresa fabricante de algún producto industrial, como por ejemplo: la industria cervecera, refresquera, lechera, ácidos, alcoholes, pinturas y en general donde se manejen fluidos líquidos de trabajo; es por lo tanto relevante, que se conozca con precisión y estabilidad en el campo de la Ingeniería Química, un sistema de bombeo industrial, pues con ello se podrá manejar con éxito todo lo relacionado con sistemas motor-bomba y líquidos a manejar.

En esta tesis se cubren los aspectos antes referidos en materia de trabajo con aguas residuales, también pueden ser utilizados en apoyo al ingeniero que trabaje casos relacionados con sistemas de bombeo y líquidos.

Durante los trabajos de bombeo en el manejo de aguas residuales, se recomienda por la experiencia arreglos en serie y en paralelo.

Los sistemas en serie se aplican para dominar por bombeo grandes distancias a través de cárcamos, mientras que el sistema en paralelo se aplica para el manejo de grandes flujos o grandes volúmenes de aguas residuales.

Por lo general, tanto en sistemas de bombeo en serie como en paralelo, se construyen cárcamos de succión y cárcamos para recibir descarga

clasificados como cárcamo húmedo, incluyéndose también el cárcamo seco que se verá más adelante.

El sistema de bombeo en serie se muestra en la figura 2 y figura 3.

El sistema de bombeo en paralelo se muestra en la figura 4 y figura 5.

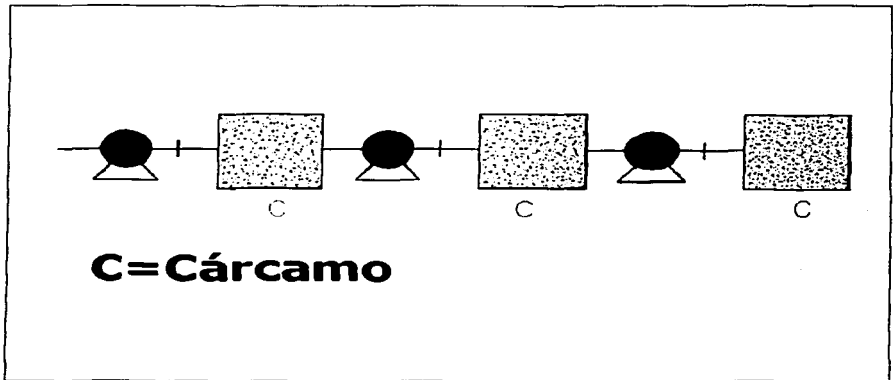


Figura 2. Vista en planta de un sistema de bombeo en serie.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

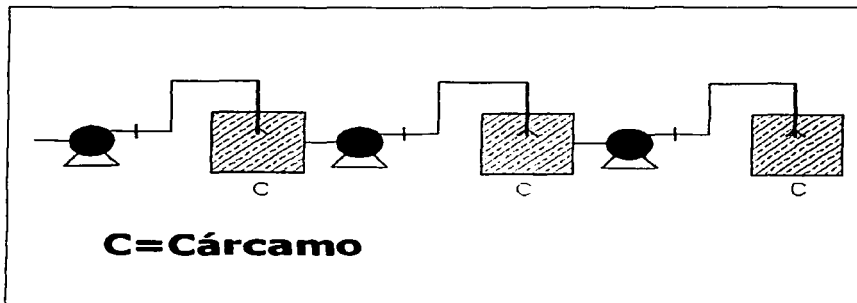


Figura 3. Vista en elevación de un sistema de bombeo en serie.

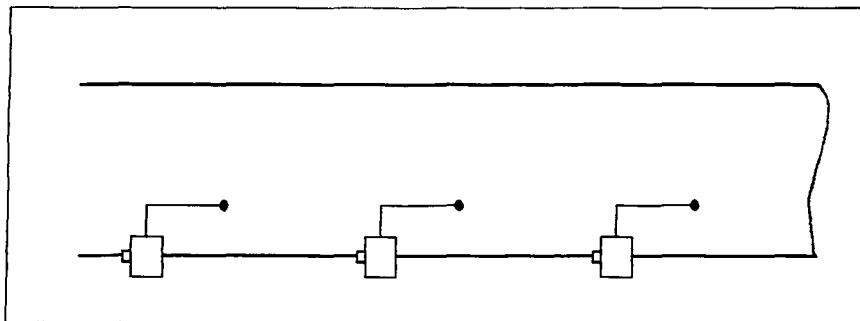


Figura 4. Vista en planta de un sistema de bombeo en paralelo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

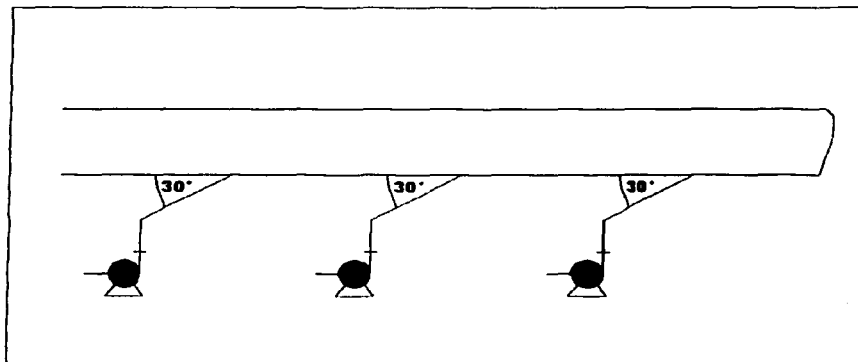


Figura 5. Vista en elevación de un sistema de bombeo en paralelo.

Explicación para el sistema de bombeo en paralelo de la figura 5.

La experiencia recomienda que se conecte la descarga de la bomba a un cabezal, siendo el ángulo de entronque entre la línea de descarga y el cabezal de 30° para desvanecer el choque hidráulico que se tendrá si se conecta la descarga de la bomba a 90° , originándose pérdidas de presión por este efecto.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.3 MONTAJE DE BOMBAS

Se refiere a la instalación hidráulica, mecánica y eléctrica de los sistemas de bombeo, y consta:

- Obra civil
- Cimentación y anclaje de la bomba
- Obra hidráulica
- Interconexión de tubería y accesorios de la línea de succión y descarga
- Obra eléctrica, son los trabajos de la instalación eléctrica, para que pueda trabajar la bomba, incluye conductores eléctricos, interruptores y arrancadores.

1.3.1 Bomba inatascable propuesta

En el trabajo de tesis propongo el montaje de bombas inatascables de la siguientes características comerciales (ver Tabla 1), debido a que por su diseño especial son las apropiadas para el manejo de aguas residuales que por lo general llevan materiales en suspensión, los cuales ocasionarían atascamiento en otros diseños de bombas, tales como las bombas centrífugas de impulsor cerrado y semicerrado.

Tabla 1. Características comerciales de las bombas inatascables propuestas.

MODELO	DIAMETRO DE DESCARGA mm	C.P.	CAPACIDADES LPM	CARGAS m	PASO DE SÓLIDOS mm
S3S150	76	1 1/2	946	11	64
S3S200	76	2	1079	11	64
S4S300	102	3	1987	15	76
S4S500	102	5	2574	18	76
S4S750	102	7 1/2	3028	18	76

C. P. = Caballos potencia

LPM = Litros por minuto

m = metros

mm = milímetros

1.3.2 Instalación de la bomba

En este punto se incluyen trabajos relacionados con:

a) Alineamiento en el campo

El trabajo correcto de la unidad depende del alineamiento preciso de la bomba, del motor y del cople.

b) Rotación

Es conveniente verificar la rotación del motor antes de montarlo.

c) Montaje del motor en el campo

Limpiar el cople y el motor, colocar cuidadosamente el motor sobre la placa-base, como lo especifica las instrucciones de la figura 6. Verificar que los tornillos estén bien apretados.

d) Alineamiento del cople

Debe ser preciso y es de máxima importancia (ver figura 6a y 6b), debido a que si hay un mal acoplamiento, se presentarán vibraciones mecánicas que pueden destruir el sistema motor-bomba mecánicamente.

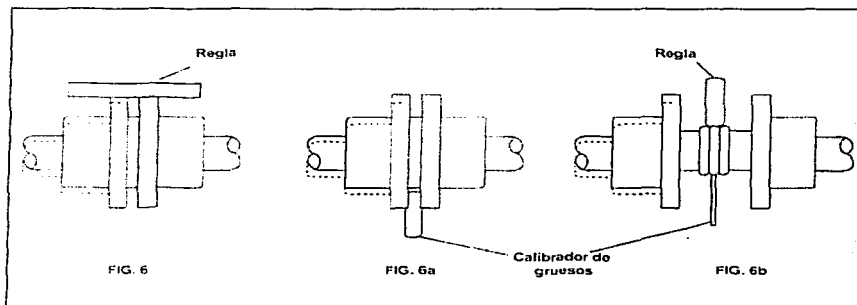


Figura 6, 6a, 6b Coples.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

e) Esfuerzos de la tubería

Durante el montaje se debe tener cuidado en que la tubería no este sometida a esfuerzos mecánicos como desalineaciones, vibraciones mecánicas como desalineaciones, vibraciones mecánicas, entre otros.

f) El sistema de sello y estopero

El líquido para sellar y enfriar se lleva a una presión ligeramente más baja que la empleada en la bomba. Sirve para proteger, lubricar y evitar escape de corrosivos o líquidos dañinos.

Por experiencia se recomienda que caiga una gota cada 3 segundos, para proteger el estopero contra fricciones fuertes.

Todas las conexiones de tubería y de ajuste deben estar bien apretadas, no debe pasar aire, ya que esto provoca que la bomba pierda la presión de la succión.

g) Empaques

Los empaques se escogen de acuerdo con las temperaturas y presiones involucradas, además deben tener suficiente dureza. El empaque es de acuerdo al tipo de líquido.

La experiencia recomienda que en materia de empaques se seleccionen estos en teflón, que aunque es de mayor precio que los otros, dará los mejores resultados.

La figura 7, 7a y 7b, nos muestra tres anillos de empaque.

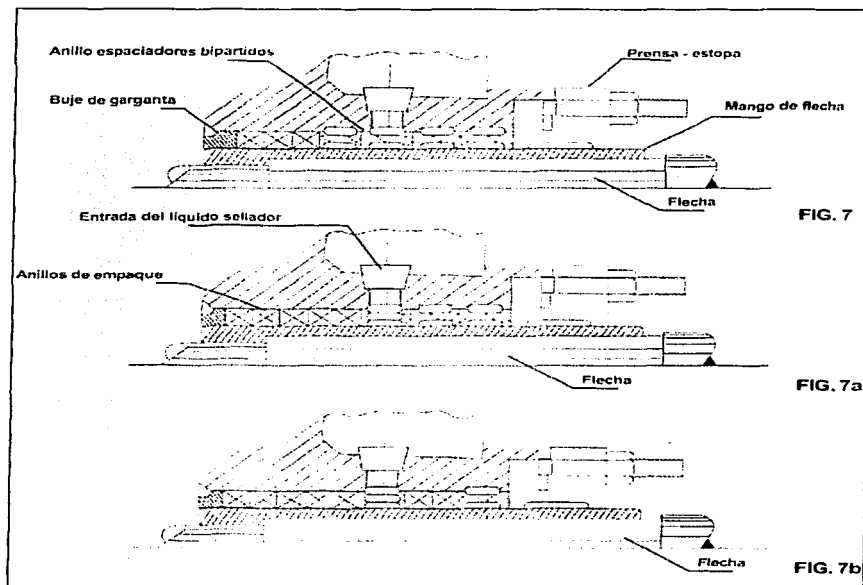


Figura 7,7a, 7b. Anillos de empaque.

h) Lubricación de baleros

Los baleros, el depósito de aceite, la bomba, el enfriador y su tubería, se lavan cuidadosamente con gasolina, luego se seca y se aceita todo.

Durante el trabajo inicial de la bomba deben observarse los baleros para evitar a tiempo todo sobre-calentamiento.

El nivel de aceite debe mantenerse de manera que nunca sobrepase el centro de la bala, ni más allá de la parte inferior de la bala ó del anillo de aceite.

Todo tipo de balero debe ser inspeccionado con frecuencia para verificar el desgaste.

1. Aceite lubricante.

Debe ser altamente refinado y muy emulsible, contener inhibidores de oxidación libre de gomas y de tendencias para formar ácidos. El aceite se drena totalmente y se pone nuevo cada 6 meses.

2. Engrasado.

Nunca llene con exceso los baleros, de lo contrario, se calentarán.

1.3.3 Preliminares antes de arrancar la bomba

Hacer una verificación rutinaria.

1. La rotación es la que indica la flecha grabado en la carcasa de la bomba.
2. Las mitades del cople deben estar fuertemente atornilladas entre sí, incluyendo el espaciador, y además lubricadas.
3. Los baleros deben estar lubricados.
4. Asegúrese de que haya agua en las camisas, estoperos y prensa-estopa, y de que esta circule bien.
5. Las tuercas del prensa-estopa deben estar apenas apretadas para permitir el escurrimiento del líquido del estopero, conservando en buenas condiciones el empaque.
6. Todas las conexiones de tubería, los tapones en las cajas y las líneas de succión, deben estar hechas a prueba de fugas de aire.

1.3.4 Instrucciones generales para la operación de la bomba.

a) Cebado

Es el trabajo que consiste en llenar de líquido tanto la bomba como la línea de succión.

Para arrancar la bomba es importante que este completamente llena de líquido, nunca debe trabajar en seco. Si se encuentra la bomba abajo del nivel del líquido a bombear, está se cebara por sí misma, además se debe quitar el aire.

Las bombas que tienen succión y descarga verticales se ceban por sí mismas, debido a su diseño especial.

Si se encuentra la bomba más arriba que el líquido a bombear, debe ser cebada.

b) Arranque

- Arranque con voltaje reducido.

La válvula de control debe estar siempre cerrada al arrancar la bomba.

- Arranque a través de la línea a pleno voltaje.

1.3.5 Operación

Una vez que la bomba está en pleno funcionamiento se efectúa un chequeo rutinario.

1. Examinar las chumaceras, cerciorarse que los anillos de lubricación giren libremente y estén lubricados.
2. Las presiones correctas de descarga y succión indicarán siempre si la bomba está trabajando bien.

1.3.6 Paro

Antes de parar la bomba cerrar la válvula de descarga, evitando el golpe de ariete del agua sobre la válvula check. Detener la marcha inmediatamente.

No deje trabajar la bomba por mucho tiempo a válvula cerrada, porque se forzará y se sobrecalentará, pudiendo de esta manera quemarse el motor eléctrico y llegando en ocasiones a romperse por sobreesfuerzo la carcasa de la bomba.

a) Congelación

En invierno evitar que la bomba se congele al estar trabajando, se debe vaciar el agua de la bomba y de las camisas, para evitar que se destruya por la fuerza expansiva del hielo dentro de ella.

1.4 DISEÑO DE CÁRCAMOS

Un cárcamo es una obra estructural de orden civil, que sirve para asegurar el nivel de líquido en la línea de succión del sistema de bombeo, para que la bomba no trabaje en seco.

Los cárcamos son espacios o cámaras donde se almacenan las aguas residuales, las cuales posteriormente son elevadas o impulsadas por los equipos de bombeo.

Es decir, los cárcamos tienen como función primordial, actuar como depósitos reguladores para reducir al mínimo las fluctuaciones de carga de las bombas, de esta manera, el volumen de almacenamiento queda fijo, entre el nivel mínimo para mantener la bomba cebada y el máximo para evitar que la tubería que alimenta al cárcamo trabaje ahogada.

Los cárcamos están diseñados con paredes, piso y techo (si se requiere) de concreto armado. El concreto armado está constituido por una mezcla de arena, grava, cemento y una estructura de refuerzo de acero.

Cuando se diseña un cárcamo se construyen tanques de concreto armado con un espesor de 20 cm.

La mezcla recomendada para tal efecto es 1:2:3 , significa una parte de cemento, dos partes de arena y tres partes de grava de 3/4 in, además agua suficiente para formar la mezcla con lo cual se tiene un $f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$, muy usado en trabajos rudos de alta resistencia. En otras palabras deberá llevar un bote alcoholero de cemento, dos botes alcoholeros de arena, y tres botes alcoholeros de grava.

- Un bote alcoholero = 18 Lts.
- f'_c =Coeficiente de trabajo a la ruptura, en Kg/cm^2

El armado del refuerzo está hecho con varilla corrugada de alta resistencia de 3/8 in. de diámetro, formándose un reticulado de 20 cm X 20 cm y un amarrado en cada cruce con alambre recocado n.º 18 el cual sirve para hacer frente a los esfuerzos que puedan sufrir las paredes y el piso del cárcamo.

Es muy recomendable que las paredes interiores del cárcamo estén pulidas, y en cuyas esquinas se practique un redondeo de 20 cm de radio (Ver figura 8), con el objeto de evitar acumulación de materia orgánica en las esquinas.

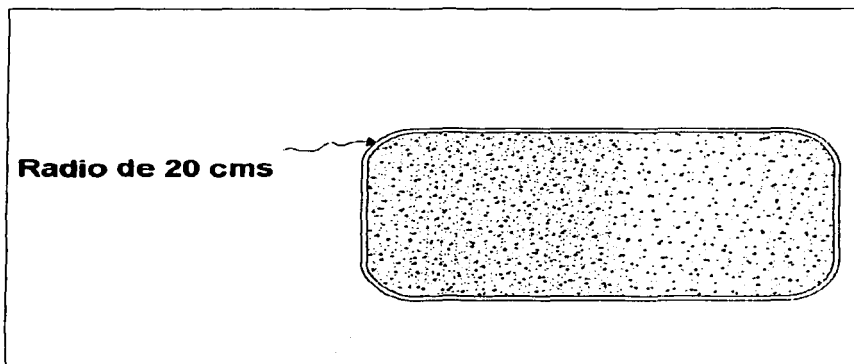


Figura 8. Redondeo en las esquinas de un cárcamo.

La pendiente del piso para efectos de escurrimiento deberán llevar una inclinación del 2 %.

Los cárcamos se tapan con piezas de concreto armado para su protección contra la caída de material extraño, como son: piedras, papeles, cartones y otros artículos que pudieran tapar los ductos .

Las tapas llevan una preparación de mezcla 1:2:4 y van armados con estructuras de refuerzo. 1:2:4 significa una de cemento, dos de arena, y cuatro de grava.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

En nuestro medio, se construyen dos tipos de cárcamo: Cárcamo seco y cárcamo húmedo.

a) El cárcamo seco esta diseñado para trabajarse en dos cámaras (Ver figura 9):

- La primera cámara sirve para alojar el sistema motor-bomba, incluyendo: cimentación, instalación eléctrica, controles de arranque, operación y paro. Está cámara deberá ser lo suficientemente espaciosa, para que el personal tenga acceso a revisar su funcionamiento y a la vez facilitar los trabajos de mantenimiento del sistema motor-bomba. Pero el inconveniente es que es más costoso que el cárcamo húmedo. Se requiere de bombas horizontales para los trabajos de bombeo.
- La segunda cámara es para recibir el agua residual, cuyo volumen se bombeará y se descargará al subcolector o en un sistema de alcantarillado.

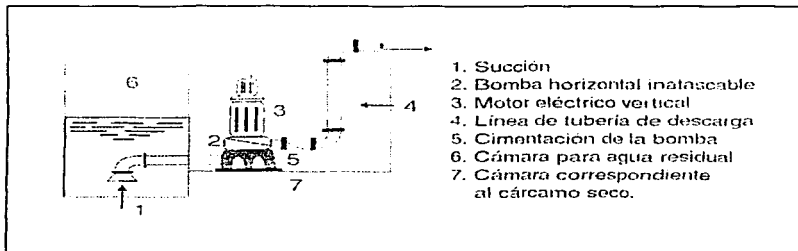


Figura 9. Cárcamo seco.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

b) El cárcamo húmedo está constituido por una sola cámara, en donde se recibe la bomba y el flujo de aguas residuales; se utiliza una bomba del tipo sumergible inatascable.

La desventaja de este tipo de cárcamo es el costo de la bomba y el cable conductor eléctrico, resultando más costoso este que los cables que alimentan de electricidad a las bombas horizontales. Sin embargo, la ventaja es que prácticamente sólo requieren de mantenimiento anual y no necesita cimentación (Ver figura 10a y 10b).

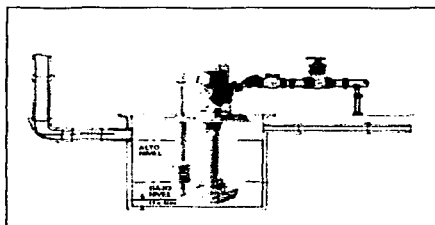


Figura 10a. Cárcamo húmedo con bomba vertical inatascable.

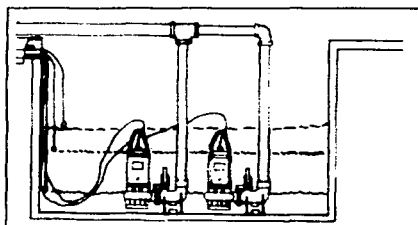


Figura 10b. Cárcamo húmedo con bomba horizontal inatascable.

c) Capacidad de un cárcamo. En nuestro país la experiencia indica que la capacidad de los cárcamos, tanto de tipo seco como de tipo húmedo, tenga un mínimo de 10 min del flujo de descarga de la bomba.

Por ejemplo: Si se recibe un flujo de 5 Lts/seg, la cámara tendrá la siguiente capacidad:

$$5 \text{ Lts/seg} \times 10 \text{ min} \times 60 \text{ seg/1 min} = 3000 \text{ Lts}$$

3000 Lts será la capacidad mínima recomendable para la cámara donde se recibirá el flujo de descarga.

d) Ventajas y desventajas entre los dos diseños de cárcamo: seco y húmedo. Enseguida se encontrará un cuadro comparativo entre cárcamo seco y cárcamo húmedo (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Cuadro comparativo entre cárcamo seco y cárcamo húmedo.

TIPO DE CÁRCAMO	SECO <i>Con bomba sumergible y motor sobre la superficie.</i>	HÚMEDO <i>Con bomba sumergible y motor integrado o motor sobre la superficie.</i>
VENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad para dar mantenimiento al motor eléctrico • El precio del cárcamo es razonablemente económico. • Bomba estándar e instalación eléctrica más económica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Las bombas no requieren de cimentación y anclaje especial, porque el diseño de las bombas sumergibles, ya lo trae integrado • Período de mantenimiento anual.
DESVENTAJAS	<ul style="list-style-type: none"> • La construcción es más cara 	<ul style="list-style-type: none"> • El mantenimiento de la bomba sumergible, obliga a sacar la bomba completa, para inspección y ajuste • Son más costosas las bombas debido a la instalación eléctrica (cable eléctrico).

e) Conclusiones:

Caso 1. La bomba sumergible inatascable con motor integrado, se recomienda sobre los demás diseños, por las siguientes razones: Tiene un período de mantenimiento de 1 año, lo que indica excelencia y seguridad en su diseño, sobre las bombas sumergibles inatascables de sistemas motor-bomba para cárcamo seco y cárcamo húmedo con motor en la superficie.

Caso 2. La bomba sumergible inatascable con motor en la superficie, tiene la facilidad de darle mantenimiento al motor eléctrico, pero con la desventaja que se necesita darle mantenimiento cada 6 meses.

1.5 OBRA CIVIL PARA LA INSTALACIÓN DE BOMBAS

a) Cimentación y anclaje de bombas

Se requiere un cimiento rígido y sólido para proporcionar un soporte o base permanente para la placa base, misma que deberá absorber vibraciones, esfuerzos y golpes normales que el uso pueda imponer a la unidad de bombeo.

Se construyen bases de concreto simple para capacidades hasta de 10 HP, pero en las capacidades de 10 HP en adelante las bases serán de concreto armado.

Las bombas se reciben con pernos de anclaje, con rondana plana, con rondana de presión y tuerca de alta resistencia, para efecto de fijación y apriete.

i) Cimientos de concreto simple. Los cimientos de concreto construidos sobre piso sólido, resultan ser generalmente los más seguros. Asegurar previamente de que la tierra donde va a construir el cimiento, no sea solamente de relleno, pues esto alteraría la alineación y asentamiento de la bomba y su motor.

Construir el block de concreto para el cimiento un poco mayor que la base que lleva su equipo, más o menos 10 cms. por lado, proveyendo con ello anclaje para los tornillos del cimiento.

Los siguientes materiales forman una mezcla de concreto resistente muy usado para cimentaciones como son:

- Una parte de cemento.
- Dos partes de arena.
- Tres o cuatro partes de grava de 2 cm

i.1) Características para concreto simple.

$$f'_c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

Concreto simple 1:2:3

Pernos de anclaje 1/2 in

Altura sobre NPT 20 %, 2 %

Se utiliza un tubo mecánico negro con diámetro de 2 in para perno de anclaje hasta de 1 in de diámetro.

i.2) Las bases de concreto simple de 10 HP son rectangulares para terreno semiduro y duro. Pero para terrenos pantanosos, arenosos o muy blandos serán piramidal truncado.

i.3) Los cimientos de concreto deben dejarse fraguar y consolidarse durante unos 8 días, antes de montar sobre ellos cualquier equipo.

ii) Cimientos de concreto armado.

Para cimentaciones arriba de 10 HP se usan bases de concreto armado, que es una combinación de mezcla semejante a la de concreto simple pero con armazón de refuerzo compuesto por varilla corrugada estructural de alta resistencia de 3/8 in amarradas en las cruces con alambre recosido # 18, la cual le da una resistencia a los esfuerzos combinados de vibración y trepidación, es decir, debe obtenerse un soporte rígido y adecuado, de manera que lo que ceda la estructura, no altere la placa-base de la bomba y su accionador causando posibles daños a las partes vitales del elemento rotativo.

ii.1) Características para concreto armado.

Base para bombas >10 HP

Concreto armado 1:3:5

$f'_c = 140 \text{ kg/cm}^2$

Para apriete usar tuerca estándar con rondana plana y rondana de presión.

1.5.1 Tornillos para la cimentación

Los tornillos para la cimentación deben adquirirse exactamente del tamaño descrito en el plano del cimiento, las figuras 11 y 11a muestran los tipos y arreglos generalmente empleados como anclaje para cimientos.

Un método muy práctico para localizar este tipo de tornillos o pernos de anclaje consiste en construir una tarima de madera, como se ilustra en la figura 12. Los tramos de tubería que se requieren para los tornillos del anclaje no deben proyectarse por encima de la superficie áspera del block del cimiento y deben ser de 3 a 4 diámetros más gruesos que el de los tornillos o pernos de anclaje.

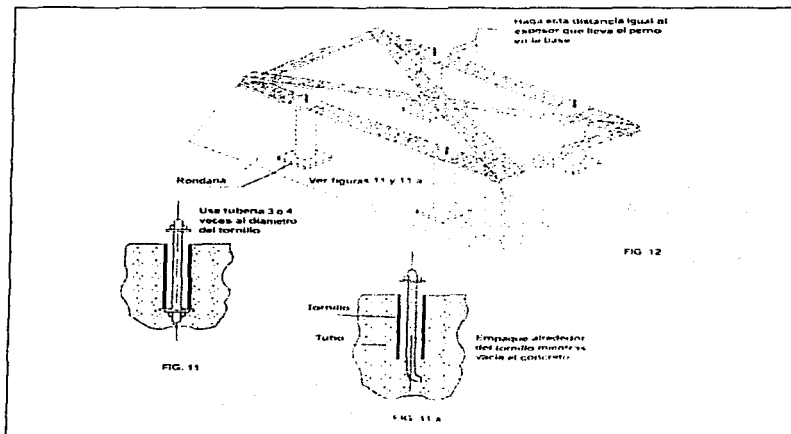


Figura 11,11a y 12. Tornillos de anclaje para fijación del sistema motor-bomba.

- f_c Significa la resistencia a la que puede trabajar sin dañarse. Si uno rebasa el límite, de este factor de concreto, se agrieta. Siempre deberá trabajarse a un límite inferior a ese f_c , para que halla confianza y seguridad de la construcción de que se trate.
- 1 bote se refiere al bote alcoholero de 18 Lts. de capacidad, y es la medida más práctica para la preparación de mezclas para cimentaciones de las bases de las bombas.
- Los tubos mecánicos negros de 2 in de diámetro y los pernos de anclaje hasta de 1 in de diámetro, se refieren a la preparación antes del colado para que sirvan como absorbedores de desviaciones, en el caso de que el barrenado de la chasis (base) de la motobomba no coincida exactamente con los bastones de anclaje.

Los tornillos o pernos de anclaje se ajustan durante la instalación en el campo y al efectuar el alineamiento, la bomba solamente debe fijarse con pernos o tornillos de anclaje hasta que ha sido debidamente cimentada con la mezcla final y se ha completado el alineamiento. La base del motor-bomba *nunca* debe fijarse con pernos sino hasta que la unidad ha trabajado en operación ordinaria durante varios días y el alineamiento ha sido checado y reajustado.

Los pernos de anclaje tipo bastón van de 5/8 a 1 in de diámetro.
 5/8 in = 1.5875 cm

1.5.2 Nivelación de la placa-base

Durante la preparación para montar la placa-base sobre el cimiento hay que conseguir las cuñas necesarias para poder nivelarla, ver figura 13.

Se necesita una cuña de acero para cada tornillo o perno de anclaje. Colóquese la cuña tan cerca como sea posible del tornillo o perno de anclaje según figuras 13 y 14, además las cuñas se deben colocar sólidamente.

Cuando la placa-base este debidamente nivelada, se procede al apriete final.

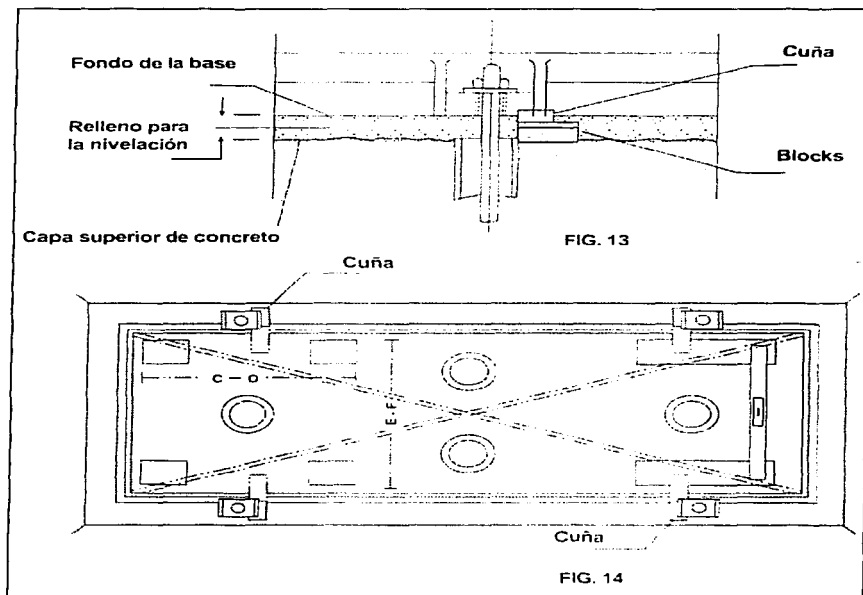


Figura 13 y 14. Nivelación de la placa-base.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

1.6 OBRA HIDRÁULICA

1.6.1 Definición de obra hidráulica

Consiste esencialmente de un arreglo mecánico para la línea de succión y la línea de descarga, los componentes principales de la instalación hidráulica son como comúnmente se trabaja en las instalaciones de éstas máquinas, es decir, incluye lo necesario para que la instalación hidráulica de una bomba se considere completa.

La falla o falta de alguno de los componentes, según se muestra en la Tabla 3, significará la pérdida de eficiencia de la bomba y el mal trabajo de la misma, por lo que es muy importante que se considere cada uno de los elementos mostrados en la figura 15 para que el trabajo sea eficiente.

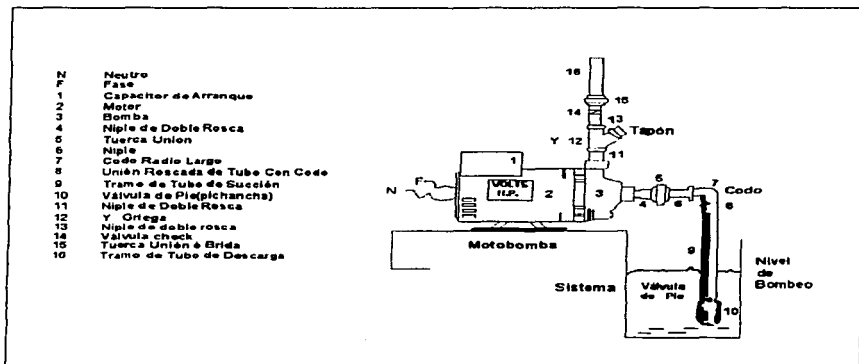


Figura 15. Instalación de una bomba monofásica, incluyendo accesorios.

Tabla 3. Descriptiva de las partes principales de una bomba.

MATERIALES Y ACCESORIOS	COMO TRABAJAN
F Fase	Suministra la energía eléctrica
N Neutro	Línea conductora para cerrar el circuito eléctrico.
1. Capacitor de arranque	Pieza que sirve para evitar perturbaciones, durante el tiempo de arranque de la bomba mejorando esta etapa.
2. Motor	Diseño electromecánico que convierte la energía eléctrica en energía mecánica.
3. Bomba	Diseño electromecánico que sirve para dar velocidad a un líquido.
4, 11, 13 Niple de doble rosca	Pieza que sirve para unir un tramo de tubería o accesorio con otro
5, 15. Tuerca unión	Pieza que sirve para unir una parte de la instalación con otra.
6. Niple	Pieza especial con rosca exterior en un extremo y rosca interior en el otro, sirve para unir dos piezas.
7. Codo radio largo	Pieza que sirve para cambiar de dirección una corriente de líquido, proporcionando un mínimo de pérdidas de presión.
8. Unión roscada de tubo con codo	Pieza que sirve para unir una pieza o tubería con otra.
9. Tramo de tubo de succión	Es tubería conductora de líquido en la etapa de succión.
10. Válvula de pie	Diseño mecánico que sirve para que por ella succione la bomba y evitar a la vez que le falte cebado.
12. Y griega	Pieza mecánica que sirve para recibir agua y proporciona cebado a la bomba.
14. Válvula check	Es una pieza que sirve para no permitir el regreso de un líquido en el tramo de la descarga.
16. Tramo de tubo de descarga	Tubería conductora de líquido en la etapa de descarga.

1.7 INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE UN SISTEMA DE BOMBEO

1.7.1 Explicación de la conexión eléctrica de un motor monofásico

1. Al accionarse el interruptor, se energiza todo el sistema eléctrico de conexión del motor.
2. Al oprimirse el botón verde de arranque, se inicia el trabajo del sistema motor-bomba.
3. Al oprimirse el botón rojo, la bomba se detiene.

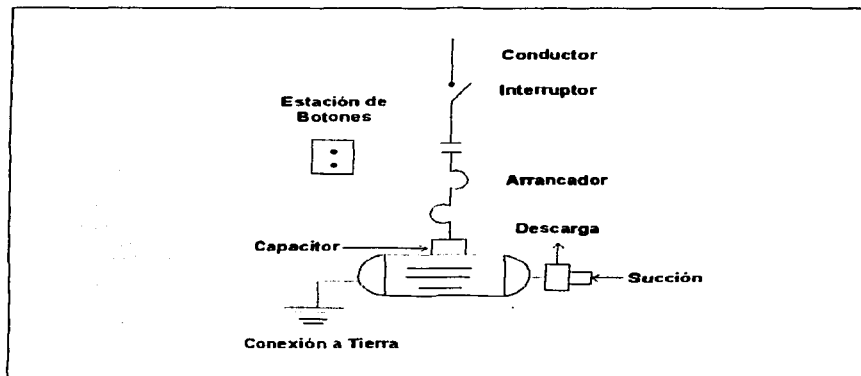


Figura 16. Diagrama de conexión de un motor monofásico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.7.2 Explicación de la conexión eléctrica de un motor trifásico, protegido con arrancador magnético a tensión completa

Al apretar el botón de arrancar (A), instantáneamente se cierra el contacto de enclave o de sello (C.S.), se energiza la bobina (B), se cierran los contactos de bobina (C.B.), quedando el motor conectado a la línea, con lo cual se inicia el trabajo del sistema motor-bomba.

Para parar el trabajo de tal sistema, sólo es necesario oprimir el botón (P), con lo cual se detiene instantáneamente el trabajo de la bomba.

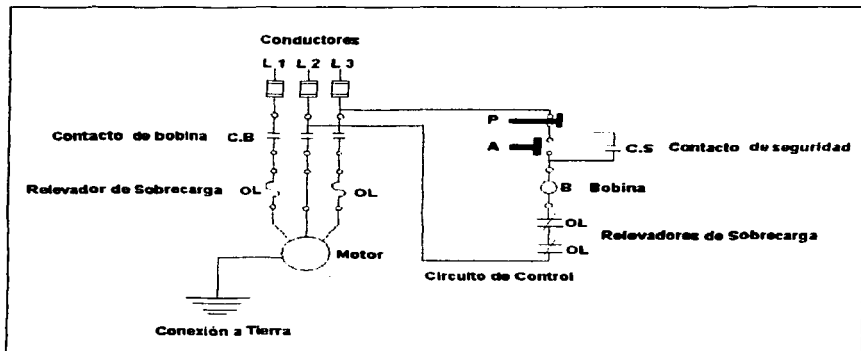


Figura 17. Diagrama de conexión de un motor trifásico.

1.8 PRUEBAS DE ARRANQUE, OPERACIÓN Y PARO

Durante el bombeo se presentan reacciones mecánicas y eléctricas que sirven de guía para el manejo, mantenimiento y aprovechamiento eficiente de las bombas.

- **Arranque:** Las bombas durante esta etapa consumen de 5-7 veces más electricidad durante unos 3-5 segundos, debido a la necesidad que se tiene de un par mecánico para hacer girar el motor y la bomba desde un estado de reposo hasta alcanzar sus velocidades normales de trabajo.
- **Operación:** Al terminar el tiempo de arranque la bomba trabajará con la estabilidad para la que fue diseñada, los kilowatts de consumo eléctrico son cercanos al dato de placa del motor y si estos kilowatts son muy inferiores al dato de la placa, significará que la bomba esta muy sobrada de capacidad; el caso contrario indicara que la bomba esta falta de potencia en cuyo caso se calentará, se parara y su vida útil de trabajo se acortara. Por lo que en la operación de las moto-bombas es de importancia atender y medir el consumo eléctrico y las vibraciones mecánicas.
- **Paro:** Las bombas deberán detenerse en forma instantánea, sin ruidos extraños, ni sacudidas silenciosas y sin vibraciones mecánicas anormales de no ser así, el sistema motor-bomba requerirá de ajustes mecánicos, balanceo dinámico del impulsor, reapriete general de tornillería y el de usar materiales absorbedores de vibraciones (vibracheck), tanto en su base-placa como en sus conexiones.

CAPÍTULO 2
CÁLCULO PRÁCTICO,
DEL POTENCIAL
DE BOMBEO
HORIZONTAL Y
VERTICAL

CAPÍTULO 2. CÁLCULO PRÁCTICO DEL POTENCIAL DE BOMBEO HORIZONTAL Y VERTICAL

2.1 CÁLCULO DEL POTENCIAL DE BOMBEO HORIZONTAL Y VERTICAL

Con la experiencia y los trabajos de campo, se practica con mucha frecuencia el cálculo de potencial de bombeo basado en el manejo de concepto de trabajo. Trabajo es peso por distancia y en el momento en que el trabajo lo relacionamos con el tiempo surge el concepto de potencia.

2.1.1 Factor de servicio y su manejo en la elección del sistema motor-bomba

Como se dijo anteriormente, el factor de servicio es la capacidad máxima que puede dar el diseño de un motor eléctrico sin destruirse y depende de la Ingeniería disponible por el fabricante, incluyendo la calidad de los materiales de fabricación y el uso estándar o rudo a que deberá someterse un motor eléctrico.

Asimismo, este factor importante, tiene influencia cuando se aplica en el cálculo del potencial de bombeo, pues en muchos casos resultará más económico comprar e instalar un motor de determinada capacidad que aunado al factor de servicio nos dé el potencial en HP requerido para los trabajos de bombeo, en lugar de un motor muy sobrado, que aparte de un costo mayor en consumo eléctrico, vendrá a ocasionar un bajo factor de potencia en la empresa.

2.1.2 Cálculo del potencial de bombeo en sentido horizontal

Todo esto servirá para mostrar como se calcula en la práctica, el potencial mecánico de bombeo y así tenemos en la figura 18 un ejemplo de bombeo horizontal.

Ejemplo: Según la figura 18, calcular los HP de la bomba por medios teóricos y prácticos para descargar 300 l/min de agua residual a una distancia de 123 m.

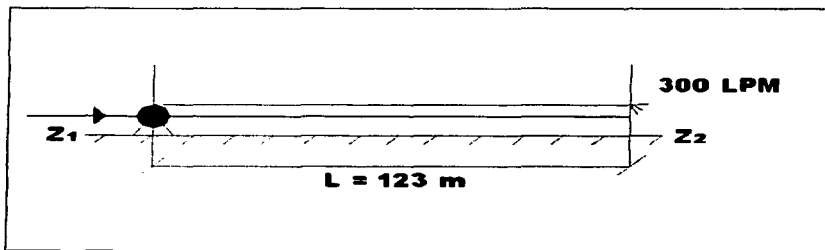


Figura 18. Diagrama de bombeo horizontal.

a) Teórico

Usando el Bernoulli.

$$Z_1 \frac{g}{g_c} + \frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g_c} + W_f = Z_2 \frac{g}{g_c} + \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g_c} + \frac{f v_2^2 L_{eT}}{2g_c D}$$

$$P_1 = P_2$$

$$Z_1 = Z_2$$

$$v_1 = v_2$$

$$W_f = \frac{f v_2^2 L_{eT}}{2g_c D}$$

$$Q = 300 \text{ L/min} = 0.3 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$L_{eT} = 123 \text{ m}$$

$$D = 2 \frac{1}{2} \text{ " } = 0.0635 \text{ m}$$

$$A = \frac{\pi}{4} D^2 = 3.17 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = 1.577 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$Re = \frac{D v \rho}{\mu} = \frac{(0.0635 \text{ m}) (1.577 \text{ m/seg}) (1100 \text{ Kg/m}^3)}{(1 \times 10^{-3} \text{ kg/m seg})}$$

$$Re = 1.1 \times 10^5$$

De la gráfica A-23b del Crane

$$Re = 1.1 \times 10^5$$

$$D = 2 \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$f = 0.029$$

Sustituyendo en W_F tenemos:

$$W_F = \frac{0.029 (1.577 \frac{m}{seg})^2 (123m)}{2 (9.8 \frac{Kg_r m}{Kg_m seg^2}) 0.0635 m}$$

$$W_F = 7.1274 \frac{Kg_r m}{Kg_m} \quad \text{Trabajo de la bomba}$$

Ahora tenemos :

$$0.3 \frac{m^3}{min} * 1100 \frac{Kg}{m^3} * \frac{1 min}{60 seg} = 5.5 \frac{Kg_m}{seg} = W \quad \text{Gasto másico}$$

$$P = W_F \cdot W = 7.1274 \frac{Kg_r m}{Kg_m} * 5.5 \frac{Kg_m}{seg} = 39.2011 \frac{Kg_r m}{seg}$$

$$P = 39.2011 \frac{Kg_r m}{seg} * \frac{1 HP}{76 Kg_r m/ seg} = 0.51 HP$$

b) Práctico (Utilizando el Crane)

De la tabla B-11b del Crane , aplicando el criterio de $v = 3-7 \text{ ft/seg}$ y un diámetro de $2 \frac{1}{2} \text{ in}$ el cual resulta más económico, se tienen los siguientes datos:

$$Q = 79 \text{ gal/min}$$

$$v = 5.36 \text{ ft/seg}$$

Caída de presión = 2.03 lb/in^2 por cada 100 ft ,

$$\frac{2.03 \text{ lb/in}^2}{100 \text{ ft}} * 403.563 \text{ ft} = 8.19 \text{ lb/in}^2$$

$$123\text{m} (3.281\text{ft}/1\text{m}) = 403.563\text{ft}$$

$$\text{HP} = \frac{\text{GPM} * \Delta P}{1715 * \eta} = \frac{(79\text{gal}/\text{min})(8.19 \text{ lb}/\text{in}^2)}{1715 * 0.8} = 0.47$$

$$E = \frac{0.51 - 0.47}{0.51} = 0.8$$

2.1.3 Cálculo del potencial de bombeo en sentido vertical

En la figura 19 tenemos un ejemplo de bombeo vertical, calcular los HP de la bomba por medios teóricos y prácticos para descargar 300 L/min de agua residual a una altura de 10m.

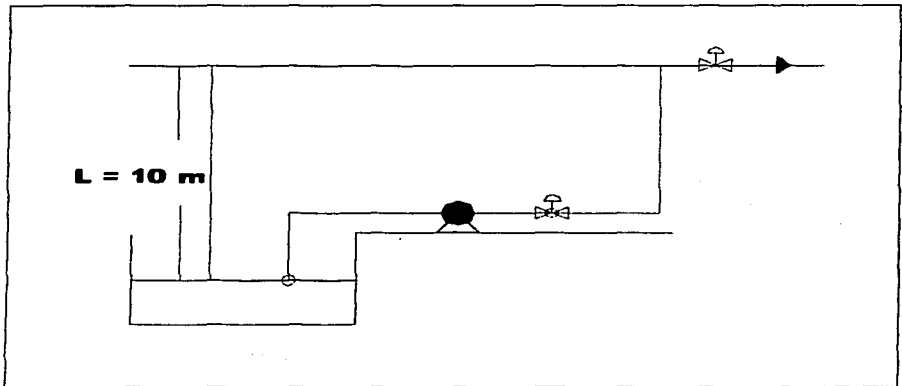


Figura 19. Diagrama de bombeo vertical.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

a) Teórico

Usando el Bernoulli

$$Z_1 \frac{g}{g_c} + \frac{P_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2g_c} + W_F = Z_2 \frac{g}{g_c} + \frac{P_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2g_c} + \frac{f v_2^2 L_{eT}}{2g_c D}$$

$$P_1 = P_2$$

$$Z_1 = 0$$

$$v_1 = 0$$

$$W_F = Z_2 \frac{g}{g_c} + \frac{v_2^2}{2g_c} + \frac{f v_2^2 L_{eT}}{2g_c D}$$

$$Q = 0.3 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$L_{eT} = 123 \text{ m}$$

$$D = 2 \frac{1}{2} \text{ " } = 0.0635 \text{ m}$$

$$A = 3.17 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$v = \frac{Q}{A} = 1.577 \frac{\text{m}}{\text{seg}}$$

$$Re = 1.1 \times 10^5 \text{ por lo tanto, } f = 0.029$$

Sustituyendo en W_F tenemos:

$$W_F = 10 \frac{\text{Kg}_f \text{ m}}{\text{Kg}_m} + 0.12767 \frac{\text{Kg}_f \text{ m}}{\text{Kg}_m} + 2.962 \frac{\text{Kg}_f \text{ m}}{\text{Kg}_m}$$

$$W_F = 13.09 \frac{\text{Kg}_r \text{ m}}{\text{Kg}_m} \quad \text{Trabajo de la bomba}$$

$$W = 5.5 \frac{\text{Kg}_m}{\text{seg}} \quad \text{Gasto másico}$$

$$P = W_F \cdot W = 13.09 \frac{\text{Kg}_r \text{ m}}{\text{Kg}_m} * 5.5 \frac{\text{Kg}_m}{\text{seg}} = 71.98 \frac{\text{Kg}_r \text{ m}}{\text{seg}}$$

$$P = 71.98 \frac{\text{Kg}_r \text{ m}}{\text{seg}} * \frac{1 \text{ HP}}{76 \text{ Kg}_r \text{ m/ seg}} = 0.94 \text{ HP}$$

b) Práctico (Propuesto)

Para el cálculo de éstas máquinas, se tienen dos ecuaciones de trabajo:

$$1) \text{ HP} = \frac{\text{GPM} \times \text{TDH (psig)}}{1715}$$

$$2) \text{ PSIG} = \frac{\text{HEAD (ft)}}{2.31} \times \rho$$

Donde:

HP = Es la potencia requerida por la bomba al 100 % de eficiencia.

GPM = Galones por minuto

TDH = Carga dinámica en ft

PSIG = lb/in² manométrica

1715 = Factor de conversión

HEAD = Altura vertical en ft

ρ = Densidad con respecto al agua, es adimensional

2.31 = Factor de conversión

Por lo tanto si se requieren bombear 5 L/seg de aguas residuales a una altura de 10 m para descargarse a un drenaje colector, entonces usando Ec. (1)

$$1) \text{ HP} = \frac{\text{GPM} \times \text{TDH (psig)}}{1715}$$

$$\text{LPS} \times 15.85 = \text{GPM}$$

$$5 \text{ L/seg} \times 15.85 = 79.25 \text{ GPM}$$

$$10 \text{ m} \times 3.281 = 32.81 \text{ ft}$$

$$2) \text{ PSIG} = \frac{32.81(\text{ft}) \times 1.1}{2.31} = 15.62$$

$$1) \text{ HP} = \frac{79.25 \text{ GPM} \times 15.62 \text{ (psig)}}{1715} = 0.72 \text{ al } 100 \% \text{ de eficiencia}$$

$$\text{HP} = 0.72 \times 1.25 = 0.90 \text{ HP reales}$$

i) Utilizando un factor de servicio de 1.2

$$0.75 \times 1.2 = 0.9 \text{ HP}$$

Conclusión: Por lo tanto se elegirá una bomba comercial de 0.75 HP con un factor de servicio de 1.2

$$E = \frac{0.94 - 0.9}{0.94} \times 100 = 4 \%$$

2.2 CURVA DE BOMBAS INATASCABLES Y SU EXPLICACIÓN

Para tal efecto a continuación en la figura 20a y 20b se representa una curva característica de una bomba inatascable operando a una velocidad constante.

Características de la gráfica de comportamiento:

- RPM: Revoluciones por minuto.
- HZ. Hertz: Frecuencia en ciclos por segundo.
- Escala de la carga, en ft ó metros.
- Escala del gasto, en GPM ó m^3/h
- Curva del diámetro del impulsor, en pulgadas.
- Curva de la potencia del motor (BHP), en HP.
- Curva de eficiencia.

BHP = Potencia al freno. Es la potencia suministrada por una fuente externa para accionar una bomba.

2.2.1 Ejemplo del manejo de la figura 20a

Si tenemos un flujo de $18 m^3/h$ y una cabeza de 10 m, esto nos da las siguientes características (Ver Tabla 4).

Tabla 5. Características de la bomba.

η	HP	RPM	DI (in)	MODELO	MARCA
43	2	1750	6.13	S3S&SB3S	Aurora Pipsa

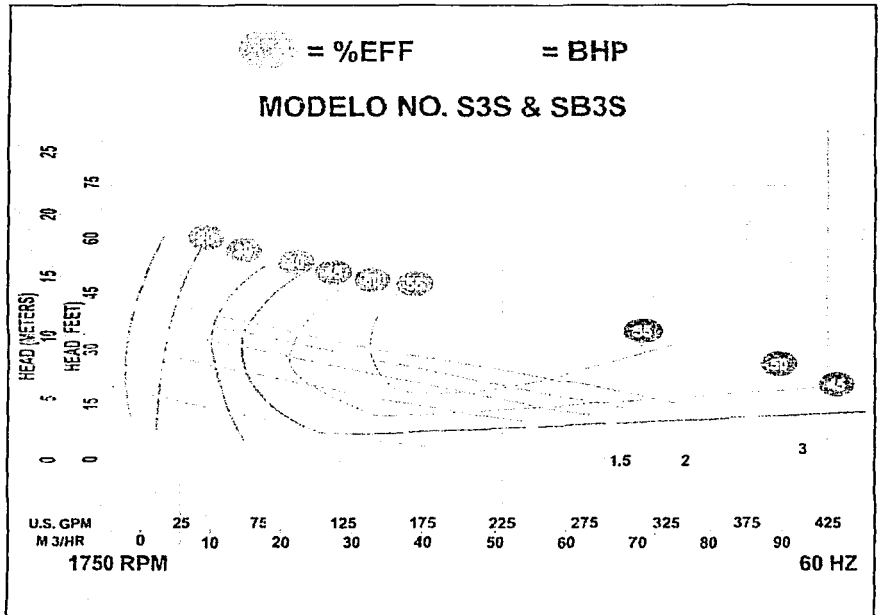


Figura 20a. Curva característica de la bomba inatascable.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

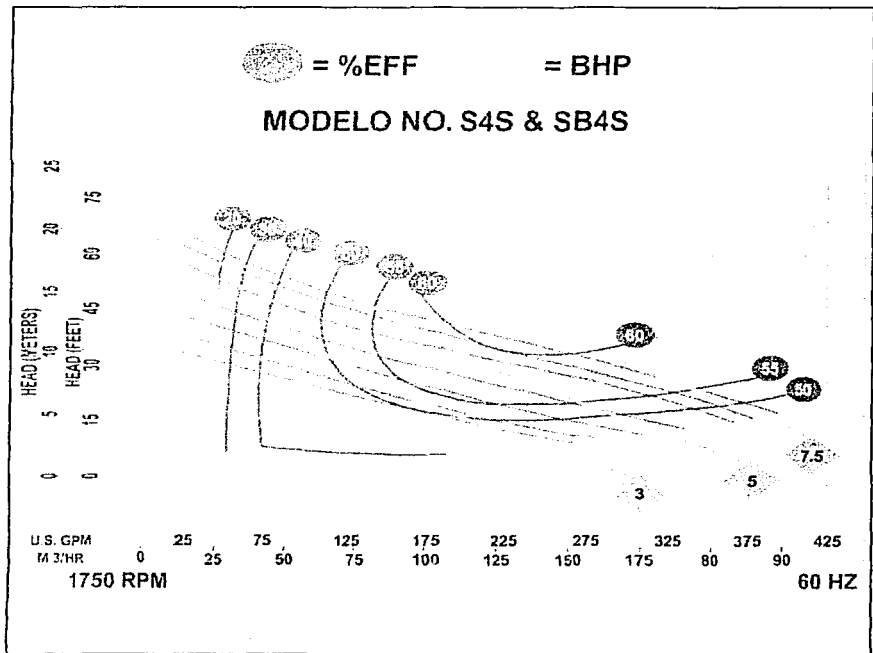


Figura 20b. Curva característica de la bomba inatacable.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CAPÍTULO 3
MANTENIMIENTO

CAPÍTULO 3. MANTENIMIENTO

3.1 GENERALIDADES

Son los trabajos necesarios a realizar para que las bombas trabajen en forma segura y eficiente.

En general, el mantenimiento de las máquinas y equipos se fundamentan en cuatro trabajos básicos:

- **Limpieza.**- Se refiere a retirar toda materia extraña de la bomba que le impida su trabajo eficiente.
- **El ajuste.**- Cubre los trabajos de apriete, cambio de piezas, retrabajos, adaptaciones de refacciones y máquinas de partes para que encajen en su sitio.
- **Lubricación y engrase.**- Es la maniobra dirigida hacia los puntos de fricción entre dos o más piezas o sistemas mecánicos con el objeto de minimizar fricciones y desgaste por medio de aceites o grasas y dar así un promedio de vida útil más grande en las máquinas.
- **Las pruebas.**- Después de terminados los trabajos de mantenimiento, poner a trabajar la bomba para confirmar el flujo de descarga y el consumo eléctrico propios de la máquina.

3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

a) Revisión de la bomba al adquirirla

Cualquier bomba adquirida debe ser examinada en lo que respecta a la capacidad (caudal), presión y eficiencia, siendo que las dos primeras características deberán constar en la placa de identificación del equipo juntamente con el tipo, número de fabricación y otros datos que sean de interés.

b) Base del conjunto motor-bomba

El conjunto motor-bomba debe ser instalado en un local seco, bien ventilado, de fácil acceso a inspecciones periódicas y al abrigo de la intemperie y de tormentas. En el caso de que hubiese un depósito o tanque de agua en sus inmediaciones hay que tratar de instalar la bomba por debajo del nivel mínimo del mismo, con el fin de posibilitar el cebaje de la bomba.

i.1) El conjunto motor-bomba debe ser instalado sobre una base o cimentación estructural bien dimensionada (preferentemente de concreto o mampostería), exenta de vibraciones mecánicas.

i.2) La alineación del conjunto motor-bomba, la colocación y conexiones de las tuberías deberán ser objeto de verificación y alineación. Es importante que entre las caras opuestas (motor y bomba) halla una unión elástica para compensar la dilatación, debido a la temperatura, así como para disminuir el golpe de ariete en el arranque y paro del motor.

c) Tubería

Las tuberías no deben ser soportadas por la bomba y se deben apuntalar independientemente, de tal forma que cuando los tornillos de las bridas sean ajustados, ninguna tensión será ejercida sobre la carcasa de la bomba.

d) Succión y descarga

Se recomienda tanto en la succión como en la descarga, el empleo de tuberías con diámetro mayor que la entrada y salida de la bomba.

e) Tubería de purga

Con el fin de mantener la instalación limpia y lubricada, hay que instalar una pequeña tubería que salga de la parte inferior del cuerpo de la bomba hacia el exterior. Esta tubería dará salida al líquido de lubricación de prensa-estopa. Esta tubería por su función, es llamada tubería de purga.

f) Motor eléctrico

El motor funcionará satisfactoriamente, por debajo de las siguientes variaciones de voltaje y de frecuencia, considerando el régimen normal, de acuerdo a los datos proporcionados.

- Las variaciones de voltaje deben ser ± 10 % en circuitos monofásicos y trifásicos de corriente alterna.
- En las variaciones de frecuencia el máximo permitido es el 5 %.

i.1) Protección

Para proteger el motor contra sobrecargas excesivas durante prolongados períodos de funcionamiento debe ser instalado un arrancador como dispositivo de protección contra el aumento de temperatura proveniente de la sobrecarga. Los fusibles del interruptor de cuchillas no protegen el motor contra sobrecarga o baja tensión, y si únicamente en el caso de corto-circuito.

g) Flecha

Nunca permita que la bomba funcione en sentido contrario al de la flecha. La revolución correcta de la bomba está indicada por una flecha pequeña colocada en la placa de identificación.

h) Prensa-estopa

El tipo de prensa-estopa varía de acuerdo al líquido bombeado y a las condiciones de bombeo, se recomienda siempre usar una prensa-estopa de buena calidad. Los prensa-estopa no deben ser muy apretados, pues en caso contrario, se quemarían en la fricción con el eje o con el buje protector del eje.

i) Baleros

Dos tipos de baleros son utilizados en las bombas: internos y externos. El balero interno es lubricado por el propio líquido que va a ser bombeado. Un balero externo no estando en contacto con el líquido necesita lubricación.

El recalentamiento de los baleros puede ser causado por la falta o exceso de lubricación.

j) Sellos mecánicos

Las bombas que trabajan con líquidos, donde es indeseable el flujo por los prensa-estopa, deben poseer sellos mecánicos. Un sello mecánico consta de dos elementos: uno estacionario y otro rotatorio. El elemento rotatorio gira con el eje, mientras que el elemento fijo permanece estático en la caja de los prensa-estopa.

El material con que se construyen los sellos mecánicos deben de tener bajo coeficiente de fricción y una alta resistencia a la corrosión por el líquido a ser bombeado.

3.3 CAUSAS DE FUNCIONAMIENTO DEFICIENTE Y SOLUCIÓN

Para un funcionamiento de operación adecuado de las bombas, es necesario que se examinen cualquiera de las deficiencias mencionadas a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5. Fallas y causas de funcionamiento deficiente y solución.

FALLAS	CAUSAS	SOLUCIÓN
NO BOMBEA LÍQUIDO	Pérdida del cebado	Llenar completamente de líquido la bomba y tubería de succión.
NO BOMBEA LÍQUIDO	La bomba no corre a la velocidad fijada	Verificar si el motor está conectado a la línea de fuerza y recibe voltaje pleno. La frecuencia puede estar baja o el motor puede tener una fase abierta.
NO BOMBEA LÍQUIDO	El espejo estático es demasiado bajo, por lo que pierde capacidad	Bajar la bomba
NO BOMBEA LÍQUIDO	Rotación contraria	Verificar primero la rotación del motor, luego los álabes del impulsor.
NO BOMBEA LÍQUIDO	Carga total superior a la prevista	Revisar la capacidad de la bomba, y además aplicar mantenimiento.

Continuación de la Tabla 5. Fallas y causas de funcionamiento deficiente y solución.

FALLAS	CAUSAS	SOLUCIÓN
NO BOMBEA LÍQUIDO	Válvula de pie (si la hay) está desajustada o abierta	Verificar la presencia de material extraño.
NO BOMBEA LÍQUIDO	Impulsor atascado	Limpiar el impulsor
NO BOMBEA LÍQUIDO	Tubería de succión parcialmente obstruida	Revisar con mantenimiento el estado interior de la tubería de succión. Verificar que el diámetro no sea muy pequeño.
NO SALE BASTANTE LÍQUIDO	La bomba no trabaja a velocidad de diseño.	Verificar si el motor está conectado a la línea de fuerza y recibe voltaje pleno. La frecuencia puede estar baja o el motor puede tener una fase abierta.
NO SALE BASTANTE LÍQUIDO	Válvula de pie tapada ó demasiado chica	El área efectiva de la puerta de entrada debe ser 1 1/2 veces más grande que la tubería de succión y el colador de 3 a 4 veces.
NO SALE BASTANTE LÍQUIDO	Rotación contraria	La bomba sólo rinde una tercera parte del volumen estimado y el motor está sobrecargado. Verificar la rotación del motor y de los álabes del impulsor.

Continuación de la Tabla 5. Fallas y causas de funcionamiento deficiente y solución.

FALLAS	CAUSAS	SOLUCIÓN
NO SALE BASTANTE LÍQUIDO	Impulsor atascado	Limpiar el impulsor.
NO SALE BASTANTE LÍQUIDO	Desgaste mecánico	Reponer impulsor, anillos de la caja e impulsor, empaques, caras de los sellos y piezas sujetas a desgaste.
NO SALE BASTANTE LÍQUIDO	El espejo estático es demasiado bajo, por lo que pierde capacidad	Bajar la bomba
NO SALE BASTANTE LÍQUIDO	Válvula de pie poco sumergida en el líquido.	Profundizar la válvula de pie.
NO SALE BASTANTE LÍQUIDO	Tubería de succión parcialmente obstruida.	Dar mantenimiento a la tubería de succión.
NO SALE BASTANTE LÍQUIDO	La tubería de succión no está suficientemente sumergida	Bajar la tubería de succión
NO HAY BASTANTE PRESIÓN	Desgaste mecánico	Reponer impulsor, anillos de la caja e impulsor, empaques, caras de los sellos y piezas sujetas a desgaste.
NO HAY BASTANTE PRESIÓN	Presencia de aire o gases en el líquido	Abrir las lumbreras para dar salida al aire ó gases. (purgar la bomba).

Continuación de la Tabla 5. Fallas y causas de funcionamiento deficiente y solución.

FALLAS	CAUSAS	SOLUCIÓN
NO HAY BASTANTE PRESIÓN	Impulsor inadecuado (averiado ó de diámetro pequeño).	Cambiar el impulsor.
NO HAY BASTANTE PRESIÓN	Obstrucciones en el paso del agua	Abrir la caja de la bomba, revise los álabes del impulsor y limpiar.
NO HAY BASTANTE PRESIÓN	Bajo voltaje	Revisar el voltaje que llega a la bomba y darle mantenimiento a la bomba.
LA BOMBA TRABAJA UN RATO Y LUEGO SE PARA	Presencia de aire o gases en el líquido	Abrir las lumbreras para dar salida al aire ó gases. (purgar la bomba).
LA BOMBA TRABAJA UN RATO Y LUEGO SE PARA	Obstrucción parcial en la línea de succión	Dar mantenimiento a la línea de succión.
LA BOMBA TRABAJA UN RATO Y LUEGO SE PARA	El espejo estático es demasiado bajo, por lo que pierde capacidad	Bajar la bomba
LA BOMBA TIENE UN ALTO CONSUMO ELÉCTRICO	Debido a una sobrecarga de la bomba	Revisar y ajustar la potencia de diseño de la bomba.
LA BOMBA TIENE UN ALTO CONSUMO ELÉCTRICO	Debido a fricciones anormales en las piezas de desgaste de la bomba	Dar mantenimiento al sistema motor-bomba.

3.4 TRABAJOS A REALIZAR PARA CONSERVAR EL CONJUNTO MOTOR-BOMBA EN ÓPTIMAS CONDICIONES

Los trabajos a realizar para conservar el conjunto motor-bomba en óptimas condiciones se muestran en la Tabla 6.

Tabla 6. Programa de mantenimiento para bombas sumergibles inatascables.

TRABAJOS A REALIZAR	FRECUENCIA Y/O CUANDO SE NECESITE		
	MENSUAL	TRIMESTRAL	SENESTRAL
1) Temperatura de balero o chumacera	■		
2) Revisar y ajustar alineamiento	■		
3) Revisar y atender vibraciones mecánicas anormales	■		
4) Drenar y limpiar los depósitos de aceite de los baleros (lubricante nuevo por viejo)		■	
5) Limpieza y cambio de grasa en los puntos que se necesite.		■	
6) Revisar y atender el estado físico y mecánico de empaques y sellos mecánicos; cambiar si lo necesita.			■
7) Ajuste de reapriete general de la tornillería	■		
8) Pintura general de la bomba .			■
9) Mantenimiento eléctrico del motor			■
10)Reapriete general de tornillería en bomba y motor eléctrico.			■

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

3.5 TIPOS DE BOMBAS PROPUESTAS

3.5.1 Comportamiento y características de las bombas horizontales inatascables

a) Los motores eléctricos

Están sumergidos en aceite para proporcionar una operación en frío, una vida más larga y el mínimo de mantenimiento. El aceite dieléctrico puro, tipo transformador disipa el calor eficientemente y lubrica los rodamientos superiores y los inferiores. Aún si la carcasa del motor no estuviera sumergida en el agua, el motor no se sobrecalentaría.

i) Características de los motores.

1. Los motores monofásicos son de arranque con capacitor y tienen una protección térmica, contra la sobrecarga con reconexión automática.
2. Los motores trifásicos utilizan arrancadores magnéticos con relevadores de sobrecarga, localizados en el tablero de control.

b) Características de las bombas

1. La construcción estándar es de hierro fundido.
2. Las flechas son de acero inoxidable.

3. Las bombas estándar tienen cables trifásicos de 4.5 m de longitud, recubiertos con PVC. Se pueden obtener hasta en longitudes de 9 m con un costo adicional.
4. Servicio en el campo. Las bombas están equipadas con arnés de acero inoxidable para facilitar su maniobra de sacarla o meterla al cárcamo.
5. Los impulsores inatascables de dos aspas para aguas negras cuentan con venas de limpieza en la parte superior de la cubierta posterior, para impedir que las materias se sedimenten, obstruyan las aspas o se enreden en la flecha.
6. Sello mecánico para la flecha. Se fabrica con superficies rozantes de carbón y cerámica, las cuales garantizan una larga vida a prueba de fugas.
7. Estas bombas cumplen con todas las especificaciones de los códigos de plomería existente.
8. Todas las unidades son probadas antes de embarcarse.

Tabla 7. Características comerciales de la bomba inatascable propuesta.

MODELO	DIÁMETRO DE DESCARGA mm	C.P.	CAPACIDADES LPM	CARGAS m	PASO DE SÓLIDOS mm
S3S150	76	1 1/2	946	11	64
S3S200	76	2	1079	11	64
S4S300	102	3	1987	15	76
S4S500	102	5	2574	18	76
S4S750	102	7 1/2	3028	18	76

c) Aplicaciones

Las Bombas marca Aurora Hydromatic de la serie S3/S4 son adecuadas para la instalación en fosas de cárcamo, y tienen una amplia variedad de aplicaciones en instalaciones municipales, industriales y de la construcción.

Su capacidad para manejar sólidos, las convierte en la selección más apropiada para:

1. Estaciones de bombeo de aguas negras municipales.
2. Transferencia de aguas negras industriales.
3. Eliminación de desperdicio de aguas industriales.
4. Transferencia de líquidos industriales con un alto contenido en sólidos.
5. Bombeo para desagüe de aguas pluviales, de desperdicio u otras.

Las Bombas marca Aurora Hydromatic serie S3/S4 para aguas negras, están diseñadas para transferir aguas negras crudas con sólidos hasta de 76 mm de diámetro a través de tuberías hasta de 100 mm de diámetro.

Estas bombas son muy eficientes para el manejo de aguas negras de un lugar a un sistema de alcantarillado y en muchos casos hacerlo desde un sistema de drenaje hasta una planta de tratamiento de aguas residuales.

Asimismo, su uso proporciona altos rendimientos en los sistemas de recolección, diseñadas para almacenar y transferir aguas negras en grandes instalaciones comerciales.

Por eso, se ha generalizado su aplicación en: moteles, edificios de apartamentos y plantas industriales que se conectan con los principales ductos de desagüe o con plantas de tratamiento locales.

Las bombas serie S3 de 1 1/2 y 2 C.P. tienen un paso de esfera que maneja sólidos hasta de 64 mm y tienen una descarga horizontal bridada de 76 mm.

Las bombas serie S4 de 3, 5 y 7 1/2 C.P. tienen un paso de esfera que maneja sólidos hasta de 76 mm y tienen una descarga horizontal bridada de 10 mm.

Para aplicaciones comerciales o de gran volumen, el procedimiento usual es instalar por lo menos dos bombas con un sistema duplex con guía para una rápida desconexión del sistema de descarga. Las bombas serie S4 de 3, 5 y 7 1/2 C.P., se pueden usar junto con un sistema de riel tipo viga 1 de Aurora Hydromatic.

Este sistema resistente a la corrosión, permite bajar las bombas y colocarlas en su posición, sin tener que entrar a la fosa húmeda. Una brida autosellante de uso exclusivo elimina la necesidad de tener que fijar la bomba con pernos a la tubería. Cuando la bomba es activada, un diafragma de neopreno forma un sello efectivo entre la brida de descarga y la base del codo bridado.

Un sistema completo deberá incluir tablero de control TBDAN, Marca PICSA o AURORA HYDROMATIC junto con los componentes del sistema de riel (opcional).

En la figura 21a y 21b podemos observar dos ejemplos de bombas horizontales inatascables.

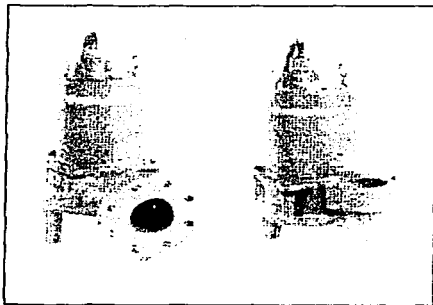


Figura 21a. Bombas inatascables horizontales.

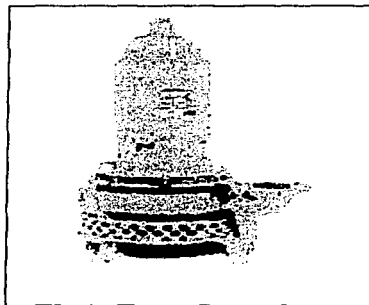


Figura 21b. Bomba inatascable horizontal.

3.5.2 Bomba vertical inatascable

a) Partes de la bomba

1. El soporte del motor asegura el alineamiento del motor y la flecha de la bomba. Los motores son de potencias de fabricación estándar.
2. El ajuste del collarín del balero se lleva a cabo con una tuerca de ajuste en forma de hexágono. Una contra-tuerca asegura el collarín del balero a la flecha.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

3. El balero de carga es reengrasable y se protege de la contaminación por unos sellos de grasa en ambos lados. El balero de carga está localizado arriba del nivel del piso, para facilitar el servicio. Además, brinda una protección contra las fugas e inundaciones.
4. La caja de estopero está equipada con un empaque para lograr una construcción sellada. Para lubricación del empaque.
5. La placa de fosa es de acero estándar y se desmonta quitando por completo la placa de la cubierta.
6. El interruptor de flotación externo es estándar, y hay varios modelos disponibles.
7. El buje de carcasa está disponible en diferentes materiales para las aplicaciones difíciles. La línea de lubricación se provee completa con sus graseras, nipples y codos. Y para cada tramo adicional, se provee un buje. Todos los bujes estándar están lubricados con grasa.
8. La cubierta de flecha utiliza el diseño de brida con cavidad en los extremos para su registro.
9. La flecha de la bomba está provista con un diámetro adecuado para minimizar la deflexión, y el desgaste del balero.
10. La carcasa contiene un impulsor estándar inatascable, con paso de esfera para sólidos de hasta 3 in.

11. El tubo de descarga está asegurado en la placa de fosa, con un codó de 45° roscado.

b) Fabricación estándar

- Construcción con herrajes en bronce.
- Bujes de la bomba en bronce.
- Manguera de lubricación, graseras rectas, curvas, conectores y nipples.
- Impulsor de hierro inatascable balanceado dinámicamente con un paso de esfera de 3 in.
- Balero superior reengrasable.
- Graseras de lubricación, para la lubricación de bujes.
- Motores de potencia estándar.
- Flecha de cold roll.
- Caja de empaques.
- Base de placa rectangular.
- Construcción sellada.
- Interruptor de flotación.
- Flotador de cobre y varilla.
- Soporte de interruptor elevado.
- Collarín de balero en bronce.
- Ajuste de la bomba hasta de 4.77

A continuación podemos observar en la figura 22a las partes de una bomba vertical inatascable y en la figura 22b una bomba vertical inatascable.

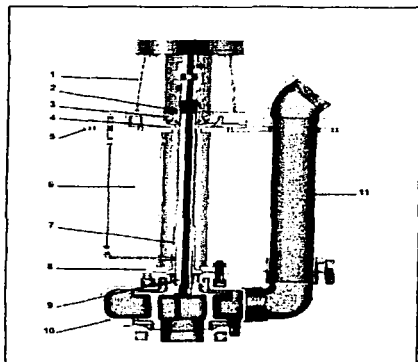


Figura 22a. Partes de una bomba vertical inatas cable.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

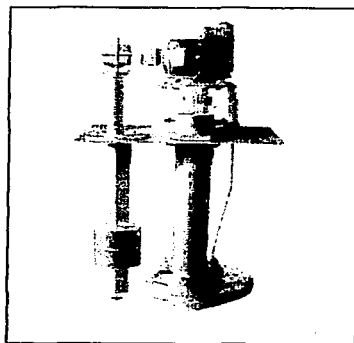


Figura 22b. Bomba vertical inatas cable.

Tabla 8. Ventajas y desventajas entre bombas inatascables horizontal y vertical

TIPO DE BOMBA INATASCABLE	VENTAJAS	DESVENTAJAS
VERTICAL	<ul style="list-style-type: none"> • Su mantenimiento es cada año o cada tres años. • No requiere de cimentación. • Se puede sacar completamente hacia la superficie el sistema motor-bomba. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es de mayor precio que la bomba horizontal inatascable para cárcamo seco, debido a lo costoso del conductor eléctrico alimentador de diseño especial para trabajar en aguas residuales.
HORIZONTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Es de menor precio que la bomba vertical inatascable. • El acceso para darle mantenimiento a la bomba y al motor es fácil. 	<ul style="list-style-type: none"> • El mantenimiento es más frecuente que en la bomba vertical inatascable sumergible con motor integrado. • Requiere de una cimentación y anclaje.

3.5.3 Conclusiones

Se recomienda seleccionar para el manejo de aguas residuales la bomba sumergible inatascable horizontal con motor integrado debido a las siguientes razones:

1. Menor costo de mantenimiento.
2. No se requiere de lubricación y engrase.
3. No se requiere de cimentación y anclaje.

4. En nuestro país se fabrican este tipo de bombas con diseño especial y refacciones originales nacionales, las cuales son fáciles de conseguir.
5. No se requiere pintarla periódicamente.
6. Se requiere de un cárcamo húmedo de una sola cámara en lo que es obra civil, por lo que resulta de menor precio la construcción.
7. Versatilidad en su uso, porque pueden trabajar sin cimentación, anclaje y sin cárcamo de succión en albercas, ríos, arroyos, mares y para pozos profundos para agua, sin más maniobra que sumergirlas en el manto acuífero.
8. Esto sirve también para el manejo de aguas residuales y su descarga a los sistemas de drenaje.
9. Puede trabajar en cualquier posición, esto es vertical, horizontal e inclinada, ejemplos de estos diseños se muestran en la figura de bomba horizontal con motor integrado sumergible y bomba horizontal con motor integrado.

CAPÍTULO 4
COSTOS

CAPÍTULO 4. COSTOS

4.1 COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Esto se refiere a los gastos que generan, el poner a trabajar sistemas de bombeo para el manejo de aguas residuales y constituyen básicamente consumo eléctrico y desgaste mecánico del sistema motor-bomba y mano de obra.

4.1.1 Costo por consumo de energía

El costo de consumo eléctrico se refiere a los pagos que hay que hacer por el consumo de electricidad, aunque algunas bombas se pueden trabajar con motores eléctricos, diesel y turbinas, en las grandes industrias como PEMEX y CFE (Comisión Federal de Electricidad), se usan sistemas a base de turbinas de vapor o de gas. A este costo hay que sumarle el costo de la mano de obra para operar el sistema motor-bomba. Por el lado de consumo de energía eléctrica se ligan la potencia en HP de la bomba con el número de horas que trabaja, donde una estimación promedio industrial señala un costo por KW promedio de \$ 0.78/KW-h. El costo de la mano de obra es muy variable, depende de la industria de la que se trate.

4.1.2 Costo por mantenimiento

El costo de mantenimiento está relacionado con lo siguiente:

Una máquina nueva tiene un costo de mantenimiento anual de aproximadamente 4 % del precio presente de la misma. En tanto, para una máquina vieja, su costo de mantenimiento anual es de 14 %, sobre el precio presente de la máquina.

Mientras que una máquina nueva se considera hasta de 3 años de trabajo e incluye dos turnos de trabajo por uno de mantenimiento, una máquina vieja es de 4 a 7 años de trabajo e incluye dos turnos de operación por uno de mantenimiento.

Esta relación de costos es la suma de materiales y refacciones más mano de obra, ejemplo:

- Por ejemplo: Una máquina de 1 HP la cual trabaja 10 horas diarias, en donde 1 HP = 0.745 KW.

4.1.3 Ejemplo de costo por consumo eléctrico

Como la máquina trabaja 10 horas al día entonces consumirá:

$$0.745\text{KW} * 10 \text{ h} = 7.45 \text{ KW-h,}$$

pero como KW-h industrial cuesta \$ 0.78 / KW-h.

El costo de consumo eléctrico será:

$$74.5 \text{ KW-h} * \$ 0.78 / \text{KW-h} = \$ 5.811 \text{ por día}$$

Resumiendo a los \$ 5.811 por día, hay que sumarle el costo de refacciones y mano de obra, esto nos da como resultado el costo total de operación de esa bomba.

4.1.4 Ejemplo de costo por mantenimiento

a) Si una bomba nueva que trabaja, tiene un precio de \$ 2750, el costo de mantenimiento anual será:

$$\$ 2750 * 4 / 100 = \$ 110$$

Este precio incluye refacciones y mano de obra para una bomba nueva anual.

b) Ahora en el caso de una bomba vieja de \$ 2750 su costo de mantenimiento será:

$$\$ 2750 * 14 / 100 = \$ 385$$

Este precio incluye refacciones y mano de obra para una bomba vieja anual.

Nótese la diferencia de costos de mantenimiento, entre una máquina nueva y una máquina vieja.

Los porcentajes aquí manejados son proporcionados por los fabricantes de bombas y por la experiencia en sistemas motor- bomba.

4.2 FINANCIAMIENTO

En nuestro país, hay diversos puntos para financiar la adquisición de bombas sumergibles intascables como son:

1. Comisión Nacional del Agua.
2. Banco de Obras y Servicios Públicos.
3. Secretaría de Recursos Hidraulicos.
4. Presidencia Municipal.
5. Gubernatura Estatal.

4.3 COTIZACIÓN DE BOMBAS

En la industria es muy práctico el cálculo del costo para maquinaria y equipo, en función de la capacidad.

Ecuación de trabajo para el cálculo de un equipo de otras capacidades, sabiendo el costo y la capacidad de un equipo existente:

$$E_b = E_a (C_b/C_a)^{0.6}$$

Donde:

E_b = Costo del equipo b

E_a = Costo del equipo a

C_b = Capacidad del equipo b

C_a = Capacidad del equipo a

a) Ejemplo:

Una bomba de 3/4 de HP cuesta aproximadamente \$ 750, el costo de una bomba de 7 _ HP según el siguiente cálculo será:

$$E_b = (\$ 750) (7 \text{ _ HP} / 3/4 \text{ HP})^{0.6} = \$ 2985.8$$

4.3.1 Costo de instalación del equipo

Los costos de un equipo se dividen en tres partes: Cimentación, plataforma y soporte, y construcción. El costo de la mano de obra para la construcción se determina de acuerdo a la experiencia como un 25 % del precio del equipo.

El precio total de instalación de algunos equipos, se muestra en la Tabla 9, como un porcentaje al precio de compra.

Tabla 9. Costo total de la instalación

TIPO DE EQUIPO	COSTO DE LA INSTALACIÓN %
Evaporadores	10-30
Mezcladores	5-15
Bombas	5-20
Filtros	25-45

El costo de la instalación de equipo se puede calcular en un 43 % del costo de compra del equipo. Asimismo, se calcula mediante la Tabla 10.

Tabla 10. Costo de la instalación (Porcentaje equivalente del costo del equipo)

	MATERIAL %	MANO DE OBRA %	TOTAL %
Cimentación	4	3	7
Plataforma y soporte	7	4	11
Construcción de equipo	—————	25	25
Instalación total	11	32	43

4.3.2 Costo de bombas sumergibles inatascables propuestas

En la Tabla 11 podemos ver los costos de las bombas sumergibles inatascables, tanto horizontal como vertical.

Tabla 11. Costo de bombas sumergibles inatascables.

TIPO DE BOMBA SUMERGIBLE INATASCABLE	COSTO \$ (incluye IVA)
Horizontal	41,850
Vertical	26,637

4.4 REEMPLAZO DE BOMBAS

Las bombas como toda máquina, sufren desgastes durante su operación. La vida útil de las bombas es del orden de 7 años aproximadamente, trabajando dos turnos, por uno de mantenimiento, con una eficiencia promedio de 78 %.

a) Los costos de mantenimiento de estas máquinas van desde:

Bombas nuevas de 1 a 2 años	4 %
Bombas de medio uso 4 a 5 años	14 %
Rehabilitación general mecánica y eléctrica	50-75 %

Los porcentos están referidos al precio presente de las bombas, los costos son anuales e incluyen materiales y mano de obra.

En la práctica se debe admitir cierto margen para los conjuntos motor-bomba. Este conjunto formado debe de vencer la diferencia de nivel, del punto de succión al punto de descarga, para ello es necesario determinar cuando y porque reemplazar una bomba. Para lo cual es necesario tomar en consideración lo siguiente:

- **Obsolescencia total del conjunto motor-bomba.** Se considera obsoleto cuando no se consiguen refacciones o cuando los conjuntos motor-bomba estén discontinuados.
- **Altos costos de mantenimiento.** Se da cuando las refacciones son muy caras y ya no es redituable la reparación del conjunto motor-bomba.
- **Capacidad insuficiente.** En muchos casos el aumento de líquido a bombear nos trae como una necesidad cambiar el conjunto motor-bomba por una de mayor capacidad.
- **Término de vida útil.**
- **Falla total**

CAPÍTULO 5
NORMAS

CAPÍTULO 5. NORMAS

5.1 NORMAS OFICIALES MEXICANAS PARA LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN MATERIA DE AGUAS RESIDUALES.

5.1.1 Norma Oficial Mexicana NOM-002-ECOL-1996

Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

Índice

1. Objetivo y campo de aplicación.
2. Referencias
3. Definiciones
4. Especificaciones
5. Métodos de prueba
6. Grado de concordancia con normas internacionales
7. Bibliografía
8. Observancia de esta norma
9. Transitorios

1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal con el fin de prevenir y controlar la contaminación de las aguas y bienes nacionales, así como proteger la infraestructura de dichos sistemas, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta norma no se aplica a la descarga de las aguas residuales domésticas, pluviales, ni a las generadas por la industria, que sean distintas a las aguas residuales de proceso y conducidas por drenaje separado.

2. Referencias

Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996
Norma Mexicana NMX-AA-003
Norma Mexicana NMX-AA-004
Norma Mexicana NMX-AA-005
Norma Mexicana NMX-AA-006
Norma Mexicana NMX-AA-007
Norma Mexicana NMX-AA-008
Norma Mexicana NMX-AA-044
Norma Mexicana NMX-AA-046
Norma Mexicana NMX-AA-051
Norma Mexicana NMX-AA-057
Norma Mexicana NMX-AA-058
Norma Mexicana NMX-AA-060
Norma Mexicana NMX-AA-064

Norma Mexicana NMX-AA-066

Norma Mexicana NMX-AA-076

Norma Mexicana NMX-AA-078

3. Definiciones

- 3.1 Aguas pluviales.- Aquéllas que provienen de las lluvias, incluyen las que provienen de nieve y el granizo.
- 3.2 Aguas residuales.- Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.
- 3.3 Aguas residuales de proceso.- Los resultantes de la producción de un bien o servicio comercializable.
- 3.4 Aguas residuales domésticas.- Las provenientes del uso particular de las personas y del hogar.
- 3.5 Autoridad competente.- Los gobiernos de los Estados, del Distrito Federal, y de los Municipios, por sí o a través de sus organismos públicos que administren el agua.

- 3.6 Condiciones particulares para descargas al alcantarillado urbano o municipal.-** El conjunto de parámetros físicos, químicos y biológicos y de sus límites máximos permisibles en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano y municipal.
- 3.7 Contaminantes.-** Son aquellos parámetros que, en determinadas concentraciones, pueden producir efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente, dañar la infraestructura hidráulica o inhibir los procesos de tratamiento de las aguas residuales.
- 3.8 Descarga.-** Acción de verter aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.
- 3.9 Instantáneo.-** Es el valor que resulta del análisis de laboratorio a una muestra de agua residual tomada de manera aleatoria o al azar en la descarga.
- 3.10 Límite máximo permisible.-** Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.
- 3.11 Muestra compuesta.-** La que resulta de mezclar el número de muestras simples.
- 3.12 Muestra simple.-** La que se tome en el punto de descarga, de manera continua, en día normal de operación.
- 3.13 Parámetro.-** Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

- 3.14 **Promedio diario.**- Es el valor que resulta del análisis de una muestra completa, tomada en un día representativo del proceso generador de la descarga.
- 3.15 **Promedio mensual.**- Es el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal de al menos dos muestras compuestas, tomadas en días representativos de la descarga en un período de un mes.
- 3.16 **Punto de descarga.**- Es el sitio seleccionado para la toma de muestras, en el que se garantiza que fluye la totalidad de las aguas residuales de la descarga.
- 3.17 **Sistema de alcantarillado urbano o municipal.**- Es el conjunto de obras y acciones que permiten la prestación de un servicio público de alcantarillado, incluyendo el saneamiento.

4. Especificaciones

- 4.1 Los límites máximos permisibles para contaminantes de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, no deben ser superiores en la Tabla 12.

Tabla 12. Límites máximos permisibles.

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES			
PARÁMETROS (mg/L, excepto cuando se especifique otra)	PROMEDIO MENSUAL	PROMEDIO DIARIO	INSTANTÁNEO
Grasas y aceites	50	75	100
Sólidos sedimentables (mL/L)	5	7.5	10
Arsénico total	0.5	0.75	1
Cadmio total	0.5	0.75	1
Cianuro total	1	1.5	2
Cobre total	10	15	20
Cromo hexavalente	0.5	0.75	1
Mercurio total	0.01	0.015	0.02
Níquel total	4	6	8
Plomo total	1	1.5	2
Zinc total	6	9	12

4.2 Los límites máximos permisibles establecidos en la columna instantáneo, son únicamente valores de referencia.

4.3 El rango permisible de pH en las descargas de aguas residuales es de 10 y 5.5 unidades, determinados para cada una de las muestras simples.

4.4 Límite máximo permisible de la temperatura es de 40° C, medida en forma instantánea a cada una de las muestras simples.

4.5 La materia flotante debe estar ausente en las descargas de aguas residuales.

4.6 Los límites máximos permisibles para los parámetros demanda bioquímica de oxígeno y sólidos suspendidos totales son establecidos en la Tabla 2 de la Norma Oficial mexicana NOM-001-ECOL-1996.

4.7 No se deben descargar en los sistemas de alcantarillado urbano o municipal, materiales o residuos considerados peligrosos, conforme a la regulación vigente en la materia.

4.8 La autoridad competente podrá fijar condiciones particulares de descarga a los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado, de manera individual o colectiva.

4.9 Los valores de los parámetros en las descargas de aguas residuales, se obtendrán de análisis de muestras compuestas, de acuerdo a la Tabla 13.

Tabla 13. Frecuencia de muestreo

FRECUENCIA DE MUESTREO			
HORAS POR DÍA QUE OPERA EL PROCESO GENERADOR DE LA DESCARGA	NÚMERO DE MUESTRAS SIMPLES	INTERVALO MÁXIMO ENTRE TOMA DE MUESTRAS SIMPLES (HORAS)	
		MÍNIMO	MÁXIMO
Menor de 4	Mínimo2	-	-
De 4 a 8	4	1	2
Mayor que 8 y hasta 12	4	2	3
Mayor que 12 y hasta 18	6	2	3
Mayor que 18 y hasta 24	6	3	4

4.10 Los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal deben cumplir los límites máximos permisibles establecidos en esta Norma, en las fechas establecidas en la Tabla 14.

Tabla 14. Fechas de cumplimiento

A PARTIR DE	RANGO DE POBLACIÓN
1° de Enero de 1999	Mayor de 50,000 habitantes
1° de Enero de 2004	De 20,001 a 50,000 habitantes
1° de Enero de 2009	De 2,501 a 20,000 habitantes

4.11 Las fechas de cumplimiento establecidas en la Tabla 14 de esta Norma, pueden ser modificadas por la autoridad competente.

4.12 Cuando la autoridad competente determine modificar las fechas de cumplimiento, deberá notificarla a los responsables de las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal.

4.13 Los responsables de las descargas tienen la obligación de realizar los análisis técnicos de las descargas de aguas residuales. Asimismo, deben conservar sus registros por lo menos durante tres años posteriores a la toma de la muestra.

4.14 El responsable de la descarga podrá quedar exento de realizar el análisis de alguno o varios parámetros, cuando demuestre que no se genera o concentra los contaminantes a exentar.

4.15 El responsable de la descarga queda obligado a informar a la autoridad competente, de cualquier cambio en sus procesos productivos o actividades.

5. Métodos de prueba

Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros establecidos en esta Norma Oficial Mexicana, se pueden aplicar los métodos de prueba referidos en las normas mexicanas señalados en el punto 2 de esta norma. El responsable de la descarga puede solicitar a la autoridad competente, la aprobación de métodos alternos.

En caso de aprobarse, dichos métodos quedarán autorizados para otros responsables de descarga en situaciones similares.

6. Grado de concordancia con normas internacionales

No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países, no reúnen los elementos y precepto de orden técnico y jurídico, que en esta Norma se integran y complementan de manera coherente, con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente.

REFERENCIAS

6. CONCLUSIONES

Se recomienda el uso de bombas inatascables para el manejo de aguas residuales, ya que facilita el paso de todo tipo de sólidos debido al diseño especial del impulsor, además tiene un bajo costo de mantenimiento.

En lo que se refiere a costos de compra, instalación y operación éstos no son altos, además no requiere de una instalación eléctrica especial.

Mediante el uso de la curva de operación del fabricante, se pueden conocer ciertas características, lo cual nos permite seleccionar el tipo de bomba requerida para efectuar el servicio.

Se exponen sistemas muy prácticos para el cálculo del sistema de bombeo de aguas residuales.

Se aplica la norma NOM-002-ECOL-1996 debido a que la bomba trabaja con aguas residuales.

CONCLUSIONES

REFERENCIAS

PERRY, Robert H. *Manual del Ingeniero Químico..* 6ª Ed. Mc Graw-Hill, 1992.

RASE, Howard F. *Ingeniería de Proyecto para plantas de Proceso.* 6ª Ed. Continental. 1979.

HICKS, Tyler G. *Bombas, su selección y aplicación.* 13ª Ed. Continental, 1978.

NAUGHTON, Kenneth J. *Bombas. Selección, uso y mantenimiento.* Mc Graw-Hill, México, 1996.

VIEJO, Zubicaray *Bombas. Teoría, diseño y aplicaciones.* 1ª Ed. Limusa, 1977.

WARRING, R. H. *Selección de bombas. Sistemas y aplicaciones.* 1ª. Ed. Labor, España, 1977.

LARA, González José Luis. *Alcantarillado.* F.I. UNAM., 1991.

CAMPOS, Francisco. *Manual de bombas.* Tomo 1 y 2. 1982. DGCOH.

VELASCO, Sánchez Octavio. *Selección y operación de bombas de agua y sistemas de bombeo. Plantas de Bombeo.* Posgrado F.I. UNAM. 1980.

Manual de Tratamiento de Aguas Negras. 12ª Ed. Limusa, 1994.

GORDON, Maskew. *Ingeniería Sanitaria y de aguas residuales.* V.1. Ed. Ciencia Técnica, 1982.

Ingeniería y mantenimiento industrial. Instrucciones Generales para la Instalación, Operación y Mantenimiento de Bombas Horizontales. 1985.

BECERRILL, Diego Onésimo. *Instalaciones Eléctricas Prácticas.* 9 Ed. 1972.

METCALF & EDDY. *Ingeniería Sanitaria. Redes de alcantarillado y bombeo de aguas residuales.* 1ª Ed. Labor, 1985.

CRANE. *Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías.* Mc-Graw Hill, 1992.

www.cna.gob.mx