

2ej65

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE INGENIERIA



BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
P R E S E N T A

LUIS GARDUÑO YAÑEZ



México, D. F.

1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
INGENIERIA

Al Pasante señor LUIS GARDUNO YANEZ,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Francisco Garza Maldonado, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES"

1. Introducción.
2. Tipos de cárcamos.
3. Tipos de bombas que se emplean.
4. Controles.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Ed. Universitaria, 30 de abril de 1981,  
EL DIRECTOR



ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU



JJÉ[OBLH]ser

## I N D I C E

CAPITULO I	INTRODUCCION	PAGINA
	1.1.- Importancia del agua y de las aguas residuales.	2
	1.2.- Necesidad del bombeo.	5
	1.3.- Clasificación de las bombas.	5
	1.4.- Potencia para el bombeo.	6
	1.5.- Características del bombeo de aguas residuales.	10
	1.6.- Capacidad de las bombas para aguas residuales.	12
	1.7.- Preparación de las aguas residuales para el bombeo.	15
	1.8.- Instalaciones de bombeo para aguas residuales.	16
	1.9.- Condiciones mínimas requeridas en una estación de bombeo.	19
CAPITULO II	TIPOS DE CARCAMOS.	
	2.1.- Notas generales sobre cárcamos de bombeo de aguas residuales en edificios.	24

CAPITULO III	TIPOS DE BOMBAS QUE SE EMPLEAN.	PAGINA
--------------	------------------------------------	--------

3.1.- Generalidades	30
3.2.- Bombas inatascables.	31
3.3.- Cárcamos húmedos y Cárcamos secos.	33
3.4.- Bombas de cárcamo húmedo.	36
3.5.- Bombas sumergibles.	38
3.6.- Eyectores neumáticos.	39

CAPITULO IV	CONTROLES.
-------------	------------

4.1.- Diversas operaciones que se facilitan con el uso de <u>con</u> <u>troles</u> .	43
4.2.- Tipos de controles.	45
4.3.- Controles para arrancar o - parar la bomba	46
4.4.- Controles que abren o cierran una válvula en el curso del - flujo.	48
4.5.- Controles que cambian las <u>con</u> <u>diciones</u> de operación.	52
4.6.- Análisis de los elementos de control.	59
4.7.- Selección entre controles au-- tomáticos o manuales.	65

	PAGINA
4.8.- Dispositivos pilotos.	66
BIBLIOGRAFIA	68

# INTRODUCCION

## CAPITULO I

### INTRODUCCION.

#### 1.1.- IMPORTANCIA DEL AGUA Y DE LAS AGUAS RESIDUALES.

La vida en comunidades organizadas no puede existir sin los servicios gemelos de abastecimiento de agua potable y eliminación de las aguas residuales.

Estos son servicios que las gentes no pueden proporcionarse por sí mismas, y que son, por lo tanto, responsabilidad de la comunidad. El proyecto, construcción y operación de las obras necesarias para proporcionar un abastecimiento de agua apropiada y tratar las aguas residuales resultantes, son problema de Ingeniería Sanitaria. Ambos requieren un alto grado de habilidad y criterio, debido a la naturaleza del trabajo y porque cada fase del problema involucra la salud de los ciudadanos.

Las obras de abastecimiento de agua y eliminación de las aguas residuales, son un renglón importante en el presupuesto de la población, tanto en su construcción inicial como en su operación y



mantenimiento. Además de su utilidad doméstica, para beber, asear, - cuidado de la casa y uso sanitario, el agua es esencial para muchos - otros usos de la comunidad. Se necesita en la industria, y de hecho muchas industrias utilizan cantidades muy grandes; se requiere en la vida comercial, y en una proporción menor, se utiliza para la limpieza de las calles, para riego de jardines, para extinguir incendios y para muchos otros fines más.

El abastecimiento de agua potable y la eliminación de las aguas residuales deben considerarse como una unidad. En donde exs--ta un abastecimiento de agua bajo presión, con plomería interior, se producirán aguas residuales.

Si no se eliminan adecuadamente, los desperdicios de una comunidad pueden crear molestias intolerables, provocar enfermedades y reducir el valor de las propiedades.

En áreas rurales, los desechos orgánicos se pueden eliminar mediante letrinas sanitarias o tanques sépticos, proporcionándose su instalación cada vecino.

Sin embargo, cuando la población excede de tres familias por hectárea, dependiendo de las condiciones locales, las letrinas y tanques sépticos son generalmente inapropiados, haciendose necesario

un sistema de alcantarillado.

Las aguas residuales se recolectan de las casas particulares por medio de tubos de pequeño diámetro llamados albañales o conexiones caseras. Estos albañales descargan a otros tubos de mayor diámetro llamados atarjeas. El tubo que recibe el gasto de dos o más atarjeas se conoce como subcolector.

Un tubo principal o colector, lleva el gasto de un área considerable, quizá el de un área de drenaje total. Un emisor es el que transporta las aguas residuales al punto de tratamiento ó descarga.

Las aguas residuales se clasifican generalmente por su origen:

Aquellas que provienen de residencias, instituciones y edificios comerciales son las aguas residuales domésticas, sanitarias o caseras y aquellas que son resultado de procesos de manufactura, son las aguas residuales industriales o comerciales.

Las aguas originadas por la lluvia, se les llama aguas pluviales; en general estas aguas son inofensivas, excepto las primeras que caen pues se contaminan al arrastrar la basura y tierra -

de las calles.

#### 1-2.- NECESIDAD DEL BOMBEO.

En los sistemas de alcantarillado es necesario el uso de bombas cuando las aguas residuales no pueden escurrir por gravedad.

Las aguas residuales sólo se pueden almacenar durante -- cortos períodos de tiempo y el flujo es altamente variable, de tal modo que se deben tomar precauciones para escoger bombas que puedan manejar los flujos máximos cuando éstos lleguen a la estación de --- bombeo.

Se necesitan dos o más bombas y en algunos casos, se requieren dos fuentes de potencia.

Las aguas residuales contienen sólidos gruesos flotantes y en suspensión, por lo que para su bombeo, se requieren bombas de - diseño especial.

#### 1-3.- CLASIFICACION DE LAS BOMBAS.

De acuerdo con los principios mecánicos en los que ope-

ran, las bombas son de desplazamiento, centrífugas, o de vacío.

Una bomba de desplazamiento utiliza un pistón primero para elevar el agua hasta una recámara cerrada y luego para empujarla bajo presión. Una variación de éste principio se aplica en una bomba rotatoria; estas bombas utilizan levas o engranes que giran en una camisa ajustada para empujar el agua hacia afuera.

Las bombas rotatorias casi nunca se usan para bombear agua potable o aguas residuales debido a su limitada capacidad.

La bomba centrífuga tiene un impulsor giratorio que imparte velocidad al agua y como resultado de ésta fuerza centrífuga, el agua se eleva, debido a que el impulsor gira rápidamente, imparte presión al agua aventándola hacia afuera y forzándola hacia la línea de descarga.

En la figura 1-1 se ilustra una bomba centrífuga.

En una bomba de vacío se suelta aire comprimido en el fondo de una columna de agua y la mezcla de aire y agua se eleva - debido a que su gravedad específica es menor que la del agua sola.

1-4.- POTENCIA PARA EL BOMBEO.

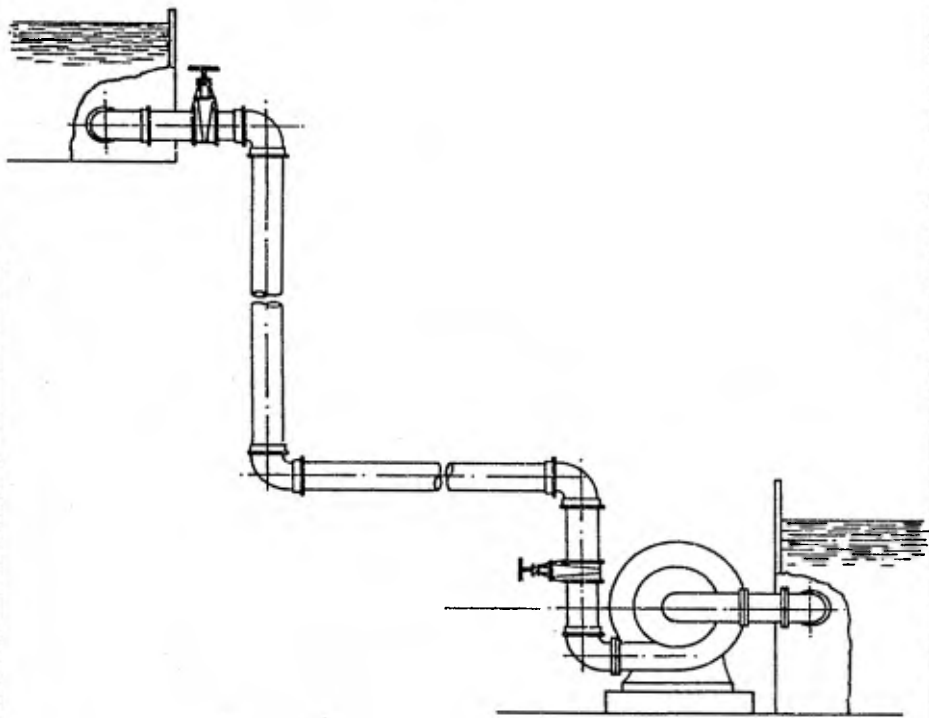


Fig. 1-1 Bomba centrífuga

U  
N  
A  
M

FACULTAD DE INGENIERIA

BOMBEO DE AGUAS  
RESIDUALES

TESIS PROFESIONAL

LUIS GARDUÑO YAÑEZ

Para la gran mayoría de las bombas se utiliza potencia eléctrica.

El movimiento se produce por medio de un motor, generalmente está colocado junto a la bomba y conectado directamente a ella.

La potencia de una máquina puede aplicarse conectando ésta a un generador que mueve el motor de la bomba o utilizando una conexión mecánica a la bomba, casi siempre unos engranes.

La proporción de la capacidad de la bomba que debe suministrar la potencia se reserva para una emergencia depende de las condiciones locales tales como la cantidad de almacenamiento de agua, la confiabilidad de la potencia eléctrica, y en el caso de bombeo de aguas residuales, la provisión para derivaciones u otros medios de emergencia.

Cuando el gasto de descarga y la carga por vencer son datos, la potencia puede obtenerse con la siguiente fórmula:

$$P = Q h / 75 \eta$$

en donde:

P= Potencia del motor en HP.

$h$  = Carga total en metros.

$Q$  = Gasto a bombear, en litros por segundo.

$\eta$  = Eficiencia de la bomba y

$\gamma$  = Factor de conversión.

La carga dinámica total designada como CDT, contra la que opera la bomba, es la suma algebraica de los siguientes términos:

a) La carga estática representada por la distancia vertical del centro de la bomba al nivel hasta el que se va a elevar el agua.

b) La carga de succión representada por la distancia vertical del nivel de la fuente de agua que está bombeándose, al centro de la bomba.

c) La carga de fricción y las pérdidas de carga en las líneas de descarga y de succión, incluyendo los accesorios.

d) La carga de velocidad o carga necesaria para mantener el flujo.

La carga de succión máxima teórica de una bomba al nivel del mar es aproximadamente 10.3 metros, sin embargo, debido a diferentes pérdidas, éste límite no se puede alcanzar en trabajos prácticos.

Las cargas de succión deben limitarse a unos 6.7 metros, - excepto para bombas centrífugas cuyo límite práctico es de unos 4.5 - metros.

#### 1.5.- CARACTERISTICAS DEL BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES.

Antes de darle algún tratamiento a las aguas residuales, - estas contienen trapos, varas y muchos otros materiales que tienden a dificultar el bombeo.

Por lo tanto, una característica importante de un bombeo - de aguas residuales es la habilidad de operar sin obstrucciones. Como una precaución más, el interior de la bomba debe ser fácilmente accesible para su limpieza o remoción de obstrucciones. Por otra parte, - ya que la carga generalmente es pequeña, la eficiencia es de menor -- importancia para la mayoría de las instalaciones.

En áreas planas, es probable que algunas partes de las -- líneas de alcantarillado estén muy hondas. Por ejemplo una línea de -



25 cm de diámetro que esté instalada con una pendiente de 3 milésimas y la profundidad de su extremo superior es de 2.40 mts., la profundidad después de 1000 mts. será de 5.40 mts.

La construcción a éstas profundidades es costosa y puede ser deseable una estación para subir el nivel. También se puede necesitar una instalación de bombeo en donde la línea de alcantarillado tenga que cruzar una barranca, para alcanzar el colector o la planta de tratamiento.

Una estación para elevar el nivel o estación de bombeo -- para aguas residuales, consiste generalmente en un cárcamo, en donde se captan las aguas residuales, dos o más bombas de aguas residuales y un mecanismo de control apropiado para arrancar y parar las bombas de acuerdo como se llena el cárcamo.

Si no es posible proporcionar dos fuentes de potencia o potencia de reserva en una estación, ésta deberá estar protegida contra daños debido a un sobre-flujo mediante un desague apropiado de las aguas residuales.

Un eyector neumático en el que se usa aire comprimido --- para forzar las aguas residuales del tanque o cárcamo, hacia la línea

de descarga, puede ser utilizado como una estación para subir el nivel.

En la figura 1-2 se ilustra la operación de un eyector neumático.

Estas unidades se utilizan en estaciones para subir el nivel en líneas de alcantarillado, pero más frecuentemente en subterráneos hondos de edificios para descargar los desperdicios hacia la alcantarilla de la calle.

Tanto las estaciones de bombeo como los eyectores neumáticos, se pueden comprar como unidades completas, prefabricadas y listas para instalarse.

#### 1.6.- CAPACIDAD DE LAS BOMBAS PARA AGUAS RESIDUALES.

Como las bombas deben tomar todo el flujo que llegue a la estación, la capacidad de bombeo combinada debe exceder el flujo máximo esperado en un 25% o en un 50%. Esta capacidad extra tomará los períodos de descanso.

El tamaño del cárcamo determinará la frecuencia de ---

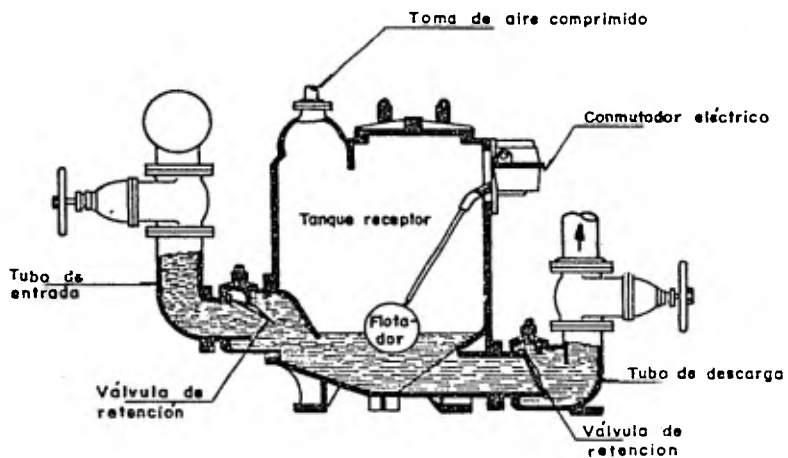


Fig. 1-2 Eyector neumático

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES
	TESIS PROFESIONAL
	LUIS GARDUÑO YAÑEZ

arranque y la capacidad de las bombas; y el flujo de entrada determinará el tiempo que las bombas deben operar en cada ciclo.

En el diseño, el flujo de entrada se debe graficar contra la capacidad del cárcamo y la extracción cuando las bombas estén en operación. En una estación de éste tipo hay cuando menos dos bombas, cada una con capacidad suficiente para manejar el flujo máximo esperado y que se ponen en operación alternadamente; algunas veces se tienen tres o más bombas.

Puede ser necesaria una estación de bombeo grande si el colector llega a la planta de tratamiento a un nivel considerablemente más bajo que el nivel al que es posible construir dicha planta. Los principios aplicados en el diseño de una estación grande son los mismos discutidos para una estación para subir el nivel, pero algunas bombas están en operación todo el tiempo por las dos razones siguientes:

- 1) No es posible almacenar grandes volúmenes de aguas residuales.

- 2) Es deseable operar la planta de tratamiento uniformemente y a un régimen constante en todo lo posible, con el flujo promedio de aguas residuales. Por lo tanto se necesitará una serie de

bombas de diferentes capacidades.

Por ejemplo, con un flujo mínimo de 220 litros por segundo y un flujo máximo de 1320 litros por segundo, será buena práctica instalar tres bombas con capacidad de 440 litros por segundo cada una y dos bombas con capacidad de 220 litros por segundo cada una.

Una de las bombas pequeñas puede manejar el flujo durante la mayoría de las horas de la noche y las otras bombas entrarán en servicio mediante controles de flotadores o de otro tipo en el momento en que se necesiten.

#### 1.7.- PREPARACION DE LAS AGUAS RESIDUALES PARA EL BOMBEO.

Antes de bombear las aguas residuales, es deseable remover la mayor parte del material grueso flotante. Esta remoción puede ser difícil en una estación para subir el nivel, debido a que involucra la retención de los sólidos grandes en mallas y su eliminación diaria.

En una estación de bombeo grande, sin embargo, las mallas se utilizan comunmente antes de que lleguen las aguas residuales a las bombas para reducir la posibilidad de que se tape una bomba o se dañe debido a la presencia de varas largas y trapos. También -

se elimina la arenilla antes del bombeo, siempre que sea posible, para evitar el desgaste de las bombas.

Entre las unidades de una planta de tratamiento de aguas negras se incluyen comunmente un desarenador y un dispositivo con --  
mallas.

#### 1-8.- INSTALACIONES DE BOMBEO PARA AGUAS RESIDUALES.

En la figura 1-3 se muestra una instalación típica de --  
bombeo para aguas residuales. Las aguas residuales entran en un cárcamo, cuando éste cárcamo está lleno a un nivel predeterminado, un -  
flotador arranca las bombas que están localizadas en un pozo seco -  
adyacente.

El motor puede estar colocado en el cárcamo o puede estar  
colocado en el piso superior, y la bomba puede estar accionada por -  
una flecha. No debe haber conexión entre el cárcamo seco y el cár--  
camo húmedo, debiendose proporcionar accesos independientes para ---  
cada uno.

Generalmente se utiliza una escalera para entrar al cár-  
camo humedo.

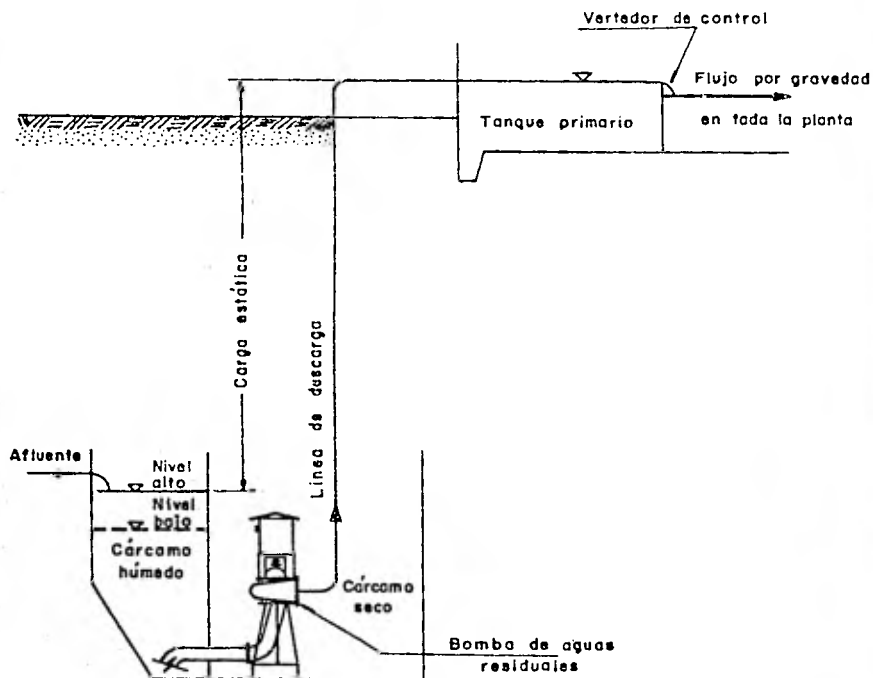


Fig. 1-3 Instalación típica de una estación de bombeo para aguas residuales.

U  
N  
A  
M

FACULTAD DE INGENIERIA

BOMBEO DE AGUAS  
RESIDUALES

TESIS PROFESIONAL  
LUIS GARDUÑO YAÑEZ

También son muy importantes la Iluminación y la Ventilación.

Debido a que las estaciones de bombeo de aguas residuales deben localizarse frecuentemente en áreas bajas, se debe proporcionar protección contra las inundaciones.

En todas las estaciones de bombeo se deben instalar dispositivos para la remoción de bombas o del equipo complementario.

Generalmente se proporciona una grúa en las instalaciones grandes. En las instalaciones pequeñas son suficientes una viga con ganchos.

También se deberán tener accesos apropiados para poder sacar el equipo, cuando sea necesario.

En general, la capacidad del cárcamo húmedo, será tal -- que las bombas trabajen cuando menos durante 45 minutos después de arrancar.

Las bombas deberán arrancarse y pararse mediante controles automáticos.

Estos controles pueden arreglarse de tal forma que selec



cionen la bomba que ha de trabajar de acuerdo con el flujo de entrada, que aumenten otra bomba si la capacidad de bombeo no es suficiente para manejar el flujo y que alternan las bombas cuando se tengan dos bombas de la misma capacidad.

#### 1-9.-CONDICIONES MINIMAS REQUERIDAS EN UNA ESTACION DE BOMBEO.

El sistema de tuberías y la iluminación constituyen parte importante del equipo mecánico de una estación de bombeo. En el diseño, instalación y conservación de las tuberías, es necesario tener especial cuidado para evitar conexiones cruzadas, tanto por la multiplicación de tuberías como por los riesgos que crea la presencia de las aguas residuales.

En las instalaciones para aguas residuales deben darse amplias facilidades para que el personal pueda lavarse las manos,-- incluso proporcionando agua caliente donde sea factible. En los edificios principales deben instalarse servicios sanitarios, baños con ducha y vestidores bien ventilados e iluminados, donde el personal pueda cambiarse de ropa y guardar el vestuario de trabajo.

En el proyecto de las estaciones de bombeo para aguas residuales, es esencial proporcionar una buena ventilación para eliminar los olores, la humedad y los gases que puedan difundirse den-

tro del edificio. La ventilación natural deberá proporcionar mínimo seis cambios de aire por hora.

La iluminación natural y artificial en el interior de -- los edificios debe ser suficientemente intensa, y las paredes deben tener colores claros y ser lavables. Las paredes pintadas son menos convenientes que las de azulejo, cintilla o cemento, a causa del --- riesgo de deterioro de la pintura, por los vapores que se difunden - en los locales. Un interior brillante determina mayor seguridad y - permite una mejor conservación del equipo, que un local oscuro, --- ruidoso y peligroso.

Deben evitarse las sombras y los colores chillantes. -- Deberán usarse conducciones y lámparas a prueba de polvo, a prueba - de vapor y a prueba de explosiones cuando puedan quedar expuestas a - condiciones que entrañen algún peligro.

Debe proporcionarse un drenaje suficiente al piso de las estaciones de bombeo, para prever el caso de alguna rotura en las -- bombas o en las tuberías.

Los pisos situados por debajo del drenaje por gravedad - deben drenar hacia un cárcamo, equipado con una bomba regulada por un flotador.

Cuando exista peligro de inundación se puede conectar con éste cárcamo la tubería de succión de la bomba principal, pero tal -- conexión no se usará en el funcionamiento ordinario.

Los principios de seguridad recomendables en el diseño -- de instalaciones industriales, son igualmente aplicables al diseño -- de obras de saneamiento. Los corredores o galerías deben tener la -- anchura adecuada para sus fines; todos los locales deben estar debi-- damente iluminados y ventilados; se evitarán cambios bruscos de nivel y otras obstrucciones y se preferirán las escaleras comunes a las ma-- rinas.

Las escaleras marinas de más de 3.00 m de altura deben -- equiparse con una protección de arcos. Las escaleras de caracol sólo se usarán en circunstancias excepcionales.

Las cribas, cámaras de sedimentación de arenas, pozos y otras estructuras, por donde deben pasar las aguas residuales antes de entrar a la estación de bombeo, o en las cuáles quedan expuestas las aguas residuales a la atmósfera deben establecerse en un edifi-- cio independiente o en una parte independiente de la estación de --- bombeo.

Esta construcción es esencial para evitar que los olores, los gases o la humedad, penetren en la estación de bombeo o en los - locales de regulación.

2

TIPOS DE  
CARCAMOS

## CAPITULO II

### TIPOS DE CARCAMOS.

En el primer capítulo de éste trabajo, se habló de los principios de operación de una planta de bombeo de aguas residuales de tipo municipal.

Estos mismos principios son aplicables a pequeños cárcamos de bombeo de aguas residuales en edificios.

En éste capítulo nos ocuparemos de describir las principales características de dichos cárcamos de bombeo.

#### 2.1 NOTAS GENERALES SOBRE CARCAMOS DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES EN EDIFICIOS.

Cuando los albañales de los edificios no pueden descargar a los colectores del servicio público por estar más abajo de éstos, se requiere construir un cárcamo donde se capten esas aguas residuales para que puedan ser bombeadas posteriormente desalojándolas con rapidez.

Los cárcamos pueden construirse de concreto o de metal, y su sección puede ser circular, cuadrada o rectangular. En la fig.2.1 se ilustra la instalación típica de una bomba neumática; observese el cárcamo de concreto.

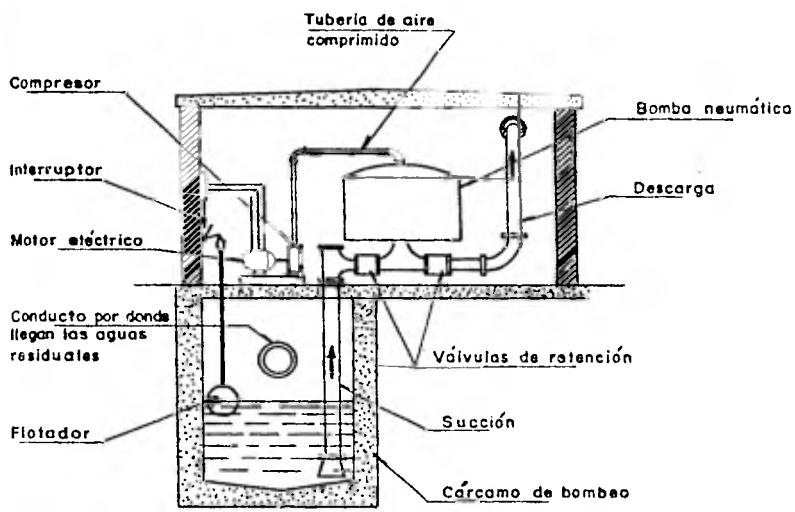


Fig. 2 - 1 Instalación típica de una bomba neumática.

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES
	TESIS PROFESIONAL
	LUIS GARDUÑO YAÑEZ

Los cárcamos cilíndricos son probablemente los más -- comunes en plantas industriales y en edificios comerciales.

El tamaño del cárcamo determinará la frecuencia de -- arranque y la capacidad de las bombas que se empleen en la estación de bombeo.

El tamaño del cárcamo será tal que su capacidad de al- macenamiento de aguas residuales sea cuando menos dos veces la capa- cidad combinada de las bombas en litros por minuto.

Esta capacidad debe medirse entre los niveles alto y - bajo en el cárcamo. Por ejemplo si la capacidad combinada de las - bombas en una estación es de 756 lpm, se requiere un cárcamo, cuya capacidad de almacenamiento sea cuando menos igual a 1512 lt. de - aguas residuales.

Si construimos un cárcamo cilíndrico de 1.53 m de diá- metro en su sección, necesitaremos una prof. de 0.85 m para que ten- ga la capacidad de almacenaje requerida; sin embargo cuando los ---- tubos de drenaje que llegan al cárcamo corren bajo el piso, la dis- tancia entre el nivel del piso y la parte inferior del tubo, debe -- aumentarse a la profundidad de almacenamiento para obtener la profun



didad de nivel de agua baja, abajo de la línea del piso.

Los tubos de drenaje generalmente van a 60 cm. abajo del piso, además debe darse por lo menos un margen de 30 cm. entre la parte inferior de la succión de la bomba y el piso del cárcamo, por lo que la profundidad de 0.85 m. considerada anteriormente, se le deben agregar 0.60 m y 0.30 m. obteniendo finalmente que para tener una capacidad de almacenamiento igual a 1512 lt. nuestro cárcamo de 1.53 m. de diámetro debe tener mínimo 1.75 m. de profundidad.

En general la capacidad de almacenamiento del cárcamo, será tal que las bombas trabajen cuando menos durante 45 minutos después de arrancar.

Lo más usual es localizar el cárcamo cerca de un muro -- exterior de manera que el piso del sótano pueda inclinarse hacia el cárcamo, asegurando un drenaje positivo del agua de escurrimiento y de lavado.

De ser posible el cárcamo debe localizarse en una esquina donde la bomba se encuentre protegida, pero fácilmente accesible para su inspección y mantenimiento.

En las instalaciones típicas de bombeo para aguas residuales (fig.1-3), no existe comunicación entre el cárcamo húmedo y el seco, debiéndose proporcionar accesos independientes para cada uno.

Para entrar al cárcamo generalmente se utiliza una escala marina.

Cuando se utilizan bombas de cárcamo húmedo o eyectores, el fabricante de estas bombas suministra también el cárcamo en la mayoría de los casos.

En los cárcamos de bombeo suelen acumularse ciertos gases como el metano, por lo que es necesario instalar en dichos cárcamos, un tubo de ventilación que permita la salida de éstos gases. Este tubo puede conectarse al sistema de doble ventilación del edificio, cuyo diámetro normalmente es de 100 mm.

Los cárcamos de bombeo para aguas pluviales normalmente son de una gran capacidad, ya que por cada M2 de área de capacitación se requiere almacenar no menos de 50 litros de agua pluvial, por lo que en este tipo de aguas residuales resulta mucho más costosa la construcción de cárcamos de bombeo.

3

TIPOS DE  
BOMBAS  
QUE SE EMPLEAN

## CAPITULO III

## TIPOS DE BOMBAS QUE SE EMPLEAN

## 3-1.- GENERALIDADES.

Las bombas que manejan aguas residuales son casi siempre - unidades centrífugas actualmente, debido a que éstas pueden manejar sólidos sin dificultad, tienen más eficiencia y se pueden instalar fácilmente en cárcamos húmedos ó cárcamos secos.

Cuando se manejan gastos muy grandes de aguas residuales, es común la bomba de flujo mixto o axial.

Estas manejan gastos muy grandes a cargas pequeñas.

Las bombas con carcasa de voluta y flujo mixto, se recomiendan para manejar aguas residuales que contienen sólidos y se requieren cargas altas de bombeo.

Las bombas elegidas comunmente para aguas residuales, --- tienen un impulsor cerrado de tres álabes. Aún cuando algunas bombas horizontales de flujo axial y mixto se usan en servicio de atarjeas, -

la mayor parte de las bombas nuevas de este tipo instaladas hoy en día son unidades verticales. Las velocidades de estas bombas grandes son generalmente bajas, del orden de 200 a 1 200 rpm.

### 3-2.- BOMBAS INATASCABLES.

Las aguas residuales pueden contener una gran variedad de sólidos: palos, trapos, rocas, cabellos, etc. Estos pueden atascar la bomba y dañar las partes rotatorias ó estacionarias reduciendo la eficiencia de la bomba o causando el paro de la unidad.

Para evitar esto, se ha desarrollado un gran número de bombas no atascables, o inatascables.

Aún cuando los detalles de diseño difieren de un fabricante a otro, la mayor parte de las bombas de este tipo tienen impulsores con dos o tres álabes como máximo.

El impulsor puede ser cerrado o abierto, pero el tipo cerrado parece ser más popular al presente; en la figura 3-1 se muestran los 2 tipos de impulsores de estas bombas.

Generalmente el claro entre los álabes es lo bastante grande para permitir la entrada de cualquier sólido en la bomba y su paso a

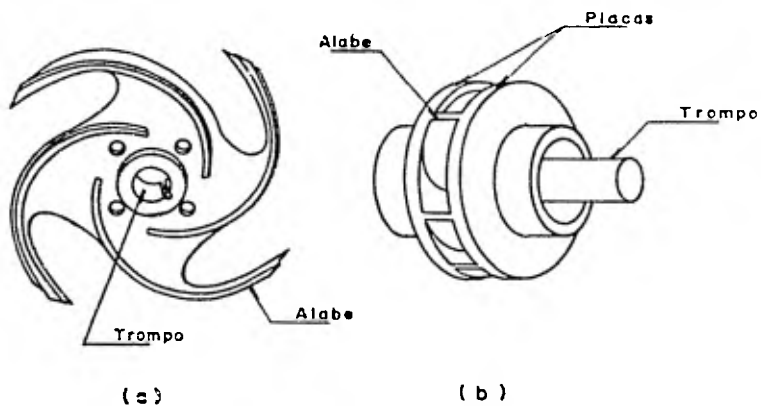


Fig. 3-1 Impulsor abierto (a)  
Impulsor cerrado (b)

U  
N  
A  
M

FACULTAD DE INGENIERIA

BOMBEO DE AGUAS  
RESIDUALES

TESIS PROFESIONAL  
LUIS GARDUÑO YAÑEZ

través de la descarga. En algunos diseños el tubo de succión es un 25 por ciento mayor que el de descarga, en otros, ambos son del mismo tamaño.

La descarga más pequeña de éstas bombas es generalmente de 76 mm, aún cuando se han construido bombas de 51 y 38 mm.

Los tamaños más pequeños se usan para manejar lodo delgado o líquidos que no llevan materias en suspensión. Es práctica común el señalar el sólido del diámetro máximo que puede manejar este tipo de bomba sin atascarse. Así, sólidos de 102 mm. de diámetro pueden normalmente pasar a través de la bomba normal de 203 mm.

Las bombas inatascables para basura o aguas residuales se construyen ya sea como unidades horizontales o verticales.

La tendencia actual en diseños de sistemas de atarjeas -- indica una decidida preferencia hacia las bombas verticales en casi todo tipo de instalaciones. La ventaja de la instalación vertical incluye la necesidad de menor espacio de piso, conexiones de tubería más simples y la posibilidad de usar flechas extendidas para aislar el motor de la bomba.

### 3-3.- CARCAMOS HUMEDOS Y CARCAMOS SECOS.

En un cárcamo seco (fig.3-2), la bomba que puede ser vertical u horizontal, toma su succión, a través de un tubo, de una depresión o cárcamo de succión. El exterior de la bomba está seco en todo tiempo, permitiendo la fácil inspección y mantenimiento. Asimismo, hay menos facilidad de corrosión de la carcasa de la bomba, flecha, chumaceras y otras partes.

La unidad de la Fig. 3-2 está controlada por flotador. En algunas bombas se puede colocar una coladera patentada, en el lado de descarga. El líquido entra a su través cuando se para la bomba, y los sólidos presentes quedan atrapados mientras que el agua fluye a través de la bomba al cárcamo húmedo. Cuando la bomba arranca, después de que el agua en el cárcamo húmedo ha alcanzado un nivel predeterminado, se cierra una válvula de cheque arriba de la coladera y el agua de descarga arrastra la materia sólida de la coladera hacia la línea de descarga.

En un cárcamo húmedo, la bomba está sumergida en el líquido que maneja. Puede instalarse en un cárcamo de concreto o de metal, redondo, cuadrado o rectangular. En los casos en que una bomba no tenga la capacidad suficiente, pueden usarse dos o más bombas en un solo cárcamo. Las instalaciones simples y dobles son populares para manejar aguas residuales en edificios, plantas industriales, plantas de fuerza, etc. La mayor parte de las bombas de este tipo están lubricadas por -



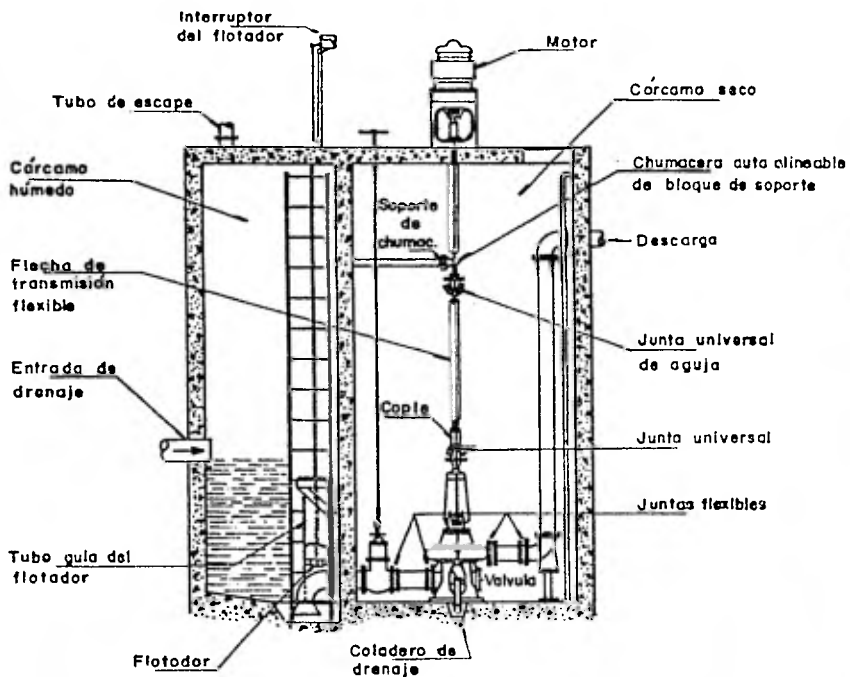


Fig. 3-2 Bomba de cárcamo seco

U  
N  
A  
M

FACULTAD DE INGENIERIA

BOMBEO DE AGUAS  
RESIDUALES

TESIS PROFESIONAL  
LUIS GARDUÑO YAÑEZ

aceite o grasa y vienen provistas de una coladera de succión que tienen un área de entrada de cuatro veces el área de entrada del impulsor. En cárcamos de profundidad mayor a 1.8 metros, generalmente se suministra una chumacera intermedia para la transmisión mecánica de la bomba.

#### 3-4.-BOMBAS DE CARCAMO HUMEDO.

La mayor parte de las bombas para este servicio son verticales (Fig. 3-3) y pueden instalarse una o varias. Estas manejan aguas residuales, freáticas y drenajes de edificios pero en muchas instalaciones manejan solamente freáticas y drenajes.

En otras manejan sólo drenaje de accesorios que se encuentran abajo de la línea de drenaje. Son comunes los impulsores abiertos no atascables.

El fabricante de la bomba suministrará en muchos casos, el cárcamo con la bomba, si se le pide. En otros casos sólo se suministra la bomba mientras que en algunos casos se suministra la bomba y la cubierta del cárcamo.

En la succión de la bomba, generalmente se coloca rejilla para separar los sólidos y en general cuerpos extraños.

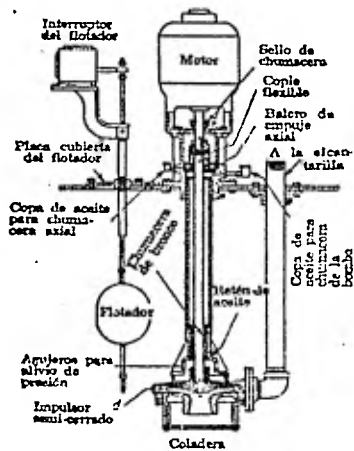


Fig. 3-3 Bomba de cárcamo humedo

U  
N  
A  
M

FACULTAD DE INGENIERIA

BOMBEO DE AGUAS  
RESIDUALES

TESIS PROFESIONAL

LUIS GARDUÑO YANEZ

Los cárcamos cilíndricos son probablemente los más comunes en plantas industriales y edificios comerciales. En trabajo marino, - se usan tanques rectangulares para ahorrar espacio de piso.

### 3-5.- BOMBAS SUMERGIBLES.

Las bombas sumergibles son aquellas en las que tanto el -- impulsor como el motor, se localizan dentro del cárcamo donde se alma-- cenan las aguas residuales, es decir, se sumergen en el líquido que --- estan bombeando.

Este tipo de bombas pueden mover grandes gastos de aguas - residuales con un alto contenido de sólidos por lo que se utilizan fre-- cuentemente como solución a los problemas de drenado.

Las bombas sumergibles pueden moverse de un lugar a otro con cierta facilidad ya que son pequeñas y poco pesadas.

El motor de estas bombas funciona con corriente eléctrica y está provisto de protectores térmicos interconstruidos que desconec-- tan la bomba en caso de calentamiento.

La cámara de aceite de éstas bombas, lubrica adecuadamente los sellos mecánicos, aún cuando trabaje en seco la bomba.

Su impulsor es inatascable, generalmente de uno ó dos álabes.

Estas bombas se pueden usar con tubo rígido de descarga ó con manguera.

En la figura 3-4 se ilustra una bomba sumergible con tubo rígido de descarga.

### 3-6.- EYECTORES NEUMATICOS.

Los eyectores neumáticos (fig.1-2) manejan aguas residuales y lodos en muchas estaciones de elevación de aguas residuales, plantas industriales para tratamiento de desperdicios, así como hoteles y edificios de oficina en donde el sótano se encuentra abajo de la línea de drenaje.

Cuando el sótano está abajo de la línea de drenaje, las aguas residuales deben bombearse desde el sótano y descargarse a la línea principal. Las aguas residuales entran a un receptor herméticamente sellado, permaneciendo ahí hasta que se alcanza un nivel predeterminado. El aire comprimido es administrado al receptor y las aguas residuales se descargan a través de una válvula de cheque y compuerta a la línea. Este tipo de unidad viene completa con un compresor de aire de

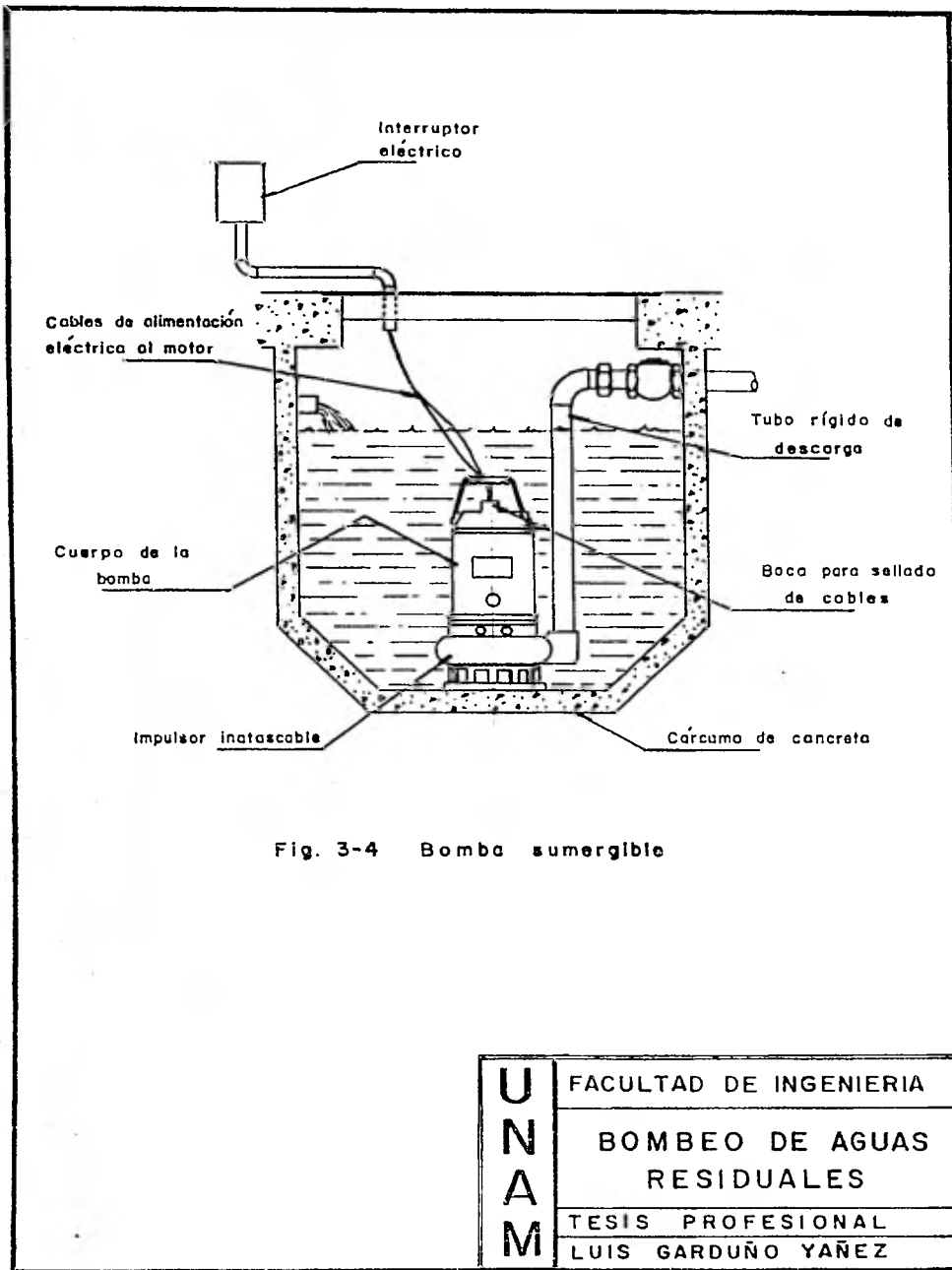


Fig. 3-4 Bomba sumergible

U N A M	FACULTAD DE INGENIERIA
	BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES
	TESIS PROFESIONAL
	LUIS GARDUÑO YAÑEZ

álabe deslizante, enfriado por aire, controles, receptor, etc. Las capacidades de los eyectores neumáticos usuales varían de 0.12 a 126 lps dependiendo del tamaño. Las columnas ascienden a unos 15 metros, con presiones de aire de 3.5 kg/cm<sup>2</sup>. Los eyectores operados con agua se construyen para tamaños de succión y descarga de 38 a 102 mm. Estos no se usan tan extensamente como el tipo neumático.

4

# CONTROLES



## CAPITULO IV

## CONTROLES.

## 4.1.- DIVERSAS OPERACIONES QUE SE FACILITAN CON EL USO DE CONTROLES.

Las operaciones de las estaciones de bombeo de aguas residuales, sistema de saneamiento y tratamiento de aguas residuales, que pueden ser facilitadas por un control automático o semiautomático, comprenden:

- a) Concentración de los controles en un laboratorio u otro punto central, donde se pueden tener los datos instantáneamente, por medio de discos, medidores u otras señales, o por circuitos cerrados de televisión, siendo registrados de un modo continuo estos datos por medio de gráficas, cintas y otros sistemas.
- b) Comunicación de órdenes o avisos.
- c) Muestreos.
- d) Análisis físicos o químicos.
- e) Iniciación del funcionamiento de las bombas y regulación de su ve

locidad.

f) Apertura y cierre de válvulas.

g) Medición del gasto.

h) Uso y dosificación de productos químicos.

i) Rotación en el empleo del equipo, para distribuir el desgaste y -- mantenerlo en servicio.

j) Garantía contra trastornos posibles o reales, como obstrucciones o excesos de gasto; previsión de cambios de condiciones; o predicción de variaciones, como la aproximación de una inundación o una variación en la calidad de las aguas residuales.

k) Funcionamiento de los dispositivos de todas clases, para el tratamiento de las aguas residuales: por ejemplo, limpia de una rejilla; alimentación de un digester de lodo, o cambio en la aportación de aire en el proceso de activación del lodo.

l) Apreciación de errores en un proceso y aplicación de las correcciones.

- m) Transmisión a distancias largas, moderadas o cortas, de señales u órdenes, por medio de dispositivos mecánicos, operados por líquidos, gases o aire o por dispositivos eléctricos.

Entre las órdenes transmitidas pueden estar incluidas la iniciación y la detención del funcionamiento del equipo.

Todos estos dispositivos reducen el trabajo del operador pero no su responsabilidad. Todos los dispositivos automáticos requieren periódicamente observación, inspección y una conservación preventiva.

#### 4-2.- TIPOS DE CONTROLES.

Los controles de bombas para aguas residuales, pueden dividirse en dos grupos principales de acuerdo con su función:

- a) Controles que interrumpen completamente el flujo o hacen que se reanude.
- b) Controles que cambian las condiciones de operación, ya sea la capacidad de la bomba, la carga total o ambas.

Los controles que interrumpen el flujo o que lo reanudan pueden subdividirse en dos clases separadas: (1) Controles para arrancar o parar la bomba, y (2) controles que abren o cierran una válvula en el curso del flujo.

A continuación se describen brevemente algunos controles de cada tipo.

#### 4-3.- CONTROLES PARA ARRANCAR O PARAR LA BOMBA.

##### a) Controles de botón de presión para motores eléctricos.

Los controles de botón de presión se usan mucho porque este método sólo requiere que el operador esté enterado de la necesidad de interrumpir o reanudar el flujo.

##### b) Interruptor de flotador.

Los interruptores de flotador pueden aplicarse para man tener ciertos niveles máximos y mínimos predeterminados en tanques o depósitos en los que se descargan líquidos, o de los que se sacan líquidos con bombas centrífugas movidas por motor eléctrico.

En esta aplicación, un interruptor de flotador hace un

contacto eléctrico cuando el nivel del depósito llega a la altura predeterminada y se arranca el motor de la bomba. Cuando el nivel del depósito llega a la otra altura predeterminada, se abre el contacto y el motor de la bomba se para. La misma función puede desempeñarse con electrodos sensibles al nivel conectados con relays que cierran o abran circuitos eléctricos.

### c) Interruptores de Presión..

Los interruptores de presión son similares en principio a los interruptores de flotador pero son operados por cambios en la presión y se usan para mantener presión ó vacío, dentro de ciertos límites seleccionados en un sistema o en un tanque cerrado.

Generalmente, la presión que se va a controlar se aplica a un diafragma que acciona un interruptor. Cuando la presión del sistema o del tanque alcanza un valor predeterminado, cambia la presión del diafragma, se cierra un contacto eléctrico y el motor arranca. -

Cuando la presión llega al otro valor predeterminado, se abre el contacto y el motor se para.

Los interruptores de presión pueden algunas veces usarse en lugar de los de flotador, pues pueden arreglarse para mantener ni-

velas de tanques o depósitos. Un método de empleo de interruptores de presión usa la carga estática del fluido en el recipiente como fuente de variación de presión. En otro método, se atrapa cierta cantidad de aire en un tanque cerrado; la presión del aire varía directamente con el nivel del líquido.

d) Controles de consumo de energía.

Un control de consumo de energía puede usarse para parar una unidad cuando el impulsor motriz se ha sobrecargado por cualquier causa. Este tipo de control puede también aplicarse para parar la undad cuando la bomba ha perdido succión y está operando en seco. En -- este caso, un relai de corriente inversa parará un motor eléctrico tan pronto como la toma de corriente (es decir, el consumo de energía) -- haya bajado al 50% del valor mínimo de operación normal.

4-4.- CONTROLES QUE ABREN O CIERRAN UNA VALVULA EN EL CURSO DEL FLUJO.

Muchas instalaciones requieren la interrupción ó reanudación del flujo sin parar la unidad. Esto puede ser necesario porque las variaciones en la demanda son muy frecuentes para que ameriten -- parar la unidad; porque poner en marcha al impulsor es un proceso muy largo y complejo, una vez que la unidad se ha parado; o porque la interrupción del flujo parando el impulsor no evita posibles efectos --

perjudiciales, como el flujo inverso a través de la bomba. El flujo puede interrumpirse o reanudarse por la posición de una válvula sin afectar la operación del impulsor como sigue:

a) Controles manuales de la válvula de descarga.

Algunas instalaciones requieren que la unidad esté operando continuamente como medida de seguridad aun cuando no exista una demanda de flujo de descarga. Una válvula de compuerta, globo o macho, puede colocarse en la descarga de la bomba para ajustarse manualmente suspendiendo completamente el flujo. Este es un arreglo frecuente cuando varias unidades están operando en paralelo y cuando una o más de ellas están instaladas para trabajo de relevo. Esta forma de control requiere una línea de desvío para evitar que la bomba se sobrecaliente cuando está operando con la descarga cerrada. En muchos casos, especialmente con arrancadores de motor eléctrico sobre la línea, la unidad puede ponerse a trabajar más aprisa arrancando el motor que manipulando una válvula en la descarga. Por lo tanto, cuando el factor tiempo es importante, es preferible arrancar y parar el motor, en lugar de manipular válvulas de descarga, lo que si se hace muy aprisa puede causar golpes de ariete.

b) Válvulas de retención en la descarga.

Las válvulas de retención se usan casi universalmente en las líneas de descarga de las bombas centrífugas. Una válvula de retención actúa para proteger a la bomba, a su impulsor y a la parte de succión del sistema contra posibles daños causados por el flujo en sentido inverso, si la carga externa en la descarga del sistema excede a la carga generada por la bomba, o si la bomba se para y no genera carga alguna. El flujo inverso en una bomba puede hacerla operar como una turbina hidráulica que gira en sentido opuesto a la dirección normal de rotación; por lo tanto, si el impulsor no es adecuado para esta operación inversa, puede dañarse seriamente. Aunque ni la bomba ni el impulsor se dañaran, se pueden ejercer presiones excesivas en la tubería y accesorios de succión. Una válvula de retención es completamente automática en su operación, cerrándose cuando el flujo se invierte y volviéndose a abrir de inmediato al restablecerse las condiciones normales.

c) Válvulas de control de flotador.

Las variaciones de niveles de succión o descarga pueden transmitirse a una válvula operada mecánica o eléctricamente en la descarga de la bomba para desempeñar básicamente la misma función que un interruptor de flotador. Generalmente se usa este tipo de válvula para acción reguladora, pero puede proveerse con un mecanismo que abre



o cierre la válvula completamente.

d) Válvulas de control de presión.

Las válvulas de control de presión guarda la misma relación con los interruptores de presión que las válvulas de control de flotador tienen con los interruptores de flotador. Sin embargo, una aplicación específica difiere algo en su funcionamiento fundamental,-- esto es, el uso de válvula de control de presión como válvula de alivio.

Muchas instalaciones requieren válvulas de seguridad como protección contra ya sea la acumulación excesiva de presión por la operación a flujos reducidos, o contra la sobrecarga de un impulsor en el mismo grado de condiciones de operación cuando la curva de consumo de fuerza eleva bruscamente con la carga desarrollada.

e) Válvulas de control con termostato.

Las válvulas de control con termostato utilizan las variaciones de temperatura para abrir y cerrar las válvulas de descarga en lugar de operar sobre el impulsor en sí.

Las tres últimas aplicaciones de control son relativamente raras, excepto cuando desempeñan la función adicional de modifi-

car las condiciones de operación de la bomba de un amplio margen y cuando, incidentalmente, se les permite desplazarse a la posición de cierre total si las condiciones, impuestas exteriormente, así lo requieren.

#### 4-5.- CONTROLES QUE CAMBIAN LAS CONDICIONES DE OPERACION.

Puesto que las condiciones de operación de una bomba centrífuga se establecen por la intersección de la curva carga-capacidad a la velocidad de operación y la curva de carga del sistema, se advierte que la variación de las condiciones de operación puede obtenerse - por cualquiera de estos dos métodos: (1) Modificación de la curva de carga-capacidad de la bomba; o (2) modificación de la curva de carga del sistema.

##### a) Modificación por variación de velocidad.

La curva de carga-capacidad de la bomba se modifica por variación de la velocidad de la bomba. Dicha velocidad de la bomba - se puede cambiar ya sea modificando la velocidad del impulsor de la - bomba en sí o aplicando un mecanismo de transmisión de fuerza de ve--locidad variable, como un acoplamiento hidráulico o un arrastre mag--nético entre la bomba y su impulsor. El propio mecanismo de control generalmente no se afecta por la selección de cualquiera de estas dos

formas de cambio de velocidad.

Esta selección, por regla general, la dicta la preferencia del tipo de impulsor motriz más apropiado para la instalación y -- la economía relativa de las muchas combinaciones posibles de impulsores. Si se usan motores eléctricos, la operación de velocidad variable puede generalmente obtenerse sólo con motores de corriente directa o motores de corriente alterna de embobinado con anillo colector. En unos cuantos casos aislados los motores de inducción de jaula de ardilla pueden operarse a velocidades variables variando la frecuencia, pero este método casi no se usa actualmente. Las turbinas de -- vapor y las máquinas de combustión interna se prestan muy bien a la -- variación de velocidad y por lo tanto raras veces se conecta a la bom ba impulsada por medio de mecanismos de transmisión de velocidad variable.

#### Métodos para controlar la velocidad.

Las velocidades de operación de las bombas pueden controlarse por medio de:

##### 1) Control Manual.

El control manual puede requerir un réostato para unida-

des movidas por motor, o de una válvula de estrangulación para turbinas de vapor y máquinas de combustión interna.

## 2) Control de flujo.

El control de flujo se usa generalmente cuando es necesario mantener un flujo constante a pesar de las variaciones de la curva de carga del sistema. El control acelera la bomba siempre que la intersección entre las curvas de carga-capacidad y de carga del sistema cae abajo del valor deseado y disminuye la velocidad de la bomba cuando la intersección es más elevada que el valor deseado.

## 3) Control de Flotador o Nivel.

Los principios de operación del control de flotador o nivel son similares a los interruptores de flotador excepto que en lugar de una acción de arranque y parada, efectúan la función continua de disminuir y aumentar la velocidad de la bomba para mantener el nivel deseado.

## 4) Control de temperatura.

El control de temperatura funciona para aumentar o disminuir la descarga de la bomba con el fin de mantener una cantidad consu

tante de cambio de calor, sin hacer caso de las variaciones de temperatura entre el medio enfriador y el líquido que se va a enfriar.

b) Modificación con la posición de las válvulas.

En la mayoría de las instalaciones es imposible o poco práctico cambiar la velocidad de operación de la bomba, y es necesario cambiar la forma de la curva de carga del sistema, haciendo variar uno de sus componentes con objeto de modificar las condiciones de operación.

En este caso, ni la presión de la terminal ni la diferencia de nivel estático puede esperarse que permitan variación, y la única solución posible consiste en variar la pérdida de carga por fricción en alguna parte del sistema. Debe introducirse una causa artificial de pérdida por fricción, como una válvula. Esta pérdida por fricción se controla con la posición de la válvula. Esta posición, a su vez, se controla según la cantidad (capacidad, presión, nivel o temperatura) que se va a controlar. La Fig. 4-1 ilustra la operación de una bomba centrífuga a velocidad constante y el efecto de una válvula reguladora que se usa para variar la capacidad de la bomba. La capacidad de diseño se obtiene con la válvula reguladora completamente --- abierta, mientras que las curvas A a D representan las curvas de carga del sistema que corresponden a diversas posiciones de la válvula, a medida que se cierra. Por lo tanto, las condiciones de operación

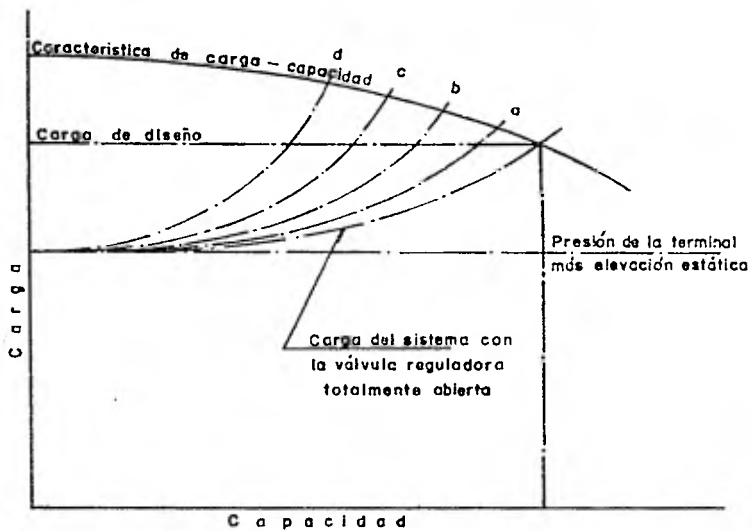


Fig. 4-1 Efecta de una válvula reguladora usada para variar la capacidad de la bomba.

U  
N  
A  
M

FACULTAD DE INGENIERIA

BOMBEO DE AGUAS  
RESIDUALES

TESIS PROFESIONAL

LUIS GARDUÑO YAÑEZ

de la bomba corresponderán a la intersección de la curva de carga - - capacidad con las curvas A a D, o cualquiera curva intermedia, dependiendo de la capacidad requerida y, consecuentemente, de la posición de la válvula reguladora.

#### Métodos para fijar la posición de las válvulas

La posición de la válvula reguladora puede controlarse - por:

##### 1) Control Manual.

Control manual es la aplicación más extendida y se usa cuando las condiciones de operación se espera que sufran cambios poco frecuentes. El operador de la bomba cierra o abre progresivamente una válvula de --- compuerta o de globo en la descarga de la bomba.

Pocas veces se recomienda estrangular la succión de la -- bomba porque se pueden obtener resultados igualmente satisfactorios o mejores controlando la descarga sin correr el riesgo de cavitación de la bomba.

##### 2) Control de flujo.

La válvula reguladora puede operarse automáticamente para mantener el flujo en la magnitud requerida al reducirse la carga estática.

### 3) Control de flotador o nivel.

La operación del control de flotador o nivel es similar -- al que dirige las variaciones de velocidad de la bomba, excepto que el nivel se mantiene alternando artificialmente la curva de carga del sistema.

### 4) Control de Presión.

El regulador de presión opera en una forma similar a la -- del regulador de flujo o de nivel, excepto que se mantiene una presión constante de descarga en la bomba estrangulando el exceso de presión -- al variar la demanda de capacidad. Por el contrario, la válvula se -- abre si la presión es menor que el valor deseado.

### 5) Control de temperatura.

La aplicación más común de control de temperatura es la de los sistemas de enfriamiento o refrigeración, cuando el tipo de impulsor no permite variación de velocidad.



Aunque se intenta que estos controles desempeñen varios - servicios diferentes, como arrancar y parar la bomba, modificar la curva de carga-capacidad de la bomba o modificar la curva de carga del -- sistema, todos se basan en un grupo de fuentes similares de impulso: - flujo, nivel, presión o temperatura.

Esta similitud se ilustra en la fig. 4-1 que muestra un - análisis de las funciones fundamentales de control.

#### 4-6.- ANALISIS DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL.

La descripción de las funciones fundamentales de los con- troles de bomba para aguas residuales conduce a una subdivisión lógica de los controles en dos clases distintas, a saber: controles correcti- vos y controles protectores. Estas dos clasificaciones prácticamente se autodefinen.

Los controles correctivos están dirigidos obviamente a -- cambiar alguna relación dentro del sistema de bombeo para compensar - los cambios en las condiciones impuestas al sistema. Por ejemplo cuan do el nivel de agua de la caldera, que debe mantenerse constante, se - aproxima a la altura deseada, debe reducirse la descarga de la bomba de alimentación.

Los controles protectores, por otra parte, están dirigidos a la protección de la bomba o del sistema contra ciertas combinaciones de condiciones perjudiciales, o en el caso de que se presenten esas condiciones a eliminarlas en el tiempo más corto posible. Así, el control de desvío en la descarga de una bomba de alimentación a calderas, que tiene la función de evitar la operación de la bomba a flujos tan reducidos que produzcan sobrecalentamiento, es un control protector. Esta clasificación es importante porque una gran cantidad de las características de los controles de las bombas dependerá de si se trata de controles de corrección o protectores. Por supuesto, de vez en cuando, el mismo control puede aplicarse para propósitos ya sea correctivos o protectores.

Por ejemplo, si una bomba centrífuga se debe parar cuando se ha descargado suficiente agua a un depósito, el interruptor de flotador que para la bomba es un control de corrección, ya que no habrá un perjuicio específico si la bomba sigue trabajando un rato más. Sin embargo, si el mismo interruptor de flotador tiene por objeto evitar la operación de la bomba más allá del punto en que el agua de la vasija de succión se ha drenado completamente, de modo que la bomba no trabaje en seco, el control es protector. Un mecanismo o un proceso es más fácil de entender cuando se ha separado en sus partes componentes antes de considerarlo como un todo.

Los controles de las bombas pueden separarse lógicamente en cuatro partes funcionales aisladas:

- a) Elemento medidor.
- b) Elemento de impulso.
- c) Elemento de relai o relevador.
- d) Elemento de Fuerza.

- a) Elemento medidor.

Todos los problemas de control que se encuentran en la operación de bombas para aguas residuales pueden reducirse al problema de balancear flujos, presiones, temperaturas o combinaciones de dos o más de éstas.

Como consecuencia, el elemento medidor debe determinar alguna o algunas fuerzas que existen en el sistema de bombeo que --- cambian de magnitud al variar la cantidad que se va a controlar. Si esta cantidad es flujo de fluido, la fuerza puede crearse por una diferencia de presión a través de un orificio. Si van a controlarse niveles de líquido, la diferencia de carga estática entre el nivel que se va a controlar y algún nivel de referencia fijado arbitrariamente --- proporciona esta fuerza.

Si se va a controlar una presión o diferencia de presiones, ésta en sí provee la fuerza que se va a medir. La principal preocupación es seleccionar el elemento medidor y su localización en el ciclo de bombeo de manera que dé la indicación mas sencilla y confiable de las cantidades que se van a balancear.

b) Elemento de impulso.

El elemento de impulso es la porción del control que hace la mayor parte del juicio, decidiendo cuando la variable medida ha alcanzado el valor predeterminado, o cuando está apropiadamente balanceado contra alguna otra variable con la que debe permanecer en cierta correlación.

Si la función de control es una de la que la variación de las cantidades que se van a balancear debe ir constantemente acompañada del cambio deseado del ajuste de la válvula, velocidad de la bomba, o cambios similares, el impulso y el elemento medidor se integran. -- Por ejemplo, si la capacidad de la bomba se va a reducir por estrangulamiento en alguna proporción con la reducción del nivel del recipiente de abastecimiento de la succión de la bomba, la fuerza establecida en el elemento medidor por la magnitud del nivel actúa directamente - como el impulso, que será finalmente transmitido a la válvula reguladora de control.

Si el control de la operación y el cambio en la relación ha de ocurrir sólo cuando la cantidad medida alcanza alguna magnitud - predeterminada, la función de impulso se separa del elemento medidor - y opera solamente cuando las fuerzas involucradas se balancean al valor deseado.

Como una ilustración, se puede suponer que una válvula -- en la descarga de la bomba se va a cerrar siempre que el nivel de succión baje a un valor establecido. El elemento medidor registra el nivel de succión continuamente y balancea una fuerza proporcional a este nivel contra una fuerza seleccionada que representa el mínimo deseado.

Mientras la fuerza medida excede la fuerza predeterminada, el impulso no opera. Al llegar a un balance entre las dos fuerzas, -- el mecanismo del impulso hace mover ciertos controles para cerrar la - válvula según se desea.

Algunas veces la fuerza desarrollada por la variación de la cantidad es muy débil y no puede usarse directamente para accionar ningún mecanismo de control. Este dispositivo amplificador, sin embargo, se puede considerar, más lógicamente, como parte del relai o rele-vador y no del elemento de impulso.

c) Elemento de relai o relevador.

El relevador del impulso puede o no existir como mecanismo, dependiendo de si esta parte del control de la bomba es automático o no. En otras palabras, si la función del elemento de impulso es tocar un timbre de alarma y advertir al operador cuando se percibe -- cierta condición en el elemento medidor la función del elemento de -- relai o relevador se ejecutará cuando el operador camina hasta la válvula que la alarma ha indicado que debe estrangularse. Sin embargo, en la mayoría de los mecanismos de control, la función del elemento -- relevador transmite la decisión alcanzada por el elemento de impulso al mecanismo de fuerza que es el que en realidad opera el control. - Esta función puede transmitirse en muchas formas y es posible ejecu-- tarse mecánica, hidráulica, neumática o eléctricamente.

d) Elemento de fuerza.

El elemento de fuerza, la última de las cuatro partes -- funcionales de un control completo de una bomba, es el elemento que - cambia alguna relación en la combinación de la bomba y del sistema de bombeo, como un cambio en el ajuste de las válvulas, una reducción -- o aumento de la velocidad de la bomba, o arrancar o parar la bomba.

La fuente de la fuerza usada en este elemento puede ser - mecánica, hidráulica, neumática o eléctrica.

Hasta ahora se ha supuesto, por razones de sencillez, que los cuatro elementos de control de una bomba centrífuga se pueden separar y analizar fácilmente. En realidad, los cuatro elementos y sus funciones están frecuentemente entrelazados, introduciendo un elemento de inseguridad en el análisis.

#### 4-7.- SELECCION ENTRE CONTROLES AUTOMATICOS O MANUALES.

Mientras que un gran número de controles de bombas centrífugas son automáticos en su operación, y mientras la atención generalmente se dedica a esos controles, en muchos casos se debe hacer una -- selección entre los controles manuales y los automáticos. Esta selección es considerablemente complicada por factores más bien psicológicos que técnicos. Los controles automáticos con frecuencia conducen a descuido e indiferencia por parte de los operadores. Si llega a -- ocurrir una falla de control, el operador puede ser incapaz de corregir cualquier efecto perjudicial resultante, ya que sea por falta de conocimientos, o simplemente porque dependerá tanto de la operación -- correcta del control, que no estará presente cuando se hace necesaria su atención. Sin embargo, la reacción humana nunca es tan rápida como la mecánica y requiere una actitud de atención excesiva, la cual pue-

de conducir a una incidencia igual o mayor de fallas que en el caso -- de operación automática.

Además, la disminución de personal de operación requerido compensa, con ventaja, la inversión inicial mayor en el control automático.

No se puede establecer una regla general o de preferencia en la selección entre la operación manual o automática. Primero, es muy importante darse cuenta de que la distinción entre los dos tipos no es tan precisa. Entre los dos extremos de control totalmente manual y completamente automático, existe una gran cantidad de arreglos, todos ellos semiautomáticos en alguna fase del mecanismo de control. Refiriéndonos a las divisiones señaladas anteriormente y separando -- los mecanismos de control en elementos de impulsos, relevador y fuerza o posicionador, parece que cada uno de estos componentes puede operarse manual o automáticamente; por lo tanto, es necesaria una cadena de razonamiento bastante complicada para determinar la combinación -- más apropiada, y basar la decisión final en una marcada preferencia por controles manuales o automáticos es decididamente una falta de criterio.

#### 4-8.- DISPOSITIVOS PILOTOS.



Una gran cantidad de controles automáticos se operan eléctricamente de manera que mientras el elemento medidor puede ser mecánico ó hidráulico, los elementos de impulso y relevador están basados en contactos eléctricos y transmisión o interrupción de corrientes eléctricas.

Estos controles automáticos están principalmente destinados a la interrupción o reanudación de flujo, basados en la fluctuación de nivel o presión. Debido a que las corrientes eléctricas requeridas para la operación de los impulsores motrices de las bombas son generalmente excesivas para los aparatos de control, éstos sirven como dispositivos pilotos. Así, los motores eléctricos pueden usar corriente de 2 300 volts, mientras que el equipo de control puede emplear corriente de 220 volts para accionar los arrancadores de 2 300 volts.

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

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

### ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS

Harold E. Babbitt y E. Robert Baumann  
Editorial Continental, S.A.  
México, 1962.

### INGENIERIA SANITARIA

W.A. Hardenbergh y Edward B. Rodie  
Editorial Continental, S.A.  
México, 1979.

### BOMBAS CENTRIFUGAS. SELECCION, OPERACION MANTENIMIENTO.

Igor J. Karassik y Roy Carter  
Editorial Continental, S.A.  
México, 1980

### BOMBAS. TEORIA, DISEÑO Y APLICACIONES

Viejo Zubicaray Manuel  
Editorial Limusa-Wiley, S.A.  
México, 1977.

### BOMBAS. SU SELECCION Y APLICACION.

Tyler G. Hicks  
Editorial Continental, S.A.  
México, 1960.

PUMPS. TYPES, SELECTION, INSTALLATION,  
OPERATION AND MAINTENANCE.

Frank A. Kristal and F.A. Annett  
Mc. Graw-Hill book Company, Inc.  
New York, 1953.

TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS  
RESIDUALES.

Metcalf-Eddy  
Editorial Labor, S.A.  
España, 1977.

WATER SUPPLY AND SEWERAGE

Steel Ernest William  
Mc. Graw-Hill Book Company, Inc.  
New York, 1953.

ABASTECIMIENTO DE AGUA Y REMOCION DE  
AGUAS RESIDUALES.

Fair Gordon Maskew y D. Alexander Dkun  
Editorial Limusa Wiley, S.A.  
México, 1974.

INSTALACIONES SANITARIAS PARA EDIFICIOS;  
FONTANERIA Y SANEAMIENTO

Rodríguez-Avial Mariano  
Editorial Dossat  
Madrid, 1971.

APUNTES tomados en la clase de Instala-  
ciones Sanitarias, impartida por el Ing.  
Francisco Garza Maldonado.  
1980-1981.

REDACCION DE TESIS Y TRABAJOS ESCOLARES  
Anderson J.; Durston B.H. y Poole M.  
Editorial Diana, S.A.  
México, 1975.

TIPOS DE BOMBAS PARA AGUAS RESIDUALES.  
Boletín N°63D E  
Aurora, Pumps  
1971.

DICCIONARIO LAROUSSE DE LA LENGUA ESPAÑOLA  
García-Pelayo y Gross, Ramón  
Editorial Larousse  
México, 1972.