



ENEP ARAGON

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
E. N. E. P. " ARAGON "**

BOMBAS DOSIFICADORAS DE LIQUIDOS

Sist. 29596

**T E S I S P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
ESPECIALIDAD INDUSTRIAL
P R E S E N T A
JOSE GERARDO BURGOS FLORES**

MEXICO D. F.

1983 -



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.

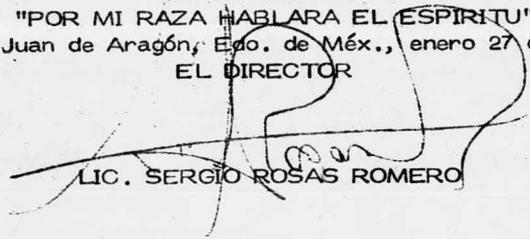
ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON
DIRECCION

**JOSE GERARDO BURGOS FLORES
P R E S E N T E .**

En contestación a su solicitud de fecha 3 de enero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. BENJAMIN ORTIZ REGUER pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " BOMBAS DOSIFICADORAS DE LIQUIDOS ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento, me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de Méx., enero 27 de 1983.
EL DIRECTOR



LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería.
Unidad Académica.
Departamento de Servicios Escolares.
Director de Tesis.

JRTD'IIa.

Aunque no debiera ser así,
agradezco a todas aquellas
personas que no creyeron -
en mi, ya que en base a eso
me animé a seguir día con
día.

Con gran cariño y respeto
a quienes están siempre -
conmigo: MIS PADRES.

Ing. Medardo Burgos Brambila.
Clementina Flores de Burgos.

Porque me han respondido
siempre con cariño:

Medardo

Guadalupe

Ma. de la Luz

Ma. del Carmen

Ma. del Pilar

Luis

Rafael

Francisco

Me he sentido orgulloso
de contar con ella a cada
instante, mi novia: Laura.

Por sus consejos y su ayuda
desinteresada, a mi director
de t esis:
Ing. Benjamín Ortiz Reguer.

A mis profesores con admiración,
A mis compañeros con agradecimiento.

Y por último...

Gracias a DIOS;

José Gerardo Burgos Flores.

I N D I C E

Capítulo I.- Introducción

1.1 Definición 1.2 Objeto de la mecánica de fluidos 1.3 Aplicación de la mecánica de fluidos 1.4 Sistema de unidades 1.5 Sistema Internacional de Unidades.

págs. 8 - 12

Capítulo II.- Propiedades de los fluidos

2.1 Introducción 2.2 Densidad específica o absoluta y densidad relativa 2.3 Peso específico 2.4 Volúmen específico 2.5 Compresibilidad 2.6 Viscosidad 2.7 Tensión superficial 2.8 Presión de vapor 2.9 Presión 2.10 Gravedad específica.

págs. 13 - 36

Capítulo III.- Clasificación de las bombas en general y clasificación de las bombas dosificadoras de líquidos

3.1 Clasificación de las bombas 3.2 Introducción al principio de desplazamiento positivo 3.3 Principio del desplazamiento -- positivo 3.4 Clasificación de las bombas dosificadoras de líquidos 3.5 Datos de Ingeniería

págs. 37 - 70

Capítulo IV.- Elementos Constitutivos

4.1 Introducción 4.2 Elementos constitutivos de las bombas de diafragma operadas mecánicamente 4.3 Elementos constitutivos -- de las bombas de pistón operadas mecánicamente 4.4 Elementos -- constitutivos de la bomba de diafragma operada electrónicamente

págs. 71 - 91

Capítulo V.- Aplicación de la bomba dosificadora de líquidos

5.1 Introducción 5.2 El agua, la materia prima 5.3 La impor

- tancia de las bombas dosificadoras para tratar el agua en las calderas 5.4 la importancia de las bombas dosificadoras para tratar el agua en torres de enfriamiento.

págs. 92 - 137

Capítulo VI.- Operación y Mantenimiento

6.1 Instalación de una bomba dosificadora del tipo de pistón

6.2 Instalación de una bomba dosificadora del tipo de diafragma operada electricamente

6.3 Instalación de una bomba dosificadora del tipo de diafragma operada mecánicamente.

págs. 138 - 161

BIBLIOGRAFIA. Págs. 162 y 163

CAPITULO I

INTRODUCCION1.1. Definición:

Un equipo de bombas es un transformador de energía. Recibe energía mecánica, que puede proceder de un motor eléctrico, térmico etc., y la convierte en energía que un fluido adquiere en forma de presión, de posición o de velocidad. Así tendremos bombas que se utilizan para cambiar la posición de un cierto fluido. Un ejemplo lo constituye una bomba de pozo profundo, que adiciona energía para que el agua del subsuelo salga a la superficie.

Un ejemplo de bombas que adicionan energía de presión sería -- una bomba en un aleoducto, en donde las cotas de altura, así como -- los diámetros de tuberías y consecuentemente las velocidades, fue -- sen iguales, en tanto que la presión es incrementada para poder ven -- cer las pérdidas de fricción que se tuviesen en la conducción.

Existen bombas trabajando con presiones y alturas iguales, que unica -- mente adicionan energía de velocidad. Sin embargo, a este respecto hay muchas confusiones en los términos presión y velocidad. En la mayoría de las aplicaciones de energía conferida por una bomba, es una mezcla de las tres, las cuales se comportan de acuerdo con las ecuaciones fundamentales de la Mecánica de Fluidos. Por esta razón se cree conveniente, describir algunos puntos importantes sobre -- dicho tema.

1.2 Objeto de la Mecánica de fluidos:

En la formación del ingeniero mecánico electricista, además de

- las matemáticas, (instrumento imprescindible de trabajo) y de la física, (base de la ingeniería), han de intervenir entre otros las siguientes disciplinas fundamentales:

- Mecánica de los cuerpos rígidos
- Resistencia de materiales
- Termodinámica
- Mecánica de fluidos
- Electricidad y magnetismo
- Sistemas y circuitos electromecánicos
- Ingeniería de Control

La mecánica de fluidos es la parte de la mecánica, que estudia las leyes del comportamiento de los fluidos en equilibrio, hidrostática, y en movimiento hidrodinámica.

En el siguiente capítulo, se estudia solo la mecánica de los fluidos incomprensibles, aunque abreviadamente, como es costumbre, se llama simplemente "Mecánica de Fluidos".

1.3 Aplicaciones de la Mecánica de Fluidos:

Los fluidos desempeñan un interés excepcional en la técnica y en primer lugar el agua y el aire; sin el estudio del primero no se puede dar un paso en la oceanografía, ingeniería naval, aprovechamiento de la energía hidráulica, estaciones de bombas, estaciones de bombas etc..; sin el estudio del segundo es imposible la aeronáutica, refrigeración y aire acondicionado, control y transmisión neumática etc.. Otros fluidos importantes son los combustibles --

- los lubricantes, los fluidos refrigerantes etc.. En particular, he aquí algunas especificaciones de la Mecánica de Fluidos.

1.4 Sistemas de Unidades:

Las leyes que rigen los fenómenos de la Física, se expresan - mediante ecuaciones entre magnitudes físicas, como la presión, viscosidad etc..; que es preciso medir. La medida es un número expresado en un sistema de unidades. Si se escogen tres magnitudes básicas o fundamentales y se asigna una unidad a cada una de estas tres magnitudes fundamentales, así como sus unidades, se denominan unidades derivadas y pueden expresarse en función de las tres unidades fundamentales. Solo tres magnitudes y unidades fundamentales, son necesarias en Mecánica de Fluidos, a estas hay que añadir otros tres - cuyo uso es exclusivo de la electricidad, óptica etc..

Los tres sistemas de unidades más utilizados son:

- 1.- Sistema Giorgi o sistema M.K.S. (Magnitudes Fundamentales): masa (M), longitud (L), tiempo (T), (Unidades Fundamentales): kilogramo (KG), metro (m), y segundo (s).
- 2.- Sistema Inglés: (Magnitudes Fundamentales); masa (M), longitud (L), tiempo (T). (Unidades Fundamentales): Libra (Lb) - pie (ft), segundo (s).
- 3.- Sistema Técnico: (Magnitudes Fundamentales): fuerza (F), longitud (L), tiempo (T). Kilopondio (Kp), metro (m), y segundo(s).

Los dos primeros sistemas, se diferencian esencialmente; el sistema Giorgi es un sistema másico, porque la masa en el es magnitud funda

- mental (mientras que la fuerza es magnitud derivada); el sistema técnico es un sistema gravitatorio, porque la fuerza en él es magnitud fundamental (mientras que la masa es magnitud derivada).

1.5. El Sistema Internacional de Unidades: (S.I.)

El sistema internacional de unidades, denominado actualmente en el mundo entero con las siglas S.I., no es más que una extensión y perfeccionamiento del sistema Giorgi ó M.K.S.

El sistema internacional consta de siete magnitudes y siete - unidades fundamentales, que se contienen en la siguiente tabla:

TABLA 1.1

MAGNITUDES Y UNIDADES FUNDAMENTALES EN EL S.I.

Magnitud Fundamental	Unidad Fundamental	
	Nombre	Símbolo
Masa -----	Kilogramo	Kg.
Longitud -----	metro	m.
Tiempo -----	segundo	S.
Intensidad de corriente eléctrica	amperio	A.
Temperatura -----	Kelvin	K.
Intensidad luminosa -----	candela	cd.
Cantidad de sustancia -----	mol	mol.

Las unidades derivadas, se expresan convenientemente como producto de las unidades fundamentales elevadas a ciertos exponentes. A veces las unidades derivadas se expresan con nombres especiales. La técnica para obtener estos productos de unidades fundamentales que integran una unidad derivada cualquiera, consiste en despejar la unidad derivada en una unidad física cualquiera, produciendo como se indica en los siguientes ejemplos:

Ejemplo 1.- Expresar la unidad de fuerza en el S.I.

$$F = m a \text{ (Ecuación Física: 3ª ley de Newton)}$$

$$1F = 1 \text{ Kg. } \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \text{ S.I.}$$

A esta unidad se le denomina $\frac{\text{S}^2}{\text{m}}$ con más frecuencia Newton (Nw), -- aunque la expresión en función de las unidades básicas es el $\frac{\text{Kg. m}}{\text{s}^2}$

Ejemplo 2.- Expresar la unidad de presión en el S.I.

$$P = \frac{F}{A} \text{ (Ecuación Física: definición de la presión.)}$$

$$1P = \frac{1F}{\text{m}^2} = \frac{1N}{\text{m}^2} = 1 \frac{\text{Kg.} \cdot \text{m}}{\text{s}^2 \text{ m}^2} = 1 \frac{\text{Kg.}}{\text{m. s}^2}$$

A esta unidad se le ha dado el nombre de Pascal (Pa), la unidad -- coherente de presión se puede expresar de tres maneras distintas:

$$1 \text{ Pascal (Pa)} \quad 1 \frac{\text{Newton}}{\text{metro}^2} \quad \left(\frac{N}{\text{m}^2} \right) \quad 1 \frac{\text{Kg.}}{\text{m. s}^2}$$

CAPITULO II

Propiedades de los Fluidos2.1 Introducción:

Fluido es aquella substancia que, debido a su poca cohesión - intermolecular, carece de forma propia y adopta la forma del reci -
piente que lo contiene. Los fluidos se clasifican en líquidos y -
gases, aunque para nuestros fines lo enfocaremos solamente en los -
líquidos. Los líquidos a una presión y temperatura determinados,
ocupan un volúmen determinado. Introduciendo el líquido en un re -
cipiente, adopta la forma del mismo, pero llenando solo el volúmen
que le corresponde. Si sobre el líquido reina una presión unifor -
me, por ejemplo, la atmosférica, el líquido adopta como veremos, -
una superficie libre plana, como la superficie de un lago o la de
un cubo de agua.

Los gases a una presión y temperatura determinada, tienen --
también un volúmen determinado, pero puestos en libertad se expan -
sionan hasta ocupar el volúmen completo del recipiente que lo con -
tiene, y no presentan superficie libre.

En Resumen: Los sólidos ofrecen gran resistencia al cambio de for -
ma y volúmen; los líquidos ofrecen gran resistencia al cambio de
volúmen, pero no de forma; y los gases ofrecen poca resistencia -
al cambio de forma y no de volúmen.

Por tanto, el comportamiento de líquidos y gases es análogo en --
conductos cerrados (tuberías); pero no en conductos abiertos ----

- (canales), porque solo los líquidos son capaces de crear una superficie libre. En general los sólidos y los líquidos son poco comprensibles y los gases muy comprensibles; pero ningún cuerpo (sólido, líquido o gaseoso) es estrictamente incomprensible.

Hay innumerables problemas que se resuelven aceptablemente en ingeniería, suponiendo que el fluido es incomprensible. Estos problemas se estudian en la Mecánica de Fluidos Incomprensibles. Los restantes problemas forman la mecánica de fluidos comprensibles y se estudian en la Termodinámica.

2.2 Densidad específica o absoluta y densidad relativa:

2.2.1 La densidad específica o absoluta; es igual a la masa por unidad de volumen.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{donde } m = \text{masa en Kg. S.I.} \quad \text{ecuación 2.1}$$

$$v = \text{volumen m}^3 \text{ S.I.}$$

La densidad absoluta es función de la presión y de la temperatura. La variación de la densidad absoluta de los líquidos es muy pequeña salvo a muy altas presiones, y para fines de este libro puede desprejarse.

$$\text{Ecuaciones de dimensiones } \rho = [M][L^{-3}]$$

$$\text{Unidad en S.I. } 1\rho = 1 \text{ Kg./m}^3$$

La densidad del agua destilada a la presión atmosférica de 4°C. es máxima e igual a:

$$\rho = 1.000 \text{ Kg./m}^3$$

2.2.2. La densidad relativa: Es la relación entre la masa a la masa de un mismo volúmen de agua destilada a la presión atmosférica y 4°C, la densidad relativa es función de la temperatura y de la presión. He aquí la densidad relativa de algunos líquidos más interesantes para la técnica.

Densidad Relativa de algunos líquidos:

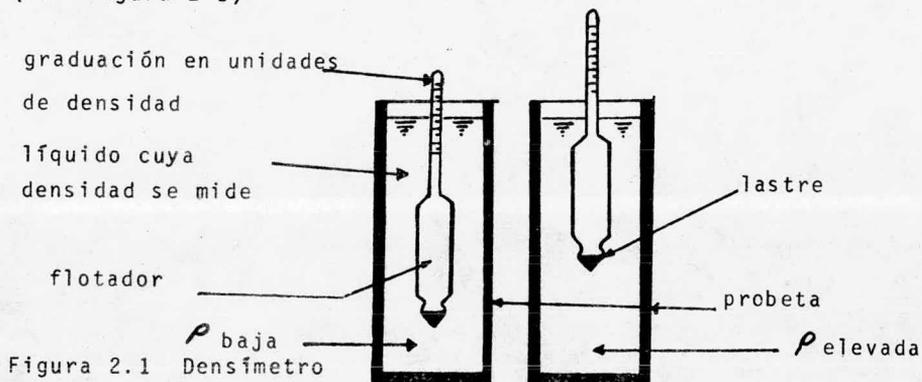
<u>Líquido</u>	<u>Densidad Relativa</u>	<u>T°C</u>
Agua Dulce	1.00	4
Agua de Mar	1.02 - 1.03	4
Petróleo Bruto Medio	0.88 - 0.90	15
Gasolina	0.70 - 0.75	15
Aceite Lubricante	0.89 - 0.92	15
Glicerina	1.26	0
Mercurio	13.6	

La densidad relativa del agua a una determinada temperatura es la densidad absoluta del agua a esa temperatura, dividida por la densidad del agua absoluta a 4°C (densidad máxima).

Por esta razón se ve claramente el porqué las unidades de la densidad relativa son adimensionales. Como el agua caliente, o cualquier otro líquido caliente interviene en los problemas de bombeo, y es útil observar tablas de densidad absoluta a diversas temperaturas, las cuales se encuentran en libros sobre mecánica de fluidos; estas tablas van en función de la presión, y como ejemplo

- podemos citar el caso del agua a 0°C y 500 bar, su densidad -
relativa es de 1.0239, y el mismo pero a presión de 1.00 bar es ---
1.0455. La densidad de un líquido se mide fácilmente con el densí-
metro; este consiste en un flotador lastrado de peso (W) en el que
se sumerge una probeta llena del líquido, cuya densidad se quiere
medir y se basa en el principio de Arquímedes. El flotador se ---
hundirá más en el líquido de menor densidad y desalojará más líqui-
do. Según la primera ley de Newton, el peso (P) del líquido desa-
lojado por el flotador (igual al empuje hacia arriba, según el prin-
cipio de Arquímedes), deberá ser igual al peso del flotador (W).

(Ver figura 2-1)



Se tiene pues: $P = \rho g V$ donde P -- peso del líquido desalojado
 ρ -- densidad del líquido

V -- volumen del líquido desalojado

$P = W$ condición de equilibrio

$$W = \rho g V \quad \rho = \frac{W}{gV} = \frac{m}{V}$$

(m) es la masa del flotador, una constante del aparato, y (V) el volúmen desalojado correspondiente a la división de la varilla del flotador, y que enrasa con el líquido. Como (m) es constante, estas divisiones pueden estar ya graduados directamente en densidades.

2.3 Peso específico: Peso específico es el peso por unidad del volúmen. $\gamma = W/V$ ----- ecuación 2.2

donde W = peso en Nw. S.I.

V = volúmen en m^3 S.I.

El peso específico es función de la temperatura y de la presión -- aunque en los líquidos no varfa prácticamente con esta última. --

(Ecuaciones de dimensiones)

$$[\gamma] = \frac{W}{V} = [F][L]^{-3} = [M][L]^{-2} [T]^{-2}$$

Unidad en el S.I.

$$1 \gamma = \frac{1 \text{ Nw}}{m^3} = 1 \frac{\text{Kg}}{m^2 \cdot s^2}$$

Como $W = m \cdot g$ de la ecuación 2.2 y 2.1 se deduce que: $\gamma = \rho g$

2.4 Volúmen específico: Se define de diferente manera en el S.I. y en el S.T. En nuestro S.I. volúmen específico es el recíproco de la densidad absoluta.

$$V = 1/\rho$$

O sea, el volúmen que ocupa 1 Kg. de masa de la sustancia.

Ecuaciones de dimensiones en S.I.

$$[V] = [L]^3 [M]^{-1}$$

Unidad en S.I.: $1V = 1 \frac{m^3}{Kg.}$

Así el volúmen específico del agua destilada a la presión atmosférica y 4°C es aproximadamente igual a $10^{-3} m^3/Kg.$ Es interesante observar que la densidad del aire a la presión atmosférica y 4°C es aproximadamente $1.3 Kg/m^3$ y su volúmen específico es de $1/1.3m^3/Kg.$ es decir 1 Kg. de aire a la presión atmosférica ocupa aproximadamente 800 veces más espacio que 1 Kg. de agua. En el S.T. volúmen -- específico es el recíproco del peso específico.

$$V = 1/\gamma$$

Unidad en S.T.: $1V = 1 m^3/Kp.$

El volúmen específico como todas las magnitudes específicas, (energía interna, entalpía etc.. en termodinámica), se han de referir en el S.I. que es un sistema másico, a la unidad de masa el Kg.; mientras que en el S.T. que es un sistema gravitatorio, las mismas magnitudes específicas se han de referir a la unidad de peso, el Kp.

Nótese sin embargo, que siendo 1 Kp. el peso de 1Kg, los valores numéricos de (V) coinciden en ambos sistemas de unidades, pero expresados en unidades diferentes (m^3/Kg en S.I. y m^3/Kp en S.T.) así -- mismo, el valor numérico de γ en el S.T. es igual al valor numérico de ρ en el S.I.; pero el valor numérico de ρ en el S.T. no es igual al valor numérico de γ en el S.I.

2.5 Compresibilidad:

En los fluidos lo mismo que en los sólidos se verifica la ley fundamental de la elasticidad. El esfuerzo unitario es proporcional a la deformación unitaria. En nuestro caso el esfuerzo unitario, considerado es el de compresión A_p ; la deformación unitaria es la deformación unitaria del volumen $\frac{\Delta V}{V} = \frac{\Delta v}{v}$, por lo tanto la ley anterior queda como sigue:

$$A_p = -E \frac{\Delta V}{V} \text{ ----- ecuación 2.3}$$

donde A_p ----- Esfuerzo unitario de compresión N/m^2 , S.I.

ΔV ----- Incremento de volumen específico m^3/Kg . S.I.

v ----- Volumen específico m^3/Kg S.I.

E ----- Módulo de elasticidad volumétrica, N/m^2 S.I.

El signo (-) expresa que a un incremento de presión, corresponde un cluremento de volumen.

Para el agua $E = 20.000 \text{ bar} = 20.000 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ al aumentar la temperatura y la presión aumenta también E .

2.6 Viscosidad:

2.6.1 Viscosidad Dinámica.- Un sólido puede soportar esfuerzos normales (llamados así porque la fuerza es normal al área que resiste a la deformación). Hay de dos clases: De compresión y de Tracción. Los sólidos y fluidos pueden estar sometidos también a esfuerzos cortantes o tangenciales. En ellos la fuerza es paralela al área sobre la que actúa. Todos los cuerpos se deforman bajo la acción de las fuerzas tangenciales a que están sometidos. En los

- cuerpos elásticos, la deformación desaparece cuando deja de actuar la fuerza. En la deformación plástica subsiste la deformación aunque desaparezca la fuerza deformada. En los fluidos la deformación aumenta constantemente bajo la acción del esfuerzo cortante, por pequeño que este sea. En efecto : Supongamos (ver figura 2.2) un elemento A B C D de forma rectangular en un cuerpo sólido sujeto a tracción, experimentaría un aumento de longitud, pero el elemento de la figura sujeto a un esfuerzo cortante, sufre un cambio de forma del rectángulo A B C D al paralelogramo A' B' C' D'. Se llama deformación unitaria por esfuerzo cortante a la expresión.

$$Ec = \frac{c}{L} = \text{tg} \quad \text{----- ecuación 2.4}$$

A la ecuación de compresibilidad ec (2.3) corresponde en el esfuerzo cortante de la ecuación: $Sc = G Ec$

Donde Sc ----- Fc/A (Fig 2.2) esfuerzo cortante de cizalladura Pa, S.I.

G ----- Módulo de cizalladura Pa, S.I.

Ec ----- Deformación unitaria por cizalladura adimensional

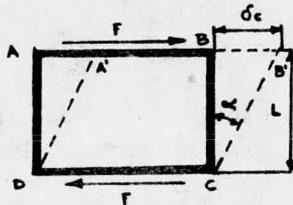


Figura 2.2 un cuerpo sólido A B C D sometido a un esfuerzo cortante se deforma pasando a ser A' B' C' D', la tangente del ángulo α es la deformación unitaria.

Si suponemos que (G) es constante, la ecuación 2.4 nos dice que dada una fuerza (F) , por ejemplo, de 5 N aplicada a un cuerpo sólido, el cuerpo sufre una deformación E_c dada por dicha ec. Esta deformación crea una fuerza F_c igual y de sentido contrario y el cuerpo queda en equilibrio; la deformación no sigue aumentando, por el contrario, -- "un fluido sometido a una fuerza cortante se deforma continuamente".

Entre las moléculas de un fluido, existen fuerzas moleculares que se denominan fuerzas de cohesión. Al desplazarse unas moléculas con relación a las otras, se produce a causa de ellas una fricción. Por otra parte, entre las moléculas de un fluido en contacto con un sólido y las moléculas del sólido, existen fuerzas moleculares que se denominan fuerzas de adherencia. El coeficiente de fricción interna del fluido se denomina viscosidad y se designa con la letra η .

El estudio de la viscosidad y de sus unidades se hace concientemente mediante la Ley de Newton que cumplen los fluidos llamados Newtonianos (agua, aire etc.) Supongamos una capa de fluido newtoniano de espesor, lo comprendido entre dos placas planas paralelos, la inferior fija y la superior libre. Sobre la placa superior, -- actúa una fuerza tangencial constante (F) . La experiencia enseña que la placa se desplaza paralelamente a sí misma con una viscosidad V_0 (figura 2.3). Dividimos mentalmente el supuesto fluido en capas infinitesimales paralelas a las placas de espesor (dy) . La experiencia confirma que en virtud de la adherencia la capa de fluido contigua a la placa inferior fija, se mantiene en reposo, y la

capa de fluido en contacto con la placa superior móvil, se pone en movimiento con la misma velocidad (V_0) que la placa.

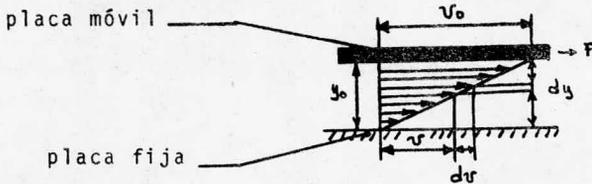


Figura 2.3 Fluido comprendido entre dos placas paralelas. El fluido en contraposición con el sólido no puede soportar esfuerzo tangencial alguno.

Las capas intermedias se deslizan unas sobre otras como se deslizan las hojas de un libro colocado experimentalmente y horizontalmente sobre la mesa al aplicar sobre la hoja superior una fuerza horizontal. La ley experimentalmente descubierta por Newton que rige este fenómeno afirma que la fuerza (F) es proporcional a la superficie A de la placa en movimiento al gradiente de velocidad y a un coeficiente que se denomina viscosidad absoluta ó viscosidad dinámica:

$$F = A\eta \frac{dv}{dy} \text{ ----- ecuación 2.5}$$

O bien siendo F/A el esfuerzo unitario cortante, que llamaremos (τ):

$$\tau = \eta \frac{dv}{dy} \text{ ----- ecuación 2.6}$$

-La ecuación 2.6 se cumple en todos los fluidos, como es en la fig. 2.3 dv/dy es constante a lo largo de (y) o lo que es lo mismo se da una distribución lineal de velocidades (los extremos de los -- vectores de velocidad, se encuentran en una línea recta). En el - caso particular de la figura 2.3 $V_0/y_0 = dv/dy$, con lo que la ec. 2.5 se obtiene:

$$\eta = \frac{Fy_0}{Avo} \text{ ----- ecuación 2.7}$$

En esta ecuación y en la ecuación 2.6 se advierte que:

- En un mismo fluido ($\eta = \text{ctte}$) si la fuerza aumenta, aumenta la velocidad con que se mueve la placa.
- Una fuerza por pequeña que sea, produce siempre una gradiente de velocidad determinado por la ecuación 2.5 ó lo que es lo -- mismo: "Un fluido no ofrece resistencia a la deformación por esfuerzo cortante". Esta es la característica que distingue - esencialmente a un fluido de un sólido.

En un sólido rígido --- $\eta = \infty$

En un fluido ideal --- $\eta = 0$

En un fluido real la viscosidad dinámica tiene un valor finito dis-
tinto de cero. Cuando mayor sea η , mayor será la fuerza necesaria
para mover la placa de la viscosidad como cualquier otra propiedad
del fluido, depende del estado del fluido caracterizado por la pre-
sión y la temperatura:

Fluido Newtoniano: Es aquel cuya viscosidad dinámica η depende de
la presión y de la temperatura, pero no del gradiente de velocidad.

- dv/dy . Como ejemplos: el agua, el aire, la mayor parte de los gases y en general los fluidos de pequeña viscosidad. La ciencia de los fluidos no newtonianos a los cuales pertenecen las grasas - materiales plásticos, metales líquidos, suspensiones, la sangre etc se llama reología.

Unidades: Es, muy corriente expresar la viscosidad dinámica en el sistema vigesimal (C.G.S.)

$$1 = 1 \frac{\text{dina} \cdot \text{S}}{\text{cm}^2} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{S}} = 1 \text{ P (C.G.S.)}$$

(Léase Poise, nombre derivado del físico Poiseville) también se emplea el submúltiplo 1 cp (léase centipoise) = 10^{-2} P. Tanto el (P) como el (cp) son submúltiplos de la unidad de en el S.I. y pueden seguir empleándose, aunque los nombres mismos hayan sido -- desterrados del S.I. y no se deben seguir utilizando, se tiene:

$$1 = 1 \frac{\text{N} \cdot \text{S}}{\text{m}^2} = 1 \text{ Pa} \cdot \text{S} = 1 \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{S}}$$

$$1 \text{ cp} = 10^{-2} \text{ P} = 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{S}$$

2.6.2 Viscosidad Cinemática: En hidrodinámica intervienen junto con las fuerzas debidas a la viscosidad, las fuerzas de inercia, que dependen de la densidad; por eso tiene un significado importante la viscosidad dinámica η a la densidad ρ , que se denomina viscosidad -- cinemática.

$$v = \frac{\eta}{\rho} \text{ ----- ecuación 2.8}$$

Ecuaciones de dimensiones: $[v] = [L]^2 [T]^{-1}$

Unidad: $1 \text{ V} = 1 \text{ m}^2/\text{S}$ S.I.

En la práctica se ha utilizado mucho más el "Stoke" (ST) = $1 \text{ cm}^2/\text{S}$, en honor de Stokes: $1 \text{ ST} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{S}$

La viscosidad dinámica de los fluidos, varía mucho con la temperatura, aumentando con la temperatura en los gases y disminuyendo en los líquidos, pero unos y otros prácticamente son independientes de la presión. Por el contrario, la viscosidad cinemática de los gases, varía mucho con la presión y la temperatura, mientras que las de los líquidos solo varían con la temperatura.

Cabe hacer notar que desgraciadamente se utilizan mucho en la práctica otras unidades empíricas de la viscosidad, que no se expresan en función de las unidades fundamentales. Las principales son: los grados Engler, muy utilizado en Alemania, Russia, España, y otros países. Los segundos Redwod, utilizados en la Gran Bretaña, y los segundos Saybolt, de uso frecuente en Estados Unidos.

2.7 Tensión Superficial: La tensión superficial es una fuerza que como su nombre indica, produce efectos de tensión en la superficie de los líquidos, ahí donde el fluido entra en contacto con otros fluidos no miscibles, particularmente con un gas o con un contorno sólido (vasija, tubo, etc..). El origen de esta fuerza es la cohesión intermolecular y la fuerza de adhesión del fluido al sólido. En la superficie libre de un líquido, que es tanto la superficie de contacto entre dos fluidos (líquido y aire), la tensión superficial,

- se manifiesta como si el líquido creara ahí una fina membrana. El origen de la tensión superficial puede explicarse de la siguiente manera: Una molécula situada en el interior del fluido, como la molécula 1 en la figura 2.4, es atraída por igual en todas direcciones por las moléculas circundantes y se encuentra en equilibrio. Las fuerzas de cohesión molecular no producen efecto resultante alguno, por el contrario; las moléculas 2 y 3 se encuentran cerca de (o sea a una distancia menor que el radio de la esfera de acción de la cohesión molecular, que es del orden de 10^{-6} mm.) o en la misma superficie libre, respectivamente, en cuyo caso el equilibrio se rompe porque las moléculas del líquido ejercen una atracción mucho mayor que las del gas (aire) de la superficie libre. En este caso hay una resultante (F) de las fuerzas de cohesión dirigida hacia el interior del líquido. Esta fuerza origina una tensión tangencial en la superficie libre, que la convierte en algo semejante a una membrana elástica.

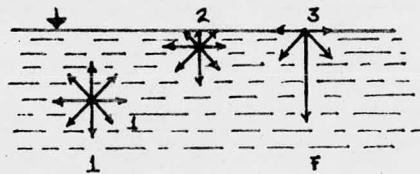


Figura 2.4 Fuerzas de cohesión molecular en un líquido.

Si sobre la superficie libre del líquido se traza una línea cualquiera la tensión superficial es σ , la fuerza superficial ---

- normal a dicha línea por unidad de longitud. Sus dimensiones son, por tanto: $[\sigma] = [F][L]^{-1}$

La fuerza debida a la tensión superficial es igual a $L \cdot \sigma$. Esta fuerza suele ser muy pequeña, disminuyendo además al aumentar la temperatura, así, por ejemplo en la superficie libre del agua en contacto con el aire a lo largo de una línea de 60m, la fuerza total debida a la tensión superficial es del orden 5 N.

La tensión superficial, explica los fenómenos de formación de menisco y el de elevación del líquido en tubos capilares. En la figura 2.5 en:

- a) Se muestra la forma de la superficie libre que adopta el agua en contacto con el vidrio y en la misma figura, la que adopta el mercurio en contacto con el vidrio también. En el mercurio la fuerza de cohesión entre sus moléculas es mayor que la de adhesión del mercurio al vidrio, y lo contrario ocurre en el agua.

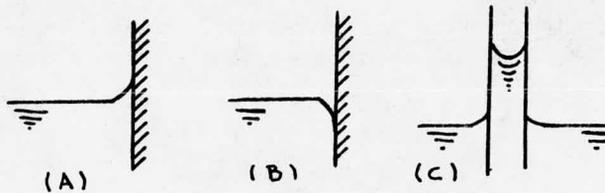


Figura 2.5 Fenómenos debidos a la tensión superficial: a) contacto entre el agua y el vidrio, b) contacto entre mercurio y vidrio c) elevación capilar.

En c), se ilustra el fenómeno de elevación capilar, que encuentra su explicación también en la tensión superficial. La formación del menisco cóncavo hacia abajo, en el caso del mercurio y de los líquidos -- que no mojen al vidrio, ó cóncavo hacia arriba en el caso del agua y de los líquidos que mojen al vidrio, y el fenómeno de capilaridad -- puede producir un error en la lectura de los manómetros del líquido, que se evita leyendo el manómetro con un lente y una reglilla, de -- esta manera los errores serán menores que 0.1 mm.

2.8 Presión de vapor: En la superficie libre de un líquido a cualquier temperatura, hay un constante movimiento de moléculas que escapan de dicha superficie, es decir, el líquido se evapora. Si el líquido se encuentra en un recipiente cerrado y sobre su superficie queda un espacio libre, este espacio se llega a saturar de vapor, y ya no se evapora más líquido. Es decir, todo fluido tiene para cada temperatura una presión (P_s), llamada presión de saturación del vapor a esa temperatura; o lo que es lo mismo a cada presión corresponde una temperatura (t_s) llamada temperatura de saturación del vapor a esa presión. Esta propiedad es fundamental en el estudio de la cavitación que se hará más adelante, existen tablas de (P_s) para diferentes temperaturas (t_s) del agua.

2.9 Presión:

2.9.1 Definición y Propiedades.- Un cuerpo sólido de peso (W), fig. - 3.1 a, se encuentra en equilibrio sobre una superficie horizontal, - siendo A el área de contacto. Se llama presión del cuerpo sobre la superficie horizontal de apoyo, debida a la fuerza (W) a la relación.

$P = W/A$ ----- ecuación 2.9

El cuerpo está en equilibrio, gracias a otra fuerza igual a (W) y de sentido contrario que ejerce el suelo sobre el cuerpo, que se llama reacción (R), la cuál en este caso deberá ser también normal al suelo. Si imaginamos que el cuerpo de la figura 2.6 es ahora una vasija que contiene un fluido, el fluido ejerce también sobre el fondo de la vasija una presión $P = W/A$ en que W es ahora el peso del fluido.

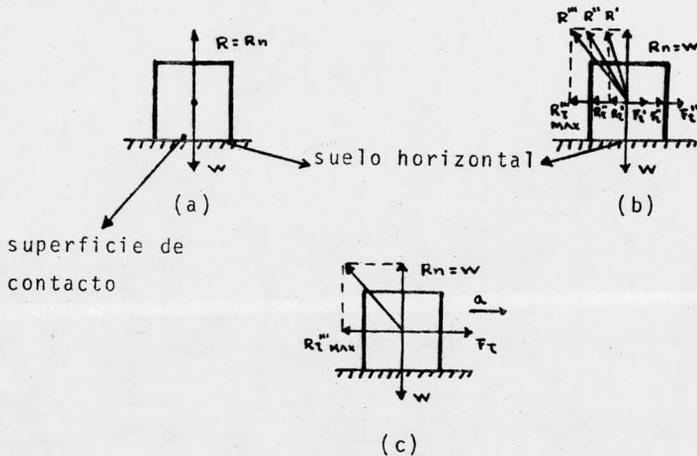


Figura 2.6, un cuerpo sólido apoyado sobre una superficie sólida y sometido a una fuerza exterior creciente F_t , sigue en equilibrio - hasta que (F_t) es mayor que el rozamiento máximo, un fluido por el contrario, sometido a una fuerza F_t , se pondrá en movimiento por - pequeña que sea la fuerza.

Si cortamos imaginalmente el fluido de la figura 2.6 a, por un plano π como se representa en la figura 2.7 y aislamos la parte supe -

- rior, sustituyendo la parte inferior por las fuerzas que estas --
 ejercen sobre la parte superior, el cuerpo seguirá en reposo. Estas
 fuerzas elementales, dibujadas en la figura 2.7 son las fuerzas de de
 bidas a la presión P' que la parte inferior ejerce sobre la superior
 iguales y de sentido contrario al peso (W') de la parte superior.
 El fluido aislado está pues, sometido a una fuerza proporcional a su
 masa, que es la fuerza de la gravedad y a una fuerza proporcional a
 su superficie y normal a ella, que es la fuerza de presión.

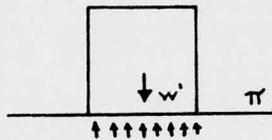


Figura 2.7 Explicación de la presión en el interior de un fluido.

Si llamamos a esta fuerza superficial F_p , y a la superficie de --
 contacto A , se define la presión media sobre la superficie A así:

$$\bar{P} = \frac{F_p}{A}$$

y la presión en un punto: $P = \lim_{A \rightarrow 0} \frac{F_p}{A} = \frac{dF_p}{dA}$

En el ejemplo de las figuras 2.6 y 2.7, la fuerza exterior que ori
 gina la presión del líquido, variable por cierto según el plano
 que se considere, es la gravedad; pero en general puede ser cualquier
 otra fuerza externa, por ejemplo: la debida al empuje de un émbolo
 en un cilindro hidráulico.

En general, la presión media se definirá así:

$$P = \frac{F_n}{A} \text{ ----- ecuación 2.10}$$

donde: F_n -- Fuerza normal de la superficie A .

Nótese que la presión (P), no es fuerza, sino el cociente de una fuerza por una superficie. La presión no es un vector, es un escalar. La fuerza de presión ejercida por ejemplo; sobre la superficie de un contorno y dirigida normalmente a la misma es la presión media multiplicada por la superficie, y es un vector.

Unidades:

Ecuaciones de dimensiones.-

$$[P] = [F][L]^{-2} = [M][L]^{-1} [T]^{-2}$$

Unidad en el S.I.

$$1P = 1 \text{ N/m}^2$$

o bien expresada en las unidades básicas: $1\text{N/m}^2 = 1 \text{ Kg/m.S}^2$

Esta unidad ha recibido el nombre de Pascal (Pa); $1 \text{ N/m}^2 = 1\text{Pa}$

En la práctica se expresa con frecuencia la presión en altura equivalente de columna de un líquido determinado, por ejemplo: en mm. de columna de agua, en mm. de columna de mercurio etc.. Dimensionalmente la presión no es una longitud, sino una fuerza partida por una superficie. Por eso en S.I. las alturas como unidades de presión han sido abolidas aunque no hay dificultad en seguir utilizándose como alturas equivalentes. Como excepción puede seguirse utilizándose como unidad de presión el mm. de columna de mercurio, que recibe el nombre de Torr (en atención a Torricelli).

$$1 \text{ mm. de Hg} = 1 \text{ Torr}$$

A continuación se deduce la ecuación que permite pasar fácilmente de una presión expresada en columna equivalente de un fluido a la expresada en unidades de presión de un sistema cualquiera. Consideremos un recipiente cilíndrico de base horizontal A, lleno de líquido de densidad ρ hasta una altura h. Según la definición de la presión. Ecuación 2.9

$$P = W/A = V \rho g/A = A h \rho g/A = \rho g h$$

o sea: $P = \rho g h$ ----- ecuación 2.11

29.2 Presión atmosférica: Sobre la superficie libre de un líquido, está presente la presión del aire o gas que sobre ella existe. Esta expresión puede adquirir un valor cualquiera en un recipiente cerrado, pero si el recipiente está abierto sobre la superficie libre del líquido está presente la presión atmosférica. Pamb (se sigue la norma DIN 1314 Feb 1977), que denomina la presión atmosférica Pamb (del latín "ambies") debida al peso de la columna de aire que gravita sobre el fluido.

La presión atmosférica varía con la temperatura y la altitud. La presión media normal a 0°C y al nivel del mar es de 760 Torr = 1.01396 bar, y se llama atmosférica normal. En la técnica se utiliza mucho la atmósfera técnica, que es igual a 1 bar; por lo tanto hay tres atmósferas:

1) Atmósfera normal ----- 1.01396 bar

- 2) Atmósfera técnica ----- 1.0 bar
- 3) Atmósfera local y temporal ----- presión atmosférica reinante en un lugar y tiempo determinado.

2.9.3 Presión absoluta y Presión excelente o relativa:

La presión en cualquier sistema de unidades se puede expresar como presión absoluta, P_{abs} , o como presión excelente o relativa, (P_e). Esta denominación no afecta a la unidad, sino al cero de la escala. Sucede lo mismo con las temperaturas: los grados centígrados expresan temperaturas relativas, tomando como 0°C la temperatura de fusión del hielo; mientras que las temperaturas en Kelvin expresan temperaturas absolutas. El 0 absoluto es el mismo y se miden a partir de él. En el sistema inglés de unidades, los grados Fahrenheit expresan temperaturas relativas (temperatura de fusión del hielo, 32°F), mientras que los grados Rankine expresan temperaturas absolutas. El cero absoluto es el mismo en todas las unidades. Lo mismo sucede con el cero absoluto de presiones.

Las presiones absolutas se miden con relación al cero absoluto --- (vacío total o 100% de vacío), y las presiones relativas con relación a la atmósfera. La mayoría de los manómetros, están contruídos de manera que miden presiones relativas con relación a la atmósfera local. Para encontrar la presión absoluta con exactitud, habrá que sumar a la presión leída en el manómetro, la presión atmosférica local medida exactamente con un barómetro. Muchas veces no se necesita gran precisión, y entonces se suma a la lectura del manómetro (presión relativa) la atmósfera técnica, que es igual a 1 bar.

- de aquí resulta la ecuación fundamental:

$$P_{\text{abs}} = P_e + P_{\text{amb}} \text{ ----- ecuación 2.12}$$

donde: P_{abs} ----- Presión absoluta, Pa. S.I.

P_e ----- Presión relativa, Pa. S.I. (medida con manómetro).

P_{amb} ----- Presión atmosférica, presión ambiente o presión barométrica, Pa. S.I. (medida con barómetro).

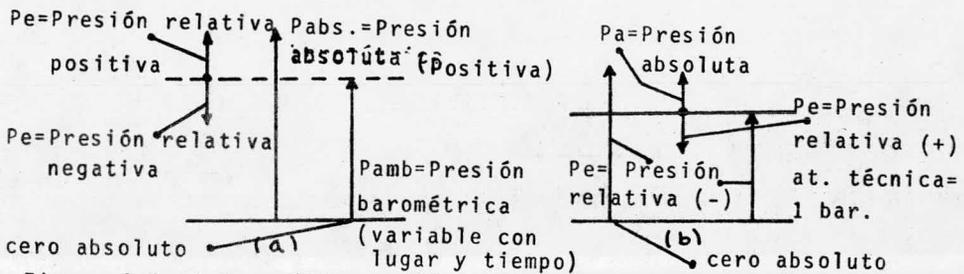


Figura 2.8 Esta gráfica explica la ecuación 2.12 a) presiones relativas referidas a la atmósfera local o presión barométrica variable (línea de trazos) b) presiones relativas referidas a la atmósfera técnica ó 1 bar (línea continua).

2.10 Gravedad específica: Se define como la relación, las densidades o pesos específicos en que un cuerpo y otro tomado como base. Esto puede ser agua a $39.2^{\circ}\text{F} = 4^{\circ}\text{C}$, para los físicos, y agua a 6°C para los ingenieros; ambos en caso líquido. Para gases puede tomarse - aire libre sin bióxido de carbono o hidrógeno a 32°F y a 1 atmósfera de presión.

$$Ge = \frac{\gamma}{\gamma_{base}} = \frac{\rho}{\rho_{base}} \quad \text{----- ecuación 2.13}$$

Base agua o aire: La gravedad específica es un número abstracto pero en la química o en la industria el petróleo se acostumbra indicarlo en grados o Baumeó , A.P.I. La relación entre estos últimos y la gravedad específica se establece mediante la siguiente relación.

<u>°A.P.I. (*)</u>	<u>Gravedad específica</u>
10° -----	1
60° -----	0.7389

Gravedad específica relativa del agua: $60^{\circ}F = 141.5$
 $131.5 + ^{\circ}A.P.I$

Puesto que la densidad del líquido varía con la temperatura, la gravedad específica debe ser referida a determinada temperatura, por ejemplo: para un aceite que tenga $47^{\circ}A.P.I$ 60/60, quiere decir que la temperatura del aceite es de $60^{\circ}F$ y se toma relativa respecto a la temperatura del agua también a $60^{\circ}F$. Tomando en cuenta el coeficiente de expansión del aceite, se puede tomar las siguientes identidades para el cálculo de la (Ge) a diferentes temperaturas.

$$Ge \text{ a } t^{\circ} = \frac{Ge \text{ a } 60^{\circ}F}{1 + \beta (t^{\circ} - 60^{\circ})}$$

t ----- es la variable

$$\beta \text{ ----- } e^{0.0106 \text{ } ^{\circ}A.P.I - 8.05}$$

hasta $14.9^{\circ}A.P.I$ ----- $\beta = 0.00035$

de 15 a 34.9°A.P.I ----- β = 0.00040

de 35 a 50.9°A.P.I ----- β = 0.00050

de 51 a 63.9°A.P.I ----- β = 0.00060

de 64 a 78.9°A.P.I ----- β = 0.00070

de 79 a 88.9°A.P.I ----- β = 0.00080

Para °Baume: líquidos más ligeros que el agua.

10°B ----- 1 Ge

60°B ----- 0.7368 a Ge

Ge relativa al agua a 60°F = $\frac{140}{130 + \text{°B}}$

Para °Baume: líquidos más pesados que el agua.

0°B ----- 1.00 Ge

60°B ----- 1.8054

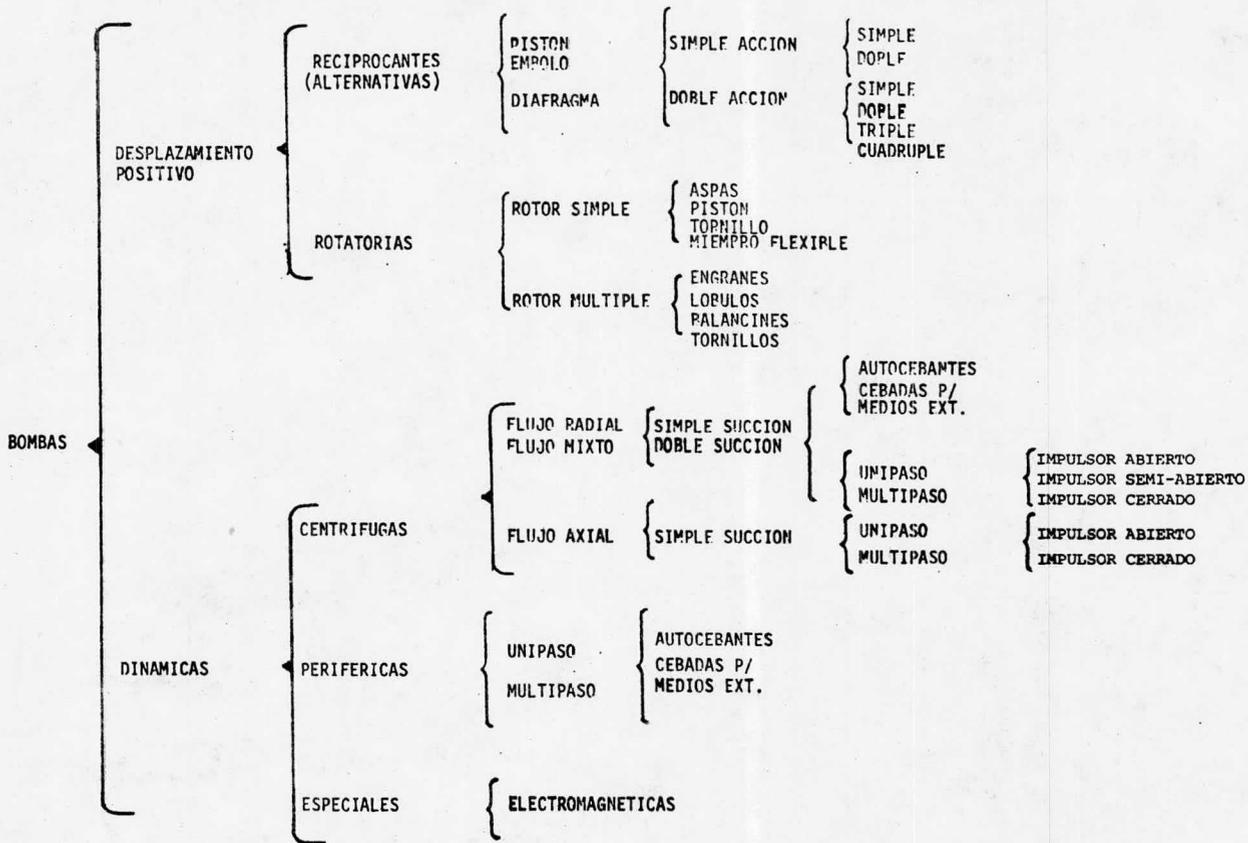
Ge relativa al agua a 60°F = $\frac{145}{145 - \text{°B}}$

(*) American Petroleum Institute.

CAPITULO III
 CLASIFICACION DE LAS BOMBAS EN GENERAL Y CLASIFICACION
 DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS DE LIQUIDOS

3.1 CLASIFICACION DE LAS BOMBAS

37



La clasificación anterior está basada según el "Instituto Hidráulico" (Hydraulic Institute) en su última edición. El mencionado instituto, tiene como miembros a más de cincuenta compañías fabricantes de equipo de bombas en el mundo entero, y se ha preocupado por mantener al día los llamados standards. Antes de definir lo que es una bomba dosificadora de líquidos, se explicará brevemente el principio de desplazamiento positivo, dado que dichas bombas pertenecen a este grupo.

3.2. Introducción al principio de desplazamiento positivo.

Las bombas de desplazamiento positivo, constituyen la primera de las dos en que fueron divididas en la sección 3.1.

Las máquinas hidráulicas, además del grupo importante de las bombas de émbolo, comprende el grupo compuesto por los cilindros hidráulicos y neumáticos, y las bombas y motores rotativos, grupo muy numeroso y variadísimo que constituyen hoy en día los países más desarrollados una industria floreciente, la cual encuentra cada día nuevas aplicaciones en el campo de transmisiones y controles hidráulicos y neumáticos en el automatismo.

Este campo de transmisiones y controles es un dominio casi exclusivo de las máquinas de desplazamiento positivo, mientras que en el campo de bombas de líquidos y gases, las bombas dinámicas han invadido, y seguirán invadiendo cada vez más el dominio en otro tiempo exclusivo de las máquinas de émbolo. Uno y otro hecho se fundan en el distinto principio de funcionamiento.

3.3. Principio del desplazamiento positivo.-

El funcionamiento de las bombas de desplazamiento positivo, no se basa como en el de los dinámicos, en la ecuación Euler (por esta razón no se menciona dicha ecuación) sino que se basa en el principio del desplazamiento positivo que se estudia a continuación: En el interior del cilindro de la figura 3.1 en que se mueve un émbolo con movimiento uniforme y velocidad v hay un fluido a la presión P . Supondremos que tanto el cilindro como el émbolo son rígidos o indeformables y que el fluido es incompresible. El movimiento del émbolo se debe a la fuerza aplicada F . El émbolo al moverse desplaza al fluido a través del orificio de la figura, si el émbolo recorre un espacio l . hacia la izquierda el volúmen ocupado por el líquido se reducirá en un valor igual a Al (donde A = área transversal del émbolo). Como el fluido que sale por el orificio será también Al . El tiempo T empleado en recorrer la distancia l es: $t = l/v$ ----- ec. 3.1

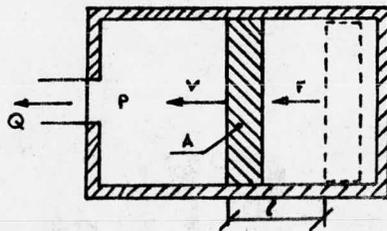


Fig. 3.1 Explicación del principio de desplazamiento positivo: Al disminuir el volúmen a la izquierda del émbolo, el fluido se verá obligado a salir sea cual fuera la presión. siempre que la fuerza F sea suficientemente grande y las paredes del cilindro suficientemente robustas.

El caudal (Q), o volúmen desplazado en la unidad de tiempo, será teniendo en cuenta la ecuación 3.1

$$Q = \frac{A1}{t} = Av \text{ ----- ecuación 3.2}$$

si no hay razonamiento, la potencia comunicada al fluido será:

$$P = Fv$$

pero $F = PA$; luego $P \neq Fv = P Av = QP$ en virtud de la ec. 3.2.

Es evidente que el esquema de la figura 3.1 puede funcionar como bomba o como motor, es decir la máquina puede absorber potencia mecánica, (Fv) y restituir potencia hidráulica (QP) bomba o vice versa, tanto en un caso como en otro queda en evidencia que el principio de desplazamiento positivo consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volúmen de una cámara. Por tanto en una máquina de desplazamiento positivo.

- a) El órgano intercambiador de energía no tiene necesariamente movimiento alternativo o recíprocante (émbolo), sino que -- puede tener movimiento rotativo (rotor). Sin embargo, en las máquinas de desplazamiento positivo tanto alternativas o recíprocantes como rotativas siempre hay una cámara que aumenta de volúmen (succión en una bomba) y disminuye de - volúmen (impulsión), por esto las máquinas se llaman máqui nas volumétricas. Además si el órgano transmisor de energía tiene movimiento rotativo, la máquina se llama rotoestática para distinguirlos de los rotodinámicos, ambos pertenecen a los rotatorios.

b) El intercambio de energía de fluido se hace siempre en forma de presión.

c) Dentro de las bombas dinámicas a veces denominadas turbomáquinas existe una curva característica o curva H-Q, esta -- revela que la bomba solo puede alcanzar una altura H (presión como se vió en el capítulo II) máxima que, según la -- ecuación de Euler, depende de la forma del rodete. Por el contrario, supongamos que la figura 3.1 representa una bomba de émbolo. Es evidente que teóricamente, el caudal Q no dependerá de la resistencia en la tubería de impulsión, que se reflejará en un aumento de la presión P que viene en el cilindro, ya que dada una velocidad del émbolo (v), el desplazamiento será el mismo, y el caudal también.

Además, si las paredes del émbolo son suficientemente robustos y el motor de accionamiento es suficientemente potente, la bomba proporcionará toda la presión que se le pide. teóricamente la curva H-Q de una bomba de desplazamiento positivas será una paralela al eje H.

En las transmisiones y controles, se emplean casi exclusivamente las bombas de desplazamiento positivo, quedando casi - eliminadas de este dominio las bombas dinámicas, esta adoración se da debido a que la bomba dosificadora de líquidos es controlable o como su nombre lo indica dosificable.

El órgano principal de las máquinas de desplazamiento positivo que designaremos con el nombre genérico de desplazador, -

tiene la misión de intercambiar energía con el líquido, lo que implica un desplazamiento del mismo. Este órgano admite infinidad de diseños, y el campo abierto a la imaginación del ingeniero proyectista es tan grande, que constantemente aparecen en el mercado nuevas formas constructivas. Sin embargo, las bombas de desplazamiento positivo, se pueden clasificar (como se vió en la sección 3.1) atendiendo a dos criterios distintos:

Primer Criterio.- Según el tipo de desplazador, las bombas de desplazamiento positivo se clasifican en:

- máquinas reciprocantes y máquinas rotatorias.

El principio de desplazamiento positivo en las máquinas alternativas reciprocantes, se explicó por medio de la figura 3.1.

El principio de desplazamiento positivo, en las máquinas rotatorias se admite por no representar gran interés sobre el tema -- tratado.

Segundo Criterio.- Según la variabilidad del desplazamiento ---- positivo se clasifican en :

- máquinas de desplazamiento fijo y máquinas de desplazamiento variable.

La variación del desplazamiento de una máquina alternativa es -- fácil: basta variar la carrera del émbolo, en algunas máquinas -- para variar el desplazamiento basta variar la excentricidad del rotor o la de una leva.

Desplazamiento (D), es el volúmen desplazado en una revolución, por lo tanto el caudal(Q), en las bombas de desplazamiento ---

positivo será:

$$Q = Dn \text{ ----- ecuación 3.3}$$

En muchas explicaciones interesa variar el caudal. Según la -- ecuación 3.3 esto puede lograrse variando (n); pero no es recomendable y se usa poco. Lo más recomendable es variar (D) como se acaba de explicar. En resumen atendiendo a los dos criterios - enunciados, las máquinas de desplazamiento positivo se clasifican en cuatro grupos:

- 1.- Máquinas reciprocantes de desplazamiento fijo.
- 2.- Máquinas reciprocantes de desplazamiento variable.
- 3.- Máquinas rotatorias de desplazamiento fijo.
- 4.- Máquinas rotatorias de desplazamiento variable.

Nuestro tema está enfocado únicamente a las máquinas reciprocantes de desplazamiento variable.

Por lo descrito en lo que va de los tres primeros temas, y considerando que se tiene el conocimiento suficiente, procederemos a dar la definición de las bombas dosificadoras de líquidos, cabe hacer notar que se podría haber dado en un principio, sin embargo se da en esta parte del capítulo porque de otra forma no se hubiera comprendido su definición por los conocimientos implícitos que lleva esta. Anteriormente se había descrito la definición de una bomba por lo tanto una bomba dosificadora de líquidos es:

UNA BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO DEL TIPO RECIPROCANTE O ALTERNATIVA, PARA MANEJAR EXCLUSIVAMENTE LIQUIDOS, CON LA PARTICULARIDAD DE PODER VARIAR EL DESPLAZAMIENTO DEL PISTON O EMBOLO Y EL DIAFRAGMA, PARA ASI PODER ANADIR DIFERENTES DOSIS EN LA UNIDAD DE TIEMPO.

3.4. Clasificación de las bombas dosificadoras de líquidos.-

3.4.1 Índice:

I Clasificación de acuerdo al tipo de cabezal de la bomba:

- a) Tipo pistón
- b) Tipo de diafragma operada mecánicamente
- c) Tipo de diafragma operado hidráulicamente

II Clasificación de acuerdo al tipo de accionamiento:

- a) Manivela y excéntrico
- b) Transmisión a base de una leva
- c) Pistón rotativo
- d) Accionado por un solenoide (circuito impreso)

III Tipos de control de dosificación (gasto de alimentación):

- a) De acuerdo al desplazamiento o carrera del pistón o diafragma.
- b) De acuerdo a los movimientos o golpes por minuto
- c) De acuerdo al control del volumen del fluido

NOTA: Esta guía para las bombas dosificadoras tiene como intención el familiarizar el uso de las bombas de medición de sustancias químicas. La mayor parte de piezas comunes subensambladas en las bombas, son adquiridos separadamente, el tipo de cabezales ensamblados de las bombas, y también los ensambles de las transmisiones que se emplean son suministrados por -- varios fabricantes en diferentes combinaciones y configuraciones.

I Tipos más comunes de cabezales de bombas (final mojado).

A) Tipo pistón:

1.- Operación: La válvula de succión (cuando el movimiento del pistón por golpe o desplazamiento se abre) cuando se cierra empuja la válvula hacia abajo y escurre el líquido dentro de la cámara de la bomba, el golpe de bombeo cierra la válvula de salida y se forza el líquido al salir fuera de la cámara.

2.- Ventajas:

- a) La boma puede manejar fluido de alta viscosidad y lechado
- b) La bomba puede trabajar a altas presiones de 300 a 5000 -- P.S.I.
- c) Son mecánicamente sensibles

3.- Desventajas:

- a) Cuando el mecanismo está en contacto directo con el fluido bombeado, la corrosión es un problema.
- b) Cuando el empegue del pistón requiere servicios frecuentes y reemplazo también frecuente.

4.- Comentarios:

- a) No son considerablemente usados para el mismo propósito - que las bombas de diafragma.

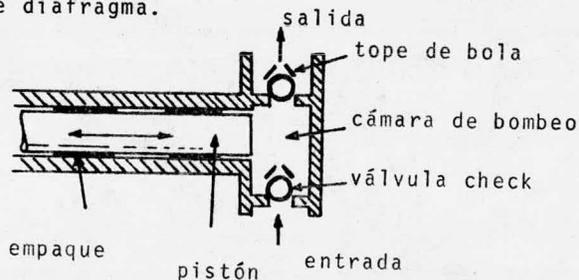


figura 3.2 Bomba dosificadora del tipo pistón (cabezal)

B) Tipo de diafragma operado mecánicamente:

1.- Operación: El pistón opera el diafragma, el cual reemplaza el fluido que va a ser bombeado hacia dentro, y fuera de la cámara de bombeo, esta separa el mecanismo de bombeo, del fluido que va a ser bombeado.

2.- Ventajas:

- a) Efectiva elevación por la succión debido al golpe positivo en el retorno del diafragma.
- b) No hay problemas de infiltración de aire, lo que comunmente son causa de una acción de bombas lineal o constante en - unidades operadas hidráulicamente (véase sección C).
- c) No hay contaminación potencial del fluido a través del diafragma.

3.- Desventajas:

- a) La diferencial de presión entre el mecanismo de transmisión y la cámara de bombeo a cada lado de la cara, es causa de tirantez (forzamiento) en el diafragma.
- b) La tirantez en el diafragma en el eje mecánico, es causa de una falta prematura en el diafragma.
- c) Las presiones diferenciales elevadas, son causa de una flexibilidad mayor en el diafragma, y por lo tanto un bombeo - inseguro.
- d) La ruptura del diafragma, cuando se bombean líquidos comunes

pueden ser la causa del daño de las partes internas, salvo que se emplee un diafragma adicional o secundario de contacto o -- protección.

e) El control se limita a un motor costoso por ajuste variable de velocidad o mecanismos complicados en la unión con la -- variación de la cámara.

4.- Comentarios:

a) La mayor parte de las bombas menos caras o costosas usan -- este tipo de arreglo.

b) Este tipo de arreglo es usa en las bombas actuadas por sele noide con circuito impreso.

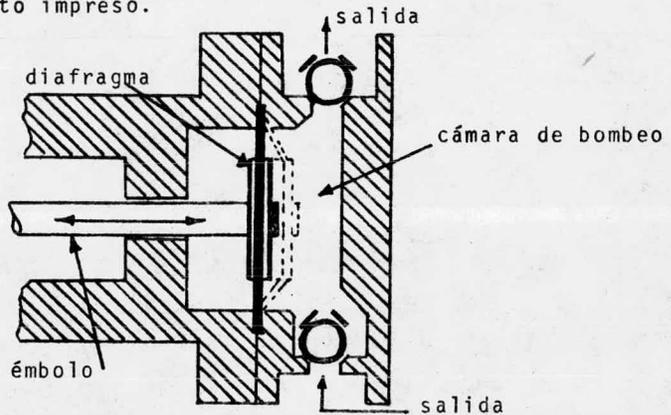


Figura 3.3 Bomba dosificadora del tipo diafragma operada mecánicamente.

C) Tipos de diafragma operados hidráulicamente:

1.- Operación:

a) El fluido hidráulico reemplaza la conexión mecánica del pistón

- al diafragma como los que se usan en aquellas bombas indicadas en la sección B. El pistón se mueve por un fluido hidráulico el que fuerza el diafragma al desplazarse hacia la cámara de bombeo. La acción de succión jala el líquido por bombearse dentro de la cámara y la fuerza de compresión golpea el líquido a través de las válvulas "check". (figura 3.4)

b) Si el producto que debe ser bombeado, antes debe estar protegido contra la contaminación del fluido hidráulico, en el caso de una falla del diafragma, debe de reemplazarse inmediatamente o emplearse un segundo diafragma, y la parte interna trabaja como cámara de aislamiento, y es llenado con el líquido o fluido adosado (figura 3.4 A).

2.- Ventajas:

- a) La presión de bombeo del pistón se distribuye uniformemente sobre el área del diafragma, eliminando aquí un punto de torsión.
- b) La diferencial de presión a través del diafragma, permite operar solamente el sistema de fluido separado, y por lo tanto no hay grietas, ya que su uso y construcción por los materiales de que está fabricado, permite vida del diafragma.
- c) Reemplazo fácil del diafragma.
- d) Los componentes mecánicos como: pistón, engranes etc.. pueden por su diseño apropiado, estar sumergidos en aceite que se emplea para su lubricación además de una protección total contra la corrosión y enfriamiento.

- e) La cámara intermedia y el diafragma de cabezas separadas de la bomba, puede emplearse y llenarse con un fluido que no se contamine con el líquido con que se procesa en el caso de un fluido del diafragma.
- f) El control puede acompañarse por un ajuste de la carrera o - velocidad, como en otro tipo de bombas, ahora bien; usando - un fluido hidráulico para actuar el diafragma, permite un -- control que va a actuar por medio de una variación a través- del arreglo de la válvula, la cual va a variar el volúmen del fluido que se mueve por el pistón en cada golpe, esto permite un control muy simple y de alta precisión.

3.- Desventajas:

- a) La baja capacidad de elevación en la succión, es como resul- tado de que no hay retorno positivo del diafragma (existen -- bombas que incluyen un retorno de retroceso para ayudar cuando venga este problema).
- b) Cuando el aire llega a ser atrapado en la cámara de compresión y su compresión puede disminuir la capacidad de bombeo en una forma constante. (Existen bombas que tienen dispositivos para eliminar el aire atrapado en forma total y automáticamente).
- c) El fluido hidráulico para fugarse a través de una ruptura -- del diafragma que puede contaminar el fluido que se precisa.

Figura 3.4 Bomba dosificadora del tipo de diafragma operada hidráulicamente.

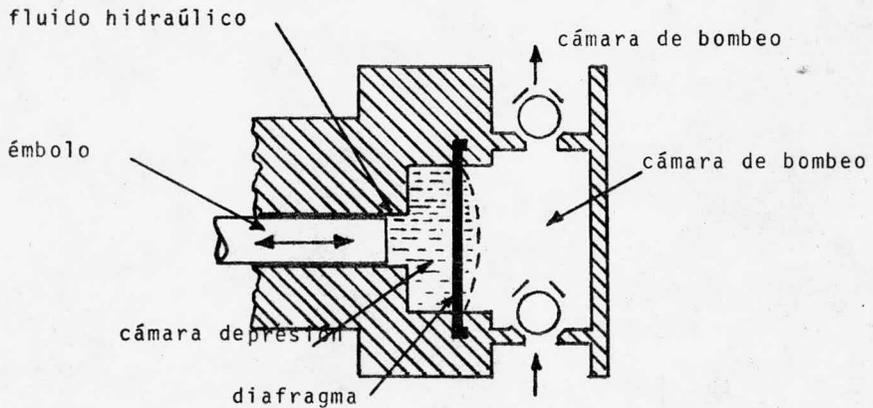
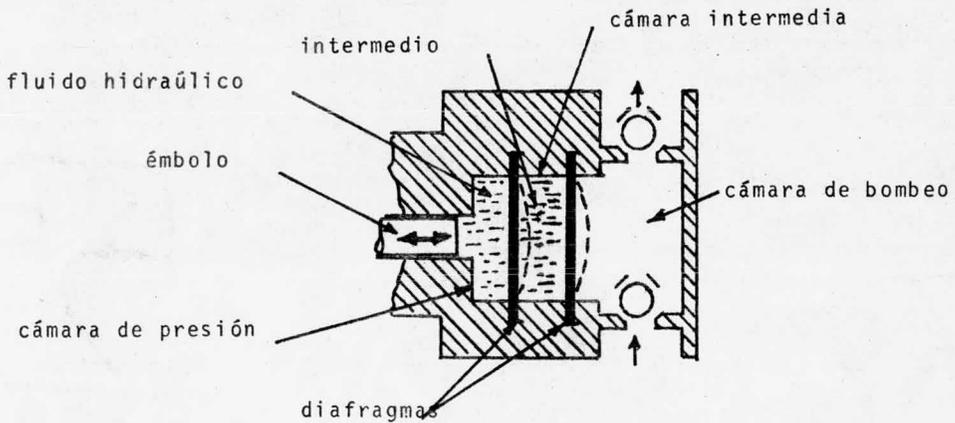


Figura 3.4 A Bomba dosificadora del tipo de diafragma operada hidráulicamente, con la característica de usar doble diafragma para evitar que se contamine el líquido que se procesa.



4.-Comentarios:

- a) Las bombas de diafragma que actúan hidráulicamente son por lo general favorecidos sobre otros tipos, incorporan un número de diafragmas de diferentes formas y configuraciones, los tipos generales más comunes son:
- I Diseño plano o precortado como están en la fig. 3.4 y 3.4 A.
 - II Tipo tabulador que actúa en forma interna fig. 3.5. Cuando el pistón se mueve hacia dentro del diafragma, este desplaza al fluido hidráulico, lo que permite la expansión del diafragma, y que el fluido de proceso sea expulsado de la cámara de bombeo. Al regreso del golpeo o carrera del diafragma, regresa a su forma normal, y tira el fluido dentro de la cámara de bombeo. Esto si no hay una provisión o dispositivo que ayude a este tipo de diafragma.
 - III El tipo de diafragma tubular, operado externamente (fig 3.6) - Cuando el pistón se mueve junto con el diafragma, el fluido hidráulico desplazado en la cámara de compresión, efectúa una especie de compresión o exprime el diafragma forzando el fluido en proceso hacia afuera de la cámara de bombeo, al regreso de la cámara del diafragma, este retorna a su forma original y empuja el fluido en proceso dentro de la cámara de bombeo (succiona el fluido) y como en la (fig 3.5) en su regreso puede necesitar un dispositivo de retorno, o bien por su misma configuración.
 - IV Combinaciones para procesos de diferentes fluidos hidráulicos,

los fabricantes usan varias combinaciones de los tres diafragmas antes mencionados.

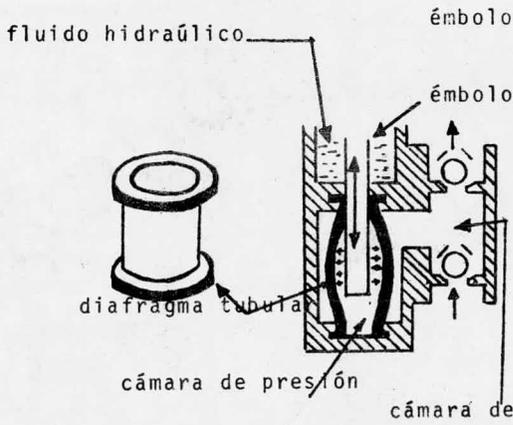


Fig. 3.5 Bomba dosificadora del tipo de diafragma tubular que actúa internamente

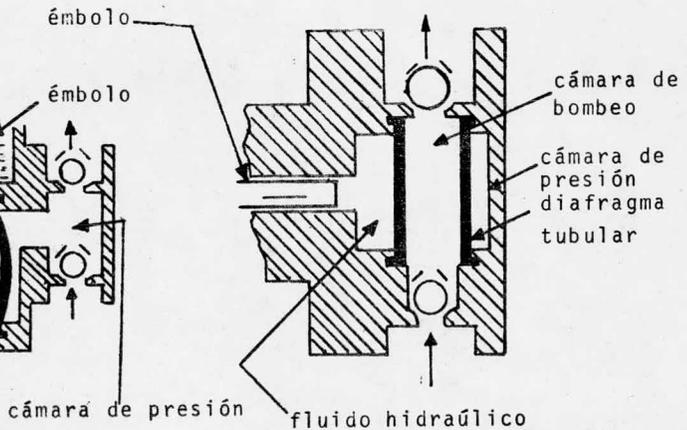


Fig. 3.6 Bomba dosificadora del tipo de diafragma tubular, operado externamente.

II Dosificación de acuerdo al tipo de accionamiento.

A) Manivela y Excéntrico:

- 1.- La manivela excéntrica y el eje a que está conectada, guiada por un dispositivo cruzado, cambia el movimiento rotativo, o una acción lineal para bombeo; en algunas de estas bombas -- como está en la (fig. 3.7) la bomba puede detenerse para -- alterar la carrera o el golpe ajustando el pivote en cierto punto del excéntrico.

2.- La variación de la manivela excéntrica permite la transmisión de su ajuste durante su bombeo, variando el punto -- donde está el pivote en la conexión del eje o flecha en el dispositivo de ajuste oscilante como se muestra en la fig. 3.8, esto es un mecanismo muy complicado y dificulta su - reparación por muchos puntos de desajuste.

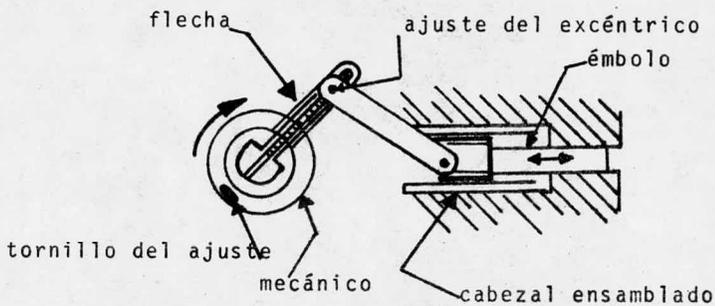


Fig. 3.7 Dosificación accionada por manivela y excéntrico, para variar la dosis hay que detener la bomba y mover el pivote en la flecha.

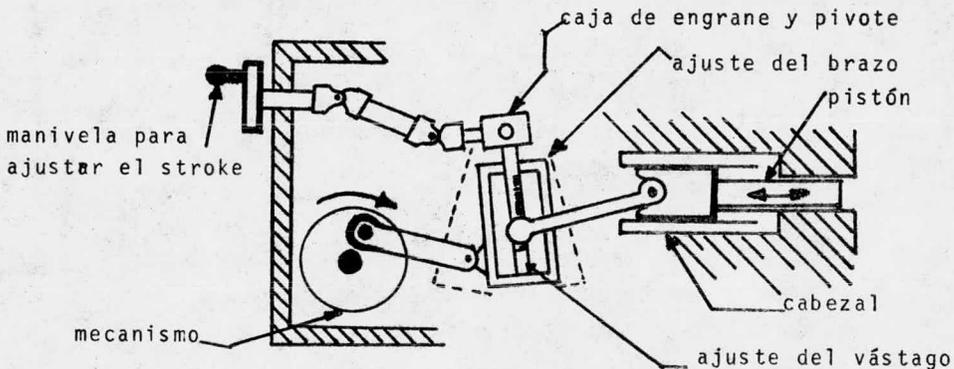


Fig. 3.8 Dosificación accionada por manivela y excéntrico, para variar la dosis hay que usar el ensamble que se muestra en dicha fig.

3) Transmisión de manivela:

1.- La transmisión de la manivela excéntrica en el pistón a través de un contacto directo; aquí hay dos tipos de ajuste del golpe o de carrera y son los siguientes:

1.1 Pérdida de movimiento: El golpe o carrera del retorno del pistón es acortado cuando el mecanismo para mecánicamente -- como en la (fig. 3.9) esto es una simple transmisión, pero el ajuste principal es rudo. Cuando el posicionador para bajos gastos de alimentación se ajusta en un punto de sobreposición de la flecha del pistón, lo que puede dar como resultado un -- desajuste acelerado y una carga de choque en la tubería de -- descarga.

1.2 El control del volúmen: El control del volúmen con una carrera fija indica que dicho control tiene varias formas por -- medio de una camisa ajustable como en la (fig. 3.10) o una -- válvula por separado como en otras bombas, ya que la acción es la misma porque hay una derivación lejos del diafragma, donde el fluido hidráulico bombeado pasa en una pequeña -- cantidad en cada golpe o carrera, este mecanismo elimina la duplicidad encontrada en los tipos de bombas arriba mencionada donde la flecha siempre está en contacto con el pistón. Esto también permite una simplicidad de mecanismo, porque -- el golpe o carrera del pistón es constante, ahora bien, en -- los tipos de camisa y otros parecidos descansan hasta fijar la camisa alrededor del pistón por repetición y ajuste de --

su alineación.

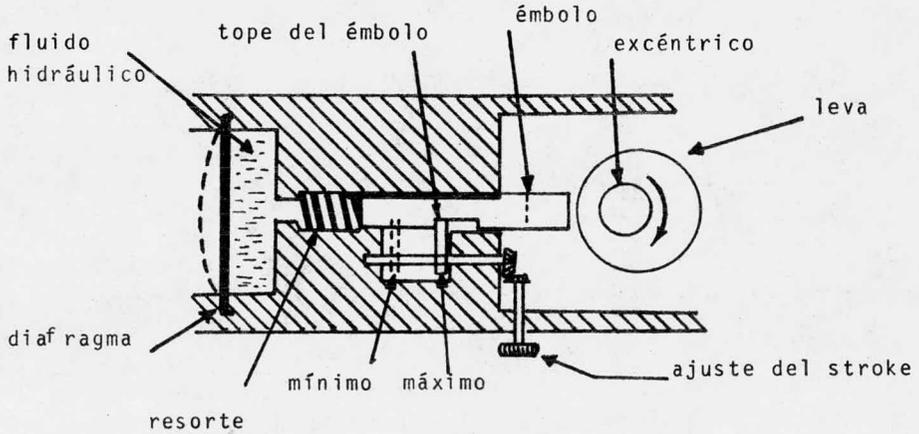


Figura 3.9 Transmisión de manivela por pérdida de movimiento en base a la leva.

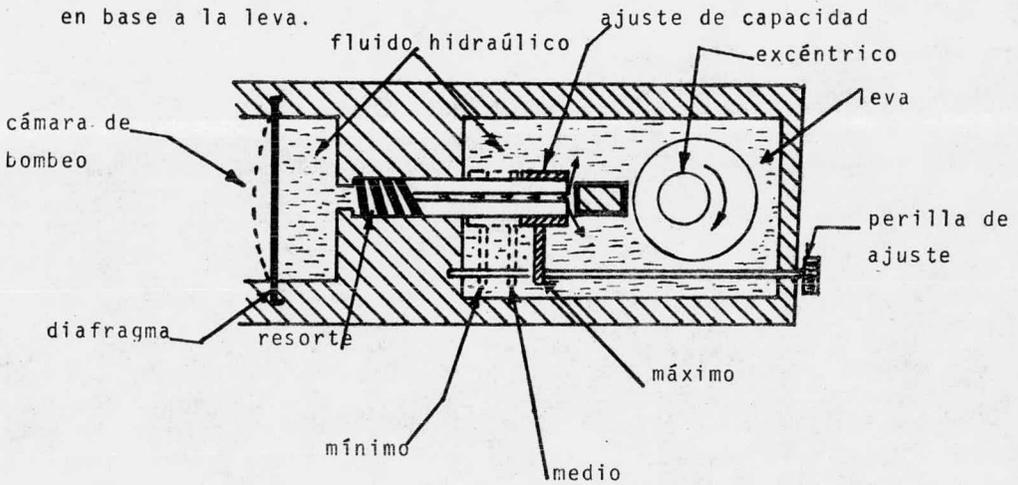


Figura 3.10 Transmisión de manivela variando el control del -- volúmen por medio de una camisa ajustable.

- C) Pistón rotativo: (incluido solamente en las bombas de diafragma operado hidráulicamente)

Este tipo tiene un resorte montado en el pistón como parte -- del dispositivo rotativo, el pistón come dentro del diámetro interior de un anillo deslizante, el cual puede ajustarse -- para hacer esta superficie excéntrica con referencia hacia -- dentro o hacia afuera del pistón, se recorre cuando es cambia do con un mínimo de salida siempre que el anillo está centra do.

Como ventajas el fabricante reclama que este diseño requiere menos potencia que otros, sin embargo el motor más pequeño es de $\frac{1}{4}$ de H.P. mientras que en otras bombas el motor es de -- $\frac{1}{10}$ de H.P. Ahora bien, el sello de aceite del dispositivo rotativo, puede dejar un desajuste prematuro y puede quedar - desalineado contra presiones de cargas variables.

- D) Solenoides: (Circuito impreso)

En este tipo de mecanismo de transmisión, es la simplicidad la que prevalece. Cuando la corriente se aplica al envolven te, la armadura jala hacia atrás el diafragma (aquí aparente mente no hay diafragmas aplicados hidráulicamente) y el líqui do bombeado es extraído dentro de la cabeza, cuando la fuerza es detenida el resorte regresa la armadura y el diafragma -- hace que el líquido bombeado sea forzado a través de la vál vula check.

El gasto de bombeo varía por el ajuste de la frecuencia de --

de la carrera y la longitud de esta carrera, normalmente este -- tipo de bomba tiene inter-construido un dispositivo de tiempo -- para el control de la velocidad, y la carrera o golpe es ajusta do limitando el recorrido de la armadura dentro de la envolvente. La simplicidad es una parte fuerte, pero estas bombas tienen baja capacidad, y los rangos de presión también son bajos. Presentan problemas de corrosión en los ensambles electrónicos y del solenoide.

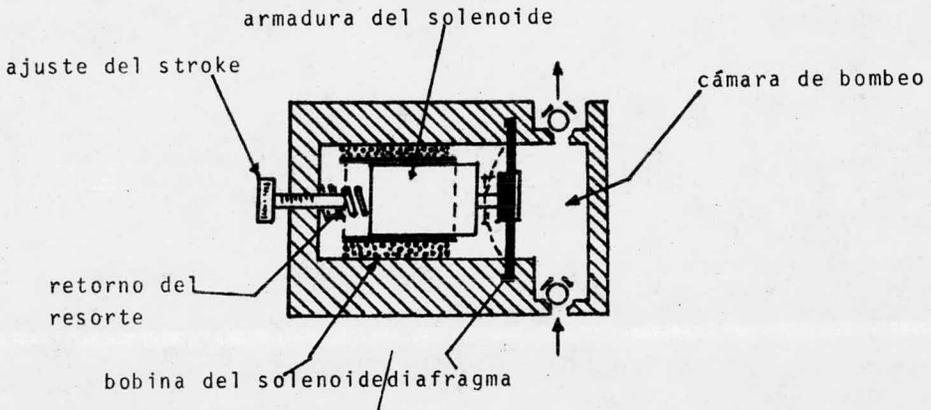


Figura 3.11 Bomba dosificadora de diafragma accionada por un -- solenoide.

III Tipos de control para el rango de alimentación.--

a) Velocidad:

- 1.- La variación de las velocidades de bombeo, y además del -- volúmen es complementada en varios pasos, cambios de engra nes, ángulos o dispositivos de poleas con bandas V, o por-

medio del uso de motores de velocidad variable, ya sea eléctrica o electrónicamente en forma lineal. Este último descansa en sí mismo por la facilidad de un control directo electrónico, automático, ahora bien; la velocidad de control del motor, puede ser sofisticada y cara, y esto además no es muy preciso.

B) Golpe o Carrera.-

1.- Variando la longitud del golpe o carrera del pistón de la bomba, se puede controlar la cantidad de fluido en cada ciclo, en los diseños acoplados mecánicamente, esto es usualmente hecho por un pivote variable (Fig. 3.7 y 3.8), cuando las máquinas son operadas por levas, el control de tipo general de carrera, parece como si fuera movimiento lento (fig. 3.9) Aquí también el anillo deslizante se asemeja al mostrado en la figura 3.12, estos son los ajustes mecánicos para automatizar los que se manejan por señales eléctricas o controlados de motor neumático, porque en la fase interna donde se efectúa el trabajo duro de las partes de la máquina, y la construcción, en esta parte también nos da una precisión mayor de 10:1

Nota: Por el uso tanto de la velocidad como del control de la carrera juntas en la variación de la salida, esta relación puede incrementarse (esto con la velocidad) a 20:1 y en lo mínimo 1/20 al máximo de gasto. El control del golpe o carrera, también permite un ajuste de la velocidad tan bajo como 1/10 de este rango. Esto puede dar un rango de alimentación muy bajo de 1/200 a 200:1 de la capacidad total de la bomba. Por último los límites de precisión y repetición, hacen que esta relación se pueda

esperar en la más usual de 100/1.

C) Control del volúmen del fluido.-

- 1.- Esto es similar al control de la carrera o golpe, y trabaja permitiendo que algo del fluido eléctrico pueda ser movido por el pistón a una cámara de derivación de presión, esto es reduciendo la deformación del diafragma (Fig. 3.10) --- porque el trabajo mínimo hecho a este punto de control --- puede ser más preciso que otros tipos y permite en forma --- finita un control repetitivo, existen bombas que tienen -- rango mejor de la relación 100:1 (en el mercado existe una electrónica operada por un solenoide que presenta un rango de 300:1).

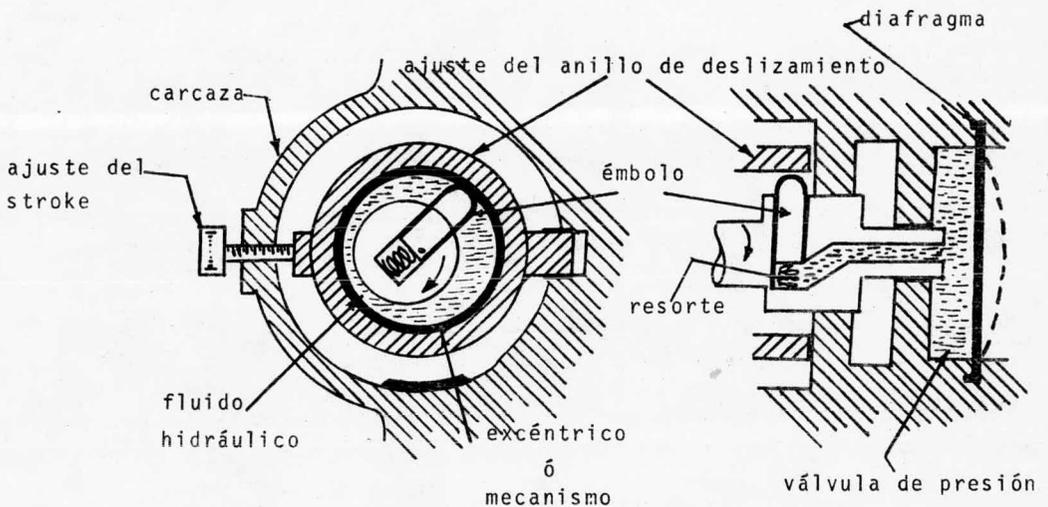


Figura 3.12 Bomba dosificadora de diafragma controlando el volúmen y el fluido.

3.5. DATOS DE INGENIERIA:

Presiones.-

Las bombas de émbolo, prácticamente no tienen límite de presiones. Actualmente se construyen para presiones de 1,000 bar, y aún mayores. Para aumentar la presión, basta hacer la bomba más robusta, y el motor más potente. El principio de desplazamiento positivo, demuestra teóricamente, cualquier presión es alcanzable. Sin embargo, las bombas de pistón son mayores presiones que las de diafragma.

Caudales.-

Las bombas de émbolo se adaptan solo a caudales limitados. Para aumentar el caudal, en ellos hay que aumentar el tamaño de la máquina, porque siendo como veremos en estas máquinas, el flujo es pulsatorio, los fenómenos de inercia, impiden aumentar el caudal, mediante el aumento de velocidad.

En Resúmen.-

Las bombas de émbolo se adaptan más a grandes presiones y y pequeños caudales, y las bombas rotodinámicas (centrífugas y axiales) a pequeñas presiones y grandes caudales. Las bombas de émbolo son de menor número específico de revoluciones (más lentos) que las bombas rotodinámicas.

NOTA:

Debido a lo anterior, o sea a su baja capacidad, las bombas dosificadoras de líquidos, tienen una gran aplicación para la adición de productos químicos, lo cual determina su importancia de uso en las industrias, como se verá en el capítulo 5, es com

- previsible que la dosificación de productos químicos, es baja en lo que se refiere a caudales, por esta razón se usan bombas del tipo de desplazamiento positivo, como ejemplo podemos citar que una termoeléctrica, la dosificación de ácido sulfúrico, fluctúa en un rango de 1,000 a 2,000 litros por día, esta puede ser bombeada por una bomba dosificadora de líquidos, y es relativamente alta la capacidad, sin embargo si se usa una bomba del tipo rotativa, pues sería de muy baja capacidad.

Caudal teórico, caudal real, y caudal instantáneo.-

En la figura 3.13, se ve un esquema de una bomba de émbolo. En ella el émbolo es de tipo corriente o de diseo: este tipo se emplea en las bombas de émbolo hasta presiones de 20 a 25 -- bar.

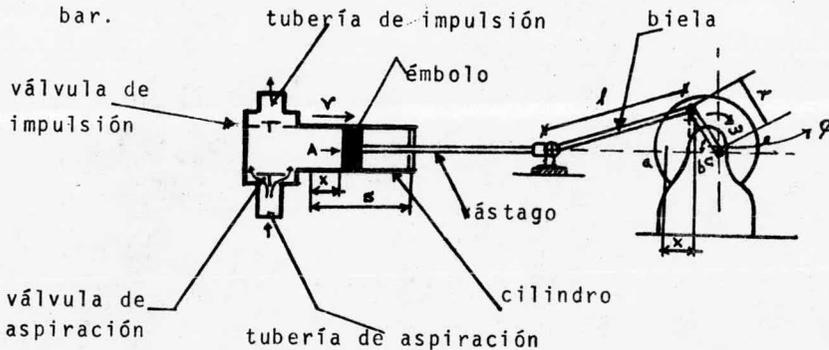


Figura 3.13 Esquema de una bomba de émbolo de simple efecto.

Si las presiones son mayores, el émbolo es mucho más robusto, de mayor longitud, y las bombas se llaman bombas de émbolo-buzo. El movimiento del motor eléctrico, de gasolina, diesel,

etc., se transmite por el mecanismo de la biela, manivela al vástago del émbolo. La bomba tiene dos válvulas, la válvula de aspiración que comunica con la tubería de aspiración, y la válvula de impulsión que comunica con la tubería de impulsión. Al moverse el émbolo hacia la derecha crea un vacío en la cámara, y la presión atmosférica que reina en el pozo de aspiración empuja el líquido por la tubería de aspiración al interior de la cámara, al volver el émbolo hacia la izquierda, cierra la válvula de aspiración y se abre la de impulsión y el líquido es impulsado por la válvula de salida, a cada revolución del motor, corresponden dos carreras (ida y vuelta) "S" del émbolo; pero solo en una se realiza la impulsión. Por tanto será:

Caudal Teórico. - (Qt)

$$Q_t = \frac{A n S}{60} \quad \text{m}^3/\text{s} \quad \text{S.I. ecuación 3.4}$$

donde A - Area transversal del émbolo, m^2 , S.I.

S - Carrera, m, S.I.

AS = D- Desplazamiento ó volúmen desplazado en una revolución, m^3 , S.I.

n - rpm del cigueñal

Luego en el caudal teórico de una bomba de émbolo, es directamente proporcional al área del émbolo, a la carrera y al número de revoluciones del motor, y no depende de la presión creada por la bomba. Esta última determina la potencia absorbida por la bomba para bombear un caudal determinado.

Si queremos aumentar el caudal, sin aumentar excesivamente las dimensiones de la máquina según la ecuación 3.4. habrá que aumentar (n); pero la razón ya expuesta anteriormente, la velocidad media del émbolo no suele exceder 1.5 m/seg y el número de carreras dobles (ida y vuelta) no suele exceder de 500 a 600 por minuto. La tendencia moderna señala un progreso hacia velocidades del émbolo mayores que los indicados, con lo que se disminuyen las dimensiones, y el peso de la bomba. Las bombas de émbolo en contraposición de las rotodinámicas, tienen excelentes características de aspiración, y no necesitan cebamiento. Sin embargo, la regulación del caudal, no puede hacerse en estas bombas, por cierre de la válvula de impulsión, sino variendo el número de revoluciones del motor, o bien haciendo el by-pass, de parte del caudal impulsado otra vez al tubo de aspiración.

"LA VALVULA DE IMPULSION EN UNA BOMBA DE EMBOLO SOLO SE DEBE CERRAR AL PARAR LA BOMBA, JAMAS EN MARCHA".

De lo contrario, la presión crecería hasta tal punto que se produciría una avería seria en el motor (en caso de no estar protegido) en la bomba o en la instalación. En este caso para seguridad se instala una válvula relevadora, que abrería cuando la presión aumentara considerablemente.

Caudal Real Q.-

El caudal real es menor que el teórico, a causa de las fugas debidos a retraso de cierre en las válvulas, a que las válvulas no cierren con precisión, y las péridas exteriores en los empaques -

- por donde el eje atravieza al émbolo. Además el aire mezclado con el líquido impulsado que se desprende a causa del vacío creado por la bomba, y que penetra por el tubo de aspiración si no es --- exacto, disminuye el caudal. Sin embargo, aquí también la disminución del caudal útil se debe al caudal de retroceso, que circula - en estas bombas por el juego entre émbolo y el cilindro dilatado - sobre todo en las grandes presiones. Estas pérdidas se tienen en cuenta en el rendimiento volumétrico.

$$N_v = Q/Q_t \quad \text{ecuación 3.5.}$$

N_v oscila entre 0.85 a 0.99. Es mayor en las bombas cuyo émbolo - es de mayor diámetro, y es menor, cuanto menor es la viscosidad -- del fluido.

Caudal instantáneo, Q_i .

El caudal instantáneo no es constante como en las bombas rotodinámicas, lo que constituye una desventaja, sino pulsatorio. En - efecto en la figura 3.13 llamando:

W --- Velocidad angular constante de la manivela

r --- Radio de la manivela

l --- Longitud de la biela

$\theta = Wt$ --- Angulo de giro de la manivela

x --- Camino recorrido por el émbolo desde el punto muerto superior

D --- Desplazamiento

v --- Velocidad del émbolo

$S = 2r$ --- Carrera del émbolo

- y siendo la relación r/l pequeña $ab \approx ac = x$. Entonces :

$$x = r - bd = r - r (\cos \theta) = r (1 - \cos \theta).$$

Por otra parte:

$$V = \frac{dx}{dt} = r \sin \theta \frac{d\theta}{dt} = r W \sin \theta$$

Pero $V=0$ tanto para $\theta = 0$ (Punto muerto superior) como para $\theta = \pi$ (Punto muerto inferior); luego entre ambos hay un máximo cuyo valor tiene lugar para:

$$\theta = \frac{\pi}{2}$$

$$V \text{ máx} = r \sin \frac{\pi}{2} W = Wr = \frac{\pi}{30} Nr$$

Luego la velocidad no es constante, sino que sigue una ley sinusoidal. El volúmen desplazado en un recorrido infinitesimal del émbolo será:

$$dD = A ds' \text{ pero: } ds = v dt = wr \sin \theta dt$$

$$\text{pero: } dS = v dt = wr \sin \theta dt.$$

$$\text{Luego: } dD = A Wr \sin \theta dt = A wr \sin \theta dt \text{ ec. 3.6}$$

Y el caudal instantáneo será:

$$Q_i = \frac{dD}{dt} = A Wr \sin \theta \text{ ec. 3.7}$$

que no es constante, sino que sigue una ley sinusoidal. Como $Wt = \theta$

$$\text{y } \frac{d\theta}{dt} = W \text{ de la ecuación 3.7 se deduce: } dD = rA \sin \theta d\theta$$

y el desplazamiento ó volúmen impulsado en una revolución será:

$$D = \int_0^{\pi} r A \sin \theta d\theta = Ar \int_0^{\pi} \sin \theta d\theta$$

$$D = Ar [-\cos \theta]_0^{\pi} = 2 Ar = A_s \text{ ec. 3.8.}$$

- que coincide con la ecuación 3.4.

Potencia indicada y-potencia útil.-

Diagrama del indicador: Se llama diagrama del indicador, a la representación gráfica de la variación de la presión en el cilindro de una bomba durante una revolución completa del cigueñal. En la práctica el diagrama del indicador, se obtiene mediante un instrumento conectado a la bomba, y por tanto registra la presión instantánea en el interior de la bomba. El diagrama del indicador, sirve para:

- Descubrir defectos del funcionamiento de la bomba.
- Medir la potencia interna, que en las máquinas alternativas, para obtener con este aparato se llama potencia indicada.

Si la bomba trabaja normalmente (las válvulas se abren y se cierran sin dilatación, no existen fugas en las válvulas, el émbolo y el cilindro tienen un ajuste perfecto, no hay pérdidas importantes en el paso del fluido por las válvulas), en el diagrama del indicador, las líneas ac y bd, que corresponden al comienzo de la aspiración y la impulsión, respectivamente serían verticales. La pequeña elevación de la presión, se advierte en el ángulo derecho del diagrama, corresponden al momento de apertura de la válvula de impulsión y análogamente sucede con la pequeña depresión de la válvula al comienzo de la aspiración.

En la figura 3.14. a,b,c,d, pueden verse diagramas que corresponden a bombas con algún defecto de funcionamiento. El diagrama a corresponde a una bomba en que la válvula de aspiración, no se cierra

- a tiempo; las verticales se inclinan porque el émbolo comienza su carrera de retroceso cuando aún no se han cerrado las válvulas (la de impulsión o la de aspiración). Estas inclinaciones pueden producirse también si las válvulas no cierran bien, debido a impurezas que las obstruyen, o a que no estén en condiciones, o también si ha entrado aire en el cilindro. El área del diagrama "b" corresponde a una bomba en que funcionan mal ambas válvulas. Del diagrama "d", puede concluirse que por entrada de aire no se hace un vacío suficiente en el cilindro. El área del diagrama convertido a unidades convenientes mediante una escala apropiada, representa el trabajo hidráulico comunicado por el émbolo al líquido en una revolución.

Este trabajo específico, puesto en metros, corresponde exactamente a la altura de Euler HU en las bombas rotodinámicas. Así -- como multiplicando dicha altura por el caudal teórico, obtendríamos la potencia interna de la bomba rotodinámica y de la misma manera - obtendremos la potencia indicada. El subíndice "i" en P_i significa potencia indicada o interna, porque en realidad son una misma. Midiendo el área del diagrama del indicador con un planímetro y dividiendo esta área por la carrera S, se calcula la presión media indicada, P_i en resumen:

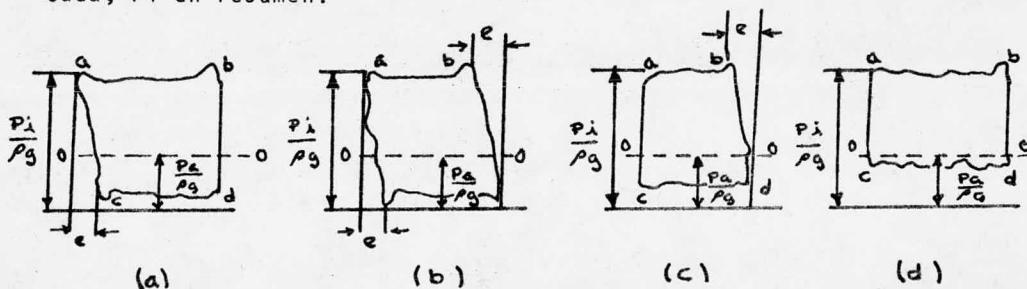


Figura 3.14 Diagramas diversos del indicador . El diagrama (a) - acusa que la válvula de impulsión no se cierra a tiempo; (b) ambas válvulas funcionan mal; (c) la válvula de aspiración no se cierra a tiempo; (d) vacío insuficiente.

Potencia indicada o potencia interna de una bomba de émbolo.-

$$P_i = \frac{P_i A_s n}{60 v} \quad W \text{ (S.I)} \quad \text{ecuación 3.9}$$

Potencia útil.-

$$P = Q P_g H \text{ (*)} \quad W \text{ (S.I)} \quad \text{ecuación 3.10}$$

Rendimiento hidráulico.-

$$h = \frac{H}{P_i / p_g \text{ (*)}}$$

Rendimiento total.-

$$\text{tot} = v h m \text{ (*)}$$

El rendimiento total en las bombas de émbolo, oscila de 0.70 a 0.92 según el tamaño, tipo y calidad de construcción. Una dosificación - que no es tan común, pero se llega a representar en ciertas ocasiones (por esta razón no se incluye en la sección 3.4) es la siguiente:

Las bombas de émbolo se clasifican en simplex y multiplex, y estas últimas en duplex (de dos cilindros o de uno doble, triplex y cuadruplex). Las bombas multiplex tienen la ventaja de aminorar las pulsaciones del caudal. Así como aumentar el caudal total de la bomba. La figura 3.15 representa una bomba de doble efecto.

Es evidente que el caudal teórico Q_t de esta bomba será:

$$Q_t = \frac{A s n}{60} + \frac{(A-a) s n}{60} = \frac{(2A - a) S n}{60}$$

(*) Estas fórmulas se derivan de cálculos para bombas rotodinámicas pero sirven para bombas de desplazamiento positivo.

donde:

A --- Area del émbolo.

a --- Area del vástago.

S --- Carrera.

Esta bomba consigue mucho mayor uniformidad de caudal con poca complicación.

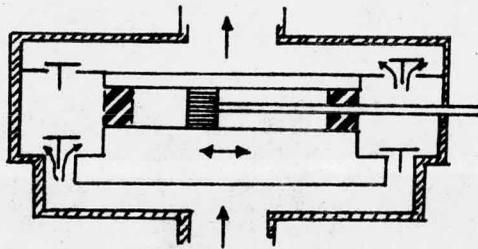


Figura 3.15 Esquema de una bomba de émbolo de doble efecto.

La bomba triplex consta de tres bombas de simple efecto, y tienen tubos de aspiración y de impulsión comunes. Los ángulos del cigueñal son de 120° , las bombas cuádruplex, constan de dos bombas de doble efecto, con tubo de aspiración y de impulsión también comunes y ángulos del cigueñal a 90° . Es inmediata la obtención de las siguientes fórmulas.

Fórmulas del caudal útil.-

Bomba Simplex: $Q_1 = \eta_1 \frac{A_s n}{60} \text{ m}^3/\text{seg.}$ S.I. ecuación 3.11

Bomba Duplex: (Un cilindro de doble efecto)

$$Q_2 = \eta_1 \frac{(2A-a)S_n}{60} \text{ m}^3/\text{seg} \text{ S.I. ecuación 3.12}$$

Bomba Triplex: $Q_3 = 3Q_1 \text{ m}^3/\text{seg}$ S.I. ecuación 3.13

Bomba Cuadriplex: $Q_4 = 2Q_2 \text{ m}^3/\text{seg}$ S.I. ecuación 3.14

El coeficiente de irregularidad E, se define así:

$$E = \frac{Q \text{ máx}}{Q \text{ medio}}$$

Este coeficiente vale para las:

--- Bombas Simplex $E_1 = \sqrt{\pi} = 3.14$

--- Bombas Duplex $E_2 = \sqrt{\pi/2} = 1.57$

--- Bombas Triplex $E_3 = \sqrt{\pi/3} = 1.047$

--- Bombas Cuadriplex $E_4 = 1.41/\sqrt{\pi/4} = 1.11$

Siendo la bomba triplex la que tiene más regularidad de caudal.

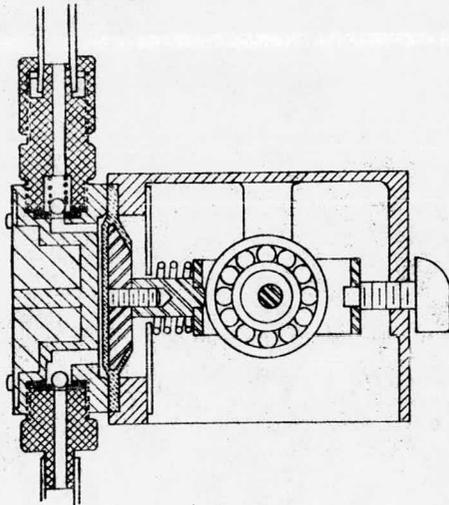
CAPITULO IV

ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

4.1 INTRODUCCION

Aunque el Instituto de Hidráulica (Hydraulic Institute) describe las partes principales de diferentes bombas de desplazamiento positivo, creemos conveniente ilustrar mediante diagramas, las bombas más comunes en el mercado -- tanto nacional como internacional, ya que a través de diferentes años nos hemos percatado que dichas bombas sufren modificaciones e innovaciones que van con la tecnología actual, como ejemplo podemos citar que el cabezal de una bomba dosificadora de líquidos, estaba construida en acrílico, o bien en "PVC" y el diagrama en hule corriente o teflón, al transcurrir el tiempo han sido lanzados al mercado nuevos materiales de construcción, como el ABS, el polypropileno, el polypropileno con "PVC", el Kynar etc, para el cabezal de la bomba; y el vitón, el Hypalón,

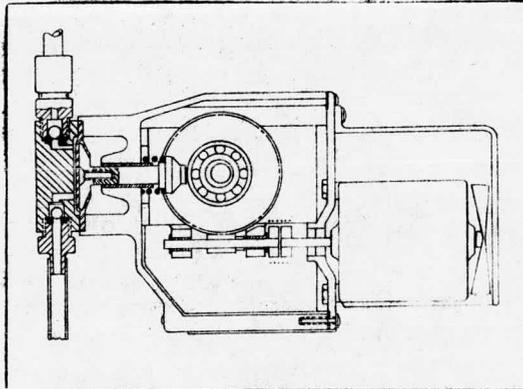
el Hypalón cubierto con teflón, el EDPM, T, F, E, Elgiloy para el diafragma, algunos de estos materiales son marcas registradas, y patentes de importantes consorcios de industrias. Así mismo cabe hacer notar, que estas bombas, traen nuevos sistemas de ajuste, aditamentos en las pichanchas, en los checks, nuevos modelos, ampliación de capacidades y de presiones etc. Por lo descrito, emprenderemos a ilustrar las bombas dosificadoras de líquidos más comunes, y que presentan en este momento la más alta tecnología, aunque su principio es como los que muestra el Instituto de Hidráulica.



(a)

Fig. 4.1 a) Corte lateral de una bomba dosificadora de líquidos del tipo de diafragma marca Chen-Tech serie 100 de capacidad de 0 a 30 G.P.D. y presión de descarga 100 P.S.I. para "trabajo ligero".

b) Corte lateral de una bomba dosificadora de líquidos del tipo de diafragma marca Chen-Tech serie 200 de capacidad de 0 a 10 G.P.D., 0 a 20 G.P.D., 0 a 30 G.P.D., 0 a 40 G.P.D., 0 a 60 G.P.D., 0 a 80 G.P.D., 0 a 100 G.P.D., 0 a 120 G.P.D., y presiones de descarga de 150 P.S.I., 125 P.S.I., 100 P.S.I., 80 P.S.I. para "trabajo mediano".



(b)

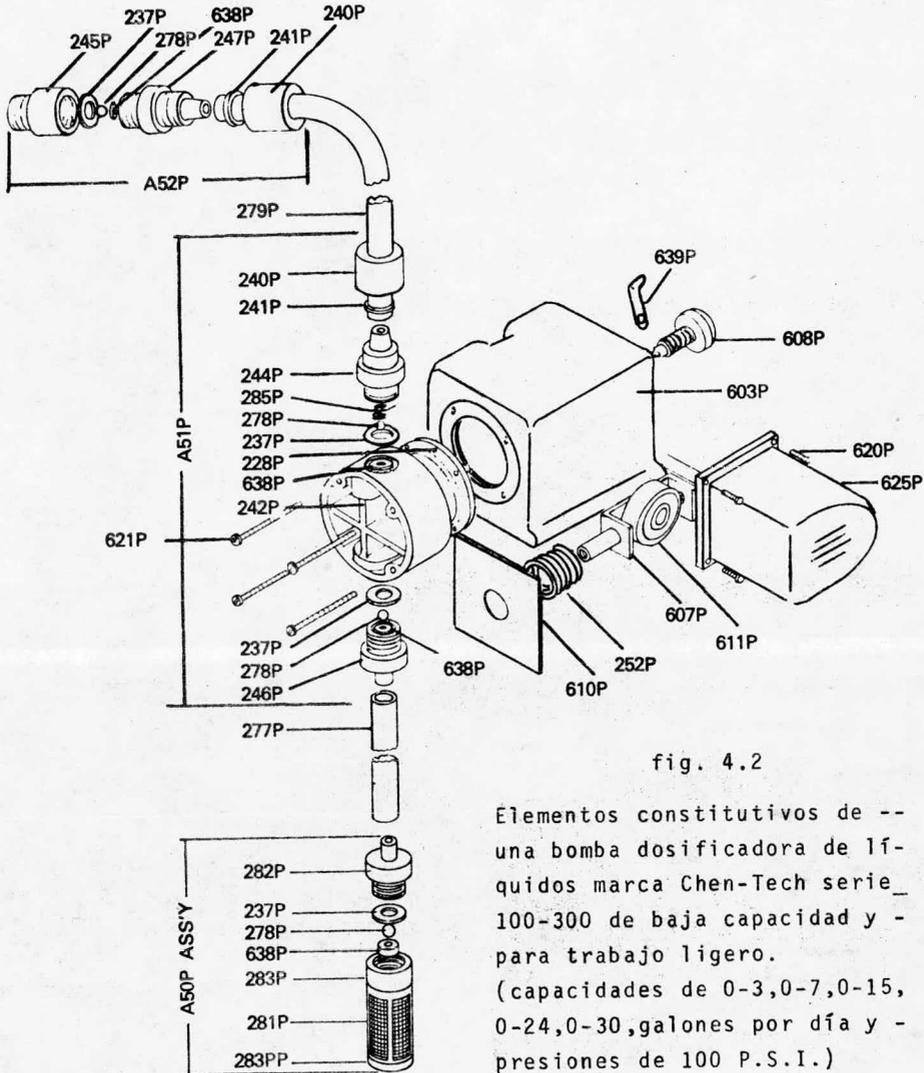


fig. 4.2

Elementos constitutivos de --
 una bomba dosificadora de lí-
 quidos marca Chen-Tech serie_
 100-300 de baja capacidad y -
 para trabajo ligero.
 (capacidades de 0-3,0-7,0-15,
 0-24,0-30, galones por día y -
 presiones de 100 P.S.I.)

4.2 ELEMENTOS CONSTITUTIVOS DE LAS BOMBAS DE DIAFRAGMAS OPERADAS MECANICAMENTE.

Lista de partes de la serie 100-30 de la firma Chem-Tech:
(fig. 4.2)

<u>PARTE</u>	<u>NUMERO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
228	P	Diafragma.
237	P	Empaque asiento de la válvula.
240	P	Tuerca.
241	P	Anillo para manguera.
242	P	Cabezal sin válvulas.
244	P	Válvula de descarga.
245	P	Conexión de inyección.
246	P	Válvula de succión.
247	P	Válvula de inyección.
252	P	resorte de retorno de diafragma.
277	P	Manguera de succión.
278	P	Canica "check".
279	P	Manguera de descarga.
281	P	Malla de pichancho.
282	P	Válvula de pichancho.
283	P	Adaptadores para pichancho.
285	P	Resorte antisifonaje.
603	P	Carcaza de bomba.

<u>PARTE</u>	<u>NUMERO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
607	P	Ménsula o espaciador.
608	P	Tornillo de ajuste de <u>capa</u> cidad.
610	P	Placa para soporte del ca- bezal.
611	P	Balero.
*612	P	Cojinete de agujas.
*613	P	Leva o excéntrico.
*614	P	Motoreductor.
620	P	Tornillo 10-24x1/2"
621	P	Tornillo para cabezal.
625	P	Cubierta de motor,
626	P	Flecha de diafragma.
638	P	Empaque asiento de canica.
639	P	Seguro (contra).
A	50	Pichancha o válvula de pie
A	51	Cabezal ensamblado.
A	52	inyector ensamblado.

* Estas piezas no se ilustran en el diagrama.

NOTA: El diafragma 228-P no se incluye en el cabezal en-
samblado A-51.

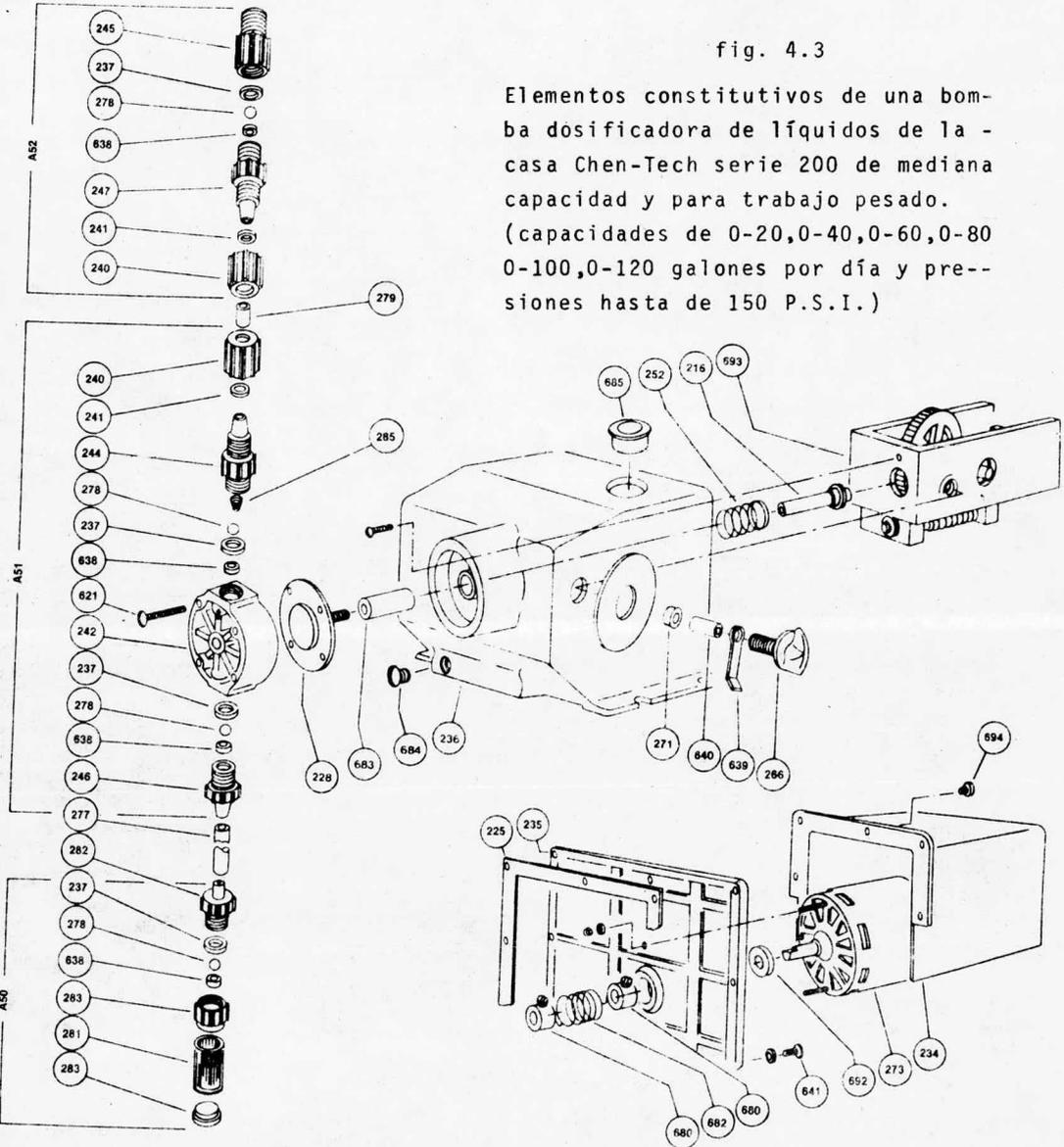


fig. 4.3

Elementos constitutivos de una bomba dosificadora de líquidos de la casa Chen-Tech serie 200 de mediana capacidad y para trabajo pesado. (capacidades de 0-20,0-40,0-60,0-80 0-100,0-120 galones por día y presiones hasta de 150 P.S.I.)

Lista de partes de la serie 200, (240, 260, 280, 2-120) de --
la firma Chem-Tech: (fig. 4.3)

<u>PARTE</u>	<u>NUMERO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
682	P	Cople para resorte de acoplamiento.
683	P	flecha de diafragma (casquillo).
684	P	Tornillo para drenar aceite.
685	P	Tapón de aceite.
692	P	Retén para aceite.
693	P	Tren de engranes (depende del modelo.
694	P	Tornillo 10x24x3/8".
A-50	P	Pichancho o válvula de pie
A-51	P	Cabezal ensamblado.
A-52	P	inyector ensamblado.
216	P	Flecha del diafragma.
225	P	Junta.
228	P	Diafragma.
234	P	Cubierta del motor.
235	P	Tapa de caja de engranes.
236	P	Carcaza de la bomba.
237	P	Empaque asiento de válvula
240	P	Tuerca.
241	P	Anillo para manguera.
242	P	Cabezal sin válvulas.
244	P	Válvula de descarga.



<u>PARTE</u>	<u>NUMERO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	ENEP ARAGON
245	P	Conexión del inyector.	
246	P	Válvula de succión.	
247	P	Válvula de inyección.	
252	P	Resorte de retorno del dia fragma.	
266	P	Tornillo de capacidad.	
271	P	Empaque (arandela).	
273	P	Motor.	
277	P	Manguera de succión.	
278	P	Canica "check".	
279	P	Manguera de descarga.	
281	P	Malla de pichancha.	
283	P	Adaptadores para pichancha	
285	P	Resorte antisifonaje.	
621	P	Tornillos para cabezal.	
638	P	Empaque asiento de canica.	
639	P	Seguro (contra).	
640	P	Cople para tornillo de ca- pacidad.	
641	P	Tornillo 10x24x3/4".	
642	P	Roldana.	
680	P	Resorte de acoplamiento.	

4.3 Elementos constitutivos de las bombas de pistón operados__
 mecanicamente: (fig. 4.5)

<u>PARTE</u>	<u>NUMERO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
408	P	Reductor de velocidad con flecha (R.P.M.).
402	P	Transmisión de motor 115v.
403	P	Motor con flecha (R.P.M.)
414	P	Leva (excéntrico).
415	P	Prisionero.
416	P	Balero (cerrado o abierto)
417	P	Carcaza de la bomba.
418	P	Tope del mecanismo.
419	P	Tornillo 1/2"-20x3/8.
420	P	Balero o cojinete de agu-- jas.
421	P	Tornillo de cubierta.
422	P	Cubierta de la leva.
424	P	Clip (seguro de la cubier- ta).
425	P	Comedera ensamblada.
427	P	Tornillo de ajuste de capa cidad.
428	P	Seguro (contra).
430	P	Comedera.

"A" Pistón ensamblado.

487	P	5/8"	calibre SS 316
488	P	1/2"	calibre SS 316
489	P	3/8"	calibre SS 316
490	P	1/4"	calibre SS 316

"B" Pistón.

438 P	5/8"	diámetro.
439 P	1/2"	diámetro.
440 P	3/8"	diámetro.
441 P	1/4"	diámetro.

"C" Casquillo o tapón.

443 P	5/8"	calibre.
444 P	1/2"	calibre.
445 P	3/8"	calibre.
446 P	1/4"	calibre.

"D" Juego de empaque.

448 P	5/8"	calibre.
449 P	1/2"	calibre.
450 P	3/8"	calibre.
451 P	1/4"	calibre.

"E" Glándula para grasa.

453 P	5/8"	calibre.
454 P	1/2"	calibre.
455 P	3/8"	calibre.
456 P	1/4"	calibre.

"F" Cabezal de la bomba.

480 P	5/8"	calibre SS 316.
481 P	1/2"	calibre SS 316.
482 P	3/8"	calibre SS 316.
483 P	1/4"	calibre SS 316.

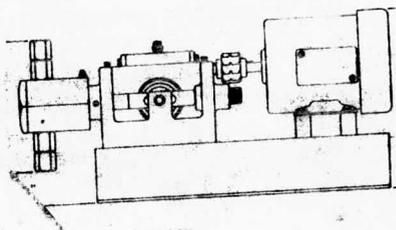


Fig. 4.4 a) vista lateral -- de una bomba dosificadora de líquidos del tipo de pistón.

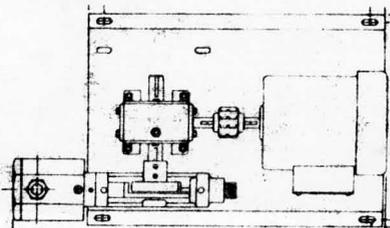


Fig. 4.4 b) vista superior - de una bomba dosificadora de líquidos del tipo de pistón.

<u>PARTE</u>	<u>NUMERO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
463	P	Válvula para grasa.
465	P	Válvula relevadora para -- grasa.
466	P	Válvula de descarga ensam- blada (1/4").
467	P	Resorte de válvula.
468	P	Canica de teflón (3/8").
469	P	Check de descarga superior
470	P	Check de descarga inferior
471	P	Asiento de PVC.
472	P	Válvula de succión ensam-- blada (1/4").
474	P	Check de succión superior.
475	P	Check de succión inferior.
473	P	base de la bomba.

Fig. 4.5

Elementos constitutivos de una bomba dosificadora de la firma Chen-Tech serie - 400 y 450 de alta capacidad y alta presión (capacidades de 0-1,0-3,0-8,0-17, galones por hora y presiones hasta de 800 P.S.I.)

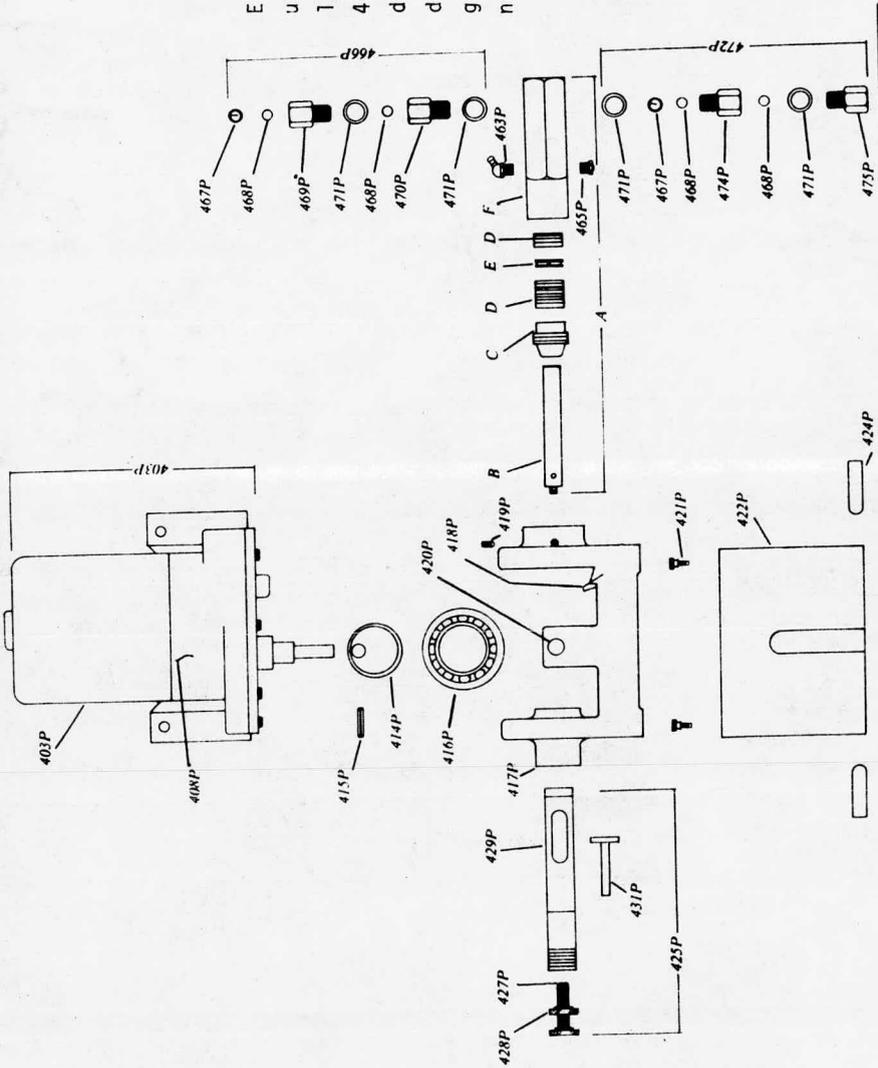
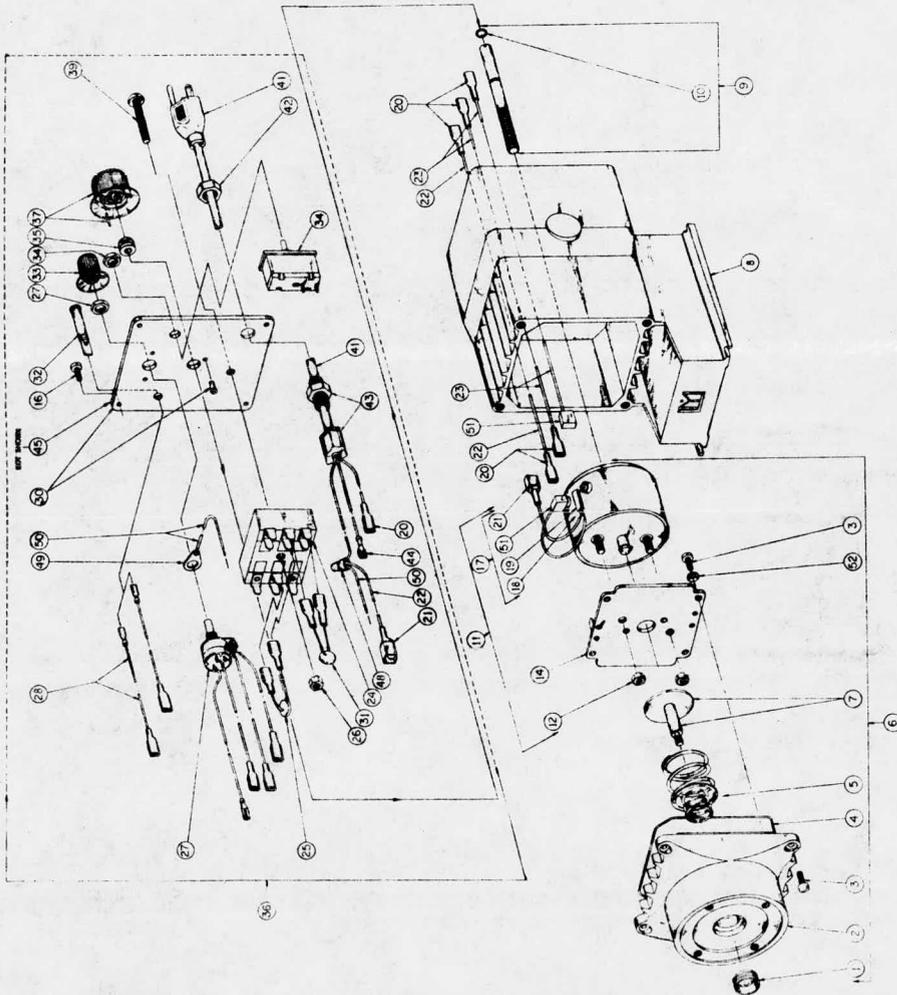


Fig. 4.6
 Elementos constitutivos de -
 una bomba dosificadora de la
 firma Liquid Metronics serie
 A-111 para baja capacidad de
 0-24 GPD, y presión de opera-
 ción 80 P.S.I.



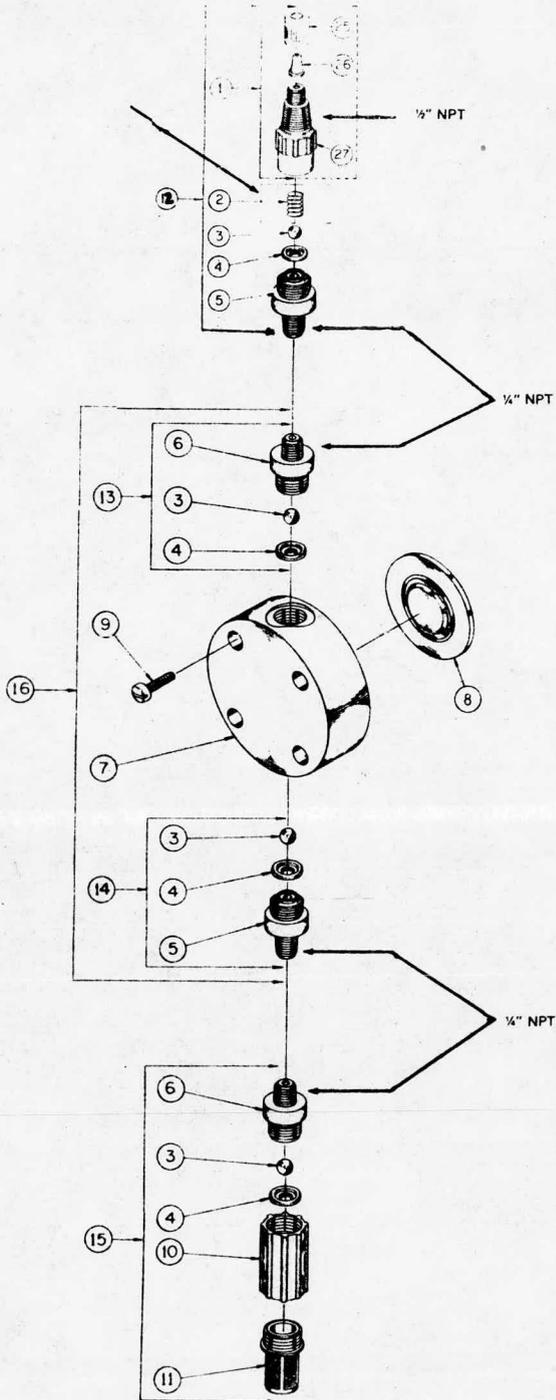
4.4 Elementos constitutivos de la bomba dosificadora del tipo de diafragma operada electronicamente de la Cía. Liquid - Metronics: (fig. 4.6)

<u>PARTE</u>	<u>NUMERO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
1	10973	Sello.
2	10159	Espaciador con cojinete.
3	10168	Tornillo 10-24x7/16" SS.
4	10166	Junta.
5	10385	Resorte.
6	10160	Solenoides y espaciador ensamblado.
7	10161	Flecha del liquifram (diafragma).
8	10201	Carcasa de la bomba.
9	10640	Flecha de ajuste con empaque.
10	10487	Empaque.
11	10162	Solenoides 115 volt.
12	10223	Tuerca.
14	25218	Placa del solenoide.
16	10340	Tornillo 10-24x3/4" SS.
17	10163	Solenoides con termostato.
18	10239	Tapa alta temperatura.
19	10176	Termostato.
20	10182	Alambre terminal.
21	10368	Alambre terminal.
22	10588-58	Alambre, 18 AWG, verde.
23	10588-48	Alambre, 18 AWG, amarillo.

<u>PARTE</u>	<u>NUMERO</u>	<u>DESCRIPCION</u>
24	10150	Pulsador 115v. 10-100 S.P.M
25	25051	Varistor ensamblado MOV.
26	10199	Tuerca 1/4-20 nylon.
27	10220	Potenciómetro y switch ensamblado.
28	10225	Alambre ensamblado.
30	25604	Panel de control.
31	10626	Varistor ensamblado MOV.
32	10181-G	Luz piloto 115v.
33	10172	Perilla del stroke.
34	10408	Tuerca del circuito.
35	10486	Arandela.
36	10221	Panel de control ensamblado 115v.
37	25136	Perilla de la carrera del diafragma.
39	10198	Tornillo 1/4-20 nylon.
41	10178	Cordón o cable 115v.
42	10362	Tuerca.
43	10362	Conector de alambres.
44	10186	Alambre terminal.
48	10240	Aislante.
49	10187	Arandela.
50	10488	Alambre verde.
51	25070	Alambre terminal.
52	10415	Rondana.

Una de las partes principales de cualquier bomba dosificadora de líquidos, es el cabezal y el diafragma ya que como se verá en el capítulo siguiente dependerá del producto químico a dosificar, existiendo diferentes materiales de construcción tanto para el cabezal, como para el diafragma, por esta razón describiremos aisladas las partes constitutivas de estas importantes piezas.

<u>PARTE No.</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>CANTIDAD</u>
1	Válvula de inyección con - difusor.	1
2	Resorte cubierto de teflón	1
3	Canica de cerámica	4
4	Empaque asiento de canica "o" ring.	4
5	Válvula de succión "PVC" gris.	2
6	Válvula de descarga "PVC" gris.	2
7	Cabezal acrílico "PVC" SS 316, etc.	1
8	Diafragma, Hypalón, teflón, vitón, etc.	1
9	Tornillo SS 316 10-24x3/4"	4
10	Válvula de pie polipropileno negro.	1



<u>PARTE No.</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>CANTIDAD</u>
11	Coladera, polipropileno - blanco.	1
12	Inyector ensamblado.	1
13	Válvula de descarga ensam- blada.	1
14	Válvula de succión ensam-- blada.	1
15	Pichancha ensamblada.	1
16	Cabezal ensamblado sin dia- fragma.	1
25	Tuerca del difusor PVC o po- lipropileno.	1
26	Difusor, vitón amarillo.	1
27	Válvula de inyección "PVC" o polipropileno.	1

Después de observar el cabezal y el diafragma, mostraremos un resumen de una tabla de resistencias, esta tabla ayuda a elegir rápidamente el cabezal y el diafragma (cuando se habla de cabezal se incluye la pichancha y el inyector) - adecuado, obviamente dependiendo del producto químico a dosificar, dichas tablas las suministra el fabricante de bombas y algunas contienen hasta 300 o más productos químicos.

TABLA 4.1

GUIA DE RESISTENCIA QUIMICA

	C P V C	P V C	RYTON	POLIPRO- PILENO	POLYETI- LENO	LUCITE	ACRILICO	TEFLON	SS 316	CARP 20	EPDM	SILASTIC	CERAMICA	HYPALON	VITON
SULFATO DE ALUMINIO	A	A	A	A	A	A	A	A	P	B	A	X	A	A	A
ANILINA	E	E	A	C	D	E	E	A	A	A	A	X	A	B	A
CLORURO DE CALCIO	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A
HIPOCLORITO DE CALCIO	A	A	A	A	A	A	A	A	D	D	B	D	A	A	D
SULFATO DE CALCIO	A	A	A	A	X	A	A	A	B	B	B	D	A	A	A
CLORO	A	A	A	E	B	X	X	A	E	B	B	X	A	B	A
GLICERINA	A	A	A	A	X	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B
ACIDO MURIATICO 0-25%	A	A	A	A	B	A	A	A	E	E	E	E	C	A	B
ACIDO MURIATICO 25-37%	A	A	A	A	B	A	B	A	E	E	C	E	C	A	A
ACEITE LUBRICANTE	C	C	A	C	D	A	A	A	A	A	E	E	A	D	A
ACIDO NITRICO 20%	A	A	A	A	B	E	E	A	B	A	E	D	A	A	A

A- Excelente

B- Bueno

C- Bueno hasta 26°C

D- Efectos moderados
(use bajo condiciones limitadas)

E- No recomendable

F- Autocatalitico

X- No sirve

TABLA 4.1 (2)

GUIA DE RESISTENCIA QUIMICA

	C P V C	P V C	RYTON	POLENO- POLYETI- LENO	LUCITE	ACRILICO	TEFLON	SS 316	CARP 20	EPDM	SILASTIC	CERAMICA	HYPALON	VITON	
ACIDO NITRICO 50%	A	A	C	C	C	E	E	A	B	A	E	E	A	E	A
ACIDO FOSFORICO 50-100%	B	B	A	B	B	A	D	A	B	B	E	E	A	A	B
CLORURO DE SODIO	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	A	A	B	B
HIDROXIDO DE SODIO 50%	A	A	A	A	B	D	E	A	A	A	C	D	E	B	E
HIPOCLORITO DE SODIO	A	A	A	A	A	A	A	A	D	X	B	D	A	A	D
NITRATO DE SODIO	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	E	A	B	B
SULFITO DE SODIO	A	A	A	A	A	A	A	A	B	B	B	X	A	B	B
ACIDO SULFURICO 10-75%	A	A	B	A	C	D	E	A	E	A	E	E	A	A	A
ACIDO SULFURICO 75-100%	C	C	C	C	C	E	E	A	E	A	E	E	A	D	A
SULFATO DE ZINC	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A

A- Excelente

B- Bueno

C- Bueno hasta 26°C

D- Efectos moderados
(use bajo condiciones
limitadas)

E- No recomendable

F- Autocatalitico

X- No sirve

CAPITULO V

APLICACION DE LA BOMBA DOSIFICADORA
DE LIQUIDOS

5.1 INTRODUCCION

A continuación se da una ligera presentación de la aplicación de las bombas por industria:

- a) Tratamiento de agua
 - dosificar hipocloritos, fosfatos, orgánicos y otros solubles; tratamiento de aguas negras, etc.

- b) Refinamiento del petróleo
 - proveer líneas de tubería, dosificar aceites, gasolina y aditivos, manejar aceites solubles, aceites para cortar metales, producción de fluidos sintéticos, adición de desinfectantes, tratamiento de agua de servicios.

- c) Industria química - proporcionar productos químicos y otros solubles que dependen de cierto rango.
- d) Laboratorios farmacéuticos - mezcla de drogas, antibióticos, vacunas, vitaminas, detergentes, etc.
- e) Industria cosmética y perfumes - mezclar líquidos a preparar, cremas, lociones tónicos para el cabello, esencias, detergentes, aceites del tipo cosmético, desodorantes, etc.
- f) Clínicas y hospitales - tratar el agua de suero, análisis volumétrico (tetración), análisis de sangre.
- g) Investigación médica y bioquímica - mezcla de sustancias químicas, alcoholes, antihistaminas, complejos vitamínicos, concentrados, hipocloritos, ingredientes varios, etc.
- h) Procesamiento de alimentos - manejar sanitariamente, desinfectantes, extractos, esencias, aromatizantes, adición de conservadores, tratar el agua que lleva el producto, dosificación de jarabe etc.

- i) Aire acondicionado y mantenimiento de sistemas de refrigeración - neutralizar las torres de enfriamiento, y/o tratar el agua de alimentación, adición de detergentes, bactericidas, germicidas, o diferentes productos químicos.
- j) Industria del metal, maquinaria y automovilística - proporcionar diferentes aditivos, lubricantes, inhibidores de corrosión, limpieza de rociadores, y otros líquidos que necesitan rango ajustable.
- k) Industria del vidrio y relacionado con ésta - mezcla de aceite soluble y enfriadores con agua para tener la solución deseada para enfriar y lubricar, los cortes del vidrio y para tratamiento de agua de servicios.
- l) Cervecerías y destilerías - adición de ingredientes en la cerveza y líquidos procesados, proveer la desinfección en los envases, lavado de maquinaria, y alimentar lubricantes y aceites a los equipos.

las torres de enfriamiento y de las calderas ya que muchísimas industrias cuentan con estos dos importantes equi--pos, que lo que procesan es agua y para tratar ésta re- - quieren forzosamente del equipo de bombas dosificadoras - de llquidos. Así mismo cabe mencionar que las bombas dosificadoras tienen a veces aplicaciones un tanto raras en - la industria, depende específicamente de ésta, por lo que sería muy difícil mencionar toda la aplicación de estos - equipos.

5.2 EL AGUA LA MATERIA PRIMA.

El agua tiene gran demanda tanto para el consumo humano, doméstico, personal o público como el comercial e indus--trial.

Su consumo excede al de toda substancia utilizada en la - industria y a cada uso o aplicación, ésta necesita de uno o varios tratamientos dependientes de la calidad del agua. Se puede decir que aproximadamente el 98% de la industria necesita el agua para sus procesos, aunque sea con un tratamiento primario que consiste en añadir cloro al agua, - para evitar la formación de algas, ésto es dosificable -- con una bomba, así mismo como ejemplo podemos citar que - para una tonelada de papel se necesitan 230 toneladas de agua, etc. así se podrían enumerar un sin fin de procesos.

- m) Industria papelera - Adición de productos químicos a la celulosa, y al papel en su proceso, planta de recuperación de -- aguas, etc.
- n) Industria embotelladora - dosificación de hipocloritos a cisternas, alimentación de floculantes a las plantas de aguas negras, - añadir desinfectantes, etc.
- o) Campo - proporcionar fertilizantes, insecticidas, fungicidas, pesticidas y cualquier producto químico de rango graduable.
- p) Calderas - Adición de desincrustantes y controlar el P.M. - mediante la dosificación de ácidos o alcalis, etc.

Sin lugar a dudas, el ramo que proporcionan las bombas dosificadoras de líquidos es: el de tratamiento de agua, o acondicionamiento de agua, ya que como se observó el uso principal es dosificar productos químicos para obtener una mejor calidad del agua en proceso.

En esta parte del capítulo daremos una breve introducción de la importancia del agua, que es, como se usa, cuanto se usa, etc. y posteriormente daremos una ligera aplicación de

El agua incluso para fines recreativos tiene gran importancia debiendo reunir también ciertas características ya que como en el uso de las albercas se encuentra en contacto -- con el cuerpo humano.

La industria americana, como una gigantesca planta en crecimiento, absorbe nuestros abastecimientos de agua.... y - florece. En 1960, la industria incluyendo las termoeléctricas, utilizaron cerca de 140 billones de galones de agua _ por día, afortunadamente, una gran parte de esta agua se - utiliza para enfriamiento, y por tanto no se consume simplemente se utiliza, se contamina (hasta cierto grado) y - se deshecha.

En 1975, el consumo de agua en la industria fué de 240 billones de galones por día. El incremento en la demanda -- del agua pone un gran énfasis en la administración adecuada de la misma, en su distribución y acondicionamiento -- adecuado, de manera que el agua pueda conservarse e incluso volverse a utilizar.

Por tanto antes de utilizar el agua, es necesario determinar: 1) qué impurezas contiene, 2) los problemas que pueden ocasionar estas impurezas, 3) la forma en que se pueden reducir, eliminar o acondicionar por tratamiento químico.

mico (en esta parte es donde se dosifican los productos químicos).

5.2.1 PORQUE EL AGUA ES EXCEPCIONAL.

El agua es la única substancia común que en las condiciones normales de la tierra, se encuentra en tres formas: - hielo, agua y vapor. El agua tiene un calor específico - de 1. Para una elevación de temperatura determinada, absorbe más calor que cualquier otra substancia inorgánica común. A la presión atmosférica, cuando el agua se evapora para formar vapor, se expande 1600 veces.

El vapor es capaz de llevar una gran cantidad de calor. - Estas propiedades excepcionales del agua la hacen una materia prima ideal para los procesos de calentamiento y de regeneración de fuerza.

a) Composición química del agua.- El agua pura es una combinación simple de hidrógeno y oxígeno. Su fórmula común es H_2O . Como información de interés general, podemos decir que existen otras formas "híbridas" del agua, que se encuentran presentes en sus abastecimientos.

El agua contiene cerca de 300 PPM de óxido de diutorio (D_2O) o "agua pesada". Esta forma no quita la sed o -

hace que crezcan las plantas, pero en su forma pura ha encontrado aplicación como moderador en los reactores nucleares. Otra forma de agua, el óxido de tritio - - (T_3O) se forma por la acción radio-activa de los rayos cósmicos.

- b) Las propiedades físicas del agua.- El agua tiene una tremenda capacidad para absorber y almacenar calor, haciéndola ideal para los procesos de enfriamiento industrial. Tiene un calor específico de uno, o sea 33 veces el valor específico del plomo y 10 veces el calor específico del hierro. Por ejemplo si agregáramos un BTU a un litro de agua, elevaríamos la temperatura $1^\circ F$. La temperatura de un litro de plomo aumentaría $33^\circ F$ con la misma cantidad de calor.

El agua tiene un calor de fusión de 144 BTU, un litro cede esta cantidad de calor cuando se congela. El hielo absorbe la misma cantidad cuando se funde. Su calor de vaporización es de 970 BTU; esta cantidad de calor transforma una libra de agua a la temperatura de ebullición en vapor. El vapor cargado de calor, puede entonces producir trabajo mecánico útil por expansión en una turbina o en una máquina.

El agua es extraordinaria en que al congelarse aumenta aproximadamente 1/9 de su volumen. Su densidad máxima se desarrolla a 40°F (4.4°C) aproximadamente. Por esta propiedad, el agua ha barrenado la roca, convirtiéndola en tierra laborable.

A la presión atmosférica normal, el agua se congela a 32°F (0.0°C) y hierve a 212°F (100°C) con un aumento o disminución pueden cambiar estos límites.

En forma preferente, el agua absorbe los rayos luminosos en la región infrarroja del espectro. (Los rayos con una longitud de 31 micrones apróx.) El agua refleja estos rayos de corta longitud en la región azul-verde. Esto explica el calor característico azul-verde del agua.

5.2.2 LAS IMPUREZAS EN EL AGUA.

Las impurezas recogidas por las aguas naturales pueden clasificarse como: a) sólidos disueltos, b) gases disueltos, c) materia en suspensión. El agua es un buen solvente; disuelve las rocas y el suelo con los que está en contacto, disuelve los gases del aire, así como los gases producidos por la descomposición de la materia orgánica -

en el suelo, recoge la materia suspendida de la tierra. - Está también sujeta a contaminación con desperdicios industriales, aceites y materiales en proceso.

a) **Minerales disueltos.**- Los minerales que recoge el agua de las rocas, son principalmente: carbonato de calcio (caliza); carbonato de magnesio (dolomita); sulfato de calcio (yeso); sulfato de magnesio (sales epsom); sílice (arena); cloruro de sodio (sal común); sulfato de sodio (sales de Glaucor) y pequeñas cantidades de hierro, manganeso, fluoruro, aluminio y otras sustancias.

Los desperdicios de las minas y de algunos procesos industriales hacen que algunas aguas superficiales sean muy ácidas, mientras que los minerales de la tierra hacen que algunas aguas sean muy alcalinas.

Las aguas que contienen una gran cantidad de minerales de calcio y magnesio son "duras para utilizarlas en el lavado" los compuestos de calcio y de magnesio reaccionan con el jabón para formar un coágulo con el agua -- que se denomina dureza del agua. Esta se mide en partes por millón P.P.M.

b) **Gases disueltos.**- El agua disuelve cantidades variables de aire que está compuesto de 21% de oxígeno, 78%

de nitrógeno, 1% de otros gases a temperatura ambiente y presión atmosférica, el oxígeno se disuelve hasta -- 9 P.P.M. en el agua aproximadamente.

La solubilidad del oxígeno decrece conforme la temperatura del agua se eleva, pudiendo a presión disolver -- el agua mayores cantidades de oxígeno, aunque el nitrógeno se disuelve en aguas naturales, es un gas inerte_ y tiene poco efecto en el carácter del agua que se usa para calderas.

c) Otras impurezas.- Las aguas naturales pueden contener_ turbiedad, color, tierra y minerales precipitados, así como aceite y desperdicios de otras especialidades.

El color deriva de la materia vegetal en putrefacción. La turbiedad puede consistir de materia orgánica de mi croorganismos muy finamente divididos, también como de arcilla y barro suspendidos.

5.3 LA IMPORTANCIA DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS PARA TRATAR EL AGUA EN LAS CALDERAS.

El agua natural empieza su ciclo de vida en forma de lluvia. A medida que el agua cae, se acumula en manantiales_

superficiales y subterráneos de donde recoge impurezas, - las que determinarán su carácter; si ésta es pura, suave, ácida o alcalina.

La relación entre el PH del agua, su alcalinidad o acidez y la dureza son las consideraciones básicas en la química del agua.

5.3.1 PH DEL AGUA.

El (HOH) del agua consiste de un balance delicado entre - los iones (H+) y los iones oxhidrilo (OH⁻). En el agua -- estos iones se neutralizan unos a otros. Las impurezas di- sueltas en el agua descontrolan este balance, haciendo -- que indistintamente, predominen los iones hidrógeno o los iones oxhidrilo.

El PH de un agua es simplemente la medida de la concentra- ción de iones hidrógeno. Está basado en una escala que va de 0 a 14 con el 7 como punto neutro. A un PH arriba de - 7, el agua se considera alcalina, hacia abajo ácida. La - acidez de un agua indica el grado en que predominan los - iones de hidrógeno sobre los iones oxhidrilo, la alcalini- dad es la medida de la capacidad del agua para neutrali- zar los ácidos, después de observar ésto se comprenderá -

que el uso de las bombas dosificadoras de líquidos, sirven para controlar el PH, ya sea añadiendo un ácido (generalmente ácido sulfúrico al 98%) o dosificando un alcalí (generalmente sosa), existen sistemas automáticos de dosificación que funcionan de la siguiente manera: un monitor de PH detecta el PH dentro de una tubería a través de una celda, la señal de éste es enviada a un convertidor de frecuencia, que a su vez envía la señal ya sea a una bomba dosificadora de ácido o a una de alcalí, los cuales empiezan a dosificar el producto hasta que el PH se estabilice, cuando el monitor vuelve a detectar la señal, se vuelve a hacer el ciclo y las bombas son paradas automáticamente mientras se conserva el PH deseado, cabe mencionar que estos sistemas solamente son usados en bombas electrónicas.

5.3.2 LAS IMPUREZAS DEL AGUA OCACIONAN DEPOSITOS EN LAS CALDERAS.

Los bicarbonatos de calcio y magnesio se descomponen a las temperaturas de operación de la caldera, para formar dióxido de carbono y carbonatos, los cuales son casi insolubles. Estos carbonatos se precipitan directamente en el metal de la caldera pueden formar lodos en el agua de la misma, los cuales tienden a asentarse. En muchos casos, la sílice no

está presente en grandes cantidades en el agua, pero bajo ciertas condiciones puede formar una incrustación excesivamente dura. El hierro disuelto o en suspensión en el agua de alimentación, también tiende a depositarse sobre el metal de la caldera, así también otros compuestos forman depósitos. Los tipos más comunes de depósitos en las calderas pueden contener: carbonato de calcio, sulfato de calcio o silicato de calcio, hidróxido de magnesio o silicato de magnesio, óxido de hierro y sílice.

Los lodos en el agua de la caldera, se tratan generalmente con dosificaciones de fosfatos, estas dosificaciones varían según las condiciones del agua de alimentación.

a) El agua corroe el metal de la caldera.- Dicho simplemente, la corrosión es la reversión del metal a su forma original. El hierro por ejemplo, se convierte en óxido de hierro como resultado de la corrosión. El proceso de corrosión, sin embargo es una reacción electroquímica bastante compleja y toma diversas formas. La corrosión puede producir un ataque general sobre una superficie grande de metal; o bien puede resultar en piquetes minúsculos. No obstante que la corrosión en las calderas puede deberse principalmente a la reac-

ción del metal con el oxígeno, existen otros factores_ tales como: esfuerzos, productos químicos corrosivos y depósitos que pueden tener una influencia importante y pueden producir diferentes formas de ataque.

La corrosión puede ocurrir en el sistema de alimenta-- ción de agua, como resultado de un PH bajo, o bien en_ presencia de oxígeno disuelto y dióxido de carbono. Las altas temperaturas y esfuerzos en el metal de la - caldera tienden a acelerar el mecanismo corrosivo.

- b) Agua pobre produce vapor pobre.- Muy altas concentra- ciones de sólidos en solución o en suspensión en el -- agua de la caldera, producen espuma. Se ha demostrado_ algunas sustancias específicas, tales como álcalis, - aceites, grasas, así como cantidades excesivas de sól*i* dos en suspensión conducen a la formación de espuma.

La teoría acerca de la causa de la formación de espuma es que los sólidos se concentran en la película que ro_ dea la burbuja de vapor haciéndola más tenaz. De esta_ manera, la burbuja de vapor resiste a la ruptura y se_ produce la espuma.

5.3.3 TIPOS DE TRATAMIENTO EN AGUA DE ALIMENTACION.

El tratamiento del agua para calderas, se puede dosificar para su aplicación en: externo e interno. Los dosificadores son usados en ambos casos. El tratamiento externo es la reducción o eliminación de impurezas del agua fuera de la caldera. El tratamiento interno es el acondicionamiento de las impurezas dentro del sistema de la caldera. Las reacciones ocurren en la línea de alimentación o en la propia caldera.

La preparación del agua para calderas, requiere un considerable estudio y planeación. Esto comprende la determinación de:

- 1) Tipo y cantidad de impurezas presentes en el abastecimiento de agua.
- 2) Tipo y cantidad de impurezas que pueden tolerar un sistema sin dificultad.
- 3) Que pretratamiento (si lo hay) es el adecuado para "cortar a la medida" el agua para calderas.
- 4) Que tratamiento químico es necesario para controlar las impurezas, conforme el agua de alimentación se concentra dentro de la caldera.

En la actualidad, hay un sin fin de equipos de tratamien-

to de agua, a continuación daremos los más principales, y más adelante procederemos a mencionar en que de estos - - equipos se usan las bombas dosificadoras y por qué el uso de éstas.

a) Clarificación y coagulación.- La clarificación es la - eliminación del calor y la materia suspendida en el -- abastecimiento del agua. La materia en suspensión puede consistir de grandes partículas que se asientan rápidamente, la eliminación de estas partículas finamente divididas o partículas coloidales requieren de coagulantes químicos, los cuales son suministrados por -- bombas dosificadoras.

b) Precipitación química.- En el proceso de precipita- - ción, los reactivos reaccionan con los minerales disueltos en el agua para producir un producto de reacción que sea insoluble. Los métodos de precipitación se emplean para reducir la dureza disuelta, la alcalinidad y en algunos casos la sílice. El proceso más común es la suavización por el proceso "cal soda" la cal también es añadida por bombas dosificadoras de líquidos prefiriendo los de diafragma que los de pistón.

c) Proceso de intercambio iónico.- Cuando los minerales -

se disuelven en el agua, forman partículas eléctricamente cargadas de iones. Algunos materiales naturales y -- sintéticos (comunmente llamados zeolitas) tienen la propiedad de intercambiar los iones minerales indeseables del agua, por otros que no sean perjudiciales. En el -- proceso típico de suavización, las durezas de calcio y de magnesio son reemplazados con sodio. En este proceso no se utiliza ningún equipo de dosificación.

d) Evaporación.- En algunos casos, el agua se pretrata y - evapora para producir un vapor puro, el cual se condensa y alimenta a las calderas. El más sencillo es un tanque de agua con serpentines de vapor para calentar agua hasta su punto de ebullición. Tienen ventajas económicas sobre los desmineralizadores.

e) Desareacción.- Como el oxígeno disuelto en el agua es un factor importante de corrosión, en los sistemas de calderas, es necesario eliminarlo antes de que el agua entre en la caldera, la desareacción se realiza mezclando en un calentador desareador, el agua y el vapor generalmente arriba de la presión atmosférica. Parte del vapor es venteado, arrastrando con él la mayor parte de oxígeno disuelto y otros gases no condensables del agua. Aquí tampoco se usan los dosificadores.

f) Tratamientos internos.- Existen grandes compañías de productos químicos que su función específica es este ramo. Difícilmente se puede mencionar un método, sin embargo daremos un énfasis en la lucha contra la incrustación en calderas que se verá más adelante en este capítulo, y para lo cual se requiere forzosamente, estos equipos son generalmente del tipo de pistón, ya que se requiere una alta presión que fluctua entre 200 y 1500 P.S.I., lo cual con un dosificador de diafragma no se pudiera inyectar el desincrustante dentro de la caldera por la baja presión de estos equipos.

Así mismo cabe hacer notar que se tiene que dar una explicación del tratamiento de agua para después comprender la aplicación de las bombas dosificadoras de líquidos.

A continuación hablaremos más extensamente sobre:

- 1) Clarificación.
- 2) Acondicionamiento químico del agua.
- 3) La lucha contra la incrustación en calderas.
- 4) Eliminación química del oxígeno en el agua de alimentación de caldera, ya que en estos puntos se requieren los equipos de dosificación de líquidos.

5.3.3 CLARIFICACION.

Al entrar en la caldera, las impurezas del agua de alimentación, tienden a adherirse a las superficies calientes - en los tubos.

Las consideraciones básicas en la clarificación del agua, depende de los abastecimientos, el tamaño de las partículas insolubles suspendidas, varía grandemente. Las partículas pueden ser relativamente grandes como la arena o -- partículas invisibles a simple vista.

TIPO DEL INSOLUBLE	DIAMETRO DE LA PARTICULA (EN MILIMICRONES)*
Arena fina	100,000
Cieno	10,000
Bacterias	1,000
Suspensiones coloidales	1,200

* Un milimicron es una millonésima de un m m .

A las partículas mayores (generalmente arriba de - - 1,000 milimicrones) se les llama sedimento.

Por otra parte, las partículas coloidales pueden permanecer suspendidas indefinidamente y son tan pequeñas que pasan a través de los poros de los filtros convencionales.

A las partículas suspendidas en el agua, se les da el nombre de turbiedad. Para la eliminación de turbiedad en el agua, la clarificación puede comprender: coagulación química, asentamiento (sedimentación) filtración.

Si los sólidos suspendidos son de tamaño grande, los tanques de asentamiento y filtros proporcionarán una buena clarificación. Si la turbiedad es coloidal, se requerirá un buen control de la coagulación química.

Principio de coagulación: si un grano de arena suspendido en agua se rompiera en mil pedazos, éstos resultarían del tamaño de las partículas coloidales en suspensión, aproximadamente. El objeto de la coagulación es reagrupar las partículas de este tamaño en una masa suficientemente pesada para que se pueda asentar; o suficientemente grande para que se pueda eliminar por filtración.

Los reactivos químicos (que son la base de la coagulación y que sin bombas dosificadoras no pueden añadirse) para coagulación operan en dos formas: 1) cuando se disuelven en agua desprenden iones positivos que atraen las partículas coloidales cargadas negativamente, 2) forman un floculo tipo gelatinoso (bajo condiciones químicas adecuadas) que engloba y recoge las partículas.

Una vez formado el flóculo en el agua, se debe hacer buen contacto con los sólidos suspendidos. Para conseguir esto, el equipo de clarificación puede estar provisto de circulación de flóculo (floculación), o tener manparos para dirigir la circulación del agua a través de un colchón del mismo.

Reactivos de coagulación: Los coagulantes más comunes son productos inorgánicos que forman iones trivalentes (iones con tres cargas positivas) en solución. Los compuestos de hierro (Fe^{+++}) y el aluminio (Al^{+++}) caen en esta categoría y constituyen los coagulantes comunes utilizados en la clarificación del agua. Bajo condiciones químicas adecuadas, ambos forman en el agua flóculos gelatinosos - - ($\text{Fe}(\text{OH})_3$ y $\text{Al}(\text{OH})_3$) las sales comunes de hierro y aluminio utilizados como coagulantes son:

NOMBRE	FORMULA
Alumbre (sulfato de aluminio)	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
Sulfato férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$
Aluminato de sodio	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$

Los coagulantes se utilizan con éxito junto con los reactivos de suavización para precipitar la dureza coagulada. Ambos deben ser dosificables ya que depende de la calidad de agua, de la concentración del producto a dosificar y -

en un momento dado poder aumentar la capacidad de la bomba dosificadora de líquidos.

Existen varios tipos de clarificadores como son el flujo convencional, el de recirculación y el del tipo de colchón de lodos, los cuales sólo los mencionamos por no interesar demasiado en el tema de bombas, aunque cabe señalar que estos equipos se utilizan para la recuperación de aguas negras, e industriales.

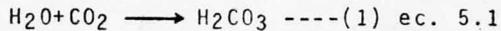
5.3.4 ACONDICIONAMIENTO QUIMICO DEL AGUA.

Las sales de calcio y de magnesio constituyen la dureza del agua. El ablandamiento es simplemente el proceso de reducción o total eliminación de esta dureza. Ello se consigue con determinados productos químicos (cal, carbonato sódico, sosa cáustica, fosfato, sulfitos, etc.) que en su mayoría son añadidos también por bombas dosificadoras de líquidos. La dureza precipita y se separa del agua por sedimentación o filtración. Así mismo existen otros tipos de equipos para quitar la dureza del agua, el más conocido son los suavizadores.

La magnitud del efecto conseguido con el tratamiento depende de diversos factores: temperatura del agua, tipo y

cantidad de productos químicos y equipo empleado. El principio del ablandamiento con cal-soda consiste en invertir las condiciones bajo las cuales el agua disuelve la dureza y la retiene en solución. Conociendo el mecanismo que rige la disolución de la dureza en el agua se podrán fijar las condiciones para eliminarlo.

Las aguas naturales captan dióxido de carbono del aire y de la vegetación en estado de descomposición. El dióxido de carbono favorece la disolución de calcio y magnesio al acidificar ligeramente el agua.

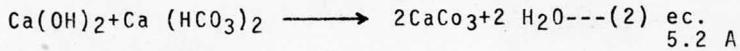


En el ablandamiento se debe de disminuir la solubilidad de las sales de calcio y de magnesio, ésto se logra invirtiendo la acción disolvente del agua. La reacción de la ec. 5.1 se invierte alcalinizando el agua. Al aumentar la alcalinidad del agua la dureza total se vuelve menos soluble.

Los efectos del dióxido de carbono en la formación de bicarbonatos se contrarrestan añadiendo una base al agua, usualmente cal (hidróxido calcico) por medio de una bomba dosificadora, que suministra la cal, en concentraciones -

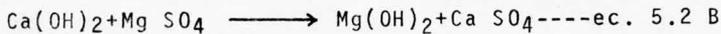
que fluctúan de 5 al 35% máximo, ya que si aumenta la concentración no podrá ser dosificable.

La cal reacciona así con los bicarbonatos:



Esta reacción disminuye la solubilidad de calcio y parte_ de él precipita.

La cal no es efectiva en la precipitación de dureza que - no está relacionada con la alcalinidad (dureza no diluída a carbonatos).



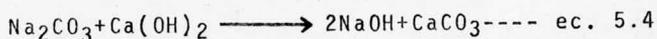
Por lo tanto se precisa la adición de otros productos que complementen a la cal para la eliminación de dureza de -- carbonato y otras sales.

La soda (carbonato sódico) convierte la dureza en carbonatos, haciéndola menos soluble:



Por consiguiente, la soda se usa para la eliminación y -- precipitación de dureza no debida a carbonatos.

Cuando se añade cal y soda al agua, ambos reaccionan produciendo sosa cáustica:



La sosa cáustica, como tal no se añade directamente al agua a causa de su dificultad de manejo y principalmente por el costo excesivo que representa en este tipo de tratamiento. La sosa cáustica producida es un efecto, producto del tratamiento.

Aunque la dureza disuelta puede reducirse a niveles bajos, no se elimina completamente con este proceso, se precisa, además, un buen control de dosificación pues un exceso de cal aumenta la dureza al incrementar el contenido en calcio del agua.

Cálculo de la dosificación en el proceso cal-soda.

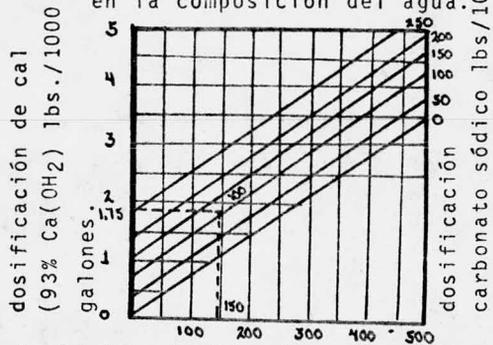
La cal reacciona con los bicarbonatos y el magnesio según las reacciones 5.2 A y 5.2 B hay que tener en cuenta el contenido en dióxido de carbono del agua que éste tenderá a formar bicarbonatos. Por consiguiente, la dosificación de cal se basarán en la cantidad de bicarbonatos, magnesio y dióxido de carbono presentes en el agua. Habitualmente se establece un ligero exceso que permita la obten-

ción de cierta cantidad de hidróxido residual. Las dosificaciones de cal se basarán en la cantidad de bicarbonatos magnesio y dióxido de carbono presentes en el agua. Habitualmente se establece un ligero exceso que permite la obtención de cierta cantidad de hidróxido residual. Las dosificaciones de cal para el proceso de ablandamiento en caliente pueden determinarse tal como lo indica la figura 5.1. Para el proceso de ablandamiento en frío, los parámetros representan la acidez "F" más el magnesio a eliminar.

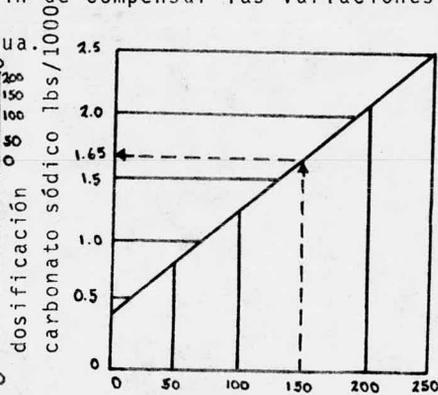
El carbonato sódico reacciona con la dureza no carbónica (dureza permanente) tal como se indica en la ecuación -- 5.3, por consiguiente la dosificación de carbonato sódico se calcula de acuerdo con la cantidad de dureza no carbónica presente en el agua, fig. 5.2.

Una vez que se han establecido las dosificaciones iniciales, pueden ajustarse posteriormente de acuerdo con los análisis de control, a fin de compensar las variaciones

en la composición del agua.



alcalinidad de bicarbonatos en agua cruda p.p.m CaCO_3 (Fig. 5.1)



dureza no carbónica p.p.m. CaCO_3 (Fig. 5.2)

La mayor parte de las sales que constituyen la dureza son menos solubles en agua caliente que en agua fría, además las reacciones de ablandamiento se aceleran en agua caliente.

5.3.5 LA LUCHA CONTRA LA INCRUSTACION EN CALDERAS.

La incrustación en calderas es una simple combinación de suma, resta y multiplicación. Los sólidos que forman la incrustación se encuentran en el agua de alimentación. La corrosión en el sistema resta metal que puede volverse a depositar dentro de la caldera. Las impurezas que forman la incrustación, se multiplican (concentran) en el agua de caldera conforme se genera vapor.

La tendencia que tienen las impurezas del agua de alimentación para formar incrustaciones es dependiente de la solubilidad que éstas tengan en el agua de caldera, fig. 1.

Como se puede observar de esta tabla, la solubilidad de la mayoría de las sales de calcio y magnesio (dureza) disminuye al aumentar la temperatura, el sulfato de magnesio es la excepción, pero generalmente reacciona en el agua de la caldera para formar sales de magnesio menos soluble. El sulfato de calcio es algo soluble a 100°C, pero

Figura 1

SOLUBILIDAD DE COMPUESTOS QUIMICOS

P.P.M COMO Ca CO₃

	0°c	100°c
<u>CALCIO</u>		
Bicarbonato	1620	Se descompone
Carbonato	15	13
Sulfato	1290	1250
<u>MAGNESIO</u>		
Bicarbonato	37,100	Se descompone
Carbonato	101	75
Sulfato	170,000	356,000
<u>SODIO</u>		
Bicarbonato	38,700	Se descompone
Carbonato	61,400	290,000
Cloruro	225,600	243,000
Hidróxido	370,000	970,000
Sulfato	33,600	210,000

su solubilidad disminuye a temperaturas más elevadas. Esto origina serios problemas, ya que el sulfato de calcio tiende a depositarse en las partes más calientes de la caldera y ocasionar daños mayores. La solubilidad de las sales de sodio aumenta a medida que se eleva la temperatura de agua de alimentación, como resultado, no ocasionan incrustación en las calderas. En general, al calentarse el agua, todas las sales de dureza originan incrustación.

La incrustación se forma de acuerdo a dos tipos de impurezas: a) las impurezas susceptibles de precipitarse directamente de la solución al metal de la caldera o b) sólidos suspendidos en el agua de caldera que se pueden asentar y "hornear" sobre las superficies de cambio de calor, normalmente, el primer mecanismo ocasiona la incrustación más densa y adherente.

Problemas que ocasiona la incrustación en calderas: evitar la formación de incrustación es importante por dos razones básicas: a) la incrustación crea un sobrecalentamiento del metal b) ésto puede contribuir a la corrosión en la caldera conforme el agua circula dentro de los tubos de la caldera absorbe calor y enfría el metal, la incrustación forma una barrera entre el tubo y el agua en circulación, disminuyendo la eficiencia en la trasmisión de calor.

El resultado es que el metal del tubo incrustado tiene que sobrecalentarse para poder transmitir la misma cantidad de calor, que en tubo limpio. Con el tiempo todo se refleja en costos de equipo de combustible, de tiempo de operación, etc.

Se debe de combatir la incrustación en las calderas, porque aunque la dureza del agua sea menor de 1 PPM o mayor -

de 100 PPM, es necesario en todos los casos un tratamiento para prevenir la incrustación. El tratamiento químico del agua de alimentación es "necesario" independientemente de que el agua de alimentación sea presuavizada. En -- una caldera que produzca 50,000 Lbs (22.7 torrs) de vapor por hora, una P.P.M. de dureza (o hierro fugándose de un suavizador) forma más de 500 Lbs (227 Kg) de incrustación por año.

Los reactivos empleados para evitar la incrustación son de dos tipos generales: 1) ablandadores y 2) acondicionadores de lodos. Los ablandadores aceleran la precipitación de la dureza del agua de alimentación, de tal manera que ésta se precipite antes de que el agua llegue a la -- sección de generación de vapor de la caldera. Los reactivos "ablandadores" están formados principalmente por carbonato de sodio (Na_2CO_3), sosa caústica (NaOH) y varias formas de fosfatos de sodio (trisódico- Na_3PO_4 , disódico - Na_2HPO_4 , tri-poli- $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ etc.)

El fosfato es muy eficiente para reaccionar con la dureza del agua de alimentación. En ciertas condiciones existen desventajas en utilizar un tratamiento rico en fosfato. - Cuando la dureza del magnesio es alta, se pueden formar grandes cantidades de lodos de fosfato de magnesio. Esto --

Esto es indeseable porque es difícil de acondicionar, y -
tiende a adherirse en forma tenaz al metal de la caldera.

El tratamiento del agua de alimentación, tiende en gene--
ral a precipitar la dureza, de tal manera, que los sóli--
dos suspendidos formados sean fáciles de acondicionar. Al
gunas de las formas deseables para precipitar dureza en -
aguas de caldera, son las siguientes: carbonato de calcio,
fosfato de calcio, hidróxido de magnesio y silicato de --
magnesio. En presencia de suficiente alcalinidad cáustica
el magnesio tiende a reaccionar con la sílice. Esto no só
lo reduce la sílice en el agua de la caldera, sino que -
también forma una producto de reacción deseable.

Para el acondicionamiento de lodos, se emplean orgánicos_
especialmente procesados y estables térmicamente. Los or-
gánicos pueden clasificarse de la siguiente manera:

1) TANINOS.- Cuando el contenido total de lodos es alto,_
son especialmente efectivos en el acondicionamiento de --
los precipitados de carbonato de calcio y de hidróxido de
magnesio. Cuando se usan bajo concentraciones, favorecen_
la formación de flóculo no adherente y de flujo fácil, --
que facilitan la extracción de lodos por las purgas de --
fondo.

2) LIGNINAS.- Cuando el volúmen del lodos es relativamente bajo, son particularmente efectivos sobre sólidos en sus-- de fosfatos y hierro. Manteniendo un residual de ligninas orgánicas en el agua de la caldera, se ocasiona que los-- sólidos en suspensión se "recubran", haciendo que las par-- tículas tengan propiedades no adherentes, y así poder eli-- minarlas mediante purga.

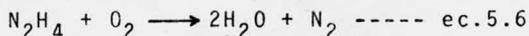
3) ORGANICOS DEL ALMIDON.- Particularmente efectivos en - agua con un alto contenido de silice o cuando el agua está sujeta a una contaminación moderada de aceite.

En un programa completo, los reactivos ablandadores y acondicionadores de lodos, están combinados adecuadamente para condiciones específicas del agua de alimentación y de operación, ya que las grandes compañías de productos químicos invierten en nueva tecnología, por esta razón es difícil - en ciertas ocasiones proporcionar el cabezal y el diafragma adecuado al producto. Aunque las compañías recomiendan que materiales usar, así mismo el control de dosificación debe ser preciso, tanto para operación como para ahorro, ya que una mala dosificación elevaría el tratamiento de caldera y más ahora que los productos son bastante caros.

5.3.6. ELIMINACIÓN QUIMICA DEL OXIGENO EN EL AGUA DE ALIMENTACI_ ON DE LA CALDERA.

Como consecuencia del contacto con el aire (21%) de oxígeno, (78%) de nitrógeno, el agua "disolvente universal", toma cierta cantidad de oxígeno. A la temperatura el agua-

disuelve alrededor de 9 p.p.m. de oxígeno. Al calentar el agua el oxígeno se vuelve menos soluble y se libera, por consiguiente cuando el agua de alimentación entra en la caldera, el oxígeno presente tiende a liberarse. El oxígeno libre puede iniciar el proceso de oxidación (corrosión) en las partes metálicas o pasar a las líneas de vapor. Gran cantidad del oxígeno presente en el agua de alimentación puede liberarse del sistema pre-caldera por medios mecánicos. El proceso consiste básicamente en calentar el agua y ventear el oxígeno. La eficiencia en la liberación de oxígeno por varios métodos, depende si es del tipo de calentador abierto, calentador desaireador, desgasificador. La reducción de oxígeno en el agua de alimentación hasta 0.005 p.p.m. no es suficiente. Para impedir la corrosión hay que reducirlo todavía más por procedimientos químicos, es en esta parte donde una vez más se usan los equipos de dosificación, generalmente de pistón (por las altas presiones) para proporcionar los productos químicos. Los productos químicos que se emplean para eliminar el oxígeno del agua de alimentación de caldera son el sulfito de sodio ($\text{Na}_2 \text{SO}_3$) y la hidracina ($\text{N}_2 \text{H}_4$), reaccionan con el oxígeno de la forma siguiente:



En ambos casos se elimina el oxígeno y los productos que quedan no son perjudiciales. En la práctica, se requieren altas dosificaciones iniciales de hidracina (superiores a la dosificación requerida para reaccionar con el oxígeno).

Antes de poder establecer un contenido residual en la caldera. Esto parece confirmar la tésis de que la hidracina es utilizada para reaccionar primero con los productos de corrosión.

SULFITO DE SODIO CONTRA HIDRACINA: La elección entre los dos se basa en sus propiedades específicas, algunas consideraciones básicas son:

- 1.- Forma Física.- El sulfito de sodio es un polvo seco, fácil y de manejo seguro. La hidracina es un líquido incoloro de manejo peligroso, en su forma concentrada puede ser inflamable (ambos deben ser dosificables).
- 2.- Velocidades de Reacción.- El sulfito reacciona con el oxígeno con bastante rapidez, incluso a temperaturas bajas de agua de alimentación, la reacción de la hidracina es más lenta y no se completa hasta temperaturas del orden de 204°C
- 3.- Estabilidad.- El sulfito y la hidracina se descomponen a altas temperaturas y a concentración elevada. La descomposición del sulfito no es problema en calderas que trabajan por debajo de (1500 p.s.i.) 105 Kg./cm² de presión, si las concentraciones son adecuadas, en la hidracina se liberan importantes cantidades de amoniaco.
- 4.- Control.- El análisis del sulfito en el agua es sencillo, el análisis de hidracina requiere un equipo complicado de laboratorio y de gran precisión (se da en partes por billón). Para alimentar y controlar el sulfito y la hidracina deben de dosificarse al agua de alimentación de manera continua, el

punto de aplicación ha de situarse lo más alejado posible en el sistema pre-caldera, para permitir el máximo tiempo de reacción, si el agua de alimentación, se somete a un proceso de desgasificación, los productos deben añadirse al depósito del desgasificador o a la descarga del equipo de eliminación de oxígeno. La dosificación inicial de hidracina es generalmente el doble de la cantidad necesaria para reaccionar con el oxígeno, se debe de proseguir la alimentación de hidracina hasta conseguir cierta cantidad residual de hidracina en el agua de la caldera. Habitualmente el nivel de concentración de hidracina en el agua oscila entre 0.05 y 0.1 p.p.m. .

La dosificación del sulfito de sodio se establece de acuerdo con los requerimientos estequiométricos (8 p.p.m. de sulfito de sodio reaccionan con una p.p.m. de oxígeno); al resultado se le añade la cantidad necesaria para mantener sulfito residual en el agua de caldera. La concentración de sulfito residual depende de la presión, por ejemplo: Si la presión es de 20 Kg./cm^2 (300 p.s.i.) se debe de añadir de 30 a 40 p.p.m. como SO_3 (sulfito), o si la presión es de 100 Kg/cm^2 (1500 p.s.i.), se debe dosificar de 3 a 7 p.p.m. como SO_3 . Por lo descrito se requiere en ambos casos una dosificación continua y exacta, existiendo la posibilidad de variar la dosificación, esto solamente se logra con equipos dosificadores de líquidos.

5.4. LA IMPORTANCIA DE LAS BOMBAS DOSIFICADORAS PARA TRATAR EL AGUA EN TORRES DE ENFRIAMIENTO.

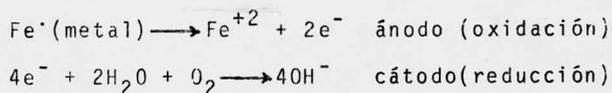
5.4.1. INTRODUCCION.- Los sistemas evaporativos de torres de enfriamiento, pueden encargarse de grandes cargas de calor con un mínimo de agua, simultáneamente esta eficiencia está relacionada con tres importantes problemas que se presentan en estos equipos y son: a) La Corrosión, b) La Deposición c) El Crecimiento Biológico. Estos problemas son vistos desde un punto químico para su tratamiento.

También considerados como problemas variables se encuentran la calidad del agua, la proporción de los fluidos, y la contaminación, a los cuales una torre esta expuesta.

Con muy pocas excepciones el agua es el medio industrial más preferido para el removimiento de calor deseado.

Como se vió en la parte 5.2, el agua es la materia prima general de todas las industrias y generalmente se necesitan sofisticadas técnicas de tratamiento y conservación de aguas para aplicarlas al proceso que se necesite. Estas técnicas son también aplicables para ser usadas por cualquier torre de enfriamiento y la gran particularidad de estos equipos es de que son muy eficientes, debido al bajo consumo de agua, ya que esta se vuelve a usar para enfriar con lo que se forma un ciclo, la evaporación resulta y se va incrementando la concentración de impurezas disueltas--

- en el cuál una diferencia de potencial eléctrico desarrollada entre dos metales, o entre dos diferentes regiones de un solo metal, esta diferencia de potencial permite las reacciones en los sitios anódicos y catódicos. Estos sitios-- constituyen la celda (célula de corrosión) en el ánodo está la región de menos potencial y el cátodo es la de mayor. En el ánodo el metal es oxidado y va dentro de una solución como iones metálicos solubles, los electrones liberados como resultado de la oxidación en el ánodo van a través del metal hasta el cátodo donde pueden participar en un sin número de posibles reacciones catódicas , una reacción típica es:



ec. 5.7

A) Existen diferentes factores químicos que influyen en la proporción de la corrosión; algunos de los cuales tienen ver con el metal mismo como, la densidad del grano de la superficie del metal, en estos casos se trata el metal para remover imperfecciones en la superficie, el acero inoxidable con su película antioxidante es un clásico - ejemplo de como la oxidación puede influir en la proporción de electrones; si se llegase a romper esta película o es dañada en cualquier forma , el metal se deteriorará. Factores como la baja velocidad o agua estancada permiten a los sólidos suspendidos fijarse, los que contribuyen a la corrosión de dos maneras.

1.- Produciendo una interposición entre la superficie de corrosión y los inhibidores.

2.- Propagando la corrosión abajo del depósito debido a la diferencia en la concentración de oxígeno. Por otro lado las grandes velocidades de recirculación del agua también provoca daños, especialmente aquellos que disuelven sólidos y suspenden estos. Constantemente dañan la capa de óxido pasivo, causando corrosión extrema, -- otro ejemplo es la cavitación. Los gases disueltos o -- aquellos que provocan grandes zonas de presión que destruyen la película protectora de óxido, por último la corrosión también aumenta con la temperatura.

B) Existen también diferentes factores químicos que influyen en la corrosión: Uno de estos es el ión de cloro que puede penetrar en la película protectora del óxido y así promover gran actividad corrosiva, por otro lado los iones pesados tienen un efecto inhibitor sobre la corrosión, los productos precipitados de varias sales pesadas seguidamente protegen la superficie de contacto.

El efecto de PH en la corrosión de metal es generalmente considerado como el más importante, por esto se estudió un poco en la sección 5.3.1. de este capítulo. La acumulación de bacterias (fango) pueden promover la corrosión en diferentes maneras, algunas bacterias secretan ácidos o segregan también ácidos y causan un pequeño ataque en base al PH.

y suspendidas en el resto del agua fría, por lo que deben de ser abatidas.

Esta concentración de impurezas combinada con la acción natural del agua sobre los metales y las variaciones de temperatura de un sistema, conducen a problemas relacionados con el agua. Para comprender esto, hay que estudiar los sistemas, en algunos casos una porción de agua se deja salir intencionalmente buscando desconcentrar el agua, aunque esto reduce muchos problemas potenciales, la aplicación de varios productos químicos, mediante ciertas dosificaciones es requerida para mantener una operación eficiente y proteger el sistema contra problemas más graves.

Dentro de los tres problemas claves (corrosión, deposición, y crecimiento biológico) existen interrelaciones, como ejemplo: el proceso de corrosión produce deposición y esta a su vez puede acelerar la corrosión por un fenómeno "under deposit corrosión", por esto cada problema no puede ser tratado por separado.

3.4.2. CORROSION:

Es el más dramático problema en un sistema de enfriamiento desde que es el responsable de numerosos fracasos debido a que la tubería se bloquea en las principales líneas de servicio. La mejor definición de la corrosión es la deterioración de una sustancia generalmente un metal debido a la contaminación.

La corrosión es identificada como un proceso electroquímico-

Inhibidores de Corrosión: El uso de estos es de prolongada práctica, muchos productos han sido ocupados a través de -- los años y se clasifican en anódicos ó catódicos, o ambos-- dependiendo de que tipo de celda de corrosión controlan, el método de inhibición es atribuído a uno ó más mecanismos - generales.

- a) Control Anódico.- Absorción sobre la superficie del metal formando una película protectora, el inhibidor funciona con iones metálicos y produce películas para reforzar.
- b) Control Catódico.- Absorción química o a lo largo de la superficie catódica, por esto no permite el acceso de oxígeno disuelto en la superficie del metal.

CROMATO.- Es el mejor y más usado aunque el uso de este - ocasiona problemas de contaminación, este forma una película de óxido férrico y óxido crómico en la superficie anódica de la celda. Generalmente dosificable aunque algunas veces añadido a choque.

POLIFOSFATO.- Es uno de los más usados, es un inhibidor cató^odico que forma una película durable en el sitio catódico de la celda de corrosión. Su principal problema es su inherente tendencia a hidralizar, esto invierte su estructura y lo convierte a un ortofosfato simple.

ZINC.- Es el más común de los inhibidores catódicos funciona formando una película protectora sobre la superficie del metal en la parte catódica de corrosión. Como la película - no es durable es usualmente reforzado con otros inhibidores.

ORGANICOS.- Existen una gran variedad de inhibidores orgánicos que funcionan de diferentes maneras, pero todas formando una película protectora muy delgada sobre la superficie del metal.

Generalmente todos estos inhibidores de corrosión son dosificables, la interrelación de unos con otros indica el uso de varias bombas dosificadoras para una torre o una con sistema duplex o triplex.

5.4.3. DEPOSICION:

La deposición elimina la transferencia de calor y por lo tanto reduce la eficiencia del enfriamiento. El principal problema es que al depositarse las impurezas del agua en las cortinas de la torre de enfriamiento provoca que el agua escurra por estos depósitos formando unos hilos de corriente continua, en lugar de escurrir a través de cada cortina estos depósitos se dan en altas y bajas temperaturas, si existen productos de corrosión, estos se acumulan y producen más deposición.

Los depósitos pueden ser separados en dos áreas: la primera la incrustación ó costra que es definida como la precipitación de sales minerales de una sola solución y la obstrucción que es la acumulación de productos de corrosión, como aceites, sólidos, barro, arcilla, y materia biológica muerta.

a) Incrustación: Probablemente el tipo más común es el ---

- carbonato de calcio, es particularmente peligroso, porque sus constituyentes con los que reacciona se encuentran en todos los suministros y abastecimientos de agua. La acción de esta conteniendo dióxido de carbono producen bicarbonato de calcio. Otro hecho es que el carbonato de calcio es muy insoluble en agua, tan solo cerca de trece partes por millón, esta solubilidad puede decrecer o incrementarse en función de la temperatura. Aunado a esto, el carbonato de calcio tiene lo que se denomina solubilidad inversa; por lo que tiende a formarse en superficies de calor justo donde causa más problemas.

Para remover el carbonato de calcio, se usa ácido que debe de ser dosificable, ya que si no causaría problemas de corrosión y de manejo. Cuando se llega a añadir a choque, nadamás cierta agua de recirculación lleva un PH alto, y la demás -- sigue recirculando sin percibir la adición del ácido.

Los silicatos de calcio y magnesio una vez formados son muy difíciles de remover, estos resultan de una reacción entre el calcio de magnesio y el sílice, este es uno de los más normales constituyentes del agua. Para esto se limita el sílice de 150 a 225 p.p.m. en el agua de recirculamiento.

b) Obstrucción: Se distingue de entre la incrustación examinando los depósitos, la fuente de obstrucción puede ser el mismo tipo de agua o materiales recogidos del aire por la torre de enfriamiento. Uno de los principales obstructores es el sílice.

- se diferencia del sílice incrustación en que los primeros poseen una estructura cristalina definida, los materiales que caen en esta categoría son el barro y la arcilla. El hierro es otro que obstruccióna frecuentemente, puede-- aparecer, como componente del agua, se encuentra en forma de fierro soluble, la corrosión del hierro produce también cuerpos que obstruyen.

El crecimiento biológico presenta un grave problema porque se reproducen y viven mientras están en el sistema una gran cantidad de bacterias. La reproducción es tan rápida que-- llegan a formar una especie de fango que sirven como atadura para otros materiales inorgánicos, como son: el barro y la arcilla, además de formar voluminosa obstrucción. El control del depósito o deposición es a base de dispersantes y anti-incrustantes, la tecnología moderna sobre polímeros es una efectiva medida para combatir la deposición; otra forma es mediante floculantes como se vió en la sección 5.3.3 Como el agua circula para formar un ciclo es sumamente recomendable, una dosificación continua de los floculantes o polímeros para una buena calidad del agua y evitar la deposición. Generalmente las compañías de productos químicos especifican los materiales del cabezal y diafragma para -- dosificar sus productos una buena dosificación es recomendable tanto para el usuario como para el fabricante; por -- razones tanto de precio como de servicio.

5.4.4. CONTROL MICROBIOLÓGICO:

La bacteria es el más pequeño de los microbios y responsable de los problemas microbiológicos, el propósito de dicho control no es formar un control completamente estéril, pero si un sistema con un factor permisible, esta concentración de bacterias es específica para el sistema en consideración o sea que no podemos asegurar una concentración para todos los sistemas en general, cada uno tendrá su propia concentración.

Se emplean dos tipos de microbicidas: los oxidantes y los no oxidantes. El cloro es el microbicida oxidante más usado, para esto se emplean dosificadores de líquido que añaden soluciones como son: hipoclorito de sodio, de calcio y compuestos cianurados. Dentro del mercado a estos dosificadores se les conoce como clorinadores, cabe mencionar que existen equipos que dosifican cloro a gas y se les conocen con el nombre de cloradores.

Durante años el cloro a gas ha sido el mejor bactericida y aseguran empresas que ni el mejor microbicida puede competir con el cloro, de cualquier forma la adición de un microbicida o bactericida es comunmente dosificable. Entre los compuestos no oxidantes estan: el fenólico de cloro, amoniacos, organoticianatos, compuestos sulfurosos y sales metálicas.

Los microorganismos son controlados alterando la permeabilidad de sus células interfiriendo así con el proceso vital del microbio. Otra forma es que los metales pesados penetran hasta la pared celular y entran al citoplasma destruyendo grupos de proteínas esenciales para la vida, de los --

- microbios, los surfactantes catiónicos dañan la célula reduciendo su permeabilidad, interrumpiendo el flujo normal de nutrientes dentro de la célula y la descarga -- en peso y texturas, o sea desnaturalizando la proteína y -- por consiguiente, provocando al organismo la muerte. Existen otros tipos de bactericidas que su función primordial es penetrar al citoplasma para destruir el microorganismo. El control microbiológico requiere de una adición periódica, por lo cual se recomienda ampliamente el uso de dosificadores de productos químicos para así evitar la reproducción de estas bacterias. Estos dosificadores variarán dependiendo de la cantidad de organismos y de la proporción de --- de recontaminación del toxicante, como se vió anteriormente se dosifican conjuntamente los microbicidas con los inhibidores de corrosión o algún floculante o algún ácido para controlar la deposición.

OPERACION Y MANTENIMIENTO

6.1 INSTALACION DE UNA BOMBA DOSIFICADORA DEL TIPO DE PISTON.

Como se dijo en el capítulo III son bombas reciprocantes que obedecen al tipo de desplazamiento positivo del tipo de pistón, que son dosificables por medio de un excéntrico que va incrustado en un balero que mueve el pistón, mediante un tornillo que desplaza un espaciador se logra la carrera del pistón ya sea que el balero esté en continuo contacto con el pistón o intermitentemente.

PRECAUCIONES.

- 1) Los productos químicos son potencialmente peligrosos, por lo cual se deben colocar en un lugar seguro y seguir las instrucciones del fabricante.
- 2) Aunque aparentemente parezcan iguales dos productos químicos, en su contenido no lo son, por lo cual debe de estarse seguro del producto a dosificar para no dañar la bomba.
- 3) Use siempre ropa y equipo adecuado como guantes, lentes, etc. siempre que trabaje cerca de la bomba y más cuando son productos corrosivos.
- 4) Siempre que se conecte la bomba el voltaje de ésta deberá de coincidir con el voltaje del contacto, ya que pueden suministrarse en 115, 220 y 440 volts.
- 5) Para reparar el dosificador debe estar completamente parado y asegurarse de que el motor se encuentre frío.

- 6) Todas las bombas son probadas con agua y ésta permanece en el diafragma. cuando se empieza a bombear un producto que puede reaccionar con el agua, se debe de limpiar o secar los checks y la cabeza completa.

INFORMACION GENERAL.

- 1) Las bombas de pistón pueden tener diferentes modelos aparte de las capacidades y presiones que son simplex, duplex y triplex. Los movimientos del pistón por minuto son generalmente bajos si se comparan con otro tipo de bombas, lo que se denomina stroke o golpe son de 30 y 60 veces por minuto, las de más alta capacidad llegan hasta 115 golpes por minuto.
- 2) Las conexiones de la tubería a veces de manguera son del tipo standar, lo que facilita su conexión a las válvulas.
- 3) Como la presión* de estos dosificadores es alta generalmente vienen suministrados con una válvula relevadora de presión, que abrirá automáticamente cuando surja una sobrepresión u obstrucción en la descarga de la bomba, para así formar un by pass o un ciclo de dosificación sin añadir producto químico al punto deseado. Estas válvulas relevadoras son construidas en PVC o acero inoxidable.
- 4) Los motores generalmente son abiertos pero existe la posibilidad de suministrarse a prueba de explosión cuando la fábrica presenta mayores sistemas de seguridad.

CARACTERISTICAS DE LA BOMBA.

- 1) Generalmente los diámetros del pistón del dosificador son: 1/4", 3/8", 1/2", 5/8", 1", 1 1/4" y 1 1/2". Como se puede apreciar el diámetro no rebasa las 2".
- 2) Las presiones de operación son hasta de 1,500 p.s.i. como toda la bomba, a mayor capacidad menor presión. Cabe hacer notar que la gran ventaja de los dosificadores de pistón sobre los de diafragma son precisamente mayor presión.
- 3) La conexión de salida y entrada de las válvulas es de 1/4" y la más grande es de 1/2".
- 4) En muchos casos las bombas de pistón tienen doble check a la entrada y salida, lo que permite una mejor dosificación.
- 5) La succión máxima es de 3 metros, aunque siempre se instala a corta distancia.
- 6) El ajuste es en base al tipo de tornillo micrométrico y con rango de 10:1.
- 7) El mecanismo de bombeo es en base a un excéntrico incrustado en un balero que mueve el pistón.
- 8) Nunca se opere la bomba a temperaturas mayores de 40°C

INSTALACION.

- 1) Las bombas de pistón pueden ser suministradas por el fabricante con equipo completo como son tanques de solución, bases para el tanque, agitadores, conexiones de succión y controladores de nivel, etc.

- 2) Es recomendable montar la bomba abajo del tanque de solución, ya que el paso del producto ayuda a la dosificación de la bomba, si esto no es posible se puede montar ya sea horizontal o encima del tanque de solución previniendo que la succión no exceda de 3 metros.
- 3) Antes de instalar la bomba verifique la corriente de la bomba con la línea a donde va a ser conectada, y asegúrese que el punto de inyección no tenga mayor presión que la que puede dar el dosificador, si está correcto conéctese a la tubería de succión y de descarga.
- 4) Pruebe que las conexiones de succión y descarga no tengan jugos de producto químico. Recuerde que debe de estar protegido con el equipo adecuado. Obviamente la capacidad de la bomba debe estar al máximo para fines de chequeo.
- 5) Ajuste el caudal de la bomba a la capacidad deseada en algunos casos el tornillo lleva un seguro o contra para evitar variaciones en la capacidad. Puede probarse des conectando la descarga y midiendo la dosificación en un vaso de precipitado graduado, para ver la dosificación por minuto.
- 6) Los empaques del pistón son de neopreno de teflón, aunque el fabricante los examina, es recomendable observar los los primeros 14 días de operación, una de las desventajas de los dosificadores de pistón es el recambio continuo de estos juegos de empaques.
- 7) Se recomienda que en el punto de inyección el producto químico penetre en medio de la tubería y donde hay un flujo rápido para una mejor mezcla, el fabricante tiene diferentes inyectores para que sea añadido correctamente en caso de que el inyector tenga check debe de estar instalado de cierta forma para que la contrapresión

cierre el check, ya que en algunos casos se invierte la posición de éste y de nada sirve ya que nunca llega a cerrar.

- 8) Asegúrese de que esté bien conectada la válvula relevadora de presión para evitar daños en la tubería o en el dosificador. Estas válvulas tienen un resorte que puede ser calibrado de acuerdo a la presión que uno desee para que abra automáticamente.

MANTENIMIENTO.

- 1) Los empaques del pistón deben ser reemplazados, pero depende de la capacidad y de los golpes por minuto para su desgaste, es conveniente tener un juego de estos empaques que van en función del diámetro del pistón en medio de ellos llevan un espaciador para grasa que se debe de lubricar constantemente, ya que ayuda a que no haya fricción entre estos empaques y el pistón.
- 2) La grasera es de tipo común en la industria y es del tipo de balín.
- 3) El excéntrico que va en el balero también debe ser lubricado ambos, aunque existen ya baleros completamente cerrados.
- 4) Las canicas o checks deben ser limpiadas con un solvente de acuerdo al producto químico, cada tres o seis meses. En caso de estar deteriorada reemplácese. Asimismo límpiense las válvulas de succión y de descarga.

PROBLEMAS MAS COMUNES EN BOMBAS DE PISTON.

Causa probable	Remedio
a) Dosificación baja. 1) Aire atrapado en el cabezal de la bomba.	Apague el dosificador, desconecte la válvula de succión y asegure el aprieto de las válvulas pero antes es recomendable limpiarlas y ponerles un sellador para <u>ev</u> itar entrada de aire.
2) Válvulas obstruidas.	Desconectarse ambas válvulas y limpiarse con un solvente adecuado.
3) Ajuste de capacidad.	En muchos casos el <u>orni</u> llo se oxida y se varía la capacidad. Verifique la posición y el estado de éste.
4) Altura de succión máxima.	Cheque la <u>distancia máxi</u> ma que es de 3 metros.
b) Problemas con motor. 1) Exclusiva presión de línea.	La bomba no alcanza a <u>do</u> sificar y el motor se <u>for</u> za al tratar de inyectar.

- 2) Bajo voltaje de alimentación. Estar seguro de que el vo
taje de suministro coinci-
da con el de placa del
motor.
- 3) Calentamiento en el motor. Debido a bajo voltaje o
mal suministro de energía
eléctrica.
- c) Problemas de alta capacidad.
- 1) El tornillo de capacidad marca
alto. En este caso se debe al
movimiento directo del me
canismo con el tornillo,
lo que lo va variando y
puede estar en dosifica-
ción alta.

6.2 INSTALACION DE UNA BOMBA DOSIFICADORA DEL TIPO DE DIA-FRAGMA OPERADA ELECTRICAMENTE.

Como cualquier equipo, la instalación depende de las normas que de el fabricante, cada equipo es diferente aunque su funcionamiento u operación es parecido, por lo descrito procederemos a mencionar los principales pasos de instalación, y los problemas más generales de mantenimiento de una bomba dosificadora electrónica.

I. Lo primero que hay que observar que la bomba esté completa, siempre se suministra la bomba con mangueras de succión y de descarga, con una pichancho y con un inyector. Además es conveniente tener siempre a la mano el manual de operación y el catálogo de partes.

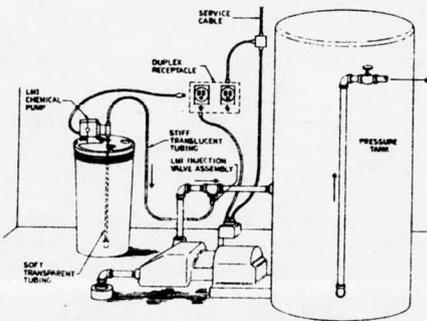
II. Ubicación y Montaje.

Advertencia: Al bombear substancias químicas, asegure se de que toda la tubería esté bien conectada con sus accesorios. Se recomienda que las líneas de tubería sean protegidas para evitar una posible avería en el caso de rotura o daño accidental. Siempre use una máscara y ropa protectora cuando trabaje con una bomba dosificadora.

a) Coloque la bomba en un área que sea conveniente al punto de inyección de la sustancia química, como también a la fuente de energía. Las bombas dosificadoras de la serie electrónica tienen la cabeza de fibra de vidrio con polipropileno, o sea resistentes a la corrosión, pero no se deben someter nunca a temperaturas arriba de 50°C. Estas bombas son cerradas por lo que las hace resistentes al rocío y a los agentes atmosféricos.

- b) Conviene colocar la bomba sobre un estante directamente arriba del tanque químico y fijarla con unos tornillos.
- c) Los diagramas mostrados a continuación muestran los métodos más comunes de instalar la bomba química. Observe la ubicación del inyector siempre en forma vertical para que funcione la válvula check.

HYDROPNEUMATIC SYSTEMS



TREATMENT OF SWIMMING POOLS

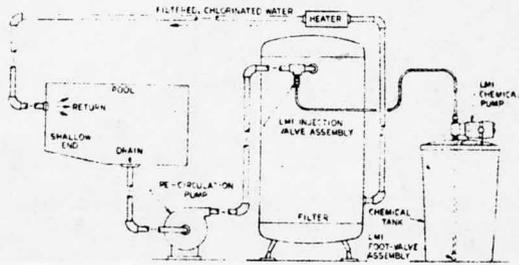


Fig. 6.1

Instalación de una bomba dosificadora en un sistema hidroneumático

Fig. 6.2

Instalación de una bomba dosificadora en albercas.

- d) Requisitos de contrapresión. Todas las bombas con regulación electrónica y accionadas magnéticamente, mantienen su máxima velocidad sobre la descarga de sus carreras, cualquiera que sea la frecuencia de las carreras.

Si hay poca o ninguna contrapresión, la velocidad del líquido bombeado será tanta como para causar exceso de bombeo debido a esta característica, si la presión del sistema al punto de inyección no es suficientemente alta para suministrar la contrapresión necesaria, la contrapresión tiene que suministrarse por una válvula de contrapresión antisifonaje.

Para evitar el sifonaje se recomienda una válvula anti sifón, así como la tubería siempre esté completamente llena de producto químico y no de aire y producto, o lo que se llama "cuesta abajo".

III. Instalación Eléctrica.

- a) Se debe de conectar de preferencia a un contacto que tenga conexión a tierra, es importante verificar el voltaje del contacto, que sea igual al de la bomba, ya que se suministran estos equipos en 12 v, 120, 220 - 440 v.
- b) Es sumamente importante que la clavija puesta a tierra del enchufe de tres patas sea conectada a tierra, no se deben usar adaptadores ya que podría dañar el circuito eléctrico.
- c) Si la bomba tiene una conexión externa (convertidor de frecuencia, medidor de caudal, etc.) se debe tener cuidado de introducir adecuadamente el enchufe hembra.

IV. Enchufe de Caudal.

- a) El botón de ajuste de la frecuencia de impulso es generalmente el que se encuentra en la parte superior

del tablero de control. Se gradúa el controlador de velocidad de impulsos (stroke) aproximados por minuto, la frecuencia se aumenta girando este botón hacia la derecha.

El caudal total de la bomba se puede calcular multiplicando la frecuencia de impulsos (porcentaje del máximo) por el ajuste de la longitud del impulso, que es botón de la parte inferior que va regular la longitud del diafragma, por ejemplo, si el botón regulador de longitud del impulso está puesto al 100% del máximo y la frecuencia de impulsos está al 20% del máximo, el caudal total de la bomba será aproximadamente 20%.

- b) Para determinar la frecuencia exacta de impulsos por minuto en cualquier posición del botón regulador de velocidad, cuente el número de veces por minuto que se enciende la luz piloto, que indica los golpes por minuto.
- c) El botón que ajusta la longitud del diafragma, regulelo girándolo al ajuste deseado, mientras está funcionando la bomba.
- d) Ajuste el máximo caudal de la bomba se consigue con el regulador de frecuencia de impulsos y el regulador de longitud de impulsos puestos al máximo.
Para usar la bomba a un caudal inferior al máximo, se consigue una mejor eficiencia volumétrica dejando el botón regulador de longitud de impulsos al máximo, y el botón regulador de frecuencia de impulsos girandolo hacia la izquierda para reducir el caudal de la bomba.

- e) Una vez terminada la instalación y cuando se haya hecho un ajuste inicial aproximado, se debe calibrar la bomba y regular los ajustes para frecuencia y/o longitud de impulsos, esto se logra midiendo en un vaso graduado la dosificación del producto por minuto, generalmente se prueba con agua.

V. Solución de problemas más comunes del tipo mecánico.

1) Bajo caudal de la bomba.

- a) Un ajuste de impulsos muy bajos. Verifique la posición del botón regulador de longitud de impulsos girándolo a la izquierda hasta que el diafragma deje de moverse con la bomba en funcionamiento si parara antes de marcar cero, ajuste el botón a cero y vuelva a apretar los tornillos de sujeción, gire el botón hacia la derecha y verifique el funcionamiento.
- b) Aire atrapado en la cabeza de la bomba. Puede ser causado por malos apriete en la válvula de succión o en la pichancha (el aire o burbujas atrapadas en la línea de descarga no tienen efecto sobre la operación de la bomba) para quitar el aire atrapado del cabezal, haga funcionar la bomba a su misma capacidad despues de haber verificado las conexiones de la manguera a la pichancha y a la válvula de succión.
- c) Escape de aire a través de las tuercas de las válvulas. Normalmente causado por arillos de aire gastados o dañados o por ajustes flojos. Apretar los ajustes a mano hasta que quedan bien apretados. Si el problema persiste, reemplace ambas tuercas de aire de las válvulas.

d) Diafragma roto. Generalmente las bombas tienen un orificio que se encuentra en el espaciador o en la unión entre el cabezal y mecanismo de bombeo, esto es con la intención de que cuando se rompa el diafragma el producto químico que llega a pasar por la rotura no se vaya al interior de la bomba sino que sea chorreado por la parte inferior para que pueda ser visto y sea reemplazado el diafragma.

e) Extremo de succión obstruido. Verificar generalmente la pichanca y limpiarla y destaparla con una solución apropiada.

2. Caudal de bomba excesiva.

a) Ajustes equivocados de botones. Examine el botón regulador de longitud de impulso girándolo a la izquierda, hasta cero. El diafragma debe dejar de alternar en caso contrario, vuelva a ajustar el botón y continúe girando hacia la izquierda hasta que cese el movimiento. Verifique también el botón regulador de velocidad, gire hacia la izquierda hasta que se sienta una cierta resistencia, afloje el tornillo de sujeción del botón y vuelva a ajustarlo si fuera necesario.

3. Cambio de diafragma. Siempre que se tenga que reemplazar el diafragma, deberá de seguirse las instrucciones del fabricante, aunque generalmente se necesita que el mecanismo de longitud de éste se encuentre a su distancia media para poder atornillarlo y se deberá apretar de tal forma que quede al ras con la parte de la sujeción del diafragma, esto se puede comprobar con un desarmador, la buena colocación del diafragma es muy importante para el adecuado funcionamiento de la bomba dosificadora.

VI. Solución de problemas más comunes del tipo eléctrico.

Nota: Toda prueba debe llevarse a cabo con el cabezal y diafragma instalado.

- 1) Enchufe el cordón de corriente en el contacto apropiado.
 - a) Ponga el botón regulador de frecuencia a 100.
 - b) Ponga el botón regulador de longitud de impulso a 100.
 - c) Si la bomba tuviera conector externo ponga la bomba de modo interno.
- 2) Escuche el sonido del stroke.
 - a) Si la bomba funciona y la luz piloto se apega de 95 a 100 veces por minuto, el impulsor (circuito eléctrico o pulsador) está funcionando correctamente.
 - b) Si la luz piloto no se enciende proceda al paso 3.
 - c) Si la luz piloto se queda encendida y no se apaga intermitentemente, proceda al paso 4.
 - d) Si la bomba marca sus impulsos a más de 110 veces por minuto, esto quiere decir que el módulo impulsor es defectuoso y debería de reemplazarse. Remueva todos los fusibles del tablero de control, verifique la continuidad de los fusibles y guardelos.
 - e) Si la bomba marca más impulsos a menos de 95 veces por minuto, proceda al paso 6.

- 3) Desenchufe el cordón de corriente y saque el tablero de control, removiendo también el botón regulador de longitud de impulso.
 - a) Verifique si hay corto circuito. Una causa común de no encenderse la luz piloto es por corto circuito sobre el suministro auxiliar de energía, verifique el aislamiento de estas terminales, si se conecta el cordón de corriente unipolar a la fuente de energía y se enciende la luz piloto, hay un corto circuito en el conector interno, examine el varistor a MOV conectado generalmente a las terminales de potencia de entrada para ver si hay roturas o corto circuito, desenchufelo y examine la resistencia a través de MOV debe ser igual a infinito.

- 4)
 - a) Si la luz piloto no se enciende y no se apaga intermitentemente en el modo interno, es posible que el circuito de potenciómetro esté abierto. Usando un ohmetro y con el ajuste de velocidad puesto al 100% examine la resistencia a través de las dos terminales, las lecturas deben ser cero a 30 ohms como máximo si la lectura fuera igual a infinito hay un defecto en el potenciómetro. Desconectese y cambiese.

 - b) Si la luz piloto no se enciende y se apaga intermitentemente, puede haber un corto circuito en el varistor el MOV (varistor debe reemplazarse con uno nuevo para que pueda proteger el circuito contra una sobrecarga).

- 5) Verifique si hay fusibles fundidos.
- a) Es normal que los fusibles se fundan como resultado de una sobrecarga, debido a una batería electromagnética en corto circuito o parcialmente puesta en corto circuito.
 - b) Mida la resistencia a través de los alambres solenoides la indicación en ohms la da el fabricante dependiendo del modelo.
 - c) Mida la resistencia a través de cada alambre solenoide y al cuerpo de este o a tierra debe ser igual a infinito.
 - d) Una resistencia de bobina distinta a la de arriba indicada quiere decir que el solenoide es defectuoso y debería de reemplazarse. Una resistencia demasiado baja indica un corto circuito parcial y aunque la bomba marchará durante corto tiempo, al final el termostato se abrirá o se fundirán los fusibles.
- 6) Velocidad pulsatórica lenta.
- a) Gire el regulador de frecuencia de impulso a la derecha. La resistencia debe ser cero ohms en caso contrario con puente y una pieza de contacto haga un corto circuito provisional entre la salida del potenciómetro.
 - b) Enchufe el tablero de control unipolar o circuito a la toma de corriente apropiada y cuente la velocidad de pulsación (pulsaciones por minuto) si ahora es igual o mayor a 95 por minuto el potenciómetro está dañado y debe reemplazarse.

- c) Después del paso "b", si la velocidad de pulsación sigue siendo menor que 95 por minuto y tal velocidad pulsatoria no es suficiente para la aplicación particular de bombeo, entonces se debe de reemplazar el impulsor o circuito eléctrico.

6.3 INSTALACION DE UNA BOMBA DOSIFICADORA DE DIAFRAGMA OPERADA MECANICAMENTE.

Un fluido es bombeado desde el tanque de almacenamiento químico hasta el punto de inyección por la acción pulsativa del diafragma generalmente contiene cuatro válvulas check, una de succión, una de descarga, una en la pichancha y otra en el inyector, mantiene el fluido hasta el punto de descarga. Los materiales que hacen contacto con el fluido son construidos en diferentes materiales PVC, acrílico, polipropileno y diafragmas de vitón hypalón EPDH, etc., alternando estos materiales se puede llegar a las necesidades de uno.

PRECAUCIONES.

- 1) Los productos químicos son potencialmente peligrosos, por lo cual se deben de colocar en un lugar seguro y seguir las instrucciones del fabricante.
- 2) Aunque visualmente parezcan iguales dos productos químicos, en su contenido no lo son, por lo cual se debe de estar seguro del producto a dosificar para no dañar la bomba.
- 3) Use siempre ropa y equipo adecuado como guantes, lentes, etc., siempre que trabaje cerca de la bomba y más cuando son productos corrosivos.
- 4) Siempre que se conecte la bomba el voltaje de ésta deberá de coincidir con el voltaje del contacto, ya que pueden suministrarse en 115, 220 y 440 volts.
- 5) Para reparar el dosificador, debe estar completamente parado y asegurarse que el motor se encuentre frío.

- 6) Todas las bombas son probadas con agua y ésta permanece en el diafragma, cuando se empieza a bombear un producto que pueda reaccionar con el agua, se debe de limpiar o secar los checks (válvulas) y el cabezal completo.
- 7) Cuando se usa cabezal de acrílico, se puede observar como los checks (canicas) abren y cierran a la par del diafragma.

INSTALACION.

- 1) Los dosificadores de serie pequeña siempre cierran con unas mangueras de succión y de descarga, una pichancha y un inyector, aparte su manual de operación.
- 2) La instalación del dosificador puede ser de diferentes maneras, una montada sobre una plataforma en la pared, otra arriba del tanque de solución, otra en la base del tanque de solución u otra en la pared, siempre que se desee, se puede invertir la cabeza de la bomba siempre y cuando el cabezal permanezca verticalmente . ver figuras 6.3 y 6.4.
- 3) Conectese las mangueras del cabezal al inyector y del cabezal a la pichancha.
Nota: No apriete demasiado las válvulas, solamente apriete a mano.
- 4) Cuando se inyecte a un depósito abierto, puede o no necesitarse el inyector, lo que es siempre necesario es colocar dentro de la válvula de descarga un resorte antisifón lo que sirve es que mantiene a la canica de la válvula de descarga siempre sellando mediante el empaque y dicha canica.

- 5) La válvula de inyección o más bien dicho el inyector debe de colocarse en un punto donde haya suficiente corriente para que al entrar el producto se mezcle. Cabe hacer notar que el check del inyector solo sellará si está en posición vertical ya que la canica topará con el empaque solo en dicha posición.
- 6) Observe que en donde se instale el inyector, exista cierta distancia antes de entrar al sistema, para que haya suficiente tiempo de contacto y con esto buena mezcla.
- 7) Si la bomba se coloca en la parte superior del tanque de sedimentación al pararse sufrirá descarga de las tuberías y cuando se requiera colocar la bomba se tendrá que . cebar nuevamente, en estos casos es preferible colocar la bomba abajo o bien usar unas válvulas antisifón que se colocan en la válvula de descarga y que consiste en dos diafragmas pequeñas.
- 8) Las presiones de estas bombas son generalmente bajas por ejemplo, fluctúan entre 0 y 150 P.S.I., sin embargo se pueden instalar válvulas relevadoras de presión que abren cuando la línea en el punto de inyección es obstruída o excede a la presión máxima de la bomba.
- 9) Generalmente la distancia máxima desde el cabezal hasta el inyector es corta, no excede de 2 metros.

MANTENIMIENTO.

- 1) Cada seis meses comience a reemplazar las canicas y empaques de los cuatros checks, estos tipos de bombas tienen dos empaques, uno donde asienta la válvula de que

se trata y otra donde asienta la canica. Recuerde la posición de las válvulas ya que comunmente se cambian y su función es inversa o sea cuando una abre otra cierra y viceversa, observe el tipo de material del empaque y sustituyase por uno del mismo material.

- 2) Para una mejor conservación del dosificador, instalese con un protector contra los agentes atmosféricos, con esto ayudará a evitar oxidación sobre todo en el control de dosificación.
- 3) Cuando la solución a dosificar es fangosa o lechosa, conviene limpiar constantemente la pichancha, ya que llega a taparse, además hay que verificar la mezcla y que el agitador funcione en óptimas condiciones.
- 4) La capacidad de la bomba es regulada por un tornillo que mueve el espaciador en donde se sujeta el diafragma cuando el tornillo se encuentra afuera, el balero con el excéntrico está en contacto todo el tiempo.
- 5) Como el tornillo que rige la capacidad está en contacto directo con el mecanismo de capacidad y éste a su vez está en contacto con el motor, comunmente se varía la capacidad de la bomba por el constante movimiento que hace que se apriete o afloje el tornillo, para evitar ésto varias compañías fabricantes de bombas colocan un seguro o contra en el tornillo de la capacidad, para fijarlo, el problema es que seguido se mueven el tornillo de la capacidad sin aflojar la contra, y lo único que logran es desajustar la capacidad. Cuando se llega a este caso, se recomienda aflojar el cabezal para poder visualizar el diafragma, en seguida se aflojan los

prisioneros de la perilla del tornillo de la capacidad y con unas pinzas de presión, se comienza a mover el tornillo hasta que apenas deje de moverse el diafragma, en este momento se vuelve a colocar la perilla y el cabezal ya que esto es el punto cero, obviamente debe hacerse este nuevo ajuste con la contra o seguro flojo. Acabado éste dese vuelta hasta el máximo y compruebese el movimiento del diafragma, mediante el bombeo a su máximo.

- 6) Engrase cada 3 ó 6 meses el excéntrico, así como cuide el rodamiento del balero.
- 7) Chéquese que el diafragma esté en buenas condiciones, como dispositivo de seguridad, las bombas tienen un orificio en la carcaza donde se ajusta el diafragma, esto es con el fin de que si el diafragma roto llega a succionar producto, escurra por la parte posterior de éste y no dañe el mecanismo.
- 8) Compruebese el voltaje del motor para evitar sobrecalentamiento.

Problemas más comunes en las bombas de diafragma.

Causa probable.

Remedio

a) Dosificación baja.

1) Aire atrapado en el cabezal de la bomba.

Apague el dosificador, desconecte la válvula de succión y asegúrese el apriete de las válvulas, pero antes es recomendable limpiarlas y

y ponerles un sellador para evitar succiones de aire. verifique el apriete del cabezal.

2) Válvulas obstruídas.

Desconecte las dos válvulas del cabezal, límpiece con un solvente adecuado, compruebe que los checks de la pichancha y el inyector trabajen adecuadamente.

3) Ajuste de capacidad.

Compruebe que no haya sido variado el tornillo de la capacidad, si es así, refierase al paso 5 de instalación.

4) Altura de succión máxima.

Cheque que la distancia máxima sea de 3 metros.

b) Problemas con Motor.

1) Excesiva presión de línea.

La bomba no alcanza a inyectar y el motor sufre sobrecalentamiento.

2) Bajo voltaje de alimentación.

Estar seguro de qué voltaje de suministro coincida con el de placa del motor o etiqueta.

3) Desgaste común.

Regularmente los motores que usan los dosificadores son fraccionarios o pequeños, esto provoca que haya desgaste en el motor y chumaceras debido a que la industria generalmente los trabaja las 24 horas del día y los 365 días del año.

c) Dosificación alta.

Compruebe que no haya sido variado el tornillo de la capacidad, si es así refiérase al paso 5 de instalación.

Nota: Aunque el principio de las bombas dosificadoras de líquidos es el mismo, cada fabricante recomienda ciertos cuidados, lo más recomendable es leer y entender el manual de operación específico de la bomba, y en caso de mal funcionamiento comunicarse con el fabricante, además éste proporcionará que piezas son las más recomendables para tenerlas en el almacén (stock de refacciones), para un mejor funcionamiento del dosificador.

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

- Manuel Viejo Zubicaray
Bombas, Teoría, Diseño y Aplicaciones 2^a edición
Limusa, México 1975, 290 páginas

- Virgil M. Faires
Problemas de Termodinámica 1^a edición
UTEHA, México 1967, 298 páginas

- Claudio Mataix
Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas, 2^a edición
Harper and Row-Latinoamericana, México 1982, 660 páginas

- Louis A. Robb
Diccionario para Ingenieros, 12^a edición
Español-Inglés - Inglés-Español
C.E.C.S.A México 1964, 664 páginas

- Nalco Chemical Company
TECHNIFAX
Applications, Procedures, Recommendations, Viewpoint
6216 W. 66Th. Place, Chicago Illinois 60601, 325 páginas

- Capital Controls Co.
Guide to Metering Pumps
P.O. Box 211, Colmar, PA 18915 U.S.A., 37 páginas

- Gregory J. Nestor and G.A. Cappeline
Water Related Problems of Evaporative
Industrial Water Engineering, Ohio, June 79, 42 páginas
Cooling Systems and Control Methods

- Liquid Metronics Inc.
Instruction Maintenance, Service
"Chemical Pumps"
19 Craig Road, Acton Mass, 02154 U.S.A.

- Chem-Tech International
Instruction and Operation Manual
"Chemical Pumps"

- Jaeco Pumps Company
Jaeco Proportioning Pumps and Chemical
Feed Systems
226 South 16Th. Street. Philadelphia
PA, 19102 U.S.A.

- American Water Works Association
"Journal"
6666 West Quincy Avenue, Denver Co., 80235

- Milton Roy Company
NPSH (Net positive suction head) Handbook
201 Ivyland Road, Ivyland, PA, U.S.A. 18974, 14 páginas