



UNIVERSIDAD DE ATACAMA

UDA-BIBLIOTECA



BOMBEO DE PULPAS



Preparado por:
JORGE REYES HUENCHO
Ingeniero Ejecución Mecánico
Escuela de Tecnologías
FACULTAD DE INGENIERIA

-1990-

DIRECCION DE EXTENSION, COMUNICACIONES Y RELACIONES UNIVERSITARIAS
DEPARTAMENTO DE CAPACITACION

INDICE

<u>MATERIA</u>	<u>PAGINA</u>
INTRODUCCION	1
PRINCIPIOS BASICOS DE HIDRAULICA	2
BOMBAS HIDRAULICAS	3
CLASIFICACION DE BOMBAS	4
BOMBAS CENTRIFUGAS	6
DEFINICION DE NPSH	17
CAVITACION	18
BOMBAS CENTRIFUGAS PARA PULPAS	20
SISTEMAS DE BOMBEO	20
VELOCIDAD DE TRANSPORTE DE LA PULPA	20
PERDIDAS POR FRICCION EN TUBERIAS	23
CONVERSION DE ALTURA DE PULPA A COLUMNA DE AGUA	29
ANEXO : GRAFICOS Y NOMOGRAMAS	31



INTRODUCCION:

Las máquinas hidráulicas tienen gran uso industrial en la actualidad, especialmente las generadoras, de las cuales se destacan las BOMBAS.

En los procesos de tratamientos de minerales, es necesario trasegar agua y diferentes líquidos, con distintas viscosidades y densidades. Las máquinas usadas en estos casos, normalmente son bombas, de las cuales, las más usadas son las centrífugas.

El presente curso tiene como objetivo principal, lograr que el alumno comprenda cuales son los parámetros principales y nomenclatura usada en el bombeo de pulpas.



ANTECEDENTES GENERALES:

Desde que apareció en la década pasada como componente de los diagramas de flujo, en modernas plantas de beneficio de minerales, grandes esfuerzos se han invertido en desarrollar y diseñar una mejor bomba para pulpa.

Las características de diseño, tales como alta eficiencia, bajo costo de las partes de desgaste, con respecto a su durabilidad y un mínimo costo total de la bomba, no siempre pueden ser simultáneamente maximizados.

PRINCIPIOS BASICOS DE HIDRAULICA:

Existen conceptos relacionados con el tema que necesitan definirse, previamente.

Hidráulica: Es aquella rama de la mecánica que trata de las leyes que gobiernan el comportamiento del agua y líquidos en los estados de reposo y movimiento.

Hidromecánica: Estudia el movimiento del líquido perfecto y equilibrio por medio de un proceso rigurosamente analítico. Sus áreas son la hidrostática y la hidrodinámica.

Caudal: Es el volumen de un líquido que atraviesa una sección cualquiera por unidad de tiempo.

Presión: Se define como fuerza por unidad de superficie.

Presión atmosférica: Es la presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie de la tierra.



Presión manométrica o relativa: Es aquella que considera como referencia para el cero, la presión atmosférica, es la que normalmente indican los instrumentos.

Presión absoluta: Es aquella que toma como referencia para el cero el vacío total y corresponde a la suma de la presión atmosférica más la presión manométrica.

Densidad: Es la relación que existe entre la masa y el volumen de un cuerpo.

Peso Específico: Es la relación que existe entre el peso de un cuerpo y su volumen.

Viscosidad: Es la resistencia que presenta un líquido al deslizamiento o escurrimiento.

Temperatura: Es una medida cuantitativa de la cantidad de calor que posee un cuerpo. La Temperatura nos indica si el cuerpo está más frío o más caliente.

BOMBAS HIDRAULICAS:

Definición: Se define una bomba en forma general, como una máquina generadora, que aumenta la energía del líquido, haciéndolo circular por un conducto. La energía la obtiene de algún agente exterior que en la mayoría de los casos es un motor.

Clasificación: Las bombas se clasifican en Bombas de Desplazamiento Positivo y en Bombas Dinámicas.



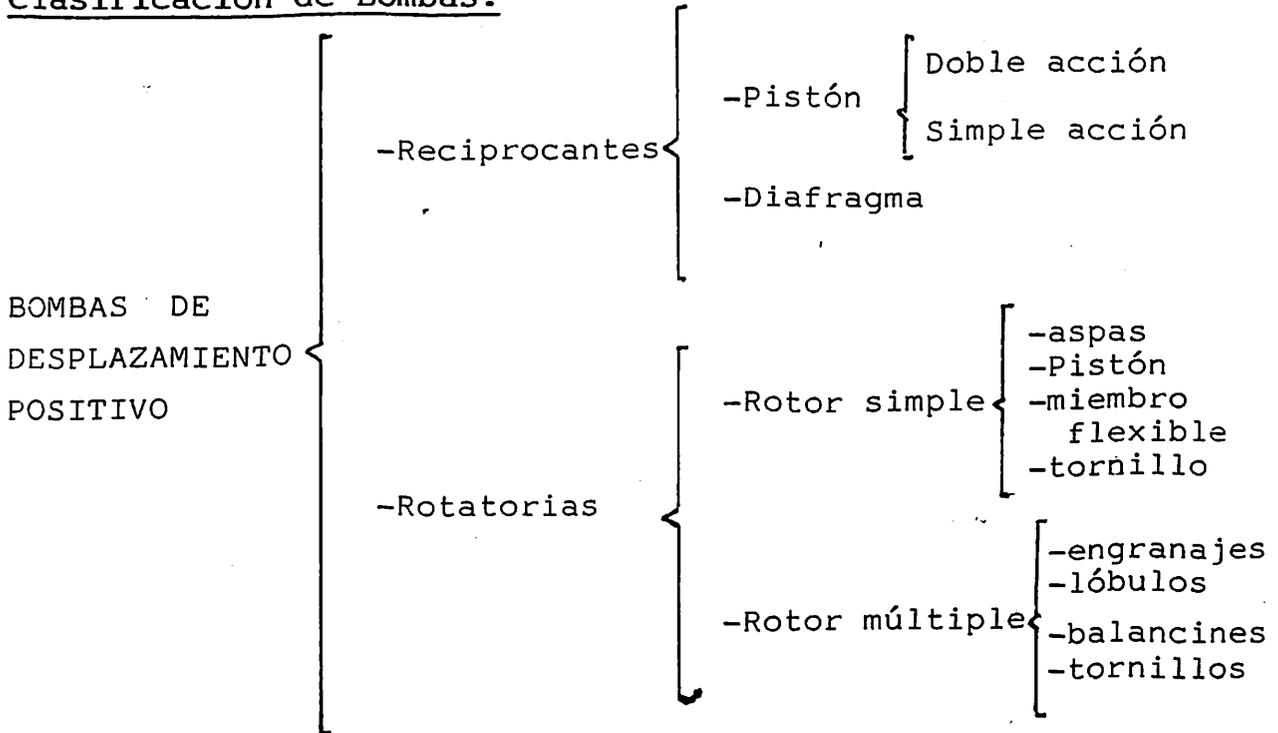
Bombas de Desplazamiento Positivo:

En éstas, el fluido que se desplaza siempre está contenido entre el elemento impulsor, que puede ser un émbolo, un diente de engranaje, un aspa, etc., y la carcasa o cilindro.

Bombas Dinámicas:

Son aquellas que transforman la energía de velocidad, en energía potencial. Actúan sobre la velocidad del líquido.

Clasificación de Bombas:



DINAMICAS

- Centrífugas {
 - Flujo radial (succión simple)
 - Flujo mixto (succión doble)
 - Flujo axial (succión simple)

- Periféricas {
 - Un paso { auto cebantes o cebadas
 - multipaso { por medios externos.

- Especiales {
 - Electromagnéticas



BOMBAS CENTRIFUGAS:

Definición: Es una bomba que pertenece al grupo de las dinámicas. Es una máquina que se usa para el trasiego de líquidos, en este caso el órgano de transmisión de energía se llama rodete o impulsor. Debido a la forma del rodete, el líquido es lanzado hacia la periferia cuando éste gira, como consecuencia de la fuerza centrífuga.

Principio del Funcionamiento:

La Bomba Centrífuga aprovecha el gradiente de presiones que se genera en un vórtice forzado para impulsar el fluido. El líquido penetra a la bomba en la dirección del eje del rodete y sale a través del caracol de la carcasa hacia el impulsor.

Partiendo de la base que la bomba ha de estar llena de líquido, si el rodete gira, los álabes le comunican un movimiento giratorio y la fuerza centrífuga que se genera de este modo, hace salir el líquido de los canales que forman dichos álabes, de modo que se produce un vacío en el centro del rodete, a consecuencia de esta depresión, la presión atmosférica que actúa sobre la superficie líquida en el pozo, lo pone en movimiento por el interior del tubo de aspiración, entrando al rodete en dirección axial, con una velocidad y presión determinada, a través de una abertura central lateral llamada "ojo del rodete". Así pues, el vacío que se produce en el centro del rodete, se vuelve a llenar con líquido inmediatamente, mientras que por la periferia del rodete, el agua sale con una velocidad y presión determinada, para entrar en la caja de la carcasa de la bomba.



La carcasa tipo voluta, llamada así por su forma espiral tiene el objeto de convertir la energía cinética impartida por el rodete, en energía de presión. Esto se lleva a cabo mediante la reducción de la velocidad por el aumento gradual del área que rodea al rodete desde la nariz hasta llegar a la garganta de la carcasa donde se conecta con la descarga.

Clasificación de las bombas centrífugas:

Como ya se ha indicado, la fuerza centrífuga creada por el giro del rodete produce el trabajo necesario para la elevación del líquido, por lo cual, la altura de elevación depende principalmente del número de revoluciones y del diámetro del rodete.

Las bombas centrífugas se clasifican según:

1. Movimiento del líquido y succión.
 - a) Aspiración simple.
 - b) Aspiración doble (duplica el caudal y soluciona el empuje axial).
 - c) Succión negativa.
 - d) Succión positiva.
 - e) Succión a presión.
2. Admisión del líquido.
 - a) Radial (tipo voluta y turbina)
 - b) Diagonal (tipo francis) (mixto)
 - c) Helicoidal o axial (tipo hélice)
3. Número de impulsores (etapas, cascadas, celdas o escalas).
 - a) De un impulsor.



- b) De varios impulsores.
4. Tipo de impulsor.
- a) Cerrado
 - b) Semi-cerrado.
 - c) Abierto.
 - d) A prueba de obstrucciones.
5. Posición del eje.
- a) Vertical.
 - b) Horizontal.
 - c) Inclinado.
6. Presión.
- a) Baja presión (altura manométrica hasta 20 m)
 - b) Media presión (altura manométrica desde 20 m hasta 60 m).
 - c) Alta presión (altura manométrica más de 60 m).
7. Tipo de material de sus partes.
- a) Estandar (fierro o bronce).
 - b) Toda de fierro.
 - c) Toda de bronce.
 - d) De acero con partes internas de fierro o acero inoxidable.
 - e) De acero inoxidable.



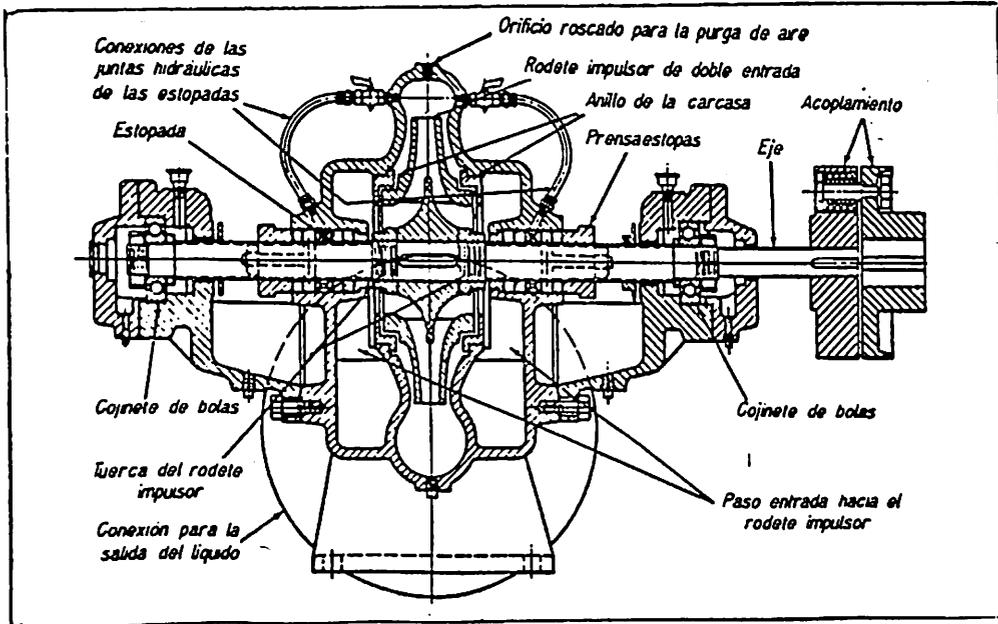
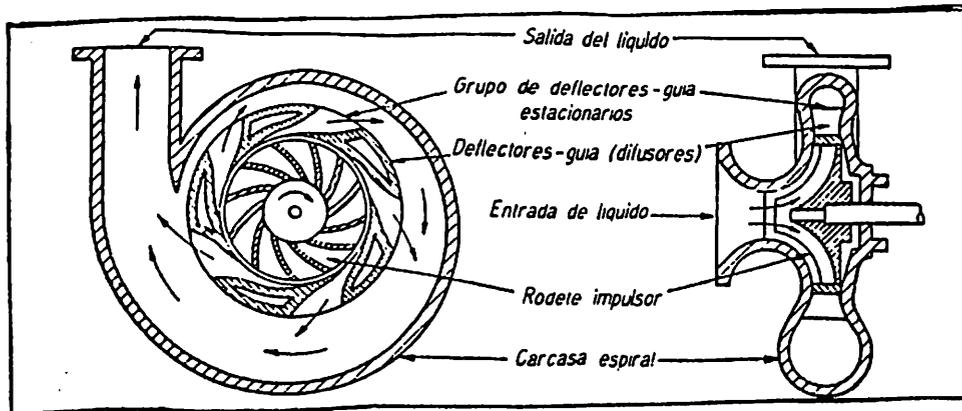


Fig. 1. BOMBAS CENTRIFUGAS ASPIRACION DOBLE

Fig. 2. BOMBAS CENTRIFUGAS ASPIRACION SIMPLE



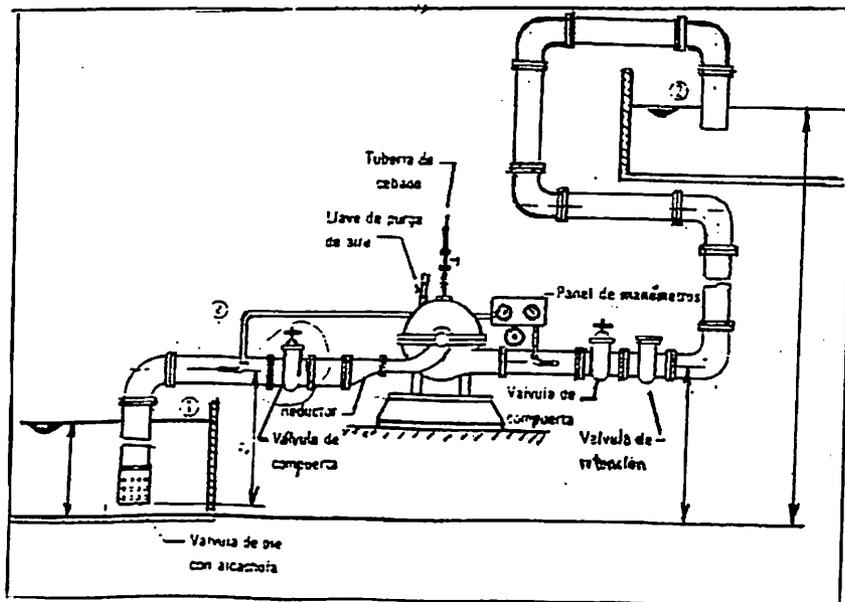


Fig. 3. INSTALACION DE UNA BOMBA CENTRIFUGA

Z'_a = Cota de la línea piezométrica relativa a la brida de aspiración de la bomba.

Z'_c = Cota de la línea piezométrica relativa a la brida de descarga de la bomba.

$Y_a = Z_1 - Z_b$ = Altura geométrica o carga estática, de aspiración. Negativa en el primer dibujo, positiva en el segundo.

$Y_c = Z_2 - Z_b$ = Altura geométrica o carga estática de descarga.

$Y = Z_2 - Z_1$ = Altura geométrica o carga estática total.

$h_a = Z'_a - Z_b$ = Altura manométrica de aspiración. Será la lectura en un manómetro instalado en la brida de entrada de la bomba, con respecto al plano horizontal de cota Z_b , expresada en columna del líquido. Negativa en el dibujo a y positiva en el dibujo b.

$h_c = Z'_c - Z_b$ = Altura manométrica de descarga: lectura de un manómetro instalado en la brida de descarga con respecto al plano Z_b , expresada en columna de líquido.

$h = Z'_c - Z'_a$ = Altura manométrica total: Lectura que dé un manómetro diferencial colocado en las bridas de entrada y salida, expresada en columna del líquido.

Si:

U_a = Velocidad a la entrada de la bomba.

U_c = Velocidad a la salida de la bomba.

Entonces:

$\frac{U_a^2}{2g}$ = Carga a la entrada de la bomba.

$\frac{U_c^2}{2g}$ = Carga a la salida de la bomba.



$H_a = Z_a - Z_b = h_a + \frac{U_a^2}{2g}$ = Altura total de aspiración (total suction lift). Negativa en el dibujo a y positiva en el dibujo b.

$H_c = Z_c - Z_b = h_c + \frac{U_c^2}{2g}$ = Altura total de descarga.

$H = Z_c - Z_a$ = Altura o carga total.

$\Delta H_a = Z_1 - Z_a$ = Pérdidas por fricción en la tubería de aspiración.

$\Delta H_c = Z_c - Z_a$ = Pérdidas por fricción en la tubería de descarga.

Todas estas cantidades se relacionan como sigue:

$$Y = Y_c - Y_a$$

$$h = h_c - h_a$$

$$H = H_c - H_a$$

Si $U_a = U_c$ tendremos : $h = H$

Limite de aspiración:

El límite teórico de aspiración es la presión atmosférica, es decir 10.33, con agua fría a 4°C y al nivel del mar. Toda disminución de presión atmosférica (altitud, aumento de la tensión del vapor del líquido cuando se calienta) disminuye la altura límite de aspiración como se ve en la siguiente tabla.



(Physique Industrielle, Aide, Mémoire, Dunod).

ALTITUD	ALTURA Pérdida, m.	TEMP. DEL AGUA	* ALTURA PERDIDA, m.
100	0.125	10°	0.125
500	0.625	15	0.173
600	0.750	20	0.236
700	0.870	25	0.320
800	0.990	30	0.430
900	1.110	35	0.570
1000	1.220	40	0.745
1200	1.440	45	0.970
1400	1.660	50	1.250
1600	1.880	60	2.040
1800	2.090	70	3.160
2000	2.290	80	4.800
2500	2.805	90	7.150
3000	3,230	100	10.330

* Tensión del vapor.

El límite teórico depende de las pérdidas de carga en la tubería de aspiración (coladera, válvula de pie, codos, fricción en la tubería, etc.).

Son muy raras instalaciones de bombeo con 8 ó 9 metros de aspiración.

Para reducir las pérdidas por fricción, se adoptan siempre velocidades menores de 1m/seg.



Punto de funcionamiento de una bomba:

La bomba deberá suministrar en todo caso toda la potencia necesaria para llevar el líquido del nivel aguas abajo al nivel aguas arriba. Por lo tanto la altura manométrica total de la bomba comprenderá, además de la diferencia de niveles, las diferentes pérdidas en las tuberías, en los codos, en los estrangulamientos, válvulas, etc.

En el proyecto de una instalación deberá buscarse cuál es el punto de funcionamiento de la bomba de modo que las características del sistema y de la bomba se crucen en un punto de buena eficiencia de esta última o bien tenga que cambiarse la elección de ella.

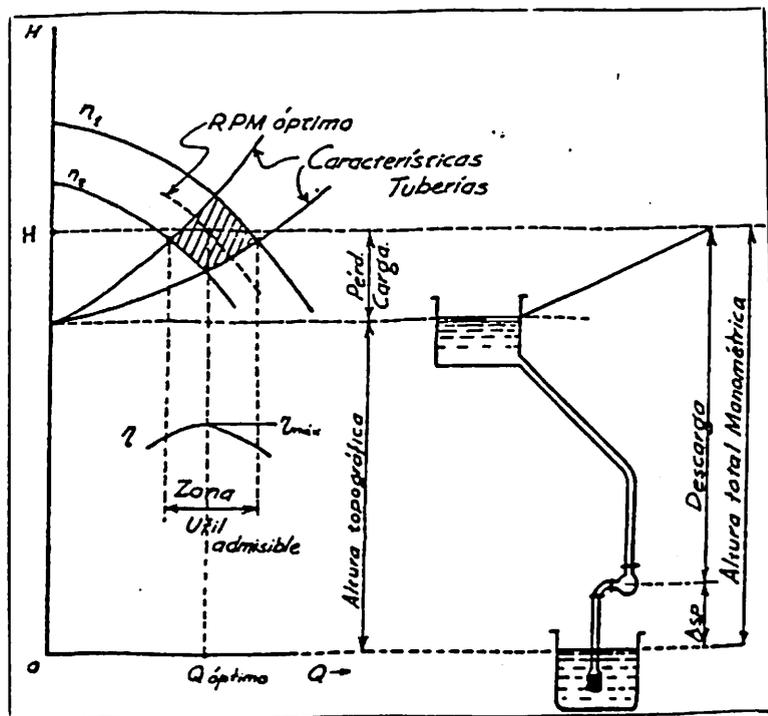


Fig. 6.

Para todo proyecto de una instalación de bombeo, se construye un diagrama como el que se muestra aquí adjunto, en el cual se llevan las características de la instalación para los límites extremos de operación. Con ayuda de las caracterís-



ticas de la bomba establecidas por el fabricante, se trazan las familias de curvas gasto-velocidad, por ejemplo las representadas en el diagrama n_1 y n_a . Se trazan en el mismo diagrama abajo de las curvas anteriores la característica eficiencia-gasto. Se eligen diferentes tuberías y se trazan sus características carga-gasto. El punto de funcionamiento de la bomba se encontrará en el cruce de esas familias de curvas, por ejemplo en el área sombreada que corresponde a la mejor eficiencia de la bomba y donde se desperdicia la menor energía posible.

Definición del NPSH:

El término NPSH, se encuentra a menudo en la literatura técnica en inglés, quiere decir "Net Positive Suction Head". Se define como la altura manométrica en metros leída en la brida de aspiración de la bomba y referida al eje de ella, menos la tensión del vapor del líquido en metros y más la carga de velocidad en metros del líquido en la misma brida de entrada de la bomba.

Para una instalación de bombeo existen dos NPSH:

"NPSH requerido", característico de la bomba y otro.

"NPSH disponible", característico del lado de aspiración de la instalación.

NPSH Requerido: Es una función del tipo de bomba y del gasto. No depende teóricamente del líquido pero varía con el gasto y la velocidad. Es la diferencia mínima requerida entre la altura práctica de aspiración y la tensión de vapor del líquido para evitar que haya vaporizaciones entre la brida de aspiración y la entrada al primer impulsor de la bomba. Este término deberá ser proporcionado por el fabricante de la bomba.

NPSH Disponible: Es la diferencia entre la altura de aspiración absoluta y la tensión del vapor en las condiciones de funcionamiento. Varía con el gasto y para una altura geométrica y una tensión de vapor determinadas disminuye cuando las pérdidas por



fricción aumentan.

En el caso de las instalaciones presentadas en la lámina del principio de este capítulo tendremos:

$$\text{NPSH} = h_o + H_a - h_v$$

en donde,

h_o = presión atmosférica en m.

H_a = altura total de aspiración en m, negativa en el caso de la figura a y positiva en el caso de la figura b.

h_v = tensión del vapor de agua en m.

$h_o + H_a$ = será el valor de la altura total de aspiración si se consideran las presiones absolutas en lugar de las presiones relativas.

Si h_o y h_v están dados en kg/m^2 y representadas respectivamente por P_o y P_v se tendrá:

$$\text{NPSH} = \frac{P_o - P_v}{\gamma} + H_a$$

siendo γ el peso específico del líquido en kg/m^3 .

Cavitación:

El cambio de fase líquida a fase gaseosa en un fluido ocurre en condiciones propicias de presión y temperatura.

En determinadas circunstancias es posible que ocurra este cambio de fase en el rodete de la bomba. Es decir se forman burbujas de vapor, que ocupan en relación a su peso un



volumen mucho mayor que el del líquido. A medida que estas burbujas se trasladan por el rodete pasan a zonas de mayor presión, lo que las hace contraerse y desaparecer en forma violenta, este fenómeno llamado "cavitación" produce ondas de presión bastante grandes que se traduce en un golpeteo constante en las superficies del rodete, vibraciones, ruidos y bajos rendimientos.

Para que no ocurra cavitación, la presión de succión de la bomba debe ser superior al valor de la presión de vapor del líquido a la temperatura en que se encuentra.

La presión mínima necesaria en la succión se da a través de la "altura neta de succión positiva (NPSH)".

El valor del NPSH nos da las condiciones mínimas que deben cumplirse en la entrada de la bomba para que ésta no cavite.



Bombas Centrífugas para Pulpas:

La eficiencia de las bombas centrífugas varía cuando impulsa líquidos viscosos. Para viscosidades medianas y altas, la potencia requerida aumenta considerablemente, a medida que aumenta la altura y cuando el caudal es pequeño disminuye.

Tradicionalmente han sido usadas bombas de carcasas metálicas para el bombeo donde las partículas de sólidos gruesos a transportar exceden de 1/4" en tamaño y bombas recubiertas interiormente con algún elastómero, cuando se trata de bombear pulpas con gran contenido de finos. Actualmente existe un nuevo diseño, que usa como elemento de desgaste una lana de espesor extra-grueso, se utiliza para el bombeo de sólidos gruesos, no es simplemente proporcionar más material para ser desgastado, sino que resistir el efecto de cortaduras ocasionadas por el impacto de las partículas sobre la voluta. Para tal efecto, la goma extragruesa se deformará y absorberá la energía de impacto producida por las partículas, disminuyendo así notablemente el desgaste por abrasión.

Sistemas de bombeo:

Con el fin de reducir los costos de operación de una planta, es muy importante hacer una selección correcta de la capacidad de la bomba de impulsión de pulpas. Este trabajo se refiere básicamente a las aplicaciones de bombas para pulpas en plantas concentradoras, en las cuales las tuberías son relativamente cortas, tal como ocurre en las bombas alimentadoras de hidrociclones.

Velocidad de Transporte de la Pulpa:

La selección correcta del diámetro de la tubería es un



aspecto importante en el diseño de una instalación de bombeo de pulpa, por cuanto define la velocidad de transporte de la suspensión. Las partículas sólidas, con un tamaño superior a aproximadamente 150 micrones, son transportadas como una suspensión por un líquido siempre que se exceda cierta velocidad mínima. Esta velocidad se denomina Velocidad Límite de Sedimentación (V_L).

Si la velocidad de escurrimiento es inferior a V_L , entonces prevalecerá la tendencia a sedimentar de las partículas bajo la acción de las fuerzas gravitacionales frente a las fuerzas turbulentas y que mantienen a las partículas en suspensión. Como consecuencia aparece una capa de partículas estacionarias o deslizantes depositadas en el fondo de la tubería, lo cual puede llegar a bloquearla.

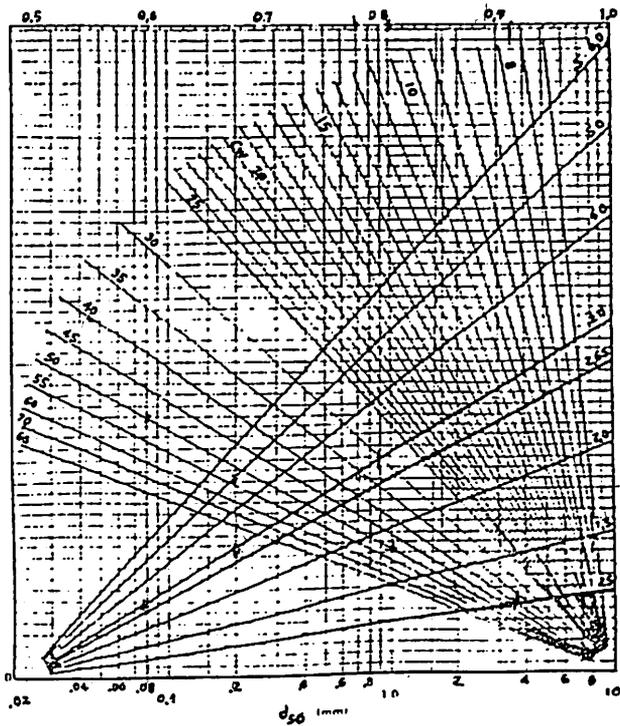
Las partículas con una granulometría inferior a 100 micrones modifican las propiedades del líquido portador, pues ellas alteran su viscosidad. Por este motivo las suspensiones que llevan partículas muy finas requieren de un análisis especial.

Cuando se trata de suspensiones de partículas más gruesas, la V_L se puede calcular por medio de la fórmula aproximada de Durand.

$$V_L = F_L \cdot \sqrt{2gD \frac{(S-SL)}{SL}}$$

donde: V_L = Velocidad límite de sedimentación (m/s)
 F_L = Factor de tamaño y concentración de partícula.
 g = Constante gravitacional (m/s^2)
 s = Densidad del sólido.
 SL = Densidad del medio de transporte.

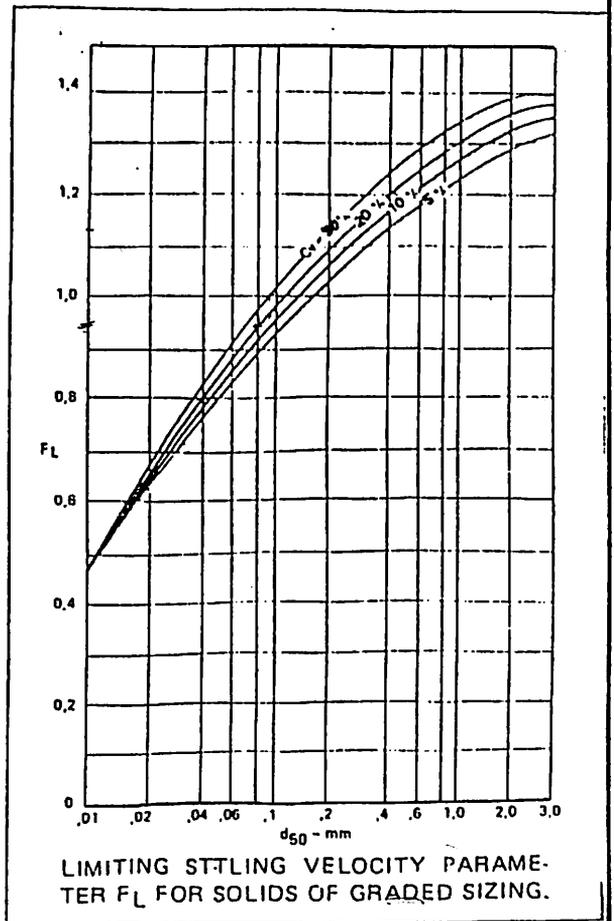




NOTE: This Chart Applies to Simple Mixtures of Solids and Water Only. For Mixtures of Solids and Heavy Media or Liquids Other than Water, Refer to Head Office.

- HR = Head on Slurry - Head on Water
- ER = Efficiency on Slurry - Efficiency on Water
- CW = Concentration by Weight of Solids in Slurry (%)
- S = Specific Gravity of Solids
- d50 = Average Particle Size (mm)

Fig. 7



LIMITING SETTLING VELOCITY PARAMETER F_L FOR SOLIDS OF GRADED SIZING.

Fig. 8



En el diagrama de la fig. 7, se indica la variación del factor F_L en función del diámetro de la partícula, para diferentes concentraciones de sólidos, según la relación de Durand.

La fig. 8, entrega valores estimados de F_L para partículas de tamaño diferenciado de acuerdo a una distribución d_{50} , es decir, aquel tamaño para el cual el 50% en peso de los sólidos son más gruesos y el 50% es más fino.

En pulpas que contienen un % significativo de material más fino que los 100 micrones, se puede suponer que esta fracción se encuentra completamente en suspensión y como consecuencia aumenta el peso específico, S_L , del medio de transporte.

La velocidad límite de Sedimentación calculada con la relación es válida para tuberías horizontales. En el caso de aplicaciones en alimentación de hidrociclones, la mayor parte de las tuberías es de tipo ascendente o vertical y la velocidad de transporte puede ser más baja por cuanto el flujo ascendente evita la sedimentación, salvo en el caso de sólidos de gran tamaño, los cuales en algunos casos pueden llegar a caer hacia la bomba, produciendo un desgaste acelerado de sus elementos constitutivos.

Pérdidas por fricción en tuberías:

Dado que las tuberías utilizadas en las líneas de alimentación de los ciclones son generalmente cortas, el cálculo de las pérdidas por fricción no suelen ser de importancia. Así, por ejemplo, las pérdidas típicas por fricción en tuberías, son sólo de 10 a 20% de la altura dinámica total, y en consecuencia, un error de 10% de la altura de fricción sólo



produce una pérdida de 1 a 2% en la altura dinámica total.

Al igual que con las velocidades de escurrimiento en tuberías, este análisis sólo se refiere a las pérdidas de fricción en pulpas de partículas gruesas. Estas pulpas se denominan de tipo heterogéneo y ellas deben ser bombeadas a velocidades superiores a la velocidad límite de sedimentación con el fin de mantener las condiciones de flujo turbulento y los sólidos en suspensión.

Las pulpas constituidas por partículas finas y en concentraciones altas de sólidos, como ser los slurries de alimentación a hornos de calcinación de cemento a las pulpas de arcillas, se denominan pulpas homogéneas y ellas pueden ser transportadas en condiciones de flujo laminar, en tuberías cortas. Las propiedades reológicas de estas pulpas se deben determinar experimentalmente con el fin de poder predecir las pérdidas por fricción.

El diagrama de la fig. 9, basado en el factor fricción de Darcy, se puede emplear para determinar las pérdidas por fricción en el transporte de la pulpa.

Para las pulpas heterogéneas y a velocidades por sobre la decantación, la pérdida por fricción de la pulpa, en metros columna de pulpa, se puede expresar como si fuese igual a la pérdida por fricción del agua, en nuestra columna de agua.



4. Erosión excesiva del rodete.

En la fig. 10, se indican las curvas de $NPSH_R$ constante las cuales generalmente se incluyen en las curvas características de la bomba.

Para determinar el NSPH disponible en su bombeo de pulpas se puede usar la siguiente fórmula:

$$NPSH_D = \frac{H_a - H_v}{S_m} + Z_s - H_{fs}$$

Siendo: H_a = presión atmosférica m C.A.

H_v = presión de vapor del líquido a la temperatura de bombeo.

S_m = peso específico de la mezcla.

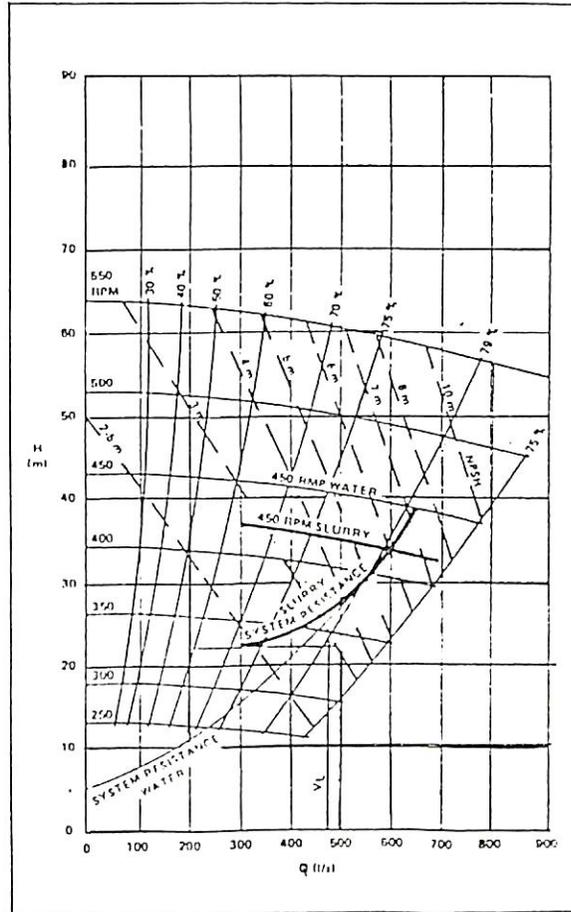
Z_s = altura estática = (+) aspiración positiva.
(m.c. mezcla) (-) aspiración negativa.

H_{fs} = Pérdidas por fricción en tuberías de aspiración, incluyendo las pérdidas de entrada, m.c. mezcla.

El NSPH disponible deberá exceder el NPSH requerido por la bomba en determinado punto de operación, con el fin de evitar la cavitación.



Fig. 10



Altura Dinámica Total (ADT):

Para poder seleccionar la capacidad correcta de la bomba es necesario calcular este factor en metros columna de agua (m.C.A.).

La A.D.T. en m.C. de pulpa o mezcla se calcula con ayuda de la relación siguiente:

$$H_m = Z_d - Z_s + H_f + H_i + H_p (+ H_e) \text{ m.C. de pulpa}$$

siendo:

Z_d = altura estática descarga.

Z_s = altura estática admisión.

H_f = pérdida de fricción en la tubería (en tuberías de admisión y descarga).

H_p = altura de presión en el ciclón = $\left[\text{presión del ciclón (Kg/cm}^2) \right] \times \left(\frac{10}{S_n} \right)$

S_n = peso específico de la pulpa.

Si la tubería descarga a la atmósfera en vez de a un ciclón, entonces el término H_p , se omite y se utiliza el término H_e .

H_i = pérdida de admisión, desde el estanque de bombeo a la tubería de aspiración = $0,5 \frac{U_a^2}{2g}$

H_e = pérdida de salida tubería = $\frac{U_c^2}{2g}$

U_i = velocidad media del fluido en tubería de admisión

U_c = velocidad media en tubería de descarga.

$$U = \frac{Q}{A}$$

Q = caudal

A = sección de paso de la tubería

Una vez calculado H_m , se deberá convertir a una altura dinámica total equivalente de agua, dado que las curvas características de la bomba se refieren al comportamiento con agua.



Conversión de altura en pulpa a columna de agua:

Los efectos adversos de los sólidos contenidos en la pulpa sobre el desempeño de las bombas centrífugas en comparación con el desempeño con agua, se deben principalmente a lo siguiente:

1. Deslizamiento entre el fluido y las partículas sólidas durante la aceleración y desaceleración de la pulpa en las etapas de admisión y salida en el rodete. Este deslizamiento de los sólidos y la consecuente pérdida de energía es máximo en el caso de aquellas partículas que tengan la mayor velocidad de sedimentación.

2. Aumento de las pérdidas por fricción en la bomba. Estas pérdidas aumentan a medida que crece la densidad y viscosidad aparentes de la pulpa. En el diagrama de la fig. 7., se ha graficado una expresión empírica general desarrollada por CAVE y se basa en los resultados de los ensayos realizados en una instalación de bombeo de la pulpa.

A partir de este diagrama se puede deducir la relación de la altura de pulpa (H_m), con respecto a la altura de agua (H_R) para cualquier pulpa. La altura dinámica total, en m.C.A. (H_W), se calcula por medio de la relación siguiente:

$$H_W = \frac{H_m}{H_R}$$

Selección de la bomba:

Una vez determinado el caudal y la altura dinámica total en m.C.A. (H_W), se puede especificar la capacidad adecuada de la bomba.



En el punto de operación debería estar lo más cercano posible al sector de mejor eficiencia de la bomba, pero el caudal no debería exceder al flujo correspondiente a la eficiencia máxima.



CURSO:

"BOMBEO DE PULPAS"

ANEXO

GRAFICOS / NOMOGRAMAS

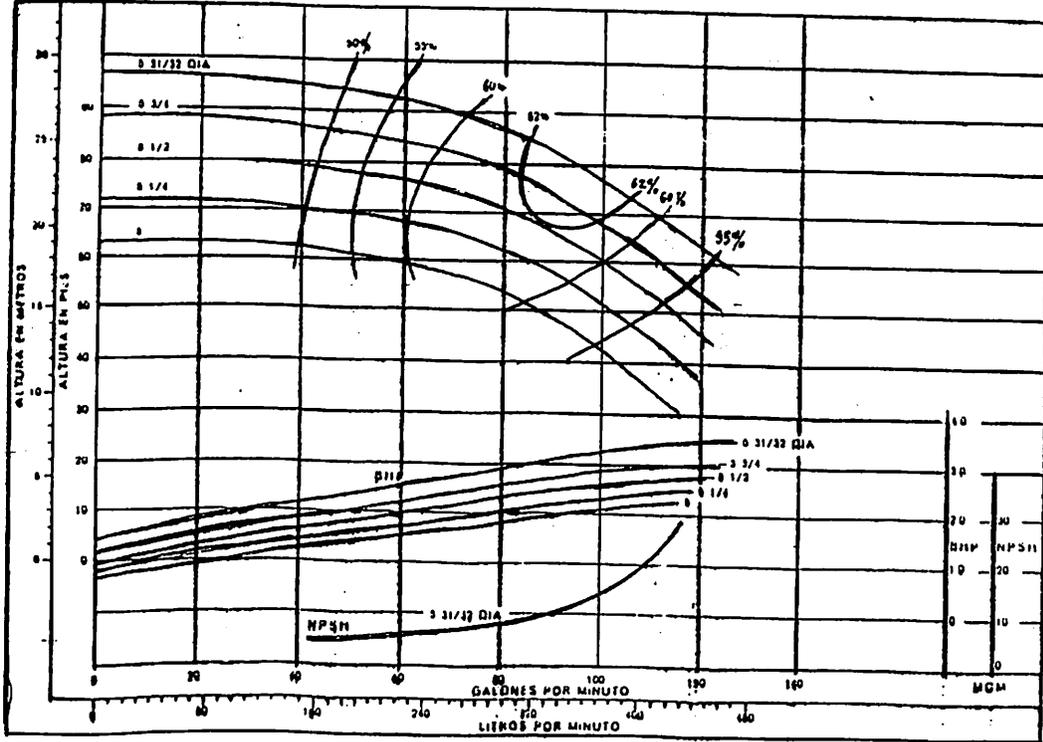


Anexo 1:

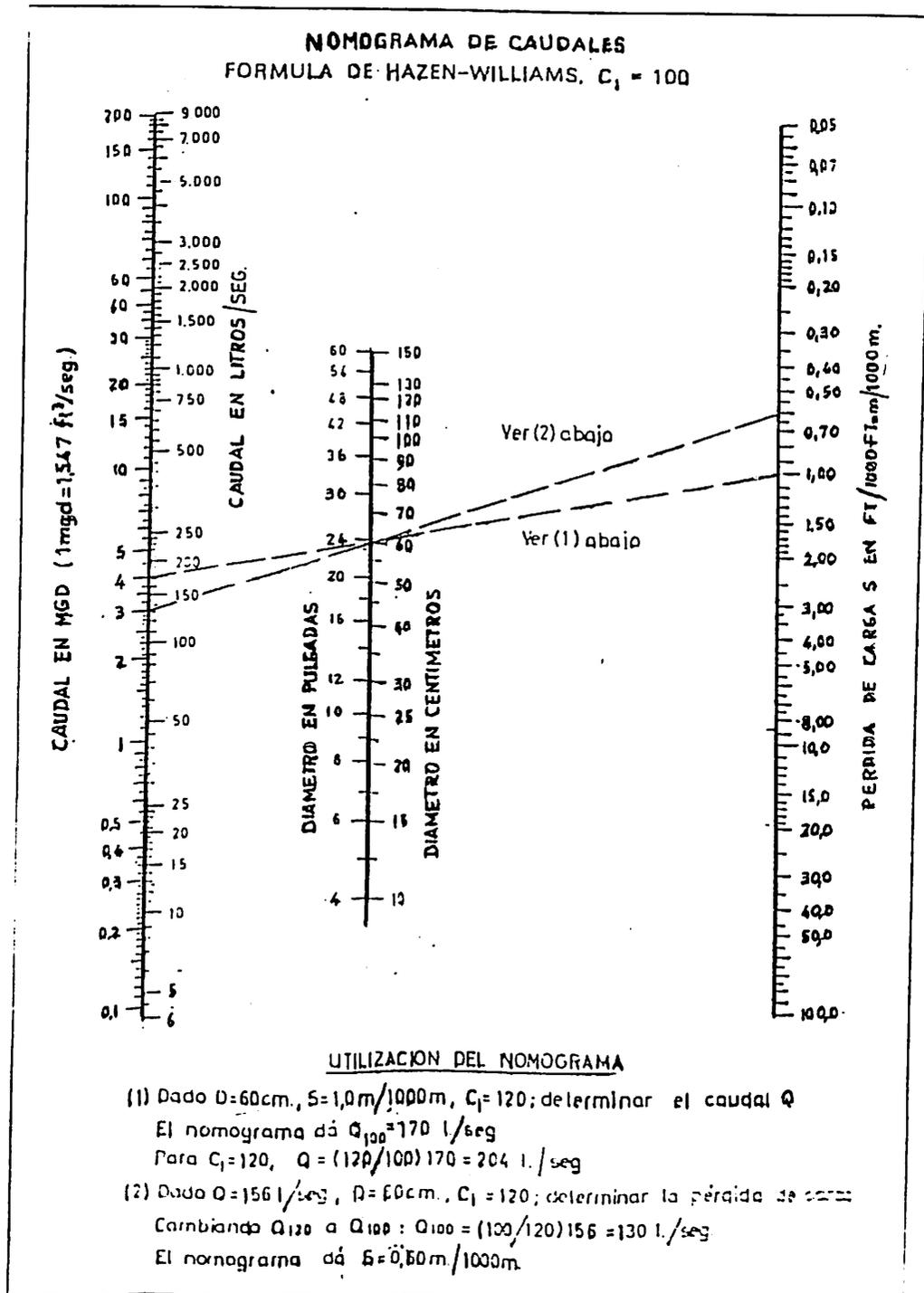
TABLA DE RENDIMIENTOS									
SERIE EM 4 A 1400 RPM									
BOMBA MODELO	HP	DESCARGA	SUCCION	ALTURA MANOMETRICA EN METROS					
				15	18	21	23	26	29
				CAPACIDAD EN LITROS MINUTO					
C75 EM4	7 1/2	4	5	1740	1400	980	480		
C10 EM4	10	4	5		1820	1550	1400	910	
C15 EM4	15	4	5			1970	1850	1560	1120
SERIE EM 4 A 2900 RPM									
ALTURA MANOMETRICA EN METROS									
BOMBA MODELO	HP	DESCARGA	SUCCION	ALTURA MANOMETRICA EN METROS					
				52	60	69	76	83	91
C50 EM4	50	4	5	3180	2880	2460	1890		
C60 EM4	60	4	5		3240	2840	2520	2040	
C75 EM4	75	4	5			3480	3180	2860	2380
									1780

Anexo 2:

CURVA DE RENDIMENTOS

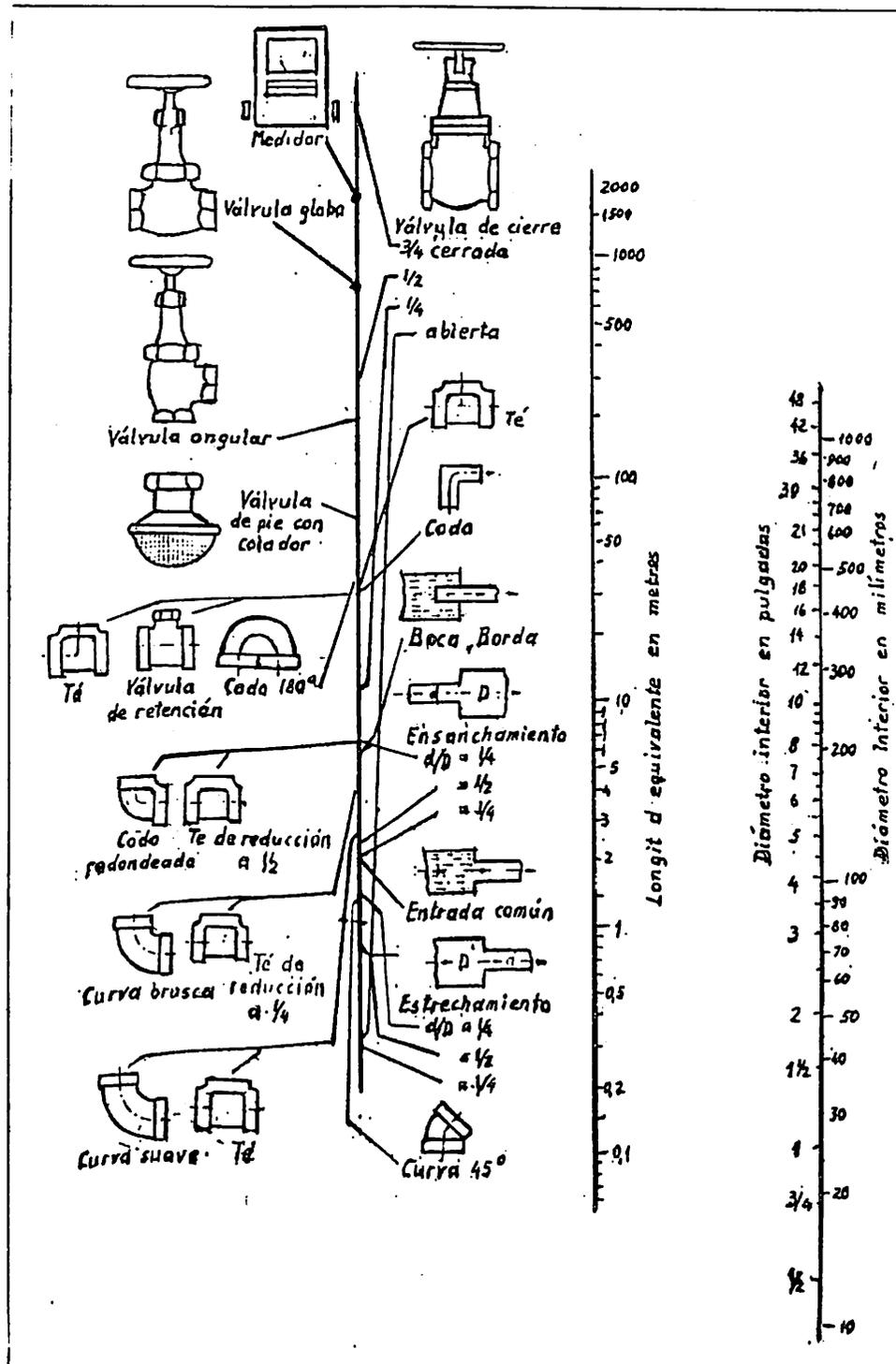


Anexo 3:



PERDIDAS SECUNDARIAS EN CONDUCTOS CERRADOS O TUBERIAS.

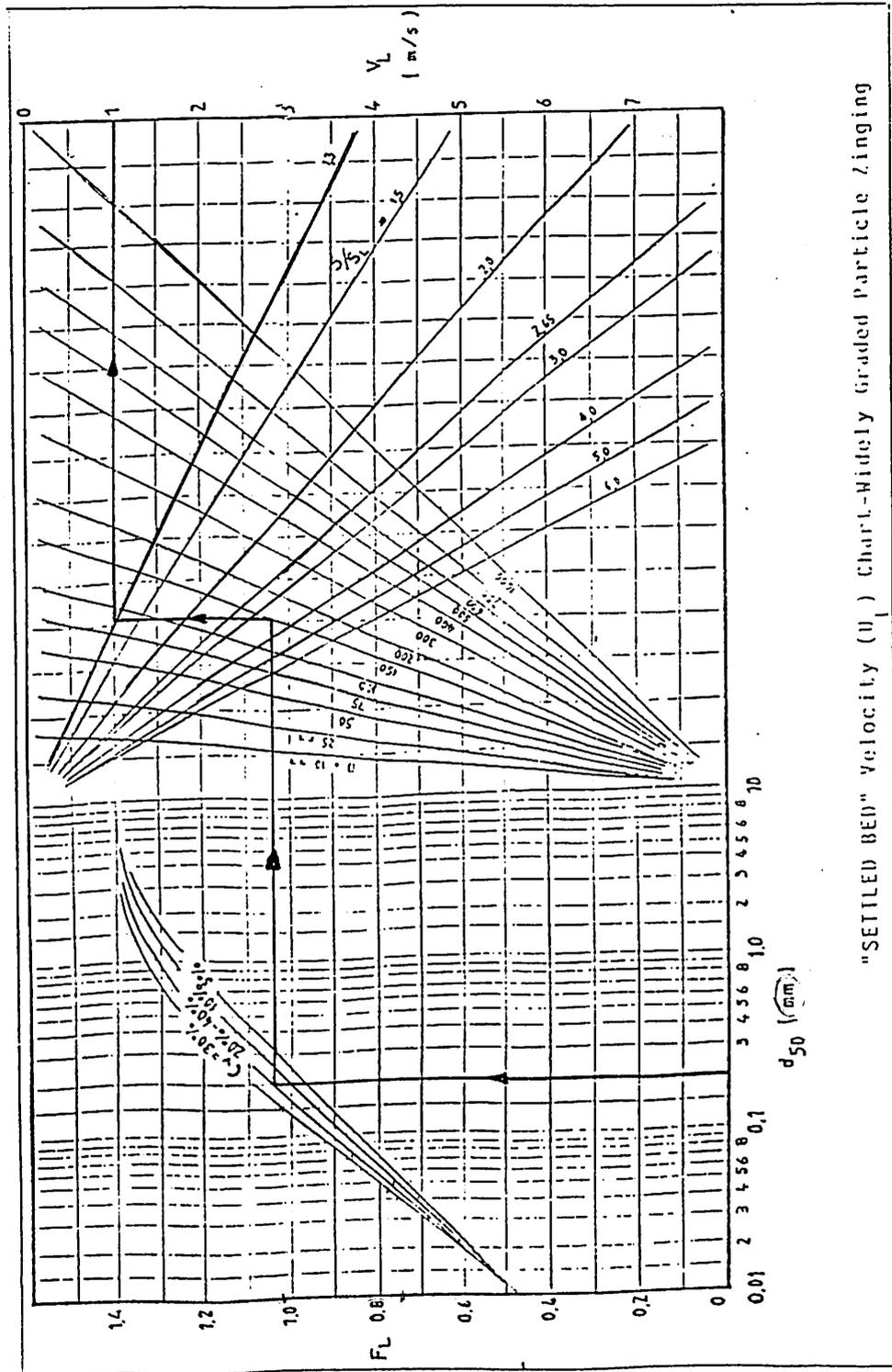
Anexo 4:



NOMOGRAMA DE PERDIDA DE CARGA SECUNDARIA DE LA FIRMA GOULD PUMPS, U.S.A.



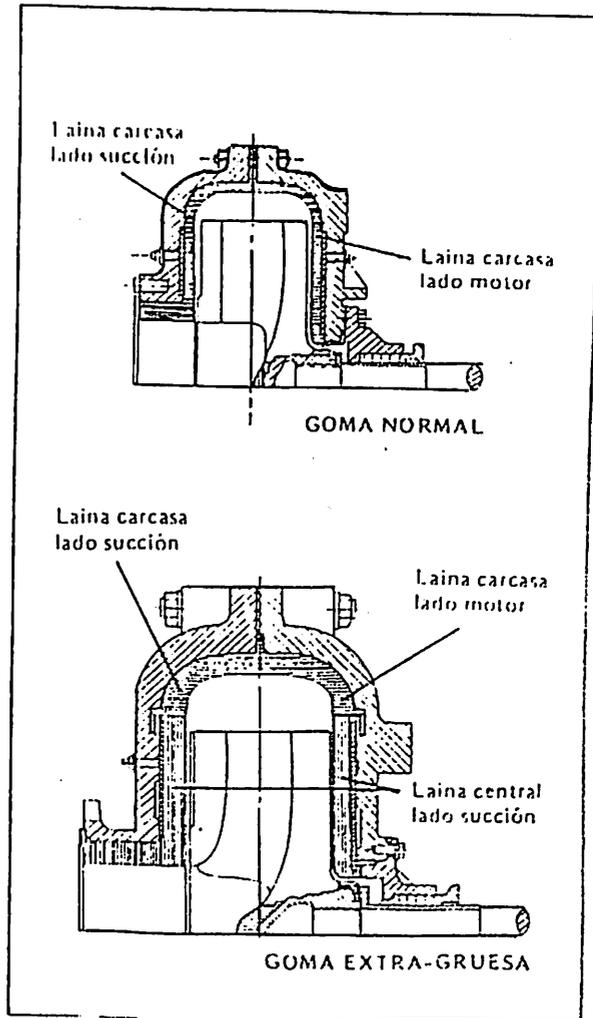
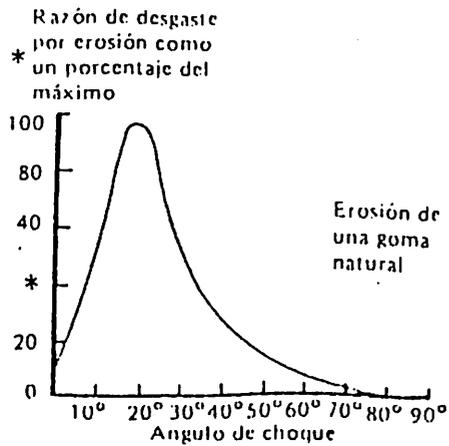
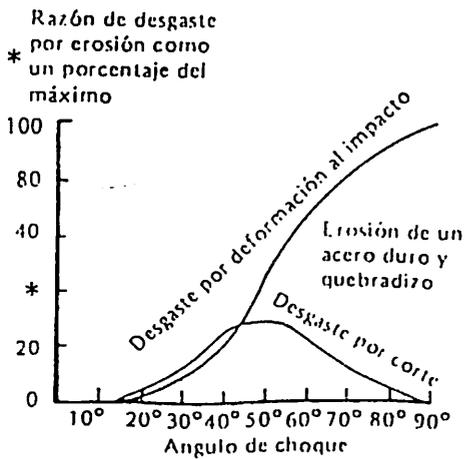
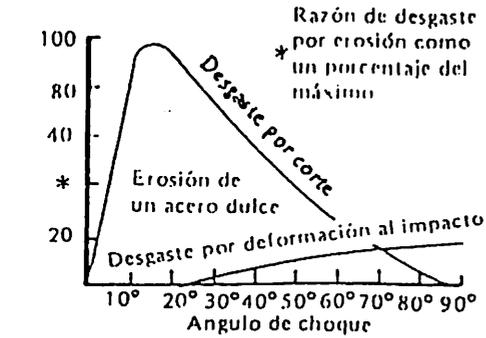
Anexo 7:



"SETTLED BED" Velocity (U) Chart-Widely Graded Particle Zinging

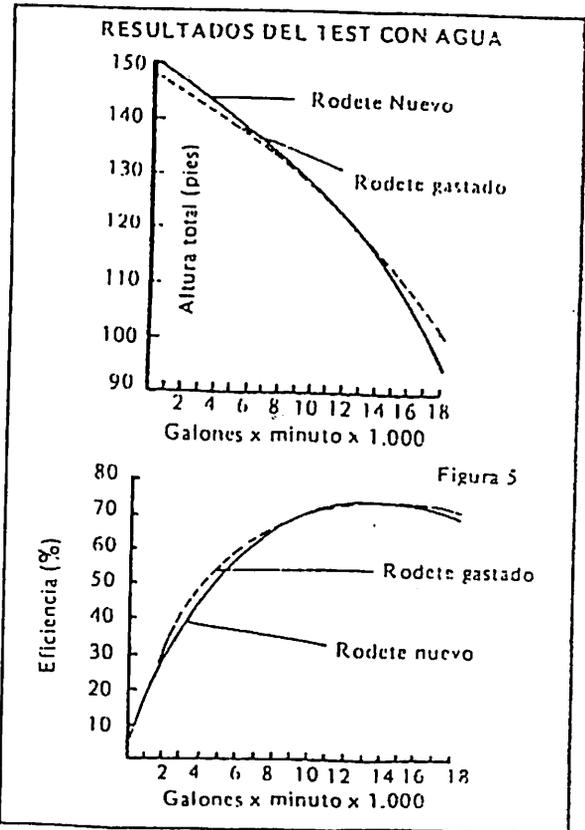
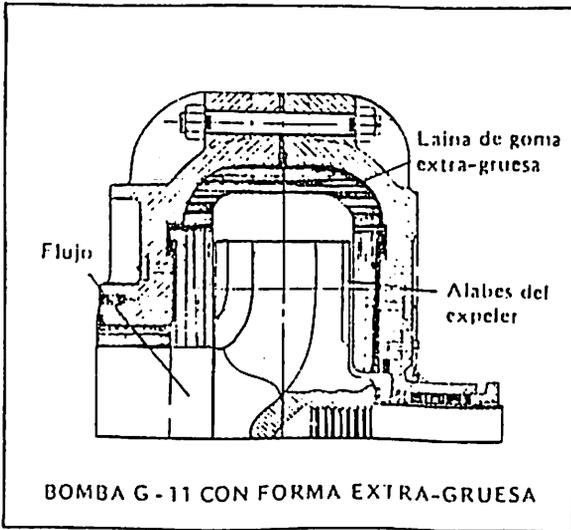


DESGASTE POR EROSION/ANGULO DE CHOQUE



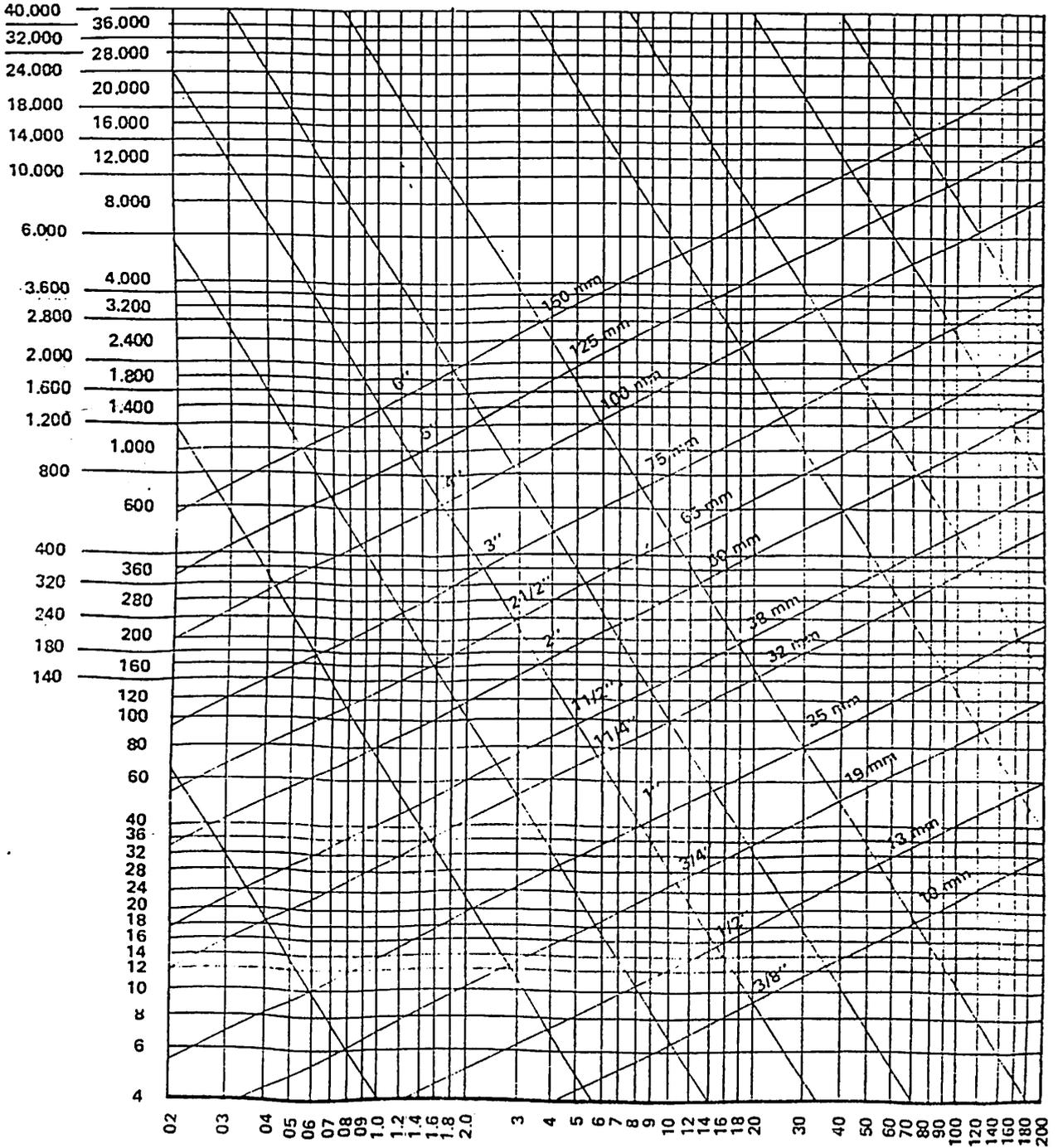
Anexo 8:





CALCULO DE CAÑERIAS PARA AGUA POTABLE
TUBOS DE ACERO Y FIERRO GALVANIZADO EN AGUAS NO CORROSIVAS

GASTO EN Lt/m



Pérdida de carga en mt por 100 ml de cañería

