

T
621.7
20170



Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ingeniería Mecánica

**"Optimización de la Estación de Bombeo
de una Camaronera"**

INFORME TECNICO

**Previo a la obtención del Título de
INGENIERO MECANICO**

Presentado por:

Agustín Omar Rodríguez López

Guayaquil - Ecuador

1.991

AGRADECIMIENTO

Al Ing. IGNACIO WIESNER,
Director de Informe Técnico,
por su ayuda y colaboración
para la realización de este
trabajo.

DEDICATORIA

A MIS PADRES,
A MIS HERMANOS,
A MI ESPOSA, Y,
A MIS HIJOS.

DECLARACION EXPRESA

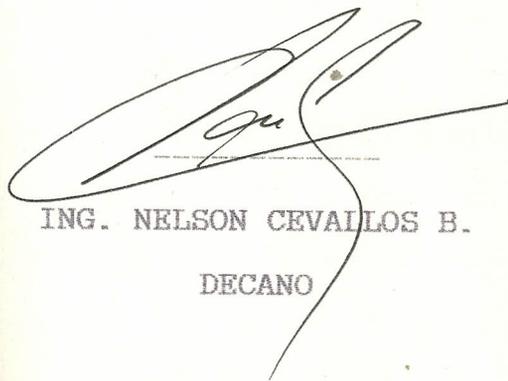
Declaro que:

"Este Informe Técnico corresponde a la resolución de un problema práctico relacionado con el perfil profesional de la Ingeniería Mecánica"

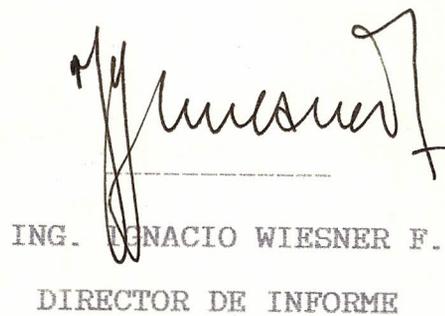
(Reglamento de Graduación mediante la Elaboración de Informes Técnicos).

A handwritten signature in cursive script, reading "Agustín Rodríguez López", written over a horizontal line.

AGUSTIN RODRIGUEZ LOPEZ



ING. NELSON CEVALLOS B.
DECANO



ING. IGNACIO WIESNER F.
DIRECTOR DE INFORME



ING. MARIO PATIÑO A.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN

La Compañía Frockay me solicitó efectuar un estudio para la optimización del funcionamiento actual de los grupos de bombeo, debido a que uno de los principales problemas que afronta esta empresa camaronera es el de mantener la calidad de agua en sus piscinas, en especial el nivel de oxígeno disuelto.

Este problema se puede enfrentar y resolver de diversas maneras, una de las alternativas es incrementando la renovación de agua. Por lo cual menciono como problema importante a estudiar, la capacidad real de bombeo.

Para esto, primero efectúo una inspección de los grupos de bombeo, y luego realizo las pruebas en sitio con las unidades de bombeo instaladas. Se utilizaron varios métodos para calcular el caudal de las bombas.

Con los resultados obtenidos se concluye: La capacidad actual de bombeo no satisface los requerimientos de agua; y además que el grupo de bombeo # 3 no se han satisfecho los requisitos contractuales ofrecidos por los representantes de los equipos.

En conclusión: Después de haber realizado las recomendaciones dadas, se ha obtenido que la capacidad de bombeo satisface los requerimientos de agua y aún más, se

tiene un 18% de reserva de agua con una seguridad operativa que se deriva de los trabajos realizados en un tiempo y a un costo mínimo.

INDICE GENERAL

RESUMEN

INDICE GENERAL

ANTECEDENTES

CAPITULO 1

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

1.1 BREVE DESCRIPCION DE LA ESTACION DE BOMBEO

1.2 CALCULO DEL CAUDAL REQUERIDO DE ACUERDO AL AREA A BOMBLEAR

1.3 INSPECCION DE LOS DIFERENTES EQUIPOS

1.3.1 INSPECCION DEL GRUPO DE BOMBEO #1

1.3.2 INSPECCION DEL GRUPO DE BOMBEO #2

1.3.3 INSPECCION DEL GRUPO DE BOMBEO #3

1.3.4 INSPECCIONES VARIAS

CAPITULO 2

2. PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO CON LAS UNIDADES DE BOMBEO INSTALADAS

2.1 METODOS Y EQUIPOS UTILIZADOS PARA MEDICIONES

2.2 CALCULO DE CAUDAL PROPORCIONADO POR LOS DIFERENTES GRUPOS DE BOMBEO

CAPITULO 3

3. SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1 RECOMENDACIONES Y COSTOS

3.2 INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DE LA BOMBA
A.28.I

3.3 TABLA DE COMPROBACION DE DIFICULTADES CON BOMBAS
CENTRIFUGAS Y AXIALES

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFIA

APENDICES

ANTECEDENTES

Debido a que uno de los problemas que afrontan las camaroneras es el de mantener la calidad de agua en sus piscinas, en especial el nivel de oxígeno disuelto, la compañía PROCKAY solicitó la elaboración de un informe técnico con el objeto de diagnosticar el funcionamiento de los grupos de bombeo y así optimizar la utilización de la estación de bombeo.

La camaronera se encuentra ubicada en el Archipiélago de Jambeli, en la Provincia de El Oro, a unos 15 minutos en bote, desde Puerto Jeli.

De las visitas a las instalaciones quedamos gratamente sorprendidos, pues es una de las mejores infraestructuras en lo que se refiere a camaroneras: muros y compuertas de las piscinas, sistemas de oxigenación para cultivo intensivo, campamento, etc. Lamentablemente, la acuicultura demanda primero un buen suministro de agua, y es aquí donde el proyecto que tiene la camaronera Prockay presenta un punto deficiente: La estación de bombeo.

Por lo tanto se menciona como problema principal a estudiar y solucionar:

- La capacidad real de bombeo, utilizando métodos diferentes para calcular el caudal de las bombas.

- Determinar si se han satisfecho los requisitos contractuales (Entre el dueño de la camaronera y los representantes de los equipos), lo cual hace posible la comparación del comportamiento especificado, predicho y real del grupo de bombeo # 3.
- Mejorar la eficiencia de bombeo, mediante el mejor uso de los equipos: Elaborando un instructivo de mantenimiento para las bombas y una tabla de comprobación de las dificultades que tienen las mismas.

CAPITULO 1

DEFINICION DEL PROBLEMA

BREVE DESCRIPCION DE LA ESTACION DE BOMBEO

La estación de bombeo se compone de los siguientes grupos: Dos bombas de flujo axial, una de 24 pulgadas de procedencia nacional, y una de 28 pulgadas de marca APLITEC; además de una bomba de marca HIDROSTAL de 16 pulgadas. Todas las bombas se encuentran equipadas con motores marca DETROIT DIESEL.

Las tuberías de descarga de las bombas de flujo axial son de hierro soldado y pintadas interior y exteriormente con una longitud promedio de 12 metros. Las tuberías de succión y descarga de la bomba HIDROSTAL son de PVC, con una longitud promedio de 6 metros en la succión y 122 metros en la descarga, además consta de accesorios fabricados a partir de planchas negras soldadas, codos y válvula check de retención con rejilla.

Las bombas descargan a un estanque de amortiguación de concreto, y de ahí a un canal reservorio.

Esta estación bombea agua diariamente durante 12 horas, en dos mareas.

CARACTERISTICAS DE LAS BOMBAS

GRUPO	#1	#2	#3
MARCA	HIDROSTAL	NACIONAL	APLITEC
TIPO	II16AH	-----	A.28.I
DIAMETRO	400 mm	600 mm	700 mm
RPM	720 RPM	900 RPM	900 RPM
CAUDAL	500 LPS	700 LPS	1500 LPS

CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES

GRUPO	#1	#2	#3
MARCA	DETROIT D	DETROIT D	DETROIT D
MODELO	471	671	671
POTENCIA	120 HP	180 HP	180 HP
RPM	1800 RPM	1800 RPM	1800 RPM

CARACTERISTICAS DE LOS ACOPLAMIENTOS

GRUPO	#1	#2	#3
POLEA MOTOR	200-C-7	250-C-4	250-C-4
POLEA BOMBA	500-C-6	500-C-4	500-C-6
BANDAS	TIPO "C"	TIPO "C"	TIPO "C"

CARACTERISTICAS DE LOS ACCESORIOS

GRUPO	#1	#2	#3
SUCCION	6 m	-----	-----
DESCARGA	12.00 m	12.00 m	12.00 m
CODOS SUCCION	2	-----	-----
CODOS DESC.	2	2	2
TIPO DESC.	CANAL	CANAL	CANAL

CALCULO DEL CAUDAL REQUERIDO DE ACUERDO AL AREA A BOMBLEAR.

Segun los datos proporcionados para realizar el calculo del caudal necesario a bombear, tenemos que el area del proyecto actual es de 36.00 Ha. y que el area de espejo de agua en las piscinas es de 30.50 Ha. Además necesitan una renovación diaria de agua del 25%. La profundidad promedio de las piscinas es de 1.60 m. y tienen la facilidad de bombear diariamente en dos mareas, un total de 12 horas.

Caudal requerido a bombear : Qr

Porcentaje de renovación de agua : %

Volumen de agua en las piscinas : V

Tiempo de bombeo : t

$$Qr = \% V / t$$

$$Qr = 0.25 * 30.5 * 10,000 m^3 * 1.60 m / 12 h$$

$$Qr = 10,166.66 m^3 / h = 2,824 LPS$$

INSPECCION DE LOS DIFERENTES EQUIPOS

INSPECCION DEL GRUPO DE BOMBEO #1

El grupo de bombeo #1 está compuesto por un motor DETROIT DIESEL 471 y una bomba HIDROSTAL I-16-DAH, acopladas por medio de poleas y bandas.

La polea 500.C.6 ubicada en la bomba tiene un radio soldado por alguna rotura anterior y el alojamiento torneado en su núcleo es muy grande para el eje, por lo cual cabecea y esto ha originado daños en la bomba.

La polea 200.C.7 se encuentra ubicada muy salida del eje

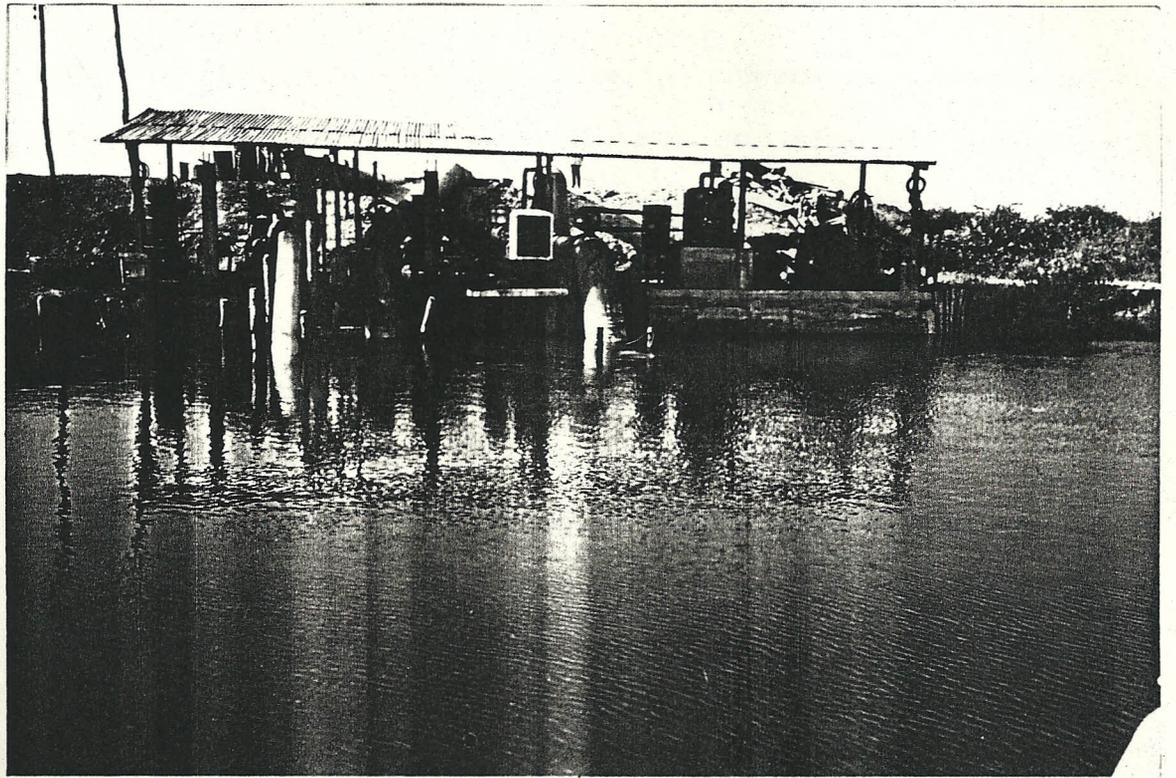


Fig. 1. ESTACION DE BOMBEO

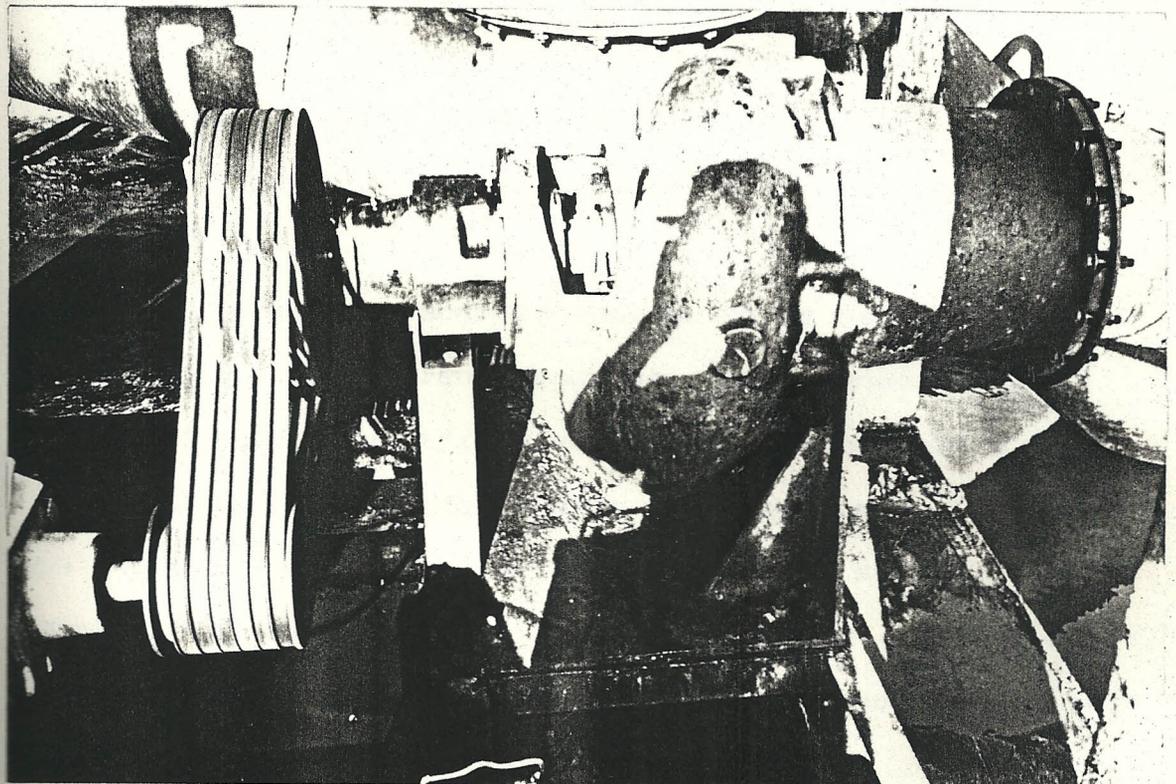


Fig. 2. POLEA DEL MOTOR AL EXTREMO DEL EMBRAGUE

del embrague del motor, lo que lo sobrecarga, además de no utilizar un canal. Las bandas son de tipo "C" en número excesivo de 6 (Lo cual se demostrará más adelante) ya que cada una trasmite de 18 a 25 HP (Segun la marca y el diámetro de la polea del motor). A parte de esto, se comprobó el tensado de las bandas determinandose que una de ellas no tiene el tensado correcto.

El chasis del conjunto que sirve de base de las máquinas es de viga U 4" y no se encuentra anclado sino colocado sobre unos palos de mangle, lo que produce vibración en el conjunto. Además el chasis está bastante deteriorado debido a la falta de mantenimiento.

La línea de tubería es de PVC con accesorios de acero, se encuentra en buenas condiciones, pero en las uniones de la tubería de PVC con los accesorios existen fugas de agua.

1.3.2 INSPECCION DEL GRUPO DE BOMBEO #2.

El grupo de bombeo #2 está compuesto por un motor DETROIT DIESEL 671 y una bomba axial de 24" de fabricación nacional, acopladas por medio de poleas y bandas.

El motor esta recién reparado, funcionando sin tapa de radiador y se encuentra en voladizo sobre el estero porque así lo exige el sentido de giro de la helice de la bomba.

La bomba axial de fabricación nacional se encuentra en deplorable estado, pues la camisa que contiene el lubricante para el eje se encuentra perforada permitiendo el intercambio de agua y aceite.

La carcasa no presenta un buen aspecto exteriormente ya que tiene partes oxidadas lo que ha debilitado el espesor del material de la carcasa. La cajera derulimanes ha de estar a punto de fallar debido a que le esta entrando agua. Y en cuanto al caudal que arroja la bomba es muy poco, aun durante la marea alta, basandonos en la observación de la descarga.

La polea 500.C.4 ubicada en la bomba, presenta un cabeceo que puede afectar al embrague del motor y hacer saltar las bandas por lo que están usando solamente 3 de ellas. La polea 250.C.4 está instalada en el embrague del motor.

Las bandas son de tipo "C" en número insuficiente pues si se obtuviera de la bomba el caudal nominal de 1,100 LPS, habrían de trasmitirse 100 HP aproximadamente, y en cuanto a la alineación de las poleas no es la apropiada porque produce un desgaste muy rápido de las bandas.

La tubería de descarga es de 6 mm de espesor, aunque con principios de oxidación debido a que el sistema de protección no es el adecuado para ese ambiente marino. El defecto más grave de construcción que tiene esta tubería es que esta hecha como un solo cuerpo de 12 metros de largo, difícil de mover y peor aún de darle un mantenimiento adecuado.

1.3.3 INSPECCION DEL GRUPO DE BOMBEO #3.

El grupo de bombeo #3 está compuesto por un motor DETROIT DIESEL 671 nuevo y una bomba APLITEC A.28.I. también

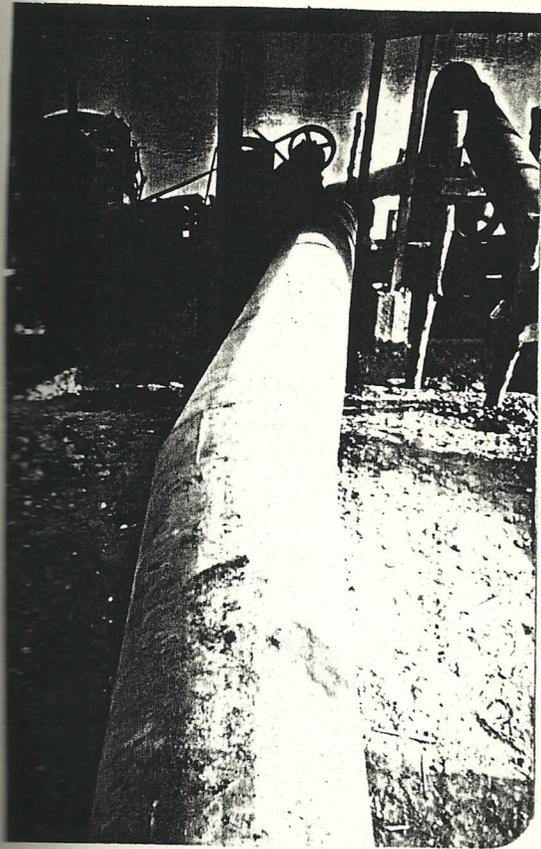


Fig. 3 TUBERIA FABRICADA EN UN SOLO TRAMO

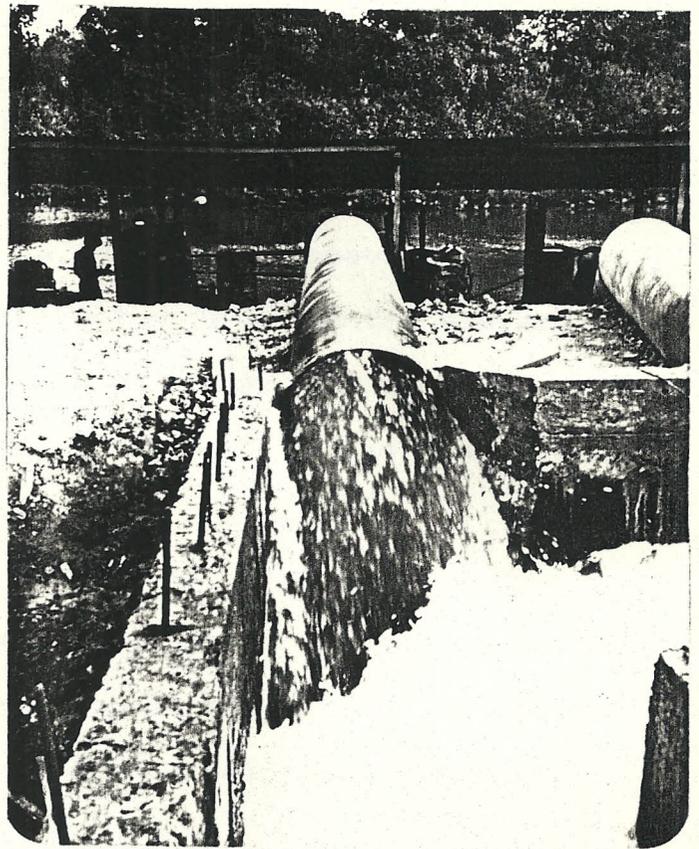


Fig. 4 DESCARGA DEL GRUPO DE BOMBEO # 3



Fig. 5 ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE MEDIANTE POMAS DE CINCO GALONES

nueva, acopladas por medio de poleas y bandas tipo "C". La bomba utiliza una polea 500.C.6 y en el embrague del motor una polea 250.C.6. La tubería es nueva y viene en tramos de 3 y 6 metros. El motor se encuentra elevado ya que así lo exige la alineación del mismo con respecto a la bomba, además se comprobó el tensado de las bandas y se determinó que es el correcto.

Este grupo presenta el siguiente problema: Con la relación de poleas 2.0 : 1.0, el motor llega hasta 1.200 RPM, y no logra mantener a la bomba por encima de las 600 RPM, y por tanto, no se puede dar el caudal ofrecido de 1,500 LPS.

Debido a que este grupo de bombeo es nuevo y no se está cumpliendo con los requisitos ofrecidos por los fabricantes de los equipos, se hará un estudio más profundo a este grupo. Para lo cual se realizarán pruebas para calcular el caudal de la bomba y así estimar la potencia que está consumiendo la misma, y de esta manera saber que equipo es el que está fallando.

INSPECCIONES VARIAS

El sumidero es probablemente el elemento más importante en la estructura de la estación de bombeo. A menos que sea debidamente localizado, diseñado, y proporcionado, las condiciones de flujo podrían tener un efecto adverso en la operación de la bomba, pero en nuestro caso no presenta este problema porque el sumidero está orientado en forma

paralela a la línea de flujo, ya que los problemas se presentan cuando los flujos se aproximan en ángulos originando puntos muertos y altas velocidades, lo que originaría la formación de vórtices, velocidades de entrada no uniformes y un incremento en las pérdidas por entrada.

En cuanto a la obra civil de la estación de bombeo, se observa que es consistente y su altura sobre el nivel de aguaje es la adecuada, es decir, al ras. El cajón de descarga obliga a que la tubería descargue muy alto, bajo el pretexto de aquietar la salidad del agua, mermando así su caudal.

El almacenamiento de combustible se lo realiza mediante una gran cantidad de pomas plásticas de 5 galones, ya que no cuentan con un tanque de almacenamiento de combustible. Este problema es importante que necesitan un día completo de trabajo cada semana para poder transportar el combustible desde Puerto Jeli hasta la camaronera en bote. Esto significa costo y pérdida de tiempo del personal que labora en la camaronera.

CAPITULO 2

2 PRUEBAS REALIZADAS EN CAMPO CON LAS UNIDADES DE BOMBEO INSTALADAS.

2.1 METODOS Y EQUIPOS UTILIZADOS PARA LAS MEDICIONES.

METODO DE APROXIMACION DE DESCARGA DE UN TUBO HORIZONTAL.

A menudo se hace necesario obtener una aproximación en el campo del gasto o caudal de la descarga de una bomba, en especial si no hay otros métodos prácticos o disponibles. Uno de los métodos aceptado es el de la trayectoria. La descarga del tubo puede ser horizontal o vertical (fig.6a) y la dificultad principal es la de medir con exactitud las coordenadas de la corriente. Todos los tubos deben tener pleno caudal y la exactitud del método varía de 85% a 100%.

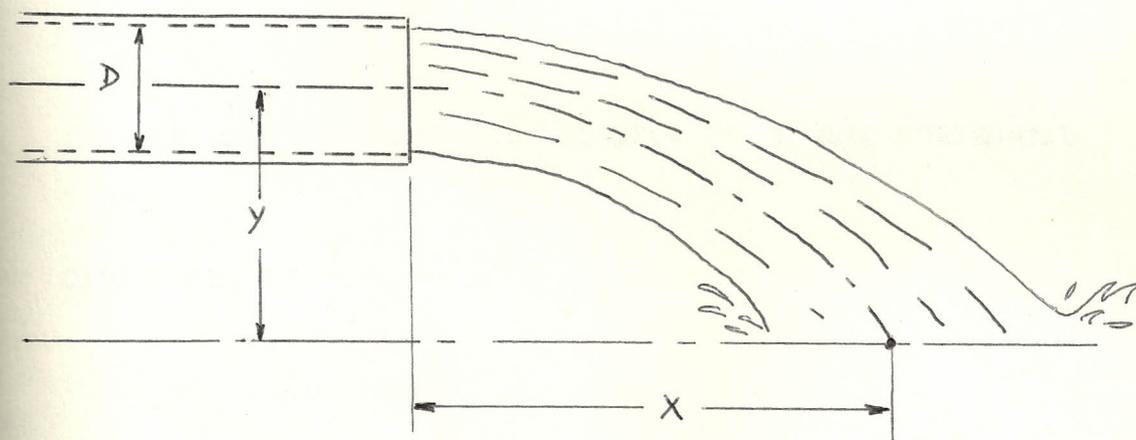


Fig. 6a APROXIMACION A LA DESCARGA DE UN TUBO HORIZONTAL

$$\text{CAPACIDAD: GPM} = \frac{2.45 D^2 X}{\sqrt{\frac{2y}{32.16}}}$$

En donde: D = Diámetro del tubo, Pulgadas.

X = Distancia horizontal, Pies.

Y = Distancia vertical, Pies.

El método se puede simplificar más si se mide hasta la parte superior del chorro y siempre se mide que "Y" sea igual a 12" y se mide la distancia horizontal "X" en pulgadas (fig.6b)

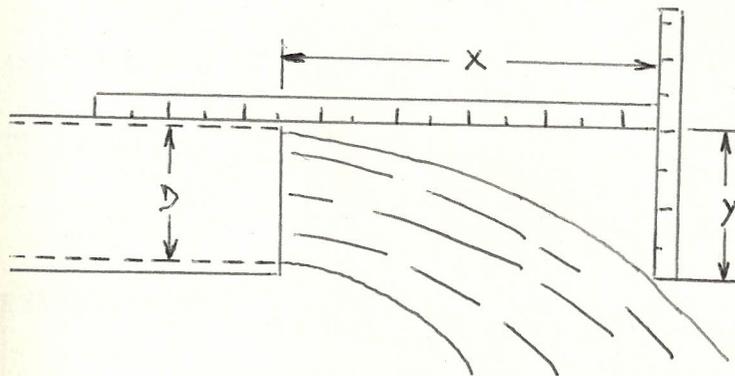


Fig. 6b APROXIMACION A LA DESCARGA DE UN TUBO HORIZONTAL METODO SIMPLIFICADO

$$\text{CAPACIDAD: GPM} \approx 0.818 D^2 X$$

Otro método de medir el caudal de un tubo horizontal cuando NO está totalmente lleno (fig.7) es a partir de la ecuación del tiro parabólico para la trayectoria que

describe el centro de gravedad (c.g.)

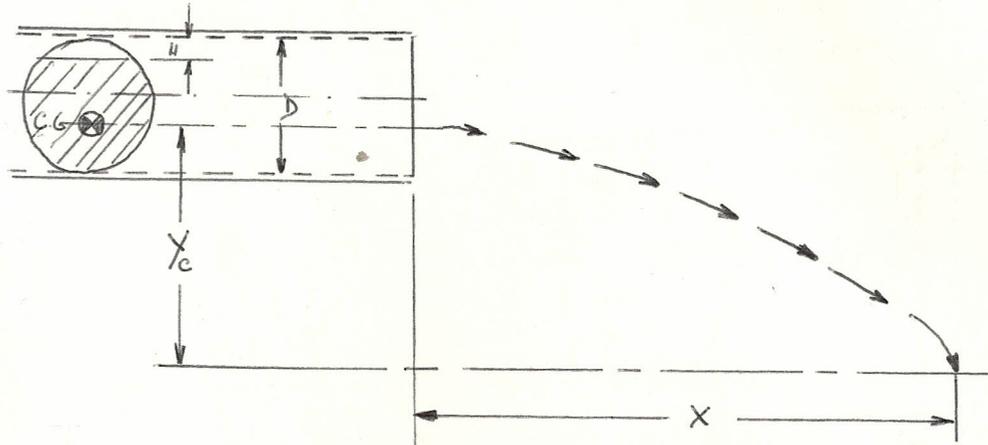


Fig. 7 TRAYECTORIA QUE DESCRIBE EL CENTRO DE GRAVEDAD

CAPACIDAD: $Q = V * A$

VELOCIDAD: $v = \frac{X}{\sqrt{\frac{2Y_c}{g}}}$

AREA DEL AGUA: $A = \pi R^2 - \left[R^2 \cos^{-1} \left(\frac{R-H}{R} \right) - (R-H) \sqrt{2RH - H^2} \right]$

En donde : R = radio del tubo

H = espacio libre del tubo

Yc = distancia vertical hasta el c.g.

X = distancia horizontal

MIDIENDO LA PRESION DINAMICA CON EL TUBO DE PRANDTL

El tubo de Prandtl es la combinación en un solo instrumento de un tubo de Pitot que mide la presión total

y un tubo piezométrico que mide la presión estática por lo tanto el tubo de Prandtl mide la diferencia de los dos, que es la presión dinámica (fig.8)

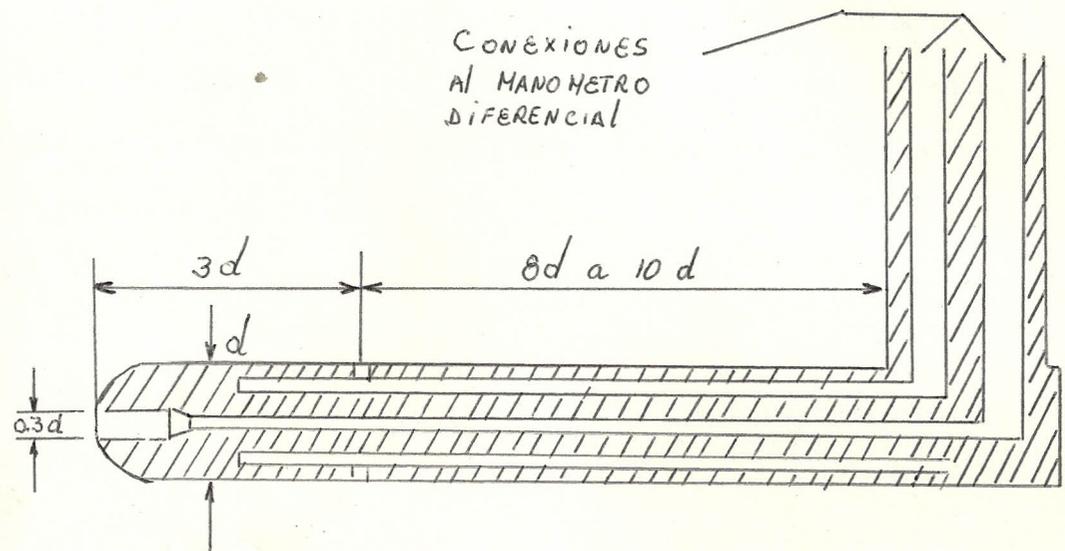


Fig. 8 DIMENSIONES NORMALIZADAS DE UN TUBO DE PRANDTL

$$v = C_v \sqrt{2g(\delta-1) \Delta h}$$

En donde : v = velocidad real de la corriente

δ = densidad relativa del líquido manométrico

C_v = coeficiente de velocidad del tubo de

Prandtl que oscila de 0.01 a 1.03 y que

se determina experimentalmente. Sin

embargo, si el tubo de Prandtl se orienta

paralelamente a las líneas de corriente,

en la mayor parte de los problemas de

ingeniería puede tomarse para C_v el valor

1.

CALCULO DEL CAUDAL PROPORCIONADO POR LOS DIFERENTES GRUPOS DE BOMBEO.

GRUPO DE BOMBEO #1

a.- Utilizando las curvas características para la bomba hidrostática I16DH (fig.10) y conociendo los siguientes datos: El cabezal total y la velocidad de giro de la bomba obtenemos como resultado la potencia de la bomba y su capacidad de bombeo.

DATOS:

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$n = 720 \text{ rpm}$$

RESULTADOS:

$$P = 50 \text{ HP}$$

$$Q = 500 \text{ LPS}$$

b.- Realizando las mediciones en sitio y aplicando el metodo de aproximacion para tubo de descarga horizontal (fig.6b) se obtiene una aproximacion del gasto o caudal de la descarga de una bomba.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS					
#	D pulg	Y pulg	X pulg	Q	
				GMP	LPS
01	16	12	35	7.329	462
02	16	12	37	7.748	488,50
03	16	12	38	7.957,50	502

c.- Como se menciona en el subcapitulo 1.3.1. acerca de que se esta utilizando un excesivo numero de bandas vamos a comprobar lo anteriormente dicho, mediante el siguiente calculo de la transmision por bandas.

La seleccion de bandas se la realiza mediante el uso de catalogos proporcionado por el fabricante de las mismas (fig.11,12,13a).

$$\text{Por lo tanto: } Z = P_b / P_n * C_1 * C_3$$

$$Z = 60 / 16.40 * 0.90$$

$$Z = 4 \text{ bandas}$$

d.- Para obtener un mejor uso del grupo de bombeo se realizaron las siguientes modificaciones: vamos a utilizar la curva de la bomba Hidrostal I16DAH (fig.10) que con la misma altura de bombeo pero trabajando la bomba a 900 rpm se obtiene que la potencia es de 75 HP y su caudal de 700 LPS.

DATOS:

$$H = 4.5 \text{ m}$$

$$n = 900 \text{ rpm}$$

RESULTADOS:

$$P = 75 \text{ HP}$$

$$Q = 700 \text{ LPS}$$

e.- Luego procedemos a calcular el diametro de las poleas del motor y de la bomba para una relacion en que el motor gire a 1,800 rpm y la bomba a 900 rpm, y tambien

calcularemos el número necesario de bandas, utilizando la misma numeración actual que tiene este grupo de bombeo (fig.11,12,13a).

$$\text{Por lo tanto: } Z = 90 / 23.20 * 0.90$$

$$Z = 4 \text{ bandas}$$

GRUPO DE BOMBEO #2

a.- El cálculo del caudal a partir del área ocupada por el agua, y la velocidad de salida del tubo, deducida por la ecuación de tiro parabólico (fig.7) para la trayectoria que describe el centro de gravedad (c.g.).

DATOS:

$$D = 0.60 \text{ m}$$

$$H = 0.20 \text{ m}$$

$$Y = 0.50 \text{ m}$$

$$X = 1.30 \text{ m}$$

CALCULOS:

$$Q = v * A$$

$$A = \pi * 0.3^2 - [0.3^2 \cos^{-1}(0.3-0.2)/0.3 - (0.3-0.2) \sqrt{2 * 0.3 + 0.2 - 0.2}]$$

$$A = 0.21 \text{ m}^2$$

$$v = \frac{1.30}{\sqrt{\frac{2 * (0.50 + 0.25)}{9.81}}}$$

$$v = 3.32 \text{ m/s}$$

$$Q = 3.32 * 0.21 = 0.697 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 700 \text{ LPS}$$

b.- La bomba axial de 24" es de procedencia nacional, y no cuenta con curvas de eficiencia, caudal y potencia, pero comparando con bombas axiales similares, obtenemos los siguientes resultados.

DATOS:

$$H = 4.50 \text{ m}$$

$$n = 900 \text{ rpm}$$

RESULTADOS:

$$P = 100 \text{ HP}$$

$$Q = 1,100 \text{ LPS}$$

c.- Selección del tipo de bomba: La determinación del tipo de bomba a usar proviene de un análisis del caudal respecto a la altura, para lo cual nos servimos de la fig.14.

Como caudal de diseño se elige 17,500 gpm, el cabezal total (H) 4.50 m y la velocidad de giro de la bomba $n = 900 \text{ rpm}$.

DATOS:

$$Q = 17,500 \text{ gpm}$$

$$H = 4.50 \text{ m} = 14.76 \text{ ft}$$

$$n = 900 \text{ rpm}$$

CALCULOS:

$$\text{Velocidad específica: } V_s = n * Q * H$$

$$V_s = 900 * 17,500 * 14.76$$

$$V_s = 15,835$$

A continuacion, cada uno de los cinco rodetes de la figura 15 representa toda la familia de rodetes geometricamente semejantes.

El tamaño se ajustara a la potencia. Asi el tipo (e) puede construirse para 1 CV o para 10,000 CV. Naturalmente se han seleccionado unos pocos tipo solamente; pero entre cada dos consecutivos podrian haberse intercalado muchos otros. Es decir, todas las bombas rotodinámicas pueden someterse a esta clasificación.

La clasificación mas precisa de las bombas rotodinámicas es una clasificación numérica, asignando a toda la familia de bombas geometricamente semejantes un número, a saber, el NUMERO ESPECIFICO DE REVOLUCIONES.

Ese número se definira:

$$Vs = n * P * H$$

En las bombas este número oscila de 40 a 1,800 aproximadamente, ST.

DATOS:

$$P = 100 \text{ HP} = 101.4 \text{ CV}$$

$$H = 4.50 \text{ m}$$

$$n = 900 \text{ rpm}$$

CALCULOS:

$$Vs = n * P * H = 900 * 101.4 * 4.5$$

$$Vs = 1,383$$

d.- Cálculos de las poleas y números de bandas para el nuevo diseño de bomba axial de 24" (fig.11,12,13b).

DATOS:

H = 4.50 m

P = 100 HP

n1 = 1,800 rpm

n2 = 900 rpm

CALCULOS:

$Z = 100 * 1.2 / 23.20 * 1.06 = 4.88$

Z = 5 bandas

POLEA 250.C.5 en el motor

POLEA 500.C.5 en la bomba

GRUPO DE BOMBEO #3

El grupo de bombeo es nuevo, por lo tanto se comparo el caudal ofrecido con el caudal real que entrega la bomba A.28.I. para asi saber si se han satisfecho los términos contractualés entre los representante de los equipos y la camaronera Prockay.

a.- Se calculo el caudal de la bomba con el método de aproximación para tubo de descarga horizontal (fig.6b), y se utilizo un tacómetro para medir las distintas velocidades de rotación del motor y de la bomba. Esta prueba se la realizo en conjunto con los representante de los equipos.

El primer valor se tomo cuando el motor giraba a 1,000 rpm, pero no se pudo aplicar el método de aproximación

para tubo de descarga horizontal porque el tubo no estaba lleno. Se continuo con las mediciones, y las hicimos a 1,100 rpm del motor y luego a 1,250 rpm.

El flujo Q es proporcional al area de flujo por la velocidad del fluidos; y la velocidad del liquido depende de la velocidad rotativa de la bomba. Luego por similitud dinámica:

$$Q \propto n$$

$$Qa/Qb = na/nb$$

Y promediando los valores del caudal, se obtiene que:

$$Q = 25,500 \text{ gpm}$$

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS				
	D (pulg)	X (pulg)	n1 (RPM)	Q (GPM)
1	28	23.39	1.100	15.000
2	28	28.69	1.250	18.400
3	28	—	1.800	25.500

Por similitud dinámica, a 1,800 rpm del motor, la bomba arrojaría 25,500 gpm, mayor que los 24,000 gpm ofrecidos porque el TDH es menor que los 5.00 m de diseño, lo cual indica que su funcionamiento a rpm menores también es coherente con su diseño.

b.- Con los datos obtenidos de caudal para las diferentes rpm del motor1, calcularemos la potencia que esta consumiendo la bomba y asi saber si la bomba esta sobrecargando al motor, esto lo hacemos debido a que el motor solo llega hasta 1,250 rpm.

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS					
#	D (m)	n (RPM)	Q (GPM)	WHP (HP)	RHP (HP)
1	0.70	1.100	15.000	38.74	51.65
2	0.70	1.250	18.400	51.09	67.23
3	0.70	1.800	25.500	84.13	103.86

c.- A continuacion se procedio aefectuar las mediciones de presiones estaticas y dinámicas, mediante la utilizacion del tubo de Prandtl, fabricado según las normas internacionales:

TABLA DE DATOS Y RESULTADOS				
#	n (RPM)	Prt (m)	Pre (m)	Prd (m)
1	1.100	0.62	0.32	0.30
2	1.250	0.77	0.35	0.42

COROLARIO:

- Los datos de caudales son obtenidos en conjunto con los representantes de los equipos.
- El dato de 8,000 gpm no es valido porque el método para

calcular el caudal exige que se realiza con tubo lleno, y este caso no lo estaba.

- Los 25,500 gpm es obtenido por similitud dinámica y promediando los resultados obtenidos a 1,100rpm y 1,250 rpm.

- Las eficiencias son obtenidas por similitud de bombas axiales.

- Analizando la potencia ofrecida por el motor versus la potencia de agua, sugeriría que el elemento intermedio (la bomba) debería tener una eficiencia que va de 33% a 47%, valor extremadamente bajo de eficiencia para cualquier impulsor.

CAPITULO 3

3. SOLUCION DEL PROBLEMA

3.1 RECOMENDACIONES Y COSTOS

GRUPO DE BOMBEO #1

En este grupo de bombeo se va a cambiar el juego de poleas 500.C.6 de la bomba y 200.C.7 del motor, por un juego de poleas que transmita mayor potencia con menor número de bandas. Se determino que se necesita una polea 500.C.4 para la bomba y una polea 250.C.4 para el motor, con un juego nuevo de bandas tipo C 100, para que la bomba gire a 900 rpm, dando un caudal de 700 LPS y consumiendo 75 HP.

Es importante realizar el anclaje del chasis del grupo de bombeo al concreto -para evitar vibracion- previa realineación del mismo. También se tiene que dar mantenimiento al chasis contra el oxido (limpieza y pintado con brea epoxica).

El precio de los accesorios a utilizar para mejorar las condiciones de funcionamiento del grupo de bombeo es de seis cientos veintisiete mil seiscientos dos sucres; estos accesorios son:

ACCESORIOS	CANTIDAD
POLEA 500.C.5	01
POLEA 250.C.5	01
BANDAS C 100	04
PERNOS DE ANCLAJE	07
PERNOS TEMPLADORES	02

GRUPO DE BOMBEO #2

Lo ideal en este grupo de bombeo es instalar una bomba axial de 24" completamente nueva con base basculante y con una hélice que gire en la dirección contraria de la actual para que de este modo el motor no trabaje en voladizo. Además replantear la alineación de la poleas para que las bandas no sufran y así tengan mayor vida de trabajo.

Como se demostro en el capítulo 2.2., el caudal de una bomba axial de 24" -cuando la altura de bombeo es de 4.50 metros- es de 1,100 LPS y va consumir aproximadamente 100 HP. Por lo tanto se va a necesitar un juego nuevo de poleas esto es, una polea 500.C.5 para la bomba y una polea 250.C.5 para el motor y comprar un juego nuevo de bandas tipo C 255 que son iguales a las de la bomba nueva, para tener un stock homogéneo.

En cuanto a la tubería de descarga, tenemos que segmentarla en tramos pequeños para que sea maniobrable y puedan darle un verdadero mantenimiento, por lo tanto se va a necesitar cinco bridas de 24" para la tubería. Al sacar la tubería para cortar y colocar las bridas, se

aprovechara para dar mantenimiento a la tubería en especial al lomo inferior del tubo, por cuanto no se le ha dado mantenimiento por la dificultad que anteriormente se menciona.

La bomba axial de 24" con sus accesorios tiene un precio de siete millones setecientos setenta y cuatro mil seis cientos treinta sucres; con la cual se mejora las condiciones de funcionamiento del grupo de bombeo.

EQUIPO Y ACCESORIOS	CANTIDAD
BOMBA AXIAL 24"	01
POLEA 500.C.5	01
POLEA 250.C.5	01
BANDAS C 255	05
BRIDAS 24"	05

GRUPO DE BOMBEO #3

A este grupo se le ha dedicado mayor atención por cuanto los equipos son nuevos, y presentan el siguiente problema: el motor Detroit-Diesel 671 que acciona la bomba A.28.I., no sube de 1,200 rpm (motor). Por lo tanto se recomienda reunir en la camaronera, a los representantes de las tres partes involucradas, esto es: el gerente de la camaronera, el fabricante de la bomba y el representante del motor, para así realizar las pruebas de caudal (cap.2.2.) y de este modo determinar la potencia que consume la bomba. Se

deseaba saber si la bomba estaba sobrecargando el motor. Según los resultados de las pruebas y cálculos realizados, el motor no está trabajando en óptimas condiciones. Se va a realizar un cambio de poleas (relación de poleas original es de 2.0 : 1.0) para trabajar con otra relación y así evitar que el motor sufra. Esta nueva relación de poleas es de 2.5 : 1.0, con poleas de 625 mm para la bomba y 250 mm para el motor. La recomendación que se da es provisional hasta que se solucione el problema que tiene el motor o lo reemplacen por uno nuevo.

3.2

INSTRUCTIVO PARA EL MANTENIMIENTO DE LA BOMBA A.28.I

Con el objeto de mantener a la bomba A.28.I., en buenas condiciones de operación y para lograr la máxima economía en la utilización del equipo, este instructivo de mantenimiento deberá comenzar a aplicarse al mismo tiempo que la instalación de la bomba.

OBSERVACION DIARIA DEL FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA: Cuando hay un operador permanente asignado a la bomba se deben hacer inspecciones horarias y diarias y se deben informar inmediato cualesquiera irregularidades en el funcionamiento de la bomba. Esto se aplica en particular a cambios en el sonido de una bomba en funcionamiento, cambios bruscos en la temperatura de los cojinetes y fugas excesivas por los estoperos.

INSPECCION SEMESTRAL: Cada seis meses, se debe comprobar el libre movimiento de las empaquetaduras de los

estoperos; se debe inspeccionar la empuquetadura para determinar si es necesario reemplazarla. Se debe comprobar la alineación entre la máquina motriz y la bomba y corregirla si es necesario. Se debe examinar que los cojinetes lubricados con grasa contengan la cantidad especificada y que todavía tenga la consistencia adecuada.

INSPECCION ANUAL: La inspección anual debe ser muy minuciosa, además de efectuar la inspección semestral, se debe quitar los cojinetes para limpiarlos y examinar si tienen fallas. La cubierta o retenes de los cojinetes se deben lavar con cuidado. Los cojinetes (rodamientos) se deben examinar para ver si tienen raspaduras y desgastes; estos cojinetes después de lavarlos, se deben cubrir de inmediato con aceite o grasa para que no se oxiden.

Se deben quitar los estoperos y empaques para examinar el eje y ver si no hay desgaste. Se deben reemplazar los empaques en los estoperos y hay que volver alinear el acoplamiento entre la máquina motriz y la bomba.

EENGRASE: Los rodamientos deben lubricarse para evitar que se produzca contacto metálico entre los elementos rodantes, esto es, los caminos de rodadura y las jaulas y para proteger al rodamiento contra la corrosión y el desgaste.

La cajera de rodamientos de la bomba tiene que engrasarse cada vez que se engrasa el embrague del motor o cada 50 horas, con una aplicación que permita el "rebose" de la grasa por los retenedores.

PRENSAESTOPA: El objetivo de una empaquetadura es controlar las fugas en lugar de evitarlas. Para trabajar en buenas condiciones, las empaquetaduras deben permitir fugas ya que en caso contrario se quemarían.

Permita, inicialmente, una fuga abundante. Apriete gradualmente las tuercas del prensaestopas 1/6 de vuelta (una cara en tuercas hexagonales) cada vez. VIGILE la temperatura. No permita nunca la generación de calor. Si se produce, afloje el prensaestopas. A medida que las fugas disminuyen, apriete el seguidor del prensaestopas a intervalos de 15 minutos hasta controlar las fugas, siempre y cuando no se produzca una elevación de temperatura.

Debe ajustarse hasta permitir como mínimo una fuga de 30 a 40 gotas por minuto. Nunca se debe impedir el goteo, un exceso de este no es negativo.

ALINEACION: Es de vital importancia mantener la alineación y el temple apropiado de las poleas y bandas. El tensado debe efectuarse haciendo girar las poleas con el fin de que las bandas asienten correctamente en las gargantas de las poleas. Debe comprobarse el tensado de la transmisión al cabo de media hora de funcionamiento.

Las bandas deben protegerse del sol, el polvo y la grasa; y en su manipuleo deben evitarse las cortaduras.

ARRANQUE: Las bombas que trabajan con válvula check, deben estar "cebadadas" antes de arrancar la bomba. La bomba A.28.I succiona directamente el agua, por lo tanto no se

necesita cebarla.

Teniendo previamente calentado el motor, acelerar rapidamente el mismo de tal manera que los bocines marinos de la bomba, que se lubrican con la misma agua, no trabajen en secos y se "quemem" y desgasten el eje.

El primer arranque debe hacerse siempre con el mayor nivel de agua posible.

ESTACION DE BOMBEO: Debe reunir los requisitos de solidez, facilidad de operación y mantenimiento y sobre todo de limpieza del pozo de succión, para evitar la presencia de arenas que erosionan las partes rotatorias y los bocines, o palos que puedan dañar la hélice.

3.3 TABLA DE COMPROBACION DE DIFICULTADES CON BOMBAS

Las dificultades en el funcionamiento de las bombas pueden ser hidráulicas o mecánicas. En el caso de las primeras, la bomba no entregará líquido, puede entregar una cantidad insuficiente o no tener bastante presión o, también puede perder el cebado después del arranque. En el segundo caso, puede tener consumo excesivo de potencia o corriente o pueden surgir síntomas de dificultades mecánicas en los estoperos o cojinetes y puede ocurrir vibración, ruido, o rotura de alguna pieza de la bomba.

Hay una interdependencia definida entre algunas dificultades de ambas categorías. Por ejemplo, el aumento en la holgura entre las superficies móviles, se puede clasificar como dificultad mecánica, pero, dará por

resultado una reducción en la capacidad neta de la bomba, o sea un síntoma hidráulico, sin que por necesidad haya un desperfecto mecánico ni vibración excesiva. Como resultado hay que diagnosticar con cuidado los síntomas y las causas y, para cada síntoma hacer una lista de las causas probables. El procedimiento para el diagnóstico de bombas centrífugas y axiales se lo encontrará en el apéndice.

CONCLUSIONES

1. De las inspecciones técnicas efectuadas en la camaronera se establece que la estación de bombeo no es adecuada a los requerimientos de agua.
2. Para grandes caudales y bajas alturas como son los requerimientos para piscinas camaroneras se debe escoger una bomba de flujo axial tipo hélice ($V_s = 1,383$). Por lo tanto para ael grupo de bombeo #2 se requiere una bomba axial de 24", además que para mover un mismo caudal las bombas de flujo mixto necesitan el doble de potencia que las bombas axiales, según catálogos proporcionados por fabricantes de bombas.
3. La capacidad de bombeo real de los tres grupos es de 2,360 LPS, por lo tanto no satisface los requerimientos de agua.
4. Si comparamos las presiones dinámicas del grupo de bombeo #3 obtenidas a partir de los datos de los caudales tomados por diferentes métodos vemos que son prácticamente iguales, lo cual aboga por la validez de ambos métodos utilizados y por la validez misma de la prueba.

5. Con los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al grupo de bombeo #3, se llega a la conclusión de que el motor presenta un problema en su funcionamiento, lo cual significa que no está trabajando a su capacidad real.
6. Realizadas las adecuaciones y recomendaciones de los diferentes grupos de bombeo tenemos que: el grupo de bombeo #1 nos proporcionará un caudal de 700 LPS, el grupo de bombeo #2 nos dará un caudal de 1,100 LPS y el grupo de bombeo #3 nos proporcionará 1,500 LPS, lo que nos dará un total de 3,300 LPS. Con este caudal se tendrá un 18% de reserva con una seguridad operativa y a un costo mínimo.
7. Se necesita un tanque de almacenamiento de 3,000 galones para combustible y así solucionar el problema que tienen de logística.
8. El instructivo para el mantenimiento y la tabla de comprobación de dificultades con bombas centrífugas y axiales están destinadas a ayudar a mantener las bombas en condiciones eficientes y confiables en todo momento. Por tanto, es necesario entregar este manual de instrucciones para todo el personal que participa en estas funciones.
9. De los tres grupos de bombeo, el grupo #2 es el que se encuentra en una situación crítica, debido a que en un momento u otro fallará su caja de rodamiento porque le

esta entrando agua a la cajera. Por lo tanto, tener listo un juego de retenedores y rodamientos como una solución provisional, hasta que se arregle definitivamente el daño.

BIBLIOGRAFIA

1. CHESTERTON, Catálogo de dispositivo de sellado
2. ESPOL, Criterios para selección de bombas de agua y planeamiento de proyectos de bombeo
3. FOX & Mc DONNALL, Introduction to fluid mechanics, 2da edición
4. I.I.A.S.A, Catálogo de bombas semiaxiales Hidrostat
5. KARASSIK I./KRUTZSCH W., Manual de bombas
6. MARKS, Manual del Ingeniero Mecánico, 8va edición
7. MAQUINARIAS HENRIQUES, Catálogo de correas trapeziales
8. MATAIX C., Mecánica de Fluidos y Máquinas hidráulicas, HARLA, 2da edición

APENDICE

TABLA DE COMPROBACION DE DIFICULTADES CON BOMBAS CENTRIFUGAS Y AXIALES.

SINTOMAS	CAUSA PROBABLE DE LA DIFICULTAD
La bomba no entrega agua:	1,2,3,4,6,11,14,17,22,23
Entrega capacidad insuficiente:	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,14,17,20,22,23,29,30,31
Produce presión insuficiente:	5,14,16,17,20,22,29,,30,31
Pierde el cebado después del arranque:	2,3,5,6,7,8,11,12,13
Requiere potencia excesiva:	15,16,17,18,19,20,23,24,26,27,29,33,34,37
Fugas excesivas por los estoperos:	13,24,26,28,32,33,34,35,36,37,38,39,40
Corta duración de empaques:	12,13,24,26,28,32,33,34,35,36,37,38,39,40
La bomba vibra o esta ruidosa:	27,28,30,35,36,41,41,42,43,44,45,46,47
Corta duración de cojinetes:	24, 26,27,28,35,36,41,42,43,44,45,46,47

La bomba se sobrecalienta y se pega: 1,4,21,22,24,27,28,35,36,41

PROBLEMAS EN LA SUCCION:

1. La bomba no esta cebada
2. La bomba, o el tubo de succión no estan llenos por completo.
3. Altura de succión, excesiva.
4. Margen insuficiente entre la presión de succión y la presión de vapor.
5. Cantidad excesiva de aire o gas en el líquido.
6. Bolsa de aire en el tubo de succión.
7. Entrada de aire al tubo de succión.
8. Entrada de aire a la bomba por los estoperos.
9. Válvula de pie, demasiado pequeña.
10. Válvula de pie parcialmente obstruida.
11. Tubo de entrada o succión no esta bastante sumergido.
12. Tubería del sello de agua, obstruida.
13. Jaula de sello mal colocada en el estopero e impide que el agua para sellarlo entre al espacio para formar el sello.

PROBLEMAS EN EL SISTEMA:

14. Velocidad muy baja.
15. Velocidad muy alta.
16. Sentido incorrecto de rotación.
17. Carga total del sistema mayor que la carga del

- proyecto de la bomba.
18. Carga total del sistema menor que la carga de proyecto de la bomba.
 19. Densidad relativa del líquido, diferente a la de proyecto.
 20. Viscosidad del líquido, diferente a la de proyecto.
 21. Operación a capacidad muy baja.
 22. Operación en paralelo de bomba inadecuada para este trabajo.

PROBLEMAS MECANICOS:

23. Cuerpo extraño en el impulsor.
24. Desalineación.
25. Los cimientos no están rígidos.
26. Eje doblado.
27. Las partes rotatorias rozan contra las partes fijas.
28. Cojinetes gastados.
29. Anillos de desgastes gastados.
30. Impulsor dañado.
31. Junta de carcasa, deficiente y permite fugas internas.
32. Eje o camisas del eje gastado o escoriado junto al empaque.
33. Empaque (estopero) mal instalado.
34. Tipo incorrecto de empaque para condiciones de operación.
35. El eje gira descentrado por cojinetes gastados o desalineación.

36. Rotor desequilibrado y ocasiona vibración.
37. Empaque muy apretado y no permite circulación de líquido para lubricar estopero.
38. Falta de suministro de agua a los estoperos enfriados por agua.
39. Holgura excesiva en parte inferior de estopero entre el eje y la carcaza, que empuja al empaque al interior de la bomba.
40. Mugre o arena en el agua de sellado, que produce escoración del eje o camisa del eje.
41. Empuje excesivo ocasionado por una falla mecánica dentro de la bomba o por falla del dispositivo para equilibrio hidráulico, si se utiliza.
42. Exceso de grasa o aceite en la cubierta de cojinetes antifricción o falta de enfriamiento, que ocasiona temperaturas excesiva en los cojinetes.
43. Falta de lubricación.
44. Instalación incorrecta de los cojinetes antifricción (daños al instalar, instalación incorrecta de cojinetes múltiples, uso de cojinetes desiguales en un par, etc).
45. Mugre en los cojinetes.
46. Herrumbre en los cojinetes por agua en su cubierta.
47. Enfriamiento excesivo de cojinetes enfriado por agua, que ocasiona ocasión de la humedad del aire en la caja de cojinete.

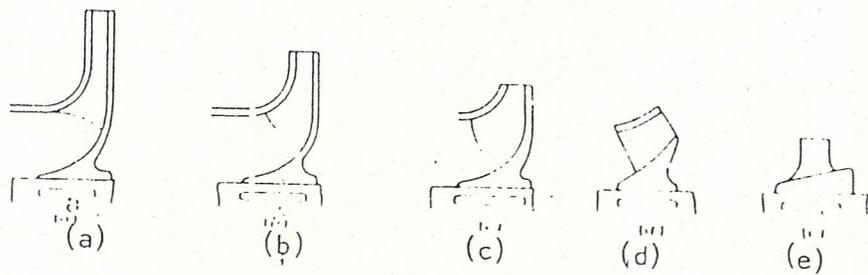


FIG. 9 El rodete de una bomba rotodinamica se adapta a las exigencias de Q , H , n . De (a) a (e) las bombas se adaptan a caudales relativamente mayores y a alturas efectivas menores. Los números específicos de revoluciones son: (a) $n_s = 40$ a 80 : rodete marcadamente radial (lento); (b) $n_s = 80$ a 140 ; (c) $n_s = 140$ a 300 ; (d) $n_s = 300$ a 600 : rodete semiaxial o de flujo mixto; (e) $n_s = 600$ a 1.800 : rodete axial (rápido).

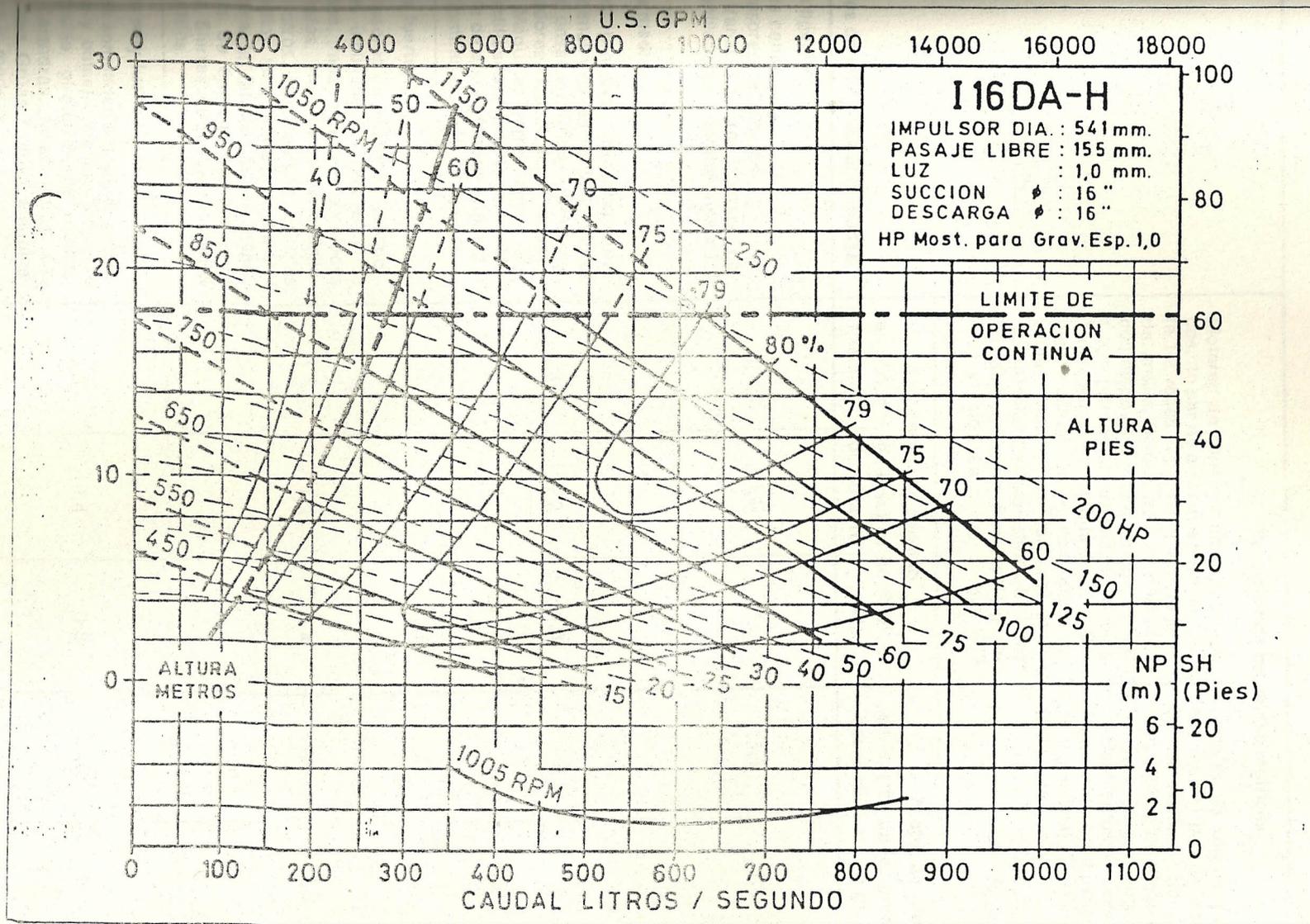


Fig. 10 CURVAS CARACTERISTICAS H vs Q

Ejemplos de máquinas accionadas.	Ejemplos de máquinas motrices.					
	Factor de servicio. en función de las horas de servicio.			Factor de servicio. en función de las horas de servicio.		
	hasta 10	de 10 a 16	desde 16	hasta 10	de 10 a 16	desde 16
<p>Cargas ligeras. Bombas centrífugas. Compresores centrífugos. Cintas transportadoras (Cargas ligeras). Ventiladores y bombas hasta 7,5 Kw.</p>	1,1	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3
<p>Cargas medias. Cizallas, prensas. Transportadoras por cadenas y cintas transportadoras (cargas pesadas). Cribas vibratorias. Generadores. Mezcladoras, amasadoras. Máquinas herramientas, (toros, rectificadoras). Lavadoras, Maquinaria de artes gráficas. Ventiladores y bombas de más de 7,5 Kw.</p>	1,1	1,2	1,3	1,2	1,3	1,4
<p>Cargas fuertes. Compresores de pistones. Transportadores inclinados, verticales y de impulsos, transportadores de placas articuladas, elevadores de cangilones, y otros. Montacargas, Prensas de ladrillos. Maquinaria textil. Máquinas para la fabricación de papel. Bombas de émbolo, bombas para dragas. Sierras alternativas. Molinos de martillos.</p>	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
<p>Cargas muy fuertes. Molinos sometidos a grandes cargas (barras y bolas), Machacadoras (de mandíbulas, giratorias, de rodillos, Calandras. Mezcladoras. Cabrestantes. Grúas. Dragas. Maquinaria para la madera.</p>	1,3	1,4	1,5	1,5	1,6	1,8

Fig. 11 FACTOR DE SERVICIO C_2

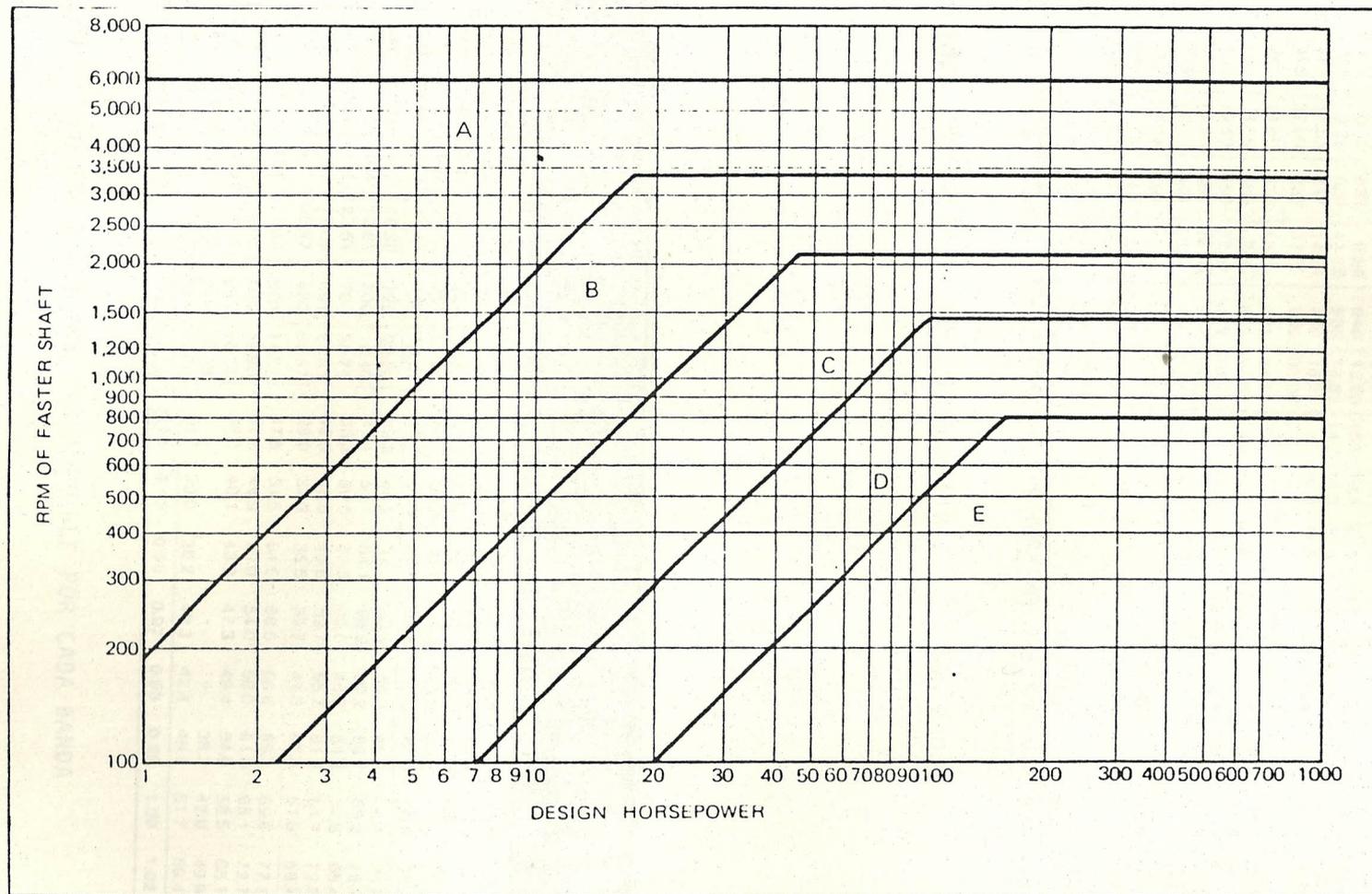


Fig. 12 SELECCION DEL TIPO DE PERFIL

Belt No.	Effective Pitch Diameter		DriveN Speeds and HP per Belt at Service Factor 1.0 (including allowance for Speed Ratio)						Belt No. and Center Distance (Inches)													
	Small Sheave D _p (Inches)	Large Sheave D _p (Inches)	Motor Speed						Multiply HP per Belt by combined Arc of Contact and Length Correction Factor (c ₁ and c ₂ combined) shown below Center Distance selected													
			870		1160		1750		C60	C68	C72	C75	C81	C85	C90	C96	C97	C100	C105	C108	C112	C115
DriveN RPM	HP per Belt	DriveN RPM	HP per Belt	DriveN RPM	HP per Belt	DriveN RPM	HP per Belt															
35	13.00	24.00	470	21.29	627	25.90	945	31.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.7	24.3	25.8	27.9	29.4
36	7.00	13.00	467	8.05	623	9.86	940	12.58	15.5	19.5	21.5	23.1	26.1	28.1	30.6	33.6	34.1	35.6	38.1	39.6	41.6	43.1
37	7.50	14.00	465	9.23	620	11.35	935	14.52	14.2	18.3	20.3	21.8	24.9	26.9	29.4	32.4	32.9	34.4	36.9	38.4	40.4	41.9
38	8.50	16.00	462	11.55	617	14.24	930	18.21	-	15.8	17.8	19.4	22.4	24.4	27.0	30.0	30.5	32.0	34.5	36.0	38.0	39.5
39	16.00	30.00	465	27.09	620	32.30	935	35.38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	10.50	20.00	457	16.02	610	19.71	921	24.71	-	-	-	-	17.4	19.4	22.0	25.1	25.6	27.1	29.6	31.1	33.2	34.7
41	7.00	14.00	435	8.05	580	9.86	875	12.58	14.5	18.6	20.7	22.2	25.2	27.2	29.8	32.8	33.3	34.8	37.3	38.8	40.8	42.3
42	8.00	16.00	435	10.40	580	12.81	875	16.40	-	16.1	18.2	19.7	22.8	24.8	27.3	30.3	30.9	32.4	34.9	36.4	38.4	39.9
43	10.00	20.00	435	14.93	580	18.38	875	23.20	-	-	-	-	17.7	19.8	22.3	25.4	25.9	27.4	30.0	31.5	33.5	35.0
44	12.00	24.00	435	19.22	580	23.51	875	28.75	-	-	-	-	-	-	20.3	20.8	22.4	25.0	26.5	28.6	30.1	
45	9.50	20.00	412	13.82	549	17.03	829	21.61	-	-	-	-	18.0	20.1	22.7	25.8	26.3	27.8	30.3	31.9	33.9	35.4
46	7.50	16.00	408	9.23	544	11.35	821	14.52	-	16.5	18.5	20.1	23.1	25.1	27.7	30.7	31.2	32.7	35.2	36.8	38.8	40.3
47	14.00	30.00	406	23.28	542	28.17	817	32.87	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	11.00	24.00	399	17.10	532	21.00	802	26.14	-	-	-	-	-	-	21.0	21.5	23.1	25.7	27.2	29.3	30.8	-
49	9.00	20.00	391	12.69	522	15.65	788	19.95	-	-	-	-	18.4	20.4	23.0	26.1	26.6	28.1	30.7	32.2	34.2	35.8
Arc of Contact and Length Correction Factor (c ₁ and c ₂ combined)									0.77	0.80	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.92

FIG. 13a POTENCIA NOMINAL TRANSMISIBLE POR CADA BANDA

Belt No.	Effective Pitch Diameter		DriveN Speeds and HP per Belt at Service Factor 1.0 (including allowance for Speed Ratio)						Belt No. and Center Distance (Inches)												
	Small Sheave D _p (Inches)	Large Sheave D _p (Inches)	Motor Speed						Multiply HP per Belt by combined Arc of Contact and Length Correction Factor (c ₁ and c ₂ combined) shown below Center Distance selected												
			870		1160		1750		C136	C144	C150	C158	C162	C173	C180	C195	C210	C225	C240	C270	
DriveN RPM	HP per Belt	DriveN RPM	HP per Belt	DriveN RPM	HP per Belt	DriveN RPM	HP per Belt														
50	16.00	36.00	386	27.09	515	32.30	777	35.38	-	31.0	34.2	38.3	40.4	46.0	49.6	57.3	64.9	71.4	79.0	94.1	-
51	7.00	16.00	379	8.05	506	9.86	764	12.58	51.2	55.2	58.2	62.2	64.2	69.7	73.3	80.8	88.3	94.8	102.3	117.3	-
52	10.50	24.00	379	16.02	506	19.71	764	24.71	41.8	45.9	48.9	52.9	55.0	60.5	64.0	71.5	79.1	85.6	93.1	108.2	-
53	13.00	30.00	376	21.29	502	25.90	757	31.00	34.7	38.8	41.8	45.9	47.9	53.5	57.1	64.6	72.2	78.7	86.3	101.3	-
54	8.50	20.00	370	11.55	493	14.24	744	18.21	46.7	50.8	53.8	57.8	59.8	65.3	68.8	76.4	83.9	90.4	97.9	112.9	-
55	10.00	24.00	362	14.93	483	18.38	729	23.20	42.2	46.2	49.3	53.3	55.3	60.9	64.4	71.9	79.5	86.0	93.5	108.5	-
56	8.00	20.00	348	10.40	464	12.81	700	16.40	47.1	51.1	54.1	58.2	60.2	65.7	69.2	76.7	84.3	90.8	98.3	113.3	-
57	12.00	30.00	348	19.22	464	23.51	700	28.75	35.3	39.5	42.5	46.6	48.6	54.2	57.8	65.4	72.9	79.5	87.0	102.1	-
58	9.50	24.00	343	13.82	458	17.03	691	21.61	42.5	46.6	49.6	53.7	55.7	61.2	64.7	72.3	79.8	86.3	93.9	108.9	-
59	14.00	36.00	338	23.28	451	28.17	680	32.87	28.0	32.3	35.5	39.7	41.8	47.4	51.0	58.7	66.3	72.9	80.4	95.6	-
60	7.50	20.00	325	9.23	434	11.35	655	14.52	47.5	51.5	54.5	58.5	60.5	66.1	69.6	77.1	84.6	91.1	98.7	113.7	-
61	9.00	24.00	325	12.69	434	15.65	655	19.95	42.9	46.9	50.0	54.0	56.0	61.6	65.1	72.7	80.2	86.7	94.2	109.3	-
62	11.00	30.00	318	17.10	424	21.00	641	26.14	36.0	40.1	43.2	47.3	49.4	54.9	58.5	66.1	73.7	80.2	87.8	102.8	-
63	16.00	44.00	316	27.09	421	32.30	636	35.38	-	-	-	-	-	38.3	42.0	49.9	57.7	64.3	72.0	87.2	-
64	13.00	36.00	314	21.29	418	25.90	631	31.00	28.7	33.0	36.2	40.3	42.4	48.1	51.7	59.4	67.0	73.6	81.2	96.3	-
Contact and Length Correction Factor (c ₁ and c ₂ combined)									0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	1.00	1.02	1.04	1.06	1.08	1.10	

FIG. 13b POTENCIA NOMINAL TRANSMISIBLE POR CADA BANDA

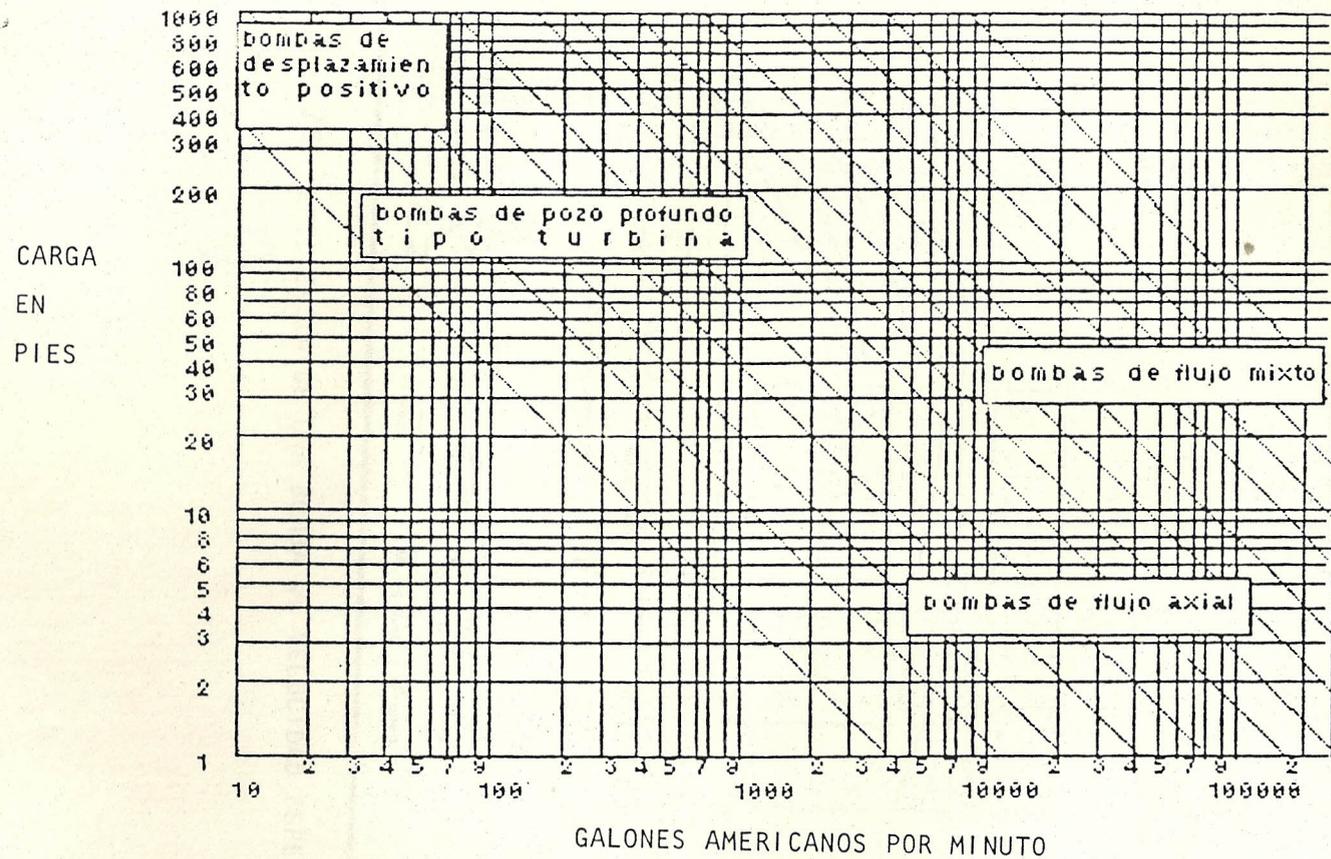


Fig. 14 CARTA DE SELECCION DE BOMBAS.

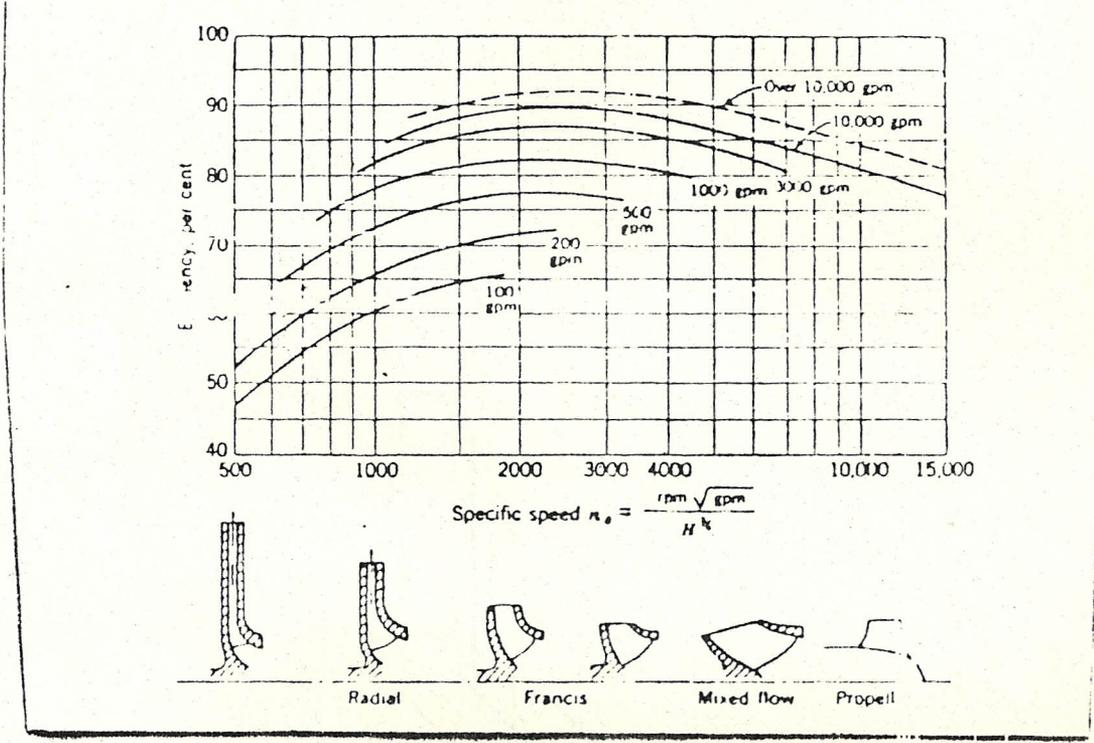


FIG. 15 EFICIENCIA DE UNA BOMBA VS VELOCIDAD ESPECIFICA Y TAMNO.

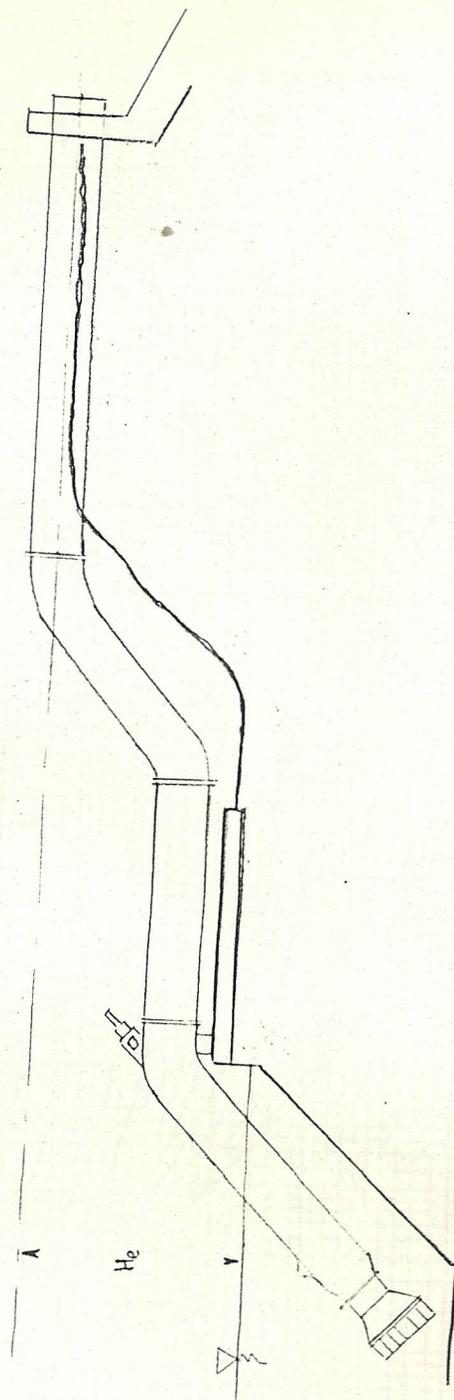


FIG. 16 PERFIL DEL GRUPO DE BOMBEO # 3. ($H_e = 2,60 \text{ m}$)

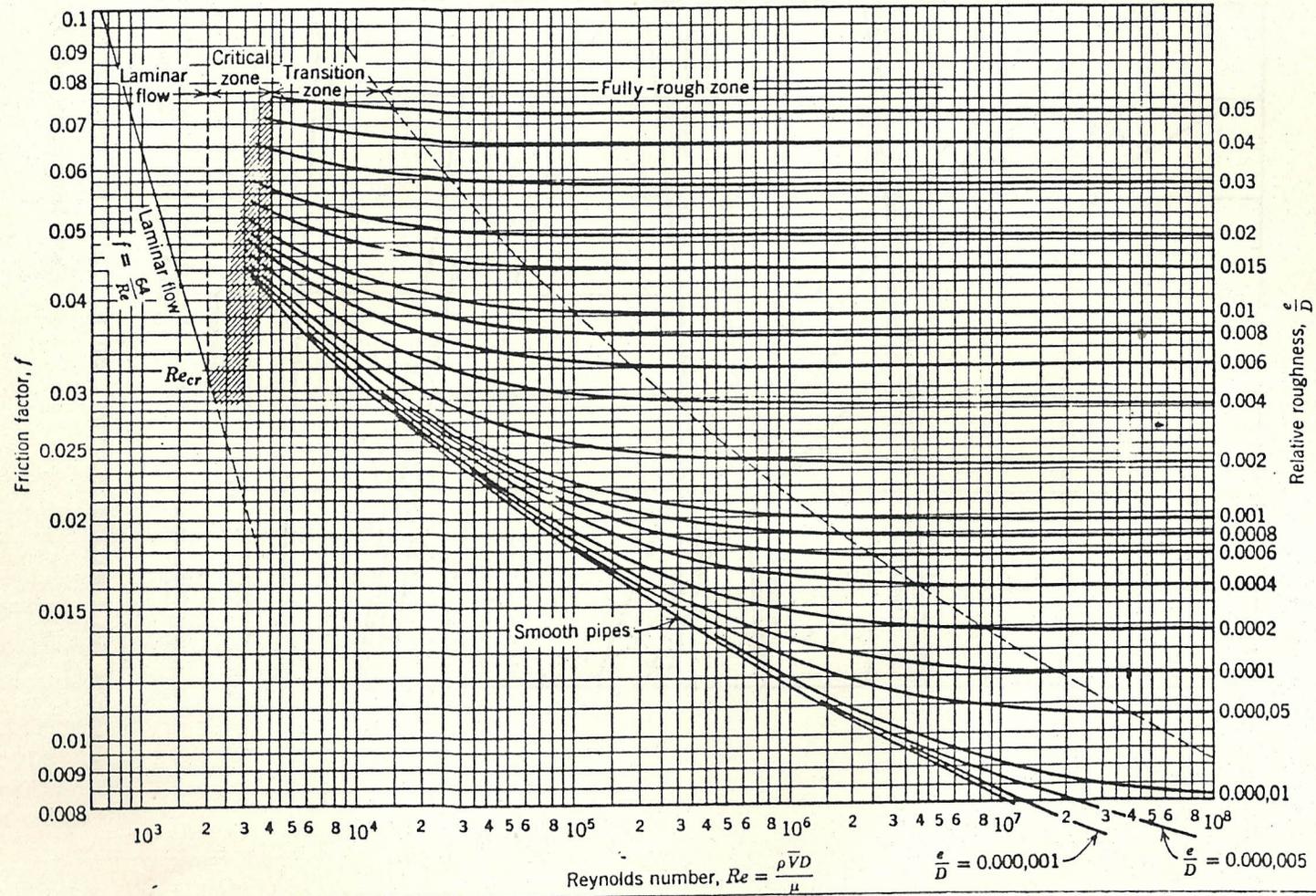


Fig 17 DIAGRAMA de MOODY

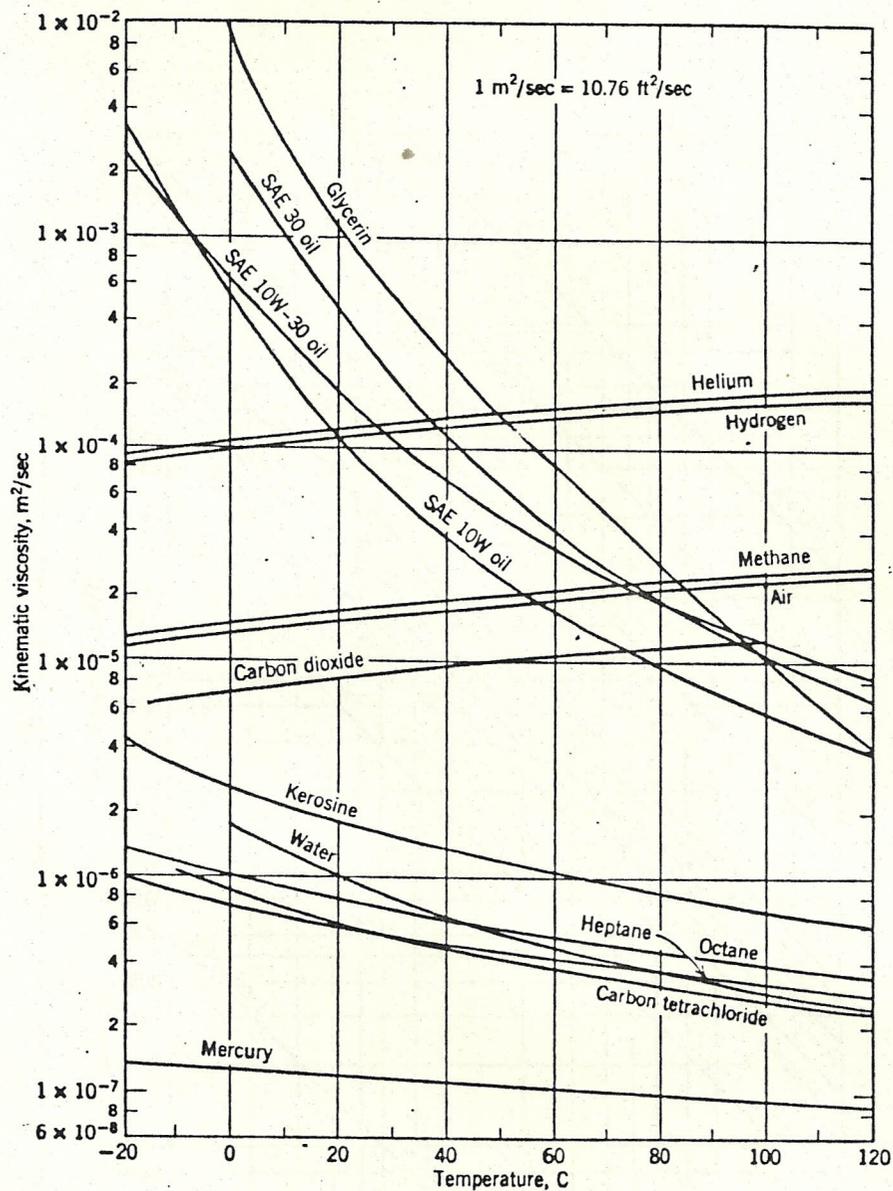


Fig. A.3 Kinematic viscosity of common fluids (at atmospheric pressure) as a function of temperature (data from Refs. 1, 5 and 9).

Fig. 18 Viscosidad cinemática de fluidos comunes en función de la temperatura.

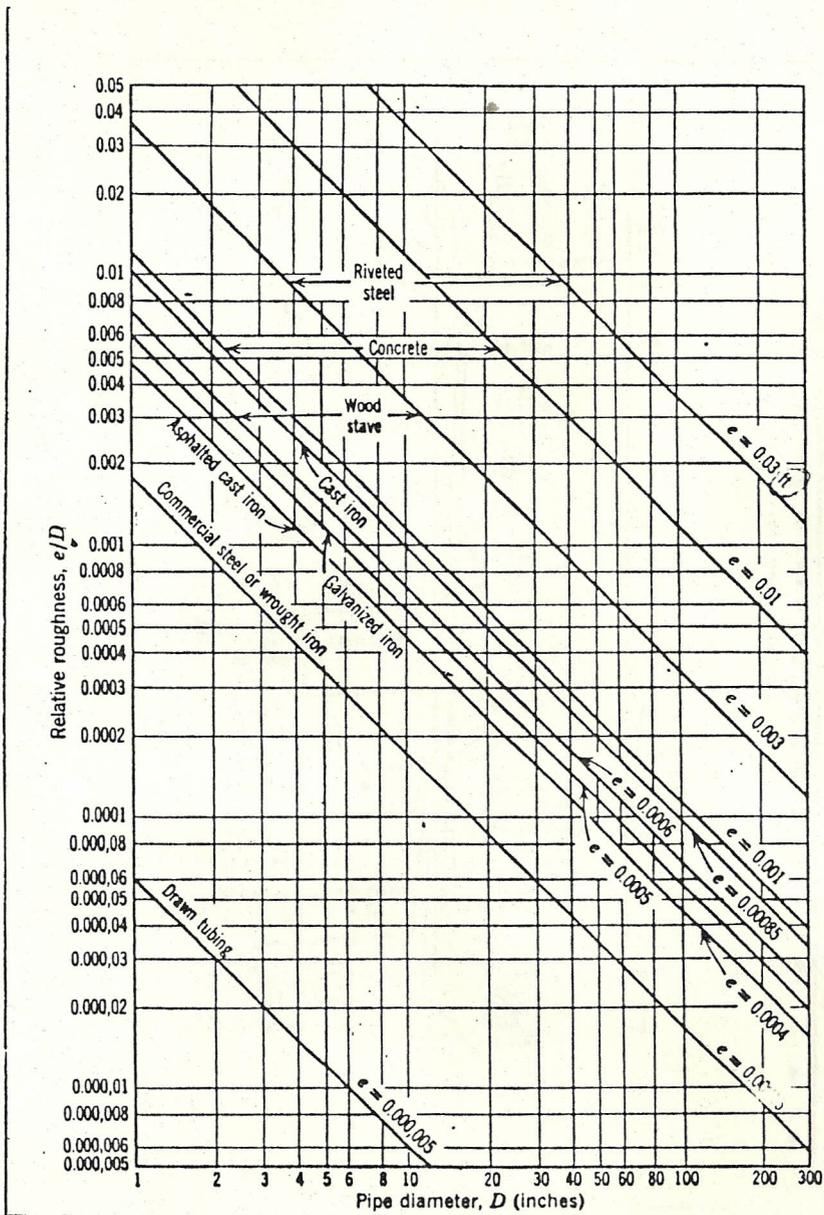


Fig. 19 VALORES DE RUGOSIDAD RELATIVA PARA MATERIALES
COMUNMENTE USADOS EN INGENIERIA.

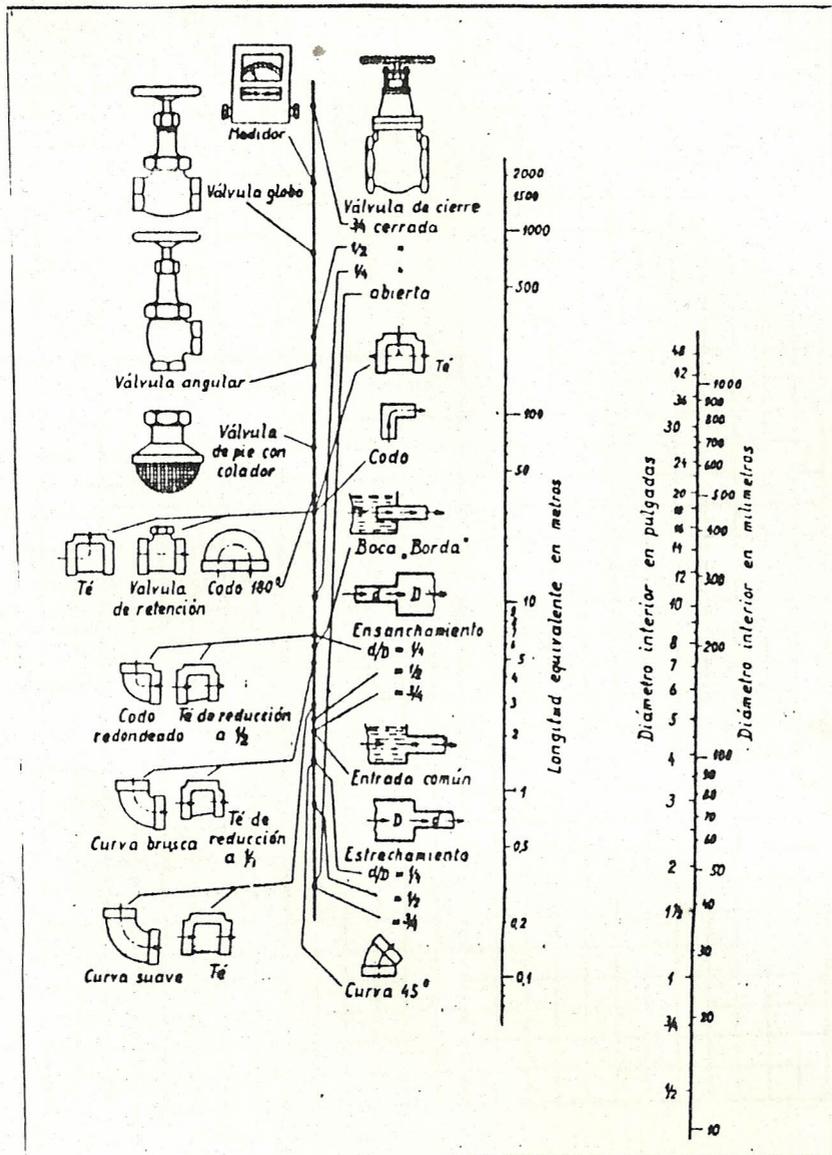


Fig. 20 Nonograma de pérdida de carga secundaria en accesorios de tubería para agua.

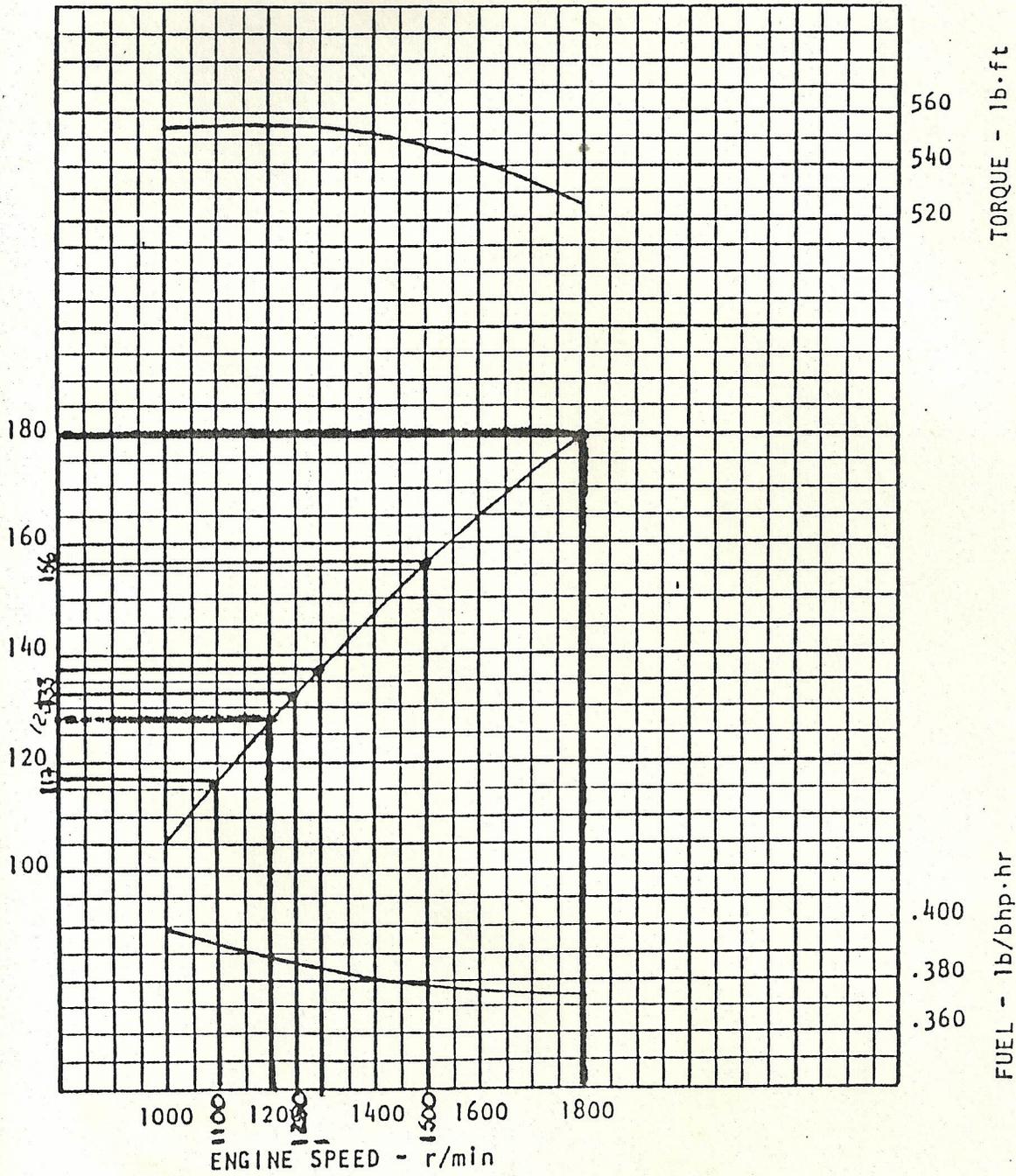


FIG. 21 CURVAS DEL MOTOR DETROIT DIESEL 6-71