

ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE
VALPARAÍSO

ENSAYO CURVAS CARACTERISTICAS DE UNA BOMBA CENTRIFUGA

Alumno: Carlos Aguilar Pinto

Asignatura: ICM557-3

Fecha: 11/12/2020

Profesores: Cristóbal Galleguillos Ketterer

Tomas Herrera Muñoz

Contenido

INTRODUCCIÓN.	II
OBJETIVOS.	III
FORMULAS Y DATOS.	IV
TABLA VALORES MEDIDOS.	VI
TABLA VALORES CALCULADOS.	VIII
DESARROLLO.	IX
GRAFICO DE ISORENDIMIENTO Y POTENCIA VS CAUDAL.....	IX
¿CUÁLES SON LAS CONDICIONES ÓPTIMAS DE OPERACIÓN DE ESTA BOMBA?	X
¿LAS CURVAS TIENEN LA FORMA ESPERADA?	X
¿CUÁL ES LA POTENCIA MÁXIMA CONSUMIDA?	X
¿QUÉ TIPO DE CURVAS SON?	X
GRÁFICO DE CURVA Ψ vs Φ	XI
¿LA NUBE DE PUNTOS QUE CONFORMAN ESTA CURVA SON MUY DISPERSOS?	XII
AL OBSERVAR LAS CURVAS ANTERIORES, ¿QUÉ TIPO DE BOMBA CENTRIFUGA ES? JUSTIFICAR.	XII
CALCULAR LA VELOCIDAD ESPECIFICA Y DETERMINAR SI LAS CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS Y OPERACIONALES SON CONCORDANTES CON ESA VELOCIDAD ESPECÍFICA Y SU RESPUESTA.....	XII
CONCLUSIÓN.	XIV
REFERENCIAS.	XV

Introducción.

En el presente informe se evaluará y analizará una bomba centrífuga marca *Leader modelo M18*, con el fin de obtener sus curvas características operando a distintos parámetros.

Objetivos.

Analizar el comportamiento de una bomba centrífuga mediante sus curvas características.

Formulas y datos.

Caudal:

De gráfico del venturímetro adjunto se determina el caudal para cada línea de mediciones:

Q_x

Caudal corregido:

$$Q = Q_x \left(\frac{n}{n_x} \right) \left[\frac{m^3}{h} \right]$$

Presión de aspiración:

$$p_{ax} = 0,1 p_{ax}\% - 10 - \frac{c p_{ax}}{1000} \left[m_{ca} \right]$$

$c p_{ax} = 115 \text{ [mm]}$

Presión de descarga:

$$p_{dx} = 0,4 p_{dx}\% + \frac{c p_{dx}}{1000} \left[m_{ca} \right]$$

$c p_{dx} = 165 \text{ [mm]}$

Altura:

$$H_x = -p_{ax} + p_{dx} \left[m_{ca} \right]$$

Altura corregida:

$$H = H_x \left(\frac{n}{n_x} \right)^2 \left[m_{ca} \right]$$

Potencia en el eje de la bomba:

$$N_{ex} = 0,0007355 F_x n_x \left[kW \right]$$

Potencia en el eje de la
bomba corregida:

$$N_e = N_{ex} \left(\frac{n}{n_x} \right)^3 \left[kW \right]$$

Potencia hidráulica:

$$N_h = \gamma \frac{QH}{3600} \left[kW \right]$$

γ peso específico del agua
en $[N/m^3]$

Rendimiento global:

$$\eta_{gl} = \frac{N_h}{N_e} 100 \left[\% \right]$$

Velocidad tangencial del rodete en la descarga:

$$U_2 = \frac{\pi}{60} n D_2 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Velocidad meridional de descarga:

$$cm_2 = \frac{Q}{3600 \pi D_2 B_2} \left[\frac{m}{s} \right]$$

D_2 diámetro exterior del rodete

B_2 ancho exterior del rodete

Phi:

$$\phi = \frac{cm_2}{U_2} [-]$$

Psi:

$$\psi = \frac{2gH}{U_2^2} [-]$$

MARCA - MODELO	DN/DA	DN/D D	D ₁	D ₂	D _c	B ₁	B ₂	b ₁	b ₂	Z
	in	in	mm	mm	mm	mm	mm	°	°	-
Leader - M18	4	4	71	135	30	37	24.3	16	20	5
Leader - M19	5	5	100	165	47		24			7

Ilustración 1: Características de bombas

Tabla valores medidos.

	VALORES MEDIDOS									
					3070	[rpm]				
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Δh_x	Fx	T	P _{atm}
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mm _{H₂O}]	[kp]	[°C]	[mm _{H₂O}]
1	3070	115	165	3075	89,5	6,5	146	1,54	16	758,7
2	3070	115	165	3076	92	13,6	133	1,68	16	758,7
3	3070	115	165	3076	94,8	19,4	118	1,79	16	758,7
4	3070	115	165	3076	97	24,5	104	1,85	16	758,7
5	3070	115	165	3077	99,4	29,1	91	1,89	16	758,7
6	3070	115	165	3078	101,7	34,4	76	1,91	16	758,7
7	3070	115	165	3078	105,2	41,3	59	1,92	16	758,7
8	3070	115	165	3078	107,6	46,2	45	1,89	16	758,7
9	3070	115	165	3078	110	49,2	32	1,83	16	758,7
10	3070	115	165	3077	112,5	54,4	17	1,69	16	758,7
11	3070	115	165	3078	114,3	56,9	9	1,55	16	758,7
12	3070	115	165	3078	120,5	62,1	0	1,13	16	758,7

Ilustración 2: Valores medidos a 3070 [rpm]

	VALORES MEDIDOS									
					2900	[rpm]				
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Δh_x	Fx	T	P _{atm}
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mm _{H₂O}]	[kp]	[°C]	[mm _{H₂O}]
1	2900	115	165	2903	91,5	6,2	134	1,37	16	758,7
2	2900	115	165	2903	93,9	12,7	121	1,47	16,5	758,7
3	2900	115	165	2903	96,3	16,4	109	1,55	16,5	758,7
4	2900	115	165	2903	98,7	21,4	95	1,62	17	758,7
5	2900	115	165	2903	100,5	26,1	82	1,65	17	758,7
6	2900	115	165	2902	103,4	30,5	70	1,68	17	758,7
7	2900	115	165	2904	105,6	35,5	56	1,69	17	758,7
8	2900	115	165	2902	108,1	40,2	43	1,68	17	758,7
9	2900	115	165	2903	110	44,3	30	1,6	17	758,7
10	2900	115	165	2903	112,3	48,1	17	1,49	17	758,7
11	2900	115	165	2904	114,6	51,2	8	1,37	17	758,7
12	2900	115	165	2904	119,5	56,1	0	0,94	17	758,7

Ilustración 3: Valores medidos a 2900 [rpm]

	VALORES MEDIDOS									
					2700	[rpm]				
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Δh_x	Fx	T	P _{atm}
	[rpm]	[mm]	[mm]	[rpm]	[%]	[%]	[mm _{H₂O}]	[kp]	[°C]	[mm _{H₂O}]
1	2700	115	165	2702	94,3	5,8	118	1,16	17	758,7
2	2700	115	165	2703	96,8	10,5	106	1,24	17	758,7
3	2700	115	165	2703	98,5	14,5	95	1,3	17	758,7
4	2700	115	165	2703	100	18,1	84	1,34	17	758,7
5	2700	115	165	2702	102,4	22,6	72	1,38	17	758,7
6	2700	115	165	2703	104,8	26,9	60	1,4	17	758,7
7	2700	115	165	2703	107,1	32,1	47	1,4	17	758,7
8	2700	115	165	2702	109,1	36,1	35	1,38	17	758,7
9	2700	115	165	2702	111,3	39,9	23	1,3	17	758,7
10	2700	115	165	2703	113,6	43,5	11	1,18	17	758,7
11	2700	115	165	2703	114,9	45,3	5	1,05	17	758,7
12	2700	115	165	2703	119,6	49,1	0	0,78	17	758,7

Ilustración 4: Valores medidos a 2700 [rpm]

Tabla valores calculados.

1° Medición													
Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	ηgl	U2	cm2	φ	Ψ
[m³/h]	[m³/h]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[kW]	[kW]	[kW]	%	[m/s]	[m/s]	-	-
118,8	118,607	-1,165	2,765	3,93	3,91723	3,48296	3,466	1,26563	36,5156	21,7006	3,19681	0,14731	0,16321
108	107,789	-0,915	5,605	6,52	6,49459	3,80083	3,77863	1,90698	50,4674	21,7006	2,90525	0,13388	0,27059
100,8	100,603	-0,635	7,925	8,56	8,52664	4,04969	4,02604	2,33673	58,0404	21,7006	2,71157	0,12495	0,35525
97,2	97,0104	-0,415	9,965	10,38	10,3395	4,18544	4,16099	2,73236	65,6661	21,7006	2,61472	0,12049	0,43078
90	89,7953	-0,175	11,805	11,98	11,9256	4,27732	4,2482	2,91709	68,6666	21,7006	2,42025	0,11153	0,49686
79,2	78,9942	0,055	13,925	13,87	13,798	4,32399	4,29036	2,96913	69,2046	21,7006	2,12913	0,09811	0,57488
72	71,8129	0,405	16,685	16,28	16,1955	4,34663	4,31282	3,16821	73,4603	21,7006	1,93557	0,08919	0,67476
64,8	64,6316	0,645	18,645	18	17,9066	4,27871	4,24544	3,15264	74,2596	21,7006	1,74202	0,08028	0,74605
57,6	57,4503	0,885	19,845	18,96	18,8616	4,14288	4,11066	2,95181	71,8086	21,7006	1,54846	0,07136	0,78584
36	35,9181	1,135	21,925	20,79	20,6955	3,8247	3,79865	2,02492	53,3063	21,7006	0,9681	0,04461	0,86225
28,8	28,7251	1,315	22,925	21,61	21,4978	3,509	3,48171	1,68219	48,3151	21,7006	0,77423	0,03568	0,89568
0	0	1,935	25,005	23,07	22,9502	2,55817	2,53828	0	0	21,7006	0	0	0,95619
2° Medición													
Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	ηgl	U2	cm2	φ	Ψ
[m³/h]	[m³/h]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[kW]	[kW]	[kW]	%	[m/s]	[m/s]	-	-
108	107,888	-0,965	2,645	3,61	3,60254	2,92516	2,91611	1,05877	36,3077	20,4989	2,90792	0,14186	0,16821
104,4	104,292	-0,725	5,245	5,97	6,67663	3,13868	3,71211	1,89682	51,0982	21,7006	2,81099	0,12954	0,27817
97,2	97,0996	-0,485	6,725	7,21	8,0634	3,30949	3,91413	2,13282	54,4901	21,7006	2,61713	0,1206	0,33595
93,6	93,5033	-0,245	8,725	8,97	10,0317	3,45895	4,0909	2,55517	62,4599	21,7006	2,5202	0,11614	0,41796
86,4	86,3107	-0,065	10,605	10,67	11,9329	3,52301	4,16666	2,80563	67,3352	21,7006	2,32634	0,1072	0,49717
75,6	75,5479	0,225	12,365	12,14	13,5863	3,58583	4,24534	2,79603	65,8611	21,7006	2,03624	0,09383	0,56605
68,4	68,3058	0,445	14,365	13,92	15,5569	3,60966	4,26473	2,89467	67,8746	21,7006	1,84105	0,08484	0,64816
64,8	64,7553	0,695	16,245	15,55	17,4025	3,58583	4,24534	3,06977	72,3092	21,7006	1,74535	0,08043	0,72505
54	53,9442	0,885	17,885	17	19,0122	3,41625	4,04039	2,79379	69,1466	21,7006	1,45396	0,067	0,79212
36	35,9628	1,115	19,405	18,29	20,4549	3,18138	3,76262	2,00386	53,2572	21,7006	0,96931	0,04467	0,85222
28,8	28,7603	1,345	20,645	19,3	21,5695	2,92617	3,45721	1,68987	48,8796	21,7006	0,77518	0,03572	0,89867
0	0	1,835	22,605	20,77	23,2124	2,00774	2,3721	0	0	21,7006	0	0	0,96711
3° Medición													
Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	ηgl	U2	cm2	φ	Ψ
[m³/h]	[m³/h]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[m _{ca}]	[kW]	[kW]	[kW]	%	[m/s]	[m/s]	-	-
100,8	100,725	-0,685	2,485	3,17	3,16531	2,30529	2,30018	0,86851	37,7583	19,0852	2,71485	0,14225	0,1705
97,2	97,0921	-0,435	4,365	4,8	4,78935	2,46519	2,45699	1,26671	51,5555	19,0852	2,61693	0,13712	0,25798
93,6	93,4961	-0,265	5,965	6,23	6,21618	2,58447	2,57588	1,5832	61,4625	19,0852	2,52	0,13204	0,33483
90	89,9001	-0,115	7,405	7,52	7,50332	2,664	2,65514	1,83752	69,2062	19,0852	2,42308	0,12696	0,40417
79,2	79,1414	0,125	9,205	9,08	9,06656	2,7425	2,73642	1,95463	71,4302	19,0852	2,1331	0,11177	0,48837
72	71,9201	0,365	10,925	10,56	10,5366	2,78328	2,77402	2,06428	74,4145	19,0852	1,93846	0,10157	0,56755
68,4	68,3241	0,595	13,005	12,41	12,3825	2,78328	2,77402	2,30462	83,0786	19,0852	1,84154	0,09649	0,66698
61,2	61,1547	0,795	14,605	13,81	13,7896	2,7425	2,73642	2,2972	83,9491	19,0852	1,6483	0,08637	0,74277
46,8	46,7654	1,015	16,125	15,11	15,0876	2,58352	2,57778	1,92205	74,5619	19,0852	1,26047	0,06604	0,8127
32,4	32,364	1,245	17,565	16,32	16,2838	2,34591	2,3381	1,43561	61,4006	19,0852	0,87231	0,04571	0,87713
25,2	25,172	1,375	18,285	16,91	16,8725	2,08746	2,08052	1,15695	55,6089	19,0852	0,67846	0,03555	0,90884
0	0	1,845	19,805	17,96	17,9202	1,55068	1,54553	0	0	19,0852	0	0	0,96527

Desarrollo.

Grafico de isorendimiento y potencia vs caudal.

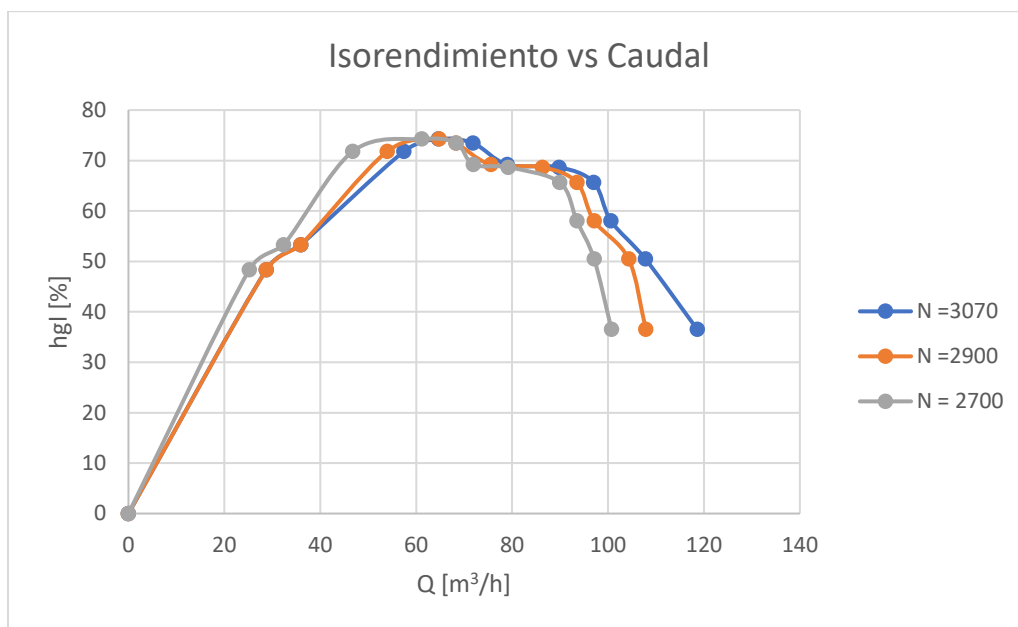


Ilustración 5: grafico isorendimiento vs caudal.

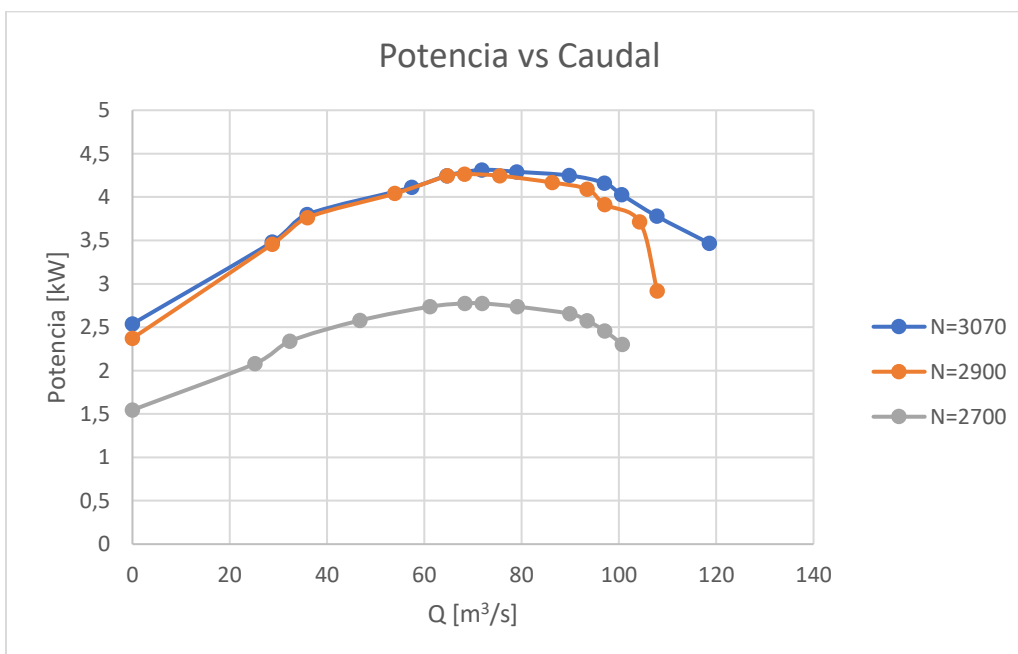


Ilustración 6: grafico de potencia vs caudal.

¿Cuáles son las condiciones óptimas de operación de esta bomba?

Las condiciones optimas se estima para los mejores valores de rendimiento, correspondiente a los datos obtenidos a 2700 *rpm* con una eficiencia del 83.95%

¿Las curvas tienen la forma esperada?

Si, cada curva hecha tiene las formas esperadas para esta experiencia. Esto corresponde a que la ejecución del ensayo, así como el análisis de datos fue correcto.

¿Cuál es la potencia máxima consumida?

La máxima potencia consumida se obtiene cuando tenemos el máximo valor calculado para la potencia en el eje. Ese valor se obtiene en el segundo dato medido a 2900 *rpm* correspondiente a 4.265 *kW*.

¿Qué tipo de curvas son?

La curva rendimiento vs Q nos muestra la curva parabólica del rendimiento según el caudal que se tiene, se puede observar que tiene un peak de rendimiento óptimo.

La curva Potencia vs Q presenta una curva creciente y decreciente tipo parabólica, que nos muestra un peak de potencia en un rango del caudal.

Gráfico de curva Ψ vs Φ .

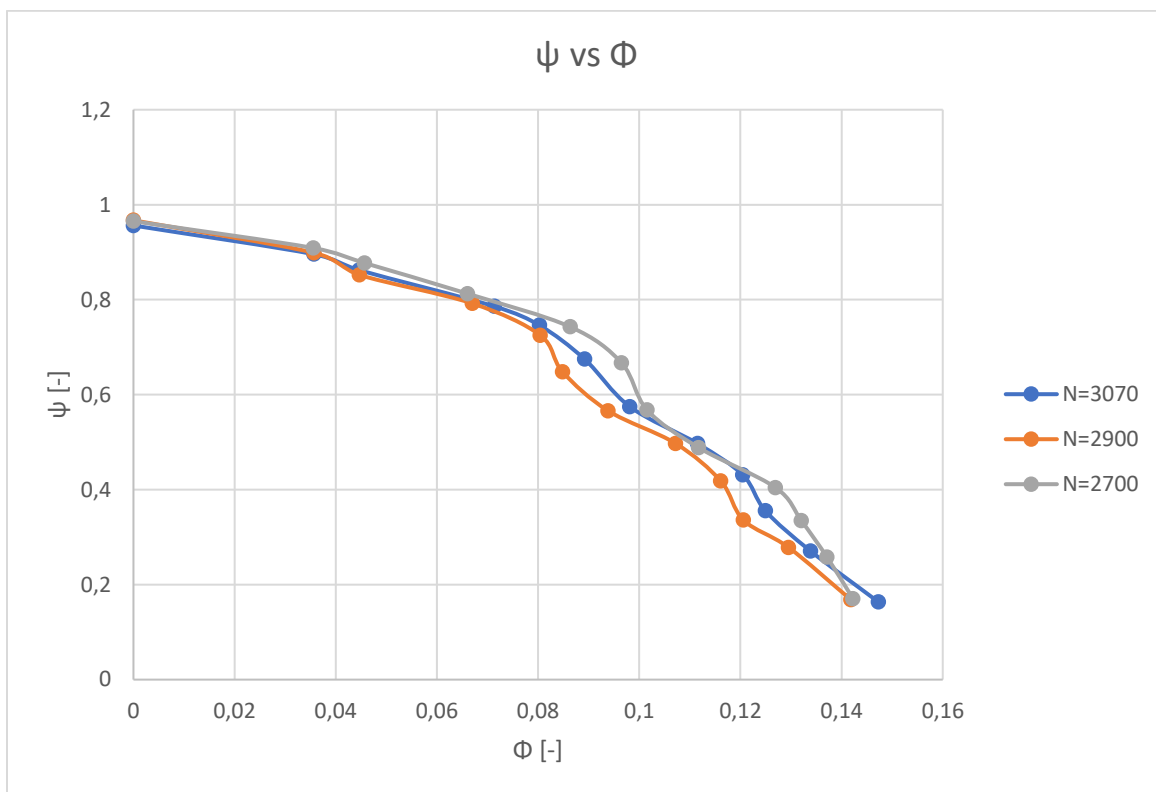


Ilustración 7: Curva de Ψ vs Φ .

¿La nube de puntos que conforman esta curva son muy dispersos?

Este grafico nos permite la comparación entre bombas geométrica y dinámicamente similares. En el ensayo se trabajo con la misma maquina por los que, aunque se cambiaban las condiciones iniciales del ensayo sigue describiendo el mismo comportamiento.

Al observar las curvas anteriores, ¿Qué tipo de bomba centrífuga es?

Justificar.

Es una bomba centrífuga de velocidad media. Esto se puede explicar gracias al grafico de la curva H vs Q del tipo descendente, es decir a bajos regímenes de caudal mayor valores de altura.

Calcular la velocidad especifica y determinar si las características constructivas y operacionales son concordantes con esa velocidad específica y su respuesta.

$$n_{SQ} = \frac{n * \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

$$\begin{aligned} n &= 2900 \text{ [rpm]} \\ Q &= 75.6 \text{ [m}^3\text{/h]} = 332.8578 \text{ [gpm]} \\ H &= 13.59 \text{ [m.ca]} = 44.5866 \text{ [ft]} \\ nSQ &= 3066.36677173 \end{aligned}$$

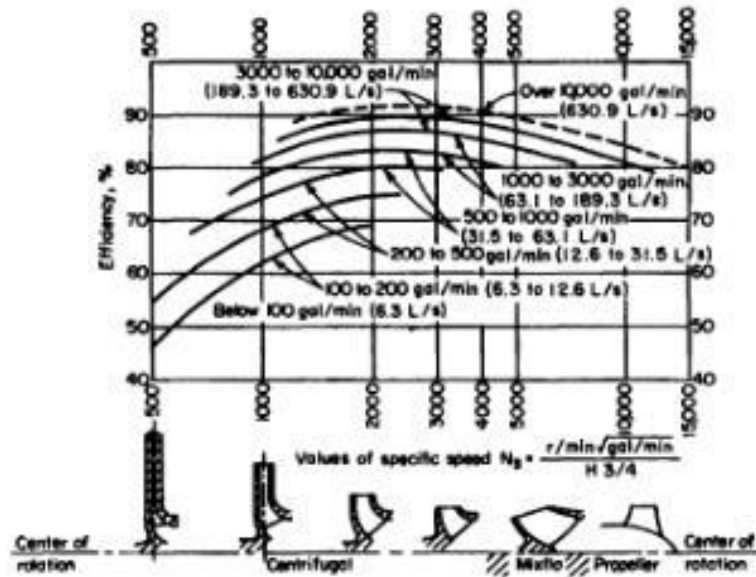


Ilustración 8: grafico eficiencia vs velocidad especifica.

De lo que podemos observar, vemos una concordancia con el grafico puesto de una bomba centrifuga por lo que podemos decir que lo dicho anteriormente es verídico.

Conclusión.

Los objetivos buscados se cumplieron en su cabalidad sin inconvenientes, se pudo observar el comportamiento de la bomba bajo distintas condiciones de funcionamiento mediante el análisis de gráficos.

Referencias.

Apuntes profesor Ramiro Mege Turbomáquinas.