



Informe 9 Laboratorio de Máquinas: Curvas bomba centrífuga.

Eduardo Suazo Campillay¹

¹Escuela de Ingeniería Mecánica

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

suazocamp@hotmail.com

14 de diciembre de 2020

Índice

1. Introducción	2
1.1. Objetivos generales.	2
2. Instalación	2
3. Desarrollo del ensayo	3
4. Formulas a emplear.	3
4.1. Tablas de valores medidos.	5
4.2. Tablas de valores calculados.	6
5. Gráficos	7
5.1. Gráfico de isorendimiento v/s caudal.	7
5.2. Gráfico potencia vs caudal.	8
5.3. Condiciones óptimas de operación de esta bomba.	8
5.4. Forma de las curvas.	8
5.5. Potencia consumida.	8
5.6. Tipo de curvas.	8
6. Gráfico ψ v/s ϕ.	9
6.1. ¿La nube de puntos que conforman esta curva son muy dispersos?	10
6.2. Al observar todas las curvas anteriores ¿Qué tipo de bomba centrífuga es? Justifíquelo	10
6.3. Calcule la velocidad específica y determine si las características constructivas y operacionales son concordantes con esa velocidad específica y su respuesta del apartado anterior.	10
7. Conclusiones	11
8.	11

1. Introducción

1.1. Objetivos generales.

Analizar el comportamiento de una bomba centrífuga.

2. Instalación

Para la realización de este ensayo, se utiliza un motor basculante para accionar una bomba del tipo centrífuga, marca Leader modelo M18, la cual aspira agua desde un estanque. El sistema posee dos válvulas; una a la salida del estanque y otra a continuación de la bomba. La primera, se mantiene siempre abierta durante la experiencia, mientras que la segunda se utiliza para estrangular el flujo. Finalmente tenemos un venturímetro, cuya función es medir el caudal, debido a que este mismo es proporcional a la caída de presión producida en la garganta.

3. Desarrollo del ensayo

4. Formulas a emplear.

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

$$Q = Q_x \cdot \left(\frac{n}{n_x}\right)$$

(1)

Presión de aspiración:

$$pax = 0,1 \cdot pax \% - 10 - \frac{cpax}{1000} [m.c.a]$$

(2)

cpax= 115 [mm] Presión de descarga:

$$pdx = 0,1 \cdot pdx \% + \frac{cpdx}{1000} [m.c.a]$$

(3)

cpdx= 165 [mm]

Altura:

$$H_x = -pax + pdx [m.c.a]$$

(4)

Altura corregida:

$$H = H_x \cdot \left(\frac{n}{n_x}\right)^2 [m.c.a]$$

(5)

Potencia en el eje de la bomba:

$$N_{ex} = 0,0007355 \cdot F_{xnx} [Kw]$$

(6)

Potencia en el eje de la bomba corregida:

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

(7)

Potencia hidráulica:

$$N_h = \gamma \cdot \frac{QH}{3600} [Kw]$$

(8)

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

Rendimiento global:

$$\eta_{SQ} = \frac{N_h}{N_e} \cdot 1000 [\%]$$

(9)

Velocidad tangencial del rodete en la descarga:

$$U_2 = \frac{\pi}{60} \cdot n \cdot D_2 [m/s]$$

(10)

Velocidad meridional de descarga:

$$C_{m2} = \frac{Q}{3600 \cdot \pi \cdot D_2 \cdot B_2} [m/s]$$

(11)

D_2 : Diámetro exterior del rodete. B_2 : Ancho exterior del rodete.

ϕ :

$$\phi = \frac{C_{m2}}{U_2} [-]$$

(12)

ψ :

$$\psi = \frac{2 \cdot g \cdot H}{U_2^2} [-]$$

(13)

4.1. Tablas de valores medidos.

Al realizar las mediciones correspondientes a las 3 velocidad de rotación estudiadas, las lecturas fueron:

	VALORES MEDIDOS									
					3070	[rpm]				
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Dhx	Fx	T	Patm
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]
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

	VALORES MEDIDOS									
					2900	[rpm]				
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Dhx	Fx	T	Patm
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]
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

	VALORES MEDIDOS									
					2700	[rpm]				
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	Dhx	Fx	T	Patm
	[rpm]	[mm]	[mm]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]
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
0	2700	115	165	2703	119,6	49,1	0	0,78	17	758,7

4.2. Tablas de valores calculados.

Mediante las formulas adjuntadas por el profesor, los resultados obtenidos son los siguientes:

n = 3070 [RPM]													
Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	hgl	U2	cm2	ϕ	ψ
[m ³ /h]	[m ³ /h]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[m/s]	[m/s]	[-]	[-]
111,6	113,56	- 0,94	2,41	3,34	3,46	2,54	2,67	0,39	14,48	20,49	1,09	0,05	0,16
106,92	108,80	- 0,73	4,25	4,98	5,16	2,71	2,85	1,56	54,62	20,49	2,93	0,14	0,24
100,80	102,61	- 0,48	6,01	6,49	6,72	2,86	3,01	1,92	63,62	20,48	2,77	0,14	0,31
93,60	95,25	- 0,26	7,93	8,18	8,47	3,03	3,19	2,24	70,24	20,49	2,57	0,13	0,40
82,80	84,29	- 0,03	9,77	9,80	10,15	3,15	3,33	2,38	71,45	20,48	2,27	0,11	0,47
77,40	78,82	0,21	11,57	11,36	11,78	3,26	3,44	2,58	74,92	20,48	2,12	0,10	0,55
74,88	76,20	0,37	13,05	12,68	13,13	3,26	3,44	2,78	80,85	20,49	2,05	0,10	0,61
67,68	68,94	0,62	15,25	14,63	15,18	3,34	3,53	2,91	82,25	20,47	1,86	0,09	0,71
46,80	47,66	0,86	17,05	16,19	16,79	3,26	3,44	2,22	64,56	20,48	1,28	0,06	0,79
31,32	31,88	1,11	18,77	17,66	18,30	3,09	3,26	1,62	49,71	20,48	0,86	0,04	0,86
12,24	12,46	1,41	20,29	18,88	19,55	2,58	2,72	0,68	24,88	20,49	0,34	0,02	0,91
0	0	2,00	21,89	19,89	20,58	1,75	1,84	0	0	20,50	0	0	0,96

n = 2900 [RPM]													
Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	hgl	U2	cm2	F	Y
[m ³ /h]	[m ³ /h]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[m/s]	[m/s]	[-]	[-]
107,28	99,78	- 0,97	2,65	3,61	3,12	2,93	2,35	0,87	36,78	20,52	2,69	0,13	0,15
104,40	97,10	- 0,72	5,25	5,97	5,16	3,14	2,53	1,39	55,16	20,52	2,62	0,13	0,24
93,60	87,05	- 0,48	6,73	7,21	6,24	3,31	2,66	1,51	56,64	20,52	2,35	0,11	0,29
84,60	78,68	- 0,24	8,73	8,97	7,76	3,46	2,78	1,70	60,94	20,52	2,12	0,10	0,36
77,04	71,65	- 0,06	10,61	10,67	9,23	3,52	2,83	1,84	64,81	20,52	1,93	0,09	0,43
72,72	67,66	0,23	12,37	12,14	10,51	3,59	2,89	1,98	68,39	20,51	1,82	0,09	0,49
70,92	65,94	0,45	14,37	13,92	12,03	3,61	2,90	2,20	75,97	20,53	1,78	0,09	0,56
62,64	58,28	0,70	16,25	15,55	13,46	3,59	2,89	2,18	75,46	20,51	1,57	0,08	0,63
36,00	33,48	0,89	17,89	17,00	14,71	3,42	2,75	1,37	49,76	20,52	0,90	0,04	0,68
30,24	28,13	1,12	19,41	18,29	15,82	3,18	2,56	1,24	48,29	20,52	0,76	0,04	0,74
11,88	11,05	1,35	20,65	19,30	16,68	2,93	2,35	0,51	21,77	20,53	0,30	0,01	0,78
0	0	1,84	22,61	20,77	17,95	2,01	1,61	0	0	20,53	0	0	0,84

n = 2700 [RPM]													
Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	hgl	U2	cm2	F	Y
[m ³ /h]	[m ³ /h]	[mca]	[mca]	[mca]	[mca]	[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[m/s]	[m/s]	[-]	[-]
101,88	92,38	- 0,69	2,49	3,17	2,61	2,31	1,72	0,67	38,92	19,10	2,49	0,13	0,14
91,80	83,21	- 0,44	4,37	4,80	3,94	2,47	1,84	0,91	49,65	19,11	2,24	0,12	0,21
84,60	76,68	- 0,26	5,97	6,23	5,12	2,58	1,92	1,09	56,65	19,11	2,07	0,11	0,27
78,12	70,81	- 0,12	7,41	7,52	6,18	2,66	1,98	1,22	61,26	19,11	1,91	0,10	0,33
74,16	67,24	0,13	9,21	9,08	7,47	2,74	2,04	1,39	68,20	19,10	1,81	0,09	0,40
71,64	64,93	0,37	10,93	10,56	8,68	2,78	2,07	1,56	75,50	19,11	1,75	0,09	0,47
64,80	58,73	0,60	13,01	12,41	10,20	2,78	2,07	1,66	80,26	19,11	1,58	0,08	0,55
41,40	37,54	0,80	14,61	13,81	11,35	2,74	2,04	1,18	57,91	19,10	1,01	0,05	0,61
32,04	29,05	1,02	16,13	15,11	12,42	2,58	1,93	1,00	52,05	19,10	0,78	0,04	0,67
28,44	25,78	1,25	17,57	16,32	13,41	2,35	1,75	0,96	54,96	19,11	0,69	0,04	0,72
10,80	9,79	1,38	18,29	16,91	13,89	2,09	1,55	0,38	24,30	19,11	0,26	0,01	0,75
0	0	1,85	19,81	17,96	14,76	1,55	1,15	0	0	19,11	0	0	0,79

5. Gráficos

5.1. Gráfico de isorendimiento v/s caudal.

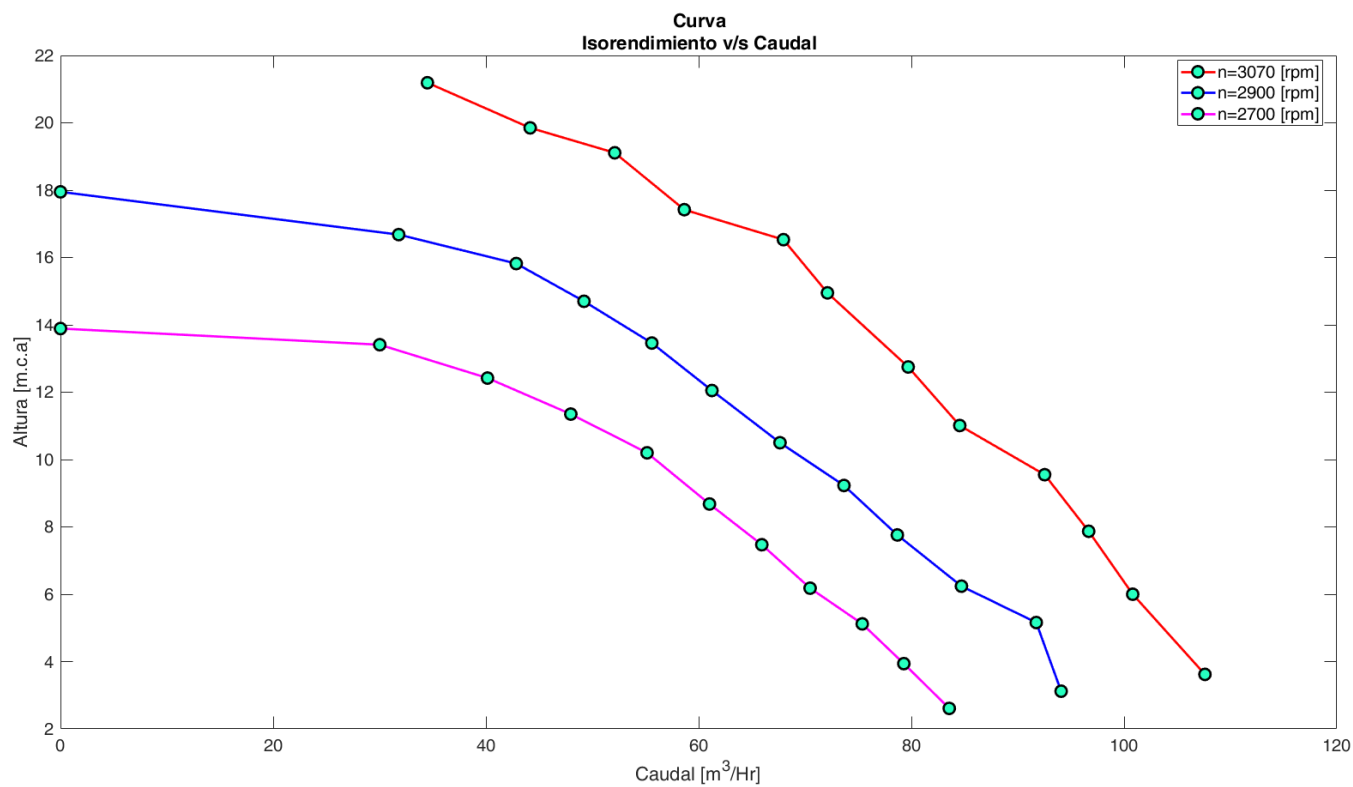


Figura 1: Isorendimiento v/s Caudal

5.2. Gráfico potencia vs caudal.

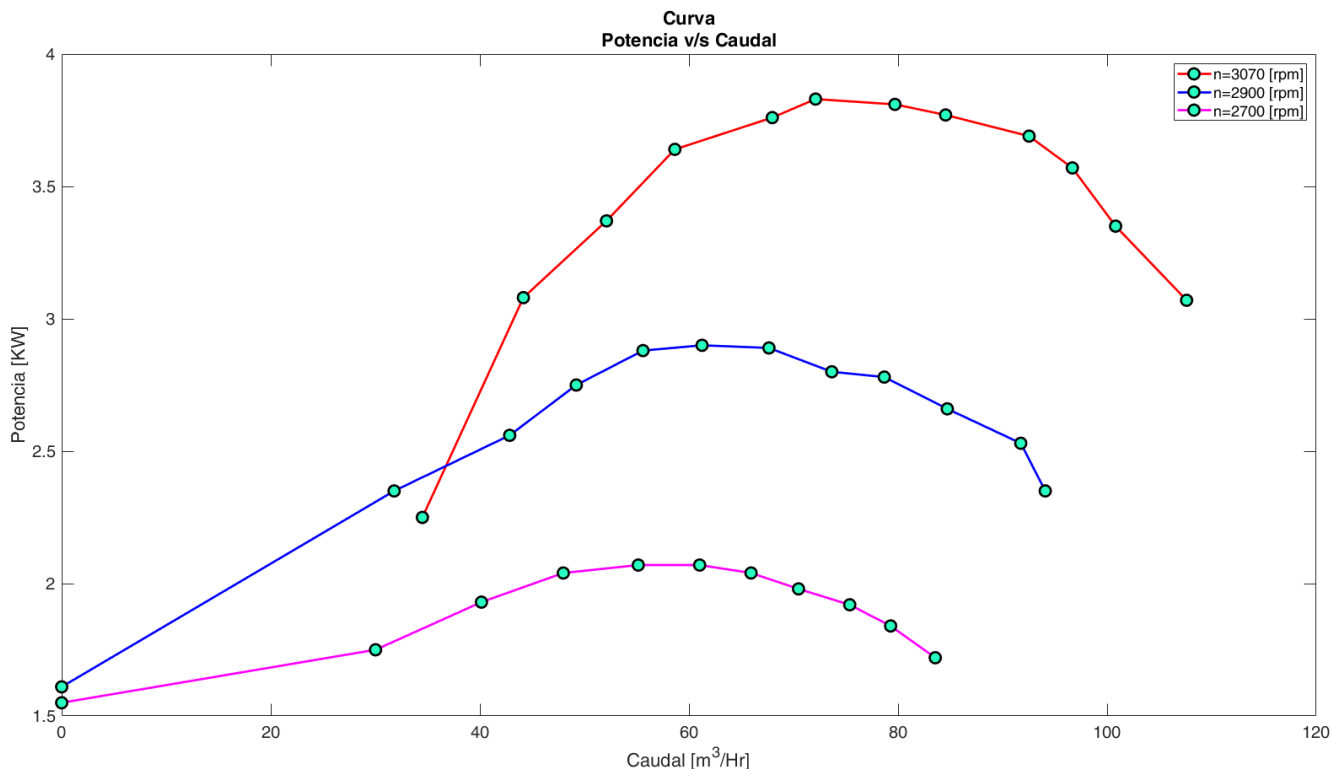


Figura 2: Potencia v/s Caudal

5.3. Condiciones óptimas de operación de esta bomba.

La condición óptima de operación se obtiene cuando la bomba alcanza el máximo valor de rendimiento global. Siendo este 82,25 % cuando su velocidad de rotación es de 3070 [rpm].

5.4. Forma de las curvas.

Si, las curvas tienen la forma esperada. Esto nos demuestra que el ensayo fue realizado de forma correcta.

5.5. Potencia consumida.

La potencia máxima que se consume es alcanzada cuando se obtiene el valor máximo calculado para la potencia en el eje. Siendo este de 3,53 [Kw] cuando su velocidad de rotación es de 3070 [rpm] y una altura de 15,18 [m.c.a]

5.6. Tipo de curvas.

En la curva H vs Q, ya que la altura aumenta mientras el caudal disminuye, y, además alcanza su valor máximo con caudal nulo, la curva es de forma ascendente. En la curva N vs Q, como se observa en los valores calculados, aproximadamente la potencia máxima se alcanza a valores de máximo rendimiento, por lo que la curva sería sin sobre carga.

6. Gráfico ψ v/s ϕ .

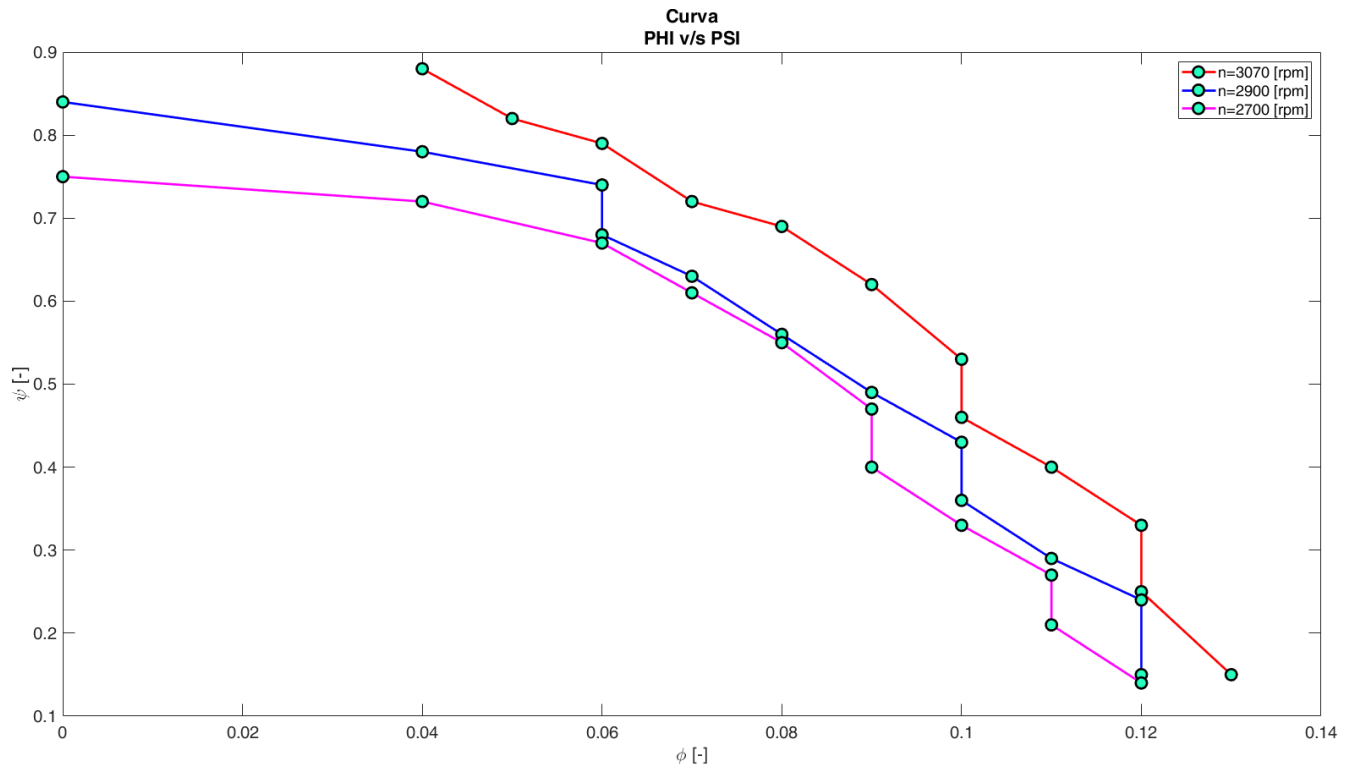


Figura 3: ψ v/s ϕ .

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

La Curva ψ v/s ϕ nos ayuda a comparar bombas que son geométrica y dinámicamente similares. Durante el ensayo, se trabajó con la misma máquina y no se variaron parámetros que influyan en esta curva, es por esto que los valores no son dispersos y tienden a describir un único comportamiento.

6.2. Al observar todas las curvas anteriores ¿Qué tipo de bomba centrífuga es? Justifíquelo

Por las curvas obtenidas, se infiere que se trata de una bomba centrífuga de media velocidad. Esto se explica ya que las curvas H v/s Q tiene forma ascendente, esto quiere decir que para bajos valores de caudal se obtendrán mayores valores de altura.

6.3. Calcule la velocidad específica y determine si las características constructivas y operacionales son concordantes con esa velocidad específica y su respuesta del apartado anterior.

La formula de la velocidad específica en el caso de nuestra bomba viene dado por:

$$\eta_{SQ} = \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

(14)

Donde:

- $n=3070$ [rpm].
- $Q=68,94$ [m³/Hr] = 303,53 [gpm].
- $H=15,18$ [m.c.a] = 49,34 [ft].
- $n_{SQ}=2873,03$

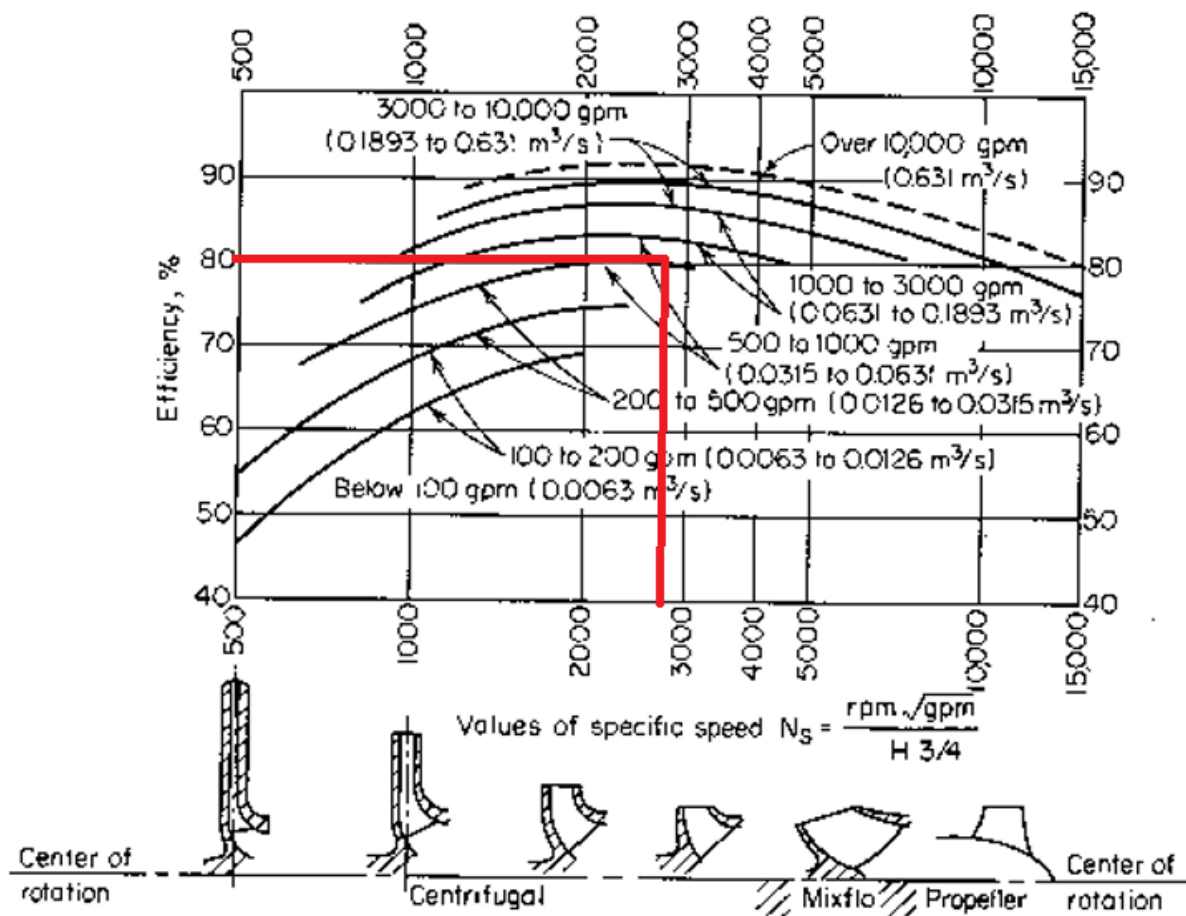


Figura 4: Grafico de bombas.

Comparamos el valor obtenido con el grafico, y se observa que tenemos una bomba centrifuga de media velocidad específica, lo que concuerda con lo mencionado anteriormente.

7. Conclusiones

Según lo mostrado en el informe, se puede asegurar que el objetivo se cumplió sin mayores inconvenientes; logramos observar, mediante el uso de gráficos, el comportamiento de la bomba bajo distintas condiciones de operación.

8.

Referencias

- [1] "Turbomáquinas- Profesor Ramiro Mege.
- [2] .Apuntes de turbomaquinas Profesora Maria Torres.