

Informe N° 9:

## Ensayo de Cavitación

Laboratorio de Máquinas (ICM 557)  
Segundo Semestre 2020

Profesores: Cristóbal Galleguillos

Tomas Herrera

Ayudante: Ignacio Ramos

Paralelo: 1

Nombre: Cristian Cárdenas

## Indice

Introducción.....	3
Metodología/Procedimientos. ....	4
Resultados. ....	5
Anexos. ....	11
Conclusión.....	14
Referencias. ....	14

## Introducción

En el presente informe se hará el estudio de una curva muy importante en las bombas: la curva de columna neta de succión positiva requerida, CNSPR o NPHSR. Mediante esta curva podremos conocer en mayor profundidad el comportamiento de las bombas.

### Objetivo.

- Determinar la curva de columna neta de succión positiva requerida CNSPR, de una bomba centrífuga.

## Metodología/Procedimientos.

Revisar y poner en marcha la instalación, con las válvulas de aspiración y descarga totalmente abiertas. Regular la velocidad a la indicada por el profesor.

Luego de inspeccionar los instrumentos y su operación, esperar un tiempo prudente para que se estabilice la operación de la bomba, estrangular, parcialmente, la descarga para situarse en un punto de la curva característica de la bomba ligeramente separada de su extremo derecho. A continuación, tome las siguientes medidas:

- $n$  velocidad de ensayo, [rpm].
- $n_x$  velocidad de la bomba, en [rpm].
- $p_{ax}\%$  presión de aspiración, en [%].
- $p_{dx}\%$  presión de descarga, en [%].
- $\Delta h_x$  caudal de la bomba, presión diferencial en el venturímetro en [mmHg].
- $F_x$  fuerza medidas en la balanza, en [kp].
- $T$  temperatura de agua en el estanque, en [°C].
- $P_{atm}$  presión atmosférica, en [mmHg].

Finalizada esta, estrangular la válvula de aspiración haciendo disminuir la presión de aspiración y el caudal en un valor indicado por el profesor. A continuación, restablecer el caudal al valor original abriendo la válvula de descarga. Y se realizan las mediciones efectuadas anteriormente.

El procedimiento se repite tantas veces como sea necesario hasta alcanzar plena cavitación.

Terminado lo anterior, se procede de igual manera para otros puntos de curva convenientemente seleccionados.

Mida los valores siguientes:

- $cp_{ax}$  altura piezométrica del manómetro de aspiración respecto del eje de la bomba, en [mm].
- $cp_{dx}$  altura piezométrica del manómetro de descarga respecto del eje de la bomba, en [mm].

## Resultados.

### Valores Medidos:

VALORES MEDIDOS 2900 (curva H vs Q)											
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	$\Delta h_x$	Fx	T	P <sub>atm</sub>	Pv
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]	[mca]
1	2900	0.115	0.165	2899	91.8	5.6	140	1.19	18	757.1	0.2108
2	2900	0.115	0.165	2899	93.8	10.2	128	1.27	18	757.1	0.2108
3	2900	0.115	0.165	2898	96.3	14.6	115	1.34	18	757.1	0.2108
4	2900	0.115	0.165	2899	98.6	19.4	101	1.42	18	757.1	0.2108
5	2900	0.115	0.165	2898	100.8	24	87	1.48	18	757.1	0.2108
6	2900	0.115	0.165	2897	103.2	28.5	74	1.53	18	757.1	0.2108
7	2900	0.115	0.165	2899	104.8	32.2	63	1.53	18	757.1	0.2108
8	2900	0.115	0.165	2896	107.3	37.7	50	1.57	18	757.1	0.2108
9	2900	0.115	0.165	2897	109.7	42.2	36	1.53	18	757.1	0.2108
10	2900	0.115	0.165	2898	112.2	46.5	22	1.45	18	757.1	0.2108
11	2900	0.115	0.165	2899	115.2	50.3	9	1.21	19	757.1	0.2244
12	2900	0.115	0.165	2900	121.1	54.3	0	0.82	19	757.1	0.2244

PUNTO 1											
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	$\Delta h_x$	Fx	T	P <sub>atm</sub>	Pv
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]	[mca]
1	2900	0.115	0.165	2908	97.4	17.6	105	1.4	16	757.1	0.18496
2	2900	0.115	0.165	2912	79.5	12.8	105	1.4	16	757.1	0.18496
3	2900	0.115	0.165	2912	63	8.6	105	1.4	16	757.1	0.18496
4	2900	0.115	0.165	2913	53.5	5.2	105	1.38	16	757.1	0.18496
5	2900	0.115	0.165	2916	50.4	5	98	1.35	16	757.1	0.18496
6	2900	0.115	0.165	2917	39.4	4.9	89	1.4	16.5	757.1	0.19176
7	2900	0.115	0.165	2916	36.2	4.7	79	1.4	17	757.1	0.1972

PUNTO 2											
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	$\Delta h_x$	Fx	T	P <sub>atm</sub>	Pv
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]	[mca]
1	2900	0.115	0.165	2917	102.3	27.8	78	1.52	17	757.1	0.1972
2	2900	0.115	0.165	2917	74	20.5	78	1.52	17	757.1	0.1972
3	2900	0.115	0.165	2917	48.4	10.6	78	1.48	17	757.1	0.1972
4	2900	0.115	0.165	2917	37.7	4.7	78	1.41	17.5	757.1	0.204
5	2900	0.115	0.165	2915	35.9	4.6	73	1.4	17.5	757.1	0.204
6	2900	0.115	0.165	2917	35.8	4.7	69	1.38	18	757.1	0.2108
7	2900	0.115	0.165	2916	36.1	4.4	64	1.35	18	757.1	0.2108

PUNTO 3											
	n	cpax	cpdx	nx	pax	pdx	$\Delta h_x$	Fx	T	P <sub>atm</sub>	Pv
	[rpm]	[m]	[m]	[rpm]	[%]	[%]	[mmHg]	[kp]	[°C]	[mmHg]	[mca]
1	2900	0.115	0.165	2916	109.8	43.8	35	1.49	18	757.1	0.2108
2	2900	0.115	0.165	2917	86.1	36.8	35	1.55	18	757.1	0.2108
3	2900	0.115	0.165	2918	26.8	4	35	1.28	18	757.1	0.2108
4	2900	0.115	0.165	2918	27.8	3.7	34	1.25	18.5	757.1	0.2176
5	2900	0.115	0.165	2917	29.3	3.6	31	1.2	18.5	757.1	0.2176

## Valores Calculados:

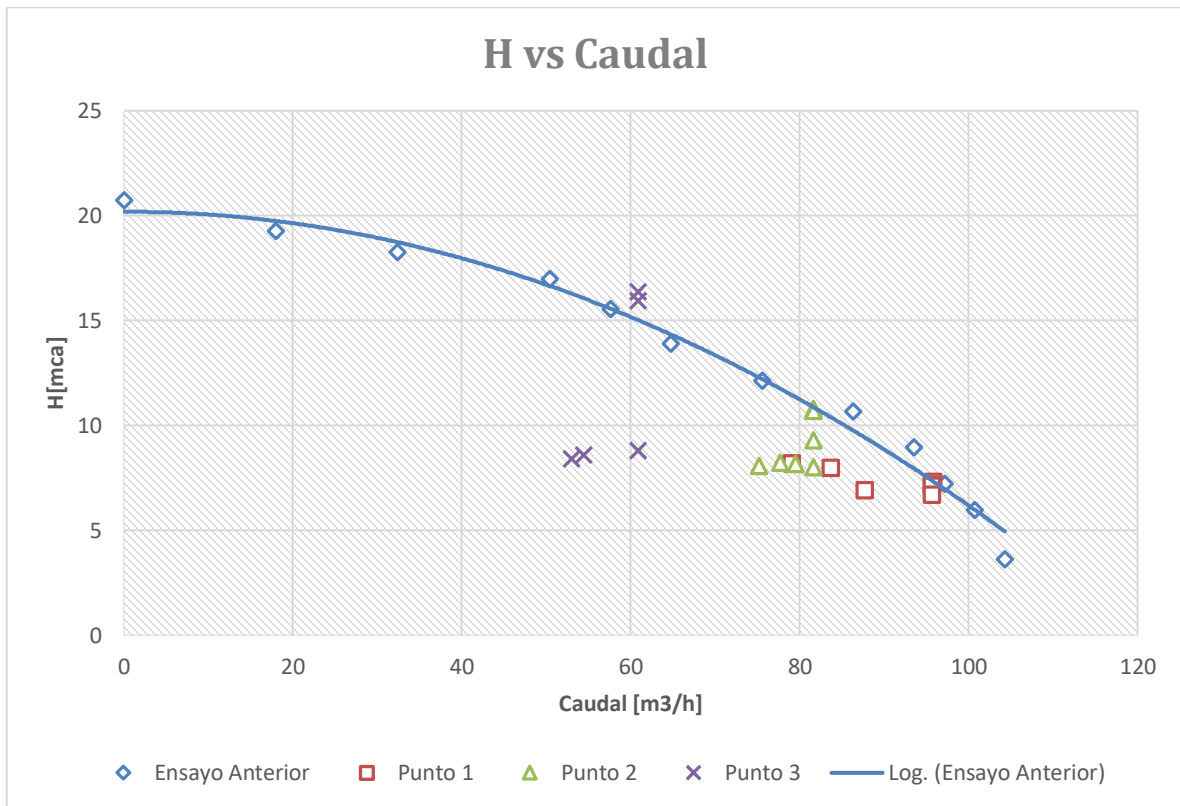
VALORES CALCULADOS 2900 (curva H vs Q)													
	Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	$\eta_{\text{el}}$	V	CNSPD	CNSPR
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[m/s]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]
1	110.1	110.138	-0.820	2.240	3.060	3.062	2.537	2.540	0.918	36.149	3.722	9.927	9.927
2	104.81	104.846	-0.620	4.080	4.700	4.704	2.708	2.711	1.342	49.524	3.543	10.060	9.927
3	100.82	100.890	-0.370	5.840	6.210	6.219	2.856	2.862	1.708	59.675	3.410	10.263	9.927
4	93.74	93.772	-0.140	7.760	7.900	7.906	3.028	3.031	2.018	66.584	3.169	10.412	9.927
5	89.68	89.742	0.080	9.600	9.520	9.533	3.155	3.161	2.329	73.676	3.033	10.589	9.927
6	81.12	81.204	0.320	11.400	11.080	11.103	3.260	3.270	2.454	75.055	2.744	10.744	9.927
7	75.3	75.326	0.480	12.880	12.400	12.409	3.262	3.266	2.544	77.916	2.546	10.851	9.927
8	66.2	66.291	0.730	15.080	14.350	14.390	3.344	3.358	2.597	77.332	2.240	11.026	9.927
9	58.33	58.390	0.970	16.880	15.910	15.943	3.260	3.270	2.534	77.494	1.973	11.209	9.927
10	43.92	43.950	1.220	18.600	17.380	17.404	3.091	3.097	2.082	67.235	1.485	11.373	9.927
11	25.85	25.859	1.520	20.120	18.600	18.613	2.580	2.583	1.310	50.733	0.874	11.586	9.927
12	0	0.000	2.110	21.720	19.610	19.610	1.749	1.749	0.000	0.000	0.000	12.137	9.927

VALORES CALCULADOS PUNTO 1													
	Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	$\eta_{\text{el}}$	V	CNSPD	CNSPR
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[m/s]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]
1	96.12	95.856	-0.260	7.040	7.300	7.260	2.994	2.970	1.894	63.793	3.239	10.341	4.038
2	96.12	95.724	-2.050	5.120	7.170	7.111	2.998	2.962	1.853	62.571	3.235	8.550	4.038
3	96.12	95.724	-3.700	3.440	7.140	7.082	2.998	2.962	1.845	62.309	3.235	6.900	4.038
4	96.12	95.691	-4.650	2.080	6.730	6.670	2.957	2.917	1.738	59.562	3.234	5.949	4.038
5	88.2	87.716	-4.960	2.000	6.960	6.884	2.895	2.848	1.644	57.718	2.964	5.554	4.038
6	84.24	83.749	-6.060	1.960	8.020	7.927	3.004	2.951	1.807	61.233	2.830	4.408	4.038
7	79.56	79.123	-6.380	1.880	8.260	8.170	3.003	2.953	1.760	59.582	2.674	4.038	4.038

VALORES CALCULADOS PUNTO 2													
	Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	$\eta_{\text{el}}$	V	CNSPD	CNSPR
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[m/s]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]
1	82.08	81.602	0.230	11.120	10.890	10.764	3.261	3.204	2.391	74.617	2.758	10.672	3.971
2	82.08	81.602	-2.600	8.200	10.800	10.675	3.261	3.204	2.371	74.000	2.758	7.842	3.971
3	82.08	81.602	-5.160	4.240	9.400	9.291	3.175	3.120	2.064	66.149	2.758	5.282	3.971
4	82.08	81.602	-6.230	1.880	8.110	8.016	3.025	2.973	1.781	59.904	2.758	4.205	3.971
5	79.92	79.509	-6.410	1.840	8.250	8.166	3.002	2.955	1.767	59.800	2.687	4.005	3.971
6	78.12	77.665	-6.420	1.880	8.300	8.204	2.961	2.909	1.734	59.618	2.625	3.971	3.971
7	75.6	75.185	-6.390	1.760	8.150	8.061	2.895	2.848	1.650	57.931	2.541	3.979	3.971

VALORES CALCULADOS PUNTO 3													
	Qx	Q	pax	pdx	Hx	H	Nex	Ne	Nh	$\eta_{\text{el}}$	V	CNSPD	CNSPR
	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sup>3</sup> /h]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[kW]	[kW]	[kW]	[-]	[m/s]	[m <sub>c.a.</sub> ]	[m <sub>c.a.</sub> ]
1	61.2	60.864	0.980	17.520	16.540	16.359	3.196	3.143	2.710	86.231	2.057	11.236	2.936
2	61.2	60.843	-1.390	14.720	16.110	15.923	3.325	3.268	2.637	80.710	2.056	8.866	2.936
3	61.2	60.822	-7.320	1.600	8.920	8.811	2.747	2.697	1.459	54.097	2.056	2.936	2.936
4	54.72	54.382	-7.220	1.480	8.700	8.593	2.683	2.633	1.272	48.309	1.838	2.986	2.936
5	53.28	52.969	-7.070	1.440	8.510	8.411	2.575	2.530	1.213	47.944	1.790	3.127	2.936

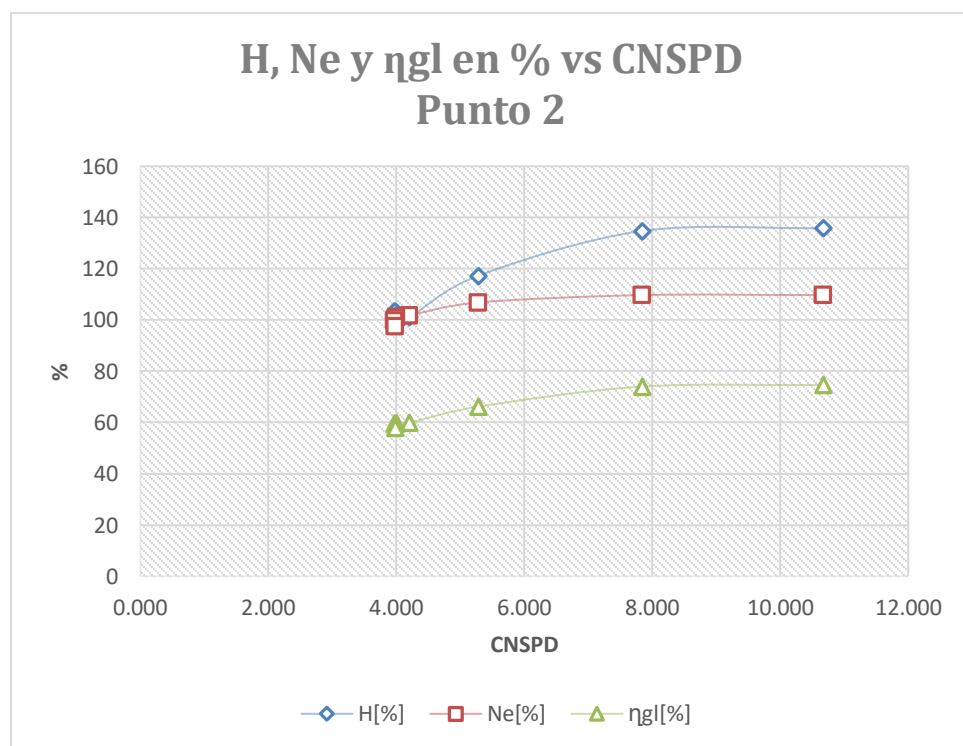
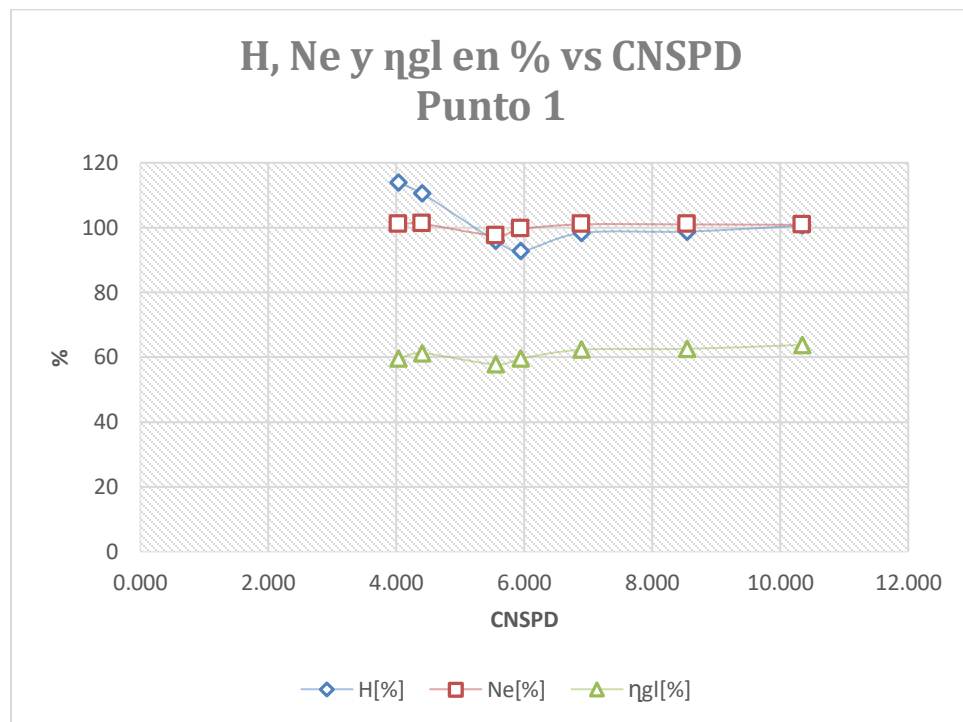
1. Con los valores del ensayo anterior, trace la curva característica de la bomba para la velocidad ensayada y sobreponga los nuevos valores de altura y caudal obtenidos.



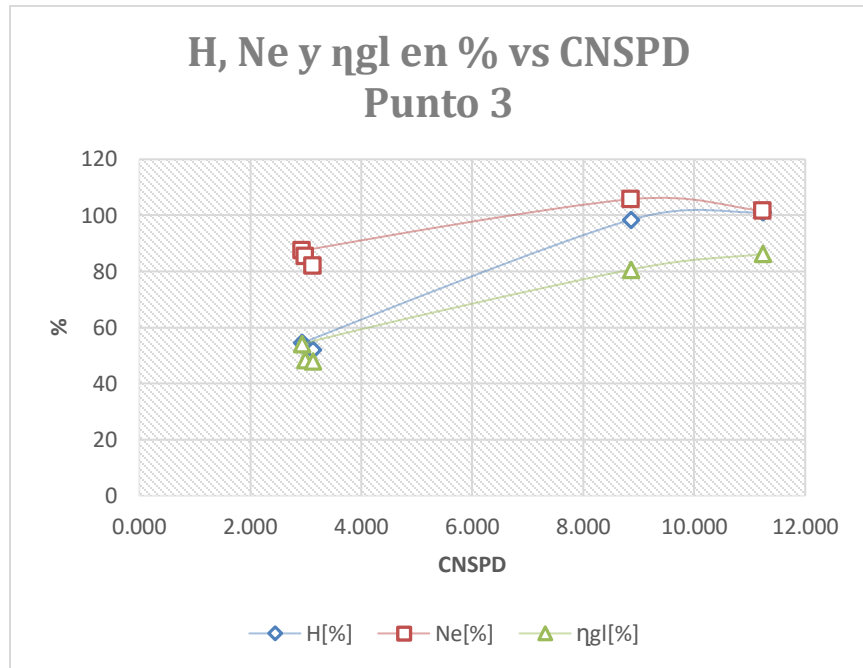
2. ¿Qué significan las desviaciones que se producen?

Estas desviaciones ocurren cuando en cierto punto se produce cavitación. La cavitación es un fenómeno que ocurre en bombas y otros equipos en que se crean burbujas debido a una baja presión, y luego les sigue una condensación repentina, causando que las burbujas exploten y provocando el fenómeno.

3. Trace tantos gráficos como series de mediciones se hayan realizado. En la ordenada H, Ne en [%] respecto al valor sin cavitación y  $\eta_{gl}$ , y en la abscisa la CNSPD.



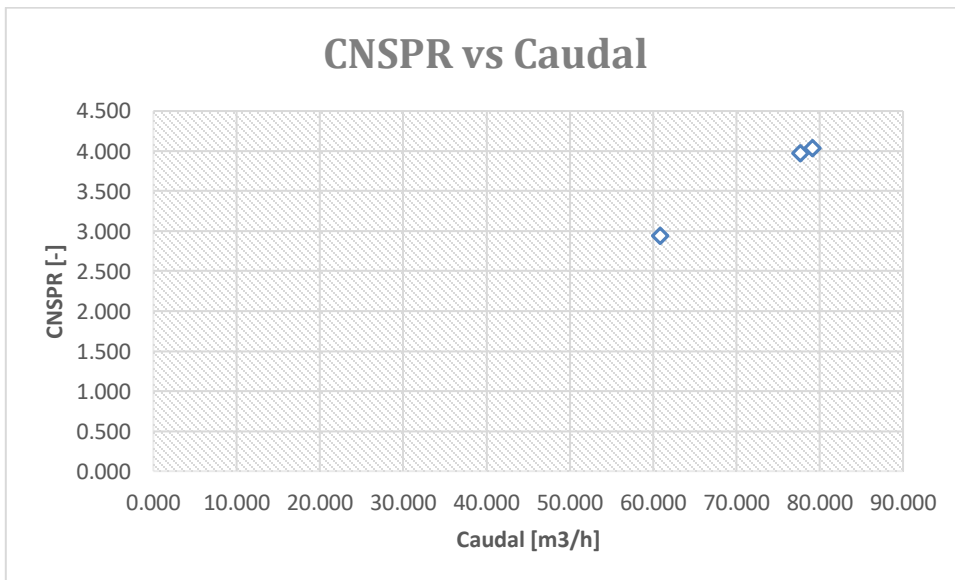




#### 4. ¿Cómo determina la CSPD crítica y qué representa?

La CSPD crítica corresponde a la columna neta de succión positiva requerida, o CNSPR. Esta se puede obtener observando las gráficas: en el punto de inflexión, es donde se encuentra la CSPD crítica.

#### 5. Grafique la CNSPR en función del caudal.



6. ¿La curva obtenida tiene la forma característica?

Si observamos la curva suministrada en el anexo referente a la NPSHr, podemos ver que los pocos puntos presentes en nuestra curva (solo 3 puntos) siguen la tendencia de ese gráfico. Por consiguiente, podríamos decir que la curva tiene la forma esperada.

7. ¿De acuerdo a la velocidad específica de esta bomba los valores de la CNSPR son apropiados?

Como pudimos ver en la experiencia anterior de bombas centrífugas, la velocidad específica de esta bomba los valores de CNSPR serían los adecuados.

## Anexos.

### FORMULAS:

Velocidad:

$$V = \frac{4Q}{3600\pi D_A^2} \quad \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$$D_A = 0,1023 \text{ [m]}$$

Columna neta de succión positiva disponible, CNSPD.

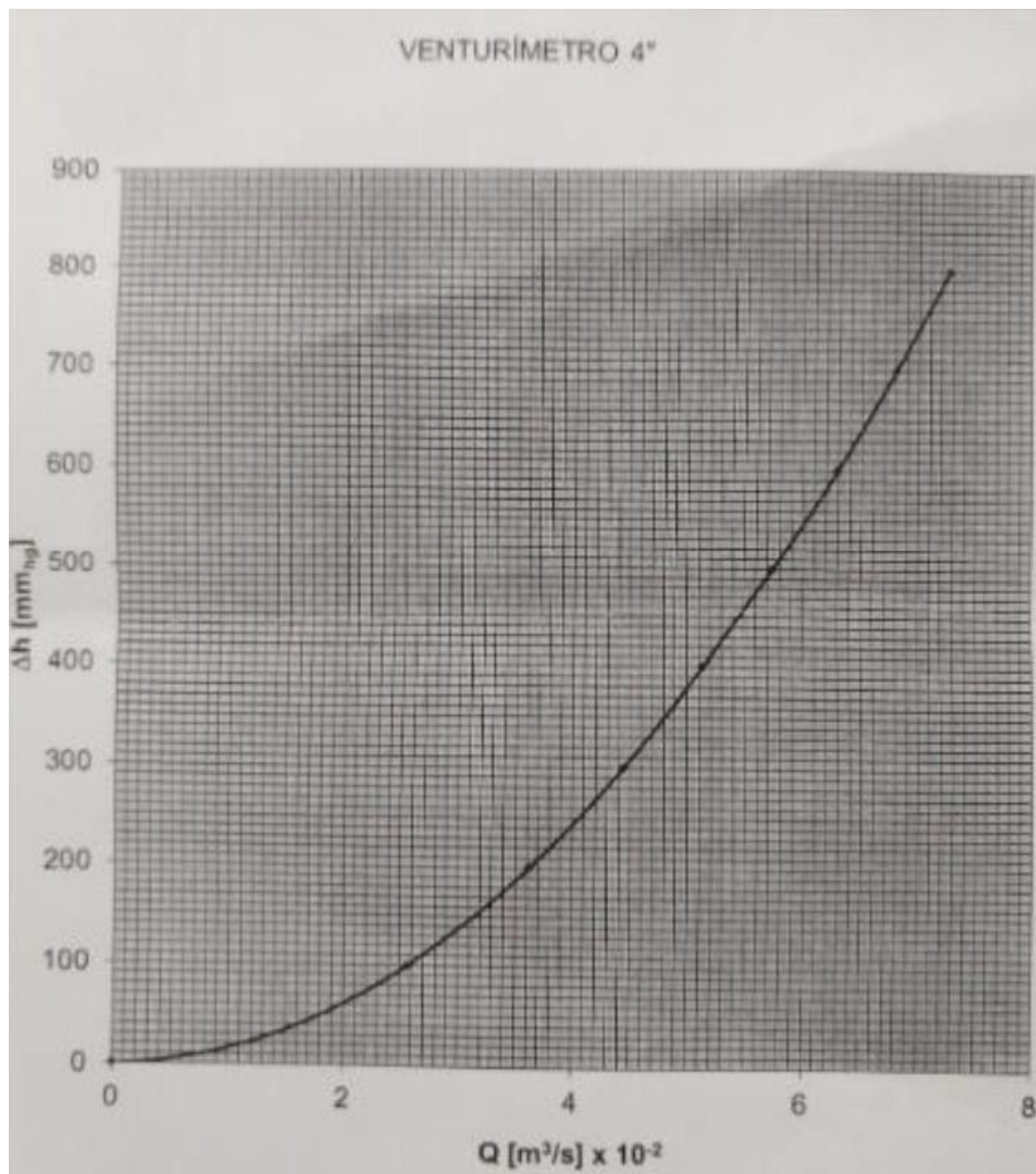
$$CNSPD = p_{ax} + \frac{13,54 P_{atm}}{1000} + \frac{V^2}{2g} - P_v \quad [m_{ca}]$$

P<sub>v</sub> = presión de vapor  
del líquido bombeado en [m<sub>ca</sub>]

Columna neta de succión positiva requerida ,CNSPR.

$$CNSPR = CNSPD_{CRITICA}$$

VENTURIMETRO PARA CALCULO DEL CAUDAL:



## CLASIFICACION DE BOMBAS SEGUN VELOCIDAD ESPECIFICA:

### CLASIFICACIÓN DE BOMBAS CENTRÍFUGAS.

Según la velocidad específica ( $N_s$ ).

Según el valor de  $N_s$ , pueden distinguirse varios tipo de bombas:

$N_s$  menor a 10. Bombas periféricas o tipo turbina.

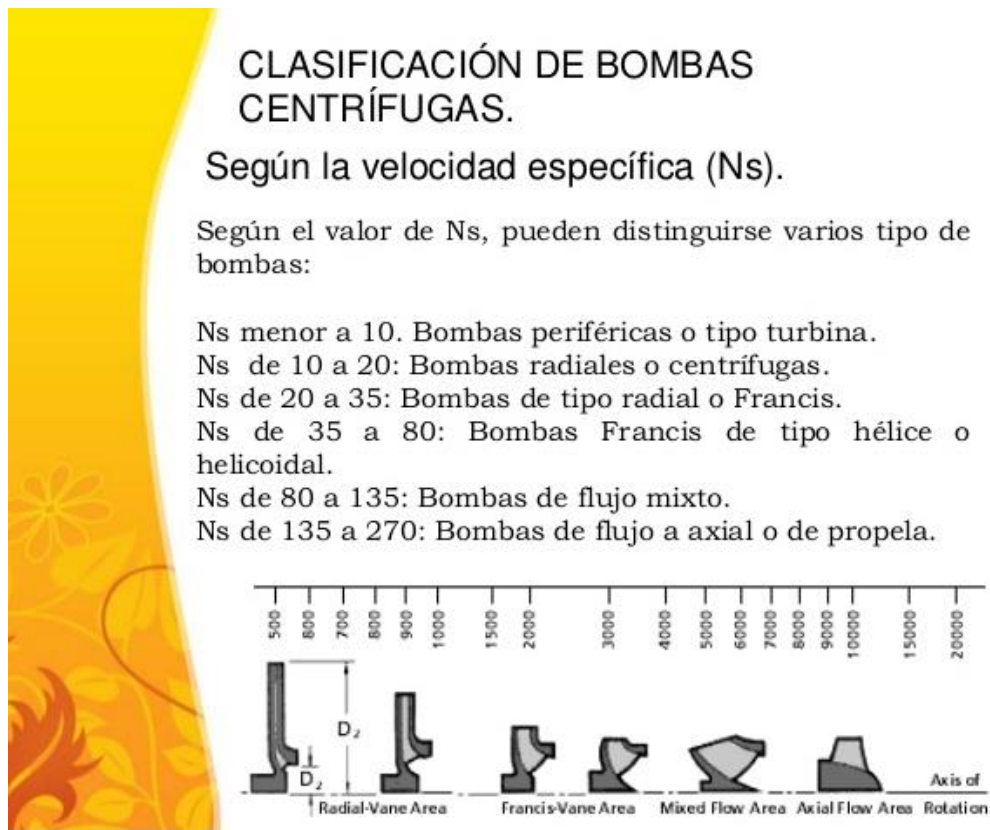
$N_s$  de 10 a 20: Bombas radiales o centrífugas.

$N_s$  de 20 a 35: Bombas de tipo radial o Francis.

$N_s$  de 35 a 80: Bombas Francis de tipo hélice o helicoidal.

$N_s$  de 80 a 135: Bombas de flujo mixto.

$N_s$  de 135 a 270: Bombas de flujo a axial o de propela.



## GRAFICA ESPERADA DE NPSHR:

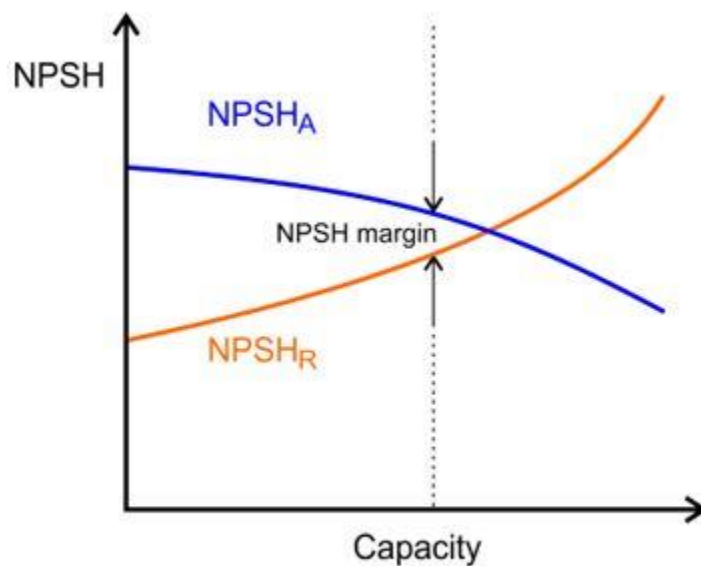


Figure 3. Variation of  $NPSH_R$  and  $NPSH_A$  with capacity (discharge flow)

## Conclusión.

Gracias a la realización de este ensayo y el anterior de bombas, se pudo hacer un estudio profundo de cómo funcionan estas máquinas.

Se debe destacar la importancia de la curva de NPSHR y cómo varía sometida a distintas condiciones de funcionamiento.

.

## Referencias.

- Valores suministrados por el profesor en Aula Virtual
- PPT en Aula Virtual, Autor Tomás Herrera.
- <https://es.slideshare.net/eylinmachuca7/presentacin-bombas-centrifugas>
- <https://www.michael-smith-engineers.co.uk/resources/useful-info/npsh>