



Sesión N°5

“Ensayo Compresor Reciproco”

Laboratorio de Máquinas ICM 557

Segundo semestre 2020

Profesores:

Cristóbal Galleguillos Ketterer

Tomás Herrera Muños

Contenido

Introducción	1
Objetivo	1
Metodología	1
Datos obtenidos en laboratorio y característicos del compresor	1
Formulas	2
Capacidad	2
Cilindrada	3
Desplazamiento	3
Rendimiento volumétrico real	3
Rendimiento volumétrico convencional	4
Rendimiento volumétrico convencional indicado	4
Presión media indicada	4
Potencia indicada	5
Corriente media	5
Potencia eléctrica	5
Caudal de agua	6
Calor transferido	6
Resultados	6
Resolución de las interrogantes	7
Conclusión	14

Introducción

El compresor es una maquina motriz que cumple la función de comprimir un fluido, este fluido comprimido puede ser utilizado para diversas aplicaciones como sistemas de aire acondicionado, elevadores neumáticos, ventilación, herramientas de minería, etc. Los compresores pueden ser clasificados a partir del método con el que logran comprimir el fluido, en este caso se mostrarán los datos obtenidos al someter a pruebas de laboratorio un compresor reciproco, finalmente a partir de estos datos calcularemos parámetros que nos permitirán identificar que el compresor se encuentra funcionando de manera correcta.

Objetivo

Analizar el comportamiento del compresor reciproco sometido a distintas condiciones de operación y resolveremos las interrogantes planteadas para nuestro laboratorio.

Metodología

Datos obtenidos en laboratorio y característicos del compresor

CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR

Diámetro CBP	170,0 [mm]
Diámetro CAP	110,0 [mm]
Carrera	130,0 [mm]
Volumen espacio muerto CBP	170,0 [cm ³]
Volumen espacio muerto CAP	94,0 [cm ³]
Velocidad nominal	600,0 [rpm]
Caudal de aire nominal	1,5 [m ³ /min]
Presión nominal	7,0 [kp/cm ²]
Volumen del estanque de acumulación	585,3 [l]

A partir de la experimentación realizada en el laboratorio se lograron extraer diferentes datos representados en la siguiente tabla.

	Compresor						Estanque de		Agua de refrigeración			Motor Eléctrico							
	Presión	Velocid	Temperatura				baja presión		Temperatura		tiempo	Tensión	Corrientes			Potencia			
	Pd	n	tec _{bp}	tseb _p	tec _{ap}	tsc _{ap}	tebp	ΔP	tea	t _{sa}	10 l	V	I1	I2	I3	W1	W2		
	[kp/cm2]	[rpm]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[°C]	[mmca]	[°C]	[°C]	[s]	[V]	[A]	[A]	[A]	[kW]	[kW]	[mmHg]	
1	7,0	499,3	23	48	27	89	39	514	18	26,5	78	375	17,2	15,9	16	6,53	3,28	760,1	
2	6,0	498,7	23	49	27	87	40	544	18,5	26,5	75	375	16,5	15,3	15,4	6,53	3,06	760,1	
3	4,9	500,8	23	49	27	77	41	532	18,5	26,5	77	376	15,2	13,9	13,8	5,73	2,7	760,1	
4	3,9	503,0	23	50	27	67	40	552	18,5	26,5	76	376	14,1	13,2	13,1	5,33	2,6	760,1	
5	2,8	503,4	24	56	27	56	39	562	18,5	26,5	76	376	13,2	12,6	12,1	5	2,4	760,1	
6	1,8	505,2	24	56	27	42	37	576	18,5	26,5	74	376	11,9	11,4	11	4,69	2,12	760,1	
7	1,0	507,0	23	54	27	31	39	584	18,5	26,5	77	376	10,4	9,9	9,5	4,1	1,64	760,1	

Formulas

Mediante la utilización de las siguientes formulas es que finalmente calcularemos los parámetros necesarios para analizar el funcionamiento de nuestro compresor reciproco.

Capacidad

Estanque de baja presión

$$V = 8,62 * \alpha * S * T_a * \sqrt{\frac{H}{T * P_a}}$$

Donde:

- V: capacidad
- α: coeficiente del diagrama (α=0.6)
- S: sección del orificio del diagrama (S=3.8[cm²])
- T_a: temperatura absoluta de aspiración del compresor [K]
- T: temperatura absoluta del estanque del estanque de baja presión [K]
- H: presión en el manómetro diferencial [cmagua]
- P_a: presión barométrica [cmagua]

Cilindrada

$$CL = \frac{1}{4} * \pi * D_{CBP}^2 * L$$

Donde:

- CL: Cilindrada [m3].
- D_{CBP} : Diámetro cilindro de baja presión [m].
- L: Carrera [m].

Desplazamiento

$$DL = CL * n$$

Donde:

- DL: Desplazamiento por minuto [m3/min].
- N: Velocidad rotacional [rpm].

Rendimiento volumétrico real

$$\eta_r = \frac{V}{60 * DI} * 100 [\%]$$

Rendimiento volumétrico convencional

$$\eta_{VC} = \left(1 - C \left(r^{\frac{1}{k}} - 1 \right) \right) * 100 \text{ [%]}$$

Donde:

- C: Porcentaje de espacio de muerto [-].

$$C = \frac{\text{Volumen espacio muerto}_{CBP}}{CI}$$

Rendimiento volumétrico convencional indicado

$$\eta_{VCI} = \frac{l_{capacidad}}{l_{CI}} * 100 \text{ [%]}$$

Presión media indicada

$$Pmi_{CXP} = \frac{A_{DICXP}}{L_{DICXP}} * K_{Resorte\ CXP}$$

Donde:

- A_{DICXP} ; Área diagrama indicado del cilindro que corresponda [cm²].
- L_{DICXP} ; Largo diagrama indicado del cilindro que corresponda [cm].
- $K_{Resorte\ CXP}$; Constante resorte indicador de diagramas del cilindro que corresponda [Kp/cm²].

Potencia indicada

$$N_{iCXP} = \frac{P_{miCXP} * A_{CXP} * L * n * 9806,65}{60 * 1000} \text{ [Kw]}$$

Donde:

- A_{CXP} ; Área del cilindro que corresponda [m²].
- L ; Carrera del compresor [m].

Corriente media

$$I = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} \text{ [A]}$$

Potencia eléctrica

$$N_{elec} = W_1 + W_2$$

Caudal de agua

$$V_{agua} = \frac{10}{\tau} * 60 \left[\frac{1}{min} \right]$$

Calor transferido

$$Q = \rho * V_{agua} * c * (t_S - t_E)$$

Donde:

- ρ : Densidad del agua [Kg/m³].
- c : Calor específico del agua [Kcal/Kg] o [J/Kg].

Resultados

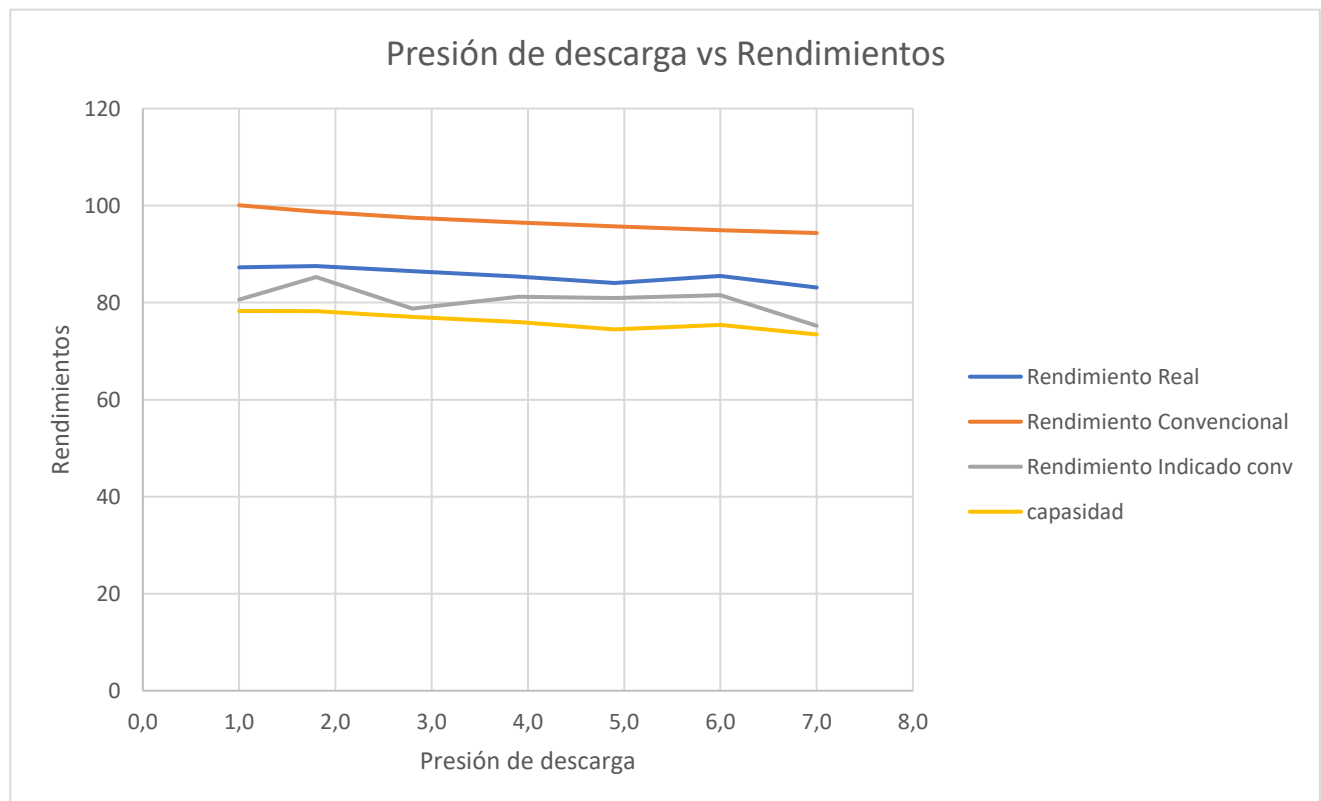
A partir de las fórmulas recién presentadas y los datos obtenidos del laboratorio, realizamos los cálculos que presentan los siguientes resultados:

						Pemi		Pi					
capacidad	CI	Desplazamiento	η_v	η_{vr}	η_{vci}	CBP	CAP	CBP	CAP	I	Nelc	Vag	Q
[m3/h]	[m3]	[m3/min]	[-]	[-]	[-]	[kp/cm2]			[Kw]	[A]	[Kw]	[L/min]	[kcal/min]
73,4	0,00294925	1,472558029	83,1207776	83,159	75,227	1,4693	2,6504	0,0907	0,1476	16,367	9,81	7,6923	65,38462
75,4	0,00294925	1,470788482	85,4780909	85,516	81,55	1,4224	2,6329	0,0849	0,1454	15,733	9,59	8	64
74,5	0,00294925	1,476981896	84,041457	88,243	80,926	1,1008	2,3872	0,0511	0,1201	14,3	8,43	7,7922	62,33766
76,0	0,00294925	1,483470235	85,3682318	90,879	81,227	0,9867	2,5073	0,0412	0,133	13,467	7,93	7,8947	63,15789
77,1	0,00294925	1,484649933	86,498642	94,016	78,75	0,6875	2,6156	0,02	0,1449	12,633	7,4	7,8947	63,15789
78,3	0,00294925	1,489958574	87,5384177	97,196	85,276	0,377	2,2978	0,006	0,1122	11,433	6,81	8,1081	64,86486
78,3	0,00294925	1,495267215	87,2545471	100,13	80,603	0,2036	2,3637	0,0018	0,1192	9,9333	5,74	7,7922	62,33766

Resolución de las interrogantes

Graficar el rendimiento volumétrico real, convencional, convencional indicado y la capacidad en función de la presión de descarga.

1)



1.1) ¿La forma de las cuervas es correcta?

Medianamente, ya que, el mayor es el del rendimiento convencional pues el pistón se ajusta sin dejar espacio libre y las válvulas no tienen lugar donde pudiera quedar aire atrapado, lo que ocasiona que el pistón barra con todo el aire que se encuentra en la cámara de compresión, por lo que se puede considerar que no hay espacio muerto. Mientras que el rendimiento indicado presenta valores inferiores al real lo cual no debería ser correcto, esto puede deberse a problemas en la calibración de la maquina que realiza los diagramas indicados, errores en la medición del área de los gráficos, etc. En el caso de los rendimientos a medida que aumenta la presión de descarga disminuyen los rendimientos producto del aumento de la temperatura del aire que provoca que este se expanda lo cual produce que la masa de aire comprimido baje con lo cual también disminuye la capacidad.

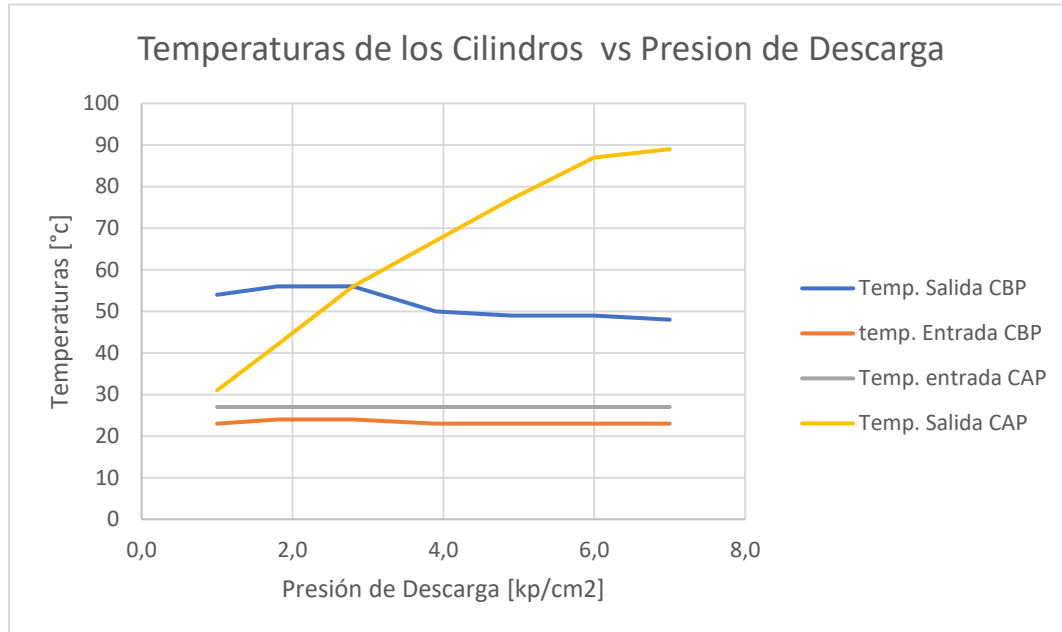
1.2) ¿los valores del rendimiento volumétrico real están en el rango que corresponde?

El rendimiento volumétrico real está variando en forma descendente por lo que mencionamos anteriormente y es que este varia directamente en proporción a la capacidad la cual está disminuyendo, lo que hace que en consecuencia este disminuya.

1.3) ¿cómo explica las diferencias entre el rendimiento volumétrico real y los otros rendimientos?

Esto es debido a que actúan variables distintas. En el rendimiento volumétrico convencional no se considera la presencia de un espacio muerto por lo tanto muestra valores de rendimiento mayores al presentado por el rendimiento real.

2) graficar la temperatura de aspiración y de descarga de cada cilindro, en función de la presión de descarga.



2.1) ¿La posición relativa de la curva es correcta?

Respecto a la CBP podemos encontrar un error debido a que de forma teórica a medida que aumente la presión la temperatura de salida debería aumentar, pero a partir de los datos medidos podemos percatarnos que esta temperatura no presenta un aumento lo que puede indicar alguna falla en el compresor de baja o un error en la toma de mediciones.

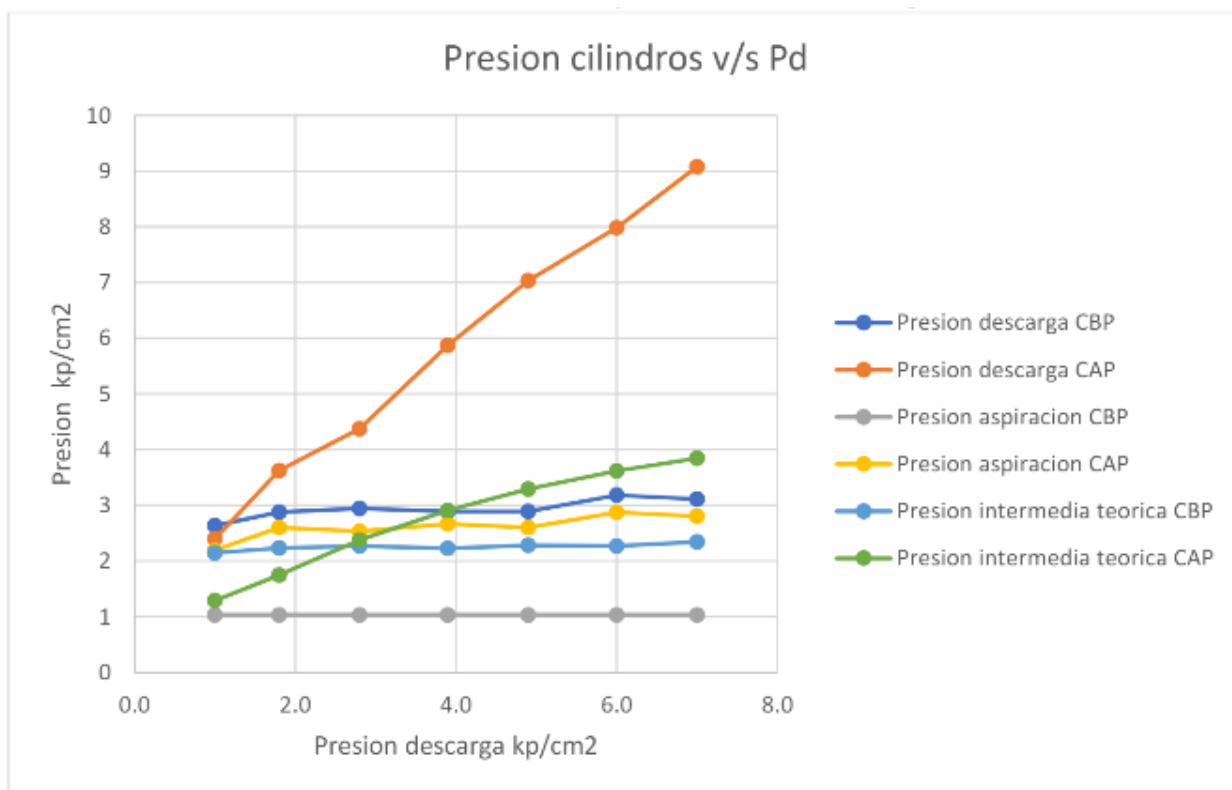
Por otro lado, haciendo referencia a la CAP podemos notar un comportamiento esperado en el que la temperatura de descarga vaya en aumento a medida que la presión de descarga presente un aumento.

Finalmente haciendo referencia a las temperaturas de entrada, en la CBP esta se mantiene “contante” debido a que este aire entra desde el ambiente, mientras que para la CAP las temperaturas de entrada son inferiores a la salida de salida de la CBP debido al enfriamiento que se aplica al fluido.

2.2) ¿los valores están en el rango que corresponde?

Para la CAP presenta valores de entrada y descarga en rangos adecuados, mostrando una temperatura de salida en aumento respecto al cambio en la presión de descarga y manteniéndose constante en la entrada por efecto del enfriamiento aplicado anteriormente. Por otro lado, la CBP presenta un comportamiento normal a la entrada debido a que extrae el aire a temperatura ambiente, mientras que en la descarga presenta un extraño comportamiento.

- 3) Grafique la presión de aspiración y descarga de cada cilindro y la presión media teórica, en función de la presión de descargas.



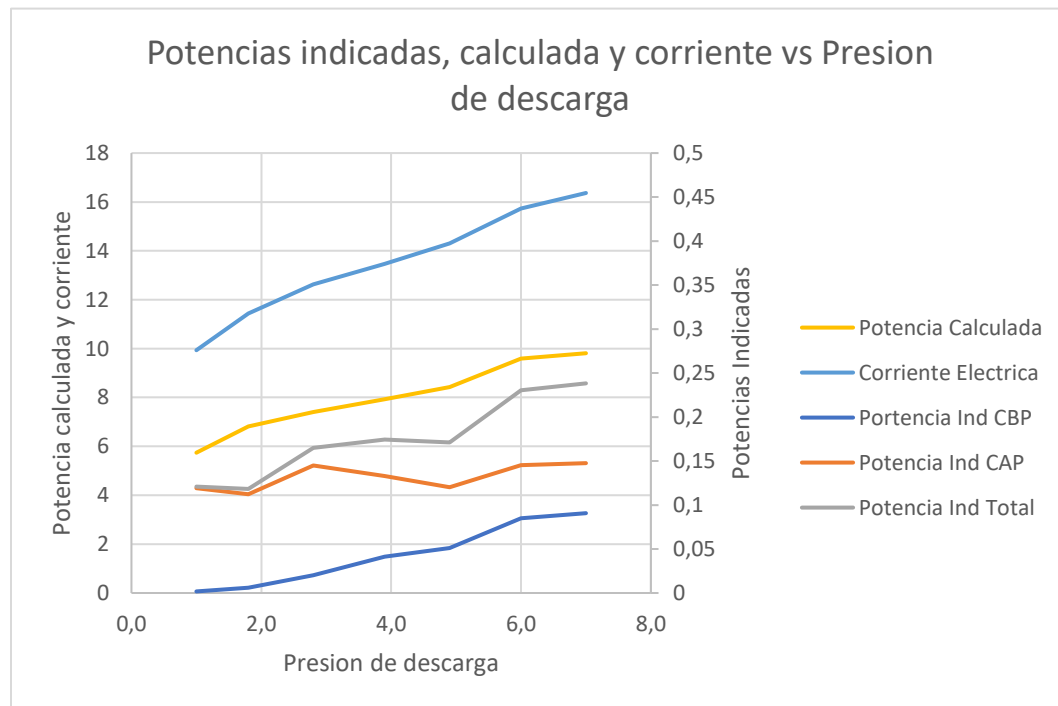
3.1) ¿La posición relativa de las curvas es correcta?

Se puede considerar que la disposición de las curvas presenta una correcta distribución, Las presiones de entrada de la CBP se mantiene constante y elevando su magnitud a partir del requerimiento de aumentar la presión de descarga, luego, debido al enfriamiento del fluido esta presión disminuye para entrar de forma constante a la CAP donde se le realiza la mayor compresión alcanzando finalmente altas presiones en la salida.

3.2) ¿los valores están en el rango que corresponde?

Podemos considerar que los valores se encuentran en rangos que se pueden considerar correctos.

4)



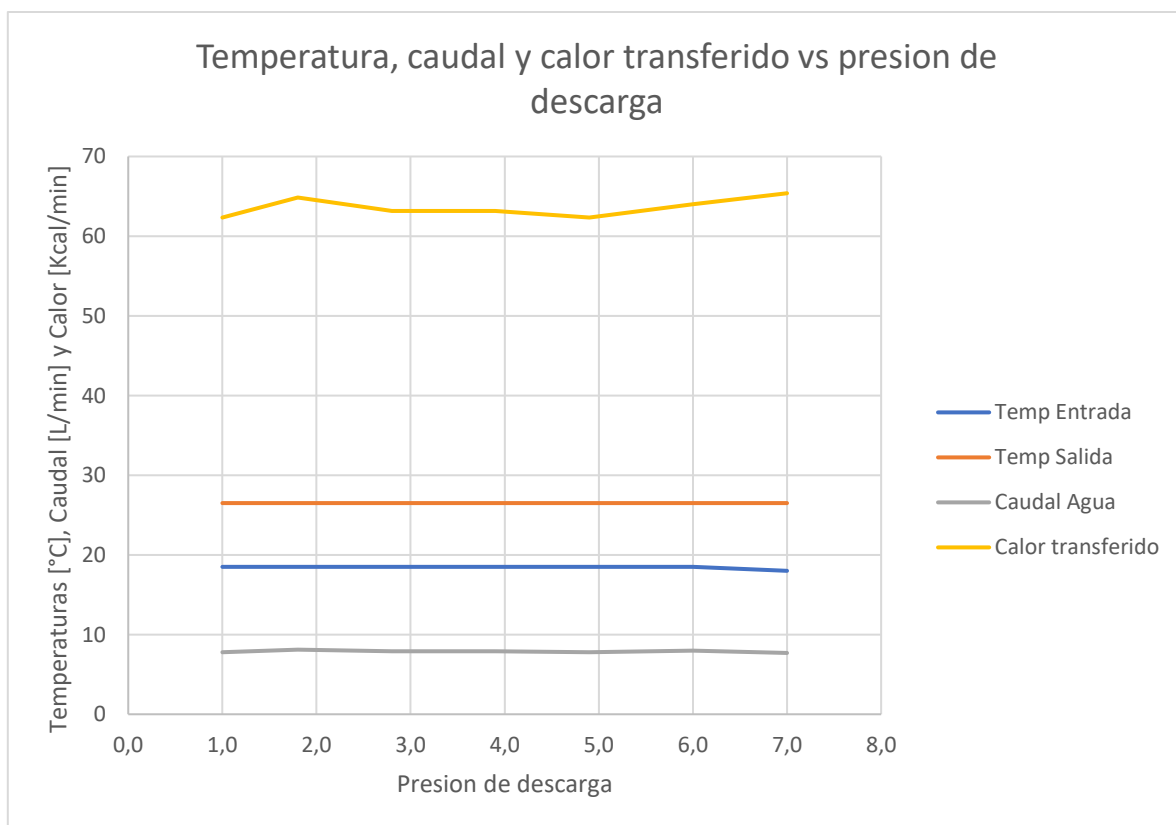
4.1) ¿La posición de las curvas es la correcta?

La posición de las curvas si es correcta debido a que a medida que aumenta la presión de descarga, se le exigen mayores potencias a lo cilindro por lo tanto presentan una forma creciente.

4.2) ¿Los valores están en rangos que corresponden?

Si se encuentran en el rango que corresponde esto se debe a que al aumentar la presión de descarga se aumenta la potencia por lo tanto la corriente también aumenta y los valores que dan son los adecuados.

5)



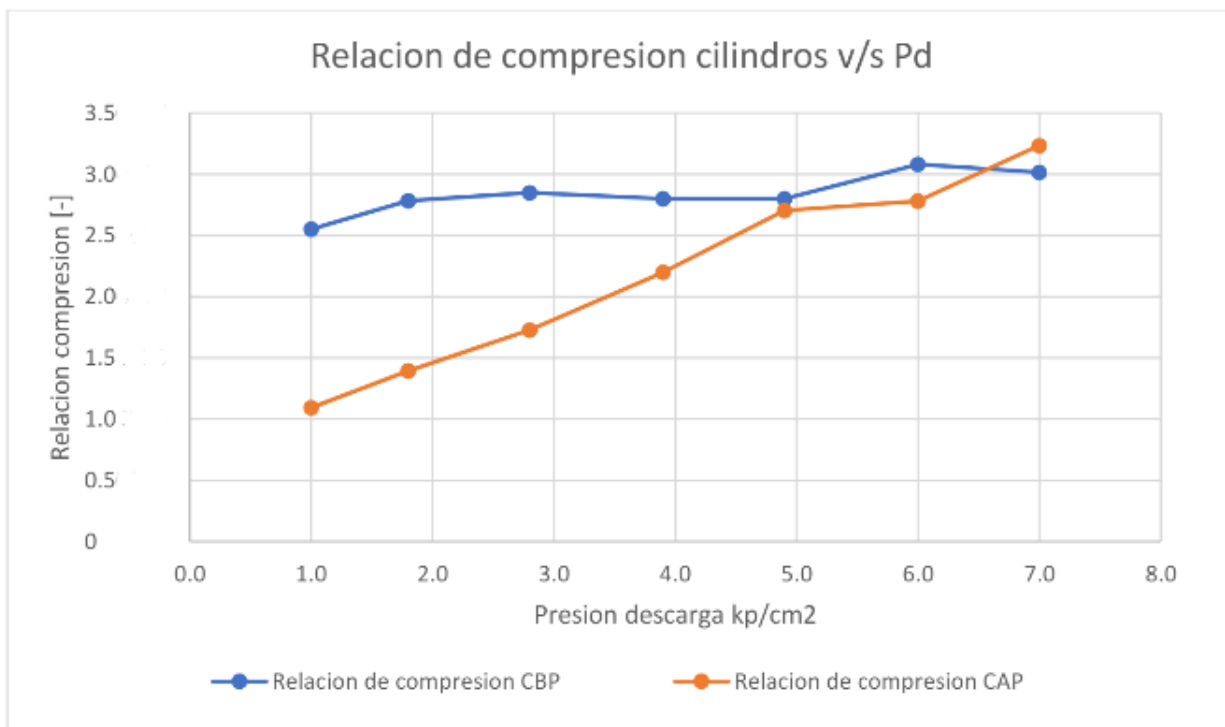
5.1) ¿La posición relativa de las curvas es correcta?

La posición de las curvas si es correcta debido a que la temperatura de entrada es constante al ser suministrada desde la red, por otro lado, encontramos que la temperatura de descarga es mayor al absorber calor del fluido comprimido en el CBP. El flujo de agua se mantiene de manera constante durante la operación y el calor transferido es relativamente constante debido a los otros parámetros.

5.2) ¿Los valores están en rangos que corresponden?

Los valores se encuentran en rangos que corresponden, ya que los valores se mantuvieron relativamente constantes.

6)



6.1) ¿La posición de las curvas es la correcta?

Es correcta debido a que cuando se presentan menores niveles de presión esta relación tiende a ser inferior tendiendo al 1 en la CAP, mientras que a mayores requerimientos de presión la relación de compresión de esta CAP aumenta para poder así llegar a la presión exigida.

6.2) ¿los valores están en rangos que corresponden?

Si, ya que, son relaciones de compresión relativamente típicas en compresores de 2 etapas, donde el de baja presión posee valores mas altos mientras que el de baja son inferiores.

Conclusión

Finalmente podemos concluir que los compresores funcionan a dos etapas debido a que así pueden alcanzar mejores rendimientos y se lograron determinar parámetros de funcionamiento de nuestro compresor a partir de los datos extraídos en laboratorio. Podemos notar un comportamiento natural de las curvas al encontrar mayores niveles de potencia requerida, temperatura de salida, relaciones de compresión, etc. al buscar una presión de descarga mas alta.

