



Informe 05: Laboratorio de Máquinas

“Comportamiento del compresor Recíproco”

Nombre: Constanza Puentes Vergara

Asignatura: Laboratorio de máquinas ICM557-3

Escuela Ingeniería Mecánica PUCV

Profesores: Cristóbal Galleguillos Ketterer

Tomás Herrera Muñoz

Ayudante: Ignacio Ramos

Fecha de entrega: 30 de Octubre del 2020

Índice

Informe 05: Laboratorio de Máquinas.....	1
“Comportamiento del compresor Recíproco”	1
Introducción.....	3
Desarrollo	4
Representación de Datos.....	4
Fórmulas	4
Tabla de valores calculados.....	8
Gráficos.....	9
Conclusiones.....	15
Anexos	16
Referencias	19

Introducción

En el presente informe, analizaremos principalmente un compresor recíproco sometido a diferentes condiciones de operación, con el fin de observar sus gráficas, hacer uso de nuestro criterio ingenieril y definir si nuestras curvas son las esperadas o no, según lo que conocemos de este tipo de compresores.

Sabemos, de los cursos anteriores, la importancia de reconocer y saber datos teóricos básicos al momento de definir variantes o presentar diferentes condiciones de operación dentro de un compresor, entonces ahora, nos toca poner en práctica lo aprendido, hacer un análisis ingenieril de los valores obtenidos, curvas y datos obtenidos de un ensayo en un compresor recíproco.

Desarrollo

A continuación, se presenta el desarrollo de las preguntas propuestas, con una opinión personal para cada una de ellas y también detalles obtenidos de fuentes confiables como catálogos y libros acerca del tema.

Representación de Datos

DATOS MEDIDOS																			
	Compresor						Estanque de baja presión		Agua de refrigeración			Motor Eléctrico							Patm.
	Presión	Vel.	Temperatura						Temperatura		tiempo	Tensión	Corrientes			Potencia			
	Pd	n	tecbp	tsebp	tecap	tecap	tebp	ΔP	tea	tse	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	

Tabla 1: Mediciones compresor recíproco

Fórmulas

- **Capacidad, Para estanque de baja presión:**

$$\dot{V} = 8,62 * \alpha * S * T_a * \sqrt{\frac{H}{T * P_a}} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

-V: Capacidad, caudal de aire libre $\left[\frac{m^3}{h}\right]$

-α = 0,600: Coeficiente de caudal del diafragma

-S: Sección del orificio del diafragma en $[cm^2]$, el diámetro del orificio es de 22 [mm]

-Ta: Temperatura absoluta de aspiración del compresor [K]

- T: Temperatura absoluta del estanque de baja presión [K]
- H: presión en el manómetro diferencial [cm_{agua}]
- Pa: presión barométrica [cm_{agua}]

- **Cilindrada:**

$$Clc = \frac{\pi * D_{CBP}^2 * L}{4} \quad \text{Ecuación (2)}$$

- Cl: Cilindrada [m^3]
- DCBP: Diámetro cilindro de baja presión [m]
- L: Carrera [m]

- **Desplazamiento:**

$$Dl = Clc * n \quad \text{Ecuación (3)}$$

- Dl: Desplazamiento por minuto [$\frac{m^3}{min}$]
- n: Velocidad rotacional [rpm]

- **Rendimiento Volumétrico Real:**

$$n_r = \frac{V}{60 * Dl} * 100 \quad \text{Ecuación (4)}$$

- **Rendimiento Volumétrico Convencional:**

$$\eta_{VC} = \left(1 - C \left(r^{\left(\frac{1}{k} \right)} - 1 \right) \right) * 100 \quad \text{Ecuación (5)}$$

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

$$C = \frac{\text{Volumen espacio Muerto}_{CBP}}{C_I} \quad \text{Ecuación (6)}$$

- **Rendimiento volumétrico convencional indicado:**

$$\eta_{VCI} = \frac{I_{\text{Capacidad}}}{I_{CI}} * 100 \quad \text{Ecuación (7)}$$

- **Presión media Indicada:**

$$P_{mi} = \frac{A_{DICXP}}{L_{DICXP}} * K_{\text{Resorte CXP}} \quad \text{Ecuación (8)}$$

- A_{DICXP} : Área Diagrama Indicado del cilindro que corresponda [cm^2]

- L_{DICXP} : Largo diagrama indicado del cilindro que corresponda [cm]

- K_{DICXP} : Constante resorte indicador de diagramas del cilindro que corresponda.

$$\left[\frac{\frac{Kp}{\text{cm}^2}}{mm} \right]$$

- **Potencia Indicada:**

$$N_{iCXP} = \frac{P_{miCXP} * A_{CXP} * L * n * 9,80665}{60 * 1000} [kW] \quad \text{Ecuación (9)}$$

- A_{CXP} : Área del cilindro que corresponda [cm^2]

-L: Carrera del compresor [m]

- **Corriente media:**

$$I = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{3} [A] \text{ Ecuación (10)}$$

- **Potencia eléctrica:**

$$N_{\text{Elec}} = W_1 + W_2 [kW] \text{ Ecuación (11)}$$

- **Caudal de agua:**

$$V_{\text{agua}} = \frac{10}{\tau} * 60 \left[\frac{l}{min} \right] \text{ Ecuación (12)}$$

- **Calor transferido:**

$$Q = \rho * V_{\text{agua}} * c * (t_s - t_E) \text{ Ecuación (13)}$$

- ρ : Densidad del agua $\left[\frac{k}{m^3} \right]$

- c : Calor específico del agua $\left[\frac{kcal}{kg * K} \right]$ o $\left[\frac{J}{kg * K} \right]$

Tabla de valores calculados

VALORES CALCULADOS PARTE 1									
	Pd	CI	DI	V	Nvr	Nvc	Nvci	PMI cbp	PMI cap
	kp/cm2	m3	m3	m3/h	%	%	%	kp/cm2	kp/cm2
1	7,0	0,00295	1,4733	73,4657	83,1077	82,3103	86,7335	1,011	2,12639
2	6,0	0,00295	1,47153	75,4585	85,4646	82,5699	80,9257	0,938	2,06525
3	4,9	0,00295	1,47773	74,5026	84,0282	85,5511	88,998	0,912	1,79466
4	3,9	0,00295	1,48422	76,0113	85,3548	85,8283	87,5936	0,932	1,49248
5	2,8	0,00295	1,4854	77,079	86,485	85,5338	87,9589	0,923	1,0082
6	1,8	0,00295	1,49071	78,2845	87,5246	85,5338	91,8173	0,856	0,65212
7	1,0	0,00295	1,49603	78,3087	87,2408	96,5456	87,3091	0,861	0,18194

Tabla 2: Valores calculados a partir de las fórmulas presentadas

VALORES CALCULADOS PARTE 2									
	A DI cbp	A DI cap	Ni CBP	Ni CAP	I	Nelec	Vagua	Q	Ni
	m2	m2	kW	kW	A	kW	L/min	kcal/min	kW
1	0,000519	0,000557	3,24374	2,19675	16,3667	9,81	7,69231	624459	5,44049
2	0,000491	0,000511	2,79022	2,07018	15,7333	9,59	8	603668	4,8604
3	0,000495	0,000447	2,65269	1,5695	14,3	8,43	7,79221	596021	4,22219
4	0,000472	0,000371	2,75477	1,07953	13,4667	7,93	7,89474	608090	3,83429
5	0,000489	0,000266	2,71224	0,49471	12,6333	7,4	7,89474	616632	3,20694
6	0,000475	0,000141	2,32575	0,20633	11,4333	6,81	8,10811	626276	2,53207
7	0,000441	0,000051	2,32099	0,01586	9,93333	5,74	7,79221	626469	2,33685

Tabla 3: Valores calculados a partir de las fórmulas presentadas, parte 2

Gráficos

- Graficar el rendimiento volumétrico real, convencional, convencional indicado y la capacidad, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.

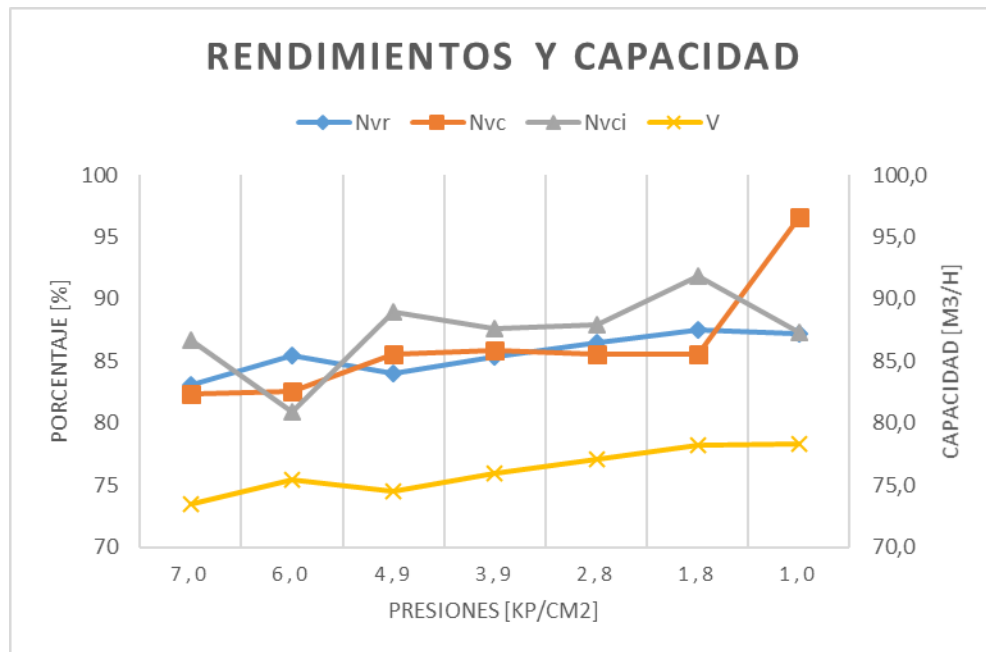


Gráfico 1: Rendimiento y capacidad vs. Presiones medidas

- ¿La forma de las curvas es la correcta?

Según el gráfico 1, para los datos medidos con los valores que obtuve mediante fórmulas y diagramas indicados, podemos decir que tienen “buena pinta”, primero destacar que a medida que se disminuye la presión de descarga, el caudal aumenta, lo cual es lo que debería ocurrir. Segundo, a medida que varía también su presión de descarga, los diferentes rendimientos tienen variaciones, no permanecen constantes, que es lo que se espera (Diferentes condiciones de operación).

- ¿Los valores del rendimiento volumétrico real están en el rango que le corresponde?

Los rendimientos volumétricos deberían rondar el 80%, lo cual están bastante acertados a lo que deberían ser por la teoría, salvo por algunos datos de los rendimientos volumétricos convencionales e indicado (Esta variación puede ser por algún dato mal medido por pdf para los diagramas indicados)

- ¿Cómo explica las diferencias entre el rendimiento volumétrico real y los otros rendimientos?

La teoría siempre nos ha dicho que el rendimiento real siempre será menor a lo que digan los otros rendimientos, debido a que es lo que sucede en el cotidiano (jamás será perfecto), si hay que destacar que si bien, esta curva (línea) no está precisamente más baja que todas las demás, debiese ser por diferencias de datos o algunos detalles medidos a priori.

- Graficar la temperatura de aspiración y descarga de cada cilindro, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.

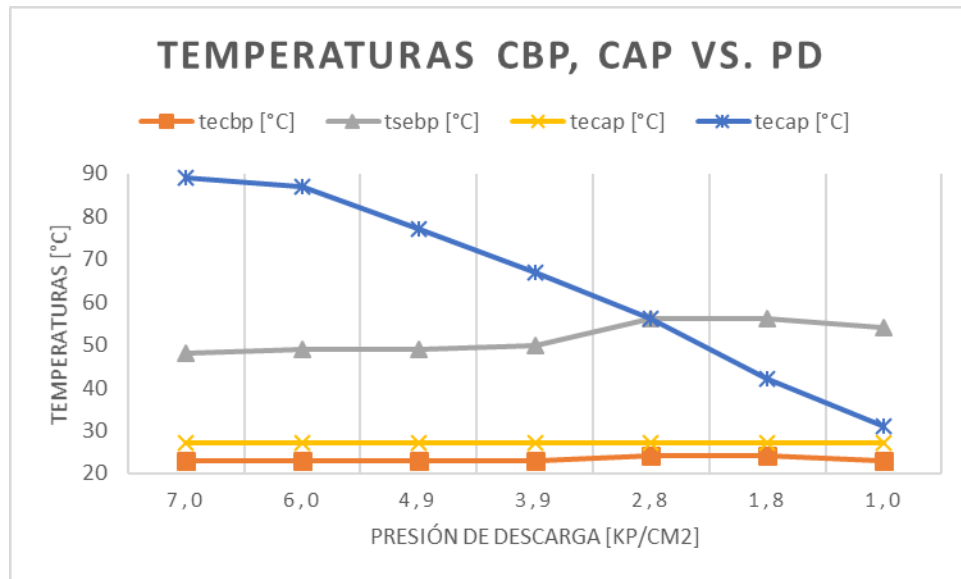


Gráfico 2: Temperaturas CBP, CAP vs. PD

- ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.

Si, puesto que, sabemos que las temperaturas de entrada, o de admisión, deben ser más bajas que las que tendremos en las descargas. Lo cual cumple el gráfico.

- ¿Los valores están en el rango que le corresponde?
Si, la de admisión debe estar cerca de la temperatura ambiente (o igual), mientras que las de descarga deben ser más elevadas.

- Graficar la presión de aspiración y descarga de cada cilindro y la presión intermedia teórica, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.

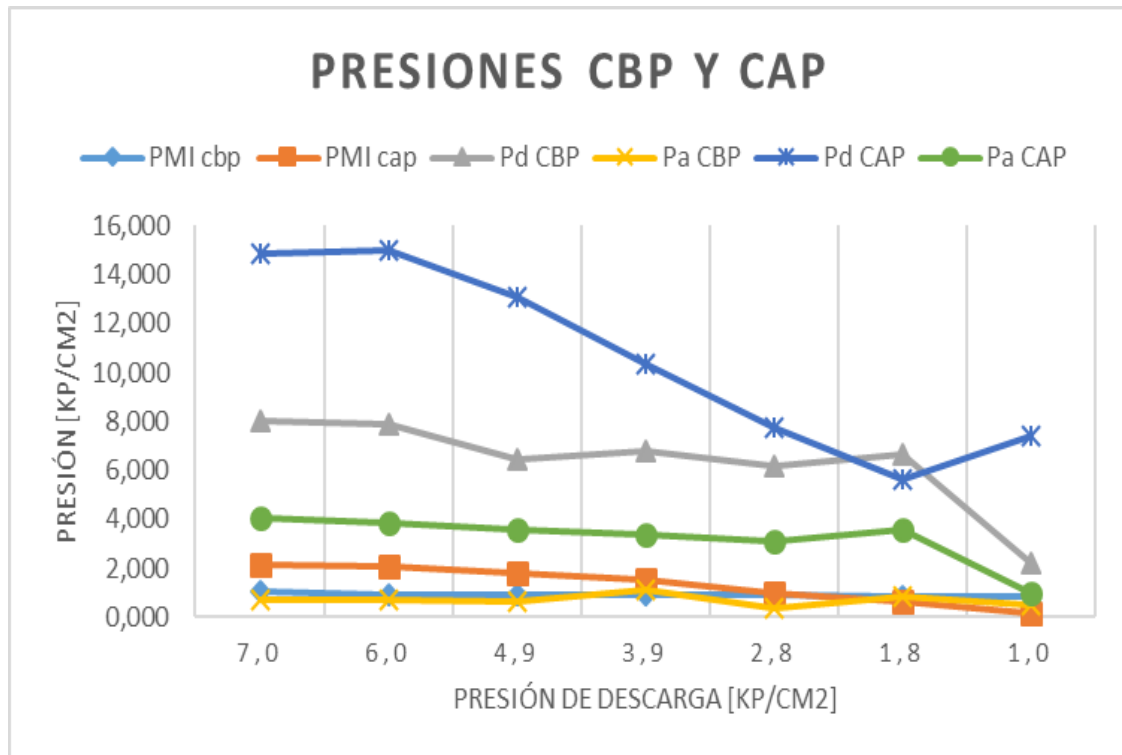


Gráfico 3: Presiones CBP y CAP

- ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.

Conocemos por nombre y sabemos por teoría que los cilindros de baja presión, trabajan a baja presión y los de alta, a elevada presión. Por lo cual, los valores presentados en las curvas no hacen más que re afirmar lo que la teoría nos dice. En cuanto a las presiones de admisión, al igual que lo que ocurre en las temperaturas, deben ser menores a las de descarga.

- ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Estimativamente, según las fórmulas empleadas y los arreglos correspondientes hechos (Escala de las mediciones del pdf de los diagramas indicados), podemos decir que si están en el rango que corresponde.

- Graficar la potencia indicada de cada cilindro y total; la potencia y la corriente eléctrica, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.

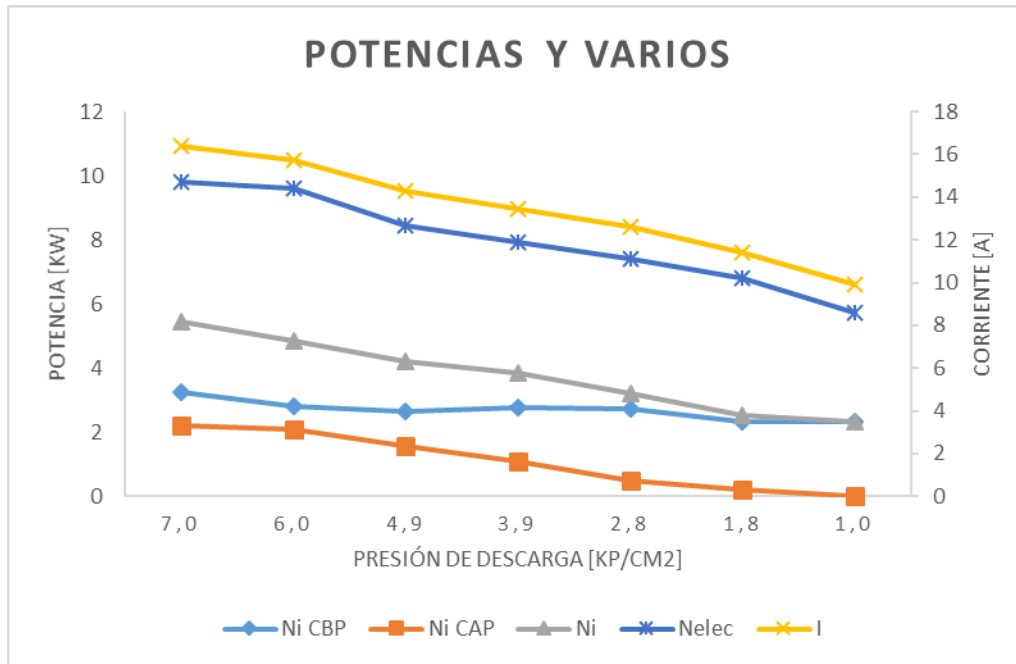


Gráfico 4: Potencia, Corriente

- ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.

Si, sabemos que a medida que las presiones de descargas aumentan, también deberían aumentar las Potencias (sucede también con la corriente media)

- ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Si

- Graficar la temperatura de entrada y salida del agua de refrigeración; el caudal de agua; el calor total de la refrigeración del compresor, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.

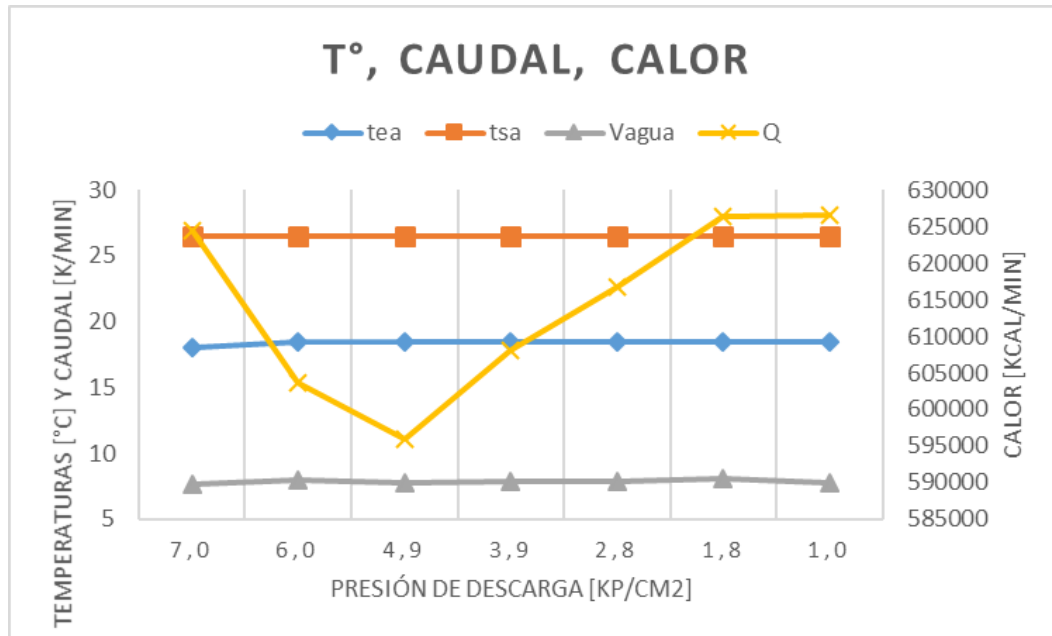


Gráfico 5: Caudal y calor

- ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.

Es correcta, El calor debe tener una caída (o elevación), aunque en el gráfico se nota bastante exagerada (Estos por los rangos que se especificaron en el gráfico) pero está en lo correcto si analizamos los datos por tabla y sus fórmulas correspondientes, pues el calor depende del caudal de agua (Y este tiene una variación si logramos ver bien en la tabla 3).

- ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Podríamos confirmar al menos los valores e la temperatura de entrada del agua, y a la vez hacer un análisis comparativo en cuanto a su temperatura de salida (Que debiese ser mayor, tal como lo mencionamos en el análisis anteriormente realizado). En cuanto a valores de caudal y calor, estos varían y dependen de varios factores para poder especificar un “rango”, pero el caudal es correcto que se mantenga constante en el tiempo, pues no existe adiconamiento de flujo en este análisis de compresor.

- Graficar la relación de compresión de cada cilindro, en función de la presión de descarga. En hoja nueva y completa.

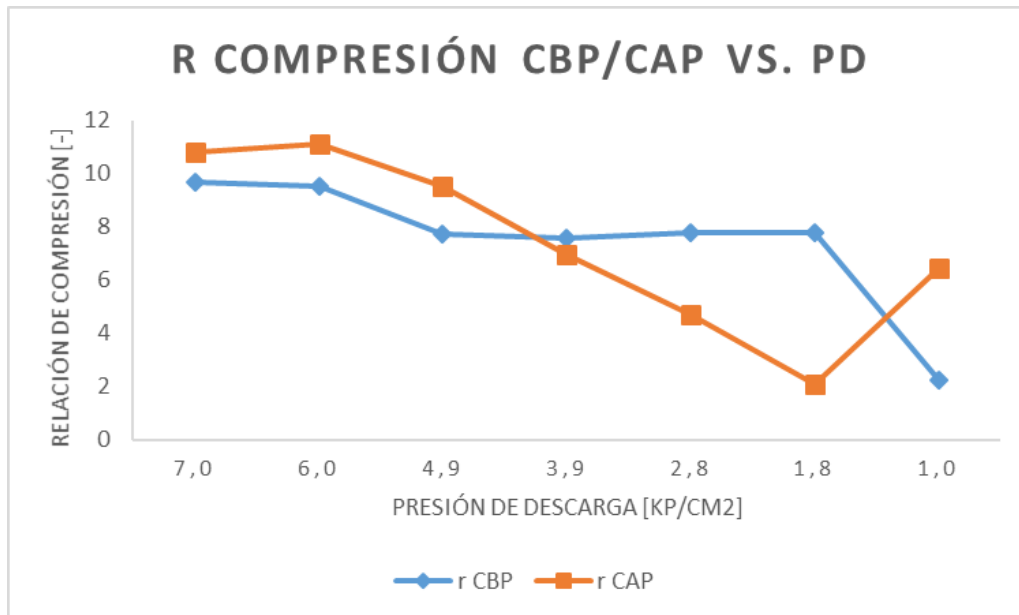


Gráfico 6: Relación de compresión para CBP y CAP

- ¿La posición relativa de las curvas es la correcta? Si es necesario explique.

Es correcta, sabemos de la teoría que las relaciones de compresión deben estar rondando normalmente entre 8-12 [-], dependiendo del compresor y otros factores, pero para este caso, deberían registrarse por esos números, lo cual está claramente representado en más de la mitad de los puntos mostrados en el gráfico, salvo los últimos puntos, que existe una relación de compresión muy pequeña, esto se debe principalmente a que la presión de descarga es muy baja, y a que en los diagramas indicados facilitados por los profesores, casi no se podía apreciar y calcular bien las presiones de admisión y de descarga para efectuar los cálculos, los cuales tuvieron que ser lo más aproximados y poco precisos, lo que claramente se ve un efecto al momento de graficar o tabular.

- ¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Si, lo respondí en la pregunta anterior, deberíamos rondar entre 8-12 para la relación de compresión, por lo que nos dice la teoría aprendida en los cursos del área de energía que hemos cursado anteriormente.

Conclusiones

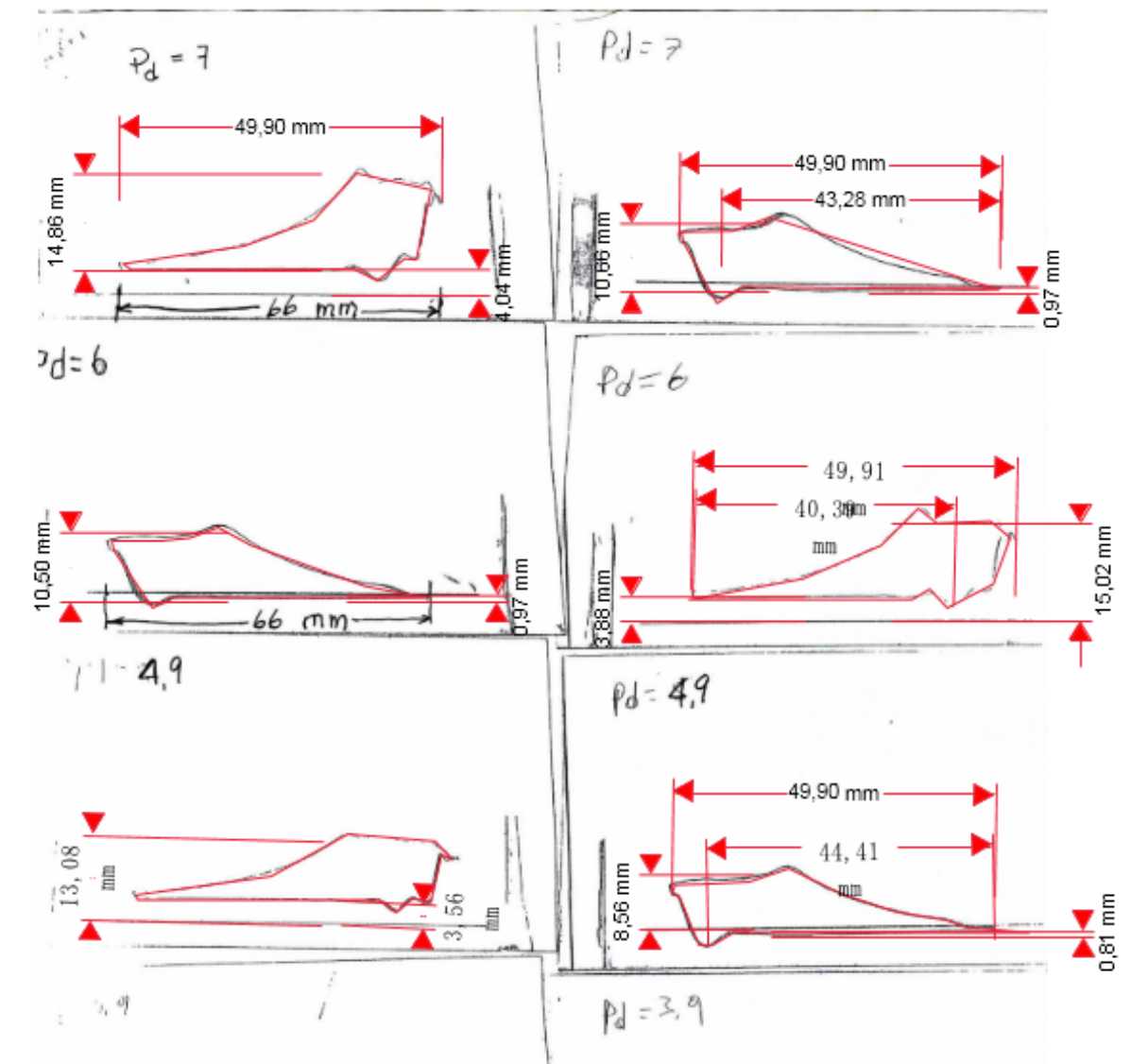
En el presente informe, hicimos uso de nuestro conocimiento otorgado en ramos anteriores, para poder realizar un análisis completo e ingenieril respecto a datos entregados por un ensayo de compresor recíproco y a la vez cálculos realizados por nosotros en base a fórmulas vistas con anterioridad.

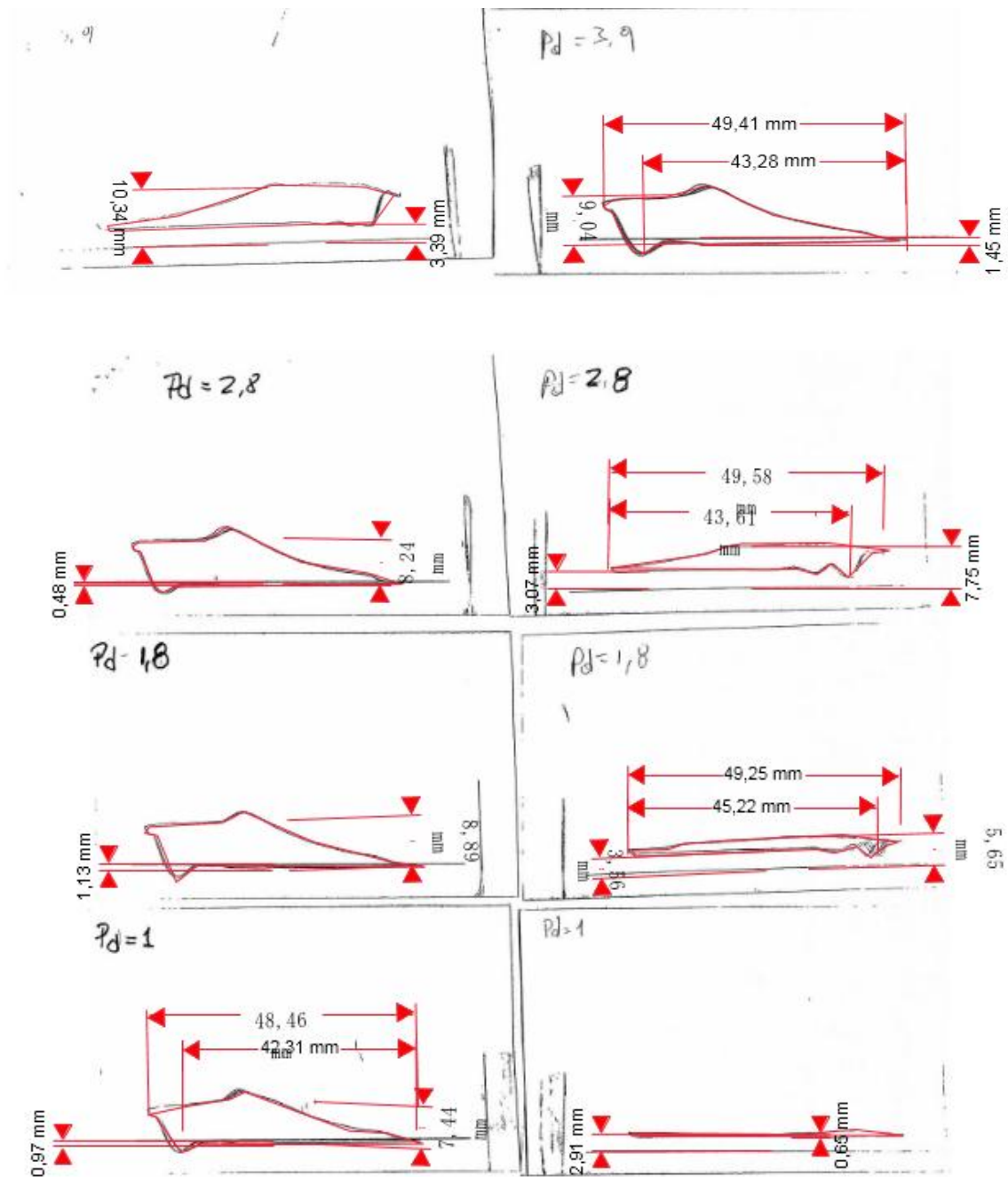
Es importante notar y entender las diferencias que nos podemos encontrar al realizar diferentes cálculos a lo largo de nuestra vida como futuros ingenieros y poder descubrir e interpretar porqué en algunos casos tenemos diferencias notables y en otros no tantos.

Anexos

DIAGRAMAS INDICADOS

Se ocupó la herramienta de "MEDIR" de PDF, para poder establecer mediciones a una escala en particular, para definir variantes de los diagramas indicados como: Largo, presiones, áreas, entre otras, para los cilindros de BAJA y ALTA presión.





A continuación, adjunto tabla que se me realizó para facilitar cálculos para los datos de las tablas 2 y 3. Según los datos obtenidos de los diagramas indicados presentados.

Rcompresión						
CBP				CAP		
Pd CBP	Pa CBP	r CBP	Escala	Pd CAP	Pa CAP	r CAP
10,66	0,97	9,69	0,86733	14,86	4,04	10,82
10,5	0,97	9,53	0,80926	15,02	3,88	11,14
8,56	0,81	7,75	0,88998	13,08	3,56	9,52
9,04	1,45	7,59	0,87594	10,34	3,39	6,95
8,24	0,48	7,76	0,87959	7,75	3,07	4,68
8,89	1,13	7,76	0,91817	5,65	3,56	2,09
2,91	0,65	2,26	0,87309	7,44	0,97	6,47

Tabla 4: Valores varios para cálculos anteriormente realizados

Referencias

[1] Apunte de Diagramas indicados, Ramiro Mege.