

Informe N°6: Laboratorio de Máquinas: Comportamiento del compresor de tornillo

Lucas Villalobos Burgos ¹

¹Escuela de Ingeniería Mecánica

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso

cristobal.galleguillos@pucv.cl

13 de noviembre de 2020

1. Introducción y Objetivos

El presente informe trae consigo el análisis de datos experimentales para un compresor de tornillo, un compresor de desplazamiento negativo, del cual se extrae diversa data que ayuda a la comprensión mas exacta de este tipo de compresor, con diversos sensores altamente fiables debido a la alta tecnología de la máquina.

Objetivo General: Reconocer las características, rangos de operación y capacidades de los compresores de tornillo, mas específicamente el compresor GA 7-37 VSD+ (desplazamiento positivo rotativo).

Objetivos Específicos: Establecer un análisis sobre las humedades, puntos de rocío, caudales y capacidades variables debido al caudal de agua existente en el proceso de compresión a partir de la data experimental, análisis de gráficos, parámetros de uso, evidenciar y entender el funcionamiento general y las distintas etapas de este compresor.

2. Desarrollo

2.1. Tabla de Valores Medidos

La siguiente tabla consta de los valores medidos por los sensores de la máquina.

P.Des	Veloc.	Temp Amb		Hum. Amb.	Temp Desc.	Punto Rocío	Temp. EBP	Pres. EBP		Corriente	Caudal	Pres Atm			P.Des Abs
P_d	n	t_{amb}		H_{amb}	t_{desc}	PRP	t_{EBP}	Δh		I	Q	P_{atm}			P_d
[bar]	[rpm]	[°C]	[K]	%	[°C]	[°C]	[°C]	[mm _{ca}]	[cm _{ca}]	[A]	[%]	[mm _{H₂O}]	[cmca]	[bar]	[bar]abs
5,5	4315	18	291,15	59,4	73	4	20	476	47,6	17	98	759,5	1033	1,01	6,512667
6	4350	19	292,15	58,9	73	4	20	484	48,4	16	100	759,5	1033	1,01	7,012667
7	4350	18	291,15	58,6	75	4	21	464	46,4	17	100	759,5	1033	1,01	8,012667
8	4176	18	291,15	58,9	76	4	21,5	406	40,6	17	100	759,5	1033	1,01	9,012667
9	3984	19	292,15	58,9	77	4	21	348	34,8	17	100	759,5	1033	1,01	10,01267

2.2. Fórmulas

2.2.1. Capacidad

La capacidad, medida en $[m^3/hr]$, depende de un coeficiente alfa (0,6 [-]), la sección (S) del orificio del diafragma en $[cm^2]$, la temperatura absoluta de aspiración del compresor (T_a) y del estanque de baja presión (T) en [K], la presión diferencial manométrica (H) y la presión barométrica (P_a) en [cmca].

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

3. Tabla de valores calculados

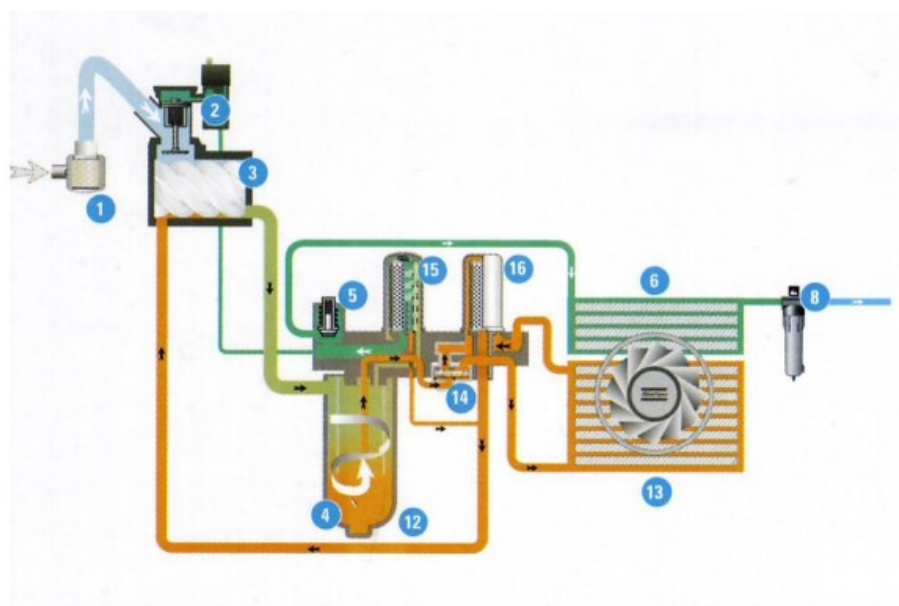
Los valores calculados se adjuntan a continuación:

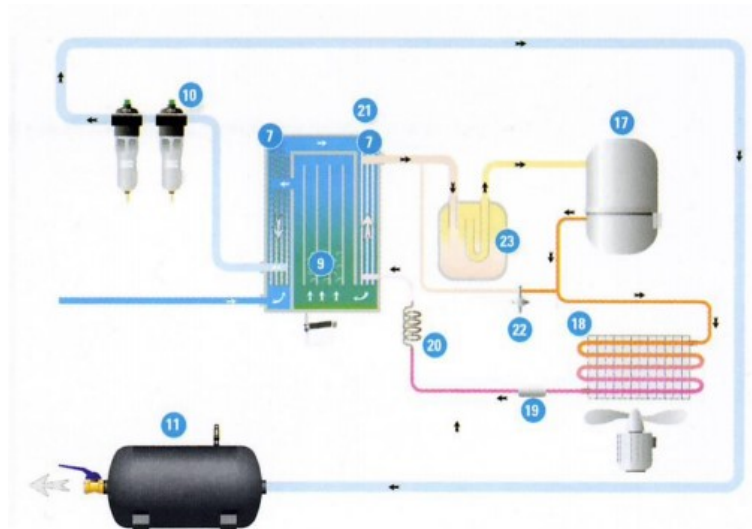
Pd Efect	Capacidad	Capac	Vel	Caudales Normalizado, Corregidos y Finales					
p_a	V	qX	n	qNxRh	qNx (Humedad)			qN	Q
[bar]	[m3/hr]	[m3/hr]	[rpm]	vs Pres y T°	F. Sup	F. Inf	q*(Fs/Fi)	vs Vel	[%]
5,5	71,757404	78,8	4350	390,8270529	0,9879167	0,9884678	390,6091	393,8	91,06
6	72,606419	78,567	4350	425,81138	0,9872041	0,9884678	425,267	425,3	92,41
7	70,726596	78,1	4350	472,8199261	0,9880794	0,9884678	472,6341	472,6	90,56
8	66,102515	70,05	4350	496,4770522	0,9880184	0,9884678	496,2513	516,9	94,36
9	61,461405	66,55	4350	510,5055285	0,9872041	0,9884678	509,8529	556,7	92,35

3.1. Descripción

Describe utilizando un esquema del compresor y su operación.

La entrada del aire es por la parte posterior de la máquina, la cual tiene un higrómetro y un sensor de temperatura en la rejilla, ingresando por el conjunto de barreras y del filtro de aire hacia la válvula que le permite el paso hacia el compresor de tornillo, circulando a través del depósito separador de aire y aceite, que en conjunto al separador de aceite y la válvula de presión mínima permiten que transite sólo aire hacia el refrigerador posterior, que tiene un separador de agua por el cual pasa el caudal de aire hacia el separador de agua con purgador, o sea un secador con intercambiador de calor, por lo que el caudal sigue su curso hacia filtros coalescentes, el cual es llevado finalmente hacia el depósito de aire.





Las siguientes enumeraciones son la lista de partes del sistema, existentes en los esquemas anteriores.

CIRCUITO DE AIRE

1. Filtro de aspiración de aire
2. Válvula de aspiración de aire
3. Elemento de compresión
4. Depósito separador de aire/aceite
5. Válvula de presión mínima
6. Refrigerador posterior
7. Intercambiador de calor aire/aire
8. Separador de agua (sólo versiones Pack)
9. Separador de agua con purgador
10. Filtros DD/PD (opcionales)
11. Depósito de aire

CIRCUITO DE ACEITE

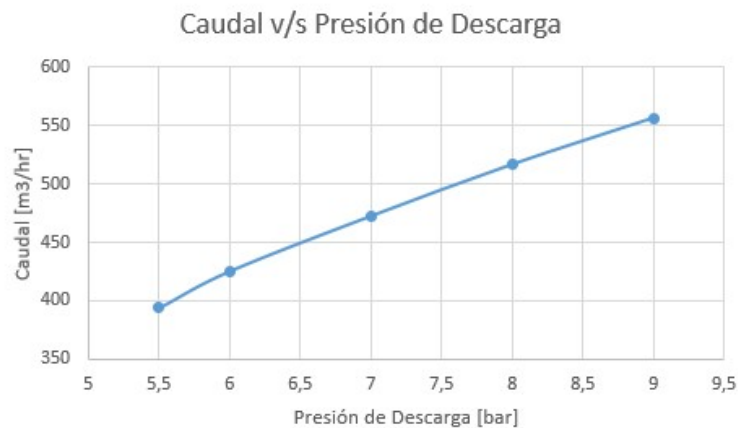
12. Aceite
13. Refrigerador de aceite
14. Válvula termostática
15. Separador de aceite
16. Filtro de aceite

CIRCUITO DE REFRIGERANTE

17. Compresor de refrigerante
18. Condensador
19. Filtro de refrigerante líquido
20. Capilar
21. Evaporador
22. Válvula de derivación de gas caliente
23. Válvula de aspiración de aire

3.2. Gráficos

Grafique el caudal corregido en función de la presión de descarga.



Compare los valores obtenidos con los que señala el fabricante.

Tipo	Presión de trabajo		Capacidad FAD* (mín.-máx.)			Potencia instalada del motor	
	bar(e)	psig	l/s	m ³ /h	cfm	kW	CV
Versión a 50/60 Hz							
GA 7VSD*	5,5	80	7,2-21,9	25,9-78,8	15,2-46,4	7,5	10
	7	102	7,0-21,7	25,2-78,1	14,8-46,0	7,5	10
	9,5	138	6,8-18,0	24,5-64,8	14,4-38,1	7,5	10
	12,5	181	7,3-14,2	26,3-51,12	15,5-30,1	7,5	10

Los valores del fabricante nos indican presiones de trabajo variadas que van desde los 5,5 hasta los 12,5 [bar], con un rango de capacidades definidas.

¿Los valores están en el rango que le corresponde?

Si, los valores están bajo el rango, el cual está establecido para los valores de caudales normales para compresores de tornillo, los cuales pueden llegar a 44000 [m³/hr en uno de alta presión, además de que cumple con las capacidades establecidas por el fabricante.

¿Qué comentario surge de lo anterior?

Como los valores están bajo el rango, se entiende que la máquina funciona bajo las prestaciones a las cuales se pensó, esto producto de las diversas eficiencias alcanzadas por el compresor y que se pueden ver mermadas o alteradas debido a las condiciones estándar o propias del sistema, en nuestro caso, no se alejan mucho de este límite que ofrece el fabricante, por lo que se entiende que funciona bajo estas capacidades entregadas, y que su ligera variación es normal o, a lo menos, esperable, al igual de esperable que el caudal aumente con la presión de descarga del fluido.

3.3. PRP

¿Que significa el punto de rocío?

El punto de rocío es la temperatura a la cual el caudal de aire se condensa, por lo que esa agua condensada puede causar obstrucciones en las tuberías, puntos de congelamiento y falla de la maquinaria.

Calcule el contenido de humedad del aire que entra y que sale del compresor.

Con los datos extraídos por cartas y tablas termodinámica, y por medio de interpolaciones, se logran los siguientes resultados:

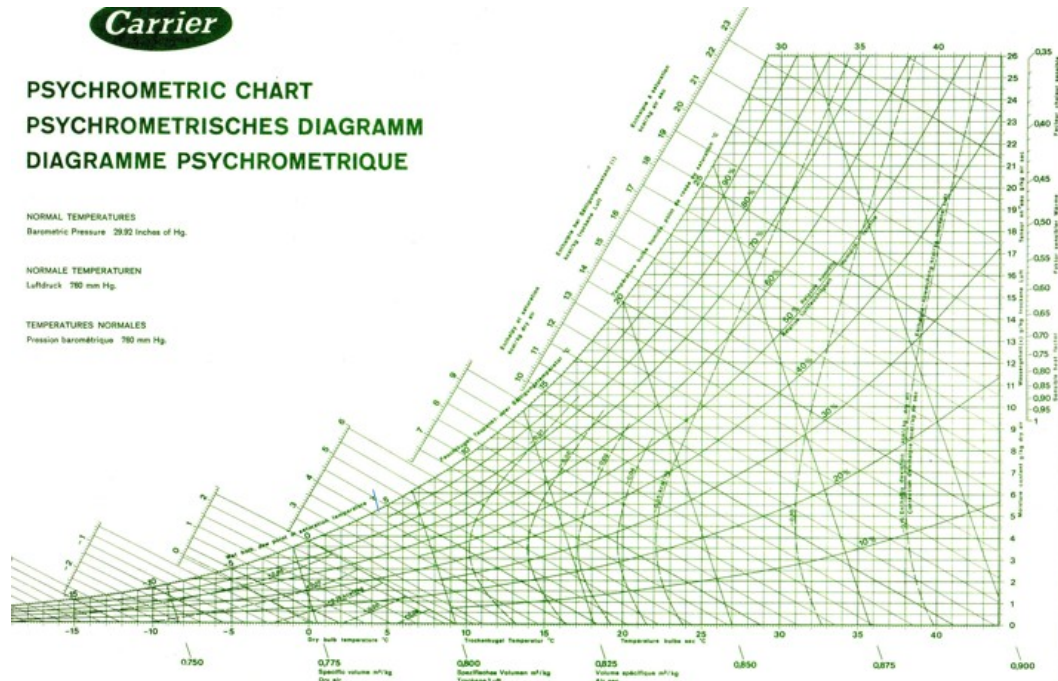
- Para la humedad que entra, el aire aspirado se asumió con un 50 % de humedad debido a que es fiel a condición estándar según la norma ANSI/AMCA 210-99 y ANSI/ASHRAE 51-99, por lo que el contenido de humedad entrante es [gr/asd].
- Para la humedad saliente, los valores de salida varían debido a las diversas humedades relativas, por lo que los valores son los siguientes:

4. Conclusión

Para el compresor de tornillo, se ha estudiado los conceptos relativos a turbomáquinas, mas específicamente los compresores de desplazamiento positivo rotativo, y que nos permitió establecer comparaciones con los valores de referencia establecidos por el fabricante, además de que su guía de uso ayuda a la completa cognición del compresor, el análisis de sus diferentes capacidades nos permite comprender el flujo que toma el caudal y las diferentes etapas por las que pasa este fluido, el cual tiene contacto tanto con aceite como con agua, algo que ya pudimos observar y analizar durante el trabajo, sumado al hecho de que se evaluó el como afecta estas mezclas a la compresión y a su posterior depósito como un volumen altamente comprimido.

5. Anexo

Carta Psicrométrica:



Datos varios como transformaciones de dimensiones, para la facilitación del cálculo:

Temp	Punto	Temp.	Raiz
Desc.	Rocio	EBP	Capacidad V
t_{desc}	PRP	t_{EBP}	$(H/T \cdot Pa)^{1/2}$
[K]	[K]	[K]	[-]
346,15	277,15	293,15	0,012535919
346,15	277,15	293,15	0,012640824
348,15	277,15	294,15	0,012355838
349,15	277,15	294,65	0,011548017
350,15	277,15	294,15	0,01070047

Valores obtenidos por medio de la interpolación de las diversas cartas psicrométricas, además de valores calculados a través de las indicaciones de las presentaciones de Aire Húmedo y de Compresor de Tornillo:

Entalpia	Hum. Amb	Masa agua	Masa	Densidad	Valor	Vol	Densidad	Masa Agua	Agua	Presión
h	Masa agua	Saturada	Gráfico		Humedad	Especifico	Corregida	Corregida	Retirada del	Saturación
[kcal/kgas]	[gra/kgas]	[gra/kgas]	[grvw/mas3]	[kg/m3]	[grw/kgas]	[m3/kgas]	[kg/m3]	[grvw/kgas]	[grw/kgas]	[bar]
8,9	7,66	12,895623	0,96	8,18	0,11735941	0,122206457	8,18287369	0,1173182	7,5426818	0,0206
9	8,13	13,803056	0,9	8,81	0,10215664	0,113490418	8,8113166	0,10214138	8,02785862	0,022
8,6	7,56	12,901024	0,85	10,07	0,08440914	0,099323708	10,0680897	0,08442515	7,47557485	0,0206
8,6	7,6	12,903226	0,75	11,35	0,0660793	0,088300649	11,3249451	0,06622549	7,53377451	0,0206
8,8	8,13	13,803056	0,63	12,58	0,05007949	0,07947971	12,5818275	0,05007222	8,07992778	0,022

Referencias

- [1] Compresores y ventiladores, Pedro Fernández Díez, Universidad de Cantabria
- [2] Turbomáquinas, Ramiro Mége Thierry, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
- [3] <https://www.turbomachinerymag.com/centrifugal-vs-reciprocating-compressor>