

**INGENIERÍA BERNOULLI S.A.**  
**FLUIDODINÁMICA Y VACÍO**  
**TECNOLOGÍA DE PELÍCULA DELGADA Y AGITADA**



**TERMOCOMPRESORES**



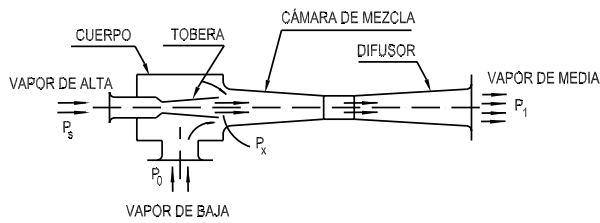
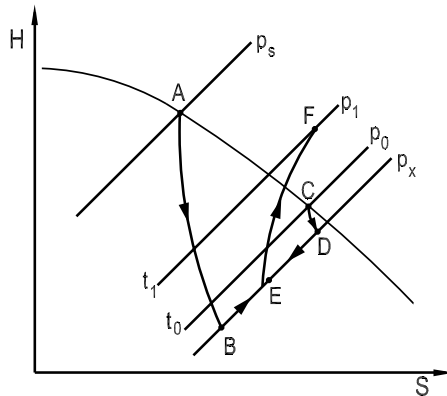
Eduardo Costa 1220  
B1641AFP - Acassuso  
Buenos Aires – Argentina

e-mail : [info@ibernoulli.com](mailto:info@ibernoulli.com)

Tel. (54-11) 4792 - 0392

Fax (54-11) 4792 - 0982

web : [www.ibernoulli.com](http://www.ibernoulli.com)


**FIGURA 1a: Termocompresor.**


- $\overline{AB}$  : Expansión en la tobera
- $\overline{CD}$  : Aspiración
- $\overline{BE}$  and  $\overline{DE}$  : Mezcla en la sección convergente
- $\overline{EF}$  : Compresión en el difusor

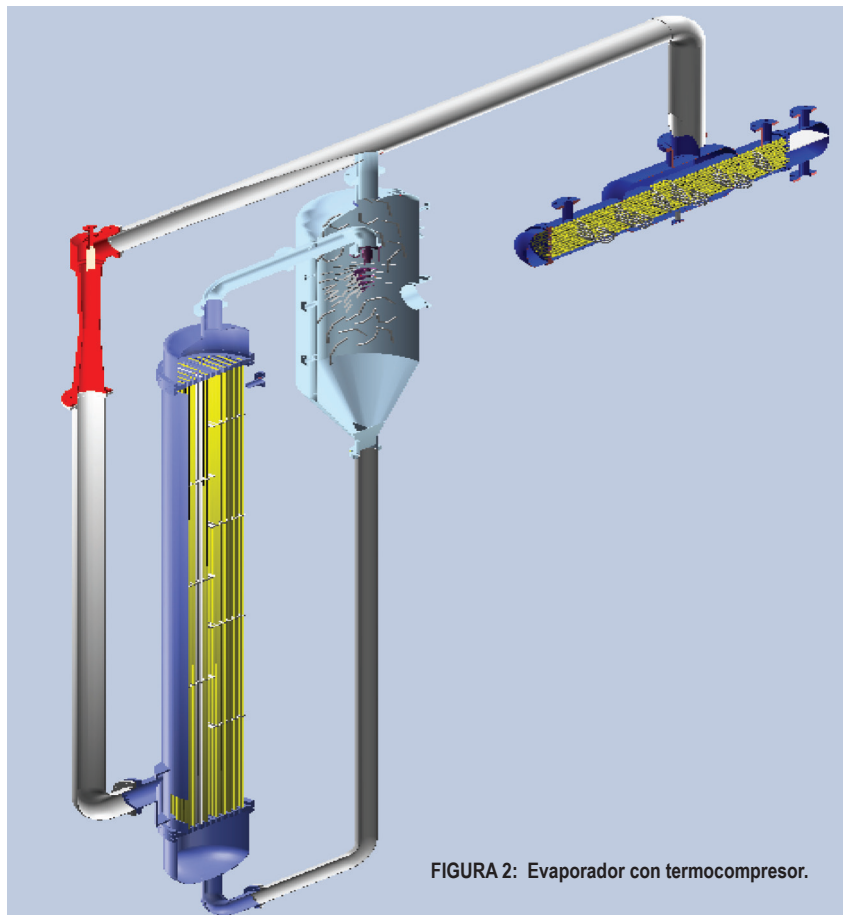
**Figura1b: Transformaciones del Termocompresor en el diagrama de Mollier H-S**

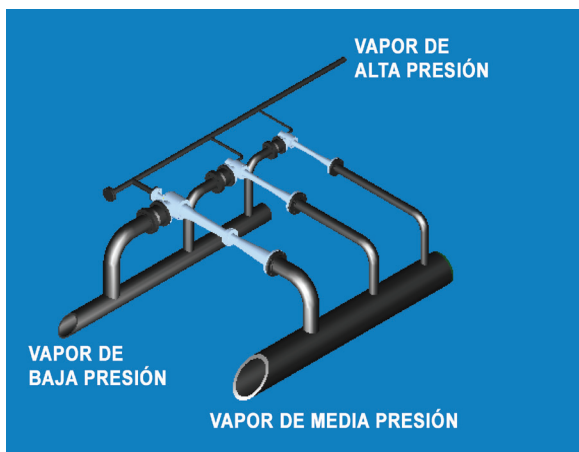
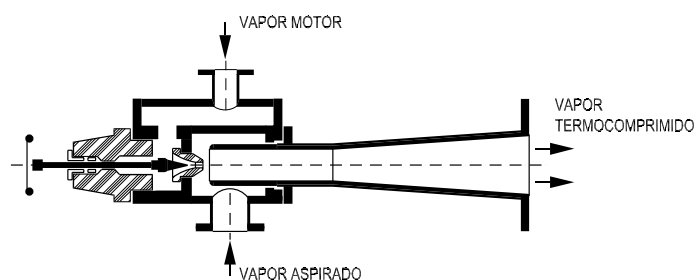
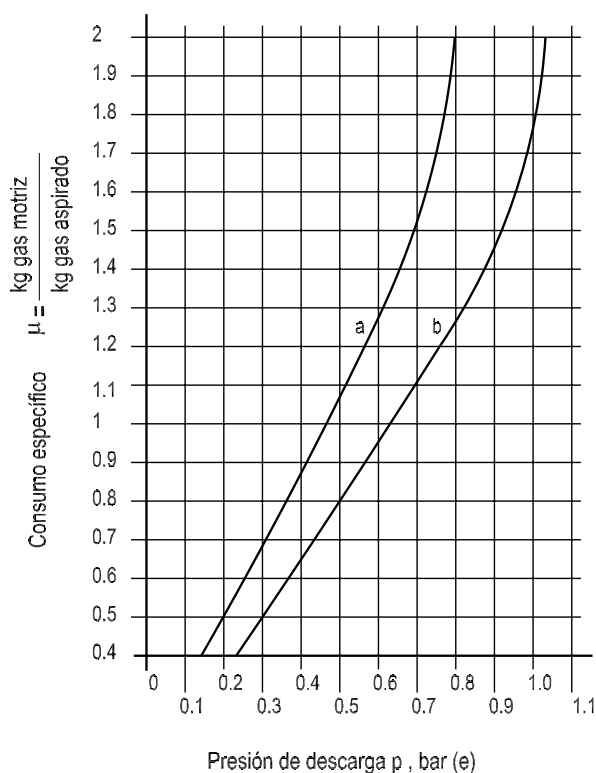
El termocompresor es un eyector que aspira vapor y utiliza el mismo fluido, pero de más alta presión, como medio impulsor. El resultado es una mezcla a una presión intermedia, que depende de las proporciones de uno y de otro. El aparato (Fig. 1.a) consta de una tobera, donde el gas o el vapor primario se expande a gran velocidad, aspirando al fluido secundario por arrastre. En el tronco de mezcla, las corrientes intercambian cantidad de movimiento hasta que se igualan las velocidades. En el difusor, la mezcla se desacelera y, en consecuencia, se eleva la presión por

transformación de energía cinética en trabajo de desplazamiento. En el caso del vapor, estas transformaciones termodinámicas pueden ser seguidas gráficamente en el diagrama de Mollier (Fig. 1b). Lo ilustrado corresponde a un vapor saturado de baja presión succionado y comprimido por vapor de alta presión

El consumo de fluido motor aumenta al elevarse la relación de compresión y a igualdad de esta, al subir la presión de aspiración. En la tabla 1 se indican los consumos específicos para casos típicos.

Los termocompresores se utilizan mucho en evaporadores al vacío para recomprimir parte de los vapores producidos en el primer ó segundo efectos, (Fig.2). Un evaporador de doble efecto simple tiene una evaporación específica (kg de evaporación por kg de vapor vivo) aproximadamente igual a 1,6, mientras que, incorporando un termocompresor, la evaporación específica se incrementa a 2,3, es decir, que mejora un 43%. Por otra parte, en muchísimos casos, por la sensibilidad del producto o por la regularidad de la ebullición, no puede operarse sino a baja presión en el primer calefactor ( $I_1$ ) del primer efecto ( $E_1$ ), de modo que, si se dispone vapor de media presión de alrededor de 8 Bar(e) hay que reducirlo hasta 1 a 2 Bar(e) para no recalentar los tubos en exceso.


**FIGURA 2: Evaporador con termocompresor.**


**FIGURA 3: Grupo de termocompresión para vapor ó gas.**

**FIGURA 4: Termocompresor.**

**FIGURA 5: Consumo específico en termocompresores aspirando a presión atmosférica.**

- a) Gas natural a 4 bar (e)
- b) Gas natural a 8 bar (e)

Es entonces mucho mejor solución técnica que poner una válvula reductora, bajar la presión del vapor vivo en la tobera de un termocompresor T y aprovechar la velocidad obtenida para recomprimir vapor de baja. De ese modo no se desperdicia la expansión como ocurre en una válvula reductora.

Otro uso frecuente es para producir vapor de media presión cuando falta, aspirando vapor de baja, si sobra, y comprimirlo empleando vapor de alta (Fig. 3). Para regular el suministro según las variaciones de la demanda si fueran importantes, se disponen tres aparatos cuyas capacidades están en la relación 1.2.3. Si son menores, basta con dos equipos en relación 1: 1, por ejemplo. Este mismo planteo se utiliza para generar gas de media presión cuando se dispone de un producto de alta y otro de baja.

Cuando la relación de compresión (Presión abs. de salida/ presión abs. de entrada) es igual o menor que la crítica, aproximadamente 2, el control del caudal de succión puede hacerse estrangulando el flujo en la tobera mediante un obturador del tipo aguja accionado manualmente o por una válvula motorizada (Fig.4).

En termocompresores de relación de compresión mayor que la crítica de 2,5 ó más, la regulación del fluido primario no es viable.

No obstante, existen muchos casos en que el termocompresor regulable puede ser utilizado, así por ejemplo, es común en la industrias del papel para recuperar vapor de los secaderos a rodillo.

En la Tabla 1 se indican los consumos específicos de termocompresores utilizados con mayor frecuencia en evaporadores y otros equipos que recuperan vapores.

En lugar de presiones de succión se indican las temperaturas de saturación del vapor de agua ( $t_0$ ) y las relaciones de compresión se sustituyen por saltos de temperaturas de saturación ( $t_1-t_0$ ) entre la descarga y aspiración, por ser esto lo más indicativo en termocompresores utilizados en evaporadores.

Los termocompresores son frecuentes en las refinerías de petróleo. En algunos procesos con columnas que operan al vacío, los gases que salen del condensador contienen hidrocarburos livianos, que son evacuados por un sistema de vacío de 3 etapas y enviados a la antorcha para quemarlos. Estos gases combustibles pueden ser recuperados y recomprimidos para ser usados en los quemadores de los hornos, aprovechando su energía calorífica, que de otra manera se perdería.

Una forma práctica y fácil de hacerlo, sin inversiones de importancia, es utilizar un termocompresor con gas de alta presión como fluido motor y la mezcla resultante mandarla a los hornos a una sobrepresión de 0,2 a 0,5 Bar (e). Si dicha mezcla contiene cierta proporción de aire, que siempre ingresa en los equipos previos que trabajan al vacío, no se originan problemas, pues sirve para completar el aire que necesitan los quemadores para la combustión. En la Fig. 5 se muestran los consumos específicos para distintas compresiones.



**TABLA 1 : Consumos específicos en termostresores.**

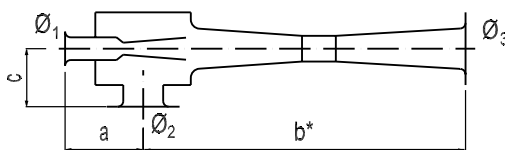
$t_0$	°C	60			80			100			120		
		10	15	20	10	15	20	10	15	20	10	15	20
6	bar (e)	0,59	1,00	1,25	0,65	1,02	1,47	1,0	1,26	2	1,0	1,44	
8	bar (e)	0,55	0,91	1,15	0,6	0,92	1,32	0,85	1,11	1,67	0,75	1,35	
10	bar (e)	0,53	0,83	1,09	0,58	0,85	1,2	0,74	1	1,49	0,66	1,27	2,12
12	bar (e)	0,51	0,78	1,05	0,55	0,82	1,12	0,69	0,94	1,37	0,60	1,17	1,88
16	bar (e)	0,50	0,7	1,01	0,52	0,76	1,05	0,61	0,86	1,22	0,54	0,92	1,49

$\mu$  : consumo específico (valores tabulados): Kg. vapor motor / Kg. vapor aspirado  
 $t_0$  : temperatura de saturación del vapor aspirado, °C  
 $t_1$  : temperatura de saturación de la mezcla a la salida, °C  
 Nota : Cuando el vapor es aspirado de una solución concentrada, restar la elevación del punto de ebullición para obtener  $t_0$ .

Corrección por sobrecalentamiento del vapor:

Los consumos aumentan 6% por cada 100°C de sobrecalentamiento en el caso de 8 bar(e) y 5% en el caso de 16 bar(e).

**TABLA 2 : Dimensiones generales (mm) y capacidades de termostresores a distintas temperaturas de saturación del vapor aspirado.**



Modelo	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$	a	b	c	$w_0$ , kg/s			
							$t_0=60$	$t_0=80$	$t_0=100$	$t_0=120$
T 50	20	50	50	67	434	110	0,013	0,026	0,047	0,7
T 80	25	80	80	83	683	125	0,029	0,058	0,106	0,174
T 100	40	100	100	220	920	150	0,051	0,104	0,188	0,31
T 150	50	150	150	246	1300	195	0,115	0,233	0,424	0,69
T 200	65*	200	200	327	1710*	270	0,201	0,415	0,754	1,23
T 250	80*	250	250	352	2120*	325	0,320	0,65	1,18	2,62
T 300	100*	300	300	377	2800*	370	0,460	0,93	1,70	2,77
T 350	125*	350	350	402	3230*	405	0,626	1,27	2,31	3,77
T 400	150*	400	400	427	3290*	440	0,820	1,66	3,01	4,92

\* medidas indicativas

$w_0$  = Capacidad de aspiración, kg/s

$t_0$  = Temperatura de saturación del vapor aspirado