



29 de julio de 2024

**Examen de Máquinas para Fluidos (TIM42)- Tecnólogo Mecánico
(Compresores)**

En una planta industrial se cuenta con un compresor de pistones de dos etapas con enfriamiento intermedio para alimentar servicios de automatismo. Las primeras 8 horas son de producción donde se consume el total de la capacidad generada por el equipo. El resto del día, el consumo requerido es la mitad de la capacidad de dicho equipo. El control de la capacidad del compresor se realiza mediante bloqueo de válvulas. El área de Producción solicita evaluar consumo energético del equipo compresor implementando un variador de velocidad para el motor eléctrico de accionamiento. Si el ahorro diario de energía es superior al 8%, se recomendaría su implementación.

Información del compresor:

- Diámetro polea compresor = 55 cm
- Diámetro polea motor accionamiento = 18 cm
- Etapa Baja: $D=22$ cm, $L=8$ cm, simple efecto y dos pitones en paralelo.
- Etapa Alta: $D=14$ cm y $L=8$ cm, simple efecto y un pistón
- Motor eléctrico de 22 Kw en 1450 rpm
- Para ambas etapas: $C_B=4\%$, $C_A=8\%$, $ev1.ev2=99\%$, $\eta_v=98\%$, $n=1,3$, $\eta_p=92\%$ y $\eta_m=88\%$.
- $P_{trabajo}=24$ barg
- Aire de entrada a presión atmosférica y 20°C
- Temperatura de salida del enfriador aire-agua de 35°C .

Para evaluar condiciones operativas del equipo se deberá:

- Calcular capacidad del compresor (asumir fraccionamiento óptimo) y potencia en punta de eje requerida. Indicar porcentaje de potencia utilizada en el motor eléctrico instalado.
- Calcular el fraccionamiento real (r_B^{real}) de la compresión. Compararlo con el de fraccionamiento óptimo asumido.
- Indicar temperatura de salida del aire comprimido tras pasar por el cilindro de baja presión y el caudal de agua utilizado en el enfriador considerando $\Delta T_w = 35^\circ\text{C}$.
- Calcular la energía diaria consumida por el compresor controlado por bloqueo de válvulas y compararlo con la energía que se consumiría si es controlado por un variador de velocidad. Recomendaría su implementación?
Asumir $P'm = (N'/N)^2 \cdot P_m$.

1/7

Examen TIM 42 - 29/07/24

Etapa de Alta		Etapa de Baja		Nmot(RPM)=	1450
Db(m)=	0,22	DΛ(m)=	0,14	n=	1,3
Lb(m)=	0,080	LΛ(m)=	0,080	DPM(m)=	0,18
Nb(RPM)=	474,5	NΛ(RPM)=	474,5	DPC(m)=	0,55
Zb(-)=	2	ZΛ(-)=	1		
jb(-)=	1	jΛ(-)=	1		
(ev1.ev2)b(-)=	0,99	(ev1.ev2)Λ(-)=	0,99		
ηVb(-)=	0,98	ηVΛ(-)=	0,98		
Cb(-)=	0,04	CΛ(-)=	0,08	0,13	

a)

ev0b(-)=	0,903	ev0Λ(-)=	0,805		
T1(K)=	293,15	Ti(K)=	308,15	35	=Ti(°C)
Vb(L)=	3,041	VΛ(L)=	1,232	VΛ/Vb=	40%
V*b(m3/min)=	2,579	V*Λ(m3/min)=	0,466		
Pt(bar)=	24	pe(kg/m3)=	1,20		
Pt(Pa)=	2501325	Abs			
Potencia Eje		V*(m3/min)=	2,477		
ηm(-)=	0,86	ηp(-)=	0,94		
PI (Kw)=	18,2				
Peje(Kw)=	21,2				
Pm(Kw)=	3,0				
		Motor (Kw)=	22		
			0,96457724		

b)

r(-)=	24,7		
Pe(Pa)=	101325	(atmosférica)	
rb(-)=	4,969	ideal =>	
rb(-)=	5,702	real	
Δrb(-)=	12,9%		
	pi,ideal (bar)=	5,03	
	pi,real (bar)=	5,78	

T1 (°K)	T2 (°K)	Ti (°K)
293,15	424,4	308,15

c)

Salida cilindro	T2=	424,4 K
		151,2 °C

Aire comprimido

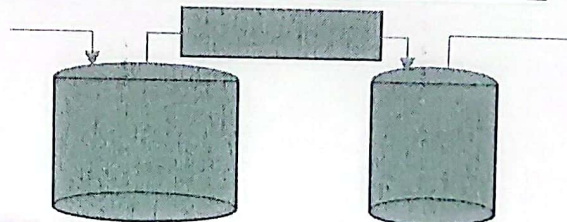
M*(kg/s)=	0,0497	Capacidad (salida)
M*(kg/s)=	0,0507	A enfriar (salida de baja)

Δtai,comp(K)=	116,23
---------------	--------

Agua enfriamiento

Δtai,enfr(K)=	25,00
---------------	-------

CpA (J/Kg.°K)=	1006
Cpw (J/Kg.°K)=	4187



M*(kg/s)= 0,057
 V (m3/h)= 0,204

d)

Funcionamiento bloqueo válvula

Funcionamiento con Variador Velocidad

Hrs trabajo diaria	8	16	8	16
N (rpm)=	474,5	474,5	474,5	237,3
V*(m3/min)=	2,5	1,239	2,5	1,239
Pi (Kw)=	18,2	9,1	18,2	9,1
Pm (Kw)=	3,0	3,0	3,0	0,743
Peje (Kw)	21,2	12,1	21,2	9,868
KWh/día=	169,8	193,5	169,8	157,9
KWh/día totales =	363,3		327,6	
			Ahorro KWh/día=	35,7
			Ahorro KWh/día	9,8%
				Ok Variador

Examen de Máquinas para Fluidos (Tec. Mec. - TIM 42)
(Instalaciones)



Se realizará un bombeo de $20 \text{ m}^3/\text{h}$ desde un tanque de toma de grandes dimensiones ($z_T = +10,0 \text{ m}$) elevando a un tanque de descarga a cota fija $z_D = +40,0 \text{ m}$. La tubería con la que se realizará la conducción es de material plástico (de rugosidad despreciable, $\epsilon \cong 0,0 \text{ mm}$) con $D_{\text{int}} = 57,0 \text{ mm}$, 10 m en succión, y 90 m en impulsión (se despreciarán las pérdidas localizadas). La tubería es ascendente, desde la toma a la descarga.

En la cañería de impulsión se dispone de una válvula de regulación, habitualmente en posición totalmente abierta. También se cuenta con un variador de frecuencia para la bomba operativa. Se asumirá agua "fría" (con $p_v/\gamma = 0,15 \text{ mca}$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$) y que la succión de la bomba está a cota $z_0 = +15,0 \text{ m}$. Se instalarán una bomba principal y una (idéntica) en reserva, ambas con tubería de succión independientes y también idénticas entre sí. Las curvas de funcionamiento, a 2900 RPM, son.

$Q(\text{m}^3/\text{h})$	0	10	20	30	40
$H_B(\text{m})$	50	48	45	40	30
$\eta(\%)$	0	30	45	50	45
$\text{NPSH}_R(\text{m})$	5	3	3	4	7

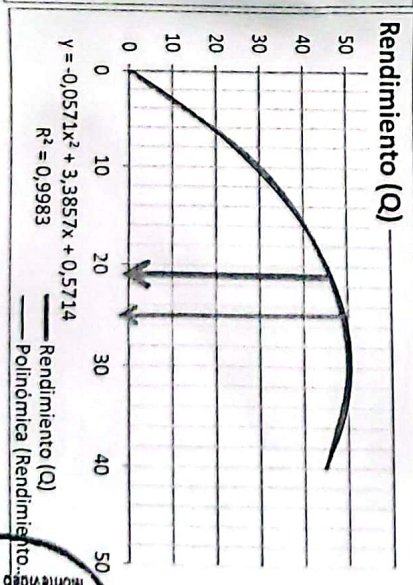
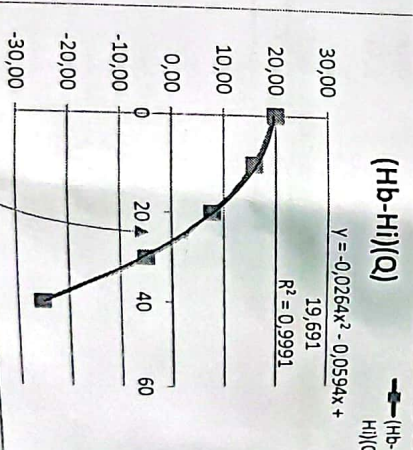
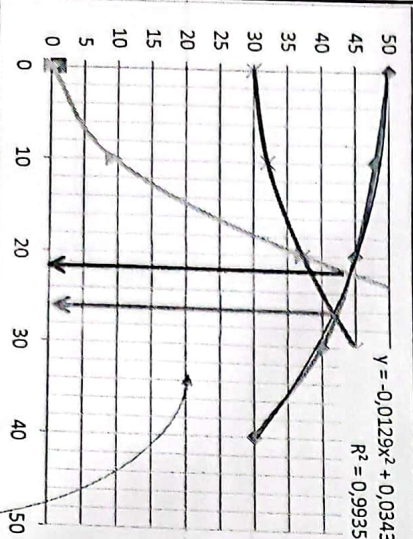
- Realice un croquis de la instalación completa entre los tanques y un detalle del bombeo con su toma y descarga. Dibuje la línea de cotas piezométricas.
- Determine el caudal impulsado por una bomba a 2900 RPM al trabajar contra la instalación dada (válvula de impulsión completamente abierta). Calcule, asimismo, potencia consumida y verifique si la bomba cavita en estas condiciones operativas. Estime la máxima presión que habrá a lo largo de la tubería, en base a lo visto en a).
- Determine las RPM a las que deberá operar una bomba para dar $20 \text{ m}^3/\text{h}$, con la válvula completamente abierta; verifique cavitación y calcule potencia consumida en este caso.
- Determine la pérdida de carga a establecer en la válvula de impulsión para dar el caudal requerido ($20 \text{ m}^3/\text{h}$), con la bomba operando a 2900 RPM; verifique cavitación y calcule potencia consumida en este caso.
- Verifique si utilizando ambas bombas en serie (principal + reserva), se alcanza a dar un 25% más del caudal requerido ($25 \text{ m}^3/\text{h}$). Analice que modificaciones habría, desde el punto de vista de la cavitación, al trabajar con dos bombas en serie. Analice en cuanto a la posibilidad de cavitación, todos los puntos de funcionamiento evaluados en las partes anteriores (b, c, d y e) y determine en base a ello la mejor opción desde ese punto de vista.

4/7

5/7

Ej. Instalaciones TIM 42-Examen Julio 2024 (29-07-2024)

Datos	Q(m³/h)	0	10	20	30	40	41,5
Q(m³/s)	0,00000	0,00278	0,00556	0,00833	0,01111	0,01389	0,01667
H _{el} (m)	50	48	45	40	30	20	10
η(%)	0	30	45	40	30	20	10
NPSH _r (m)	5	3	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
P(kW)	0,00	4,4	3	4	7	11	15
z _{el} (m)=z _{sl} (m)=z _{tl} (m)	0,00	1,09	2,18	3,27	4,35	5,44	6,52
Δz(m)=	0,057	0,00	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
D _s (m)=	10	Res(-)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
L _s (m)=	0	(e/D) _s =	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ΣK _s (-)=	0	f _s (-)=	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
(e) _s =	0	ζ _{H,s} (m)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
D _l (m)	0,057	V _l (m/s)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
L _l (m)	90	Re _l (-)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ΣK _l (-)=	0	(e/D) _l =	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
(e) _l =	0	H _l (m)	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
fit(-)=	0	f _l (-)=	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
ζ _{H,l} (m)	0,00	1,88	0,0170	0,0157	0,0149	0,0141	0,0133
0,0181 ζ _{H,tot} (m)	0,00	2,09	6,51	13,51	22,71	32,91	43,11
0,0181 ζ _{H,tot} (m)	0,00	32,09	7,23	15,01	25,23	35,43	45,63
37,23 H _l (m)	20,00	15,91	7,77	-5,01	-25,23	-45,43	-65,63
20 H _B (m)-H _l (m)	30,00	31,81	37,23	46,27	58,93	71,59	84,25
H _l (m)=D _z +K _l Q ²	0,00	9,31	37,23	83,77	148,93	224,09	300,25
H _s (m)=K _s Q ²	0,00	15,91	37,23	83,77	148,93	224,09	300,25
0,093082496 H _B (m)-H _l (m)	30,00	39,3	67,2	113,8	178,9	254,0	329,1
37,23 H _l (m)=Δz+K _l Q ²	20	15,91	7,77	-5,01	-25,23	-45,43	-65,63
H _s (m)=K _s Q ²	0,00	9,31	37,23	83,77	148,93	224,09	300,25
H _{succ} (m)=Z _A -ζ _{H,s} (m)	10,00	9,79	9,28	8,50	7,48	6,46	5,44



a)

Ver teórico: la curva es aproximadamente una recta con origen en la cota del río de toma, sube abruptamente un salto igual a HB y desciende hasta cortar el pelo de agua al nivel del tanque en el punto de descarga

b)

QF=

26,2 m³/h

HF=

41,7 mca

PF=

5,9 kW

 $\eta(\%)=$

50

Cuadrática Hb-Hi:

a=

-0,0264

b=

-0,0594

c=

19,691

Cuadrática η :

a=

-0,0571

b=

3,3857

c=

0,5714

NPSH_R=

3,62

NPSH_D=

4,00 entonces:

NO CAVITA

Margen:

NPSH_R-NPSH_D=

0,38

c)

N' =

2636

=

91%

 $\eta(\%)=$

47,4

N=

2900

Similitud

Ks(m/(L/s)²)=

0,093082

Qs=

22 m³/hNPSH_R=

2,81

NPSH_D=

5,98 entonces:

(se corrige el simil por RPMs)

NO CAVITA

Margen:

NPSH_R-NPSH_D=

QF=

20,0 m³/h

HF=

37,2 mca

PF=

4,27 kW

d)

 $\Delta H_v = H_B - H_i$

7,8 m

=

76,1 kPa

HB(Q)=HF=

45,0

Hi(Q)=QF=

37,2

NPSH_R=

3

NPSH_D=

5,98 entonces:

NO CAVITA

Margen:

NPSH_R-NPSH_D=

2,98

PF=

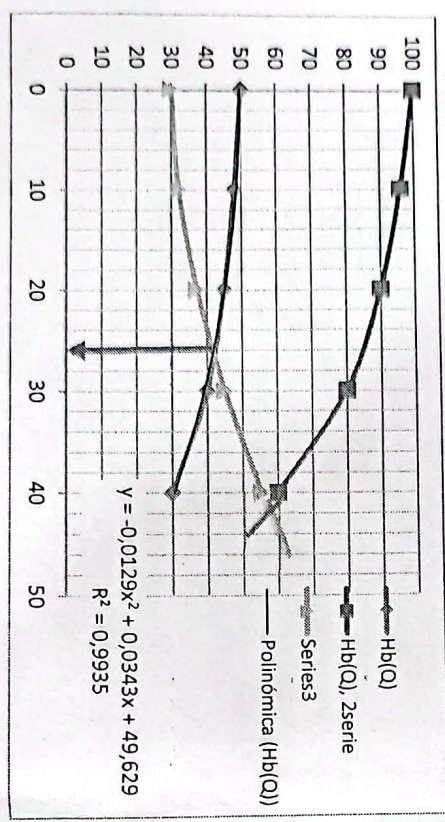
5,44 kW



H ₀ (m)	50,00	48	45	40	30		
H ₀ (m), 2serie	100	96	90	80	60		

e) Con dos bombas en serie da (extrapolando)
unos 41,5 m³/h: daría el caudal
PERO, el caudal pasa a ser de 41,5 m³/h en cada bomba, por lo que CAVITA Y con gran margen:

NPSH_r= 7,5 (extrapolado)
NPSH_d= 2,48 entonces:



CAVITA Margen: NPSH_r-NPSH_d= -5,02

