



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

**MAQUINAS TERMICAS.
COMPRESORES EN LA INDUSTRIA.**

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A :

MIGUEL ANGEL MUÑOZ TREJO

ASESOR: ING. JUAN DE LA CRUZ HERNANDEZ ZAMUDIO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

1996

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
PRESENTE.

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS

Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Máquinas Térmicas. Compresores en la Industria.

que presenta el pasante: Miguel Angel Muñoz Trejo.

con número de cuenta: 8737456-4 para obtener el Título de:

Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 03 de Marzo de 1996

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
I	Ing. Juan De La Cruz Hernandez Zamudio	<i>[Firma]</i>
III	Ing. Filiberto Leyva Piña.	<i>[Firma]</i>
IV	Ing. Bernardo Muñoz Martínez	<i>[Firma]</i>

DEP/VOR/SEM



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
PRESENTE.



ATN: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS

Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Máquinas Térmicas. Compresores en la Industria.

que presenta el pasante: Miguel Angel Muñoz Trejo.

con número de cuenta: 8737456-4 para obtener el Título de:

Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 03 de Marzo de 1996

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
I	Ing. Juan De La Cruz Hernandez Zamudio	<i>[Firma]</i>
III	Ing. Filiberto Leyva Piña.	<i>[Firma]</i>
IV	Ing. Bernardo Muñoz Martínez	<i>[Firma]</i>

DEP/VOBOSEN

A MI MADRE:

POR SU APOYO EN TODOS LOS DÍAS DE MI VIDA.

A MIS HERMANOS:

GUADALUPE, MAURO, CATALINA, MA. LOURDES, ROSA MA. Y BEATRIZ

POR SU COLABORACIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE ESTE ESTUDIO.

A MIS SOBRINOS:

MARIELY, ANGIE Y MONSE

CON MUCHO CARÍÑO.

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:

POR SU AMISTAD Y AYUDA.

INDICE

	PAG.
INTRODUCCIÓN	1
<u>CAPITULO I GENERALIDADES</u>	3
<u>CONCEPTOS DE FÍSICA GENERAL</u>	4
PRESIÓN	4
VOLUMEN	5
TEMPERATURA	5
VISCOSIDAD	6
TRABAJO Y ENERGÍA	6
POTENCIA	7
<u>PRINCIPIOS TERMODINAMICOS</u>	8
GASES IDEALES	8
LEY GENERAL DE LOS GASES	10
GASES REALES	12
PROCESOS TERMODINAMICOS	13
<u>COMPRESIÓN DEL AIRE</u>	18
PROCESO TEÓRICOS DE LA COMPRESIÓN	18
COMPRESIÓN POR ETAPAS	21
PROCESO REAL DE COMPRESIÓN	21

	PAG.
<u>CAPITULO II CALIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO</u>	23
<u>IMPORTANCIA</u>	24
<u>CONCEPTOS Y DEFINICIONES</u>	24
CALIDAD	24
CALIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO	25
<u>FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO</u>	25
<u>CAPITULO III COMPRESORES DE AIRE</u>	27
<u>TIPOS Y DESCRIPCIÓN</u>	28
<u>COMPONENTES Y SISTEMAS DE UN COMPRESOR</u>	40
FILTRO DE ENTRADA	40
SISTEMAS DE LUBRICACIÓN	41
SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO	43
<u>CAPITULO IV SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE COMPRESORES DE AIRE</u>	46
SELECCIÓN DE COMPRESORES	47
CRITERIOS TÉCNICOS/ECONÓMICOS	48
INSTALACIÓN CENTRALIZADA O DESENTRALIZADA	50
CANTIDAD DE UNIDADES COMPRESORAS	50
LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA COMPRESORA	51
LA PLANTA COMPRESORA	51
EL LOCAL	51

	PAG.
LAS BASES	52
SISTEMAS AUXILIARES	52
VENTILACIÓN	
IMPORTANCIA	53
<u>CONCLUSIONES</u>	54
<u>BIBLIOGRAFIA</u>	55

INTRODUCCIÓN

El aire comprimido es hoy una fuente indiscutible de energía.

Sus aplicaciones abarcan todas las áreas de la industria. Desde sencillas sistemas de suministro de aire, hasta complejos y precisos sistemas automatizados, elevando no solo los niveles, sino las condiciones y métodos de producción. Pero a pesar de sus innumerables aplicaciones, el aire comprimido es una energía escasamente conocida.

La información técnica sobre este recurso es limitada y solo personas especializadas tienen acceso a ella.

La primera aplicación del aire comprimido de que se tiene noticia fue la catapulta construida por el griego KTESIBIOS (260 a.C.) donde se presentaban las características típicas de una máquina neumática.

La utilización de tipo industrial tiene como base los principios impuestos por OTTO VON GUERICKE (que inventó la primera bomba de aire en 1650), BOYLE, MARIOTTE, GAY LUSSA, durante el siglo XVII.

Los hechos más notables en la aplicación industrial del aire comprimido, se pueden resumir.

1688 El danés PAPIN, sugiere la utilización de aire por tubos neumáticos.

1776 La primera máquina soplante de la historia salió de las manos de **WILKINSON** y fue instalada en sus factoría en Inglaterra, siendo este el prototipo de los compresores.

1810 **M. MEDHURST** construye un compresor.

1883 El aire comprimido sirvió para propulsar tranvías en **NANTES**.

1886 Se inventa y construye el primer gran elevador neumático.

1900 Se construyó la primera instalación importante de aire comprimido, anteriormente solamente se aplicó esporádicamente en la industria minera de perforación.

1910 Se comenzó a construir herramientas neumáticas para diferentes usos.

Después de la primera guerra mundial, los compresores horizontales fueron poco a poco abandonados, cambiando al tipo vertical y aumentando su velocidad de rotación y posteriormente con accionamiento de motores trifásicos.

Después de la segunda guerra mundial, aparecieron una nueva gama de modelos, caracterizados por compresores de 2 escalones o más, refrigerados con unidades fijas o móviles.

Actualmente se ha perfeccionado el modelo de compresores de doble efecto, tipo estrella y el de tornillo, así como herramientas neumáticas de uso general.

El deseo de este trabajo es de contribuir a la difusión del conocimiento de tan importante fuente de energía.

CAPITULO I

GENERALIDADES

CONCEPTOS DE FÍSICA GENERAL

**PRESIÓN
VOLUMEN
TEMPERATURA
VISCOSIDAD
TRABAJO Y ENERGÍA
POTENCIA**

PRINCIPIOS TERMODINAMICOS

**GASES IDEALES
LEY GENERAL DE LOS GASES
GASES REALES
PROCESOS TERMODINAMICOS**

COMPRESIÓN DEL AIRE

**PROCESO TEÓRICO DE LA COMPRESIÓN
COMPRESIÓN POR ETAPAS
PROCESO REAL DE COMPRESIÓN**

CONCEPTOS DE FÍSICA GENERAL

PRESIÓN

Si tenemos una fuerza F , aplicada sobre una superficie S , la presión sobre dicha superficie se define formalmente como el resultado del cociente entre el componente normal de la fuerza (F_n) y la superficie S es decir:

$$P = \frac{F_n}{S}$$

La presión atmosférica es el resultado del peso que la capa de aire ejerce sobre la superficie de la tierra.

Al nivel del mar, la presión atmosférica es aproximadamente 1 bar, es decir, la fuerza ejercida por una columna de aire al nivel del mar sobre 1 cm^2 de superficie, es alrededor de 1 Kp.

En puntos sobre el nivel del mar, la columna de aire es más corta y por ende, la presión es menor. En puntos por debajo del nivel del mar, la presión atmosférica es superior de 1 bar, ya que la columna de aire tiene mayor longitud.

VOLUMEN

El volumen de una sustancia es el espacio que ella ocupa.

El volumen de un gas dentro de un recipiente es siempre el del recipiente que lo contiene. Sin embargo, en un volumen dado pueden existir diferentes "cantidades de masa de gas" dependiendo de la presión y temperatura a la cual se encuentre dicho gas.

Esto significa que en un mismo volumen puede existir gas a diferentes densidades.

TEMPERATURA

La temperatura es un concepto más difícil de definir que la presión o el volumen.

Físicamente, la temperatura es una indicación de la energía cinética de las moléculas.

Al aumentar el movimiento de las moléculas, la temperatura aumenta.

La temperatura no puede ser medida directamente, y es por ello que se mide a través de los efectos que ella produce sobre las propiedades de otros materiales.

Los instrumentos más comúnmente usados para la medición de temperatura son los termómetros de columna líquida y los termopares o termocuplas.

VISCOSIDAD

Cuando un fluido atraviesa un plano estacionario, la capa de fluido en contacto con este tiene velocidad cero.

Capas sucesivas tendrán velocidades crecientes.

Como las capas se mueven a distintas velocidades, se crea una resistencia a cualquier movimiento relativo entre capas adyacentes.

Como resultado de esta resistencia al movimiento se genera calor y se requiere de una fuerza externa para mantener la velocidad.

La fuerza de fricción generada es proporcional al área de interfase, a un factor que depende del fluido y al gradiente de velocidades entre capas.

TRABAJO Y ENERGÍA

Para que un cuerpo se desplace venciendo una resistencia o acelerándose, es necesario ejercer un trabajo sobre él.

Una variación en el trabajo realizado por un cuerpo, se define como el producto de una variación en el desplazamiento por la componente del vector de fuerza en la dirección del desplazamiento.

Es decir: $du = f \times ds \cos \alpha$

donde: $du =$ Variación de trabajo

$F =$ Fuerza

$ds =$ Variación de desplazamiento

$\alpha =$ Ángulo entre el vector
desplazamiento y el vector fuerza

POTENCIA

Potencia es trabajo por unidad de tiempo. La potencia de entrada al eje de un compresor es igual a la energía por unidad de tiempo removida del sistema en forma de calor, más la que se le imprime al aire.

La unidad de medición de la potencia en el sistema SI es el watio (W), equivalente a 1 J/s y a $1,341 \times 10^{-3}$ Hp inglés.

PRINCIPIOS TERMODINAMICOS

GASES IDEALES

Los gases ideales son los que cumplen con las ecuaciones, definiciones y leyes que a continuación se enumeran, tomando la salvedad de que el aire puede considerarse como si fuera un gas ideal, aún cuando estrictamente hablando es una mezcla de gases.

LEY DE BOYLE

A condiciones de temperatura constante, el producto de la presión por el volumen de gas es constante.

$$P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2 \dots \text{ siempre que } T_1 = T_2$$

LEY DE CHARLES

El volumen de un gas cambia en proporción directa a los cambios en la temperatura absoluta, manteniendo la presión constante.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \dots \text{ Siempre que: } P_1 = P_2$$

Estas dos leyes de los gases ideales indican que presión, volumen y temperatura se encuentran relacionadas...

$$P \times V/T = \text{Constante para una cantidad de gas.}$$

LEY DE AMONTON

Establece que la presión de un gas, a volumen constante, varía en reacción directa con la temperatura absoluta.

$$P_2 / P_1 = T_2/T_1... \text{ Siempre que: } V_1 = V_2$$

LEY DE AVOGADRO

Establece que en iguales volúmenes de cualquier gas, bajo las mismas condiciones de temperatura y presión, existen el mismo número de moléculas. El número de moléculas en un mol es llamado "número de Avogadro (N)", con un valor de:

$$6.02257 \times 10^{23} \text{ mol o moléculas}^{-1}$$

CAPACIDAD CALÓRICA ESPECIFICA

Es la cantidad de calor expresado en J, que debe ser suministrada a un sistema para elevar la temperatura de un Kg. de materia en un °K.

Como el intercambio de calor depende del tipo de proceso, existe entonces:

c_p = Capacidad calórica específica a presión constante.

c_v = Capacidad calórica a volumen constante.

LEY GENERAL DE LOS GASES

$P \times V/T = \text{constante}$ (para gases ideales)

El valor de la constante depende del gas y de las unidades escogidas.

Por otro lado, según la Ley de Avogadro, habrá igual número de moléculas de cualquier gas contenido en un volumen dado a las mismas condiciones de temperatura y presión. Si llamamos V_m al volumen de un Mol de gas, entonces:

$$(P/T) \times V_m = \bar{R}$$

\bar{R} es conocida como la constante universal de los gases. Su valor depende de las unidades que se escojan par P , V_m y T .

$$\bar{R} = 8314 \text{ J}/(\text{Kmol} \times ^\circ\text{K})$$

$$\bar{R} = 1545 \text{ lbf} \times \text{ft}/(\text{lb mol} \times ^\circ\text{R})$$

Entonces para gases ideales:

$$p \times V_m = \bar{R} \times T$$

Dividiendo por el peso molecular del gas M se tiene la ecuación de estado por unidad de masa.

$$p \times V_m/m = (\bar{R}/M) \times T$$

Entonces si sustituimos V_m/m por (volumen específico) y R/M por R (constante del gas en particular)

Nos queda que :

$$P \times \checkmark = R \times T$$

La ecuación $P \times \checkmark = R \times T$ puede expresarse en función de volumen total, multiplicándola por la masa del gas "m".

Nos queda que:

$$m \times p \times V_m/M = m \times R \times T$$

Como n (número de moles) = m/M

tenemos:

$$p \times n \times V_m = m \times R \times T$$

por otra parte:

$$V_m \times n = V$$

Entonces:

$$p \times V = m \times R \times T$$

y también:

$$p \times V = n \times \bar{R} \times T$$

Esta manera de presentar la ecuación de estado es muy importante porque en ella se relaciona el volumen del gas con la masa del mismo.

GASES REALES

CONDICIONES CRITICAS:

Existe una temperatura limite a partir de cuyo valor es imposible condensar a un gas sin importar la magnitud de la presión que se aplique. Esta temperatura se conoce como **TEMPERATURA CRITICA**.

La presión requerida para condensar cualquier gas a su temperatura critica se denomina **PRESIÓN CRITICA**.

Para el aire:

$$T_{\text{critica}} = -140.63 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$P_{\text{critica}} = 37.66 \text{ bar abs.}$$

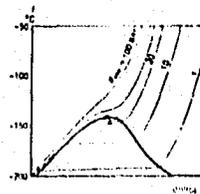


Diagrama P-T para el aire seco con indicación del punto crítico.

FACTOR DE COMPRESIBILIDAD:

A altas presiones y temperaturas, al igual que en regiones cercanas al punto crítico donde el gas condensa a la fase líquida, se observan variaciones de la relación P-V-T de los gases ideales.

Existen numerosas ecuaciones para compensar estas variaciones del comportamiento ideal. Sin embargo, el procedimiento más simple consiste en utilizar el factor de compresibilidad Z.

$$Z = P \times (R \times T)$$

PROCESOS TERMODINAMICOS

Un sistema termodinámico se define como una cantidad de materia de masa fija. Para estudiar un sistema termodinámico es necesario establecer los límites del mismo, los cuales pueden ser móviles o fijos.

Un sistema aislado es uno en el cual no hay ningún tipo de influencia del exterior. Esto quiere decir, que ni calor ni trabajo cruzan los límites del sistema, el ESTADO de una sustancia se define indicando algunas de sus características como son presión, temperatura y densidad.

PROCESO ISOBARICO

Proceso a presión constante. Para cambiar el volumen del estado 1 al estado 2, debe hacerse una remoción de calor del sistema. En este tipo de proceso el cambio de temperatura es proporcional al cambio del volumen.

$$T_2 - T_1 = T_1 \times (V_2/V_1 - 1)$$

$$\Delta T / T_1 = \Delta V / V_1$$

La cantidad de calor removida es igual a:

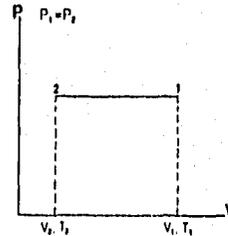
$$q_{12} = C_p \times m \times (T_1 - T_2) \text{ [J]}$$

donde:

C_p = Capacidad de calor específica
a presión constante en $J/Kg \cdot ^\circ K$

m = Masa en Kg.

T = Temperatura absoluta en $^\circ K$.



Representación gráfica del proceso

PROCESO A VOLUMEN CONSTANTE

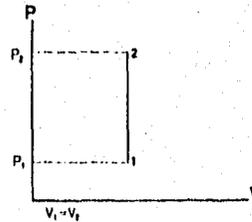
Para elevar la presión del estado 1 al estado 2 debe suministrarse calor al sistema. El cambio de temperatura es proporcional a la relación de presión:

$$T_2 - T_1 = T_1 \times (P_2/P_1 - 1)$$

$$T/T_1 = P/P_1$$

La cantidad de calor a ser suministrada es:

$$q_{12} = C_v \times m \times (T_2 - T_1)$$



Proceso a volumen constante

donde:

C_v = Capacidad de calor específica a volumen constante

m = Masa en Kg.

T = Temperatura absoluta en $^\circ K$

PROCESO ISOTÉRMICO

Como lo indica su nombre, se trata de un proceso a temperatura constante. Al comprimir un gas del estado 1 al estado 2 hay que eliminar calor de sistema para mantener la temperatura constante.

El cambio en la presión es inversamente proporcional a la relación de volúmenes:

$$P_2 \cdot V_2 = P_1 \cdot V_1$$

La cantidad de calor a ser removida es igual al trabajo de compresión:

$$q_{12} = P_1 \cdot V_1 \cdot 10 \cdot \ln(V_1/V_2) \text{ (J)}$$

$$q_{12} = R \cdot T_1 \cdot M \cdot \ln(P_2/P_1) \text{ (J)}$$

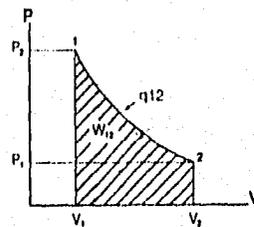
donde:

P = Presión absoluta en bar.

V = Volumen en m³

m = Masa en Kg.

R = Constante del gas en J/Kg. x °K



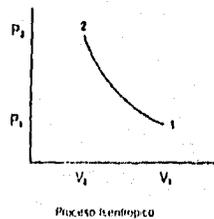
Proceso Isotérmico

PROCESO ISENTROPICO

Este proceso es adiabático, es decir, sin intercambio de calor con el medio y además reversible.

Los procesos isentrópicos siguen la Ley de Poisson.

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{K}{K-1}} = \frac{T_2}{T_1}$$



PROCESO POLITROPICO

Los procesos isotérmicos están basados en un completo intercambio de calor con el ambiente; mientras en los procesos isentrópicos no existe intercambio alguno de calor.

En realidad todos los procesos de compresión están comprendidos entre estos dos procesos mencionados.

A estos procesos se les denomina POLITROPICOS y siguen la ley:

$$P \times V^n = \text{constante}$$

Donde n puede tomar cualquier valor.

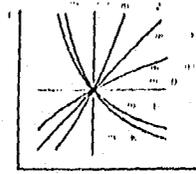
Los valores de n para los procesos mas comunes se dan a continuación:

Proceso Isobárico: $n=0$

Proceso Isotérmico: $n=1$

Proceso Isentrópico: $n=K$

Proceso a $V = \text{cte}$ $n=\infty$



Procesos Politrópicos

COMPRESIÓN DE AIRE

PROCESO TEÓRICOS DE COMPRESIÓN

Descripción de los diferentes procesos teóricos de compresión.

1.2 Compresión.

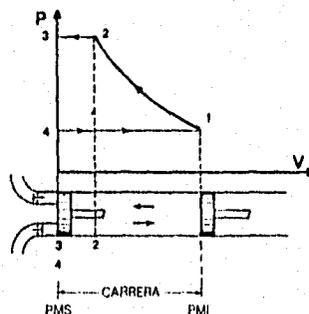
2.3 Descarga

3.4 Cambio de dirección

4.1 Succión.

PMI. Punto muerto inferior

PMS. Punto muerto superior



La figura muestra un cilindro con válvulas "auto actuantes". Es decir, la válvula de succión se abre cuando la presión en el cilindro es inferior a la de la tubería de succión; y la válvula de descarga abre cuando la presión en el cilindro excede a la presión en la tubería de descarga.

El trabajo de desplazamiento hecho por el gas durante la succión es:

$$W_{4-1} = P_1 \times V_1$$

El trabajo de compresión hecho sobre el aire es:

$$W_{1-2} = \int_1^2 p \times dV$$

El trabajo requerido para pasar el aire a través de la tubería de descargas es:

$$W_{2-3} = P_2 \times V_2$$

La suma de $W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4} = W_t$ se conoce como "trabajo al eje" del proceso:

$$W_t = \int_1^4 p \times dV - P_2 \times V_2 + P_1 \times V_1$$

Este trabajo es igual al área 1-2-3-4 y puede también expresarse como un integral de dp:

$$W_t = - \int_1^4 V \times dp$$

A continuación se analizará el trabajo al eje para compresión isotérmica isentrópica y politrópica.

• **Compresión isotérmica:**

El producto de presión y volumen permanece constante

$$P \times V = \text{constante} = m \times R \times T_1$$

... entonces:

$$V = m \times R \times T_1 / P$$

$$W_t = - \int_1^4 (m \times R \times T_1 / P) \times dP$$

$$W_t = - m \times R \times T_1 \times \ln(P_2/P_1)$$

Notese que la cantidad de calor a ser movida es igual al trabajo de compresión.

• **Compresión Isentrópica:**

Este proceso sigue la ecuación: $P \times V^K = \text{constante} = P_1 \times V_1^K$

... entonces:

$$V = V_1 \times (P_1/P)^{1/K}$$

$$W_t = - \int_1^4 V_1 \times (P_1 \times P)^{1/K} \times dP$$

$$W_t = - P_1^{1/K} \times V_1 \times [K / (K-1)] \times [P_2^{(K-1)/K} - P_1^{(K-1)/K}]$$

... Pero como: $P_1^{1/K} \times V_1 = P_1^{1/K} \times V_2$

Entonces:

$$W_t = - [K / (K-1)] \times [P_1^{1/K} \times V_2 \times P_2^{(K-1)/K} - P_1^{1/K} \times V_1 \times P_1^{(K-1)/K}]$$

$$Wt = -K/(K-1) \times (P_2 \times V_2 \times P_1 \times V_1)$$

O lo que es lo mismo:

$$Wt = -P_1 \times V_1 \times \left[\frac{K}{(K-1)} \times \frac{P_2 \times V_2}{(P_1 \times V_1)} - 1 \right]$$

... como: $V_2 / V_1 = (P_2 / P_1)^{-1/K}$

Entonces:

$$Wt = -P_1 \times V_1 \times \left[\frac{K}{(K-1)} \right] \times \left[(P_2 / P_1)^{(K-1)/K} - 1 \right]$$

La temperatura de descarga es:

$$T_2 = T_1 \times (P_2 / P_1)^{(K-1)/K} \text{ (}^\circ\text{K)}$$

• Compresión Politrópica

Como ya se ha indicado, el proceso de compresión real es entre isotérmico (con menos consumo de energía y un completo intercambio de calor con el exterior) y adiabático (sin intercambio de calor con el exterior).

Los procesos politrópicos siguen la ecuación:

$$P \times V^n = \text{constante}$$

El trabajo requerido para una compresión politrópica es:

$$Wt = -P_1 \times V_1 \times \left[\frac{n}{(n-1)} \right] \times \left[(P_2 / P_1)^{(n-1)/n} - 1 \right]$$

Y la temperatura de descarga:

$$T_2 = T_1 \times (P_2 / P_1)^{(n-1)/n} \text{ (}^\circ\text{K)}$$

COMPRESIÓN POR ETAPAS

Muchas veces se hace conveniente realizar la compresión por etapas, es decir, realizar la compresión en dos o más pasos.

La necesidad de realizar la compresión por etapas puede obedecer a distintas causas, sin embargo, las más comunes son las siguientes:

- * Ahorro de energía
- * Limitaciones por temperatura
- * Limitaciones por presión.
- * Otros.

PROCESO REAL DE COMPRESIÓN

La capacidad real de un compresor es menor que el volumen desplazado del mismo debido a razones tales como:

- a) caída de presión en la succión
- b) calentamiento del aire de entrada
- c) expansión del gas retenido en el volumen muerto.
- d) fugas internas y externas.

EFICIENCIA VOLUMÉTRICA (η_v)

La eficiencia volumétrica de un compresor se define como la razón entre la capacidad y el desplazamiento del mismo.

La eficiencia volumétrica depende principalmente del tamaño del volumen muerto.

La eficiencia volumétrica puede evaluarse mediante la siguiente expresión:

Donde: $V = \lambda \{ 1 - \epsilon (P_2/P_1)^{1/n} - 1 \}$

λ = Es un factor que depende de las pérdidas en las válvulas, calentamiento del aire de entrada y la relación de presión. Sin embargo, para cálculos aproximados se puede considerar que $\lambda = 0.96$

ϵ = Es la proporción entre el volumen muerto y el desplazamiento, varía normalmente entre 0.06 y 0.12

P_2 = Es la presión de descarga de la etapa considerada.

P_1 = Es la presión de entrada de la etapa considerada.

n = Exponente politrópico (para aire $n=1.3$)

ENERGÍA ESPECÍFICA

Es la energía requerida para comprimir una unidad de volumen de gas.

Para compresores estacionarios se mide en KWII/m^3 y para compresores transportables, accionados por motores de combustión interna, en gr. de combustible o lbs de combustible por m de aire suministrado.

CAPITULO II

CALIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO

IMPORTANCIA

CONCEPTOS Y DEFINICIONES

CALIDAD

CALIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO

FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL AIRE

CALIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO

IMPORTANCIA

Día tras día la maquinaria neumática, más precisa y con tolerancias mínimas, clama por un aire comprimido cada vez más específico.

Por otro lado, la instrumentación neumática necesita de precisión absoluta.

Y por último, los altos costos industriales actuales exigen sistemas neumáticos justo a la medida de sus necesidades y eficientes en grado sumo.

Por lo tanto, el adquirir criterios sobre el tema mencionado se hace cada vez más importante.

CONCEPTOS Y DEFINICIONES

CALIDAD

Podría definirse como la capacidad que tiene un bien o servicio para satisfacer las expectativas del usuario, independientemente de las virtudes o defectos del primero.

Cada cual debe definir cuantitativamente que es lo que desea y luego compararlo con lo ofrecido. De esta forma se obtendrán conclusiones de valor con el fin de tomar la solución más acertada para su necesidad.

CALIDAD DEL AIRE COMPRIMIDO

Es el conjunto de propiedades y componentes que puede tener dicho elemento con el fin de satisfacer una necesidad determinada de la mejor forma posible.

FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE AIRE COMPRIMIDO

PRESIÓN

DESCRIPCIÓN

Es justo con el caudal, uno de los componentes de la potencia neumática. Se genera en el compresor y es regulable en él dentro de cierto rango.

EFFECTOS QUE PRODUCE

Una sobre-presión podría ocasionar rotura de los componentes del sistema neumático, causando fugas y por lo tanto, pérdidas de energía.

Por otra parte, una baja de presión altera completamente el funcionamiento de los componentes neumáticos.

CAUSAS QUE ORIGINAN PRESIÓN INADECUADA

Las fugas de aire comprimido o el exceso de consumo, se traduce en caídas de presión.

La forma de la red de aire y su rugosidad interna originan pérdida de energía por fricción, que de nuevo se traducen en caídas de presión.

Por último, el uso inadecuado de accesorios de línea, tales como filtros, trampas, llaves, mangueras y acoples, originan grandes caídas de presión.

Diámetro del agujero		Fuga de aire a 6 bar	Potencia necesaria para su compresión
tamaño real	mm	l/s	kW
	1	1	0.3
	3	10	3.1
	5	27	8.3
	10	105	33

Potencia diámetro de agujero - fuga de aire

CAPITULO III

COMPRESORES DE AIRE

TIPOS Y DESCRIPCIÓN

COMPONENTES Y SISTEMAS DE UN COMPRESOR

FILTRO DE ENTRADA

SISTEMAS DE LUBRICACIÓN

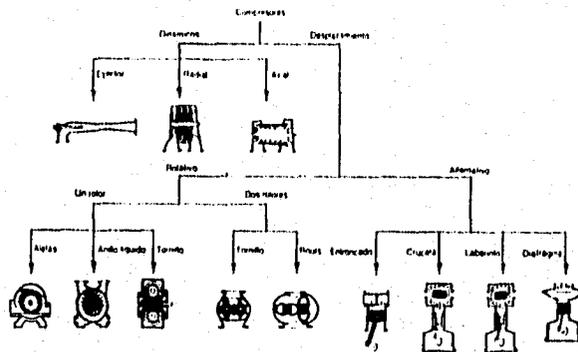
SISTEMAS DE REGULACIÓN

SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

COMPRESORES DE AIRE

TIPOS Y DESCRIPCIÓN

Existe una gran diversidad de equipos para la compresión de aire y otros gases; los principales tipos de compresores, clasificados según su principio de funcionamiento, son mostrados en la figura.



COMPRESORES DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO

Son utilidades donde el incremento de presión se logra introduciendo un volumen de gas en un espacio determinado, que posteriormente es reducido por medios mecánicos.

Los compresores de desplazamiento positivo se dividen a la vez en dos grupos, los reciprocantes y los rotativos.

COMPRESORES RECIPROCANTES

Son los más antiguos y conocidos entre los compresores de desplazamiento positivo.

En estos equipos el elemento principal de compresión es un pistón que se mueve alternativamente dentro de un cilindro, lográndose así la reducción del volumen del gas a comprimir.

Los compresores de pistón pueden ser de simple o doble efecto, según si una o ambas caras del pistón realicen compresión sobre el fluido.

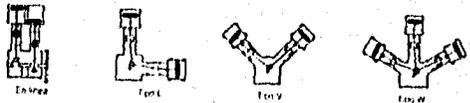
Los de simple efecto comprimen el aire en la parte superior del cilindro y normalmente son del tipo entroncado.

Los de doble efecto requieren un acople mediante crucetas, para procurar que el movimiento del vástago sea lineal, con lo cual puede lograrse una reducción en el largo del pistón, creándose dos cámaras de compresión: una por arriba y otra por debajo del mismo.

Los compresores reciprocantes normalmente tienen válvulas auto-accionadas las cuales abren y cierran según la diferencia de presión que exista a través de ellas.

Otra ventaja de estos equipos, es que son más eficientes para la mayoría de las aplicaciones, pudiendo ser instalados con equipos de control de capacidad para mantener su eficiencia a cargas parciales.

Doble efecto (tipo de cruceta)



COMPRESORES DE PISTÓN LIBRE

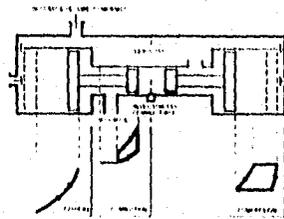
Se trata de un arreglo especial, en donde el compresor se encuentra integrado a un motor diesel de manera tal que no existe conexión mecánica alguna. En principio, se trata de un diseño sencillo, pero en la práctica, el diseño es sumamente complicado debido a la necesidad de sincronismo de los pistones, y de un sistema de arranque.

El principio de operación de estos equipos es el siguiente:

Haciendo uso del aire comprimido se logra el movimiento hacia dentro de los dos pistones, comprimiéndose el aire contenido en la cámara de combustión. Cuando los pistones se encuentran cerca del punto muerto inferior, se inyecta el combustible, produciéndose la combustión por efecto de la temperatura.

Al incrementarse bruscamente la presión en la cámara de combustión, los pistones son forzados hacia afuera, obteniéndose la compresión del aire en las cámaras de compresión.

**COMPRESOR DE
PISTÓN LIBRE**

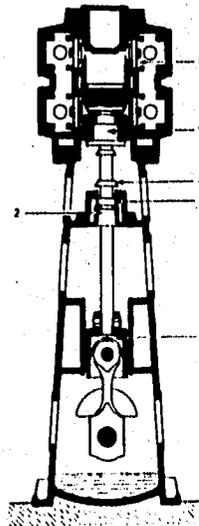


COMPRESOR TIPO LABERINTO

Este es un tipo especial de compresor de desplazamiento positivo que trabaja sin anillos en el pistón y suministra aire exento de aceite.

El sello entre el pistón y el cilindro se logra con una serie de laberintos. Los pistones en su superficie llevan mecanizada una rosca cuyas crestas crean remolinos de aire que bloquean las fugas.

**COMPRESOR DE LABERINTO
DOBLE EFECTO**
1.- CRUCETA
2.- COJINETE GUÍA
3.- RASCADOR DE ACEITE
4.- ANILLO RETÉN
5.- EMPAQUETADURAS
6.- VÁLVULAS DE DISCO



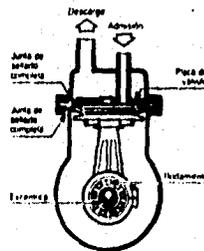
COMPRESORES DE DIAFRAGMA

Este es un tipo de compresor libre de aceite, en donde el elemento principal de compresión es una membrana flexible en lugar de un pistón. El diafragma o membrana puede ser actuado mecánica o hidráulicamente.

En el primer caso el movimiento de la membrana se logra directamente a través de una varilla que conecta la membrana con el cigüeñal. en el segundo, el acople se hace por medio de un fluido tal como aceite, fluorocarbonos inertes o agua jabonosa.

La presión hidráulica alternativa, que origina el movimiento de la membrana es producida por una bomba de pistón.

COMPRESOR DE DIAFRAGMA



COMPRESORES ROTATIVOS

COMPRESORES DE ALETAS

Son máquinas que tienen aletas dispuestas en ranuras axiales sobre un rotor montado excéntricamente dentro de una carcasa cilíndrica.

El principio de funcionamiento de estos compresores es el siguiente:

Cuando el rotor gira las aletas se pegan contra la carcaza por acción de la fuerza centrífuga, sellándose así el espacio entre dos aletas consecutivas.

El aire entra al compresor cuando el volumen entre dos aletas es máximo: luego a medida que el rotor gira, el volumen decrece por efecto de la excentricidad. El aire se comprime a medida que es desplazado hasta la descarga.

Este principio de funcionamiento es también utilizado en los motores de aire, pero de manera inversa.

COMPRESORES DE ANILLO LIQUIDO

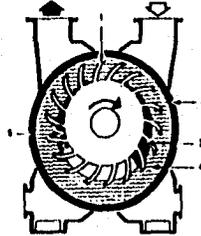
Son compresores exentos de aceite y sin válvulas, con relación de compresión fija.

Este tipo de compresores están constituidos por un rotor con alabes fijos, montados excéntricamente dentro de una cámara circular de manera similar a los compresores de aletas deslizantes.

El cilindro está parcialmente lleno de un líquido que durante el funcionamiento y por la acción de la fuerza centrífuga es proyectado contra las paredes del cilindro, formándose un anillo líquido que presenta respecto al rotor la misma excentricidad que la carcaza. La compresión del gas se logra por la reducción del volumen entre dos alabes actuando el líquido como sello.

La refrigeración de estos compresores es directa debido al íntimo contacto entre el gas y el líquido pudiéndose mantener la temperatura de descarga muy próxima a la de entrada del líquido. Sin embargo el gas se encuentra saturado con el líquido del anillo, a la temperatura de descarga.

Compresor de anillo líquido



- 1.- IMPULSOR (ÁLBE)
- 2.- CARCASA
- 3.- ASPIRACIÓN
- 4.- LÍQUIDO DE TRABAJO
- 5.- DESCARGA

COMPRESORES DE TORNILLO

Son máquinas donde los rotores helicoidales engranados entre si y ubicados dentro de una carcasa comprimen y desplazan el gas hacia la descarga.

Los lóbulos de los dos rotores no son iguales los del macho o rotor principal son de forma tal que se ajustan en las cavidades de la hembra o rotor conducido.

Los rotores pueden no tener el mismo número de lóbulos. Por lo general el rotor principal tiene menos lóbulos y por ello opera a mayor velocidad.

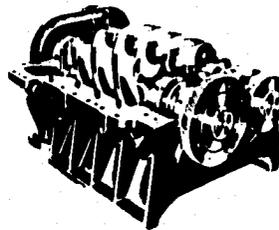
El principio de funcionamiento de estos compresores puede entenderse más fácilmente con la ayuda de la figura donde se muestra cómo inicialmente el aire llena el espacio entre los dos lóbulos y a medida que los rotores giran el volumen entre los rotores disminuye obteniéndose progresivamente la compresión deseada.

La carencia de válvulas de aspiración y descarga y la inexistencia de fuerzas mecánicas desequilibradoras, hacen que el compresor de tornillo pueda funcionar a elevadas velocidades.

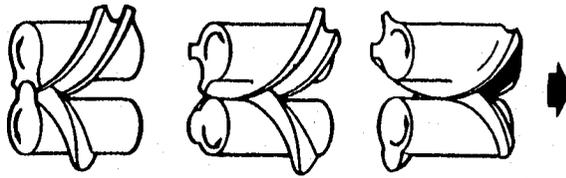
En consecuencia, combina una elevada capacidad con reducidas dimensiones. Los compresores de tornillos el tipo seco utilizan engranajes de sincronización externos para los rotores macho y hembra. Al no haber contacto entre rotores ni entre estos y la carcasa no se necesita ningún tipo de lubricación dentro de la cámara de compresión. El aire suministrado es exento de aceite.

Para mantener el rendimiento del compresor en pequeñas capacidades se necesitan velocidades de eje muy elevadas. Sin embargo inyectando aceite en la cámara de compresión se pueden utilizar velocidades más reducidas. El aceite inyectado cumple tres funciones:

- Cerrar las holguras internas**
- Enfriar el aire durante la compresión**
- Lubricar los rotores**



Cámara compresora de tornillos lubricados



Principio de funcionamiento de los compresores de tornillo

COMPRESORES DE LOBULOS

Estos compresores son máquinas de desplazamiento sin válvula de aspiración o descarga. Estos no producen compresión interna. La compresión tiene lugar en un tanque posterior debido a las sucesivas entregas de aire.

Esto restringe su uso a sopladores y máquinas de bajas relaciones de compresión (aprox. 2).

Usualmente operan como máquinas de una sola etapa pero pueden obtenerse versiones de 2 y 3 etapas.



Principio de funcionamiento de un compresor de lóbulos

COMPRESORES DINÁMICOS

Son máquinas de flujo continuo en donde se transforma la energía cinética (velocidad) en presión.

COMPRESORES CENTRÍFUGOS

Compresores centrífugos radiales: En estos compresores el flujo del gas es esencialmente radial.

Estos componentes están constituidos por uno o más rodetes y un número de pasajes divergentes fijos a la carcasa, denominados difusores en donde el fluido es desacelerado.

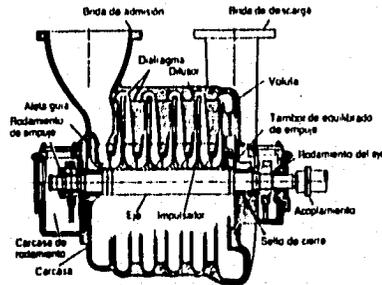
El principio de funcionamiento de estos compresores es el siguiente: El gas a ser comprimido entra por el centro de una rueda giratoria provista con alabes radiales (rodetes o impulsor), los cuales lanzan el gas hacia la periferia mediante la fuerza centrífuga.

Antes de ser guiado el gas hacia el centro del siguiente impulsor se le hace pasar por un difusor que transforma la energía cinética en presión.

La relación de compresión por etapa se determina en función de los cambios de velocidad y densidad experimentados por el fluido.

Los compresores radiales se adaptan bien a la refrigeración intermedia en cada etapa o a cada grupo de ellas con lo cual el proceso se hace más isotérmico con la consiguiente mejora de rendimiento. Los refrigeradores son más voluminosos debido a que estos compresores son muy sensibles a la caída de presión.

Los compresores radiales por debajo de 4 bar de presión efectiva, normalmente no se refrigeran. Las velocidades de funcionamiento son altas en comparación con otros compresores: Las unidades comerciales operan en su mayoría a unas 20,000 revoluciones por minuto con fuerte tendencia a aumentar.



CORTE DE UN COMPRESOR RADIAL

COMPRESORES AXIALES

Estos compresores se caracterizan porque el flujo sigue la dirección de su eje.

El compresor está formado por filas alternadas de alabes móviles y alabes fijos. Los alabes móviles se encuentran dispuestos radialmente en su rotor, mientras que los fijos son solidarios al estator.

Tanto los alabes fijos como los alabes móviles tienen forma aerodinámica. El conjunto de una fila de alabes móviles y otra de alabes fijos es denominado "etapa".

El principio de funcionamiento de estos equipos es el siguiente: Los alabes móviles imparten velocidad y presión al fluido al girar el rotor luego en los alabes fijos la velocidad es convertida en presión por expansión, de manera similar a como ocurre en los compresores radiales.

El incremento de presión por etapa es por lo general relativamente pequeño; por ello para obtener relaciones de compresión altas, se requiere de un considerable número de etapas.

Mientras que los compresores radiales suministran prácticamente flujo a presión constante dentro de un amplio rango de caudales los compresores axiales presentan una característica de caudal constante para presiones variables.

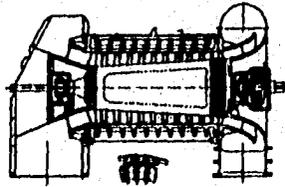
Los compresores axiales, debido a su pequeño diámetro funcionan a mayores velocidades que los radiales para un mismo trabajo. Generalmente el incremento es de un 25%

Con la excepción de los compresores utilizados en los motores de aviación, la relación de compresión máxima para cada unidad queda limitada a 6.

Ello es debido a la dificultad de realizar la refrigeración entre etapas. Normalmente son utilizadas para capacidades superiores a 65 m³/s y presiones efectivas hasta de 14 bar. Algunas aplicaciones típicas de los compresores axiales se muestran a continuación:

Manejo de aire

- * Combustión para turbinas a gas.
- * Túneles de viento.
- * Altos hornos.
- * Ventilación.
- * Agitación de aguas residuales.



Vista seccionada de un compresor axial de nueve etapas con aletas fijas ajustables

Manejo de otros gases

- * Craqueo catalítico.
- * Enfriamiento del gas para reactores atómicos.
- * Petroquímica.
- * Transporte de gas natural.

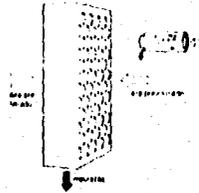
COMPONENTES Y SISTEMAS DE UN COMPRESOR

FILTRO DE ENTRADA

Para asegurar un buen funcionamiento del compresor este deberá llevar siempre un filtro de aspiración eficaz. De otra forma los abrasivos que hay en el aire llegarían a la unidad y podrían causar un desgaste excesivo en los cilindros anillos de pistón, cojinetes, etc.

Un buen filtro de aire deberá cumplir los siguientes requisitos:

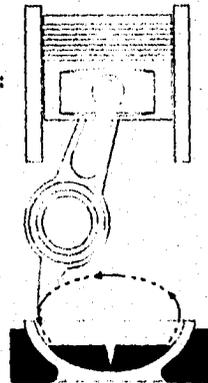
- Gran eficacia de separación.
- Buena capacidad de acumulación.
- Baja resistencia al flujo de aire.
- Construcción robusta.



SISTEMA DE LUBRICACIÓN

Los sistemas de lubricación más comunes para compresores son:

- Lubricación por salpicadura.
- Lubricación por gravedad.
- Lubricación por presión.



LUBRICACIÓN POR SALPICADURA

En su forma más simple la biela lleva un vástago que se sumerge dentro del depósito de aceite.

De esta forma se crea una niebla de aceite que suministra lubricación a las superficies de los cojinetes y de los cilindros.

LUBRICACIÓN POR ANILLO

El aceite es transportado por un anillo desde el fondo del depósito hasta una ranura en el cigüeñal a través de la cual el aceite se distribuye a los diferentes puntos de lubricación.

El anillo se encuentra montado sobre el cigüeñal de manera tal que su parte inferior queda sumergida en el aceite depositado en el cárter.

Al girar el cigüeñal este conduce el anillo por efecto de la fricción. La fuerza centrífuga creada, comunica al aceite la suficiente presión para que este alcance los puntos de lubricación.

LUBRICACIÓN POR PRESIÓN

El mejor sistema para lubricar las partes móviles de un compresor es por medio de la presión creada por una bomba de lubricación de émbolo o de engranajes. La bomba se diseña siempre con exceso de capacidad de forma que la presión del aceite de lubricación se pueda mantener siempre incluso cuando el compresor está ya muy gastado.

* Buena lubricación en el arranque del compresor.

SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO

En la cámara o en el espacio dedicado a la compresión siempre se generará calor. Parte de este calor proviene del trabajo de compresión el resto es el generado por la fricción entre partes mecánicas y demás irreversibilidades.

El calor generado puede ser considerable sobre todo cuando las relaciones de compresión son medianas o altas pudiéndose alcanzar temperaturas extremas.

La mayoría de los compresores utilizan algún método para disipar parte de este calor reduciéndose tanto la temperatura a la cual se someten los materiales del compresor como la temperatura de salida del gas.

Las ventajas que se obtienen al enfriar los compresores son varias entre ellas podemos mencionar:

- * A menores temperaturas se alarga la vida del compresor y de sus partes componentes.**
- * Reduciendo la temperatura interna del equipo se logra una mejor lubricación lo que significa mayor vida útil y menos costos de mantenimiento.**
- * La refrigeración acerca el proceso de compresión al isotérmico aumentándose la eficiencia de compresión al disminuir la potencia requerida.**

Los sistemas de refrigeración de los compresores pueden clasificarse en dos grupos.

- * Enfriamiento por aire**
- * Enfriamiento por agua**

ENFRIAMIENTO POR AIRE

Siendo el aire ambiental un elemento disponible en cualquier lugar y en cualquier cantidad el enfriamiento por aire es el medio más económico y práctico. Este no contamina y no requiere de sistemas auxiliares especiales para disponer de él una vez que es usado (excepto en algunos casos de ventiladores y ductos). Sin embargo la capacidad de absorción de calor del aire es limitada, por lo cual los equipos de grandes capacidades, que generan grandes cantidades de calor no son eficientemente enfriados por este medio.

ENFRIAMIENTO POR AGUA

El agua tiene mayor capacidad para remover el calor producido en la compresión además podemos regular su caudal y temperatura.

Fundamentalmente existen tres variantes en el enfriamiento por agua:

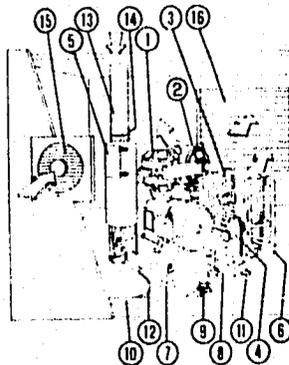
- * Suministro de agua corriente:**

Se toma agua de la fuente confiable más cercana (agua corriente, el mar, un lago, etc.) y se hace circular a través del sistema de enfriamiento del compresor. La extracción del calor depende del caudal y del incremento de la temperatura del agua.

• Usando torres de enfriamiento:

El método es el siguiente. Se emplea un sistema de enfriamiento abierto o cerrado donde el agua caliente que sale del compresor pasa a una torre de enfriamiento. En esta se pulveriza el agua para enfriarla y una vez fría está lista para su empleo nuevamente.

1. El agua fría es bombeada al sistema de enfriamiento del compresor.
2. El agua caliente que sale del compresor pasa a la torre de enfriamiento.
3. En la torre de enfriamiento el agua es pulverizada y se enfría.
4. El agua fría es bombeada de nuevo al sistema de enfriamiento del compresor.
5. El agua caliente que sale del compresor pasa a la torre de enfriamiento.
6. En la torre de enfriamiento el agua es pulverizada y se enfría.
7. El agua fría es bombeada de nuevo al sistema de enfriamiento del compresor.
8. El agua caliente que sale del compresor pasa a la torre de enfriamiento.
9. En la torre de enfriamiento el agua es pulverizada y se enfría.
10. El agua fría es bombeada de nuevo al sistema de enfriamiento del compresor.
11. El agua caliente que sale del compresor pasa a la torre de enfriamiento.
12. En la torre de enfriamiento el agua es pulverizada y se enfría.
13. El agua fría es bombeada de nuevo al sistema de enfriamiento del compresor.
14. El agua caliente que sale del compresor pasa a la torre de enfriamiento.
15. En la torre de enfriamiento el agua es pulverizada y se enfría.
16. El agua fría es bombeada de nuevo al sistema de enfriamiento del compresor.



1. Condensador
2. Evaporador
3. Compresor
4. Válvula de expansión
5. Entrada de agua
6. Salida de agua
7. Entrada de aire
8. Salida de aire
9. Ventilador
10. Bomba
11. Tanque de agua
12. Bomba de agua
13. Filtro de agua
14. Válvula de agua
15. Medidor de agua
16. Manómetro de agua

CAPITULO IV

SELECCIÓN E INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE COMPRESORES DE AIRE

SELECCIÓN DE COMPRESORES

CRITERIOS TÉCNICOS/ECONÓMICOS

INSTALACIÓN CENTRALIZADA O DESCENTRALIZADA

CANTIDAD DE UNIDADES COMPRESORAS

LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA COMPRESORA

LA PLANTA COMPRESORA

EL LOCAL

LAS BASES

SISTEMAS AUXILIARES

VENTILACIÓN

IMPORTANCIA

SELECCIÓN DEL COMPRESOR

En la selección de un compresor se debe hacer una confrontación entre los factores técnicos y económicos de los equipos en función de las características de la aplicación y las posibilidades del comprador. Aunque en cada caso de selección los parámetros varían.

FACTORES TÉCNICOS

- * **Tipo de compresor: tornillo, pistón, etc. lubricado/exento de aceite.**
- * **Tipo de arreglo: ver arreglo o disposición de equipos.**
- * **Calidad de aire: punto de rocío permitido, polvo, etc.**
- * **Tipo de enfriamiento: aire o agua.**
- * **Regulación: porcentaje de uso del equipo**
- * **Presión**
- * **Caudal**
- * **Servicios disponibles**
- * **Lugar de instalación**
- * **Tipo de aplicación**

FACTORES ECONÓMICOS

a) Costos de Instalación (costos fijos)

Precio del Equipo:

Este debe ser el más económico, que cumpla con las necesidades técnicas y de calidad requeridos:

Espacio Requerido:

El diseño compacto del compresor y de su equipo auxiliar implica menor necesidad de espacio, lo cual reduce los costos.

Peso:

A menor peso y fuerzas desbalanceadoras, menor costo en fundaciones y anclajes.

Instalación sencilla:

Reduce el tiempo y los costos de instalación.

Equipo eléctrico normalizado:

Los compresores diseñados para usar motores, arrancadores y sistema de control normalizado, contribuye a disminuir los costos de compra.

ESTA
SALA DE
TESTES
DE
MANTENIM

b) Costos de Operación (costos variables).

Costos de Energía:

A mayor grado de eficiencia del compresor, menor será su requerimiento de energía (Hp/m/min de aire)

Costos de Mantenimiento:

Partes sencillas de fácil reemplazo con costo moderado, hacen que el costo de mantenimiento disminuya.

Agua de Enfriamiento:

En algunos casos el costo y disponibilidad de agua de enfriamiento es de gran importancia en la selección del compresor.

Costo de Supervisión:

La lubricación, trampa de condensado, regulación automática y suficiente dispositivos de seguridad y control, hacen la supervisión del compresor mínima.

INSTALACIÓN DE SISTEMAS DE COMPRESIÓN DE AIRE

INSTALACIÓN CENTRALIZADA O DESCENTRALIZADA

CENTRALIZADA

En general, es la recomendada. Con ella se obtiene ahorros tanto iniciales como continuos de todo tipo.

DESCENTRALIZADA

Sólo se recomienda en casos especiales, donde las distancias entre los puntos son muy largas, se necesitan calidades de aire diferentes o se desea un mejor control sobre la red de aire comprimido.

CANTIDADES DE UNIDADES COMPRESORAS

Su número depende de factores tales como la cantidad a invertir inicialmente, el tipo de industria, el consumo y factores técnicos propios del equipo. Cuando se tiene una cantidad limitada para inversión, se tiende siempre a escoger una sola unidad grande debido a los ahorros iniciales de todo tipo.

Pero también hay que tomar en cuenta el tipo de industria. Si la unidad se detiene, puede ser que las pérdidas ocasionadas sean comparables al ahorro en la inversión inicial. Por otro lado, en caso de trabajo reducido en turnos o días secundarios, el poder accionar tan sólo la unidad que se necesite de acuerdo al consumo, permite ahorrar energía y efectuar mantenimientos programados.

LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA COMPRESORA

NO debe estar cerca de fuentes de calor (calderas, motores de combustión, etc.) ni de polvo (depósitos, caminos, procesos, etc.)

SI debe estar cerca de las fuentes de servicio, (electricidad, agua, enfriamiento, etc.) y de las de consumo así como tener la mayor comodidad para inspección y mantenimiento (buena iluminación, espacios laterales y superiores amplios, etc.)

LA PLANTA COMPRESORA

EL LOCAL

Depende de mucho de las condiciones ambientales, tipo de industria y compresor.

Si las condiciones ambientales lo permiten, el local debe ser lo más abierto y ventilado posible, construido de materiales refractarios y fáciles de modificar.

Según el compresor se necesitará toda una sala especial para su instalación o tan sólo un pequeño espacio dentro de la misma fábrica, en el caso de los tipo paquete isonorizado.

LAS BASES

Estas dependen en su totalidad del tipo de compresor.

Los del tipo tornillos y paletas no originan vibraciones y pueden ser empernados sobre una base de concreto firme y nivelada. Si es posible, levantada unos centímetros del piso, pero sin necesidad de estar calculada para otras cargas que no sea el peso estático del equipo.

SISTEMAS AUXILIARES

Por ellos se entienden sistemas tales como el de potencia eléctrica, de agua de enfriamiento, grúa y otros necesarios para la operación y mantenimiento del equipo.

Todos ellos deben ser independientes y únicos para cada compresor llegar al pie de los mismos en forma simple, debidamente protegidos y en lo posible acoplarse flexiblemente al compresor en si.

VENTILACIÓN

IMPORTANCIA

El diseño de los compresores exige unos límites de temperatura ambiente para poder rendir su máxima eficiencia.

En general el valor se encuentra entre los 40 y 45 °C. Por otra parte, por cada 3°C de temperatura el aire varía su densidad en aprox. un 1% por lo que el caudal de un compresor se verá afectado en igual porcentaje.

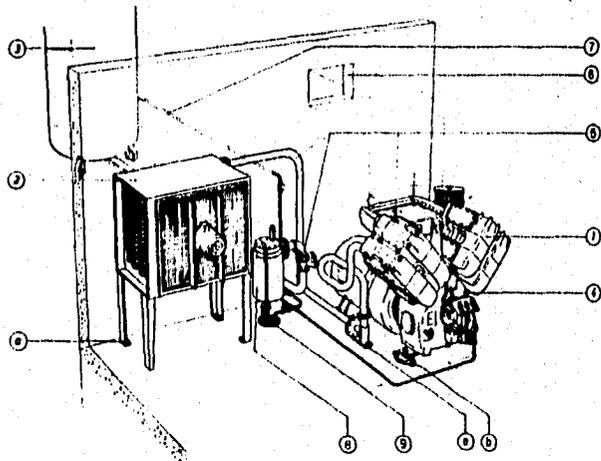
BALANCE DE CALOR

Basándose en que el proceso de compresión se asemeja a uno isotérmico y según la primera Ley de la Termodinámica, podemos decir que TODA la energía absorbida por el compresor (potencia al eje), se transforma en calor durante el proceso de compresión.

INSTALACION

- 1 Compresor de aire
- 2 Post-enfriador aire-aire
- 3 Tanque de aire comprimido
- 4 Sistema de regulacion neumática tipo carga-descarga
- 5 Tuberas de descarga

- 6 Ducto de salida del aire caliente del interenfriador
- 7 Tubería neumática de control
- 8 Trampa de condensado automática
- 9 Tanquilla de drenaje
 - a) fijación simple al piso
 - b) cojinetes antivibratorios



CONCLUSIONES

Con el desarrollo de esta tesina se ha buscado como objetivo principal tener un buen resultado en lo que respecta al aire comprimido, así como la descripción y principio de funcionamiento de los diferentes tipos de compresores.

Se trato de denotrar la importancia y el beneficio de tan importante fuente de energía como es el aire comprimido.

Después de haber numerado y desglosado todos los datos necesarios, como fueron los conceptos de física general, los principios termodinámicos, hasta llegar a la calidad y a la importancia del aire comprimido hemos llegado a concluir, que existe una gran diversidad de equipos para la compresión del aire y de otros gases clasificando los principales tipos de compresores en su principio de funcionamiento.

En el estudio de selección de los compresores se ha tomado en cuenta una confrontación entre los factores técnicos y económicos de los equipos en función de sus características, pero se debe tener en cuenta que en cada caso de selección los parámetros varían.

BIBLIOGRAFÍA

▪ **MECÁNICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRÁULICAS**

CLAUDIO MATAIX

ED. HARLA

▪ **FUNDAMENTOS DE TERMODINÁMICA**

GORDON VAN WYLEN

ED. LIMUSA

▪ **MECÁNICA DE FLUIDO**

MASSEY

ED. C.E.C.S.A.

▪ **AIRE COMPRIMIDO**

CARNICER ROYO E.

BARCELONA G. GILI

• **COMPRESORES**

GREENE RICHARD W.

ED. MC GRAW HILL

• **AIRE COMPRIMIDO**

JORDONA SOLER

ED. DOSSAT

• **INGENIERÍA DE PROYECTOS**

RASE Y BARROW

ED. C.E.C.S.A.

• **MANUEL DEL INGENIERO**

BAUMEISTER

ED. MC GRAW HILL

• **COMPRESSED AIR GAS DATA INGER SOLL**

CHARLES W. GIBBS

RAND COMPANY