



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



**FACULTAD
DE INGENIERÍA**

COMPRESORES

**CURSO PARA ASPIRANTES A OPERADOR DE REFINERIA DE
PETRÓLEO**

2023

Ing. Héctor A. Perez

Compresores y sus Instalaciones

OBJETIVO: responder las siguientes preguntas

- Qué es un compresor?
- Para que sirve?
- Qué tipos existen?
- Que exigencias tiene la máquina?
- Que exigencias tiene la instalación?
- Cómo se selecciona?

¿ Qué es un compresor?

Los compresores se utilizan siempre que sea necesario hacer fluir un gas desde un sistema de baja presión a un sistema de alta presión.

Funcionan agregando trabajo a un gas para aumentar la presión de ese gas a medida que fluye a través de ellos.

Es un equipo industrial que aspira un gas (aire, O_2 , CH_4 , NH_3 , etc.) y por medio de un trabajo lo lleva de un estado de menor presión a otro de mayor presión produciendo un cambio en su volumen.

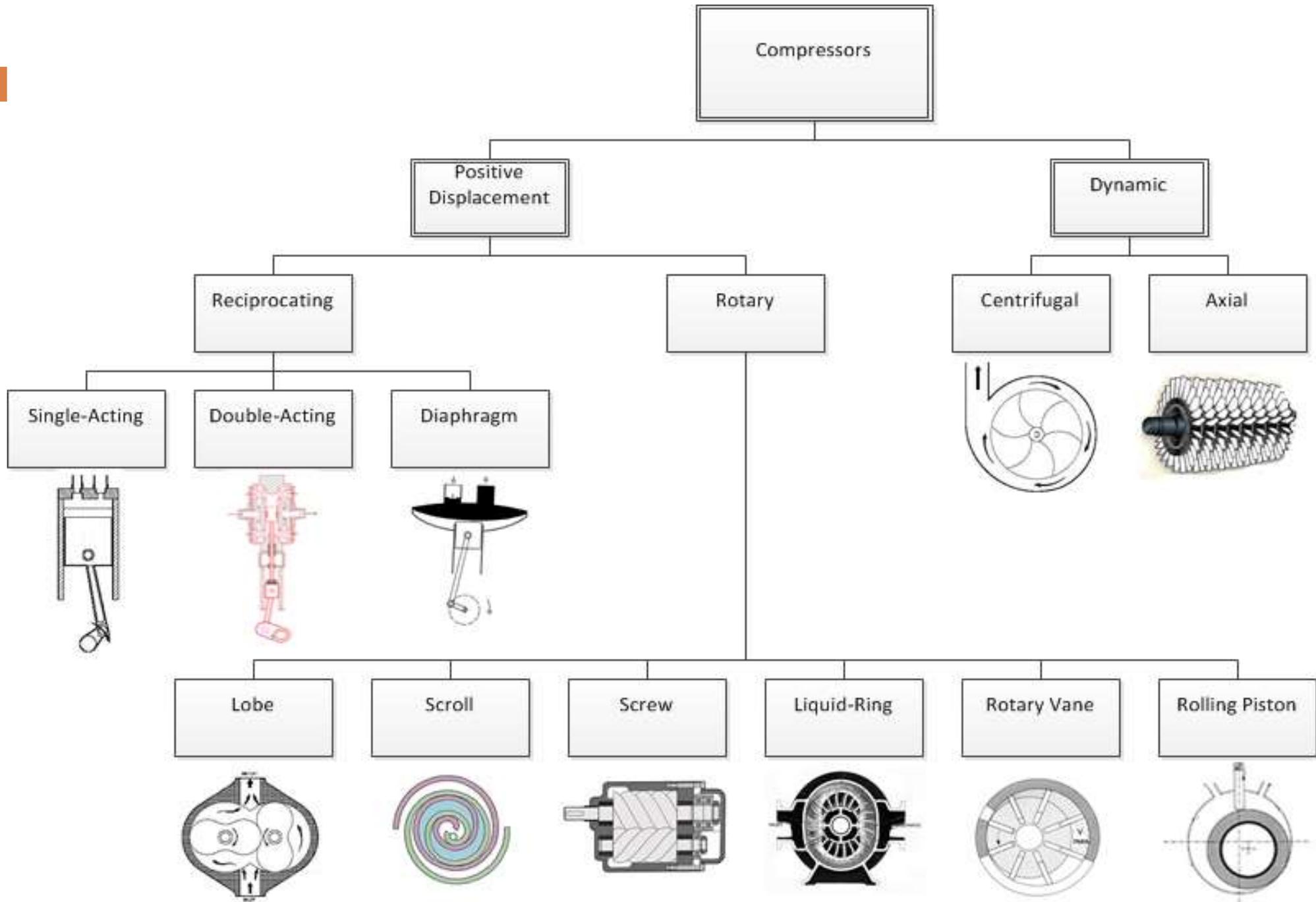
¿ Qué es un compresor?

Se utilizan en muchas aplicaciones diferentes desde artículos cotidianos, aspiradoras - sopladoras, automóviles, aire acondicionado hasta compresores de gran escala industrial en procesamiento en la industria química, petróleo, propulsión de motores a reacción y procesamiento y transporte de gas natural.

Están separados en 2 grandes grupos o familias:

- ❖ Compresores de desplazamiento Positivo
- ❖ Compresores Dinámicos

Clasificación



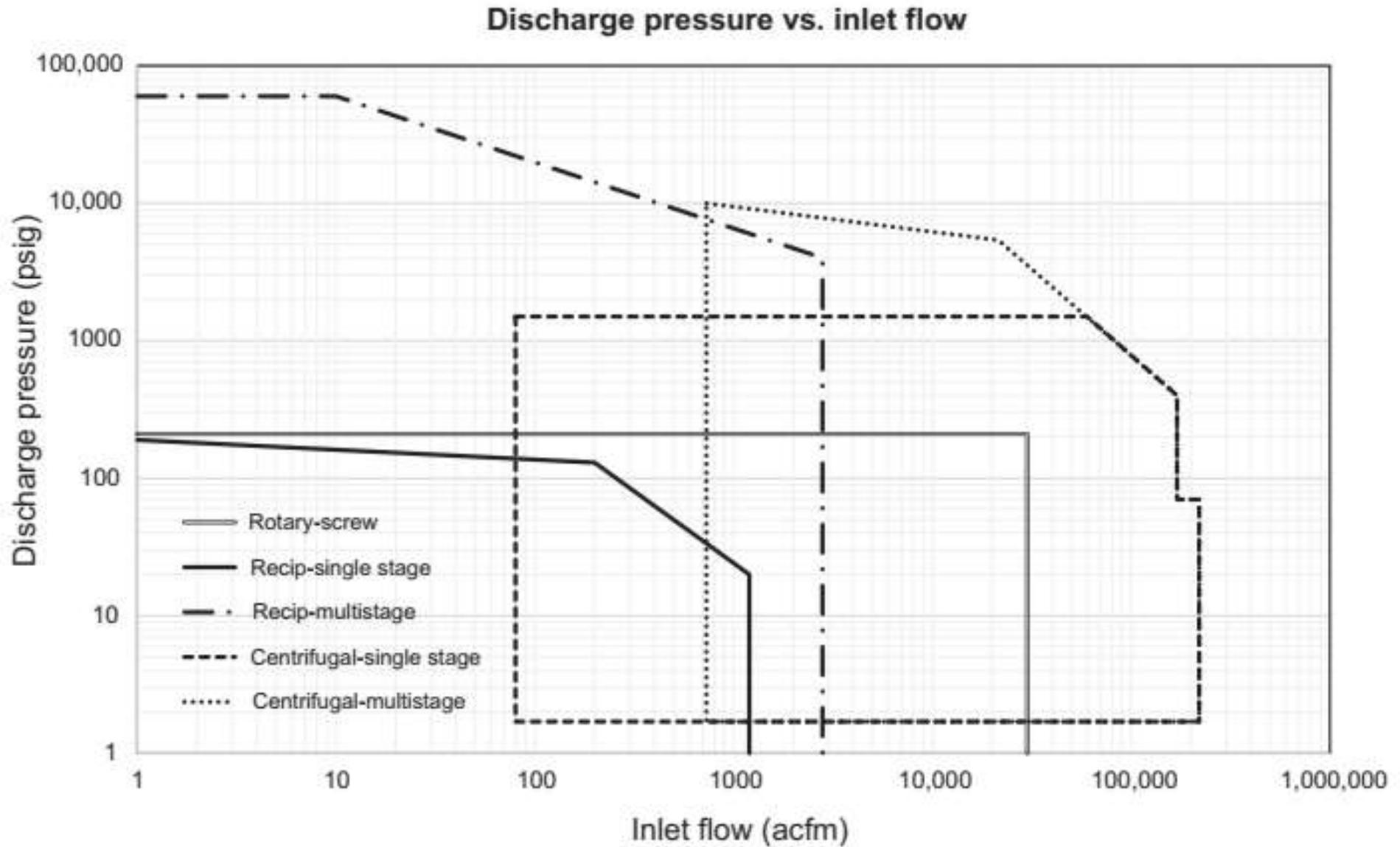
❖ Compresores de desplazamiento Positivo

Los compresores de desplazamiento positivo funcionan disminuyendo el volumen de un gas en un volumen atrapado. Porque operan en un volumen atrapado de fluido, las máquinas de desplazamiento positivo operan en distintas partes del fluido a la vez; como tal su comportamiento mecánico, velocidad de operación, etc., es muy diferente al de las máquinas dinámicas. Los ejemplos de compresores de este tipo incluyen compresores alternativos, compresores de tornillo y compresores scroll.

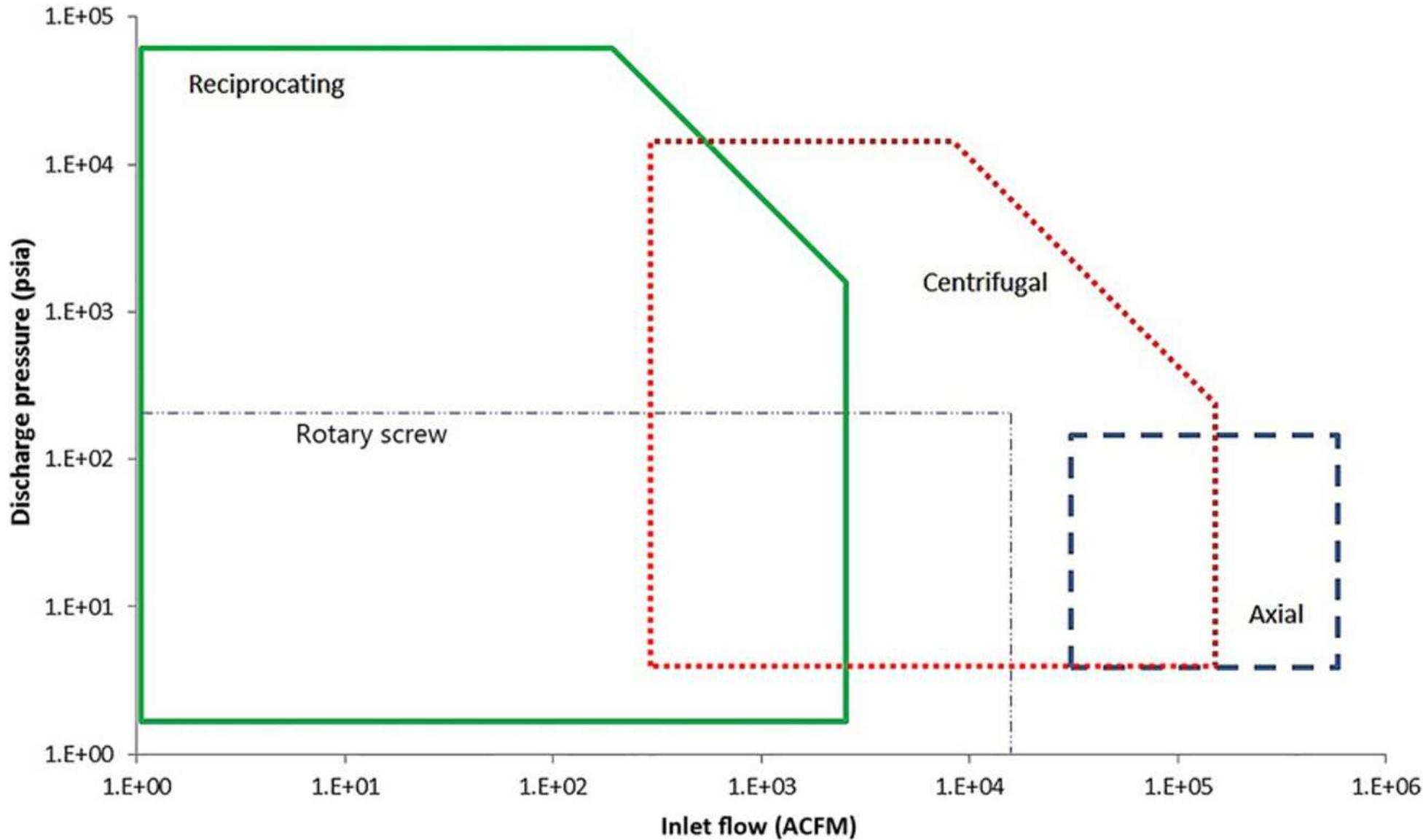
❖ Compresores Dinámicos

Los compresores dinámicos funcionan aumentando continuamente el impulso de un gas a medida que fluye a través de ellos y no lo confinan en un volumen atrapado. Ejemplos de este tipo incluyen compresores centrífugos (también llamados radiales), compresores axiales y compresores de flujo mixto. Las principales distinciones entre estas categorías provienen de cómo entra y sale el fluido de la máquina. En una máquina centrífuga, el fluido fluye hacia la máquina paralela al eje de rotación y fuera de la máquina radial o perpendicular al eje de rotación.

Rangos de Aplicación



Rangos de Aplicación



Estados de la Materia

- **Gas:** Desorden total. Libertad de movimiento. Mucho espacio libre. Partículas apartadas
- **Líquido:** Desorden total. Partículas o grupos son libres de movimiento respecto de otras. Espacio libre. Partículas cercanas
- **Sólido:** Ordenadas. Se mantienen Fijas. Partículas muy cercanas.

Cambios de Estado de la Materia

□ Cambios Químicos de Estado. Ej.:

■ Agua  Peróxido de Hidrógeno

□ Cambios Físicos de Estado. Ej.:

■ Agua  Vapor

■ Agua  Hielo

Leyes de los Gases

- Principio de Bernoulli
- Ley de Boyle
- Ley de Charles
- Ley de Guy – Loussac
- Ley de los Gases Ideales

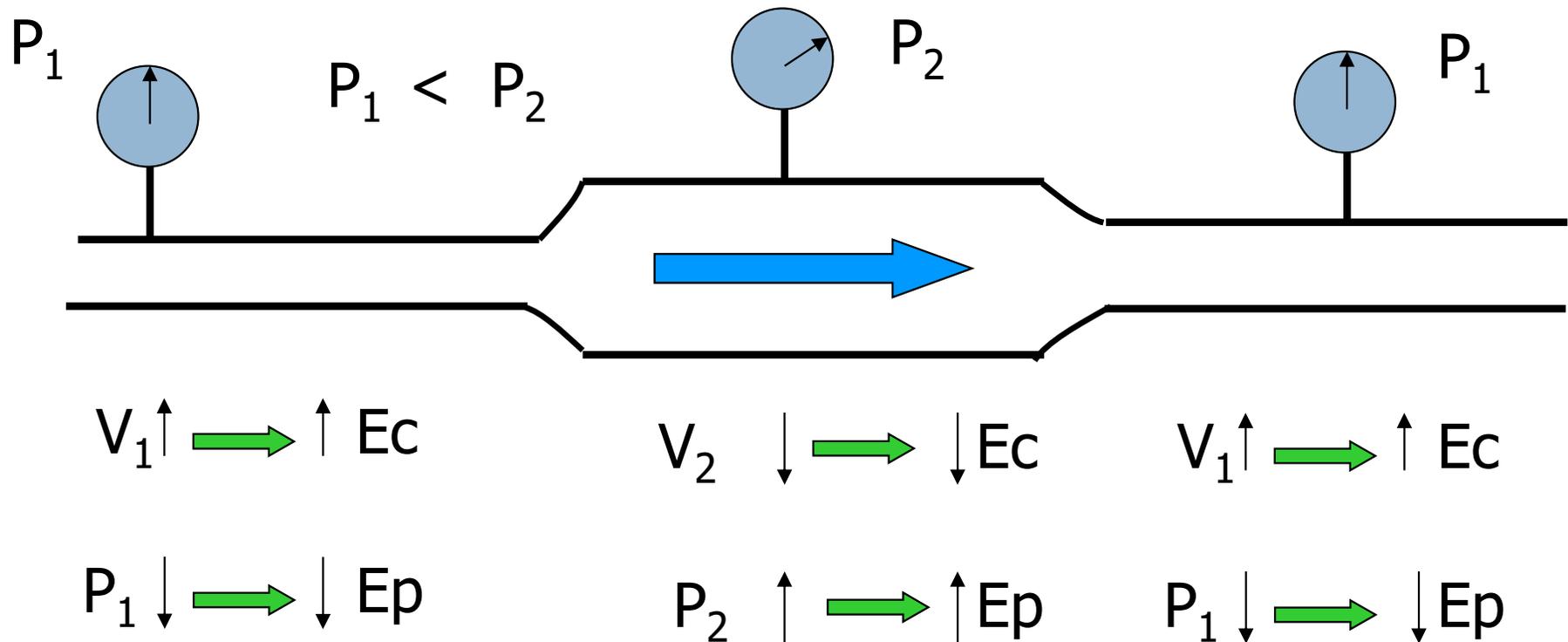
Variables Involucradas

- Presión
- Temperatura
- Volumen
- N^o de Moles

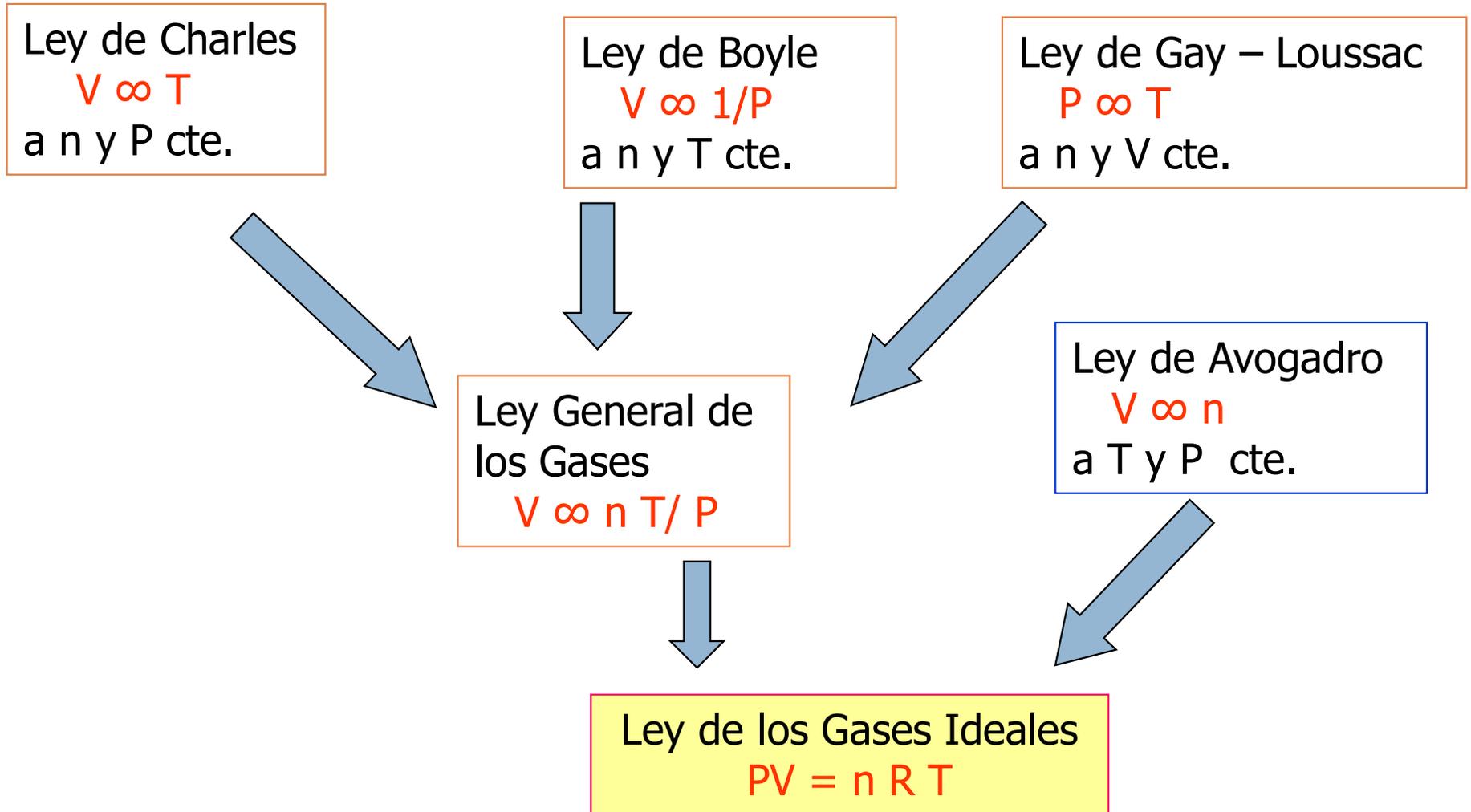
Leyes de los Gases

- Principio de Bernoulli

En un sistema con flujo Cte., la energía se transforma de una a otra a lo largo de los cambios de sección de la tubería



Leyes de los Gases



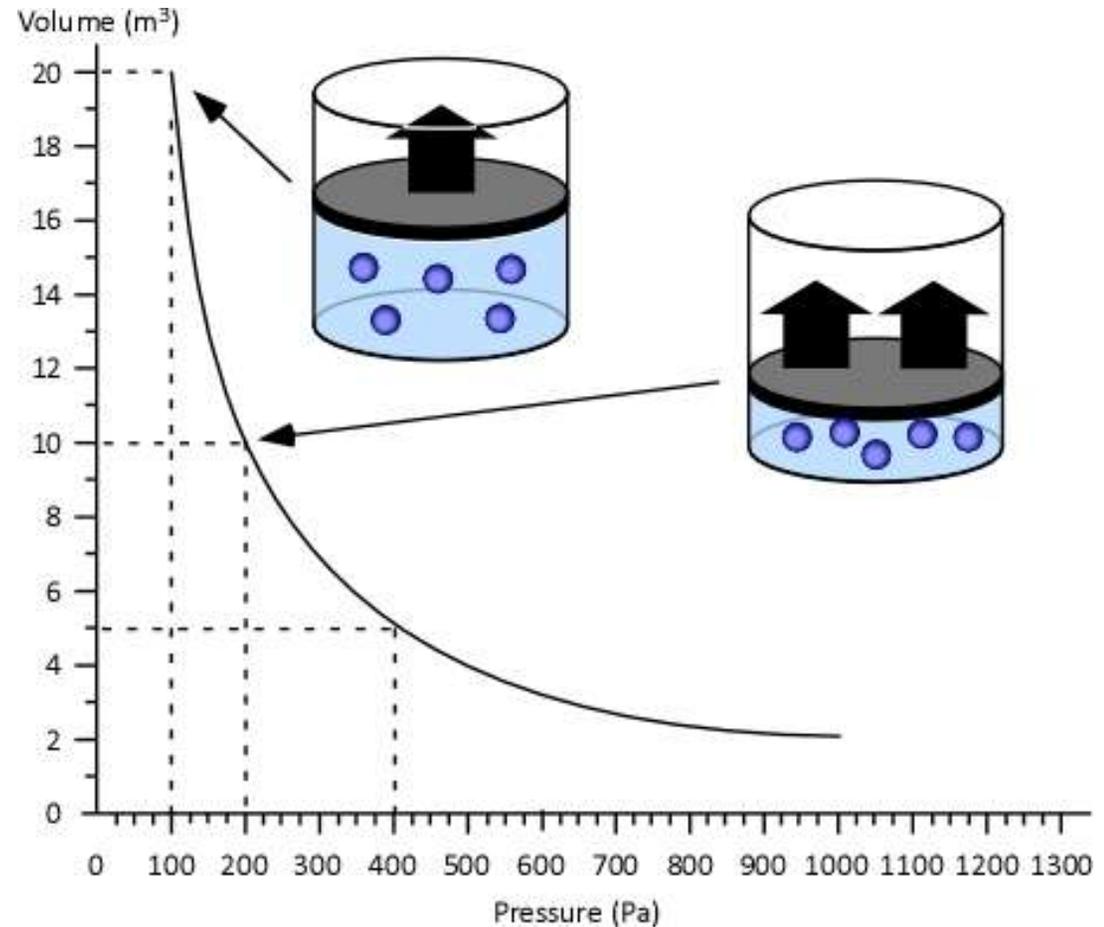
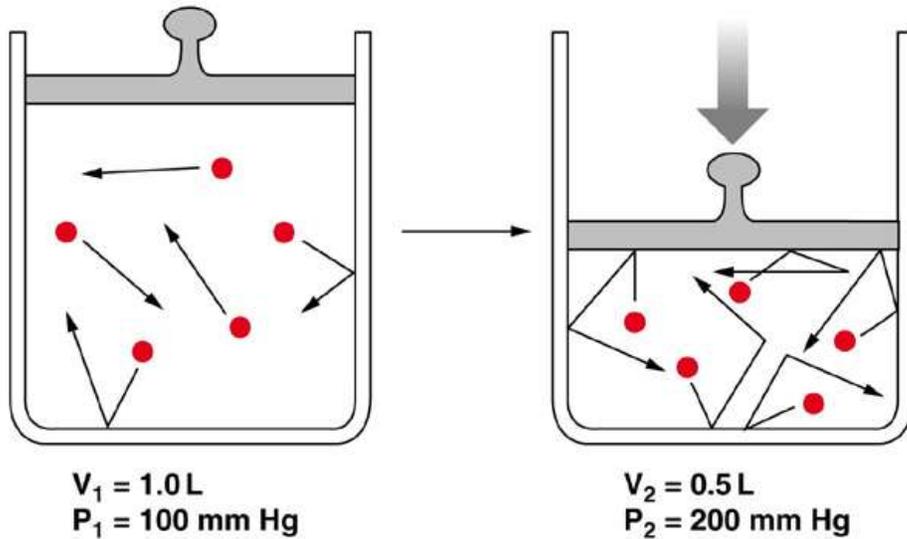
Leyes de los Gases

Ley de Boyle $V \propto 1/P$
a n y $T = \text{cte.}$

La P absoluta es **inversamente proporcional** al Volumen

Boyle's Law: $P_1V_1 = P_2V_2$

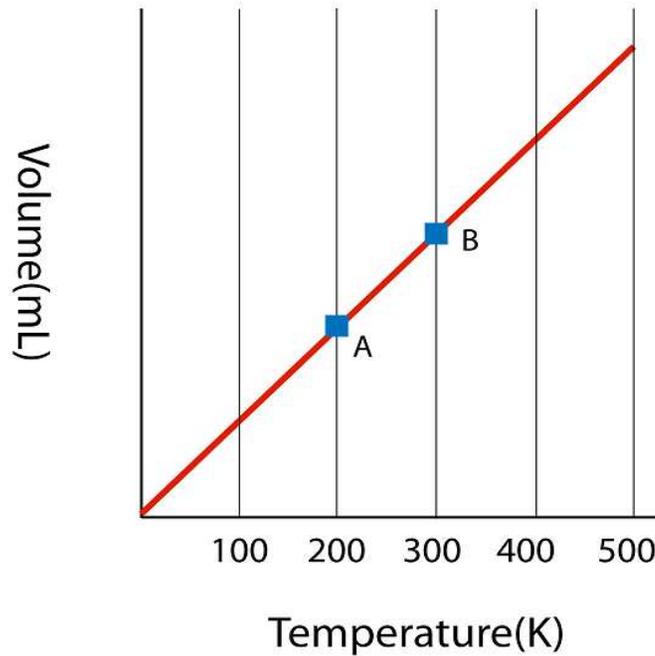
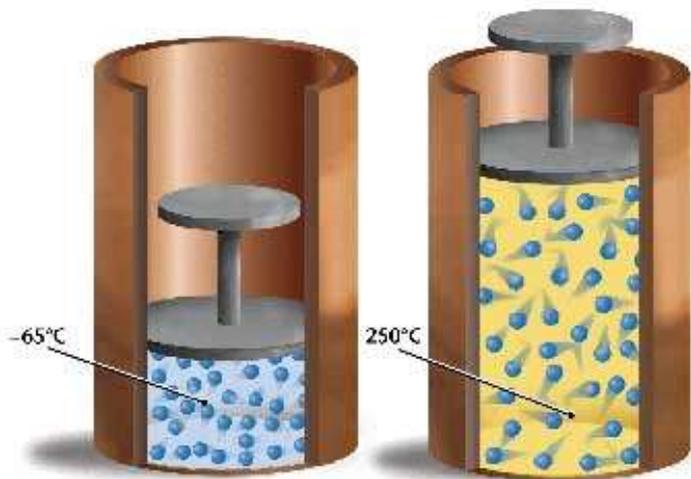
Decreasing volume increases collisions and increases pressure.



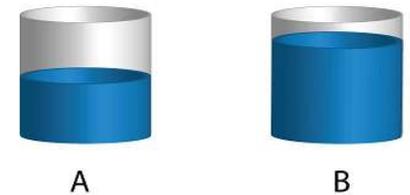
Leyes de los Gases

Ley de Charles $V \propto T$
a n y P = cte.

Charles's Law



As Temperature increases, Volume increases (linear graph)

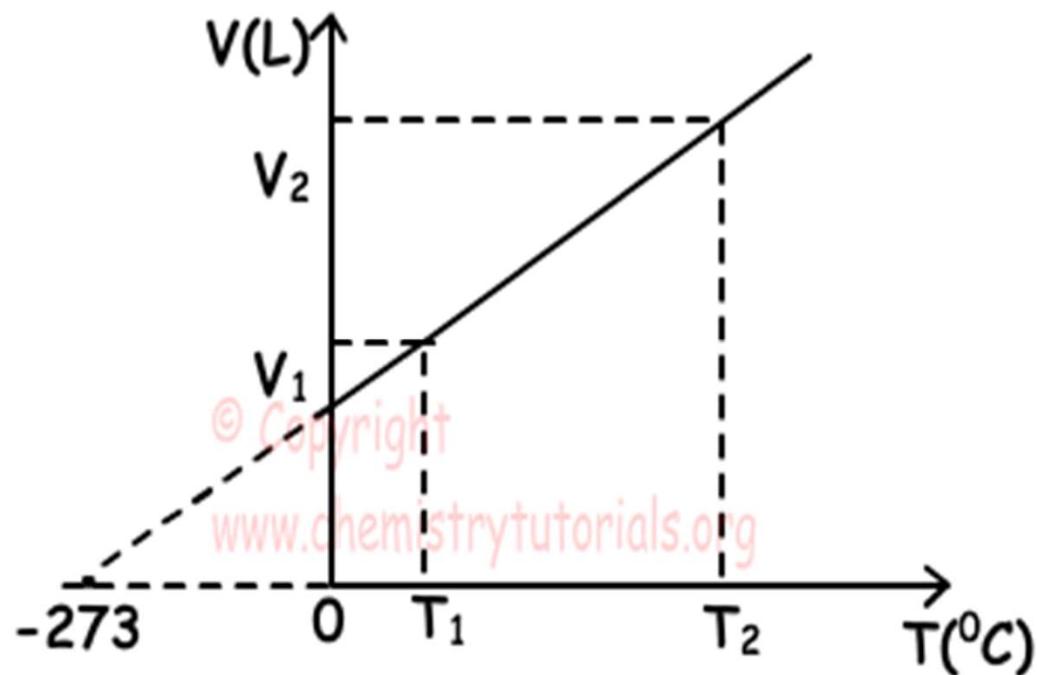
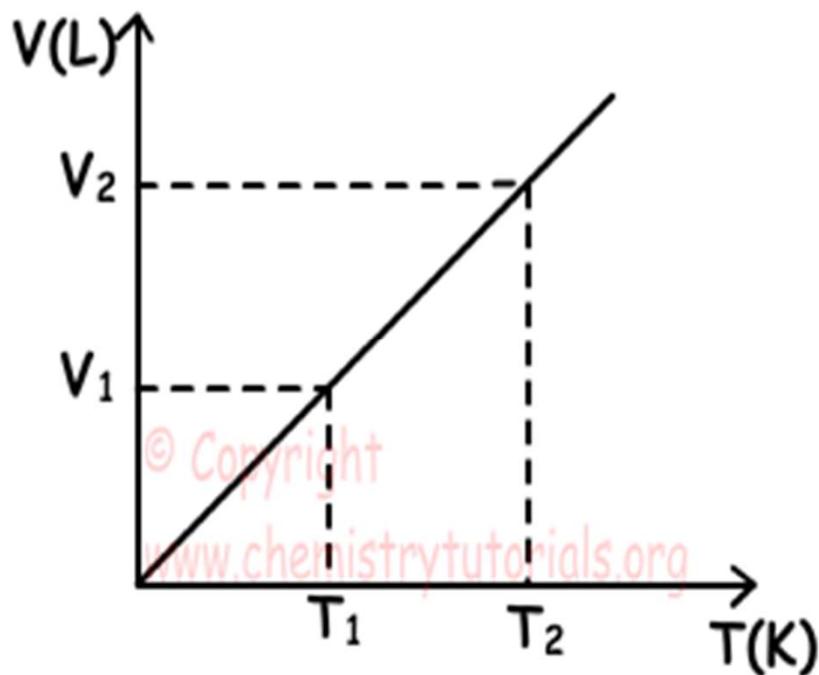


Leyes de los Gases

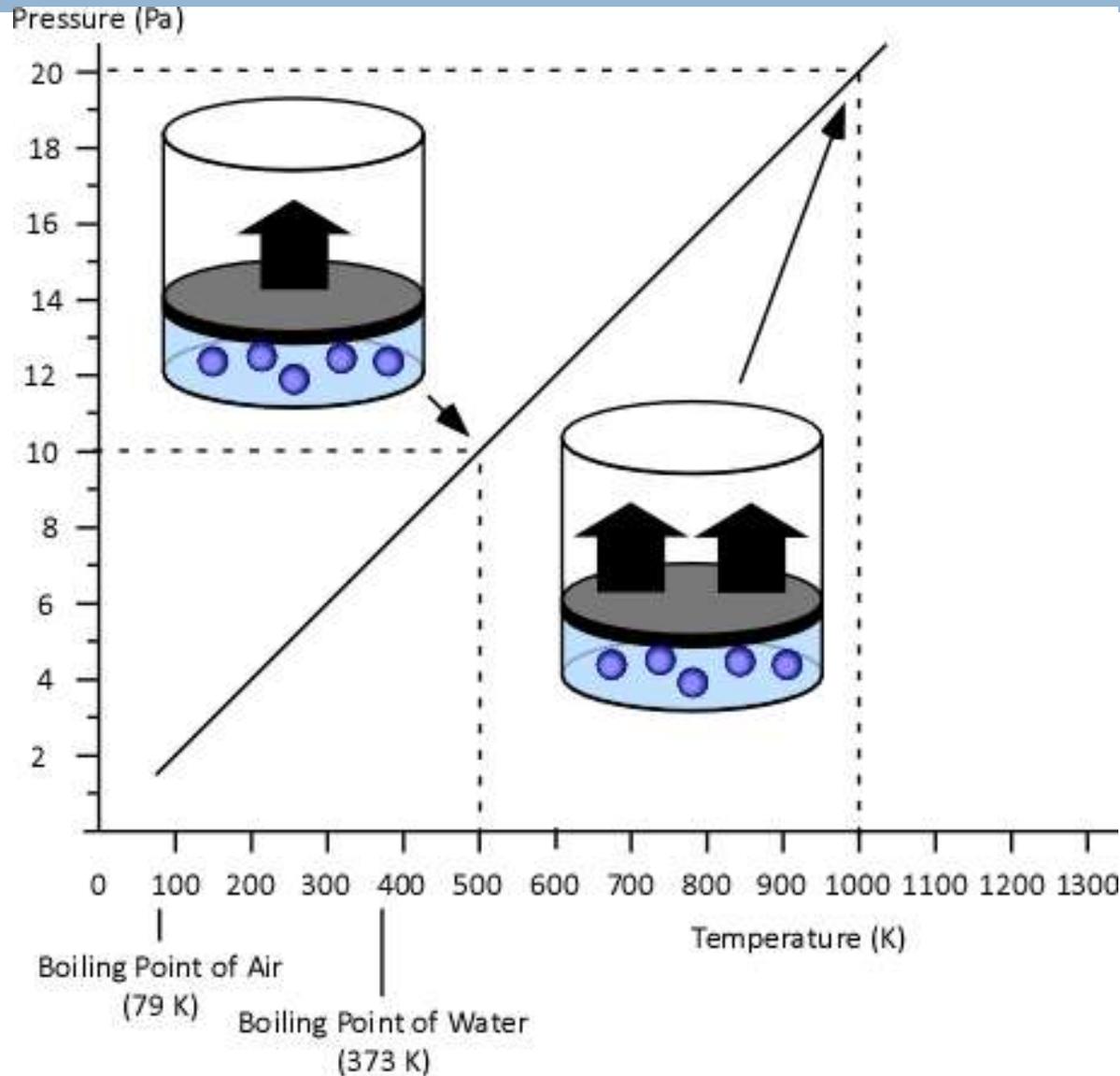
Ley de Charles $V \propto T$
a n y $P = \text{cte.}$

Si calentamos 1 °K a $P = \text{cte.}$,

El aire se expande $1/273$
de su volumen



Leyes de los Gases



A Volumen Cte. La Presión se incrementa con la Temperatura

Ley de Gay – Loussac
 $P \propto T$
a n y V cte.

Leyes de los Gases

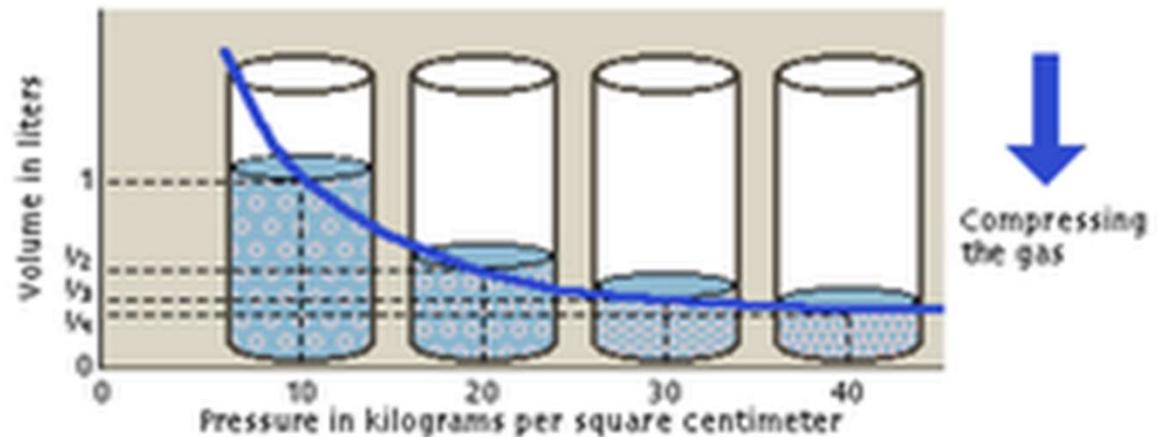
Ley General de los Gases

$$V \propto n T / P$$

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2 = \text{Cte}$$

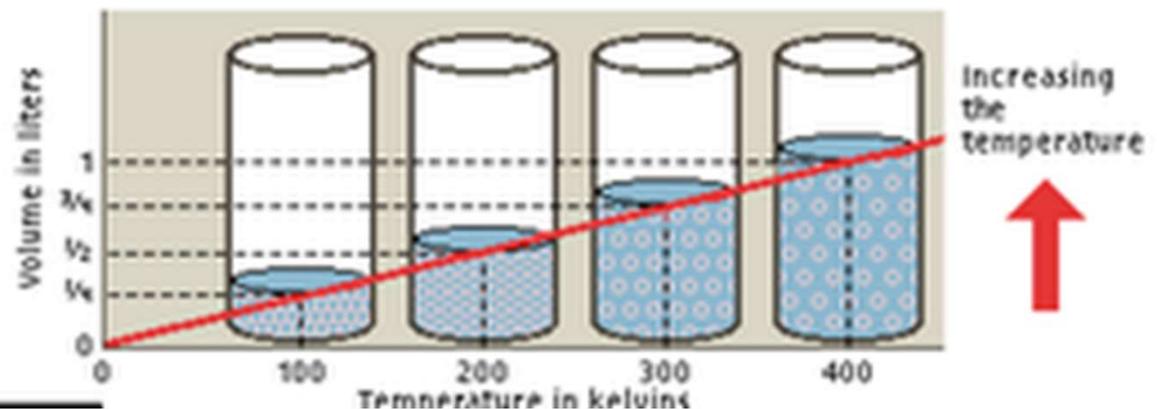
Boyle's Law

If a gas is held at a **constant temperature**, the volume is inversely proportional to the pressure. Compressing a gas to half of its initial volume doubles its pressure.



Charles' Law

If a gas is held at a **constant pressure**, the volume is directly proportional to the absolute temperature. Heating a gas to double its original temperature doubles its volume.



Leyes de los Gases

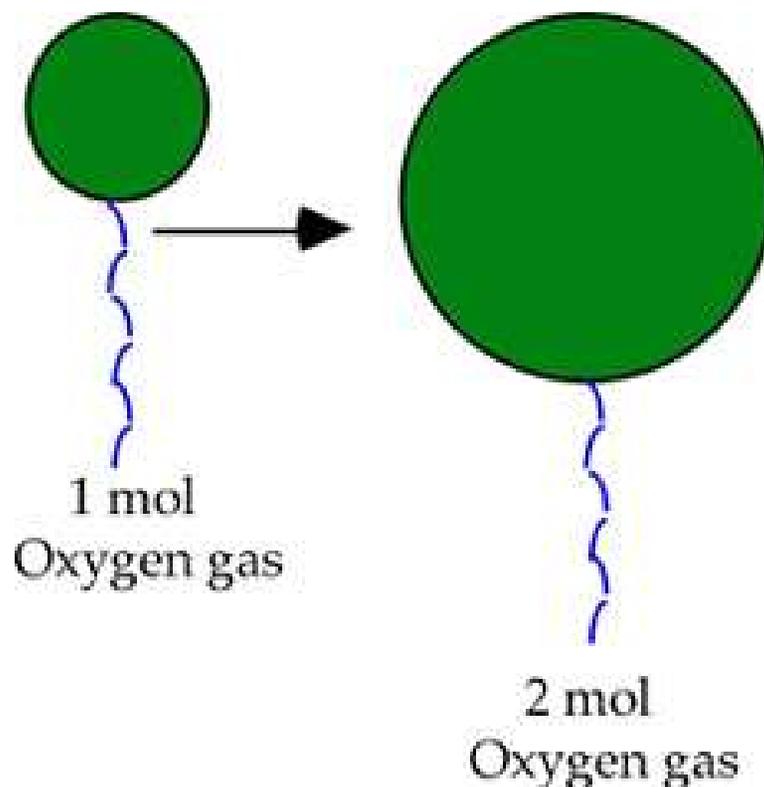
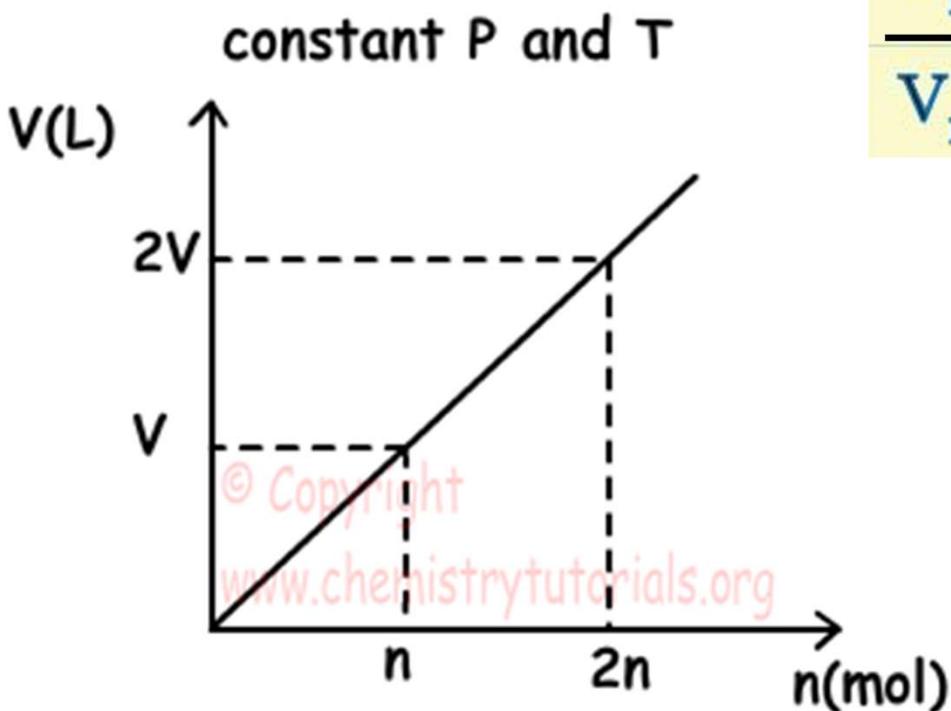
Ley de Avogadro

$$V \propto n$$

a T y P cte.

A Presión y T Cte. El Volumen es proporcional al número de Moles

$$\frac{n_1}{V_1} = \frac{n_2}{V_2}$$

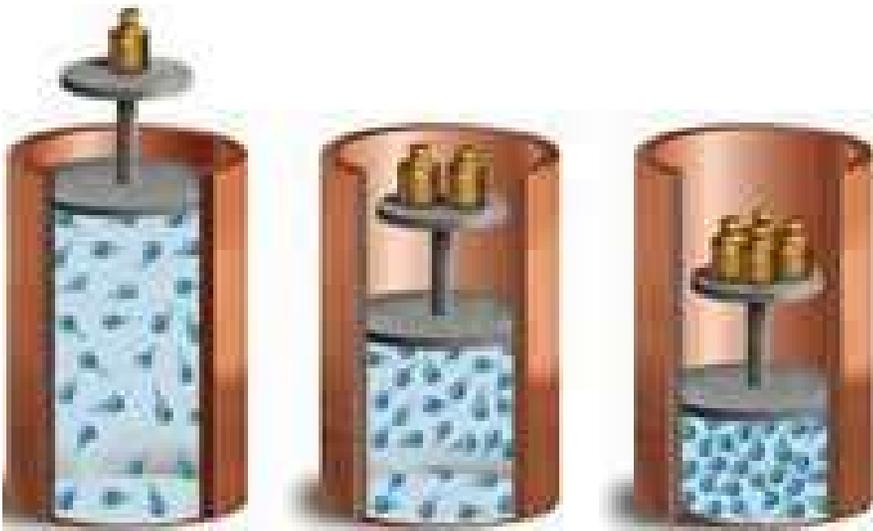


Leyes de los Gases - Compresibilidad

Ley de Boyle $V \propto 1/P$
a n y $T = \text{cte.}$

Para una masa fija de un Gas Ideal a una temperatura determinada, el producto de la $P \times V$ es una constante

Boyle's Law



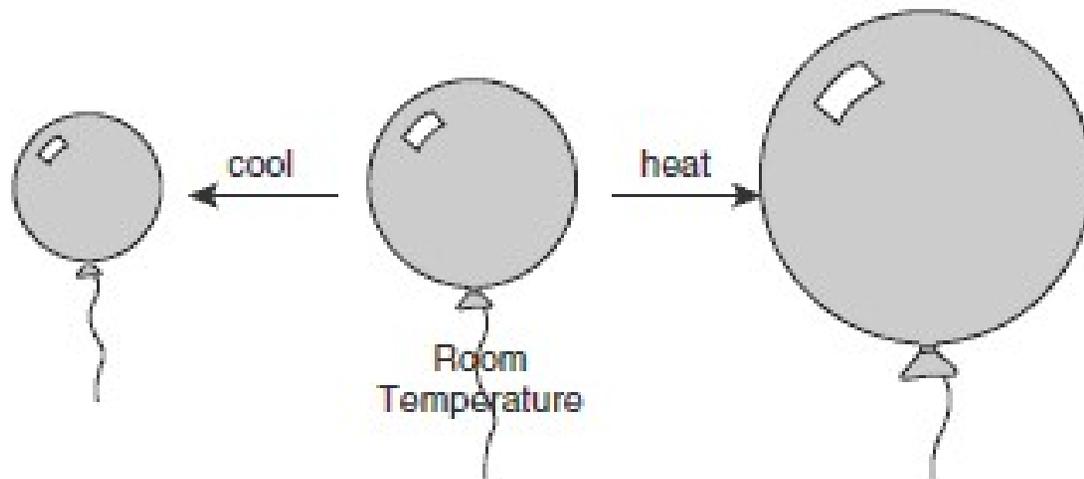
$$P \times V = K \quad \text{ó}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

Leyes de los Gases - Compresibilidad

Ley de Charles $V \propto T$
a n y $P = \text{cte.}$

A Presión = cte, el volumen de un Gas Ideal se incrementa o disminuye el mismo factor como lo hace su temperatura.



$$V / T = K \quad \text{ó}$$

$$T_2 V_1 = T_1 V_2$$

Figure 8.4 Volume-temperature relationship for gases.

Leyes de los Gases – Gas Ideal

El estado de un Gas Ideal esta determinado por su P, T y V. de acuerdo con la ecuación :

$$\text{Ley de los Gases Ideales}$$
$$PV = n R T$$

$$V / T = K \quad \text{ó} \quad T_2 V_1 = T_1 V_2 \quad \text{ó}$$

$$P \times V = K \quad \text{ó}$$

$$P_1 V_1 T_2 = P_2 V_2 T_1 \quad \text{ó}$$

$$P_1 V_1 / T_2 = P_2 V_2 / T_2$$

Leyes de los Gases – Gas Real

Las diferencias entre el Gas Ideal y el Real son:

Ideal Gas	Real Gas
Ideal Gas obeys all gas laws under all conditions of pressure and temperature.	Real gas obeys gas laws only at low pressure and high temperature.
Volume occupied by the molecules is negligible as compared to the total volume occupied by the gas.	Volume occupied by the molecules is not negligible as compared to the total volume occupied by the gas.
Force of attraction among the molecules are negligible.	Force of attractions are not negligible.
Obeys ideal gas equation	Obeys <u>van der waals equation</u>

Leyes de los Gases – Gas Real

Ecuación de Van Der Waals

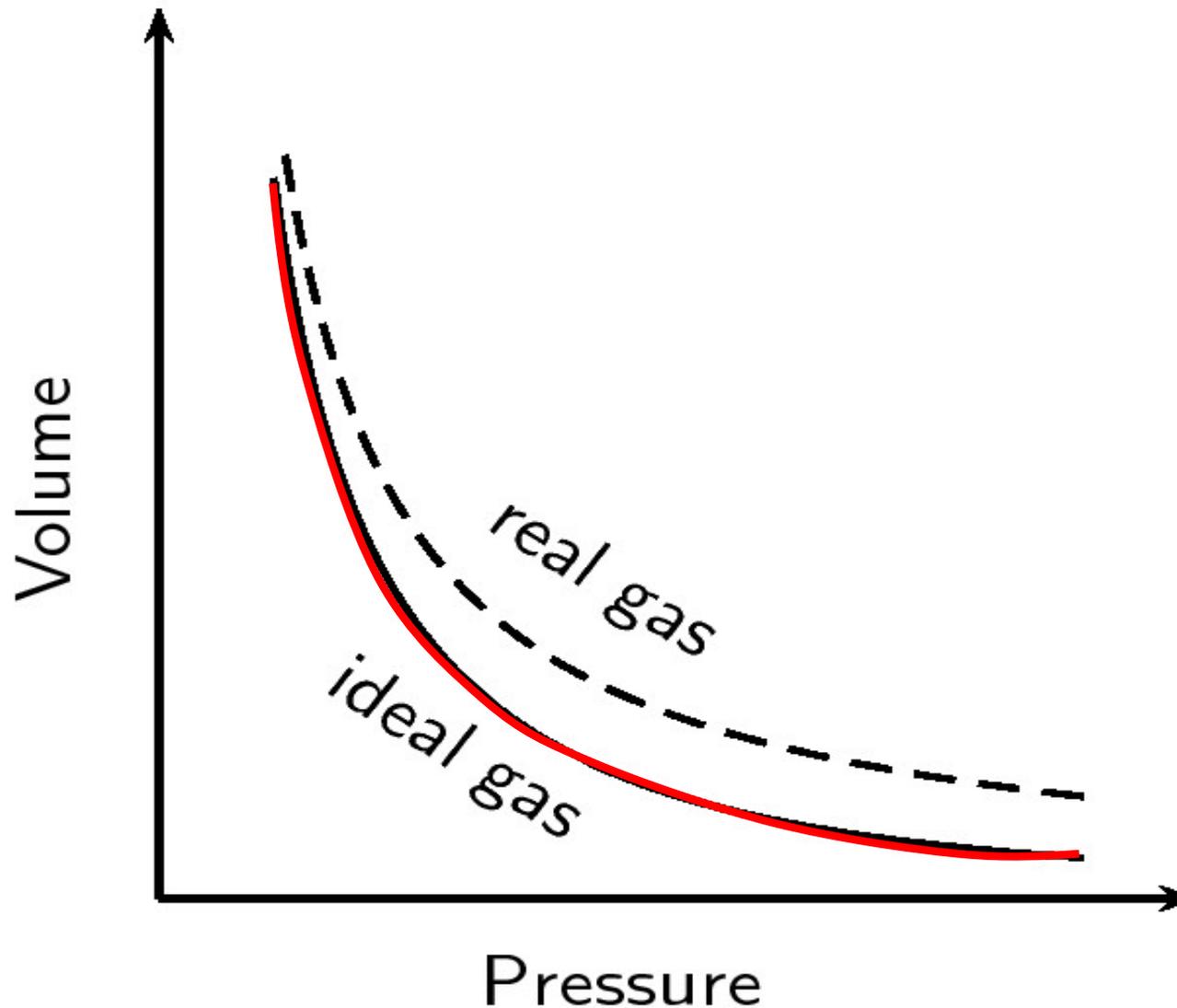
$$P = \frac{nRT}{V - nb} - \frac{n^2a}{V^2}$$

correction for volume
of molecules (decreases
volume as a function of
the number of molecules)

correction for molecular
attraction (decreases pressure
as volume decreases and the
number of molecules increases)

Leyes de los Gases – Gas Real vs. Gas Ideal

Las diferencias entre el gas real y el ideal están en el cumplimiento de las leyes de los gases ideales a cualquier presión y temperatura

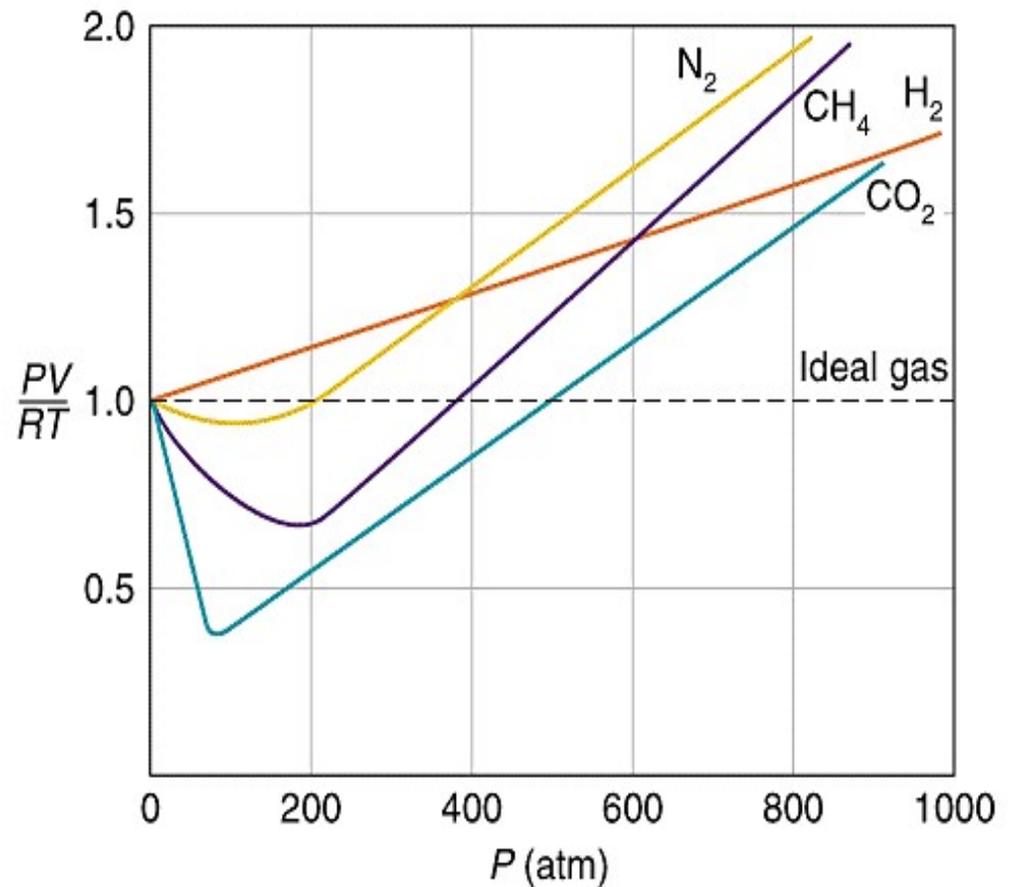


Leyes de los Gases – Gas Real Efecto de la Presión

Todos los gases reales se comportan como ideales bajo ciertas condiciones. De la ecuación del gas ideal:

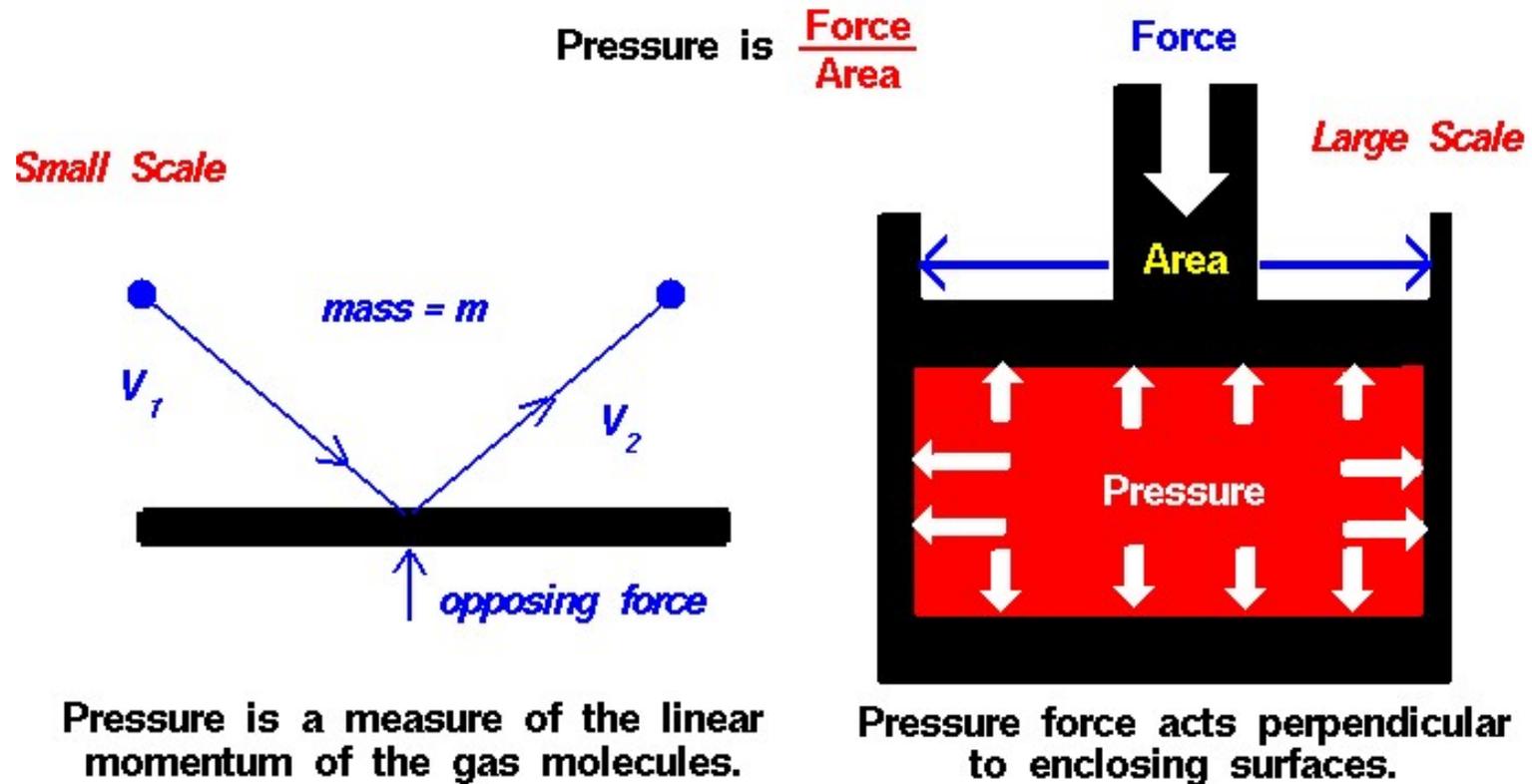
$$PV/nRT = Z \text{ (factor de compresibilidad)} = 1$$

Para los gases reales Z puede ser $<$ ó $>$ que 1 lo cuál significa que el gas es más o menos compresible en cada caso.



Presión

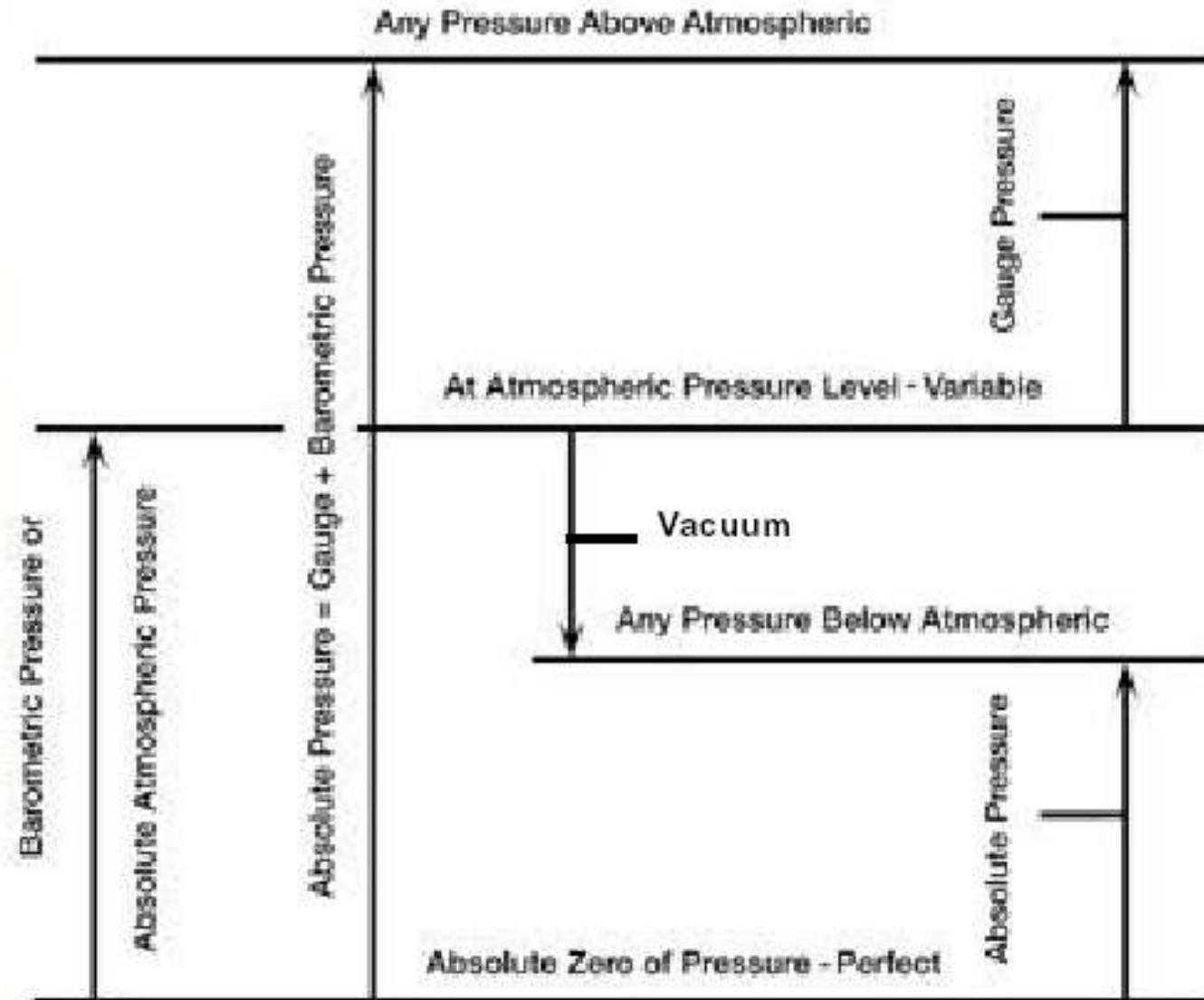
□ $P = F/A$ (N/m²) Pascal



Presión

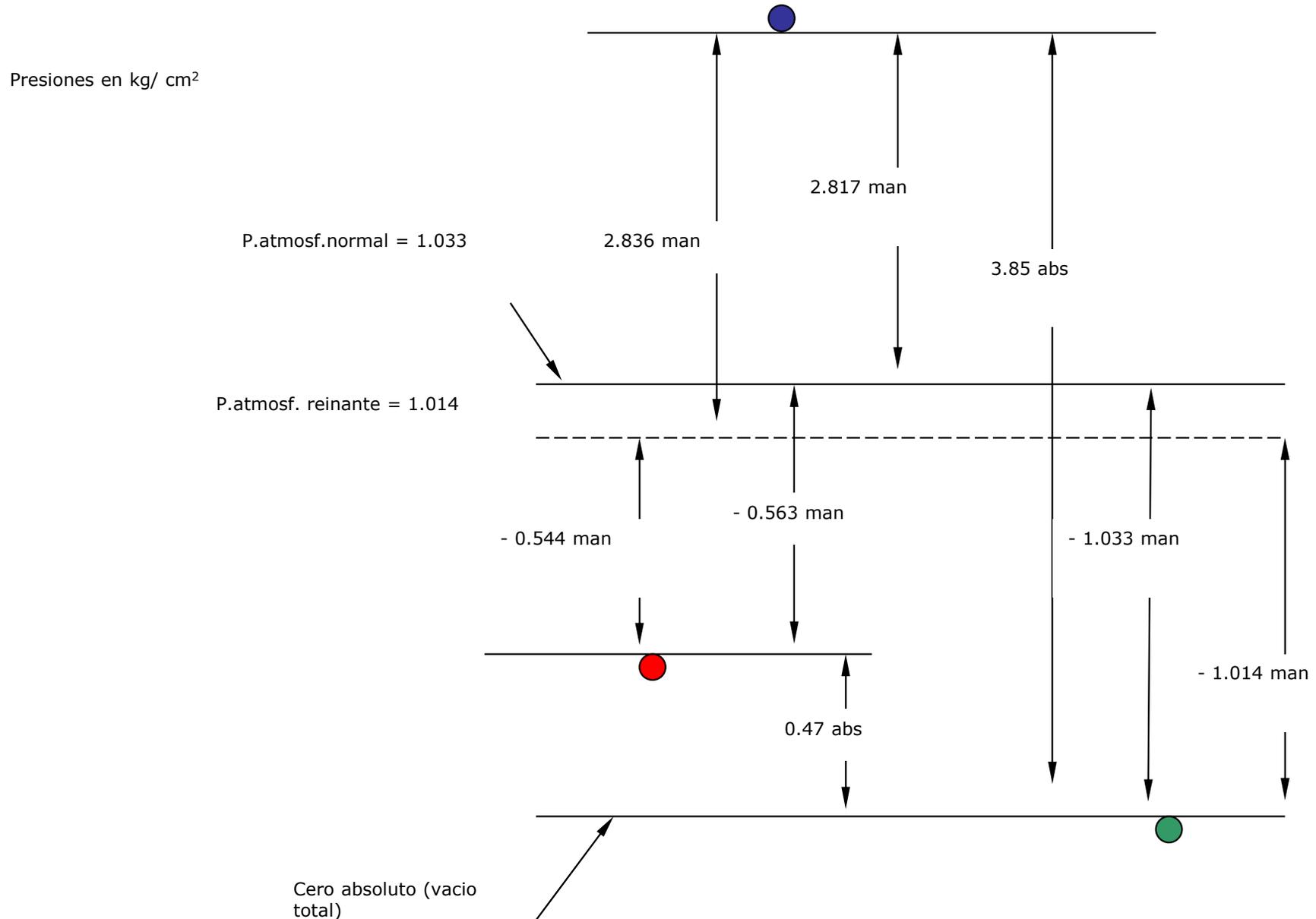
- $P = F/A$ (N/m²) Pascal
- Unidades Industriales: Psi, Kgr/cm², m.c.a., mm de Hg., Atmósferas.
- Pueden ser Absolutas o Manométricas
- ΔP = Diferencia de Presión entre 2 regiones
- CNPT: Condiciones normales de presión y temperatura (SPT)
- Nm³: Normal metro cúbico. Metro cúbico en CNPT
- SCFM: Standart cubic foot per minute

Relación entre P abs. y P man.



Relationship Between Gauge and Absolute Pressures

Relación entre P abs. y P man.



Conversiones de Unidades

To convert from one set of units to another, locate the given unit in the left hand column, and multiply the numerical value by the factor shown horizontally to the right, under the set of units desired.

TO OBTAIN MULTIPLY BY	lb/in ²	lb/ft ²	Atmospheres	kg/cm ²	kg/m ²	in. water (68°F)*	ft. water (68°F)*	in. mercury (32°F)†	mm mercury (32°F)†	Bars ‡	Mega- Pascals (MPa)‡	kPa	mm water (68°F)
lb/in. ²	1	144.0	0.068046	0.070307	703.070	27.7300	2.3108	2.03602	51.7149	0.068948	0.0068948	6.8948	704.342
lb/ft. ²	0.0069444	1	0.000473	0.000488	4.88243	0.019257	0.016048	0.014139	0.35913	0.0004788	0.0000479	0.04788	4.89127
Atmospheres	14.696	2116.22	1	1.0332	10332.0	407.520	33.9600	29.921	760.00	1.01325	0.101325	101.325	10351.0
kg/cm ²	14.2233	2048.16	0.96784	1	10000.0	394.41	32.868	28.959	735.558	0.98066	0.098066	98.066	10018.1
kg/m ²	0.001422	0.204816	0.0000968	0.0001	1	0.03944	0.003287	0.002896	0.073556	0.000098	0.0000098	0.0098	1.00181
in./water*	0.036062	5.1929	0.002454	0.00253	25.354	1	0.08333	0.073423	1.8649	0.002486	0.000249	0.24864	25.4
ft./water*	0.432744	62.315	0.029446	0.030425	304.249	12.0	1	0.88108	22.3793	0.29837	0.0029837	2.9837	304.800
in. mercury†	0.491154	70.7262	0.033420	0.03453	345.319	13.6197	1.1350	1	25.4	0.033864	0.0033864	3.3864	345.94
mm mercury†	0.0193368	2.78450	0.0013158	0.0013595	13.595	0.53621	0.044684	0.03937	1	0.001333	0.0001333	0.13332	13.6197
Bars‡	14.5038	2088.54	0.98692	1.01972	10197.2	402.190	33.5158	29.5300	750.061	1	0.10	100.0	10215.6
MPa‡	145.038	20885.4	9.8692	10.1972	101972.0	4021.90	335.158	295.300	7500.61	10.0	1	1000.0	102156.0
kPa	0.145038	20.8854	0.0098692	0.0101972	101.972	4.02190	0.33516	0.2953	7.50061	0.01	0.001	1	102.156
mm water column	.0014198	.20445	.0000966	.0000998	.99819	.039370	.003281	.002891	.073423	.0000979	.0000098	.0097889	1

*Water at 68°F (20°C)

†mercury at 32°F (0°C)

‡MPa (MegaPascal) = 10 Bars = 1,000,000 N/m² (Newtons/meter²)

Comprimir Aire - ¿Por qué?

Ventajas

- ❖ Abundante, disponible, barato, limpio
- ❖ Seguro. Menos peligroso para el M.A.
- ❖ No requiere líneas de retorno
- ❖ Altamente Compresible. Menores daños al equipo x sobrepresión

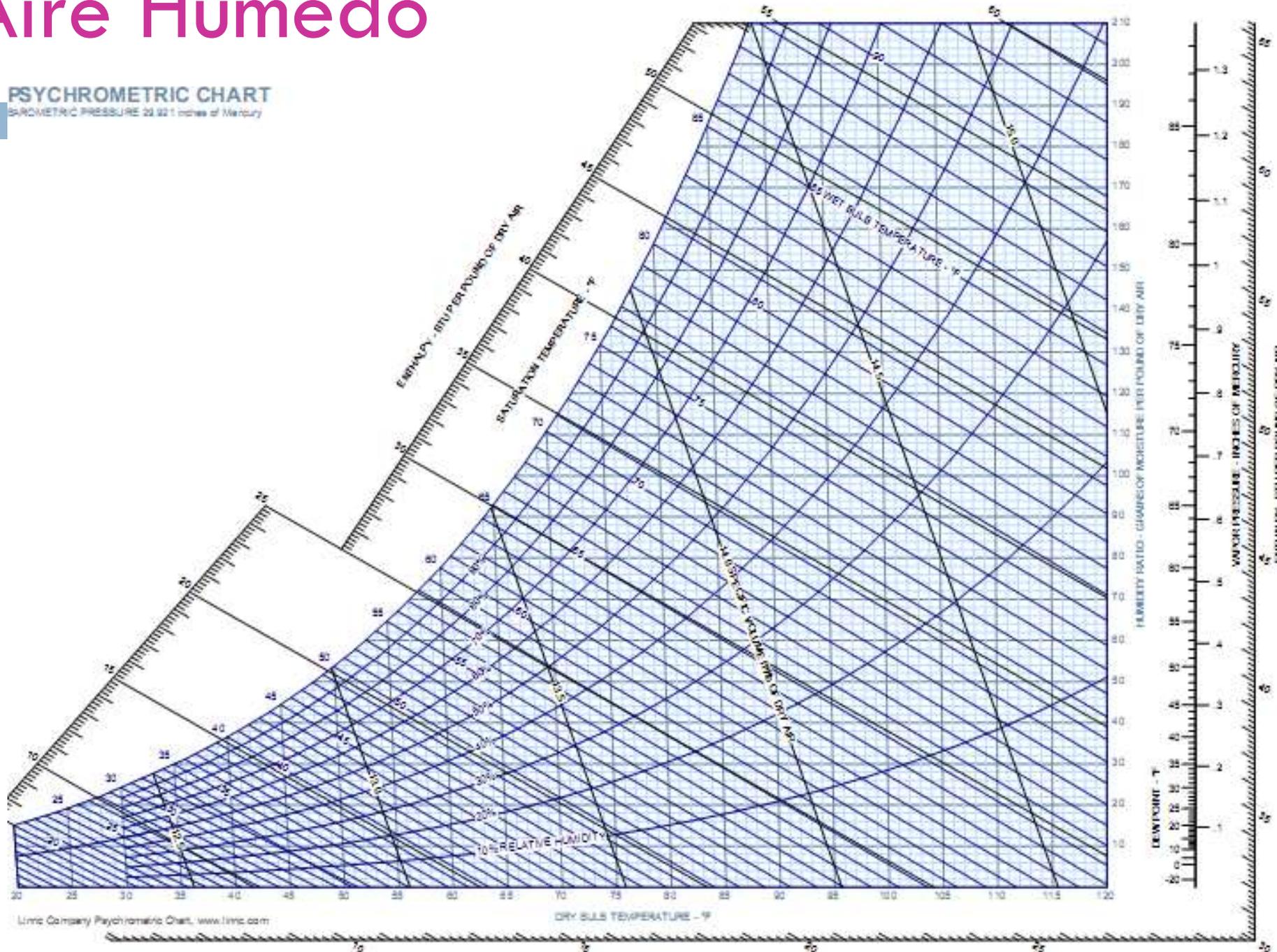
Desventajas

- ❖ Densidad menor que los fluidos hidráulicos
- ❖ < capacidad de trabajo ó > movimiento para realizarlo

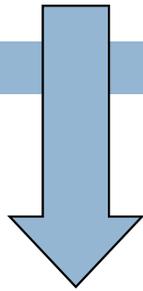
Aire Húmedo

PSYCHROMETRIC CHART

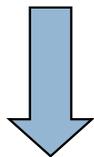
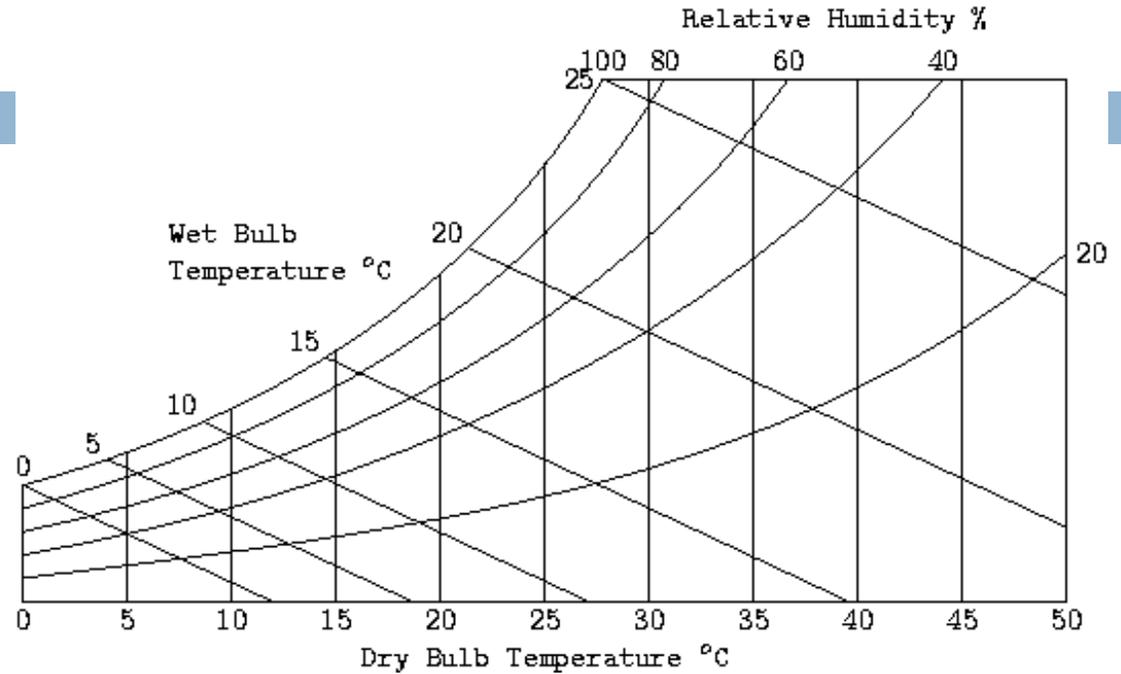
BAROMETRIC PRESSURE 29.921 inches of Mercury



Aire Húmedo



Humedad Relativa:
Relación entre la Pv del vapor de agua y la Pv de saturación a la misma temperatura



Se mide en gr. de Agua por Kg. de aire



10° C
Water Vapor
100 %
Relative Humidity

20° C
Water Vapor
52 %
Relative Humidity

30° C
Water Vapor
28 %
Relative Humidity

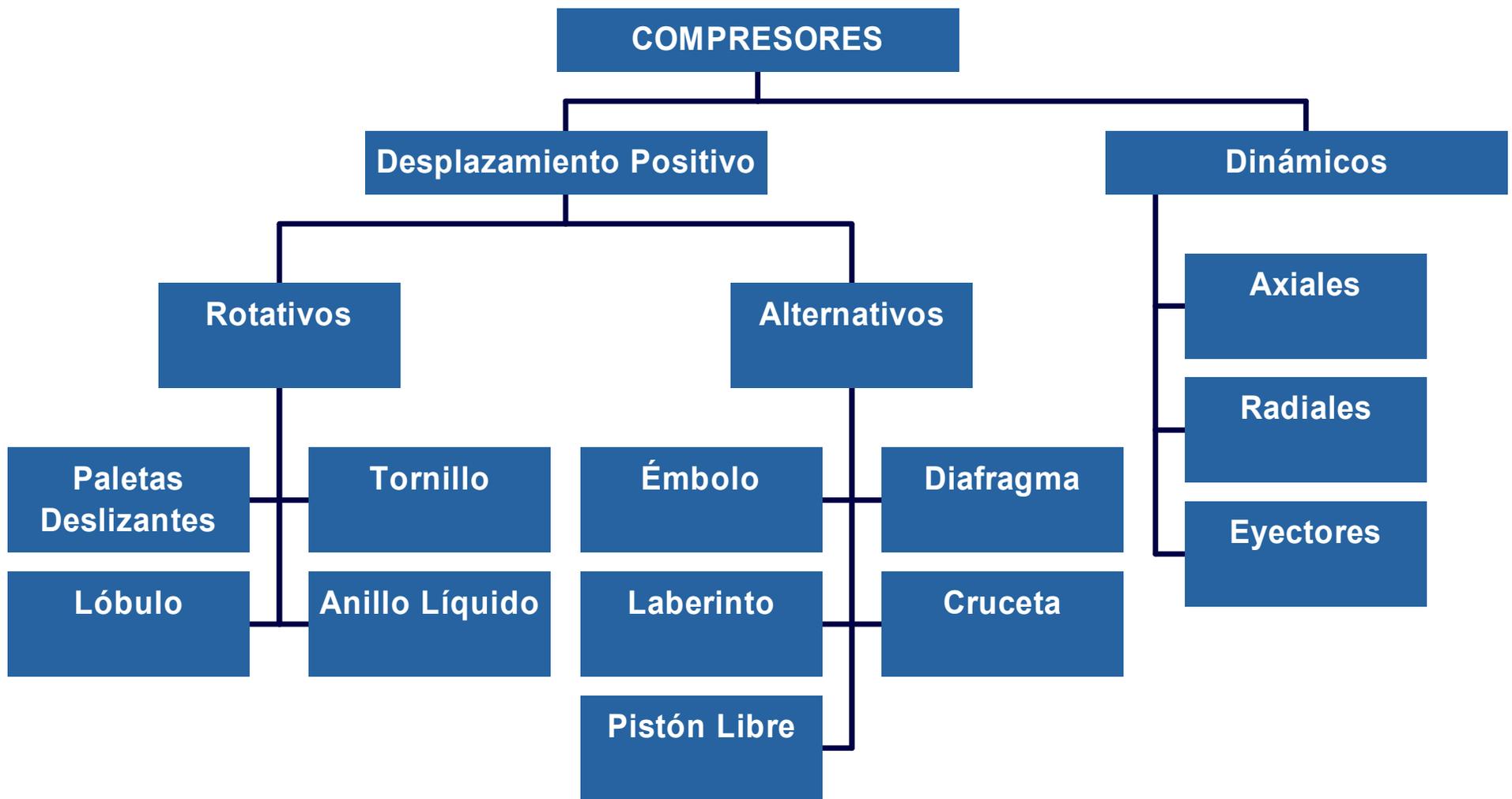
Propiedades de los fluidos a comprimir

- Compresibilidad
- Humedad
- Temperatura de admisión
- Composición
- Calor específico
- Peso molecular promedio
- Condiciones especiales

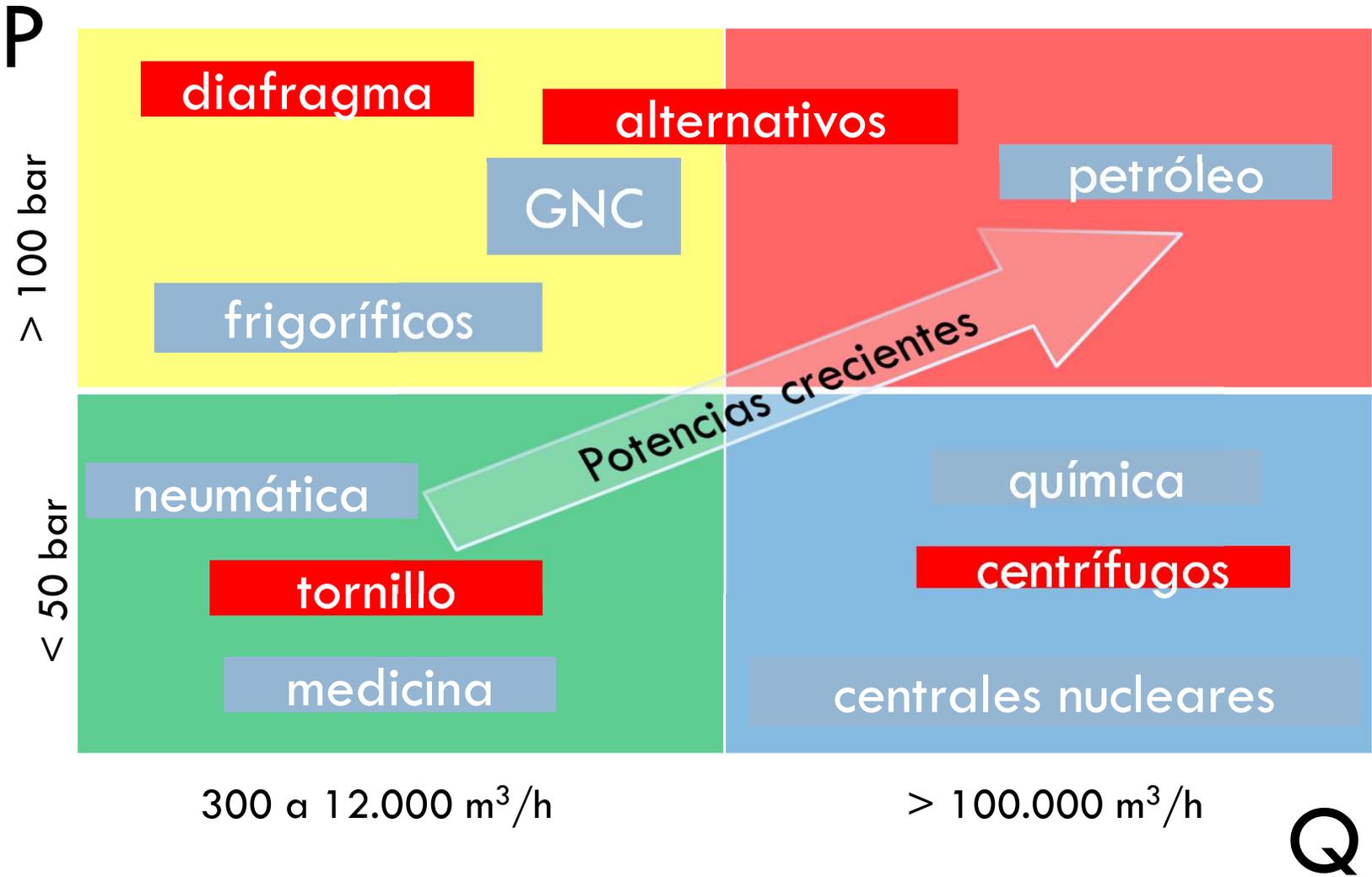
Factores a Considerar en la Selección

- ❑ Caudales y Presiones Absolutas
- ❑ Relación de Compresión y Temperatura
- ❑ Tipo de Gas (Agrio, húmedo, sucio)
- ❑ Tipo de motor y fuente de combustible
- ❑ Emisiones al MA, ruido y seguridad
- ❑ Ambiente Físico de la instalación
- ❑ Costos de Mantenimiento y Operación
- ❑ Tiempo de Servicio
- ❑ Consideraciones de Pulsación y vibraciones
- ❑ Control Automático/Manual

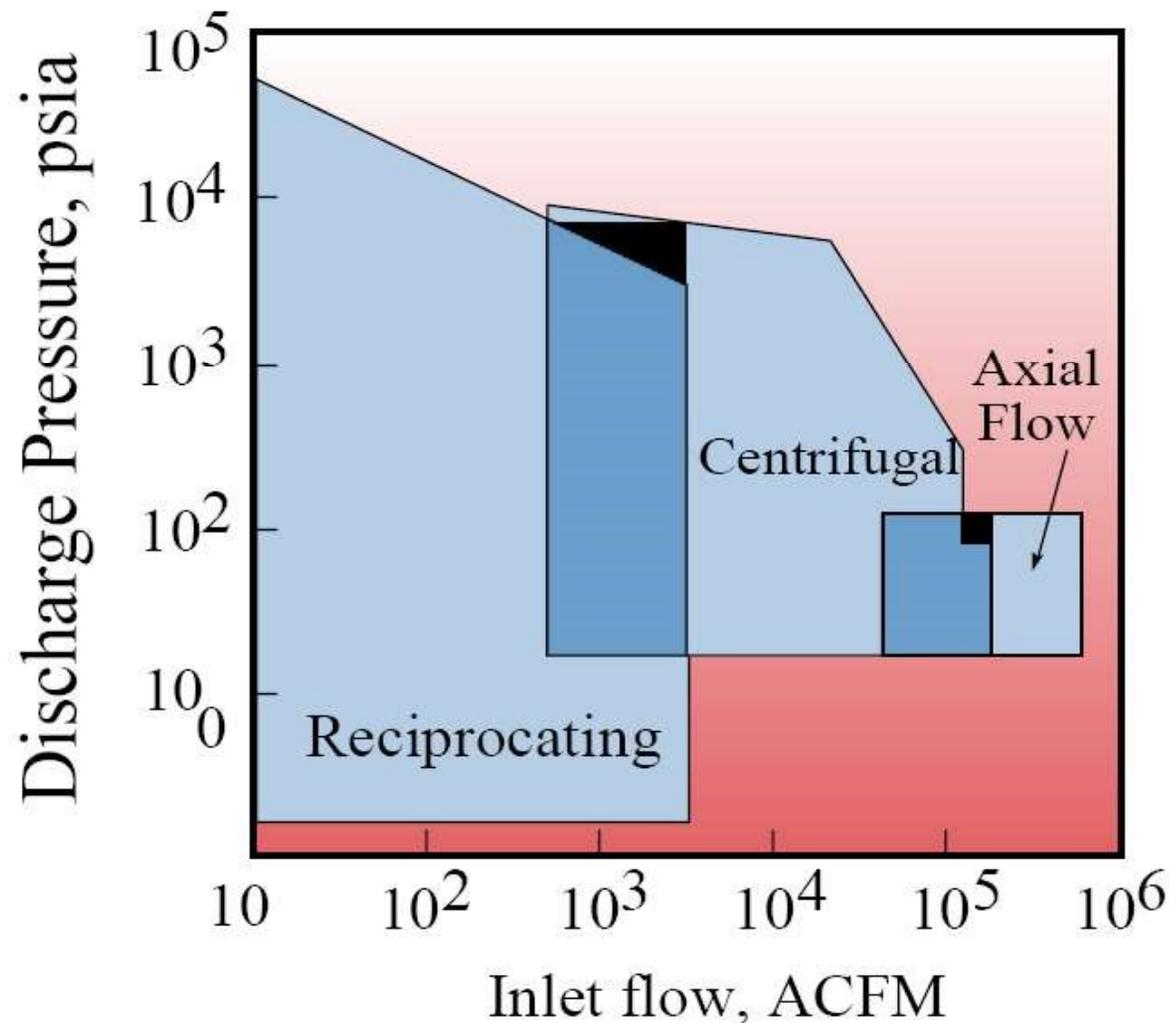
Clasificación

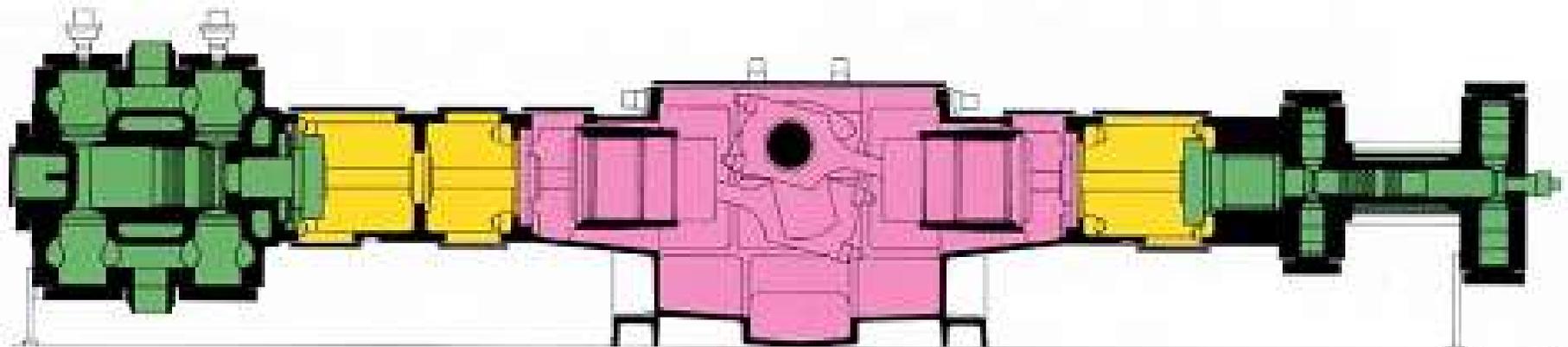


Rango de Usos



Approximate Ranges of Application for Reciprocating, Centrifugal and Axial-Flow Compressors

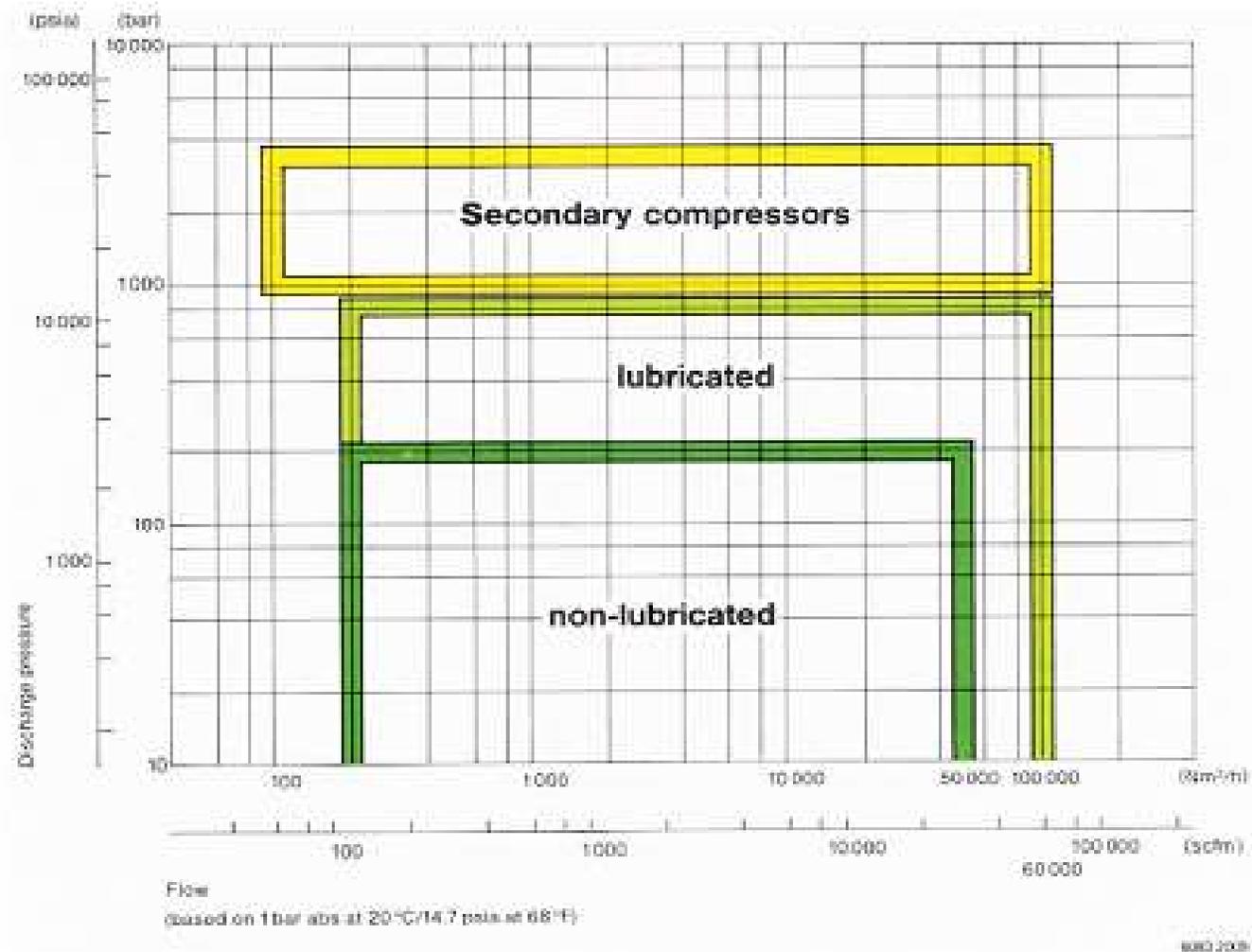




© 2012 2011



Figure 1-1. Typical horizontal balanced, opposed reciprocating compressor. (Source: Sulzer-Burckhardt, Winterthur, Switzerland.)



Medium

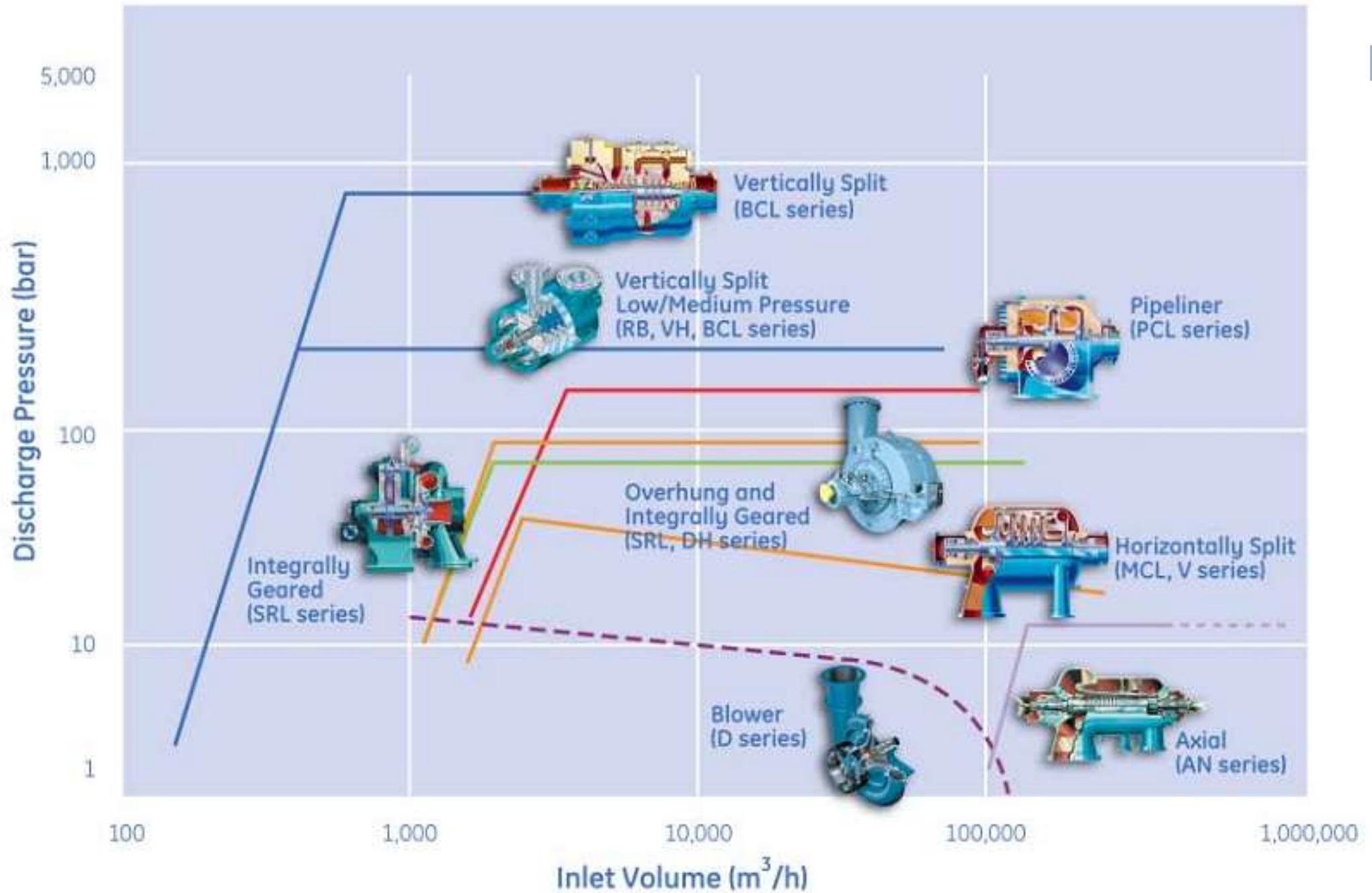
N₂, Ar, He, H₂, CO, CO₂, NH₃, CH₄,
C₂H₆, C₃H₈, C₄H₁₀, LPG, LNG, CNG, Cl₂,
HCl, H₂S, SO₂, Synthesis and other
mixed gases

Applications

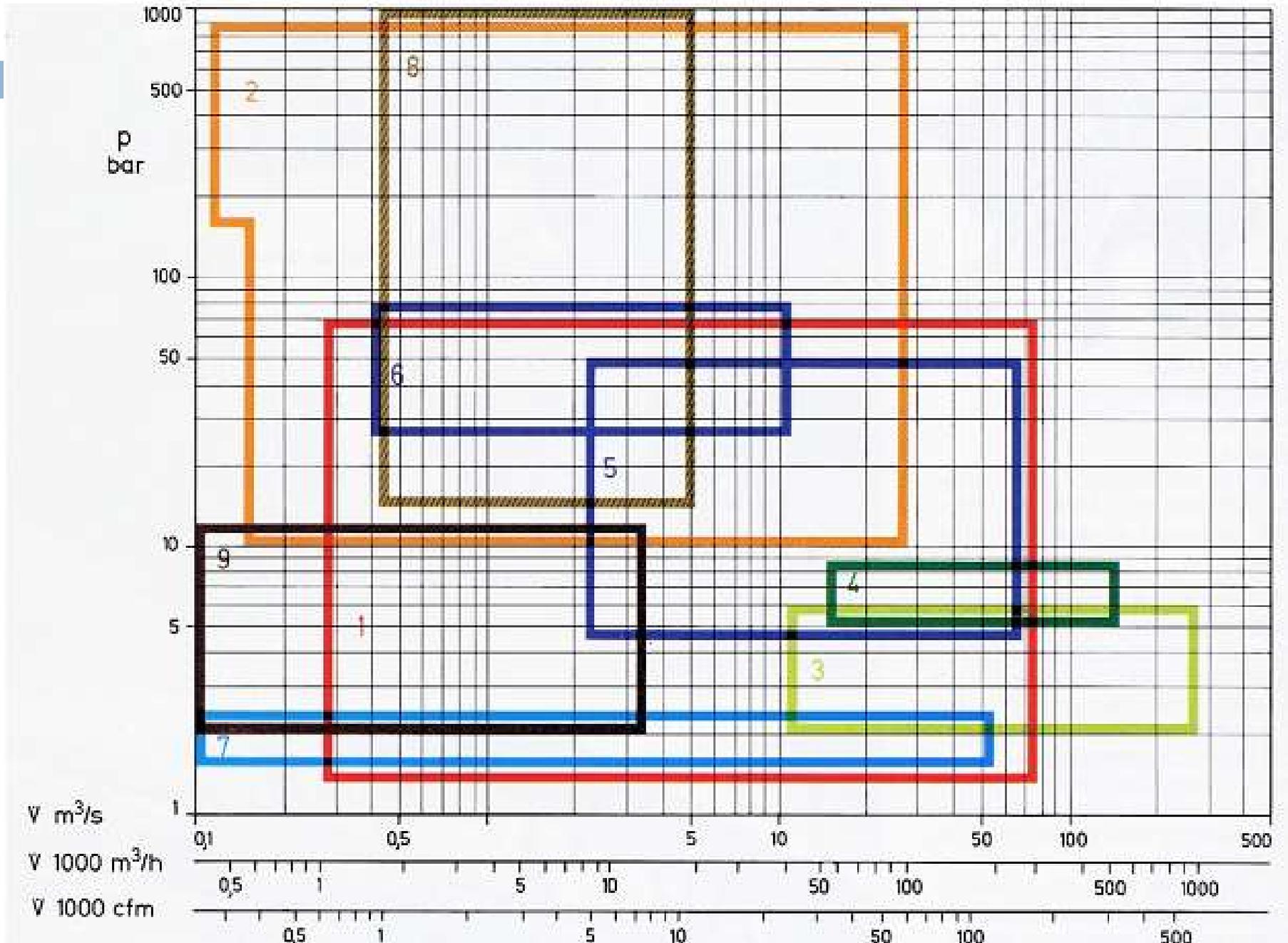
Chemical
Hydrocarbon processing industries
Polyethylene (ldPE, hdPE, hdPE)
Oil and gas production
Refinery
Enhanced oil recovery
Synfuels
Corrosive and toxic gases
Low-temperature and cryogenic
applications
LPG on-shore installations

re 1-3. Typical application ranges for reciprocating compressors. (Source: Sulzer-Burckhardt, Winterthur, Switzerland.)

Rango de Usos



Rango de Usos



Rango de Usos

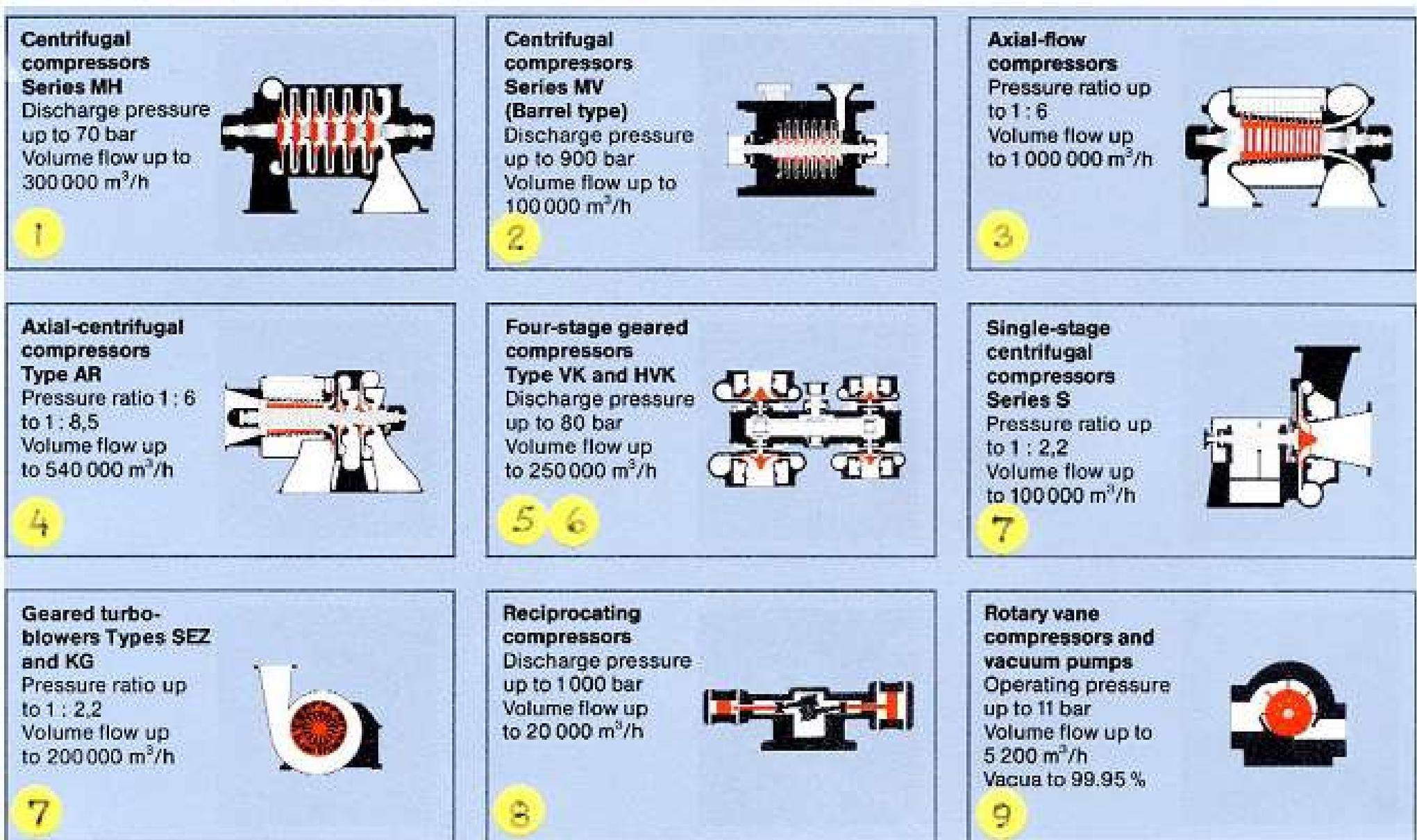
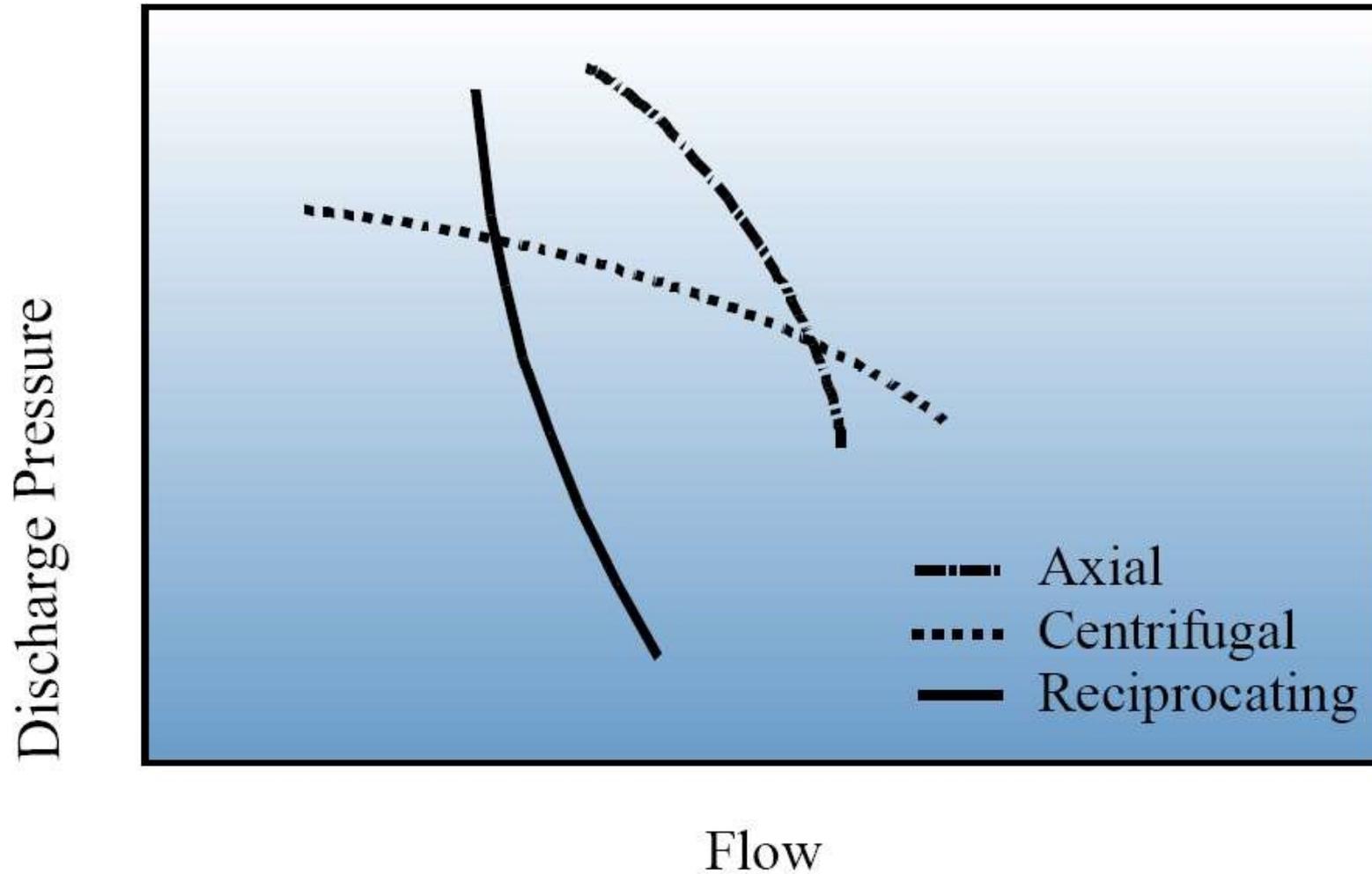


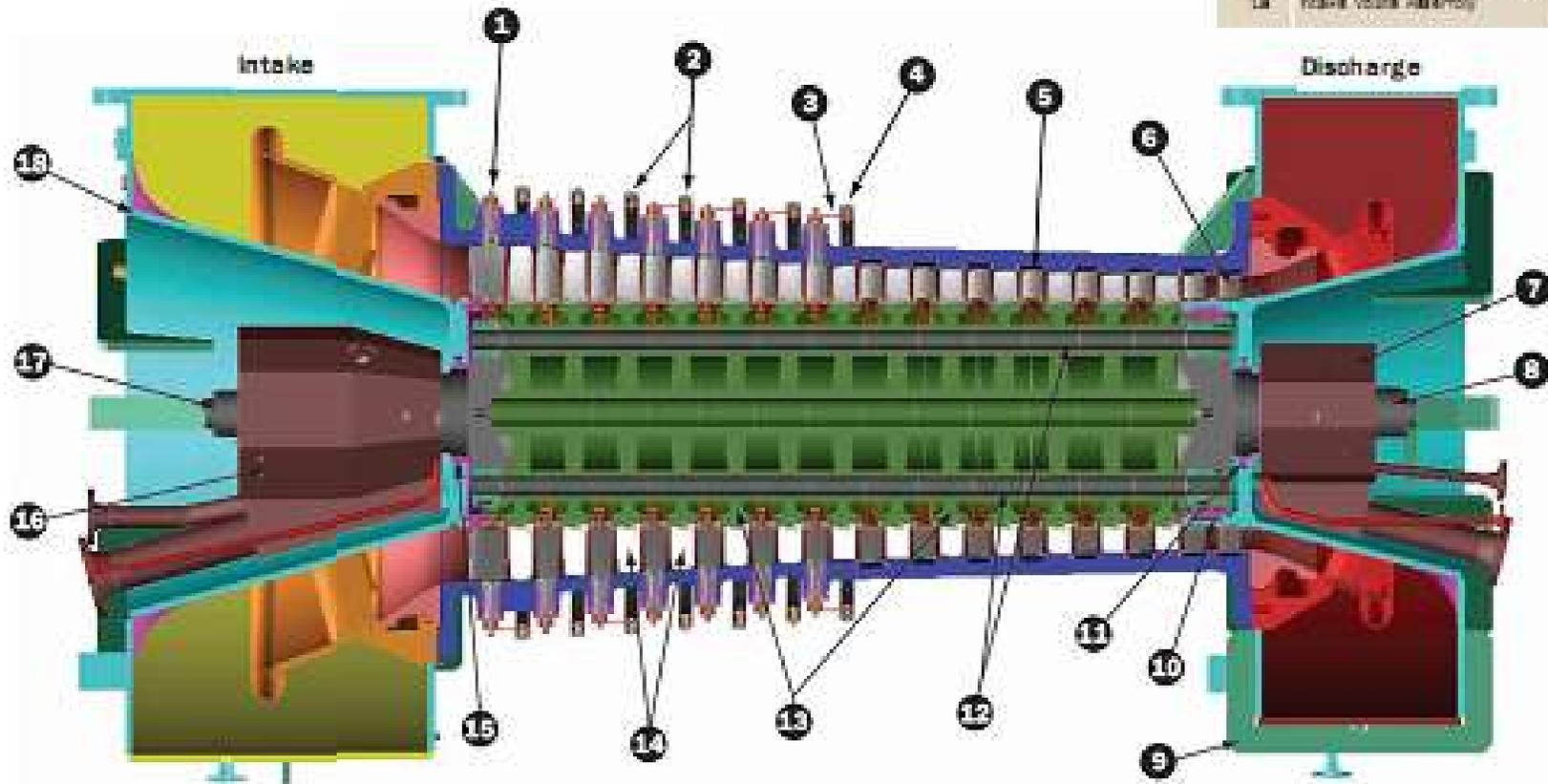
Figure 3-4. Coverage chart. (Courtesy of Mannesmann Demag Delaval.)

Compressor Performance Characteristics

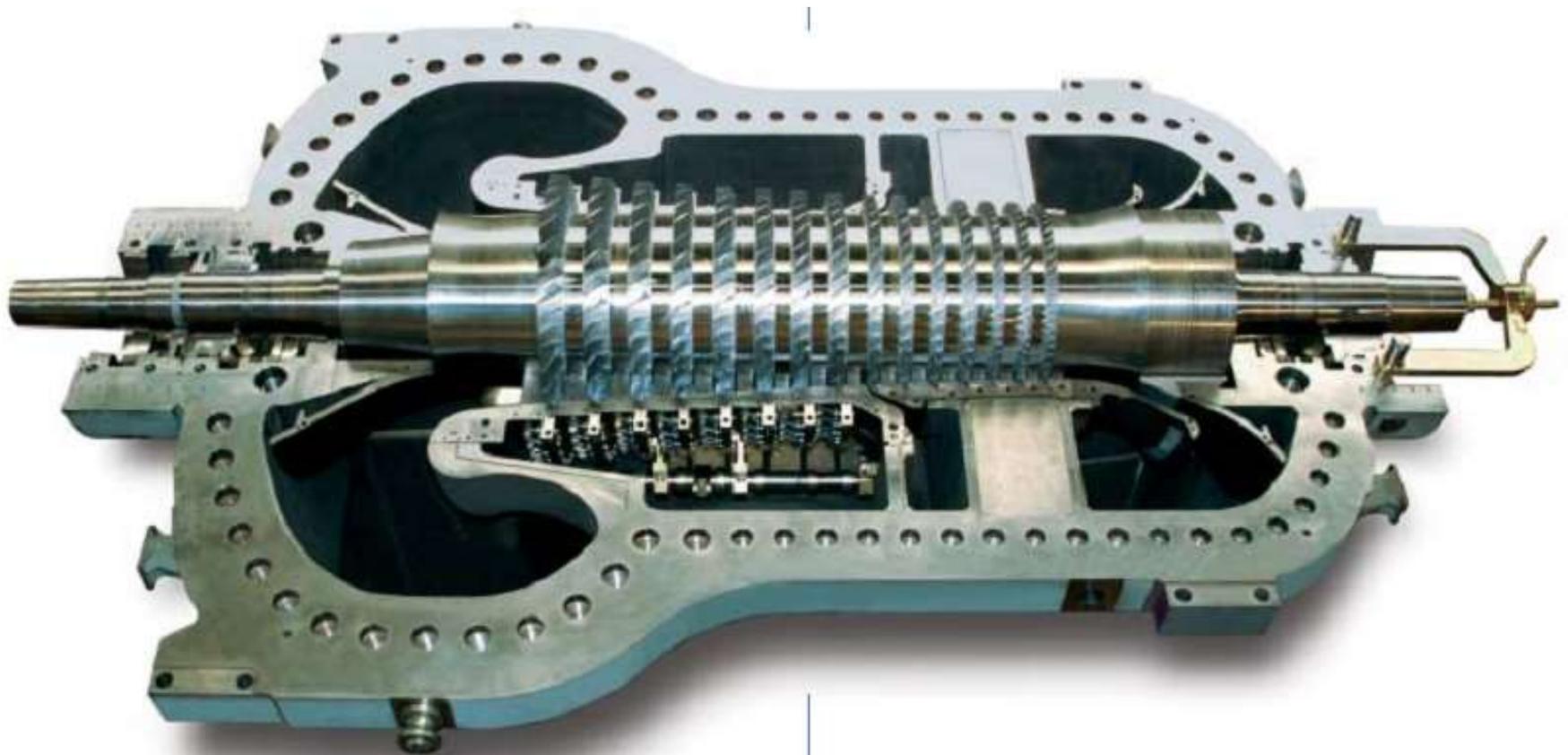


Compresor Axial - Corte

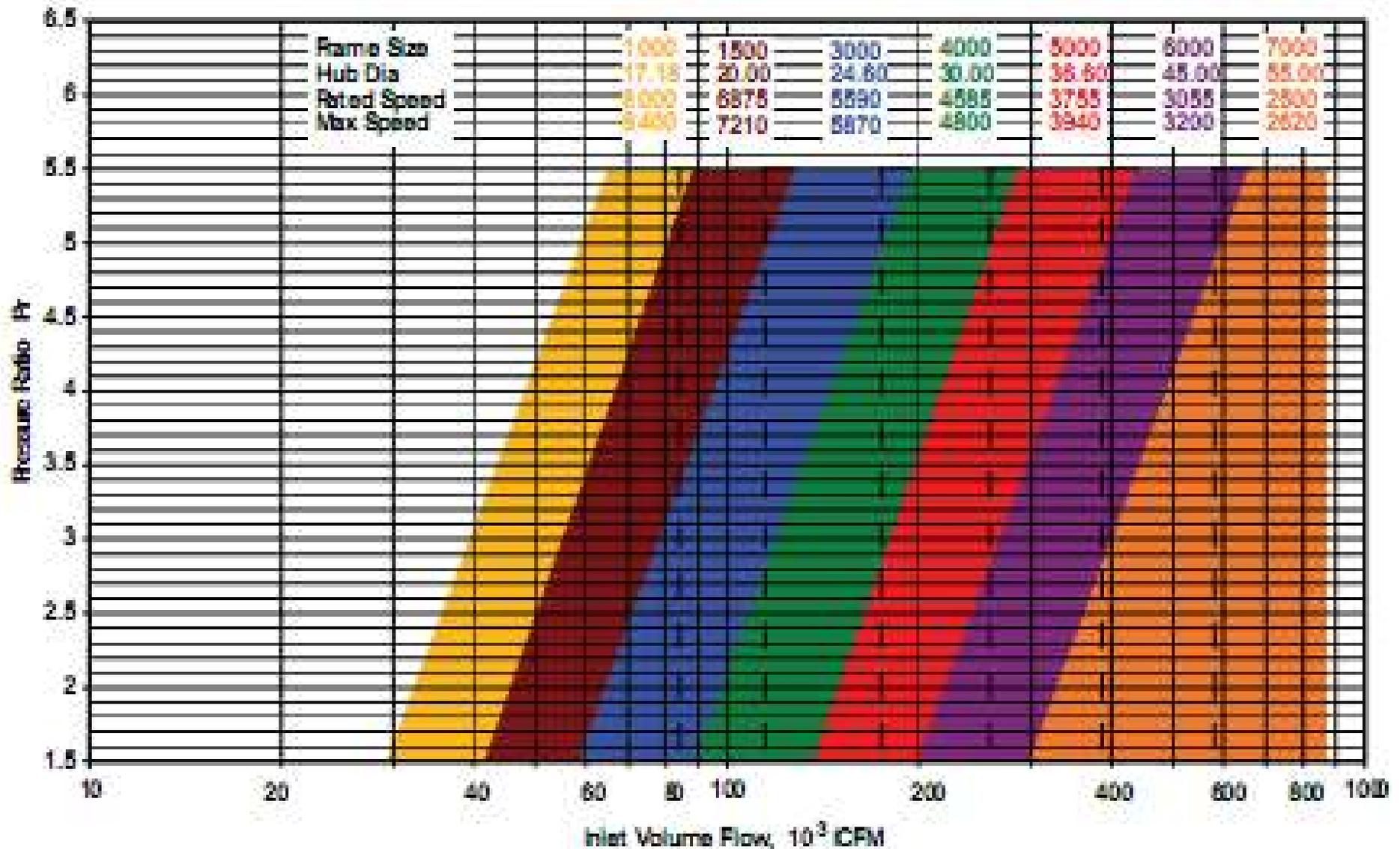
Part No.	Part Name	Material
1	Inlet Guide Vane	Stainless Steel
2	Sector Vane	Stainless Steel
3	Spring Link	Stainless Steel
4	Drive Ring	Stainless Steel
5	Sector Casing	Cast Steel
6	Discharge Guide Vane Assembly	Stainless Steel
7	Flare Bearing Body & Cap	Steel
8	Sub Shaft (case bearing end)	Alloy Steel
9	Discharge Volute Assembly	Cast Steel
10	Discharge Seal	Aluminum
11	Labir. Packing Ring	Cast Aluminum
12	Tie Rod	Alloy Steel
13	Rotor Disk	Alloy Steel
14	Rotor Blade	Stainless Steel
15	Labir. Packing Ring	Cast Aluminum
16	Thrust Bearing Body & Cap	Steel
17	Sub Shaft (thrustbearing end)	Alloy Steel
18	Inlet Volute Assembly	Cast Steel



Compresor Axial – Corte



Compresor Axial – Cartilla de Selección



Compresión de gases en un compresor de cilindro émbolo

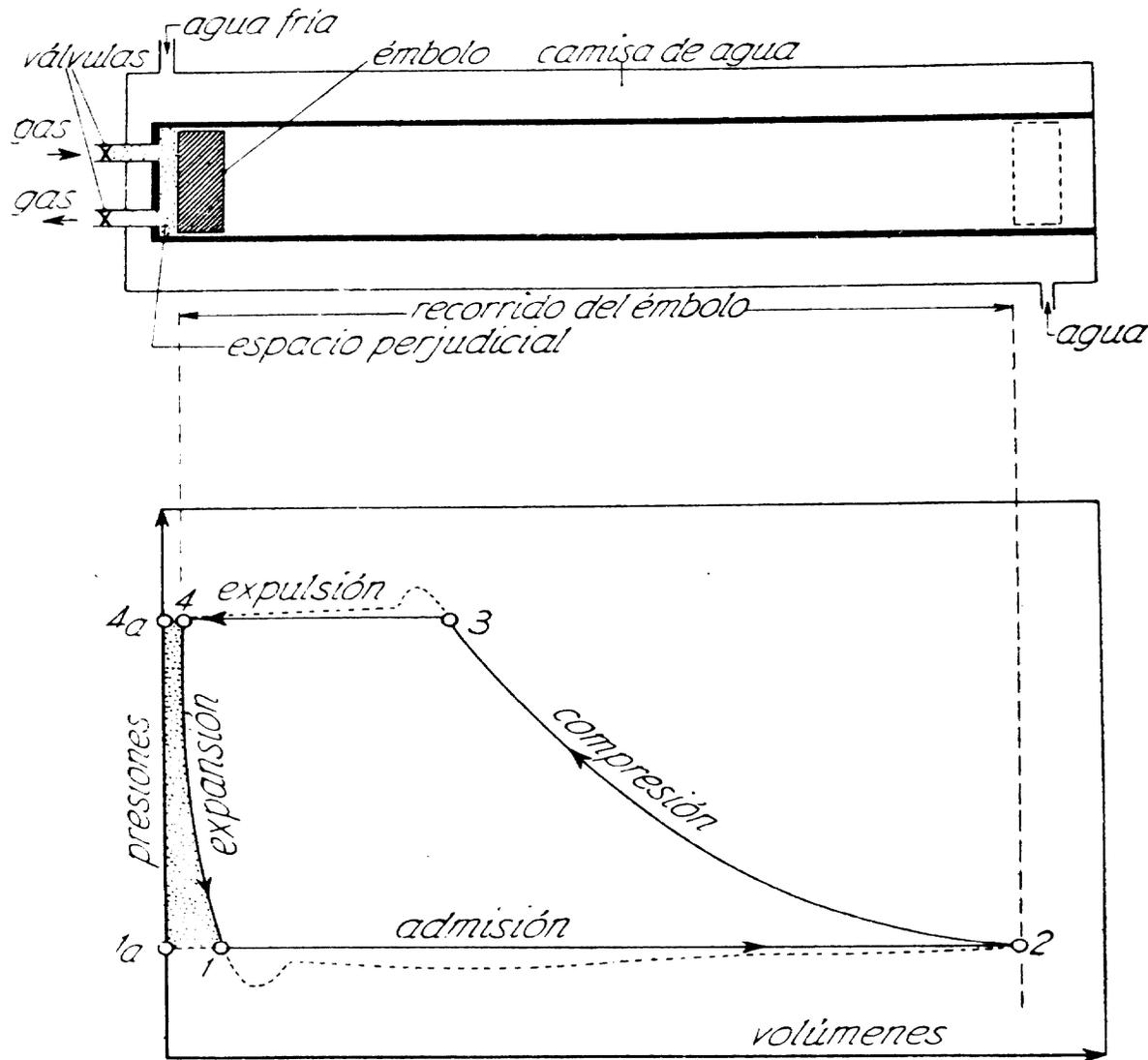


FIG. 4-9. — Representación esquemática del diagrama de compresión de gases en un compresor de cilindro y émbolo.

Trabajo perdido (W_a)



Área 4-1-1a-4a-4

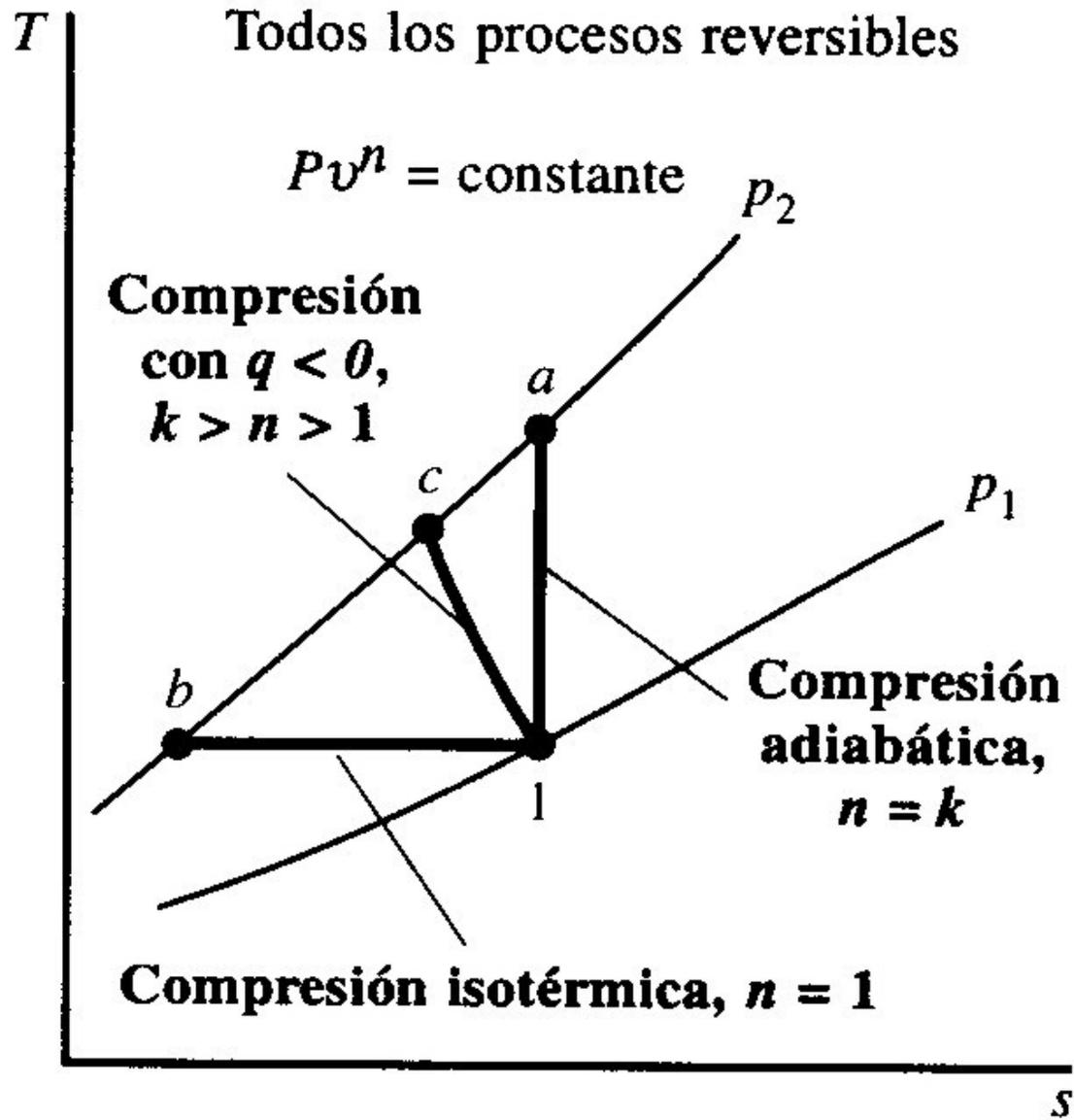
Trabajo aprovechado (W_p)



Área 1-2-3-4-1

$$\eta = W_a / (W_a + W_p)$$

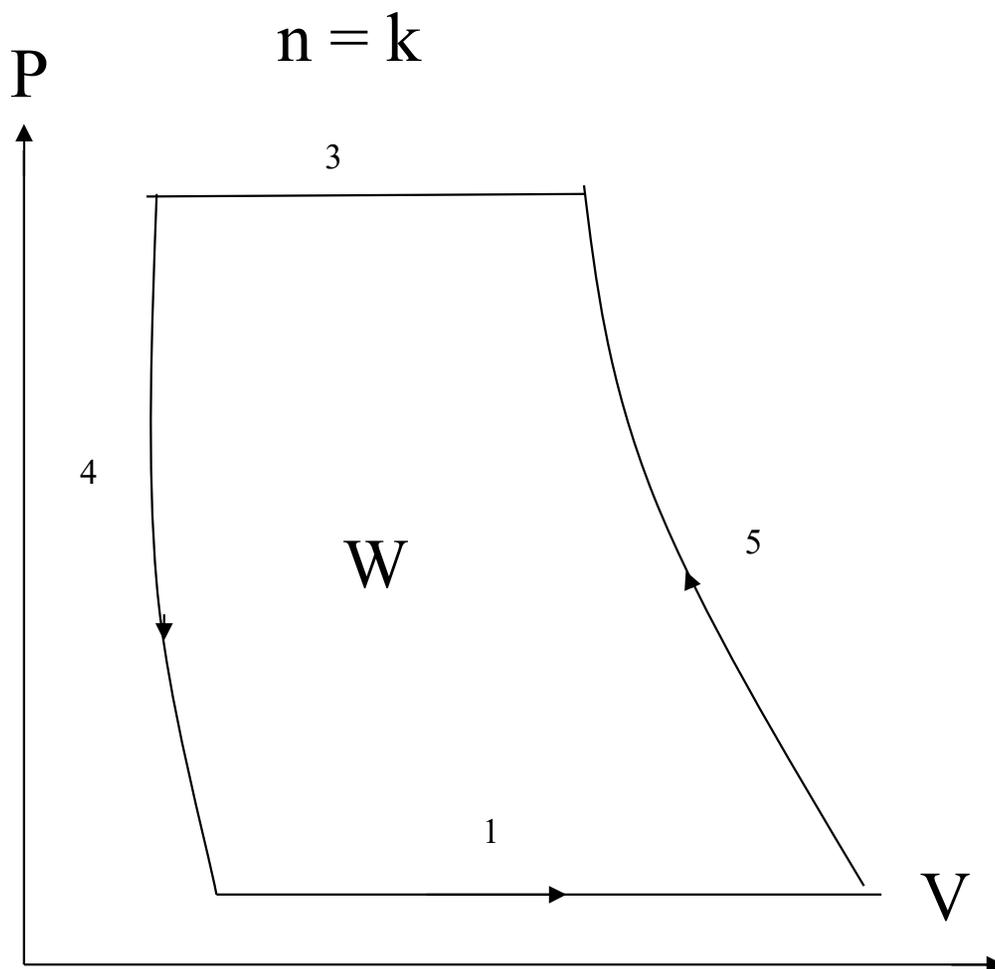
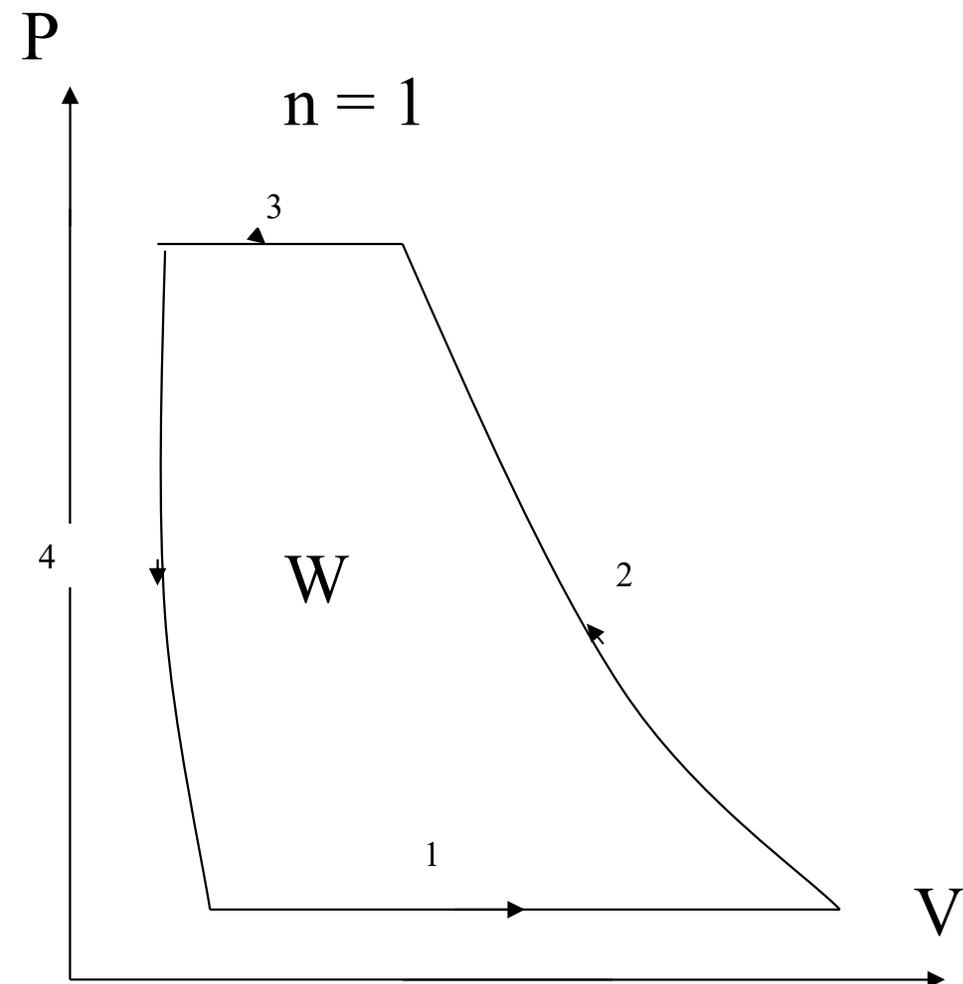
Compresión en una etapa



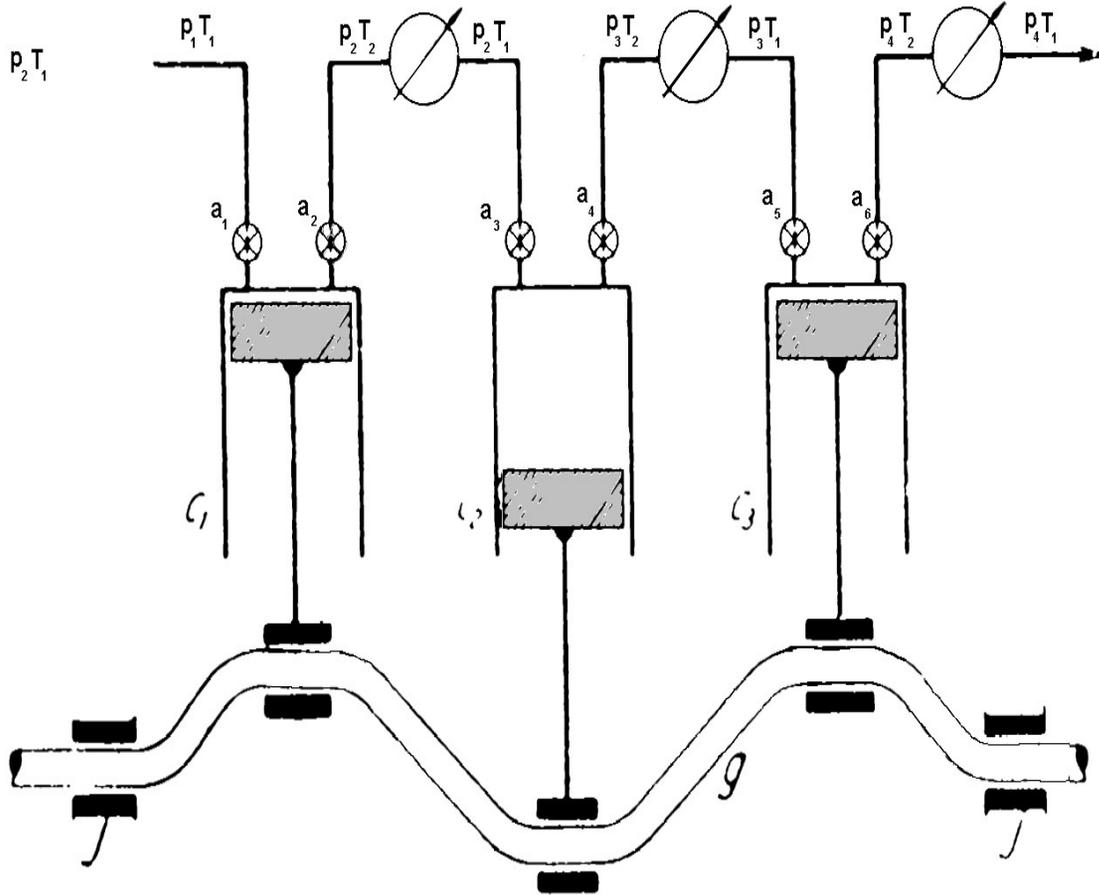
$$P \cdot V^n = \text{cte}$$

Compresión
isotérmica

Compresión
adiabática



Compresor trifásico con refrigeración intermedia



$$P_2/P_1 = P_3/P_2 = P_4/P_3$$

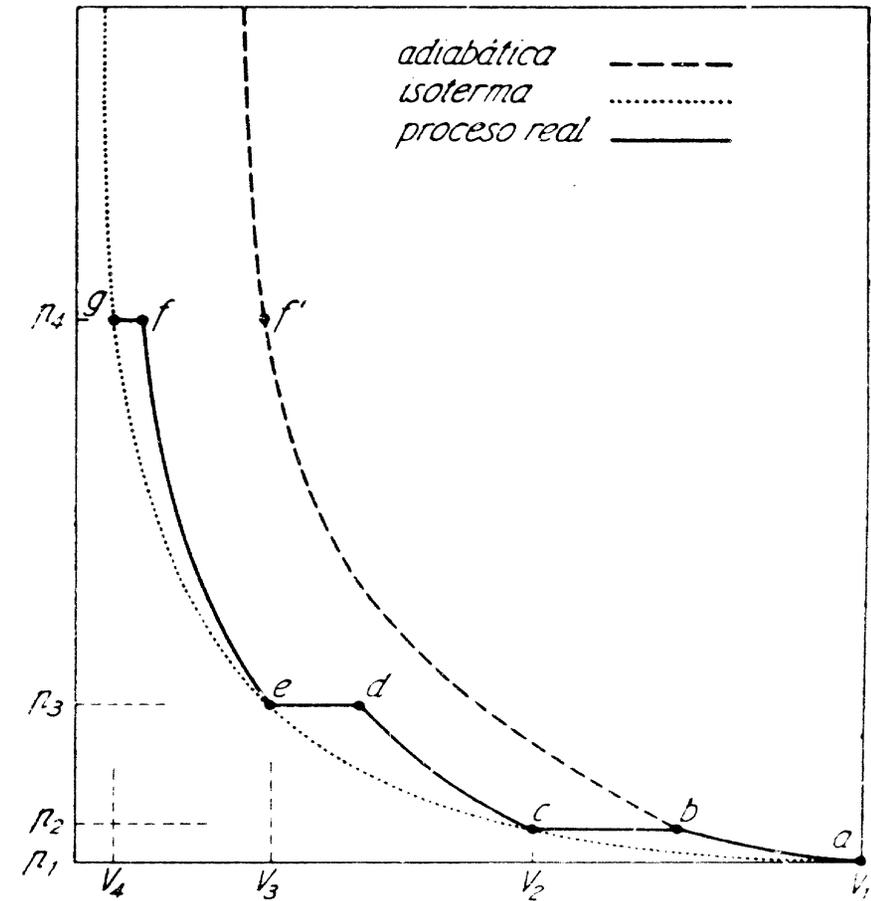


FIG. 4-4. — El proceso real de compresión, según se describe en el texto, comparado con los de carácter adiabático e isotérmico puros.

Óptimo número de fases o etapas

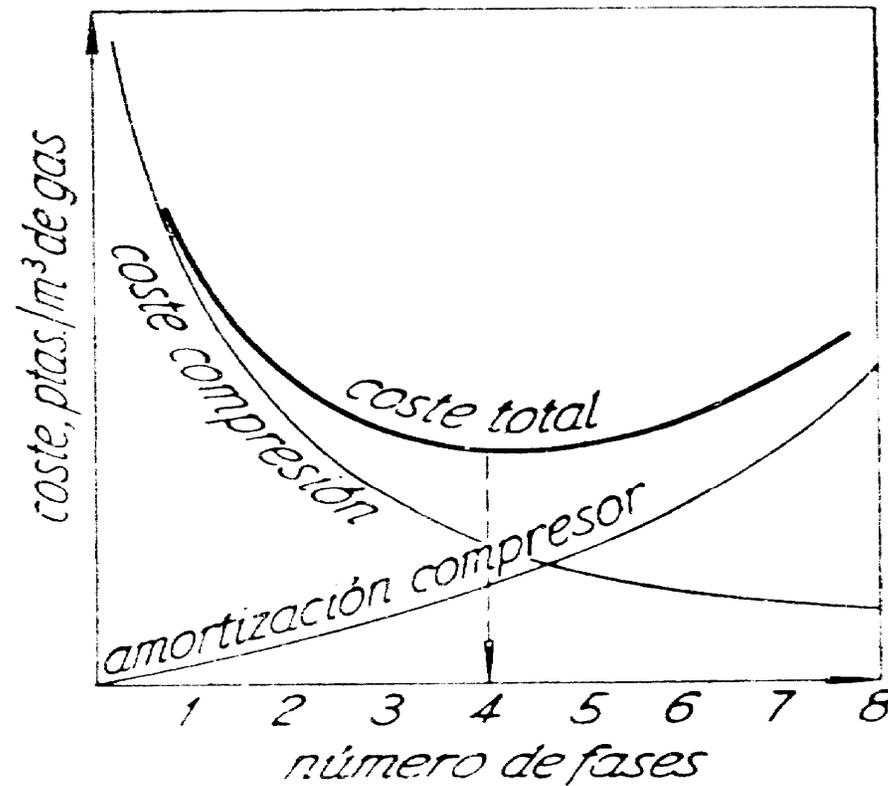


FIG. 4-5.—Determinación gráfica del número de fases más económico para una compresión.

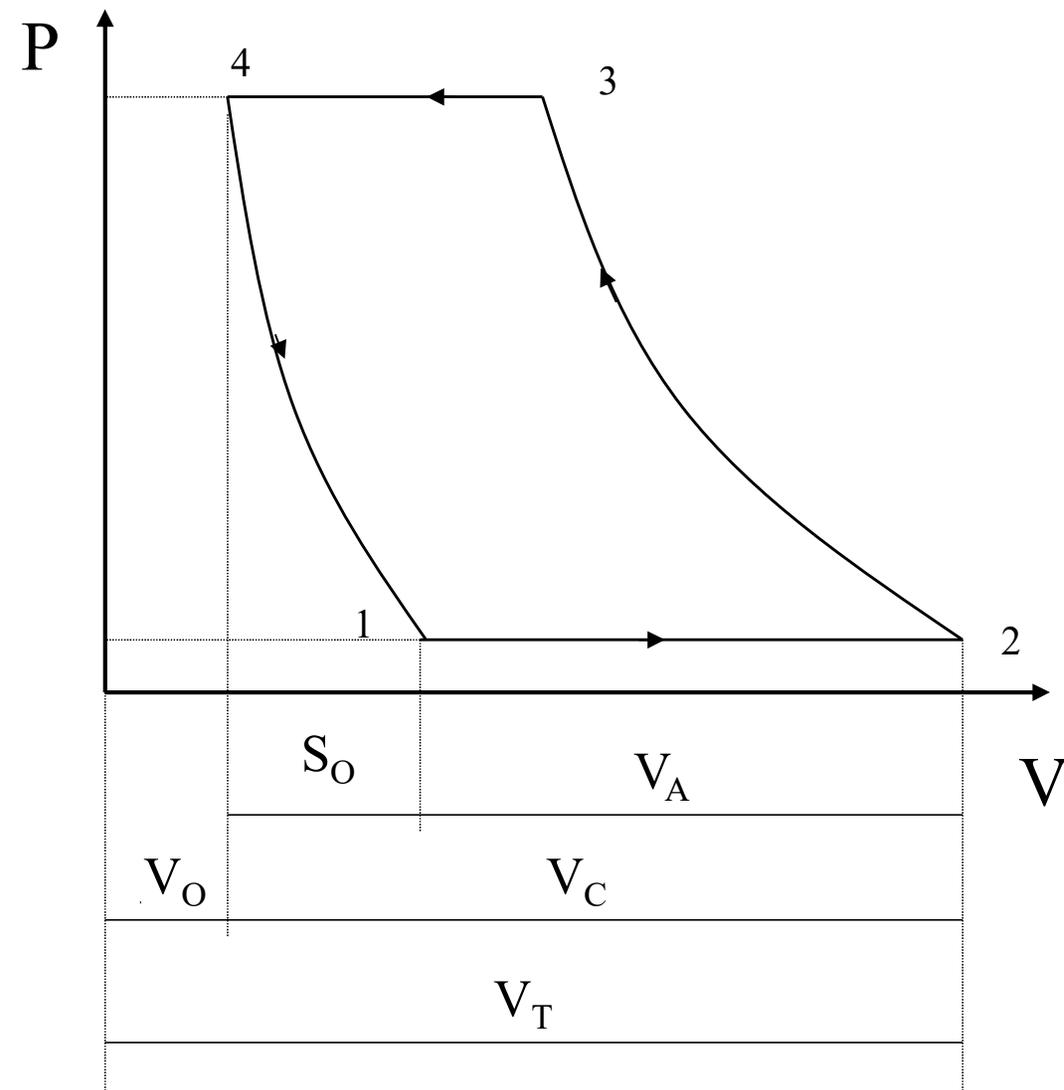
Ventajas de la compresión en múltiples etapas:

1. Permite economizar el trabajo que se suministra al compresor.
2. Se aumenta el rendimiento volumétrico, en efecto, este aumenta si es menor la relación de presiones.
3. Las temperaturas del aire en cada cilindro no son muy altas, y ello favorece la lubricación de los distintos cilindros y émbolos.

La capacidad real de un compresor es menor que el volumen teórico barrido, a causa de:

- ▶ Caída de presión en el lado de aspiración.
- ▶ Calentamiento del aire de aspiración.
- ▶ Expansión del gas atrapado en espacios muertos.
- ▶ Fugas de gas internas y externas

Espacio nocivo



Relación de espacio nocivo

$$E = V_0 / V_C$$

V_A = volumen aspirado.

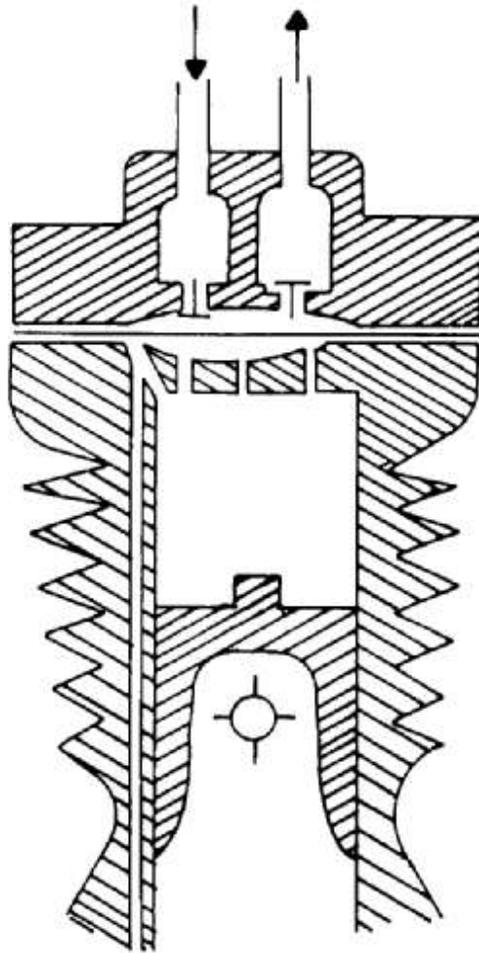
Rendimiento volumétrico.

$$N_V = V_A / V_C$$

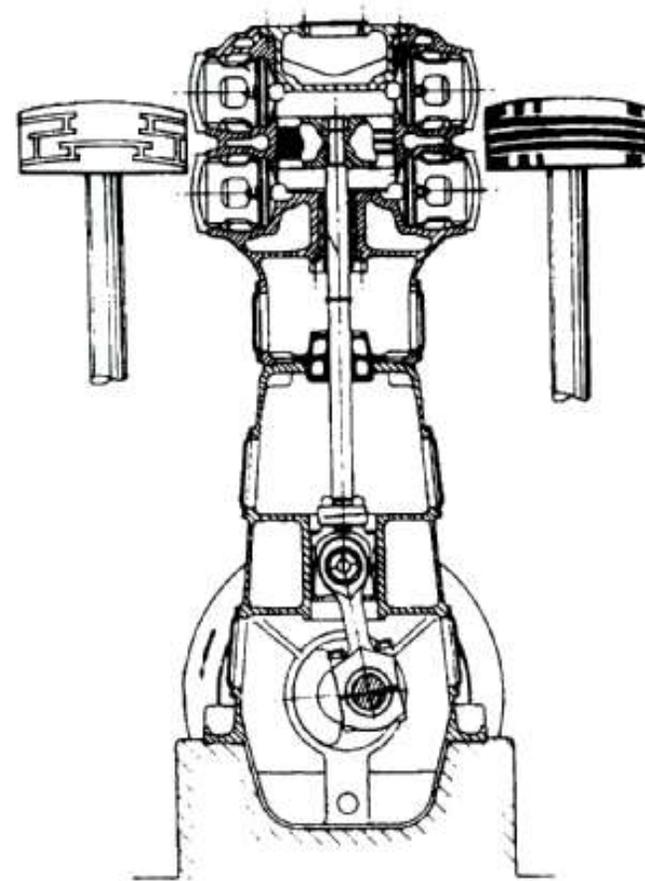
Compresores Alternativos

- Compresión alternativa del fluido con el principio de compresión adiabática
- Generalmente no son unidades individuales
- Pueden o no estar lubricados
- Tienen problemas de pulsaciones
- La eficiencia varía entre un 65 al 85%

Compresores alternativos



Esquema de funcionamiento de un Compresor de membrana

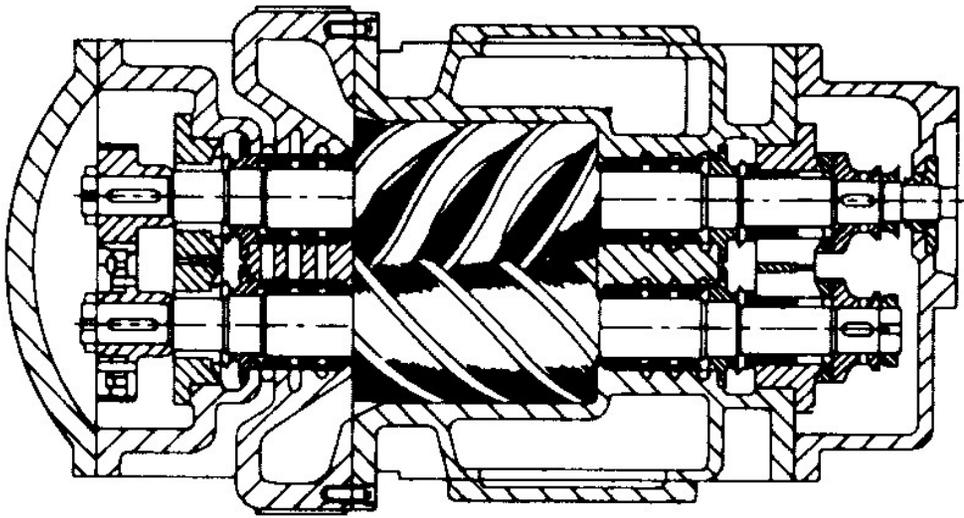


Corte de un compresor de pistón seco

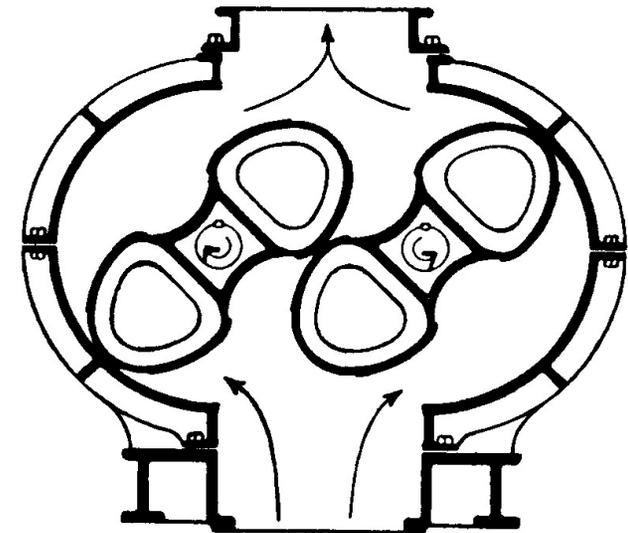
- A— Pistón con laberinto
- B— Pistón con segmentos en plástico

Compresores Rotativos

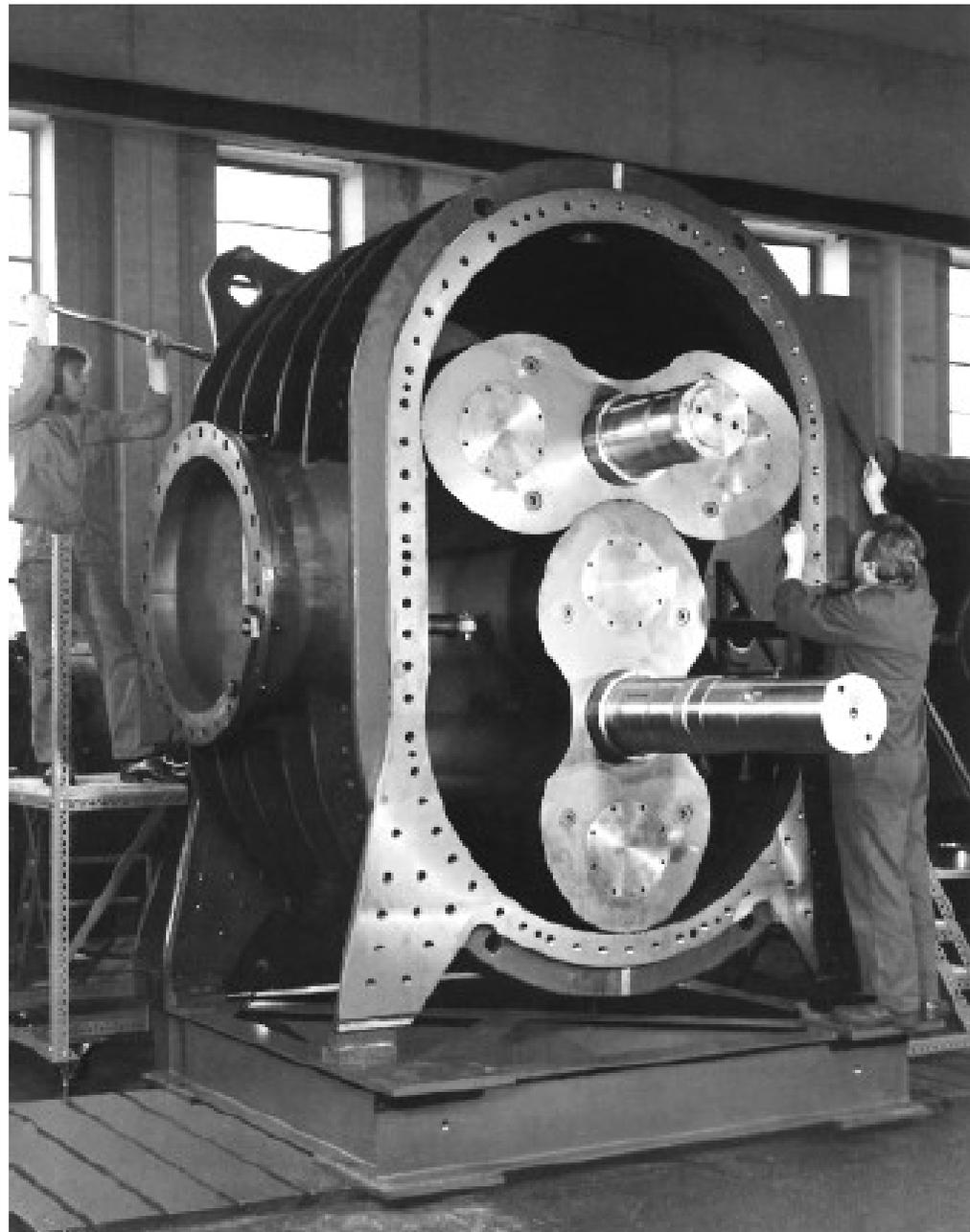
- **Compresión continua**
- **Necesitan aislación acústica**
- **Poco aumento de Presión y baja capacidad**



COMPRESOR ROTATIVO DEL
TIPO TORNILLO

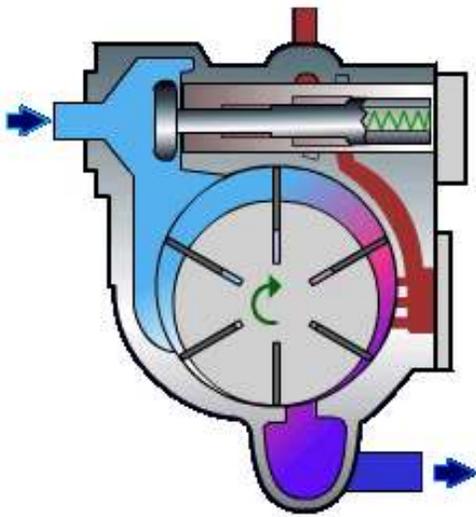


COMPRESOR ROTATIVO BILOBULAR

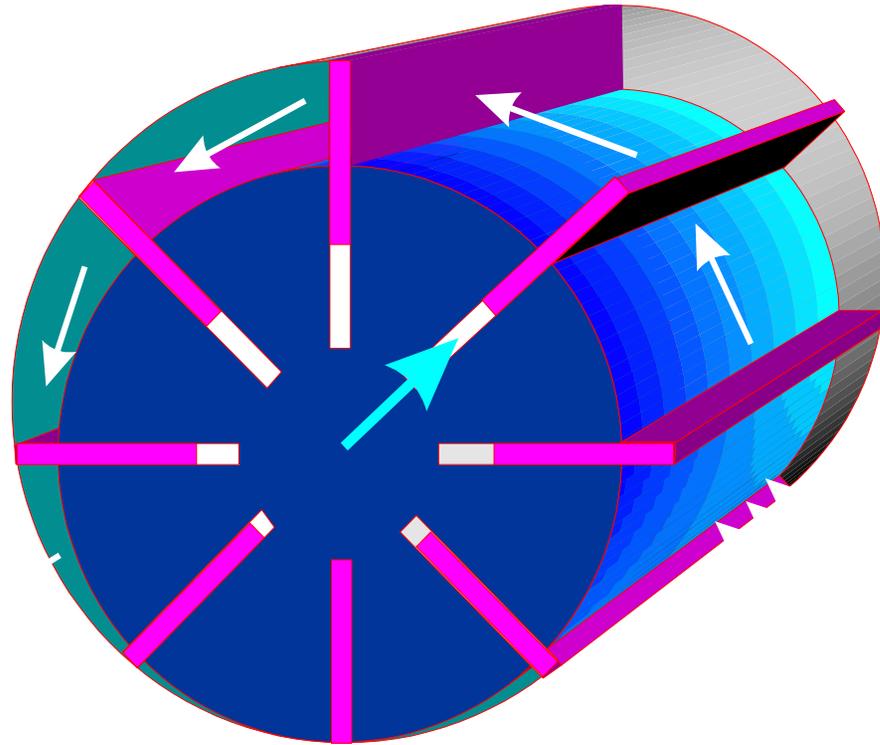


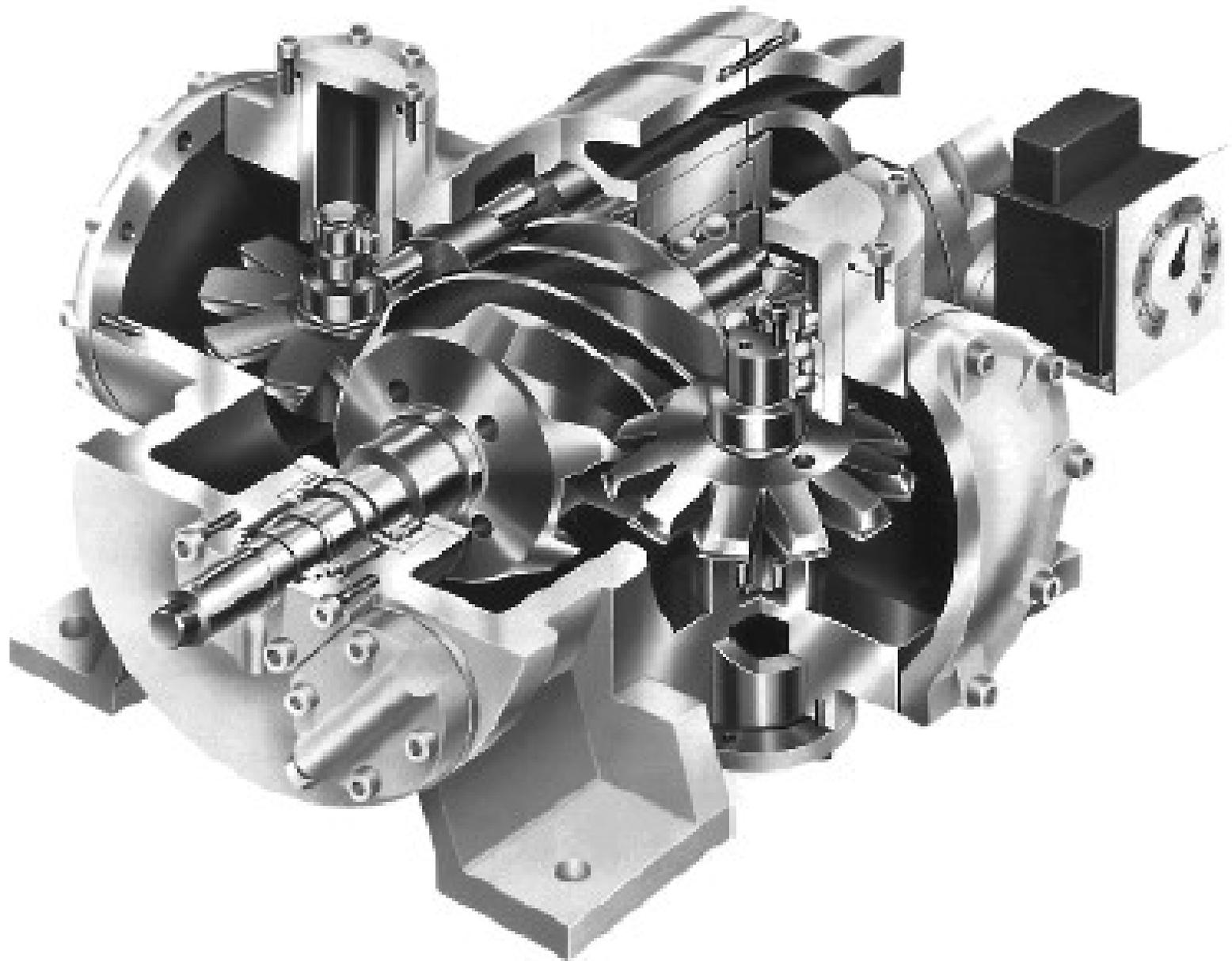
i Large lobe rotary piston blower. (*Aerzen USA Company, Co*

Compresores Rotativos



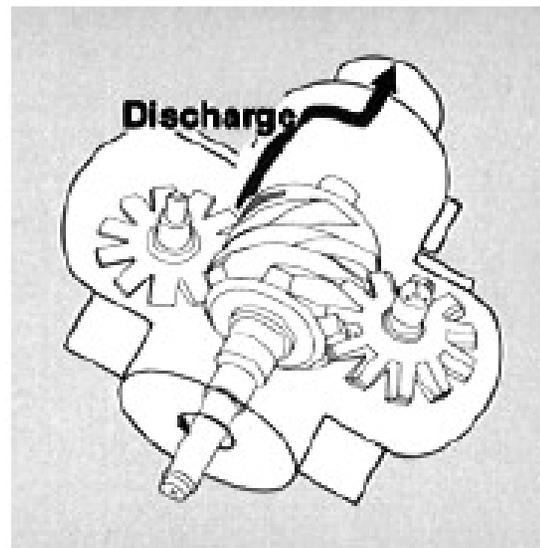
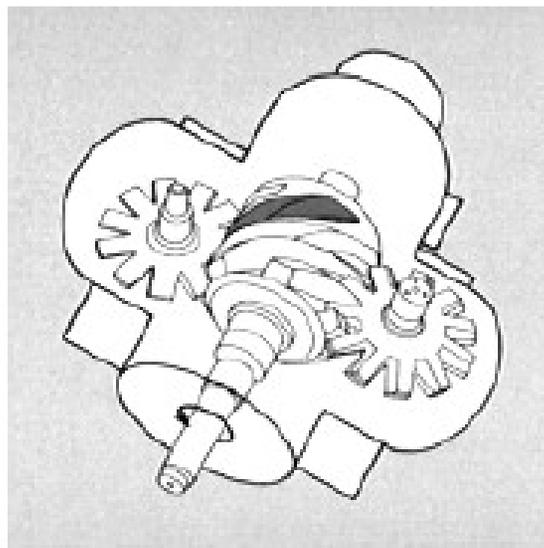
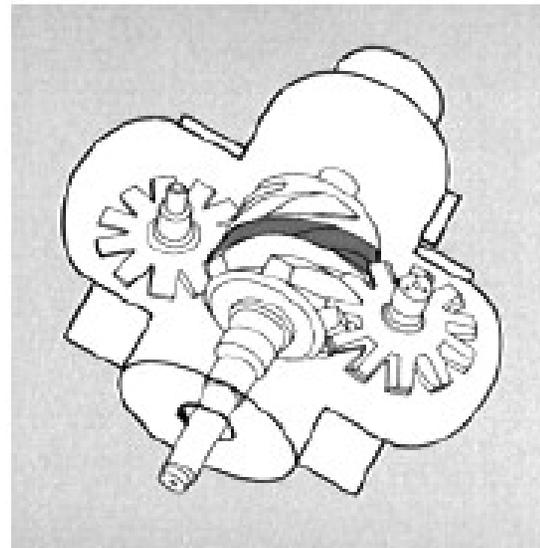
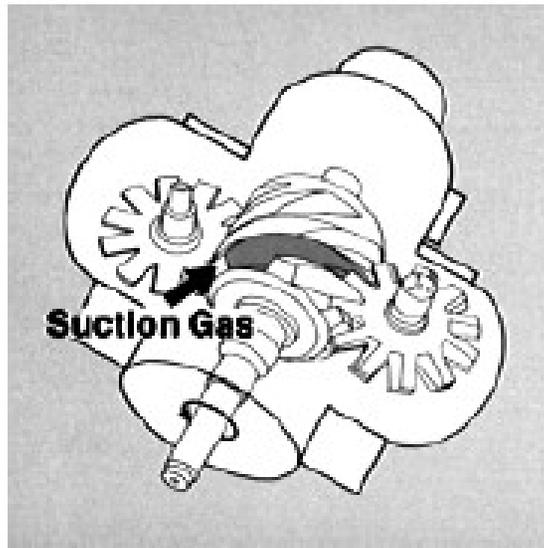
Compresor con aletas deslizantes





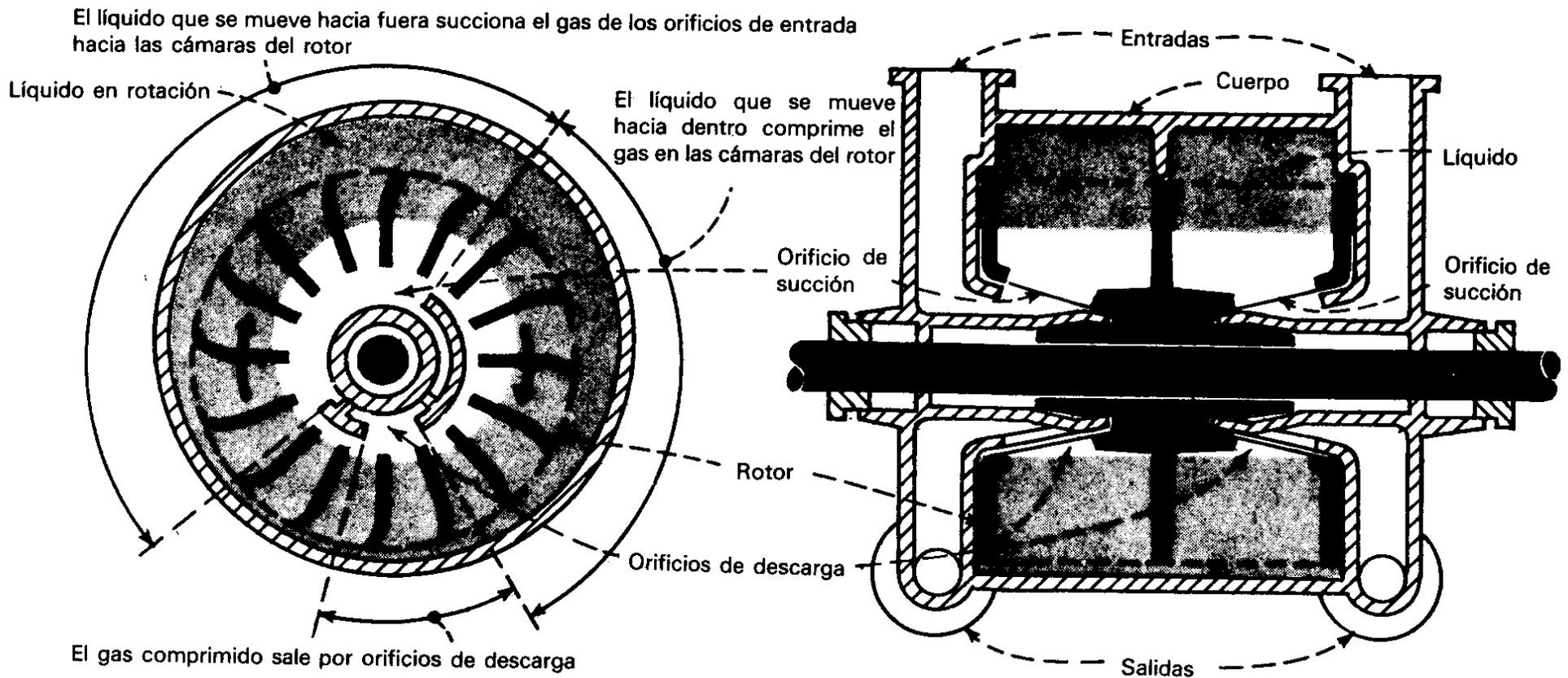
Oil-injected single-screw compressor. (*Dresser-Rand Company, Broker*)

Compresores Rotativos



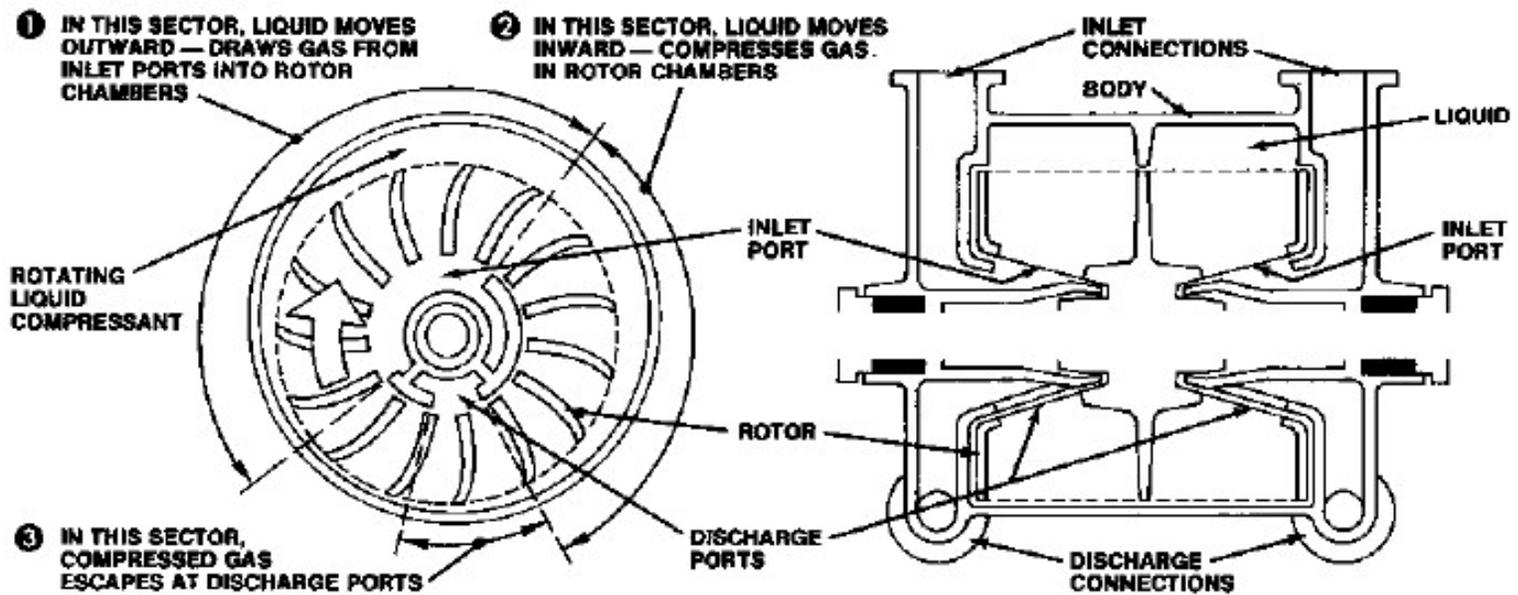
0 Gas flow in an oil-injected single-screw compressor. (*Dresser-Ra*

Compresores Rotativos



COMPRESOR ROTATORIO DE ANILLO LIQUIDO

Compresores Rotativos

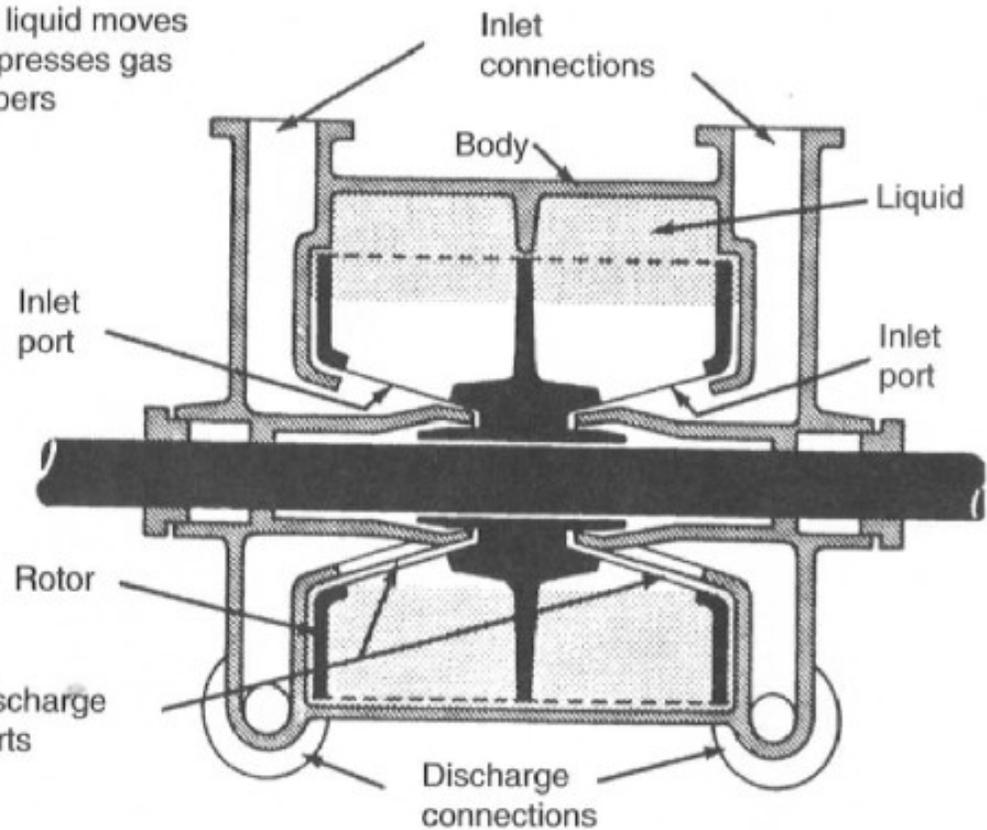


1 In this sector, liquid moves outward – draws gas from inlet ports into rotor chambers

2 In this sector, liquid moves inward – compresses gas in rotor chambers

Rotating liquid compressant

3 In this sector, compressed gas escapes at discharge ports



KEY

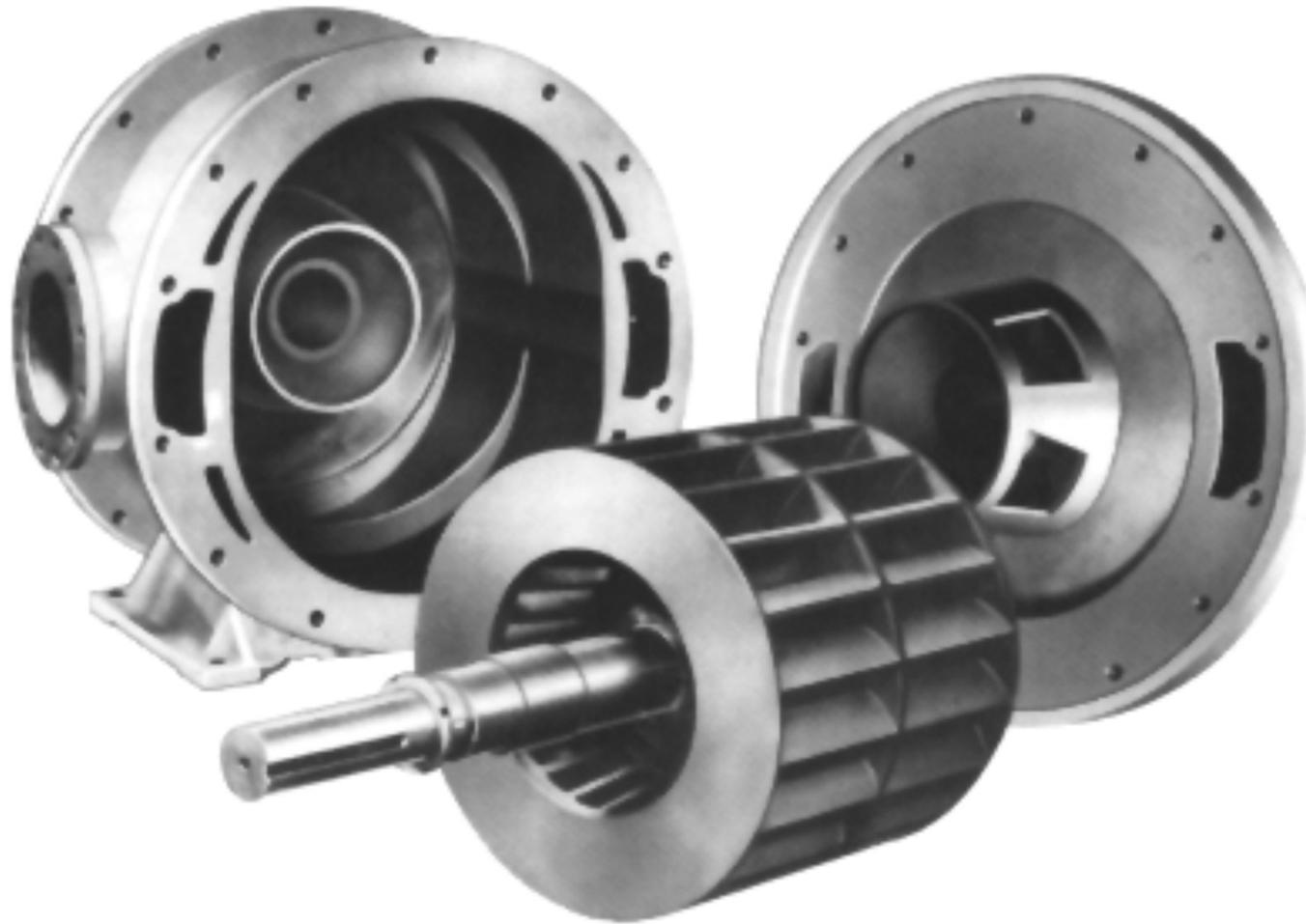
■ Rotor-one moving part

▨ Cast iron body

▩ Liquid compressant

Figure 1-11. A sectional and end view of a liquid piston compressor. (Courtesy of Nash Engineering Co.)

Compresores Rotativos



Compresores Rotativos

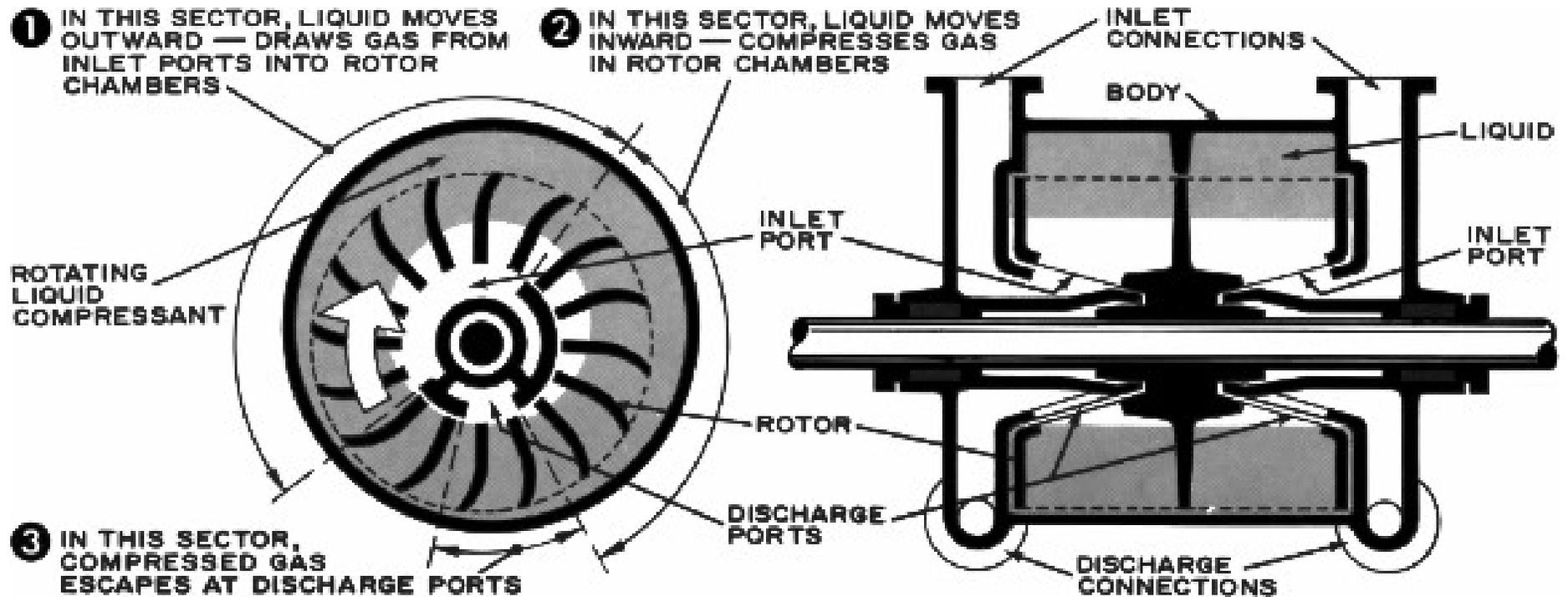
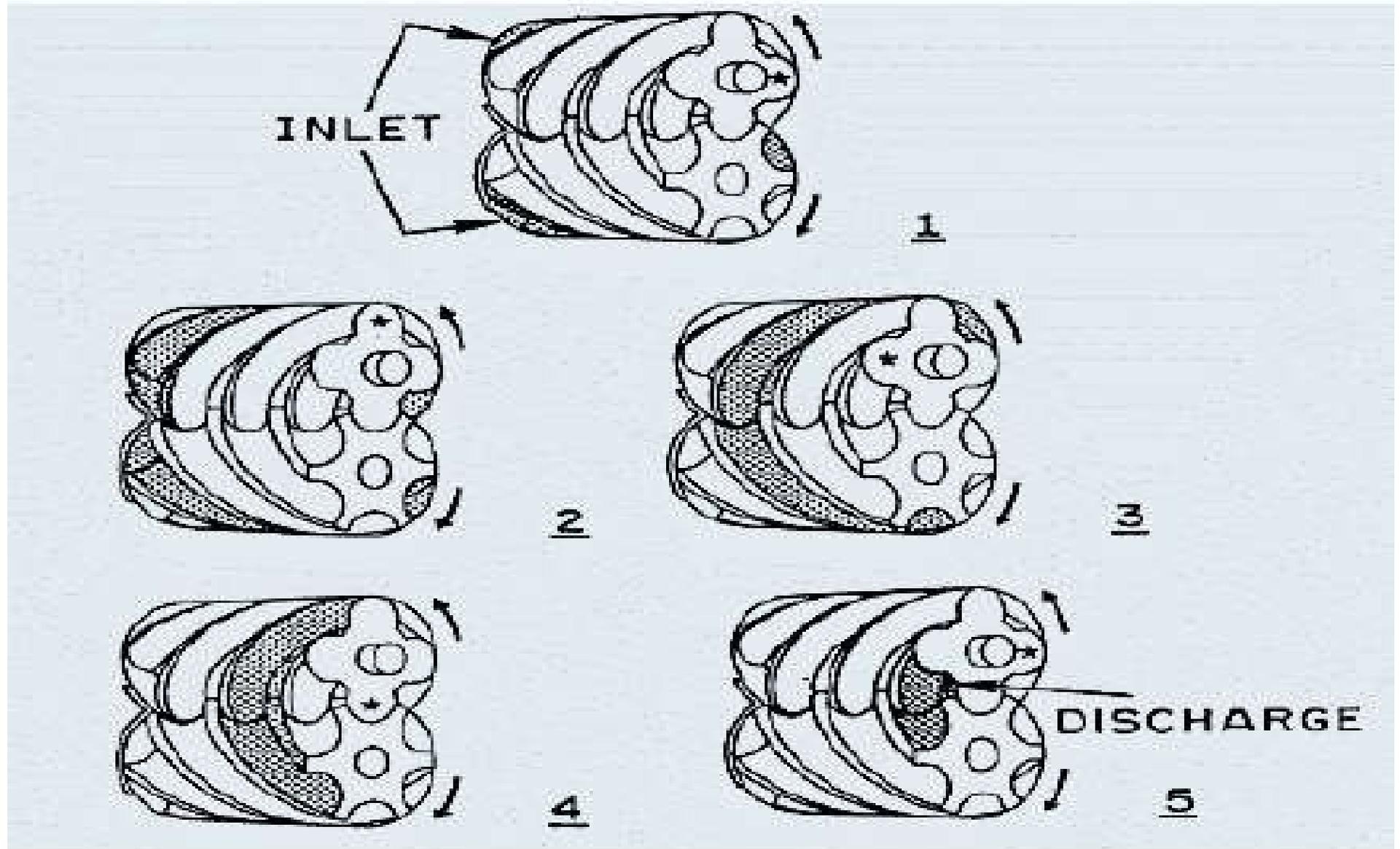
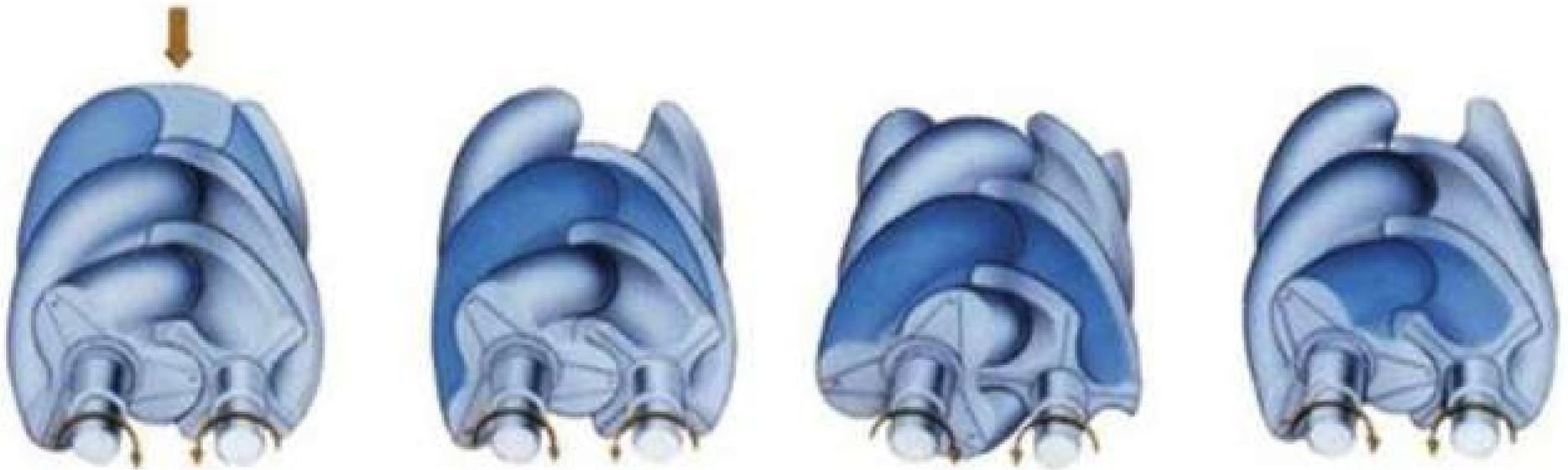


FIGURE 8.3 Functional schematic of a liquid ring compressor with a circular casing. *(Nash Engineering Company, Norwalk, Conn.)*

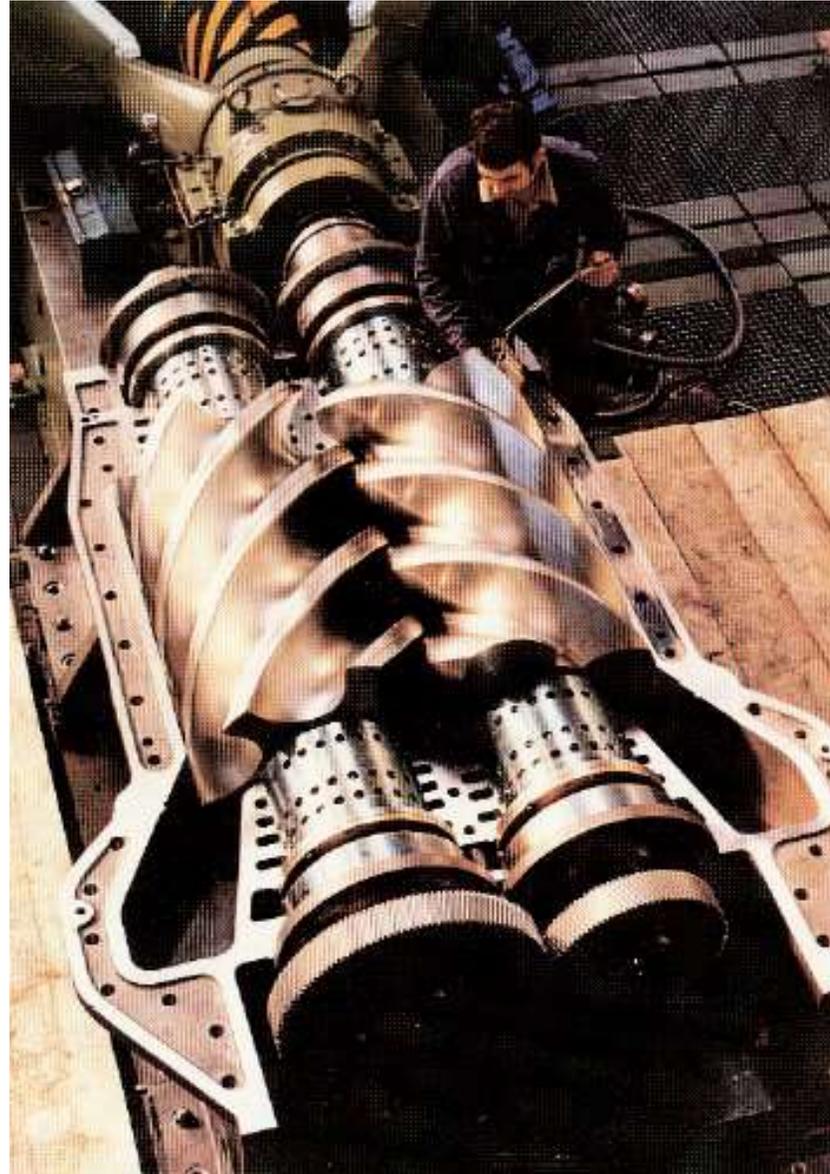
Compresores Rotativos



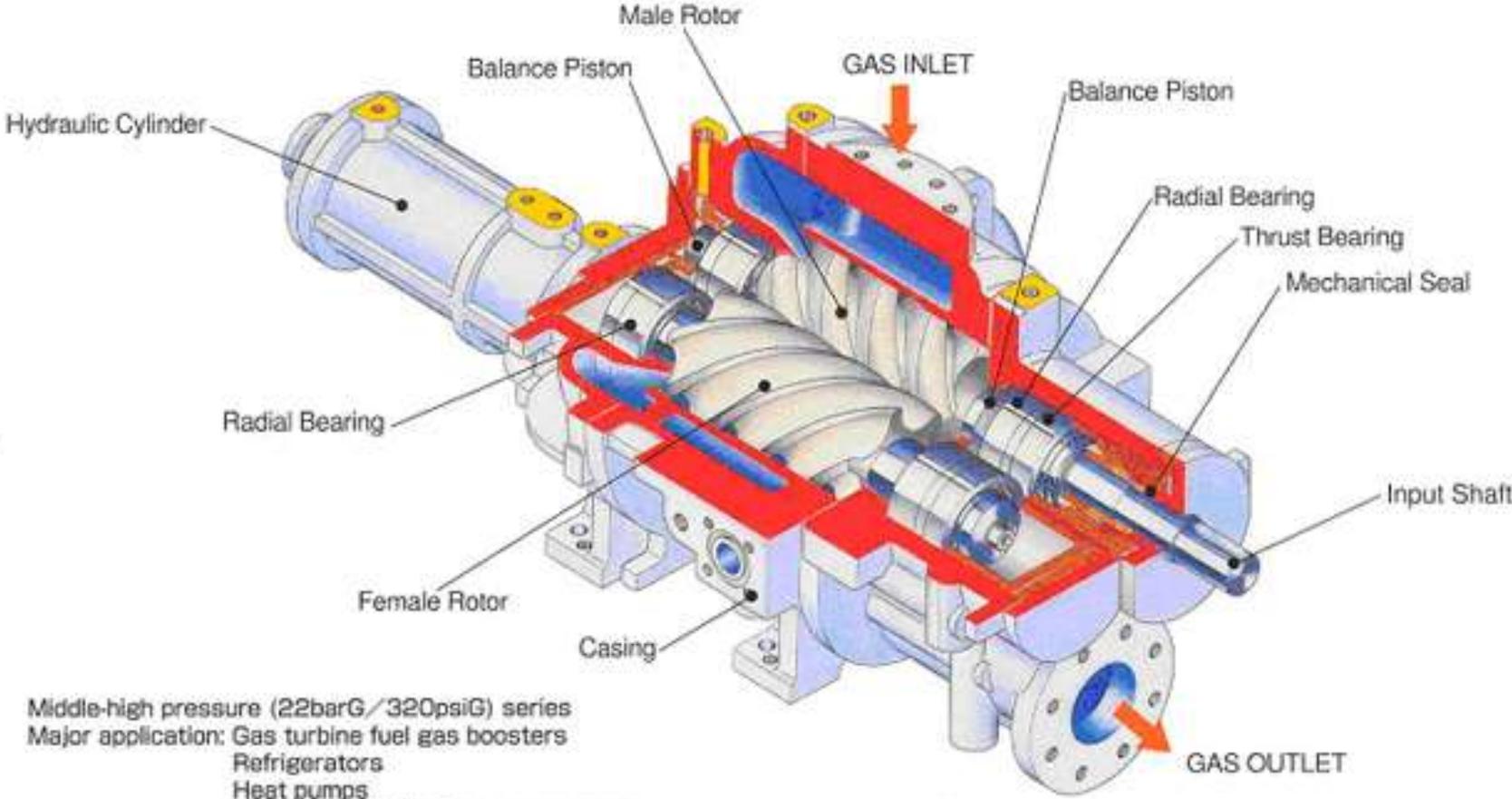
Compresores Rotativos



Compresores Rotativos de Tornillos



Compresores Rotativos de Tornillos



Middle-high pressure (22barG/ 320psiG) series
Major application: Gas turbine fuel gas boosters
Refrigerators
Heat pumps
Oil and gas gathering compressors
LNG boil offgas compressors

Compresores Rotativos de Tornillos

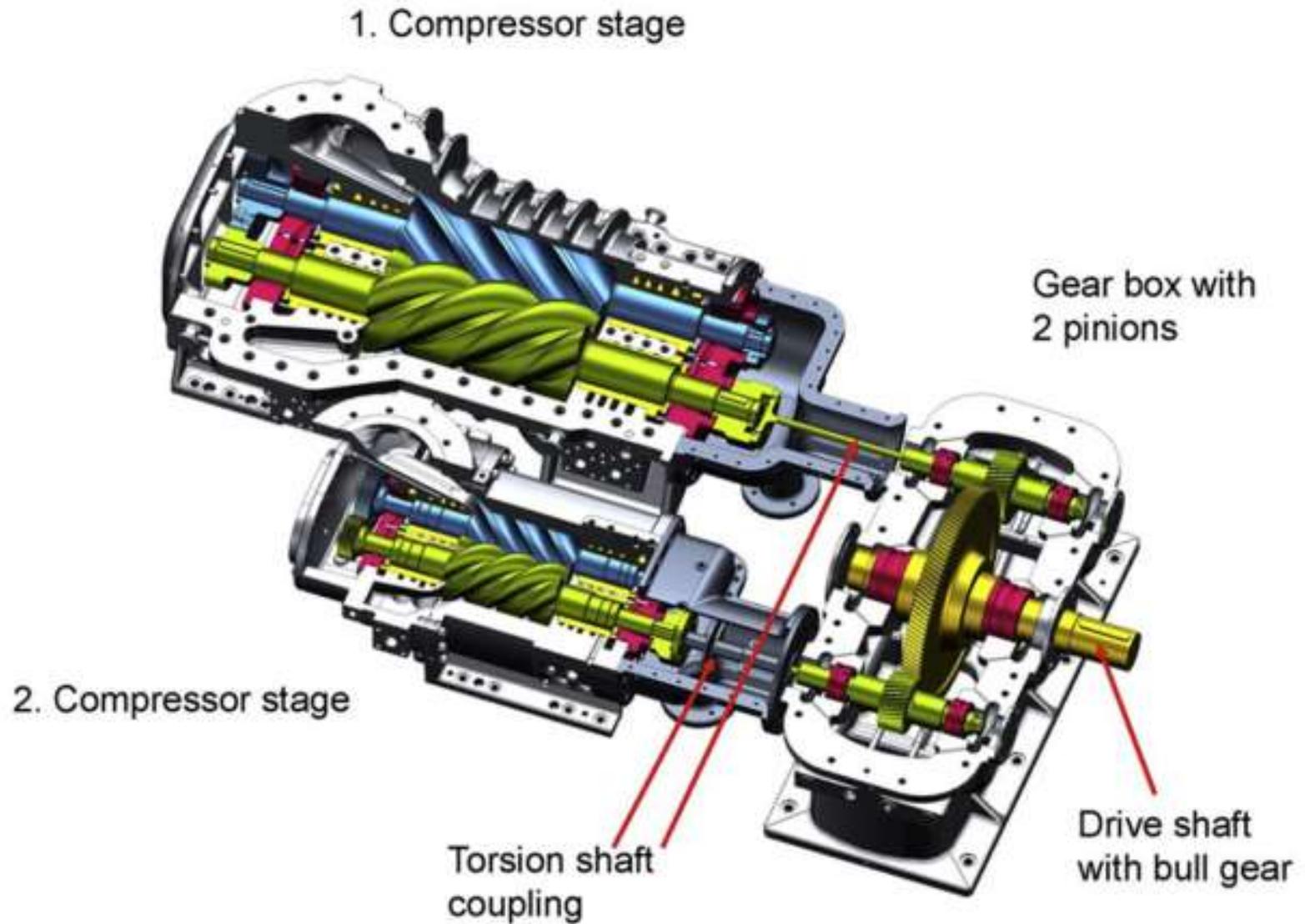


FIG. 6.14 Two-stage arrangement for dry screw.

Compresores Rotativos de Tornillos

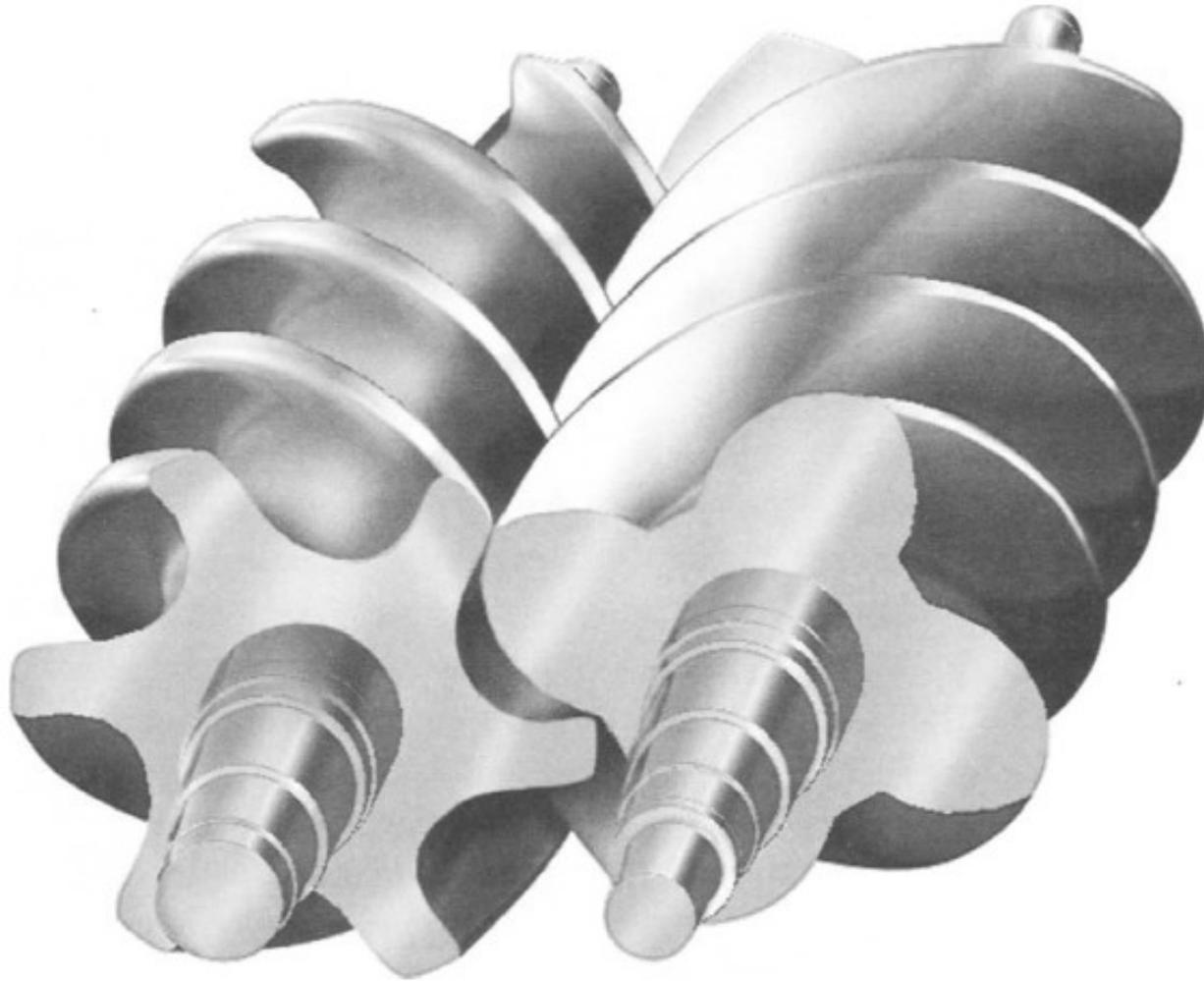
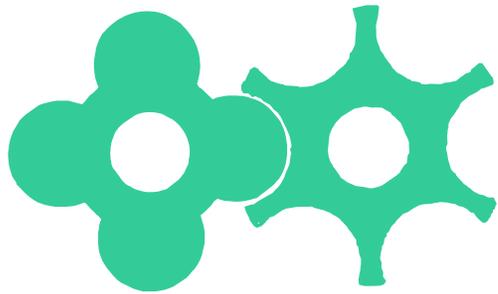
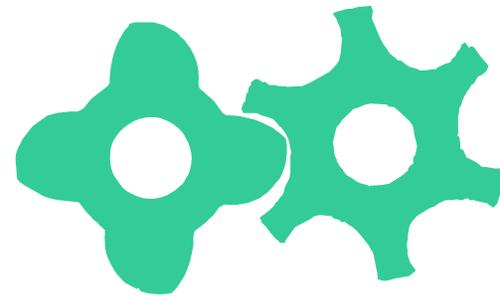


Figure 4-13. A rotor set for an oil-free helical-lobe compressor. *(Courtesy of GE Energy.)*

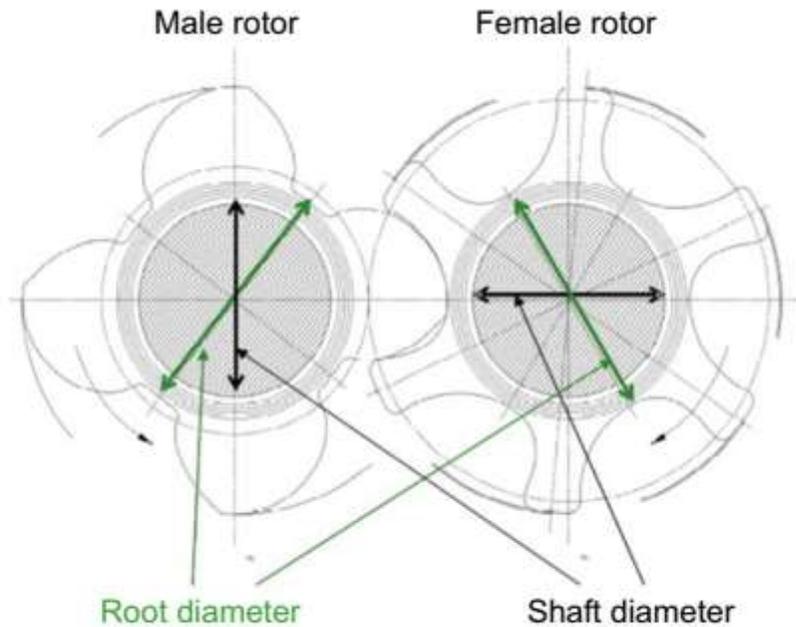
Evolución de los perfiles de los compresores de tornillo:



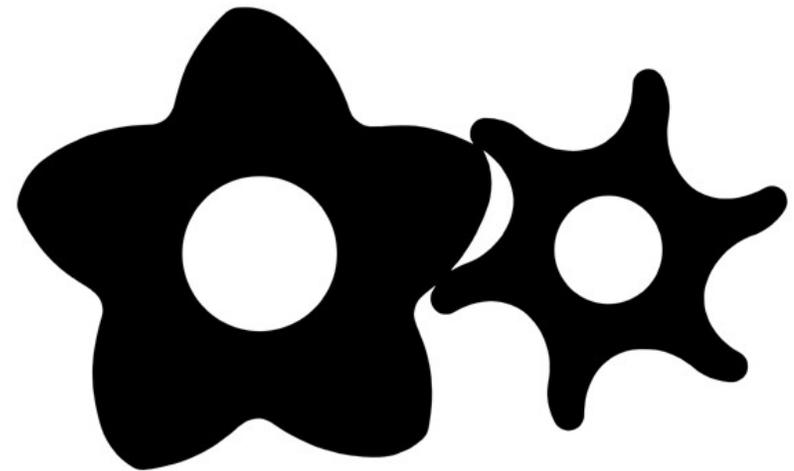
Perfil simétrico



Perfil asimétrico



Rotor profile.

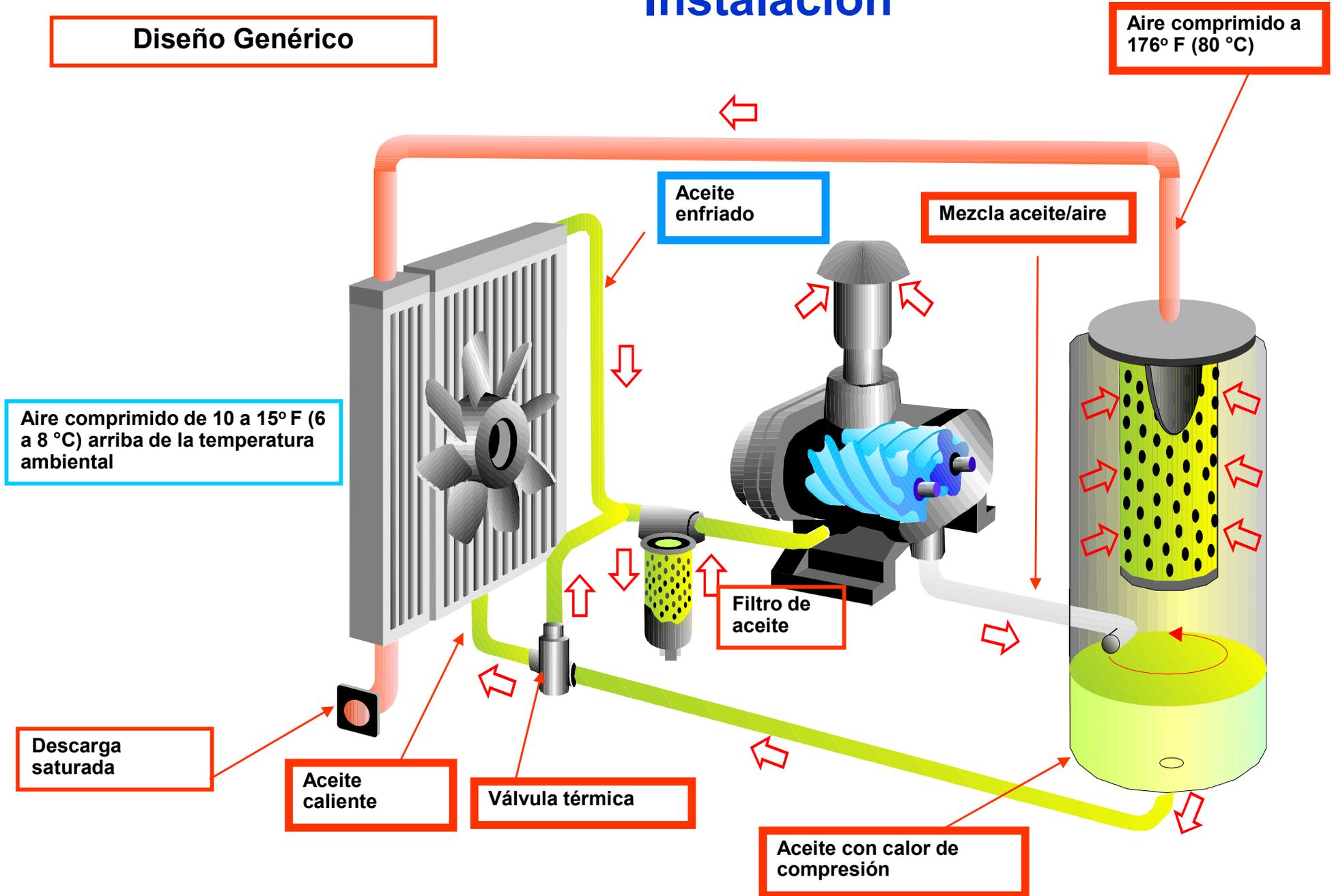


Perfil SIGMA

Compresores de Tornillo. Instalación

Diseño Genérico

Aire comprimido a
176° F (80 °C)



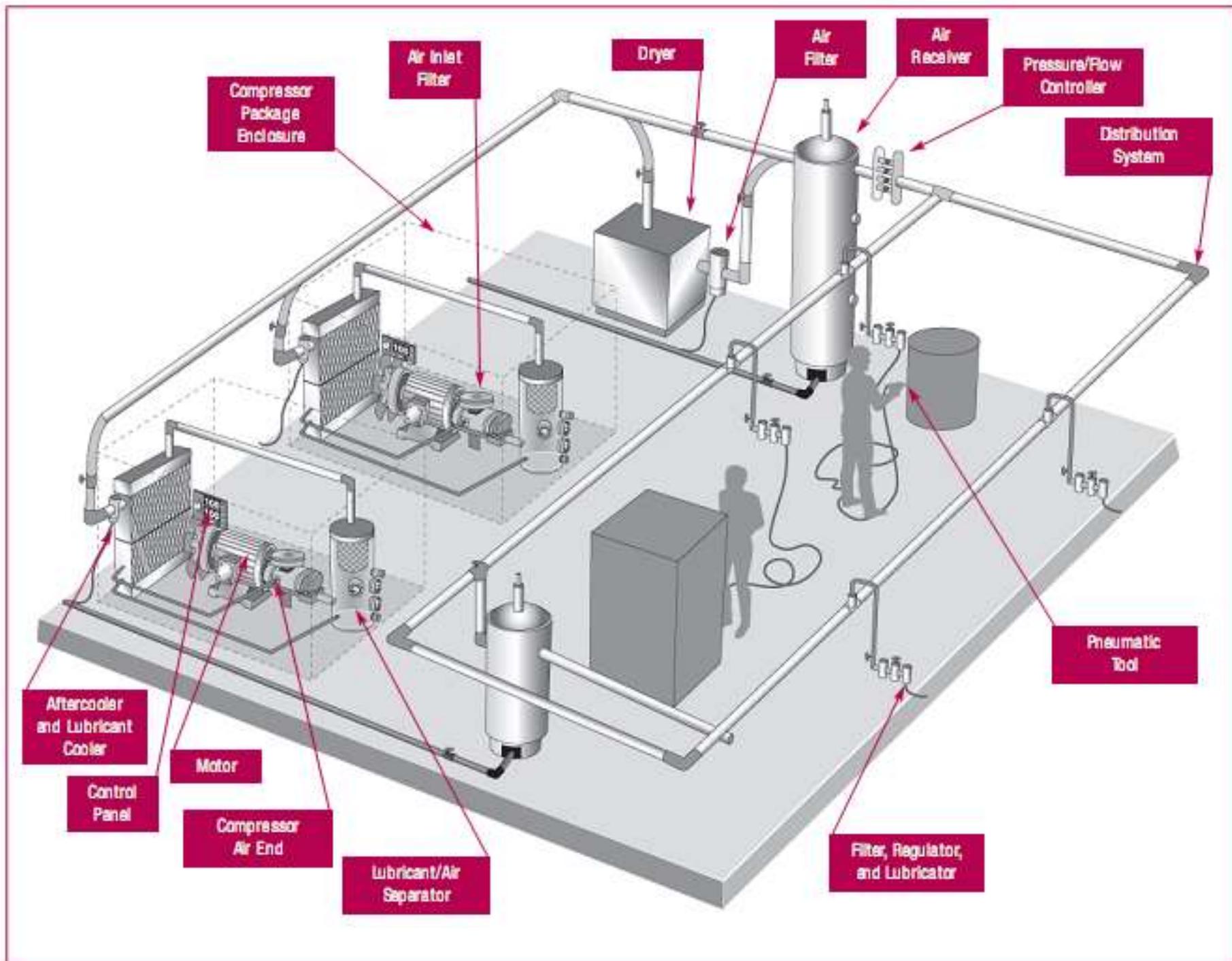


Figure 1.1 Components of a Typical Industrial Compressed Air System.

Conceptos más frecuentes:

□ Instalación

- Agua en la cañería
- Pendiente de cañería
- Pérdida de carga $DP = 1 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow DE = 7,5\%$
- Codos de bajada a punto de consumo
- Instalación en “anillo” o anillos
- Ubicación del tanque pulmón

□ Compresor

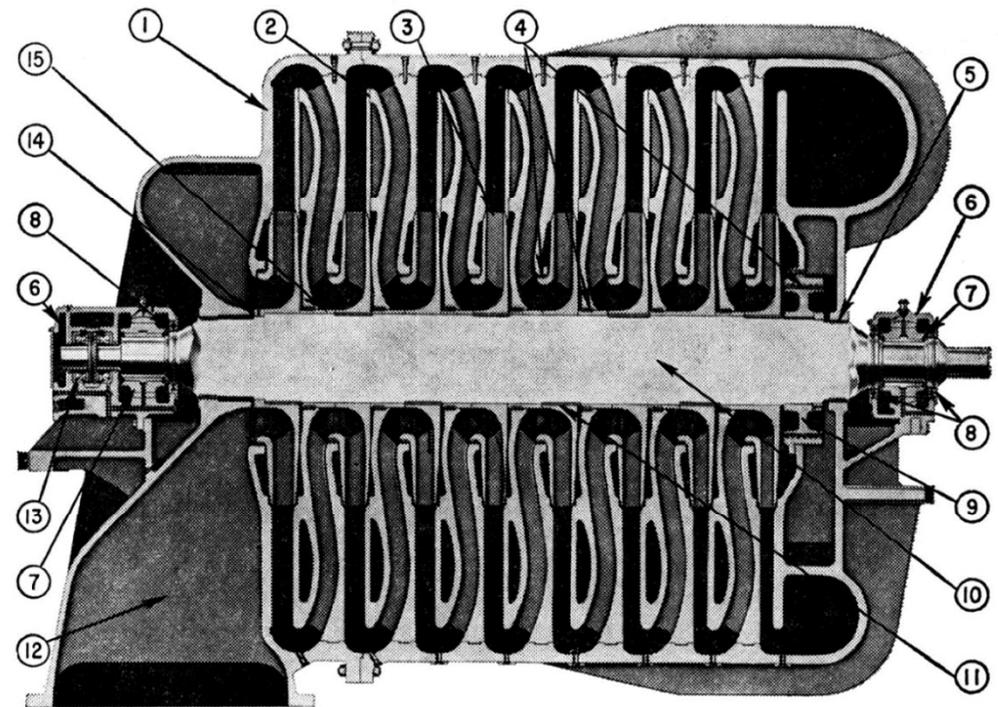
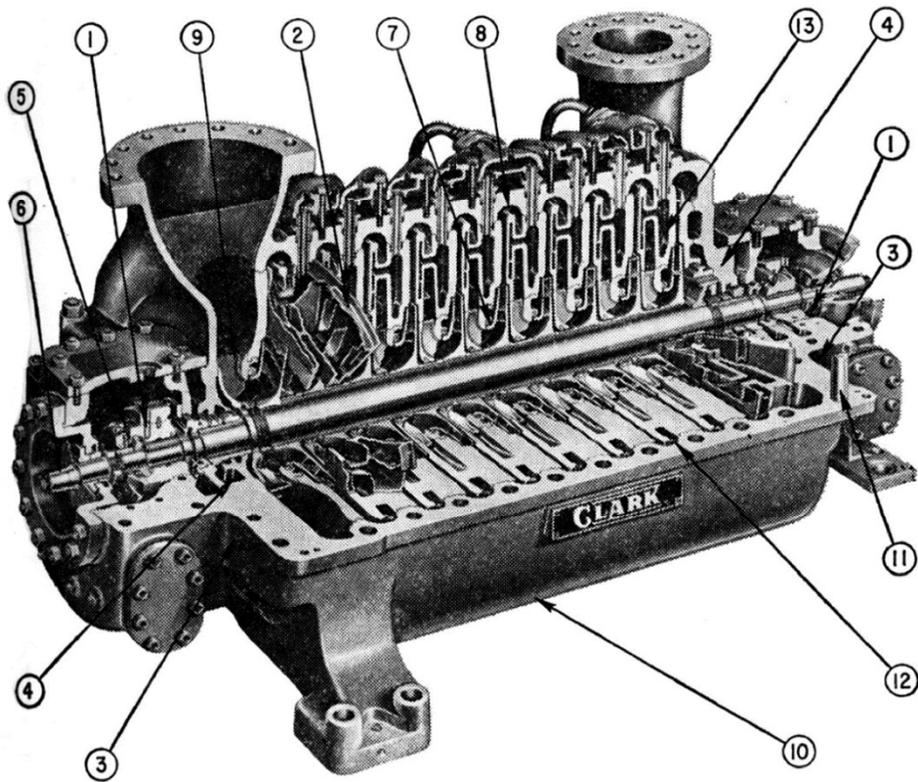
- Horas de uso
- Purgas de agua
- Calidad del aire de admisión
- Admisión libre

Compresores Centrífugos

- La presión se logra por una entrega de energía cinética que luego se transforma en energía de presión.
- Trabaja con variaciones de presión de 3.5kPa a varios centenares, caudales de hasta 4000 m³/min y velocidades de 50000 a 100000 rpm
- Tiene menor eficiencia que los de desplazamiento
- Pueden ser de múltiple o simple etapa

Compresores Centrífugos

EQUIPO DE COMPRESIÓN



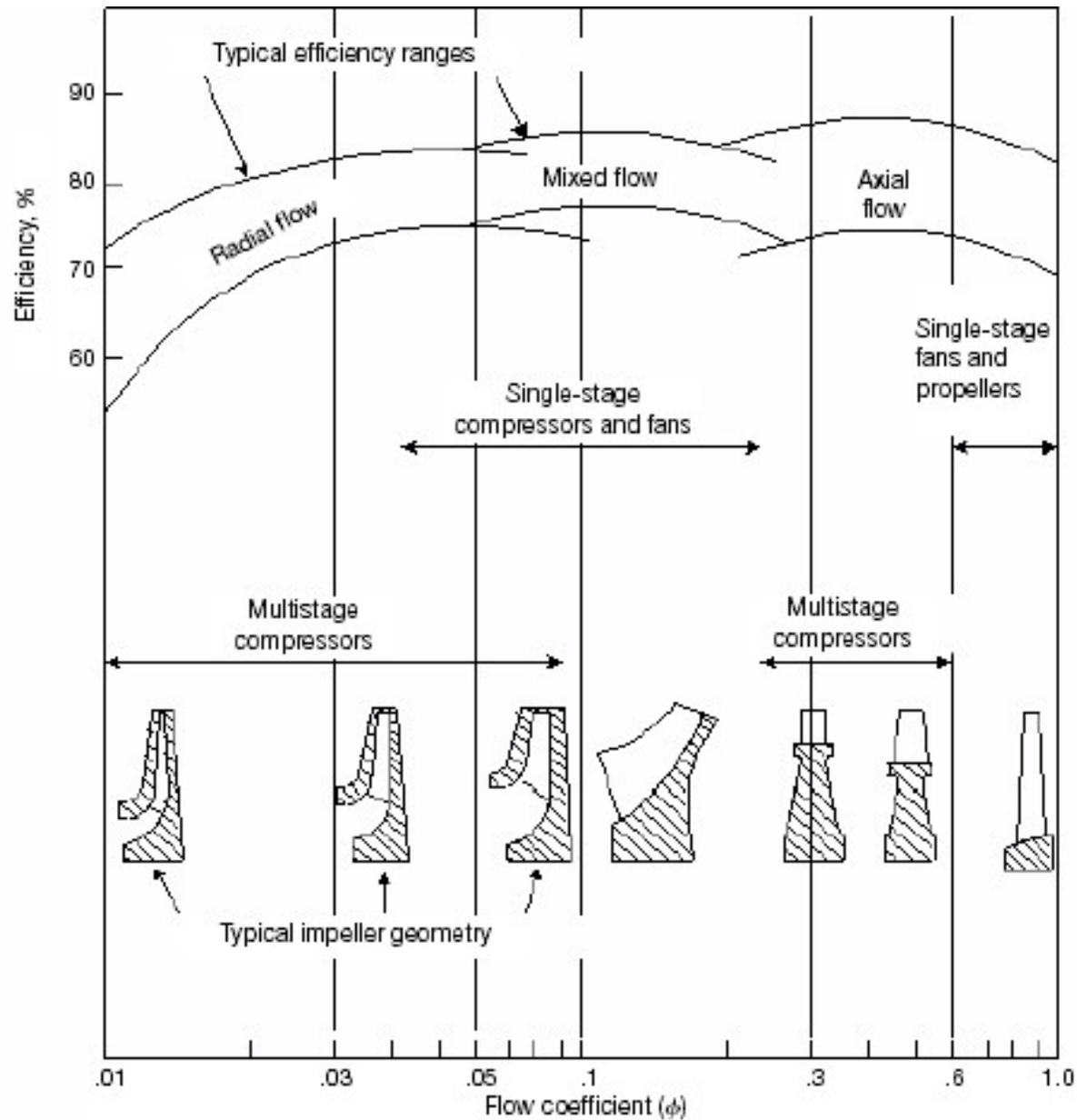
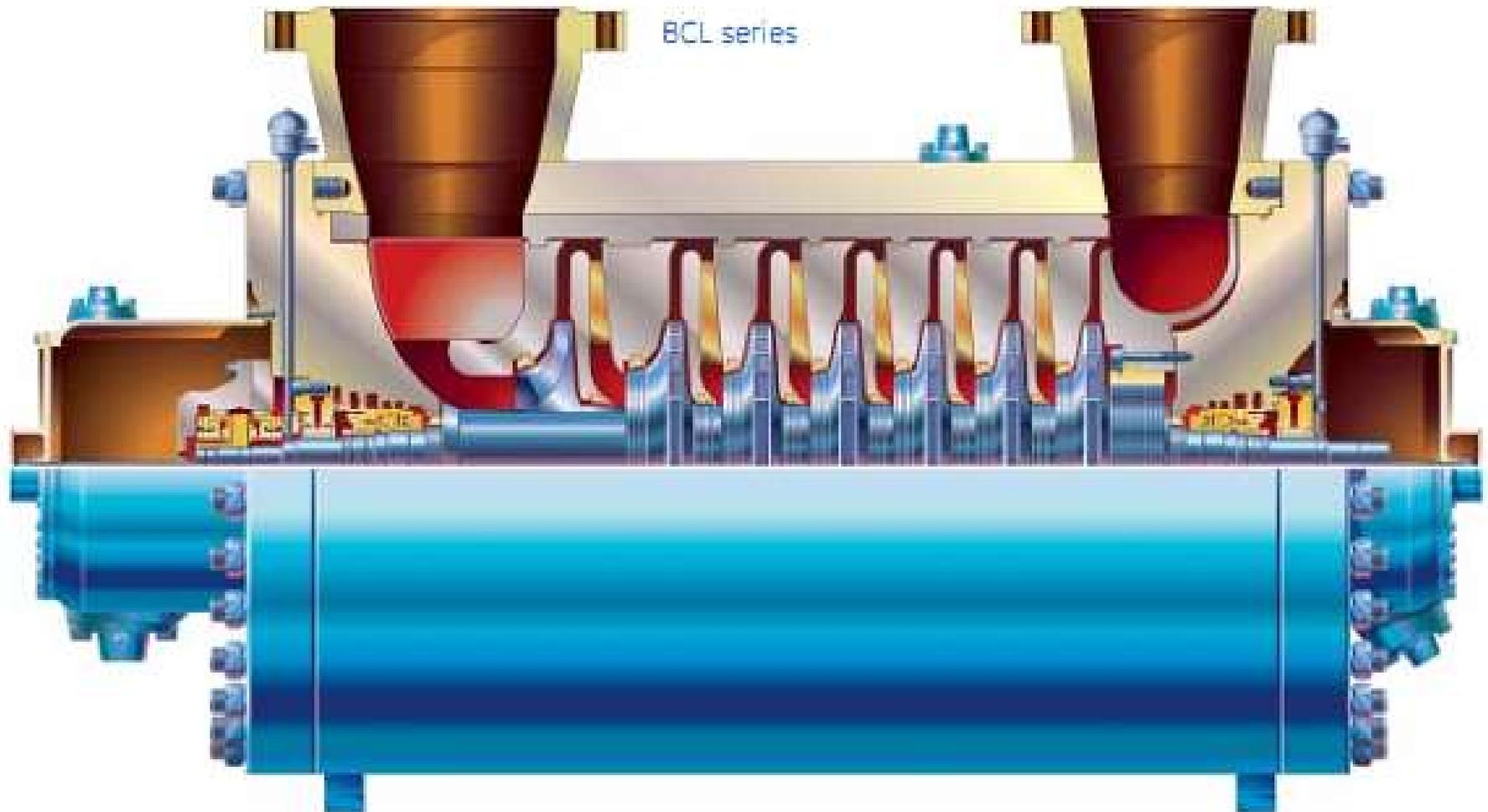


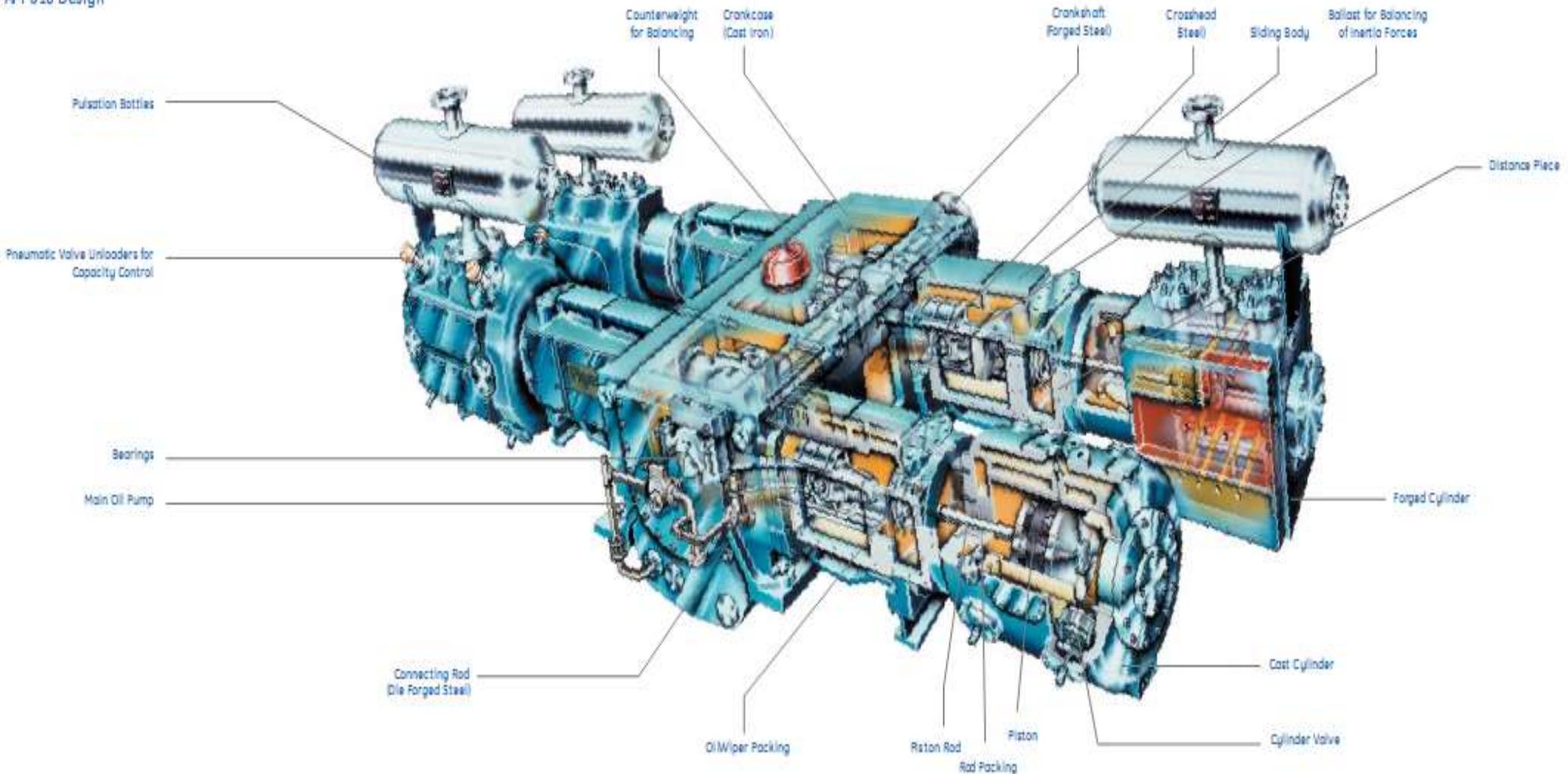
Figure 5-2. Efficiency versus flow coefficient for different impeller geometries.

Compresor Centrífugo



Compresores Alternativos

API 618 Design



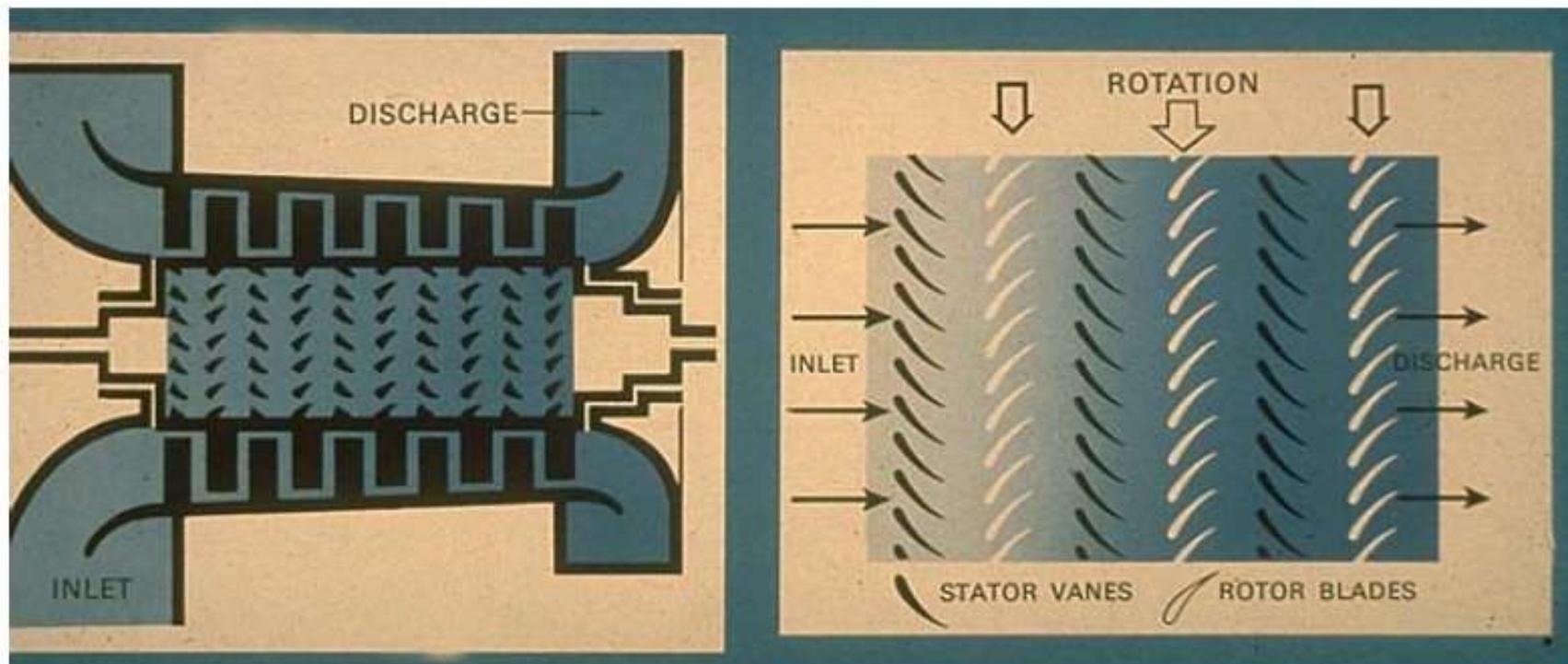
Compresor Soplador

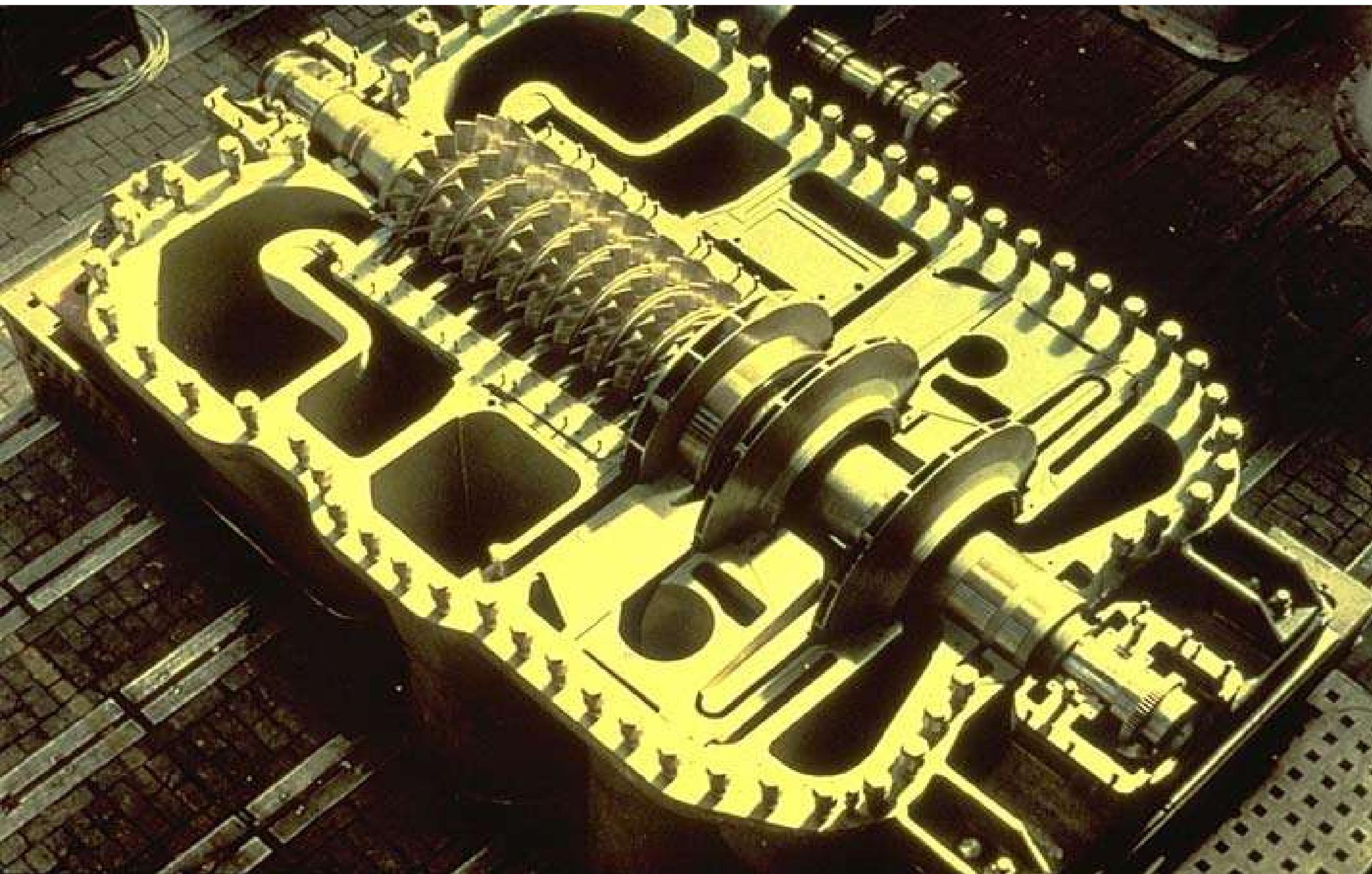


Interesting facts

- A typical turbo-compressor that runs at 6,000 RPM rotates at 100 times per second.
- It also rotates 8,640,000 times per day.
- And ... 3,153,600,000 times per year.
- All on an oil film of less than one thousandth of an inch.

Axial Flow Compressors *(Dynamic Type)*





Elija el grado de tratamiento correspondiente según sus necesidades:

Tratamiento de aire comprimido con secador frigorífico (punto de rocío +3 °C)

Grado de uso Grado de tratamiento: 100000-1

Industria láctea,
fábricas de cerveza

Producción de alimentos

Aire transportador
especialmente limpio,
instalaciones químicas

Industria farmacéutica

Bancos, laboratorio fotográfico

Pulverización de pintura,
recubrimiento de polvo
antiestático

Embalajes, aire para
instrumentos y mandos

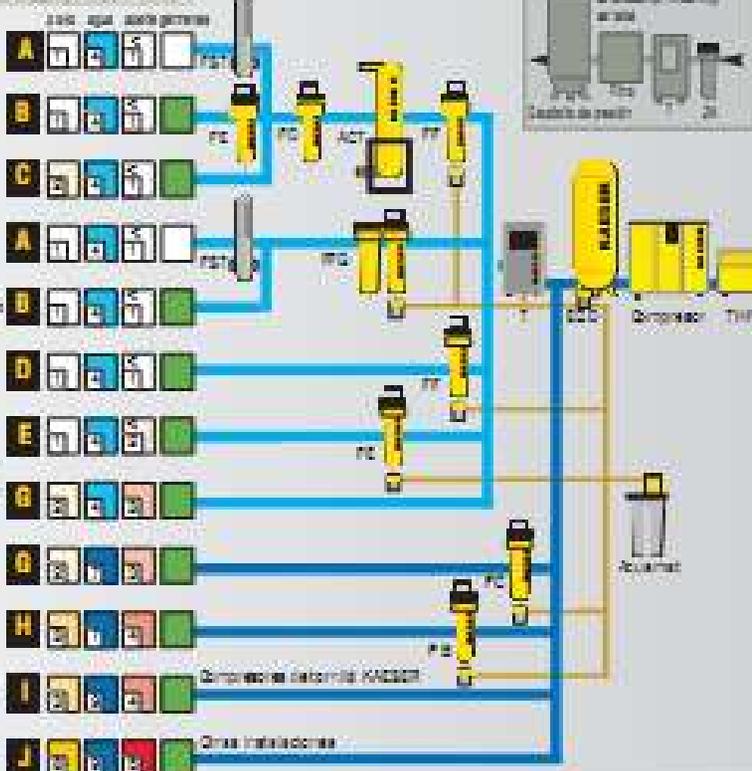
Aire para industria en general,
drones de arena con requisitos
de calidad

Chorros de granalla

Chorros de granalla sin
exigencias de calidad

Aire transportador para aguas
residuales

Si especificación de calidad



Explicaciones:

- F1 y F2** Prefiltro de aire de entrada, para la limpieza de aire que contiene polvo y/o agua de condensación.
- D1 y Separador** separador, para la separación de condensación.
- D2 y D3** -Grado-: conjunto de condensador controlado eléctricamente según el nivel.
- F3 y Prefiltro** 3 µm para la separación de gases líquidos y partículas sólidas > 3 µm, contenido residual de aceite < 0,1 mg/m³.
- F4 y Prefiltro** 1 µm para la separación de gases líquidos y partículas sólidas > 1 µm, contenido residual de aceite < 0,1 mg/m³.
- F5 y Postfiltro** 1 µm para la separación de polvo (micro) > 1 µm.
- F6 y Microfiltro** 0,01 µm para la separación de neblinas de aceite y partículas sólidas > 0,01 µm, residual < 0,01 mg/m³.
- F7 y Microfiltro** 0,001 µm para la separación de neblinas de aceite y partículas sólidas > 0,01 µm, contenido residual de aceite de aceite < 0,001 mg/m³.
- F8 y Filtro** de carbón activo, para la absorción en la fase de adsorción de aceite, contenido residual de aceite de aceite < 0,002 mg/m³.
- F9 y Combinación** de microfiltro y filtro de carbón activo, con el uso de F8 y F9.
- T1** Secador frigorífico, para secar el aire comprimido (punto de rocío +3 °C).
- AT** Secador adsorción, para secar el aire comprimido, para CO, regenerado en frío (punto de rocío hasta -10 °C), para O₂, CH₄, C₂H₆, C₃H₈, regenerado en caliente (punto de rocío hasta -40 °C).
- ACT** Adsorbido de carbón activo, para la absorción en la fase de secar de aceite, contenido residual de aceite de aceite < 0,002 mg/m³.
- F9T** Filtro, acero, para conseguir un aire comprimido libre de gérmenes.
- Acumulador** sistema para el tratamiento de condensados.

Para redes de aire con peligro de congelación: tratamiento del aire comprimido con secador de adsorción (punto de rocío -70°C)

Industria farmacéutica,
industria láctea,
fábricas de cerveza

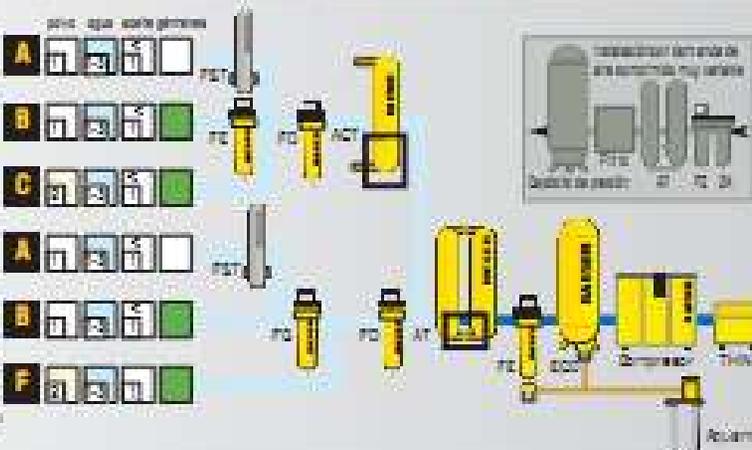
Fabricación de chips,
industria láctea,
producción de alimentos

Bancos de barnizado

Aire de proceso,
industria farmacéutica

Laboratorio fotográfico

Línea general con peligro de
congelación, aire transportador
especialmente seco,
pintura a pistola, controladora
neumática de precisión



- A** Contenido residual de vapor de aceite < 0,002 mg/m³, libre de partículas > 0,01 µm, acero, acero inoxidable.
- B** Residual < 0,001 mg/m³, libre de partículas > 0,01 µm.
- C** Residual < 0,01 mg/m³, libre de partículas > 0,01 µm.
- D** Residual < 0,01 mg/m³, libre de partículas > 1 µm.
- E** Residual < 1 mg/m³, libre de partículas > 1 µm.

Sustancias extrañas al aire comprimido

- +** Polvo
- +** Agua condensado
- +** Aceite
- +** Gérmenes

Grados de filtración:

Grado de filtración	Partículas sólidas y/o líquidas		Residual	Punto de rocío (según punto de rocío)	Residual
	µm	mg/m ³			
F1	> 10	> 100	< 0,1	> 3 °C	< 0,1
F2	> 5	> 50	< 0,1	> 3 °C	< 0,1
F3	> 3	> 30	< 0,1	> 3 °C	< 0,1
F4	> 1	> 10	< 0,1	> 3 °C	< 0,1
F5	> 0,5	> 5	< 0,1	> 3 °C	< 0,1
F6	> 0,1	> 0,1	< 0,01	> 3 °C	< 0,01
F7	> 0,1	> 0,1	< 0,001	> 3 °C	< 0,001
F8	> 0,1	> 0,1	< 0,0001	> 3 °C	< 0,0001
F9	> 0,1	> 0,1	< 0,00001	> 3 °C	< 0,00001

- A** Residual < 0 mg/m³, libre de partículas > 5 µm.
- B** Residual < 0 mg/m³, libre de partículas > 1 µm.
- Si** Tratamiento.