


Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 1 de 35

Producció, tractament i transport d'aire comprimit (i altres gasos)

Els compressors, productors d'aire comprimit

Definició de compressor

- Màquina que, per procediments mecànics, té com a finalitat augmentar la pressió d'un gas, tot disminuint-ne el volum. Aquest augment es realitza mitjançant un intercanvi d'energia en el qual el treball exercit pel compressor és transferit al gas, de forma que aquest gas té un increment d'energia potencial.
- La relació de compressió és la diferència entre la pressió existent abans de la compressió i l'obtinguda una vegada comprimit el gas.

<https://ca.wikipedia.org/wiki/Compressor> Definició de compressor

<https://ca.wikipedia.org/wiki/Ventilador> Definició de ventilador



Compressor usual en tallers mecànics.


Foto: catàleg Kaeser

Característiques rellevants dels compressors

- Sempre que es comprimeix un gas s'incrementa la pressió i també la seva temperatura
- La majoria dels compressors tant poden comprimir aire o altres gasos (oxigen, nitrogen, argó, hidrogen, gas natural, gas butà, heli...)
- Hi ha diverses tecnologies que permeten la compressió dels gasos (èmbol, cargols, paletes, turboventiladors...)
- És molt habitual trobar-los, a prop del compressor, un dipòsit d'aire i també d'un motor, sovint elèctric o tèrmic, el qual acciona el compressor.
- Existeixen tant fabricants com models de compressors especialitzats en sectors molt concrets (climatització, automoció, neveres, congeladors, compressors industrials gegants fets a mida...)

Compressió en etapes

- Sovint, sobretot quan la pressió que desitgem obtenir és alta, és preferible comprimir el gas en diferents etapes, en comptes de passar, d'una sola vegada, a la pressió final desitjada.
 - Quan es comprimeix en etapes es fan associacions en sèrie. Exemple:
 - A la primera etapa es comprimeix per ex: de 0 a 12 bar, en la segona es passa de 12 a 24 bar, en la tercera de 24 a 36 bar i així successivament.
 - Una altra possibilitat és que, a cada etapa, l'increment de pressió sigui inferior a l'anterior, Exemple:
 - A la primera etapa es comprimeix per ex: de 0 a 15 bar, en la segona es passa de 15 a 25 bar, en la tercera de 25 a 30 bar i així successivament.
 - En la compressió en etapes, el volum de la cambra de compressió de la segona etapa és més petita que el de la primera etapa i en la tercera etapa la cambra és encara més petita que la segona, i així successivament.

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 2 de 35

- Entre cada etapa se sol refrigerar l'aire.
- La majoria de tecnologies (èmbol, èmbol amb diafragma, cargols, paletes, turboventiladors...) permet comprimir en etapes.
- Comercialment parlant, és fàcil trobar multi-etapes en el cas de compressors d'èmbol i en els turbocompressors axials.
- Els compressors de membrana, els de cargols, els de paletes, i els scroll solen tenir una sola etapa o, eventualment dues, però difícilment se'n troben amb tres o més etapes.


Ubicació dels compressors

- Els compressors de tallers i empreses caldria ubicar-los a l'exterior de la nau, en una caseta construïda específicament per a albergar-los. D'aquesta manera s'aconsegueix que el soroll i les vibracions no afectin on es duu a terme l'activitat empresarial.
- La captació d'aire, si es fa a l'exterior, acostuma a tenir més qualitat que no pas l'aire de l'interior de la fàbrica el qual, sovint, conté més partícules en suspensió que no pas l'aire exterior.
- En el BOE 2009-02-05 hi ha el reglament dels equips a pressió
- Lamentablement, sobretot en tallers i empreses petites, és usual trobar-los en racons, com ara sota les escales al costat de dipòsits d'aigua. Inclús, a vegades, per dissimular la seva ubicació i/o per reduir el soroll, es fan petites casetes, la qual cosa comporta captar aire enrarit i/o calent, empitjorant-se així la qualitat de l'aire comprimit.


<https://marcelocassani.wordpress.com/2011/02/02/disenoinstalacionesdeaire/>

Els compressors creen o suporten pressió?

- Usualment, es pensa que els compressors creen pressió, però aquesta creença és errònia en la majoria de casos, qui crea la pressió és el tap o coll d'ampolla que troba l'aire a la sortida del compressor.
- Per obtenir pressió fa falta una força i una superfície. La pressió només apareix en les superfícies. Fixa't en la fórmula de la pressió:
$$\text{Pressió} = \frac{\text{Força}}{\text{Superfície}}$$
- Si no existeix una superfície que aturi l'aire, quan surt aire d'un compressor cap a l'exterior, no es pot dir que aquest aire té pressió (tindrà velocitat i tal vegada força, però no pressió), atès que fa falta una superfície. És el mateix que succeeix amb l'aire que surt d'una pistola d'aire comprimit:
 - La pressió només apareix si hi ha una superfície.
 - Si l'aire de la pistola surt sense impactar/pressionar contra una superfície, no hi ha pressió.
 - Si posem un dit a prop de la punta de la pistola, es crearà pressió però només a la punta del dit, atès que el dit és una superfície. L'aire que s'escapa sense impactar/pressionar el dit no té pressió, i l'aire que impacta en el dit tampoc, únicament hi ha pressió en la superfície del dit on impacta l'aire. L'aire aporta la força, i el dit la superfície, només en aquest lloc SÍ hi ha pressió perquè és l'únic lloc on hi ha força + superfície.

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 3 de 35

- Seguint aquest mateix exemple, si el dit no suporta la força de l'aire (el dit s'aparta o es trenca) tampoc hi haurà pressió.
- Continuant amb aquest mateix raonament, la pressió es crea/apareix en el moment que tapem o dificultem la sortida de l'aire del compressor (és el que passa quan l'aire que surt del compressor es fa circular per una canonada que va a parar a un dipòsit tancat).
- Els compressors (i les canonades, els dipòsits i els altres recipients o conductes que estan en contacte amb l'aire) el que fan és suportar la pressió. Idealment, si tapem la sortida d'aire del compressor, la pressió augmenta infinitament en aquest tap, però, això no passa perquè algun dels elements en contacte amb l'aire comprimit (des del mateix compressor a la canonada, passant per qualsevol altre element) en un moment o altre, rebentarà.
- La capacitat de suportar la pressió sense patir desperfectes + el marge de seguretat que es dona a tots els elements pneumàtics és la pressió obtinguda, la qual, com hem vist, és en realitat pressió suportada.

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 4 de 35

Els compressors solen utilitzar-se en:

- La majoria d'indústries com a sistema d'energia habitual per accionar màquines i/o eines
- Sistemes de buit (com ara la subjecció mitjançant ventoses)
- Aspiració, tant domèstics com industrials (aspiració de gasos, neteja de l'aire...)
- Producció de fred en sistemes de refrigeració i/o refredament (neveres, congeladors, aire condicionat), tant industrials com domèstics.
- Ventilació de processos industrials (per exemple en tractaments tèrmics)
- Renovació de l'aire ambiental
- En vehicles terrestres (cotxes, tractors, camions, autobusos, trens) com a sistema d'energia per accionar frens, obrir portes, en la climatització, les suspensions, el motor (turbocompressors) i com energia d'emergència. En els vehicles agrícoles també com a sistema d'impulsió de productes fitosanitaris, tant líquids com pólvores sòlides (sofre, sulfat de coure...).
- En avions, per fer funcionar el sistema anti-gel, en la pressurització de dipòsits, en l'arrancada dels motors, en l'obertura de comportes en el tren aterratge...
- En els vaixells també hi ha dispositius que funcionen amb energia pneumàtica proporcionada per compressors.
- En algunes indústries i certs vehicles (autobusos, trens...) hi ha compressors + dipòsits que actuen com energia auxiliar substitutiva per a casos d'emergència i/o manteniment. Els compressors omplen i mantenen sempre plens els dipòsits d'aire, utilitzant-se aquesta energia en cas d'emergència.
- Plantes químiques, petroquímiques o certes indústries, les quals necessiten pressions altes o molt altes (a vegades superiors a 1000bar) per dur a terme processos de transformació i/o reaccions químiques.
- En els grans complexos industrials (com ara el complex petroquímic de Tarragona) també s'utilitzen grans compressors per a traslladar els diferents gasos d'un lloc a altre de les seves instal·lacions.
- Empreses de distribució de gasos a grans distàncies, les quals disposen de grans compressors que transporten els gasos que comercialitzen (ex: empreses subministradores de gas natural; etilenoductes...).




Ventosa subjectant una planxa, accionada amb aire comprimit.

Foto: mendizabal.es



Tractor fent ús d'un compressor per poder fumigar.

Foto: diario de Leon

Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 5 de 35



Llocs on es poden trobar compressors enormes.

Dibuix: web Kobelco

<http://www.huayicompressor.es> Fabricant de compressors per a neveres, ubicat a Sant Quirze del Vallès

<https://www.bosch-professional.com/es/es/herramientas-neumaticas-de-servicio-2493395-ocs-c/> Eines pneumàtiques


http://www.beta-tools.com/catalog/tecnicafamilies/view/17/_lang_en/_catlang_es/_catalog_beta/_filters Eines pneumàtiques

https://es.wikipedia.org/wiki/Refrigeraci%C3%B3n_por_compresi%C3%B3n Refrigeració per compressió

<http://www.eaton.com> Entre altres, fabrica compressors per automoció

<http://www.climaveneta.it> Fabricant de sistemes de climatització domèstica i industrial, fabrica compressors

<http://www.gamo.com/> Fabricant de pistoles i escopetes d'aire comprimit

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 6 de 35


Diverses consideracions sobre els compressors

Compressors *versus* bombes hidràuliques

- Un compressor és un dispositiu mecànic que augmenta la pressió d'un gas deguda a la reducció del seu volum.
- Les bombes hidràuliques tenen com a finalitat transportar líquids o pastes al llarg d'un conducte, mitjançant la utilització d'energia mecànica.
- En l'interior de bombes i compressors, es provoca el desplaçament de líquids i gasos mitjançant dispositius sovint similars. Així doncs, moltes de les bombes utilitzen els mateixos principis que alguns sistemes de compressió (paletes, lòbuls, turbocompressors...)
- En les bombes -com també en els compressors- fa falta un motor (elèctric, tèrmic...) que les mogui.
- Tant bombes hidràuliques com compressors provoquen un augment de la pressió dels fluids, i ambdós permeten transportar fluids per canonades.
- Tot i que els líquids també són compressibles, usualment, a les pressions de la majoria de processos industrials, aquesta disminució de volum és irrellevant, per la qual cosa es considera que l'única acció de les bombes és transportar líquids i/o postes però no la seva compressió.

https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_de_fluido Màquina de fluid

https://es.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A1nica_de_fluidos Mecànica de fluids

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 7 de 35

Física en la compressió de gasos

- Sempre que un gas és comprimit, la seva temperatura augmenta.
- Quan sotmetem a compressió un gas poden (idealment) succeir tres possibles relacions entre la temperatura i la pressió:
 - Isotèrmica
 - Adiabàtica
 - Politròpica

Isotèrmica


- La temperatura del gas roman igual (no es modifica) un cop aquest gas s'ha comprimit
- Això significa que l'increment de temperatura (que és intrínseca en la compressió) és remoguda del sistema a la mateixa velocitat a la qual és afegida en el procés de compressió.
- Per aconseguir isotèrmia caldria que el gas estès en contacte amb una superfície molt gran en la qual el material d'aquesta superfície absorbís, a temps real, tot l'increment de temperatura.
- A la pràctica, no és viable, únicament, considerant un lapsus de temps llarg s'aconsegueix dissipar l'increment de temperatura.

Adiabàtica

- La temperatura del gas augmenta mentre es comprimeix, mantenint-se en el gas tot aquest increment de temperatura una vegada s'ha comprimit.
- En aquest procés es considera que al final de la compressió tota l'energia necessària per comprimir el gas continua en el gas:
 - Una part en forma de temperatura (increment de temperatura respecte a la inicial)
 - L'altra part en forma de pressió (increment de pressió respecte a la pressió inicial)
- A la pràctica, aquest fet no és possible, caldria un aïllament tèrmic perfecte, la qual cosa és impossible.
- Únicament a l'instant final de la compressió, moment en el qual la transferència de temperatura està començant, podem considerar que el procés tendeix (sense ser-ho al 100%) a ser adiabàtic.

Politròpica

- Aquest concepte suposa que la temperatura pot entrar en el sistema (normalment producte de la compressió) però també pot sortir, motivat per la transferència de temperatura cap a les parets del recipient.
- Un altre aspecte a destacar és que si tenim un compressor funcionant des de fa estona, aquest compressor estarà calent, de manera que en entrar una nova quantitat de gas per ser comprimit, a l'instant inicial, aquest gas (és més fred que la cambra de compressió) absorbeix part de la temperatura d'aquesta cambra i, consegüentment, aquesta transferència de temperatura provoca l'escalfament del gas i el refredament de la cambra de compressió del compressor. Naturalment, a l'instant següent, en iniciar-se la compressió i escalfar-se el gas a una temperatura superior que la

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 8 de 35

del compressor, és el gas el que cedeix part de l'increment de temperatura a la cambra de compressió.

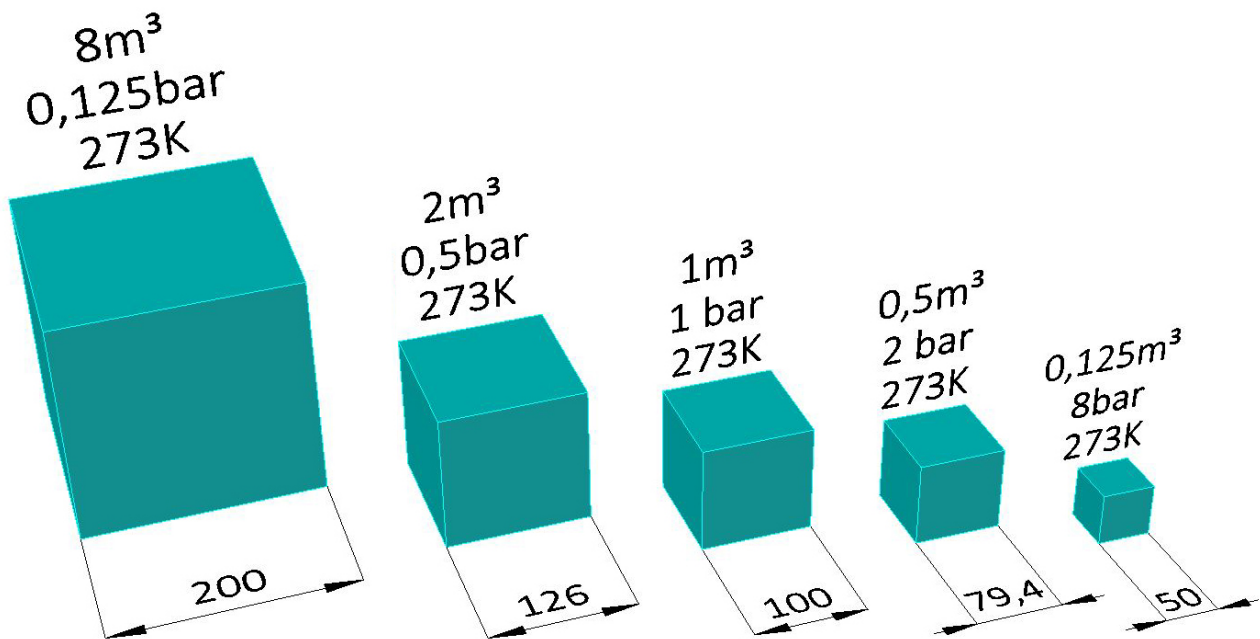
- A la pràctica, en els compressors, el que tenim és un procés politròpic.
- Sovint, el que ens agradaria, és que el procés fos isotèrmic.
- Els processos politròpics provoquen que, si tenim el gas guardat en un dipòsit, al cap d'una estona, en refredar-se el gas, la pressió baixi. Com més baixi la temperatura, més baixarà la pressió.

<https://www.mundocompresor.com/diccionario-tecnico/compresion-isotermica>


Llei de Boyle i Mariotte

Si la temperatura no varia, la pressió absoluta d'un gas ideal és inversament proporcional al seu volum.
(Recorda, 1 bar de pressió absoluta és el mateix que 0 bar de pressió atmosfèrica)

Exemple: Si, en 1 m³ tenim una pressió absoluta d'1 bar, quan la pressió absoluta sigui de 2 bar el volum serà de 0,5 m³



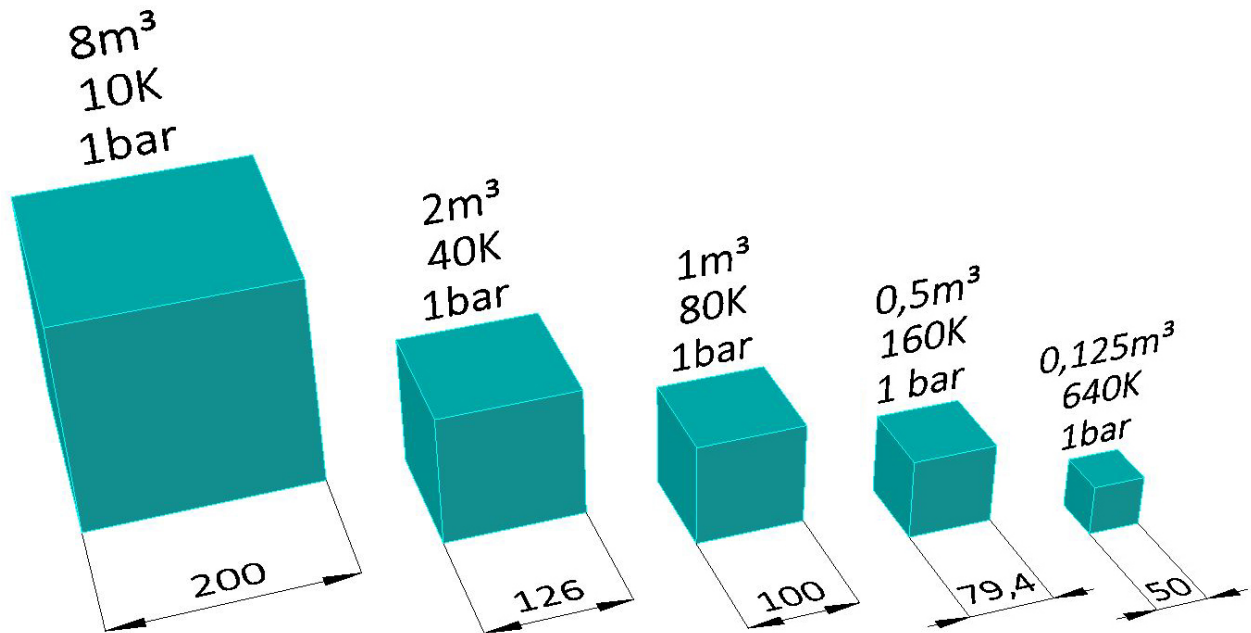
Llei de Boyle i Mariotte. Exemple de proporcions reals de pressió i volum d'un cub, mantenint invariable la temperatura
Dibuix de l'autor

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 9 de 35

Llei de Charles i Gay-Lussac

Si la pressió no varia, el volum d'un gas ideal és directament proporcional a la temperatura absoluta. (Recorda, 0°C és el mateix que 273K)


Exemple: Si tenim un gas a 80K i ocupa l'espai de 1 m³ quan la temperatura sigui de 160K el volum serà de 2 m³ si la pressió continua essent la mateixa



Llei de Charles i Gay-Lussac. Exemple de proporcions reals de volum i temperatura d'un cub, mantenint invariable la pressió
Dibuix de l'autor

https://ca.wikipedia.org/wiki/Llei_de_Charles_i_Gay-Lussac

<https://explicamlaciencia.com/video/llei-de-charles-i-gay-lussac/>

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 10 de 35

Classificacions rellevants dels compressors

- En funció del tipus d'energia que acciona el motor del compressor
- En funció del cabal proporcionat
- En funció del grau de netedat de l'aire sortint
- En funció de la pressió màxima suportada
- En funció del principi de funcionament

Classificació en funció de l'energia que l'acciona el compressor

En l'àmbit industrial els compressors sempre són accionats mitjançant motors (sobretot elèctrics o tèrmics), només en casos excepcionals -i sempre en l'àmbit casolà- els compressors o els aparells que necessiten aire són accionats directament amb energia humana, és el cas de:

- Manxes de bicicleta
- Infladors de platja
- Escopetes d'aire comprimit
- Instruments musicals de vent

També cal fer esment que, antigament, en els tallers de forja, es feien servir manxes accionades a mà.



Compressors (manxes) accionades manualment

Energia elèctrica

La majoria de compressors estacionaris fan servir motors elèctrics de 230V o 400V. Són els que ofereixen un rendiment més gran, com també les prestacions més avantatjoses (menys soroll, dimensions reduïdes, sense dipòsit de combustible, no emeten fums...).

<http://www.puska.com/es/aircompressors/piston/professional/> Compressor elèctric

Energia tèrmica. Motor de gasolina o bé de gasoil

Sovint es fa servir aquesta tecnologia en compressors portàtils o bé quan hom vol disposar d'energia pneumàtica independentment de l'energia elèctrica (sistema substitutiu en cas de manca d'electricitat).

<http://www.puska.com/es/aircompressors/piston/engineair/> Compressor dièsel

<http://www.directindustry.es/fabricante-industrial/compresor-motor-diesel-138034.html>

Compressor dièsel


http://www.kaeser.es/Products_and_Solutions/Compresores-moviles/compresores-moviles-con-motor-diesel/default.asp Comp. dièsel



Compressor amb motor de gasoil
Foto: catàleg Kaeser

Energia tèrmica. Motor accionat per vapor

Actualment, només s'implementen aquests motors en els compressors quan és possible aprofitar el vapor sobrant d'algun procés. Només solen trobar-se (i de manera reduïda) en l'àmbit industrial.

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 11 de 35

Classificació dels compressors en funció del cabal

Considerant el cabal i/o pressió que es necessiti varien -radicalment- les característiques constructives i/o el principi de funcionament dels compressors.

Cabal petit

- En aquests compressors el cabal sol expressar-se en litres/minut
- Usualment suporten pressions no superiors a 8-10bar
- Utilitzats en tallers (mecànics, tapisseria, fusteria, pintura...) bricolatge, dentistes...
- Aquests compressors, freqüentment, s'utilitzen eventualment, ja sigui per bufar, inflar, clavar claus, accionar mecanismes auxiliars...
 - En aquest supòsit, la majoria d'ells no poden funcionar el 100% del temps, cal que s'aturin periòdicament per refredar-se (motors elèctrics amb especificacions S3).
 - Els que permeten un funcionament continu són molt més cars.
- Des dels inicis de la generació d'aire comprimit, la gran majoria han estat compressors amb tecnologia d'èmbol alternatiu (pistons). Darrerament (segle XXI), els que funcionen amb tecnologia de cargols, s'estan imposant.
- Els més petits porten rodes per poder ser desplaçats.



Compressor cabal petit a cargols
Puska PLK C 15 10 270 D
10bar 11kW 1265l/min 237kg
Foto i dades: catàleg Puska 2016

<http://www.puska.com> Fabricant de compressors de petit format per a la indústria

<http://www.betico.com> Fabricant de compressors de petit format per a la indústria

Cabal mitjà i gran


- En el seu full de característiques tècniques el cabal sol expressar-se en m³/minut
- Usualment, suporten pressions no superiors a 10bar.
 - Una de les excepcions més importants són les empreses on es fabriquen envasos de plàstic PET, per fabricar-los es necessiten pressions fins a 45bar.
 - També podem trobar-nos altres casos específics puntuals, amb compressors de diverses etapes que proporcionen -inclús- més de 200bar
- Freqüentment, els compressors de cabal mitjà i gran es troben en empreses més que no pas en tallers. L'aire comprimit l'utilitzen per accionar mecanismes de màquines (actuadors lineals, giratoris...).
- El requeriment d'aquestes empreses sol comportar una demanda continuada d'aire.
- També es necessiten mitjanes i grans demandes de cabal en dispositius mòbils, sobretot en tractors, essent els compressors indispensables en la realització dels tractaments fitosanitaris.



Compressor cabal mitjà a cargols
Bético model ER-200 premium
12bar 26m³/min 200kW 4950kg
Foto i dades: catàleg Bético 2015

<http://www.boge.com> Fabricant de compressors per a la indústria

<http://www.kaeser.es> Fabricant de compressors per a la indústria

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 12 de 35

Molt gran cabal

- El cabal sol expressar-se en m^3/segon o bé m^3/hora
- Aquests compressors es fabriquen a mida
- Les pressions màximes suportades vénen donades per l'ús al qual són destinats. En alguns àmbits les pressions poden arribar a més de 1.000bar
- En el cas del transport de gasos a grans distàncies (gasoductes) s'intenta que les pressions siguin baixes, inferiors a 5-10bar, tant pel cost econòmic de les canonades (a més pressió les canonades han de ser més resistents) com perquè a menor pressió menys fregaments i, conseqüentment, el consum d'energia del motor que mou el compressor és menor.



Complex petroquímic al tarragonès
Foto de l'autor

<http://kobelcocompressors.com> Fabricant de grans compressors industrials

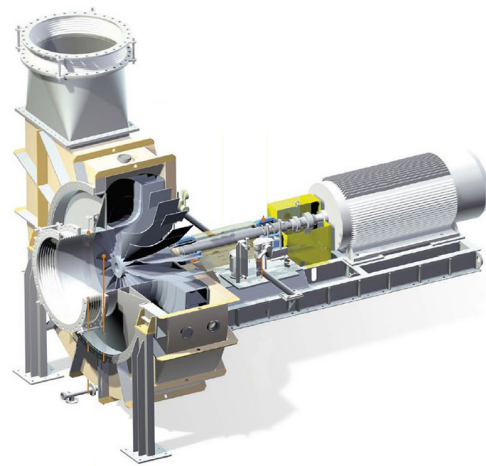
<http://turbomachinery.man.eu/products/compressors> Fabricant de grans compressors industrials

<http://www.sundyne.com/Products/Compressors> Fabricant de grans compressors industrials


<http://www.howden.com> Fabricant de grans compressors industrials

<https://www.geoilandgas.com> Fabricant de grans compressors industrials

<http://www.mundocompresor.com/> Web dedicada a l'actualitat en compressors. A destacar l'àrea tècnica



Compressor molt gran cabal Howden ExVel turbo fan (turbo radial)
Motor 6.000kW Pressió superior a 1bar volum 160 m^3/segon (57.600 m^3/hora)
Foto i dades: catàleg Howden turbo fans 2014

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 13 de 35

Classificació dels compressors en funció de la qualitat de l'aire comprimit (compressors lubricats i compressors sense lubricar)

- La majoria de compressors utilitzen oli per lubricar-se, disminueix fregaments i, conseqüentment, baixa la temperatura de funcionament.
- L'oli, ubicat en un càrter, sol introduir-se també en la cambra de compressió, ocasionant que l'aire comprimit quedi barrejat amb oli.
- La compressió de l'aire, *per se*, provoca increments elevats de temperatura, l'oli que entra en la cambra de compressió pateix transformacions (degradacions) degudes a aquests increments de temperatura i pressió, contribuint dramàticament a empitjorar l'aire, per la qual cosa, posteriorment a la compressió, cal posar un sistema que tregui l'oli (i també d'aigua i pols) de l'aire.
- Per millorar la qualitat de l'aire comprimit, darrerament, molts fabricants, estan introduint en el mercat compressors exempts de lubricació. Solen comprimir a pressions baixes, usualment inferiors a 12bar (una pressió entre 8 i 10 bar és més que suficient per a la majoria d'aplicacions) tot i que existeixen models funcionant sense oli que arriben als 40bar (bufat d'ampolles PET) i inclús més.
- Per funcionar en sec, els fabricants de compressors, dissenyen equips amb rodaments magnètics i/o utilitzen làmines d'aire que aconseguen que els rotors levitin, evitant així la lubricació.
- Un altre sistema, alternatiu a l'oli, utilitzat per refrigerar i lubricar, consisteix a substituir l'oli per aigua.

L'empresa Kaeser (la qual ven compressors i també sistemes de neteja de l'aire) en el seu tractat *Técnica de Aire Comprimido, Fundamentos y Consejos Prácticos* (v 1-2016) manifesta:

- *Davant de la pregunta de quin és el millor compressor per produir aire comprimit lliure d'oli, hi ha un fet clar: independentment del que diguin els diferents fabricants, és possible produir aire comprimit lliure d'oli i d'alta qualitat tant en compressors refrigerats per oli com els que no en fan servir. Per tant, el punt decisiu a l'hora d'escollir el sistema no és altre que l'economia.*
- *Segons la Normativa ISO 8573-1 l'aire comprimit només podrà qualificar-se com lliure d'oli si el contingut residual d'oli (incloent-hi el vapor d'oli) és inferior a 0,01 mg/m³*
- *Tots els compressors, siguin del tipus que siguin, funcionen com una aspiradora gegant, aspirant impureses que després es comprimeixen conjuntament amb l'aire, les quals arriben a la xarxa d'aire comprimit si l'aire no es tracta.*
- *Per culpa de la contaminació ambiental de les zones industrials i/o del trànsit, sovint, l'aire que aspira el compressor, ni posant-hi un filtre de 3 microns, no és possible garantir que estigui exempt d'oli.*
- *Els compressors lliures d'oli només incorporen un filtre de pols previ a la compressió.*
- *En els compressors refrigerats amb oli (o amb algun altre fluid) les substàncies contaminants presents a l'aire acostumen a ser arrossegades pel refrigerant.*
- *Resumint: Si no es tracta l'aire, una vegada comprimit, no és possible considerar que l'aire estigui lliure d'oli independentment de si el compressor treballa amb oli o sense.*

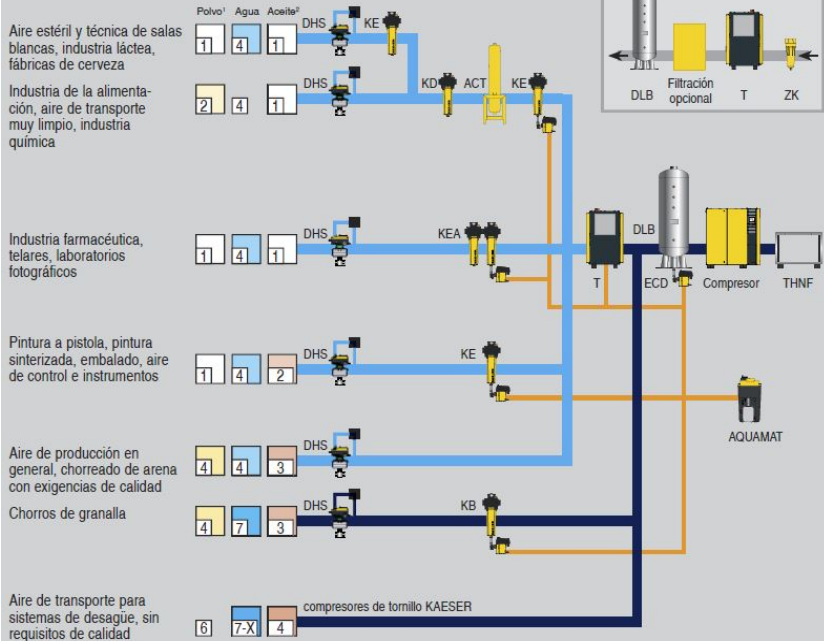
En canvi, hi ha fabricants, que afirmen vendre compressors amb tecnologia de pistó, de cargol i d'espiral que, gràcies a funcionar sense oli, si l'atmosfera no està contaminada, permeten garantir aire amb qualitat ISO 8573-1. En el web www.oilfreecompressors.eu hi ha exemples

Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats	
Nom arxiu	_compressors.odt			Pàg. 14 de 35

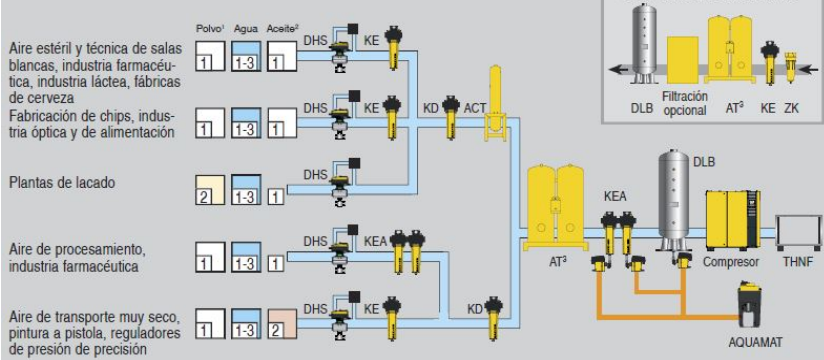
Elija el grado de tratamiento que se ajuste a sus necesidades:

Ejemplos de uso: Grados de tratamiento según la ISO 8573-1 (2010)

Tratamiento del aire comprimido con secadores frigoríficos



Tratamiento de aire comprimido con secador de adsorción



¹⁾ Clase de partículas alcanzable con un entubado y puesta en marcha profesionales.
²⁾ Contenido total de aceite alcanzable con los aceites para compresores recomendados y aire de aspiración sin cargas.
³⁾ Tras secadores de adsorción regenerados en caliente serán precisos filtros para altas temperaturas y, en caso necesario, un refrigerador final.
⁴⁾ Para aplicaciones críticas, que exijan una gran pureza del aire comprimido (por ejemplo, en el sector de la electrónica y la óptica) se recomienda una Extra Combination (combinación de filtros KB y KE).

Explicaciones	
ACT	Adsorbedor de carbón activo
AQUAMAT	AQUAMAT
AT	Secador de adsorción
DHS	Sistema de mantenimiento de la presión
DLB	Depósito de aire comprimido
ECD	ECO-DRAIN
KA	Filtro de carbón activo, adsorción
KB	Filtro de coalescencia, Basic
KBE	Extra Combination
KD	Filtro de polvo, Dust
KE	Filtro de coalescencia, Extra
KEA	Carbon Combination
T	Secador frigorífico
THNF	Prefiltro de aire de esterillas
ZK	Separador ciclónico

Clases de calidad de aire comprimido acorde a la ISO 8573-1(2010):

Partículas / polvo			
Clase	Nº máx. de partículas por m³ Tamaño de part. d en µm *		
	0,1 ≤ d ≤ 0,5	0,5 ≤ d ≤ 1,0	1,0 ≤ d ≤ 5,0
0	Disposiciones individuales, consulte con KAESER		
1	≤ 20.000	≤ 400	≤ 10
2	≤ 400.000	≤ 6.000	≤ 100
3	no definido	≤ 90.000	≤ 1.000
4	no definido	no definido	≤ 10.000
5	no definido	no definido	≤ 100.000
Clase	Concentración partículas C _p en mg/m³ *		
6	0 < C _p ≤ 5		
7	5 < C _p ≤ 10		
X	C _p > 10		


Agua	
Clase	Punto de rocío de presión, en °C
0	Disposiciones individuales, consulte con KAESER
1	≤ -70 °C
2	≤ -40 °C
3	≤ -20 °C
4	≤ +3 °C
5	≤ +7 °C
6	≤ +10 °C
Clase	Concentración agua líquida C _w en g/m³ *
7	C _w ≤ 0,5
8	0,5 < C _w ≤ 5
9	5 < C _w ≤ 10
X	C _w > 10

Aceite	
Clase	Concentración de aceite total (líquido, aerosol + gas), en mg/m³ *
0	Disposiciones individuales, consulte con KAESER
1	≤ 0,01
2	≤ 0,1
3	≤ 1,0
4	≤ 5,0
X	≤ 5,0

*) bei Referenzbedingungen 20 °C, 1 bar(a), 0% Luftfeuchte






Tractament posterior a la compressió, segons Kaeser


- <http://es.compair.com/products/oil-free/quantima/> Fabricant de compressors sense oli
- http://www.kaeser.es/Products_and_Solutions/Reciprocating_compressors/industrial-compressors/directly-coupled-systems/default.asp Fabricant de compressors sense oli
- http://www.jun-air.com/catalogs/compressors_spanish.pdf Fabricant de compressors sense oli
- <http://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/como-mejorar-eficiencia-compresor-gracias-lubricante> article «Cómo mejorar la eficiencia de un compresor gracias al lubricante»
- <http://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/historia-compresor-fuelle-levitacion> menciona la utilització de rodaments magnètics i sistemes de levitació

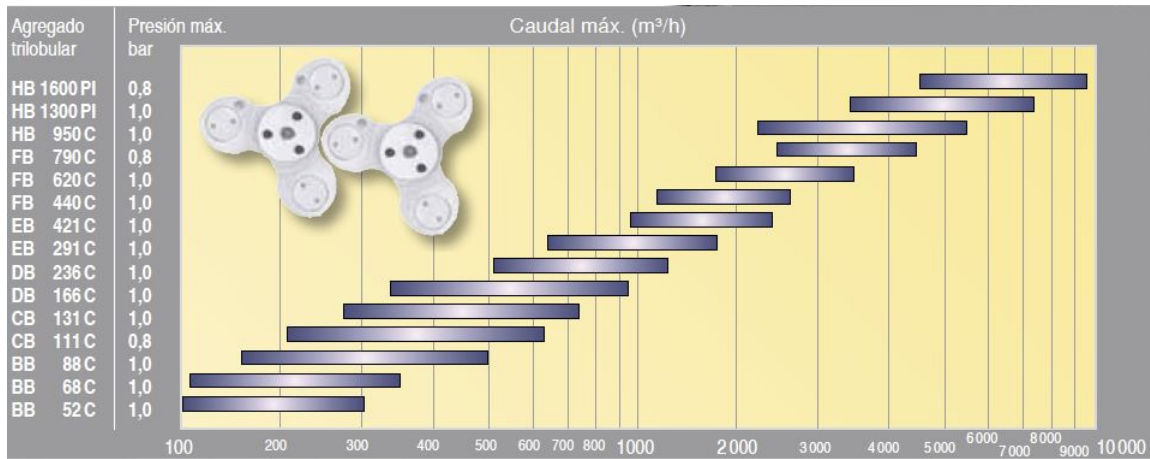
Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 15 de 35

Classificació dels compressors en funció de la pressió màxima suportada

- **Bombes de buit.** La majoria parteixen dels mateixos principis de funcionament que força compressors (èmbol, diafragma, paletes, cargols, roots, scroll, turbocompressors...) amb la particularitat que obtenim depressió (buit) en comptes de pressió. La gran majoria de bombes de buit no aconsegueixen el buit absolut, únicament buit parcial
 - Un cas particular són els aspiradors domèstics
- **Ventiladors.** La pressió s'incrementa unes poques dècimes respecte a la pressió atmosfèrica (pressions inferiors a 0,3 bar). Solen ser turbo (turboventiladors centrífugs i turboventiladors axials) tot i que també en podem trobar d'altres tecnologies.
- **Bufadors.** (esp: *soplantes*) Màquines en les quals l'increment de pressió és més gran que la dels ventiladors. Solen anomenar-se bufadors quan el rang de pressions va entre 0,4bar i 3bar. Solen ser turboventiladors, ja sigui centrífugs o axials.
- **Compressors.** S'anomenen així les màquines que permeten incrementar la pressió més de 3bar. Alguns compressors arriben a suportar pressions superiors als 2000bar
- **Compressors booster (o sobrepressors).** Modalitat de compressor secundari que parteix d'aire ja comprimit per augmentar encara més la seva pressió. Sol combinar-se amb els compressors tradicionals, amb la finalitat d'incrementar encara més la pressió de sortida.
 - Booster és una paraula anglesa que es tradueix per «impulsor» «reforç» «injecció supletòria» «coet secundari»
 - Tot i que la idea de compressor booster/secundari no va associada a cap tecnologia concreta de compressió, la majoria utilitzen compressors d'èmbol alternatius

				
Bomba de buit a paletes Model PVR VS/CS 1 etapa. Sense oli 6m ³ /h 120mbar foto: catàleg www.pvr.it	Ventilador turbina paletes Model HPE 23009-1 2 etapes 88m ³ /h 240mbar foto: catàleg www.hpe-technology.com	Bufador a cargols Model Kaeser FBS 660M 1 etapa 66m ³ /min 1.100mbar motor 110kW pes 2200kg foto: catàleg Kaeser	Compressor Turbocompressor centrífug Model IR Centac C400 66m ³ /min 8,5bar motor 550hp foto: catàleg Ingersoll Rand	Compressor booster Embols de dues etapes Hertz HPC-Booster 15 P. entrada mín. 15 bar P. sortida màx. 40 bar Cabal 1839l/min foto: catàleg Airmac

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 16 de 35



Kaeser. Dades pressió i cabals d'alguns dels seus bufadors trilobulars


<http://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/diferentes-tipos-compresores> Tipus de compressors

https://es.wikipedia.org/wiki/Bomba_de_vac%C3%ADo Bomba de buit

<https://es.wikipedia.org/wiki/Ventilador> Ventilador

http://www.gunt.de/images/download/fans_spanish.pdf Bufador

<https://ca.wikipedia.org/wiki/Aspiradora> Aspirador

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 17 de 35

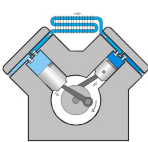
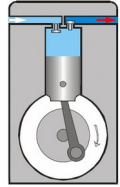
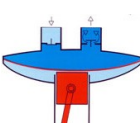
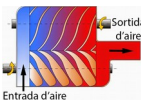
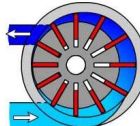

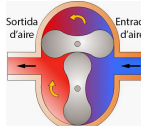

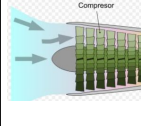
Classificació dels compressors en funció del principi de funcionament


La classificació més usual dels compressors és la que es basa en el seu principi de funcionament, altrament dit: la tecnologia de la compressió, o en paraules més planeres: *com es fa per comprimir*. En funció del mètode de compressió emprat, varien substancialment moltes de les característiques dels compressors.

Al llarg dels anys s'han desenvolupat moltes i variades tecnologies de compressió, algunes, tot i ser molt enginyoses, mai han tingut recorregut comercial, altres mètodes, guardats molts decennis en el calaix d'oficines de patents, veuen ara el seu desenvolupament gràcies al fet que, actualment, la versatilitat i precisió de les màquines eines modernes possibilita construir molts més elements de manera industrial i econòmicament competitiva, a diferència del que succeïa fa tan sols unes poques dècades.

Durant el segle XX la tecnologia que més emprada ha estat la tecnologia d'èmbol alternatiu però, en el segle XXI, està essent superada per altres mètodes de compressió, els quals aconseguixen major eficiència i/o menys manteniment i/o cabals més elevats i/o menys sorolls i/o vibracions.

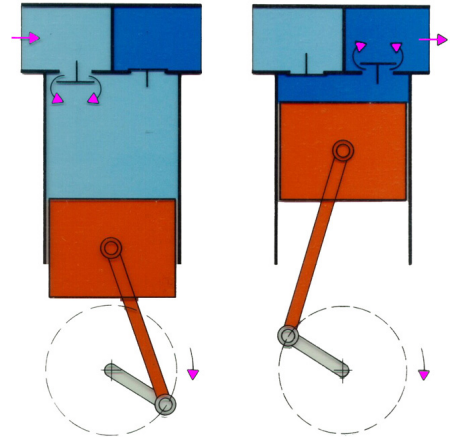
Donat que, actualment, conviuen diferents sistemes de compressió és important saber els seus ets i uts. Per aquest motiu, el present dossier es basa, en gran mesura, en conèixer aquestes variades maneres de procedir.

Compressors amb desplaçament positiu							Compressors turbo	
Els volums d'aire s'emmagatzemen en un espai tancat elevant-se la pressió							(o dinàmics o rotodinàmics)	
Sistema biela-manovella (èmbol alternatiu)			Rotatius (èmbol rotatori)				Principi de funcionament: comprimir l'aire a partir de <u>l'acceleració de la massa, transformant velocitat en pressió</u>	
Principi de funcionament: introduir aire en un dipòsit, un cop introduït <u>hermetitzar el dipòsit</u> i, a continuació, disminuir el volum de la cambra.			Principi de funcionament: introduir aire en un dipòsit, un cop introduït, <u>sense hermetitzar el dipòsit</u> , disminuir el volum de la cambra.					
Molt alta pressió, poc cabal			Alta pressió, cabal mig		Baixa pressió, cabal mig		Baixa pressió*, gran cabal	
							* Usualment, els turbocompressors suporten baixa pressió, però n'hi ha alguns (sobretot industrials) d'alta pressió	
Diversos èmbols (i un cigonyal)	Un sol èmbol	Membrana o diafragma	Cargols (screw)	Paletes (rotary vane)	Scroll (Espiral)	Roots o lobulars	Radials o centrífugs	Axials
								

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 18 de 35

Compressors amb desplaçament positiu

- En els d'èmbol alternatiu el principi de funcionament permet (idealment) pressions il·limitades
- Molt apropiats quan les pressions han de ser altes (excepte els roots/lobulars)
- Alguns d'ells (paletes, cargols, roots/lobulars) adequats per moure fluids i el roots/lobulars també si el fluid té alta viscositat (líquids i/o pastes)
- El cabal subministrat és petit o mitjà
- Cabal ajustable amb molta exactitud



Compressor d'un èmbol, una etapa i simple efecte
Fase aspiració i fase compressió
Dibuix: Festo didàctic

https://www.youtube.com/watch?v=_2iPX9qFITA Tipus de compressors
<https://www.youtube.com/watch?v=3SWgxeyy740> Tipus de compressors

Compressors d'un o de diversos èmbols

- També s'anomenen: d'èmbol, d'èmbol alternatiu, pistó o cilindre.
- Els primers compressors utilitzats partien d'aquest principi.
- Existeixen diverses variants:
 - D'una etapa (d'un èmbol). Són els més populars.
 - De diverses etapes (diversos èmbols moguts per un sol cigonyal)
 - De doble efecte (l'èmbol aspira i comprimeix l'aire simultàniament)
 - De membrana, en aquests, l'èmbol acciona una membrana, la qual comprimeix l'aire.
- Els d'una etapa, i fins a 12bar, són els més usats en tallers i empreses petites.
- Els compressors d'èmbol estan molt indicats quan la pressió ha de ser alta o molt alta, considerant que el cabal serà petit o mitjà.

Pros


- Aconsegueixen grans pressions (són els que permeten pressions més altes, més de 3.000bar)
- Treballen òptimament tant en funcionament intermitent com en marxa contínua
- Tecnologia experimentada (se saben virtuts i defectes)
- Fàcil construcció, no els cal tecnologia punta
- Simples (poques peces i fàcil reparació)
- Econòmics
- N'hi ha de totes les mides

Contres

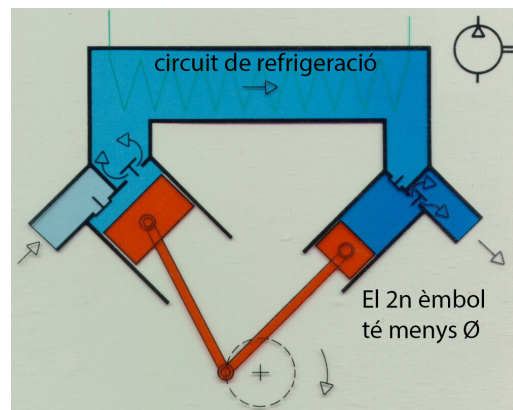
- Molt de soroll
- Cabal poc uniforme (surt a batzegades)
- Vibracions
- Consum energètic/rendiment superat per altres tecnologies
- El pistó necessita lubricació
- En fregar el pistó amb la camisa cal substituir periòdicament els cèrcols (entre 6.000h i 15.000h)



Compressor d'èmbol en un parc bombers.
3 etapes 300bar 500l/min. Motor gasolina
Foto de l'autor

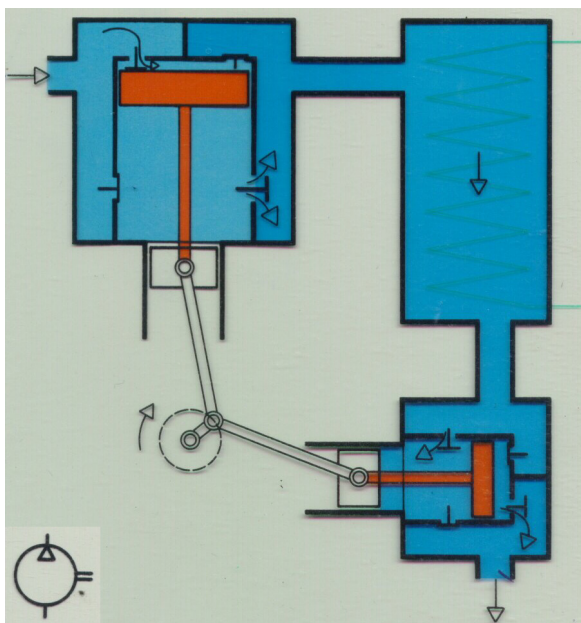
Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 19 de 35

- Els que no són de qualitat prèmium només poden estar en funcionament entre un 30% i 60% del temps (necessiten estar parats periòdicament per refredar-se i així no cremar-se).
- Deixen l'aire brut, per culpa de l'oli i les partícules sòlides, producte del fregament de les parets (a excepció dels de diafragma).
- Tecnologia poc apropiada per a que els motors elèctrics o tèrmics que mouen els pistons girin a altes revolucions



Compressor dues etapes i simple efecte.

Dibuix de l'esquerra: catàleg Bético, dibuix de la dreta: Festo didàctic



Compressor dues etapes i doble efecte.

Els èmbols comprimeixen tant en la carrera de pujada com en la de baixada.

Entre els dos èmbols hi ha el circuit de refrigeració


Dibuix: Festo didàctic

<http://www.howden.com/es/Products/Compressors/Piston/default.htm> Compressor 1 pistó i simple efecte

<http://www.puska.com/es/aircompressors/piston/professional/> Compressors dos cilindres

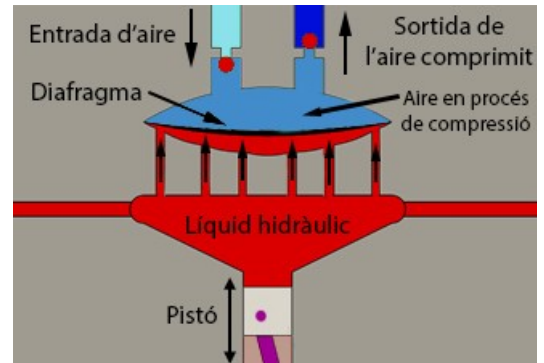
<http://www.pneumatics.be/productie/zuigercompgr.htm> animació compressor pistó

<http://www.mekanizmalar.com/how-double-acting-pumps-work.html> animació compressor una etapa i doble efecte

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 20 de 35

Compressor de membrana o diafragma

- És un tipus especial de compressor de biela-manovella. Comprimeixen qualsevol gas (aire, oxigen, nitrogen...) de forma segura, sense embrutar el gas comprimit i sense fuites.
- Especialment indicats en aplicacions que vulguin un aïllament total entre el gas i l'exterior (indústria alimentària, farmacèutica, química...)
- Els cabals i les pressions dels compressors de diafragma són menors que els d'altres tipus de compressors de pistó.
- Un exemple curiós d'ús d'aquests compressors són els respiradors de les UCI



Compressor diafragma

Dibuix: extret i adaptat de <http://nptel.ac.in/courses/112103174/1>

http://en.wikipedia.org/wiki/Diaphragm_compressor

<http://www.andreas-hofer.de/en/products/diaphragm-compressors> compressor diafragma

<http://www.andreas-hofer.de/en/products/diaphragm-compressors/diaphragm-compressor-animation/> Animació compressor diafragma

<https://www.howden.com/products-and-services/compressors/diaphragm-compressor> Característiques compressors diafragma

Pros

- Compresió de gasos inflamables i/o explosius i/o tòxics amb poc perill
- No s'afegeix cap tipus d'element al gas comprimit (ni oli, ni partícules sòlides...)
- Tot i que en tallers i indústries solen comprimir a pocs bar, en els complexos petroquímics poden arribar a pressions superiors als 1000bar




Compressor industrial de diafragma de dues etapes

Contres

- Poc cabal
- Preu del compressor més car que altres tecnologies
- Baix rendiment (relació preu/quantitat de gas comprimit)


	
Compressor diafragma Thomas 8221 Especial per fer el buit. Fins a -922mbar Cabal 35l/min Foto: catàleg Thomas	Compressor diafragma Thomas 907 Pressió màx 2.1bar Cabal 58l/min Foto: catàleg Thomas

Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats	
Nom arxiu	_compressors.odt			Pàg. 21 de 35

Compressors d'èmbol rotatiu

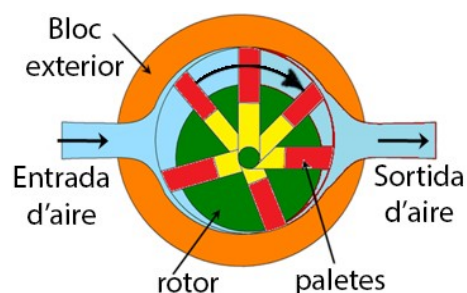
- N'hi ha de diferents tipus (paletes, cargols, roots, espiral...). Els de paletes són els que fa més anys que es comercialitzen, els de cargols són els que, actualment, estan més en voga. Els més moderns els d'espiral.
- Els compressors d'èmbol rotatiu solen proporcionar menys pressió però més cabal que no pas els d'èmbol alternatiu.
- Produeixen menys soroll que els d'èmbol alternatiu
- Produeixen menys vibracions que els d'èmbol alternatiu, per la qual cosa, a molts dels rotatius, no cal fixar-los a terra amb silenblocs
- Alguns tipus subministren el gas comprimit de manera pràcticament contínua i d'altres totalment contínua (depèn del model). En qualsevol cas, l'aire sortint, és més estable que no pas els d'èmbol alternatiu
- Poden ser d'una o de diverses etapes
- La majoria d'ells permeten el funcionament continuat (poden funcionar el 100% del temps)
- El consum energètic sol ser menor que no pas els d'èmbol alternatiu
- El preu sol ser més car que els d'èmbol alternatiu

			
Compressor de paletes Blade S series Amb oli Pressió màx 13 bar Cabal màx. 102 m3/h Potència 11 kw	Compressor cargols Boge CL10 Amb oli Pressió màx 10 bar Cabal màx. 136 m3/h Potència 15 kw	Compressor roots Everest. No indica model Oli no ho indica Pressió màx superior a 1 bar Cabal màx. no ho indica Potència no ho indica	Compressor espiral Renner SLK-1 5,5 Sense oli Pressió màx 10 bar Cabal màx. 31 m3/h Potència 5,5 kw
Fotos i dades: catàlegs de les respectives marques			

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 22 de 35

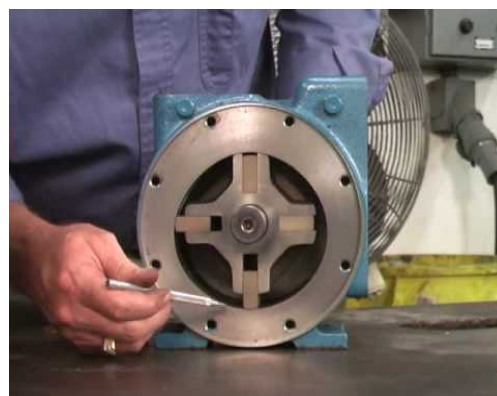
Compressor de paletes (o d'àleps)

- Consisteixen en un rotor amb un nombre determinat d'àleps muntats als allotjaments radials del rotor.
- El rotor està muntat excèntricament a una carcassa major que ell, que pot ser circular o més complexa.
- Aconseguen grans cabals però no grans increments de pressió, tot i que amb una sola etapa es poden arribar a 12bar.
- Quan el rotor gira, les paletes llisquen enfora i endins dels allotjaments, sempre en contacte amb la paret de la carcassa, gràcies a unes molles als allotjaments del rotor i/o gràcies a la força centrífuga. D'aquesta manera, es va reduint el volum del gas admès a cada cycle gràcies a l'excentricitat de la màquina.
- Els que comprimeixen a pocs bar (dos o tres) poden funcionar en sec, si la pressió és més alta, solen anar amb oli
- El flux d'aire és molt constant
- Menys soroll que els compressors de pistons.
- S'han anat utilitzant des de fa molts anys
- N'hi ha d'una etapa o de diverses etapes
- Poden estar en funcionament les 24h
- Consum elèctric reduït
- Sense vàlvula d'admissió
- Fins fa poques dècades consumien molt oli (el qual era transmès a l'aire comprimit) actualment, els nous materials, han disminuït molt aquest problema.
- Solen tenir menys manteniment i avaries que els d'èmbol alternatiu.
- Es poden trobar compressors de paletes en hidràulica, per desplaçar líquids
- Es poden fer servir com a compressor o com a bomba de buit



Compressor a paletes

Dibuix: extret i adaptat de <http://nptel.ac.in/courses/112103174/1>



Compressor a paletes

Foto: Catàleg Hidrovane HV01-HV04

http://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_vane_pump


<http://www.pneumatics.be/productie/schoepencomp-groot.htm> Animació compressor paletes

<http://www.mekanizmalar.com/vanepump.html> Animació compressor paletes

http://www.hpe-technology.com/es/pr_compresores_rotativos_paletas.php catàleg venda compressors rotatius a paletes

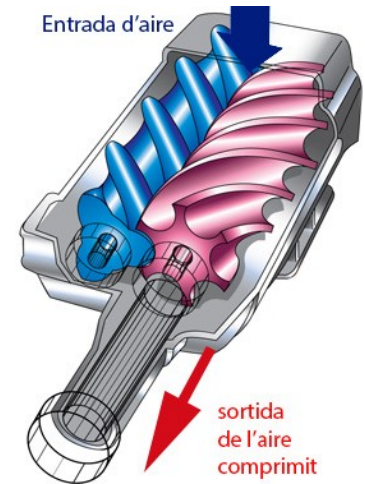
<https://www.geoilandgas.com> Hi ha catàleg de compressors rotatius industrials

<http://www.gardnerdenver.com/hydrovane/> Hi ha catàleg de compressors rotatius industrials

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 23 de 35

Compressor cargols (o Lysholm esp: *tornillos* anglès: *screw*)


- El 1878 l'alemany Heinrich Krigar crea els primers dissenys, però l'invent no tingué èxit a causa de la dificultat constructiva.
- El 1939 a Suècia, James Howden & Co. i el Professor Lysholm desenvoluparen el primer compressor de cargol que es comercialitzà. La dificultat constructiva -un cop més- fou la culpable de l'alt cost i, conseqüentment, de la poca acceptació.
- Uns decennis més tard, amb la popularització del control numèric, fou possible reduir el cost i millorar la precisió de fabricació.
- Als anys 80 del segle XX s'introdueixen en l'àmbit de l'automoció, competint des de llavors amb els turbocompressors.
- En els tallers i en l'àmbit industrial, són els compressors que més èxit estan tenint al segle XXI, desbancant als de biela-manovella.
- Solen constar de dos cargols, l'un mascle i l'altre femella, els quals, en funció de marca i model (i si són mascle o bé femella) tenen entre tres i sis filets.
- Alguns d'ells estan recoberts de material sintètic per millorar el lliscament del flux d'aire.
- S'aconsegueixen pressions superiors a 15bar amb una sola etapa. Cabals fins a 200m³/min. Amb dues etapes es pot arribar a 40bar
- En l'extrem dels eixos hi ha dues rodes dentades que permeten el gir sincronitzat dels dos cargols sense que aquests es toquin.
- Hi ha compressors de cargols lubricats i n'hi ha que no es lubriquen.
 - Els que no es lubriquen:
 - Estan separats per un ajustatge inferior a 0'2mm
 - Les pressions obtingudes són més baixes a causa d'una menor estanquitat
 - Els que sí es lubriquen:
 - A la sortida del compressor cal un filtre per treure l'oli
 - Suporten pressions més altes
 - Poques vibracions



En aquesta foto es poden apreciar, en l'extrem superior de l'eix, les rodes dentades que fan girar sincronitzadament dels cargols (foto Ingersoll Rand)



Detall de diferents cargols mascle i femella.
Fotos extretes de diferents webs

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 24 de 35

Pros

- Els compressors de cargols consumeixen un 10%-20% menys energia que els de pistó i un 30%-40% menys energia que els roots.
- Poc soroll
- Alt rendiment (relació consum energètic amb pressió i quantitat d'aire comprimit).
- Cabal uniforme
- Alguns exempts de lubricació (els que comprimeixen a pressions molt altes sí que acostumen a tenir lubricació)
- Poc manteniment
- Possibilitat de comprimir gasos difícils
- Permeten produir aire comprimit net i sec
- Els cargols no es toquen i, per tant, no hi ha fregament ni desgastament ni escalfor suplementaria.
- Aire 50% més fred que en pistó (http://air.ingersollrand.com/es/rotary_screw.asp)
- Poden estar funcionant el 80% o fins i tot el 100% del temps

Contres

- Dificultat en la fabricació. Poques empreses tenen la tecnologia suficient per a fabricar-los
- Són més cars que els compressors de pistó

http://en.wikipedia.org/wiki/Twin-screw_type_supercharger Compressor de cargol

<http://www.pneumatics.be/productie/schroefcomp.htm> Hi ha animació funcionament compressor cargols

<http://www.howden.com/es/Products/Compressors/Screw/default.htm> Fabricant compressors cargol industrials

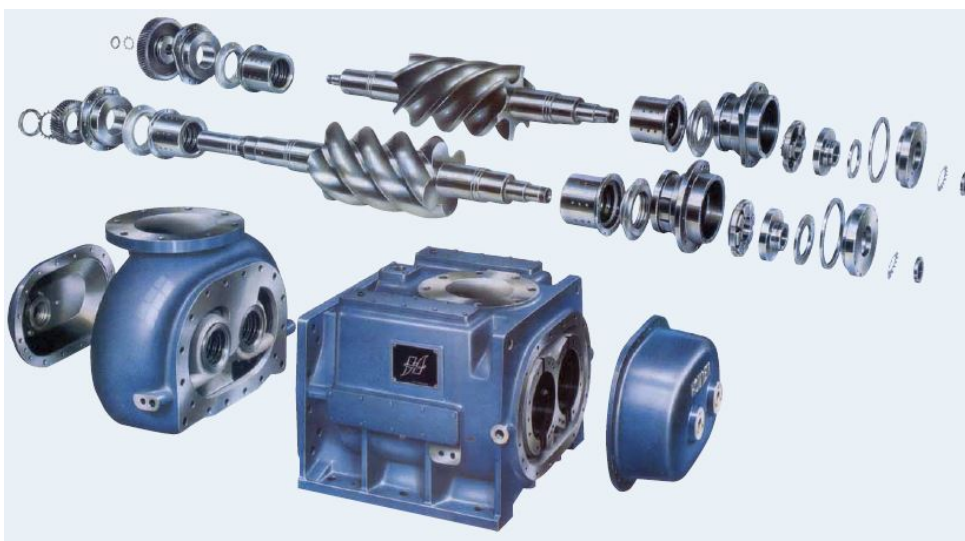
<http://www.puska.com/es/aircompressors/screw> Fabricant compressors cargol

<http://mecanicavirtual.iespana.es/turbo-compresores.htm> Web automoció, entre altres, parla dels compressors de cargol

<http://www.opcon.se> La divisió SRM fabrica compressors de cargol i la divisió Lysholm compressors de cargol per automoció


<http://www.whipplesuperchargers.com/content.asp?PageID=80> Història compressor cargol

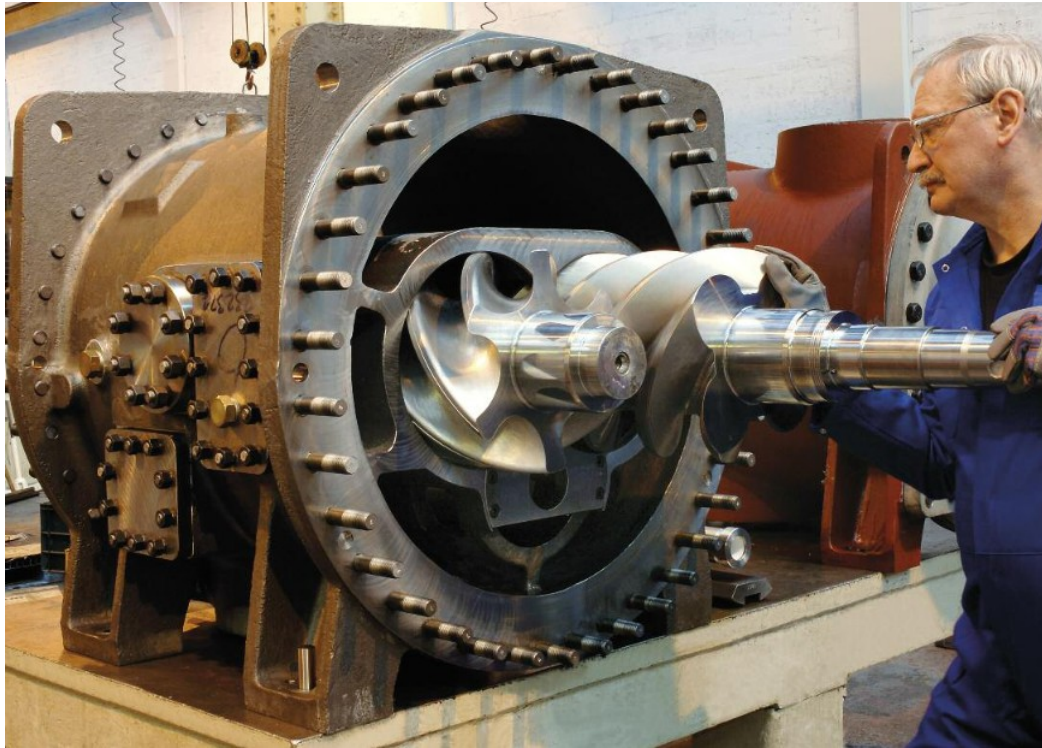
http://en.wikipedia.org/wiki/Scroll_compressor



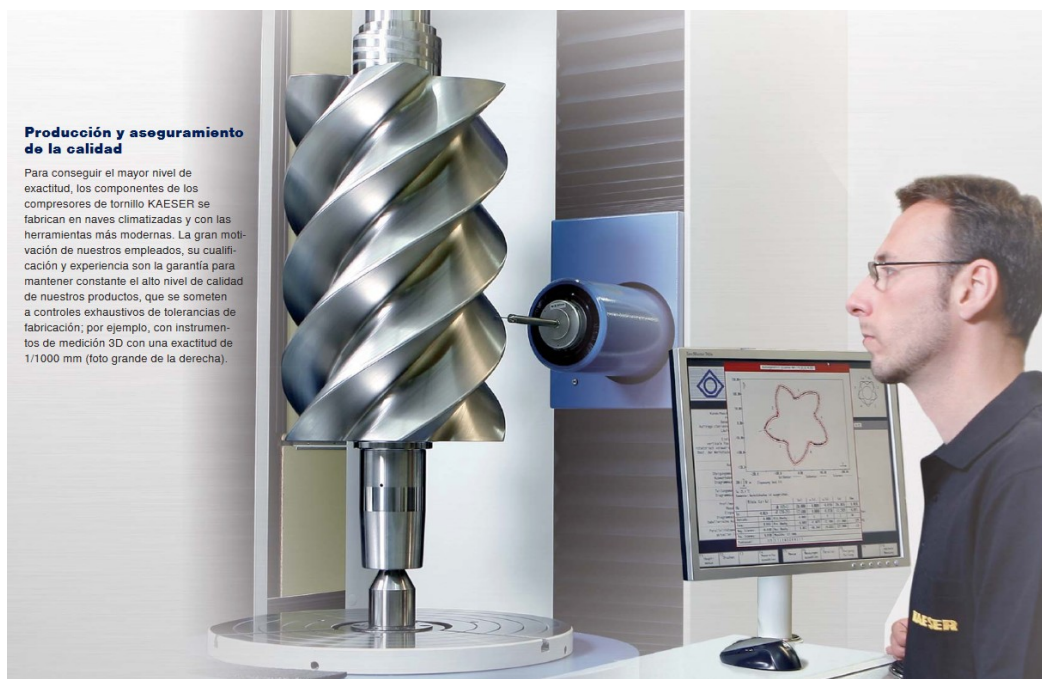
Especejament compressor cargols

Foto: catàleg Howden


Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 25 de 35



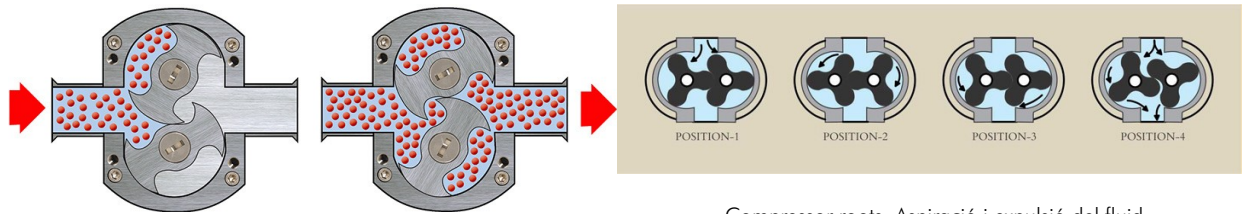
Muntatge compressor industrial.
Foto: catàleg Howden



Cal mesurar i verificar molt bé els cargols per assegurar que tenen les dimensions correctes.
Foto: Publicitat Kaeser


Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 26 de 35

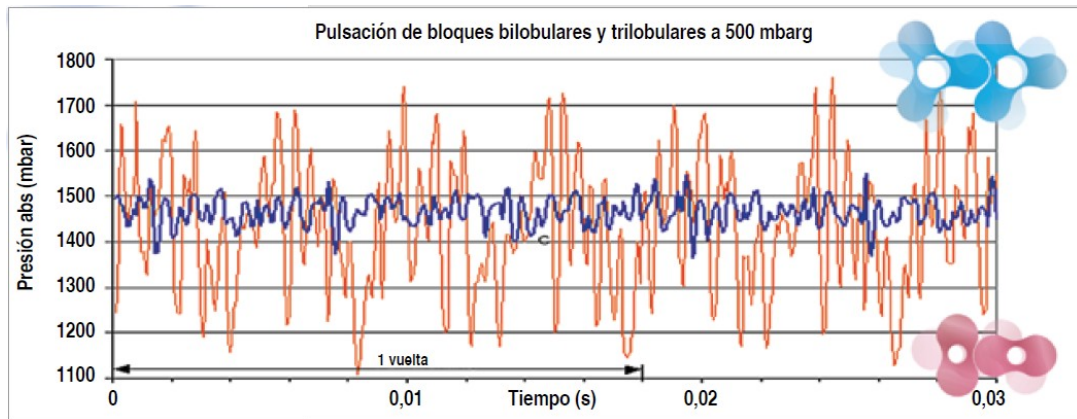
Compressor/bufador Roots (o de lòbuls o lobulars) esp: *álabes o soplantes o uña o uña rotativa*



Compressor roots. Aspiració i expulsió del fluid

- Patentat als Estats Units el 1860 pels germans Philander i Francis Marion Roots
- Solen estar formats per dos eixos bilobulars o trilobulars (dos o tres lòbuls), tots iguals (no hi ha eix mascle ni eix femella).
- Els de tres lòbuls tenen millor rendiment i menys pulsacions que els de dos lòbuls.
- En funció de la forma dels lòbuls, s'anomenen lobulars o bé d'ungla.
- La sincronització dels lòbuls es fa mitjançant rodes dentades.
- Els lòbuls no es toquen entre ells ni tampoc toquen les parets. Com més ajustades són les toleràncies millor és el rendiment. Perquè això passi cal que les mides siguin molt exactes.
- Els lòbuls es limiten a desplaçar l'aire, no incrementen la pressió. L'increment de pressió s'aconsegueix en funció de la contrapressió que l'aire troba a la sortida.
- Donat que incrementen poc la pressió (menys de 3bar) solen anomenar-se bufadors i no compressors.
- No és usual trobar aquest tipus de compressor en tallers de mecànica industrial.
- Fins a finals del segle XX Es feien servir compressors roots per airejar l'aigua en les depuradores, actualment s'utilitzen compressors de cargols, que consumeixen un 30% menys d'energia elèctrica.
- Avui dia es poden trobar compressors roots en hidràulica, per desplaçar fluids pastosos, com ara la injecció de formigó, donat que és un tipus de compressor al qual li costa embussar-se.
- En el cas d'aire, de les seves aplicacions més usuals són:
 - Impulsar vapor
 - Transportar materials en pols o granulats
 - Quan s'utilitza l'aire per bufar
- En automoció es feia servir per incrementar les prestacions dels motors (com ara el Mercedes SS K i l'Alfa Romeo 1750) i també en motors de competició, però actualment s'està abandonant el seu ús, en favor dels turbocompressors. Tot i això, hi ha una variant, anomenada Eaton, a cavall entre els compressors Roots i els de cargol, que continua emprant-se en automoció.

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 27 de 35



La pressió és molt més estable en els models trilobulars que no pas els bilobulars.

Imatge: catàleg Kaeser

Pros

- Construcció senzilla.
- Pot funcionar en sec (sense oli) perquè les seves dues ales no tenen fricció (no es toquen mai)
- Poc manteniment.
- Volum reduït.
- Poc pes.
- Econòmic.
- Si condueixen líquids pastosos costa que s'embussin.

Contres

- Molt poc increment de pressió (sovint menys de 3 bar).
- Poc rendiment, entre el 40 i 50% (el qual empitjora en incrementar-se les RPM)
- De tots els compressors d'èmbol rotatiu, el bilobular és el que té el cabal menys uniforme (calen altes RPM per aconseguir un cabal més o menys uniforme).
- Dificultat per obtenir una bona estanquitat.
- L'aire s'escalfa molt.
- Existeixen pocs fabricants de compressors roots.
- La tecnologia roots té poc marge de millora, per aquest motiu ha evolucionat molt poc.



Eaton® Twin Vortices Series® rotating assembly.

Variants patentada del compressor roots anomenada Eaton, utilitzada en automoció

http://en.wikipedia.org/wiki/Roots_type_supercharger compressor Roots

<http://www.pneumatics.be/productie/rootscomp-groot.htm> Animació compressor Roots

<http://www.mekanizmalar.com/menu-pump.html> Animació compressor Roots


<http://www.aficionadosalamecanica.net/turbo-compresores.htm>

https://en.wikipedia.org/wiki/Roots_Blower_Company Història empresa Roots

<http://www.everestblowers.com/> fabricant de compressors Roots

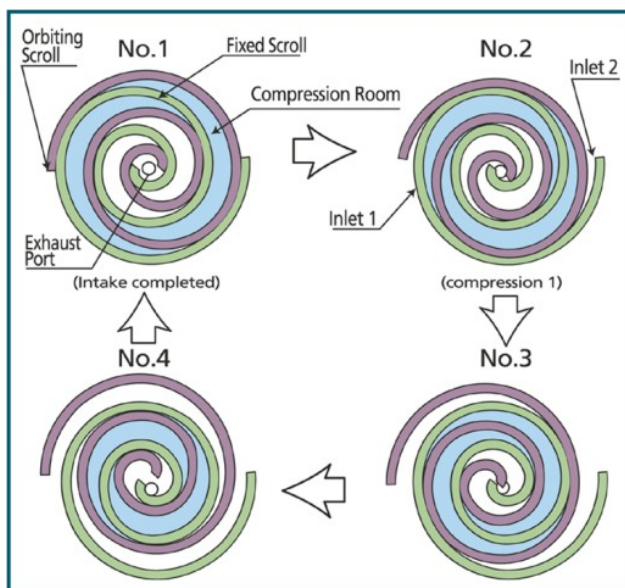
<http://www.mpr-industries.com> fabricant de compressors Roots

<http://www.atlascopco.es/es-es/Rental/Industries/Manufacturing-industry/Waste-Water-Treatment> Nuestra gama ZS de compresores de tornillo reduce los costes de energía en una media del 30 % en comparación con las soplantes tradicionales tipo "Roots" o de lóbulos.

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 28 de 35


Compressors scroll o espiral

- És el sistema més modern de tots, tot i existir una patent, feta el 1905 per Leon Creux. A causa del fet que no era possible mecanitzar-lo amb la precisió necessària, el concepte va quedar en un calaix.
- El 1973 Artur D. Little va tornar a la idea, desenvolupant el concepte. Aquesta actualització es dugué a terme tant als Estats Units com al Japó.



- Posició 1. Primera volta (360°). L'aire que acaba d'entrar a les dues cambres inicia el procés de compressió, paral·lelament, finalitza la sortida de l'aire comprimit pel centre de l'espiral
- Posició 2 i 3. Segona volta (360°). Compressió, de manera separada, de les dues cambres d'aire, alhora que, simultàniament, torna a entrar nou aire pel perímetre exterior, el qual no es comunica amb l'aire que ha entrat en la volta anterior.
- Posició 4 Tercera volta (360°). Escapament de l'aire comprimit a prop del centre, alhora que va arribant al final l'entrada d'aire pel perímetre exterior.

- Consisteix en dues espirals d'Arquimedes: una es mou i s'anomena rotor, l'altra espiral es manté quieta i s'anomena estator. El rotor està situat excèntric respecte a l'arbre motor, i gira sobre la superfície de l'estator, en aquest cas concèntric a l'arbre motor.
- L'espiral del rotor gira amb moviment orbital al voltant del centre de l'eix motor. Les dues espirals són idèntiques i estan acoblades amb una diferència de fase de 180°. El moviment té la mateixa amplitud que el motor i sempre es manté amb 180° de diferència.
- En cada posició del moviment orbital les dues espirales entren en contacte en diversos punts, formant una sèrie independent de cambres en forma de mitja lluna.
- El gir del rotor fa que aquestes cambres es vagin traslladant de la perifèria cap al centre, la qual cosa implica una disminució contínua del volum d'aquestes cambres a mesura que s'acosten cap al centre de l'espiral, generant una relació de compressió fixada pel disseny de l'espiral.
- Les cambres segellades queden definides exclusivament per la geometria de l'espiral i del moviment orbital.
- La compressió acaba en el moment que el gas comprimit té la seva màxima pressió en el centre, alliberant-se en aquest punt cap a un port de descàrrega.
- En la descàrrega s'ajunten porcions de gas que han estat aspirades pels dos costats de les espirales.
- La durada d'aquest procés és d'unes quantes revolucions, per la qual cosa, en tot moment, existeixen dues cambres oposades de les mateixes dimensions, obtenint-se així un cicle de compressió quasi continu, i amb pocs fimbresjos.

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 29 de 35

- Inicialment la disposició d'aquestes espirals era vertical (amb el motor a sota). Actualment també n'existeixen d'horizontals.
- Una de les seves utilitats més destacades és en els aires condicionats moderns i silenciosos.

Pros

- Menys peces en moviment que altres tecnologies (fins a un 70% menys que els compressors d'èmbol)
- Gran fiabilitat (s'espatlla poc i dura molt de temps)
- Bon rendiment (poc consum energètic)
- No té vàlvules d'admissió
- El flux és continu
- Dimensions compactes
- Pes reduït
- Silenciós
- Poques vibracions



Contres

- Dificultat en fabricar espirals molt petites.
- Pressions no massa elevades
- Perquè l'aire no s'escapi cal una fabricació molt precisa:
 - Les espirals han de tenir unes toleràncies inferiors a les 10 micres
 - Els acabats superficials de les puntes ha de ser inferior a 0,4 micres
- El motor només pot girar en un sentit
- Donat que té toleràncies molt petites, una accidental entrada de partícules sòlides en l'espiral pot provocar problemes

Compressor scroll

foto: <http://i.imgur.com/BMrLku2.jpg>

https://en.wikipedia.org/wiki/Scroll_compressor Compressor scroll

http://www.emersonclimate.com/europe/es-eu/products/compressors/scroll_compressors/pages/default.aspx Compressor scroll

<http://tecnologia-compresores.blogspot.com.es/2010/04/compresor-scroll.html> Compressor scroll

<http://homeairconditioner.ca/ac-info/air-conditioner-scroll-compressors/> Compressor scroll

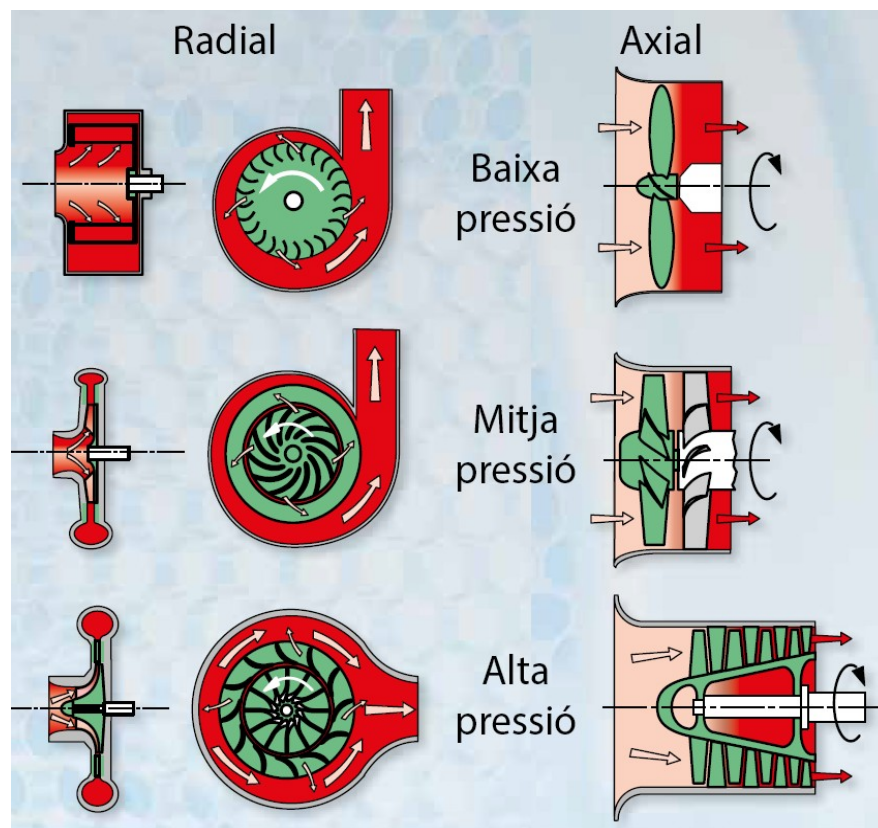
<https://www.youtube.com/watch?v=dsabYhhOko0> Vídeo funcionament compressor scroll


<https://www.youtube.com/watch?v=jIKwbDTRlwk> Vídeo funcionament compressor scroll



Turbocompressors

- Són el tipus de compressors que permeten desplaçar majors volums de gasos, amb molta diferència respecte a les altres tecnologies de compressió.
- Molt utilitzats en el transport de grans volums de gasos (exemple: canondes de gas natural de les poblacions.).
- Es divideixen en dues tecnologies: radials i axials. Ambdós tipus permeten desplaçar grans volums de gasos. Tot i tenir prestacions similars existeixen dues diferències:
 - Els turbocompressors axials permeten desplaçar volums superiors que no pas els radials
 - Els turbocompressors radials permeten increments de pressió majors
- Per incrementar la pressió convé que tinguin moltes etapes
- Alguns dels usos que se'ls dona necessiten molt poca compressió, per la qual cosa solen considerar-se ventiladors o bufadors.
- No solen utilitzar-se en tallers ni en fàbriques relacionades amb la fabricació mecànica, el més usual és trobar-los en gran complexes industrials, sigui per ventilar, sigui per desplaçar grans volums de gasos
- Una aplicació molt coneguda és en el camp de l'automoció, s'utilitzen per augmentar les prestacions dels motors tèrmics (tant dièsel com de gasolina).



Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 31 de 35

Pros

- Són els que aconsegueixen els cabals més grans, superiors a 500.000 m³/h (però amb poc increment de pressió), tot i això, també és possible trobar turbocompressors que permetin increments de pressió de centenars de bar
- Comparats amb els altres compressors, en els turbocompressors es mouen grans volums de gas amb compressora de dimensions molt més reduïdes.
- Flux d'aire totalment constant
- Absència de peces mecàniques que freguin en el corrent de compressió. Aquest fet proporciona pocs desgastaments, la qual cosa permet espaiar els intervals de manteniment.
- Menor escalfament de l'aire que altres tecnologies de compressió
- Molta eficiència energètica (poques pèrdues, en comparació amb els altres tipus de compressors)

Contres

- Fan falta grans RPM per aconseguir incrementar la pressió i/o disposar de grans cabals
- Usualment, poc increment de pressió
- Són sensibles al pes molecular del cas que es vol comprimir. Els canvis imprevistos en el pes molecular poden variar substancialment la pressió
- Preu de compra sovint més elevat que el d'altres tecnologies
- Dificultat constructiva, especialment en els axials d'alta pressió i molts àleps.

<https://es.wikipedia.org/wiki/Turbocompresor> Turbocompressor


<https://es.wikipedia.org/wiki/Ventilador> Ventilador

<https://es.wikipedia.org/wiki/Turbom%C3%A1quina> Turbomàquina

<https://es.wikipedia.org/wiki/Turbobomba> Turbobomba

<https://es.wikipedia.org/wiki/Turbina> Turbina

<http://www.howden.com/es/Products/Compressors/Turbo/default.htm> Fabricant de compressors turbo

Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats	
Nom arxiu	_compressors.odt			Pàg. 32 de 35

Turbocompressor radial o centrífug

Fan servir un disc o roda rotativa dins d'una carcassa, de manera que, en girar, força el pas de l'aire en direcció radial, és a dir: l'aire que es troba al centre de la roda impulsora és forçat pels àleps cap a l'exterior, de força que s'incrementa la seva energia cinètica. Al voltant d'aquest disc amb àleps es troba un difusor (conductes divergents) que converteix l'energia cinètica guanyada al rotor en energia de pressió. Es fan servir principalment en aplicacions industrials contínues i estacionàries, com refineries, plantes químiques i petroquímiques i processament de gas natural. Les seves aplicacions solen anar des de potències de 75 kW fins a megawatts. Si es configuren múltiples etapes, poden aconseguir elevades pressions, per damunt dels 70 MPa.



Turbocompressor radial

Es fa servir també com a "turbos" en els motors de combustió interna, de manera que sobrealimenten l'admissió del motor amb pressió per damunt de la d'ambient. Els compressors centrífugs es fan servir també com a part de turbines de gas petites (com les dels helicòpters) o a la part d'alta pressió de turbines de gas mitjanes. Altres aplicacions poden trobar-se a la producció artificial de neu en grans quantitats.



Turbocompressor radial

Foto: wikipèdia

Pros

- Poden tenir eficiències molt altes; fins al voltant del 90%
- Gran cabal
- Flux constant
- Poc increment de temperatura (pel fet que hi ha poca compressió)

Contres


- L'increment de pressió és baix.
- Són molt cars
- Requereixen un gran nombre de components, toleràncies molt acurades i materials d'alta qualitat.

https://ca.wikipedia.org/wiki/Compressor_centric%ADfug Compressor Radial (o centrífug)

http://en.wikipedia.org/wiki/Centrifugal_compressor Compressor Radial (o centrífug)

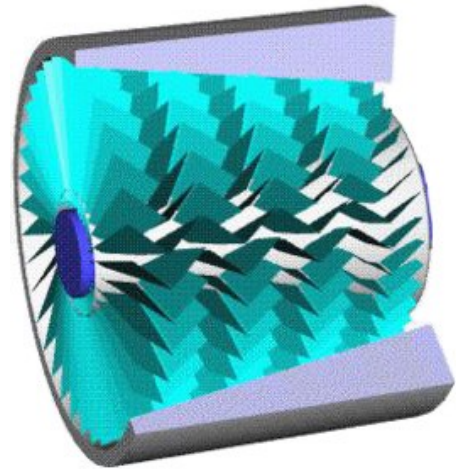
<https://www.boge.com/es/hst> Publicitat compressor radial per empreses

https://www.youtube.com/watch?v=ESyoD5sWD_4 Vídeo compressor radial per mitjanes empreses

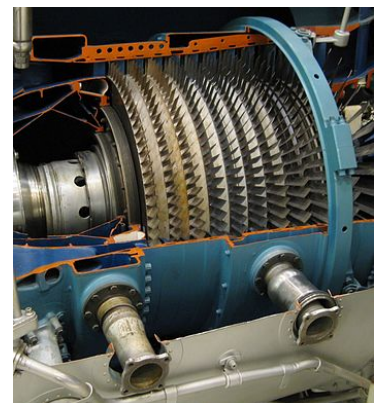
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats	
Nom arxiu	_compressors.odt			Pàg. 33 de 35

Turbocompressor axial


- Els compressors de flux axial són compressors rotatius dinàmics que fan servir cascades de perfils aerodinàmics per a, progressivament, comprimir el fluid operant.
- Van ser utilitzats en alguna de les primeres turbines, però a causa dels pocs coneixements d'aerodinàmica de l'època, donaven com a resultat compressors amb rendiments molt baixos. Avui dia, gràcies al seu alt rendiment i facilitat d'acoblament, són els més utilitzats en aviació.
- Estan formats per diversos discos, anomenats rotors i estators, que porten acoblats una sèrie d'àleps (peces metàl·liques en forma de paleta que, juntament amb d'altres, estan fixades al rotor i reben l'acció motriu d'un fluid). Entre rotor i rotor es col·loca un espaiador, el qual permet que s'introdueixi un estator (espai fix, que no es mou) entre tots dos. Aquests espaiadors poden ser independents o pertànyer al rotor. Cada disc de rotor i estator formen un esglaó de compressor (cada esglaó és una etapa). En el rotor s'accelera el corrent del fluid perquè en l'estator es torni a frenar, convertint l'energia cinètica en pressió. Aquest procés es repeteix en cada esglaó.
- En alguns d'aquests compressors axials es col·loquen, en el càrter d'entrada, uns àleps guia, els quals no formen part del compressor, només orienten el corrent perquè entri amb l'angle adequat.
- Les cascades de perfils aerodinàmics se situen en etapes, normalment per parells: cada etapa disposa d'una cascada d'àleps rotatius i es complementa amb una cascada d'àleps estàtics. Els perfils aerodinàmics, també anomenats àleps o rotor en conjunt, acceleren el fluid. La part estàtica, també anomenada estator, converteix l'energia cinètica adquirida en energia de pressió i canvien la direcció del fluid, preparant i redirigint d'aquesta manera el flux per a la següent etapa.
- Són quasi sempre multietapa, amb una secció transversal per la qual passa el gas en forma d'anell, amb àrea decreixent a mesura que es va comprimint, de manera que es manté el nombre de Mach axial òptim. Més enllà de 5 etapes o de relacions de compressió (diferent que en alternatius, aquesta relació és de pressions i no de volums) per damunt de 4:1 es fa servir geometria variable, ja sigui variant angles dels àleps d'estator o bé situant vàlvules intermèdies per adaptar-se a les actuacions requerides per canvis a l'ambient o a la potència requerida.
- Es fan servir quan es requereix molt flux de gas o quan calen dissenys compactes i modulars.
- Es poden trobar a turbines de gas mitjanes i grans, a les estacions de bombament de gas natural i en algunes plantes químiques.



Compressor axial de quatre etapes
(ja que té quatre anelles d'àleps)
Dibuix: wikipèdia



compressor axial

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 34 de 35

Pros

- Poden tenir eficiències molt altes; fins al voltant del 90%
- Gran cabal
- Flux constant
- Poc increment de temperatura (pel fet que hi ha poca compressió)


Contres

- L'increment de pressió és baix.
- Són molt cars
- Requereixen un gran nombre de components, toleràncies molt acurades i materials d'alta qualitat.



https://ca.wikipedia.org/wiki/Compressor_axial Compressor axial

http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Axial_compressor.gif Animació turbocompressor axial

Producció, tractament i distribució de l'aire comprimit			Versió: 19/08/17
Autor	Antoni Nogués i Andreu	docs@ensenyament.net	Llicència de l'obra: alguns drets reservats 
Nom arxiu	_compressors.odt		Pàg. 35 de 35

Per a saber-ne més sobre compressors

<http://www.mundocompresor.com/articulos-tecnicos/diferentes-tipos-compresores>

<http://www.xtec.es/recursos/clic/cat/act/exper/act42.htm> Activitats pneumàtica

<http://www.sapiensman.com/neumatica/mapadelsitio.htm> Molt bona, amb molts apunts

<http://www.fiac.it> Fabricant de compressors (entre els quals els de black Decker i de Michelin)

<http://www.neumac.es> maquinària pneumàtica i hidràulica per construcció

<http://www.directindustry.es/cat/neumatica-V.html> Llistat fabricants pneumàtica

<http://www.vuototecnica.net> tècniques de buit

<http://www.pressuregauge.co.uk> tècniques de buit

<http://www.vaseco.com> tècniques de buit

<http://vacuumshopper.stores.yahoo.net> tècniques de buit

<http://www.instrutechinc.com> tècniques de buit

<http://www.pneumatics.be> Animacions funcionament compressors. MOLT BONA

<http://www.norgren.es> Material de pneumàtica