bombers

MAN.GRAL.009
V.2

SGO

Manual Operatiu

Manual operatiu bàsic sobre hidráulica, bombes i instal·lacions

Generalitat de Catalunya

Control de versions

Versió	
01	**Unitat redactora:** Unitat redactora
	Data de redacció de la versió: 01/02/2026
	Canvis: Redacció inicial del document
Versió	
02	**Unitat redactora:** Unitat redactora
	Data de redacció de la versió: 26/06/2026
	Canvis: s'ha afegit l'últim apartat d'instal·lacions

Índex

1. Introducció 5
2. Propietats físiques dels líquids 5
2.1. Densitat 5
2.2. Viscositat dinàmica (η) 6
2.3. Pressió vapor (Pv) 6
2.4. Tensió superficial 7
2.5. Capil·laritat 7
3. Hidrostàtica 7
3.1. Pressió 7
3.1.1. Unitats de pressió 7
3.1.2. Pressió atmosfèrica 8
3.1.3. Pressió absoluta i pressió relativa 9
3.1.4. Manòmetres 9
3.2. Principi fonamental de la hidroestàtica (Llei de Stevin) 10
3.3. Principi de Pascal 11
3.4. Principi d'Arquímedes 11
4. Hidrodinàmica 12
4.1. Circulació de fluids 12
4.1.1. Circulació lliure o forçada 12
4.1.2. Règim laminar i turbulent 12
4.2. El cabal i l'equació de la continuïtat 13
4.2.1. El cabal 13
4.2.2. L'equació de continuïtat 14
4.3. L'equació de Bernoulli i l'energia del fluid 14
4.4. Pèrdues de càrrega 19
4.5. Aplicacions de Bernoulli 24
4.5.1. Efecte Venturi 24
4.5.2. Teorema de Torricelli 25
4.5.3. Aspiració 26
4.6. Cop d'Ariet 27
4.7. Cavitació 28
5. Bombes 28
5.1. Bombes centrífugues 29
5.1.1. Turbobomba 30
5.2. Bombes volumètriques o de desplaçament positiu 30
5.2.1. Bombes volumètriques rotatives 31
5.2.2. Bombes volumètriques o de moviment alternatiu 32
5.3. Corbes característiques 34

5.3.1. Corba característica d'una bomba centrífuga 34
5.3.2. Corba característica d'un hidrant 36
5.3.3. Corba característica d'una bomba volumètrica 36
5.3.4. Punt de funcionament 37
6. Instal·lacions 39
6.1. Mànegues 39
6.1.1. Mànegues de 25mm 40
6.1.2. Mànegues de 45mm 41
6.1.3. Mànegues de 70mm 41
6.1.4. Accessoris per acoblar a les mànegues 41
6.2. Manegots 42
6.3. Llances 43
6.3.1. Tipus de raig 43
6.3.2. Reacció del raig 44
6.3.3. Tipus de llances 45
6.3.4. Monitors 47
6.3.5. Llances d'escuma 48

En aquest text, per a les referències fetes a col·lectius, s'ha utilitzat el masculí amb valor genèric.

1. Introducció

La **mecànica de fluids** és la branca de la física que estudia el comportament dels fluids, i les forces que actuen sobre ells. Un **fluid** és una substància que flueix i es deforma contínuament sota l'acció d'una força, per petita que sigui. Els fluids no tenen forma pròpia, sinó que s'adapten al recipient que els conté. Els fluids inclouen **líquids i gasos**.
En aquest manual, ens centrarem en la **hidràulica**, que és l'aplicació de la mecànica de fluids als líquids. L'estudi de la hidràulica es divideix en dues grans àrees:

- **Hidroestàtica**: S'ocupa de l'estudi dels fluids en d'equilibri, és a dir, en repòs.
- **Hidrodinàmica**: S'ocupa dels fluids en moviment.

2. Propietats físiques dels líquids

Per entendre la hidràulica, és fonamental conèixer les propietats i el comportament dels líquids.

A diferència dels gasos, els líquids es consideren incompressibles, és a dir conserven el seu volum, fins i tot encara que se'ls apliquin grans forces. Aquesta propietat és clau en hidràulica: el fet que l'aigua sigui incompressible fa que la transmissió de la pressió sigui gairebé instantània i homogènia. Això permet aplicar sistemes hidràulics eficients, com les premses hidràuliques o els sistemes d'impulsió de bombers. A més, la incompressibilitat facilita el càlcul de pressions i velocitats, ja que el volum es manté constant (no cal considerar canvis de densitat amb la pressió).

2.1. Densitat

La densitat d'un fluid és la quantitat de massa que conté per unitat de volum. Es mesura en kg/m^3 o en g/cm^3.

En el cas de l'aigua, la densitat a 4 ºC és de 1000 kg/m^3, 1 g/cm^3. A efectes pràctics, a temperatura ambient també. La densitat de l'aigua de mar, que conté sals dissoltes, és una mica superior a la de l'aigua dolça, aproximadament de 1025 kg/m^3.

La **densitat relativa** (és una mesura que compara la densitat d'una substància amb la de l'aigua dolça. No té unitats ja que és una relació entre densitats. Ens és útil per saber, d'un cop d'ull, si flotarà (densitat relativa menor a 1) o s'enfonsarà en l'aigua (densitat relativa major que 1). Així per exemple, el gasoil té una densitat relativa de 0,85, per tant sura; la mel té una densitat relativa aproximadament de 1,4, per tant s'enfonsa.

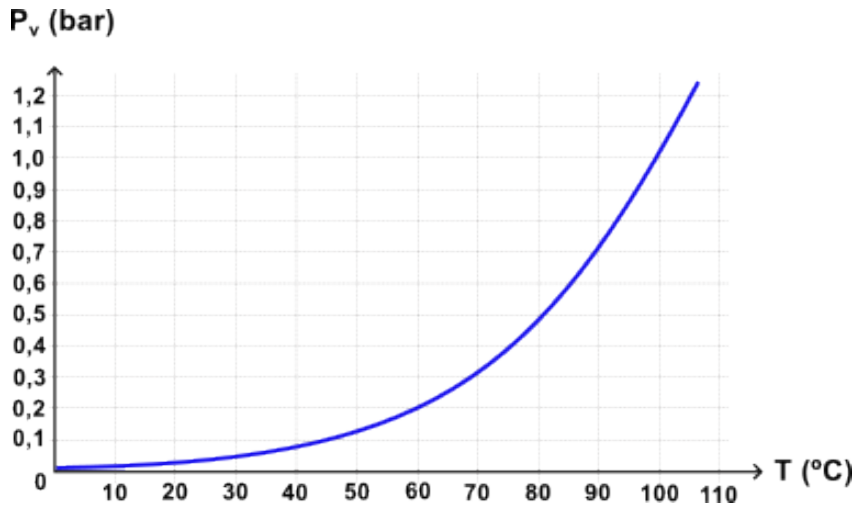
2.2. Viscositat dinàmica (η)

La viscositat és la mesura de la resistència interna d'un líquid a fluir. En altres paraules, com més viscós és un fluid, més dificultat té per desplaçar-se. En el Sistema Internacional es mesura en Pa·s.
L'aigua té una viscositat dinàmica molt baixa, de 0,001 Pa·s. Un oli vegetal pot estar entre 0,065 i 0,1 Pa·s. La mel pot arribar a més de 5 Pa·s.
La viscositat varia amb la temperatura, en els líquids la viscositat disminueix quan augmenta la temperatura. En els gasos és a l'inrevés.

És important no confondre densitat i viscositat, que són conceptes diferents i no tenen perquè estar relacionats. Per exemple podem tenir líquids molt viscosos i poc densos, com és el cas de l'oli.

2.3. Pressió vapor (Pv)

La pressió de vapor d'un líquid, a una temperatura determinada, és la pressió que fan les molècules del líquid que s'escapen des de la superfície i es converteixen en vapor. Cada líquid té la seva pròpia pressió de vapor que augmenta a mesura que la temperatura puja.
El punt d'ebullició d'un líquid és la temperatura a la qual la seva pressió de vapor s'iguala a la pressió de l'ambient que l'envolta.



Per exemple, a nivell del mar (1 bar de pressió) l'aigua bull a 100 ºC, però a dalt d'una muntanya de 3000 m, la pressió atmosfèrica és menor i l'aigua bull a menys temperatura (uns 90 ºC), ja que les molècules de la fase líquida necessiten menys energia per vèncer la pressió que tenen a sobre. En una caldera a pressió l'aigua bull a més de 100 ºC. A temperatura ambient, la pressió de vapor de l'aigua és de només 0,0316 bar (com que la pressió atmosfèrica a nivell del mar és d'aproximadament 1 bar, l'aigua no bull), no obstant, si dins del recipient fem el buit per sota de 0,0316 bar, l'aigua començarà a bullir.

2.4. Tensió superficial

És la força que manté unides les molècules en la superfície d'un líquid. És per això que l'aigua pot formar gotes, o que un insecte pot caminar sobre l'aigua sense enfonsar-se.
Amb additius humectants i tensioactius (sabons) podem reduir la tensió superficial de l'aigua amb l'objectiu de fer que penetri més fàcilment en materials sòlids porosos, o per la formació de bombolles (escumes d'extinció).

2.5. Capil·laritat

És la capacitat d'un líquid d'ascendir o descendir per un tub molt estret (com un capil·lar), gràcies a la combinació de la tensió superficial i l'adhesió a les parets.
A escala industrial i en laboratoris, la capil·laritat té molta importància. En entorns bomberils pot observar-se en materials molt porosos o teixits, o bé en les primeres fases de propagació del foc quan el líquid penetra en un substrat (com benzina en cartró, etc.).

3. Hidrostàtica

3.1. Pressió

La pressió es defineix com la força exercida per unitat de superfície.
La seva expressió matemàtica és:

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

On:

P és la pressió, en pascals, Pa
F és la força, en newtons , N
S és la superfície o àrea, en m^2

Aquest concepte és essencial per entendre els efectes dels fluids tant en repòs (hidrostàtica) com en moviment (hidrodinàmica).

Exemple: una persona recolzada sobre un sol peu exerceix una pressió més gran que si està recolzada sobre els dos. I encara menys si porta esquís, ja que reparteix el seu pes sobre una superfície més gran.

3.1.1. Unitats de pressió

Tot i que la unitat de pressió del Sistema Internacional és el pascal (Pa), aquest és molt petit per a l'ús pràctic. Així, habitualment es fan servir altres unitats:

Unitat	Equivalència aproximada
1 pascal (Pa)	1 N/m^2
1 bar	100.000 Pa
1 atmosfera (atm)	101.325 Pa = 1,013 bar
1 kg/cm^2	100.000 Pa = 0,98 bar
1 m.c.a. (metres de columna d'aigua)	9.80665 kPa (per aigua)
1 mmHg (mil·límetres de mercuri)	133,3 Pa
1 psi (pounds per square inch - utilitzat en el sistema anglosaxó)	6895 Pa

Per simplicitat en entorns operatius com el dels bombers, sovint es considera:

$$1 \text{ bar} = 1 \text{ kg/cm}^2 = 1 \text{ atm}$$

En operacions habituals de bombers, una pressió de treball estàndard ronda els 7–15 bar. Si treballéssim amb pascals, estaríem parlant de valors com 700.000 o 1.500.000 Pa, cosa poc pràctica i difícil d'interpretar a primera vista.

Cas pràctic; Quan es vol saber fins a quina alçada es pot impulsar l'aigua amb una pressió determinada, pot aplicar directament:

1 bar = 10 metres de columna d'aigua

Això permet saber, per exemple, que si l'aigua surt a 8 bar de pressió des de la bomba, pot pujar fins a uns 80 metres (de forma ideal i sense pèrdues).

3.1.2. Pressió atmosfèrica

L'atmosfera que envolta la terra està formada per una barreja de gasos, principalment oxigen i nitrogen. Aquest embolcall té una alçada de més de 60 km i el seu pes exerceix una força sobre la terra.

Aquesta pressió, anomenada pressió atmosfèrica, és d'1 atm a nivell del mar, i es pot expressar també com:

1 atm = 760 mmHg = 1,033 kg/cm2

L'experiment de Torricelli demostra aquest fenomen utilitzant una columna de mercuri dins d'un tub capgirat. El pes de la columna de mercuri s'equilibra amb la pressió atmosfèrica exterior.

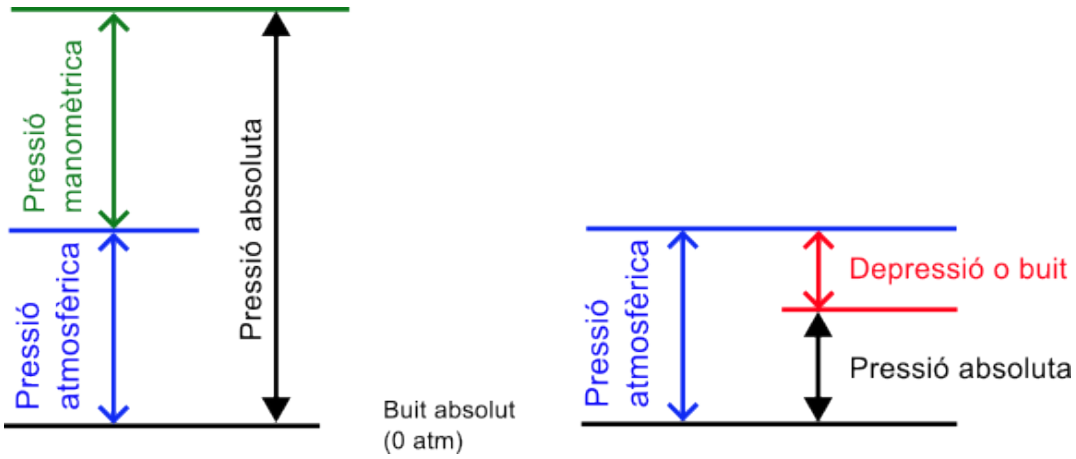
Amb l'alçada, la pressió atmosfèrica disminueix amb l'altitud, ja que disminueix la quantitat d'aire que queda per damunt. Per cada 100 metres d'ascens, decreix aproximadament 0,129 m.c.a., fet molt rellevant en aspiració.

3.1.3. Pressió absoluta i pressió relativa

Quan mesurem la pressió dins un sistema hidràulic, és essencial distingir entre pressió absoluta i pressió relativa, ja que cadascuna d'elles utilitza un punt de referència diferent per expressar el valor de la pressió mesurada.

- **Pressió absoluta:** és la pressió total exercida per un fluid, mesurada des del buit absolut (pressió 0). Inclou, per tant, la pressió atmosfèrica. Sempre és positiva.
- **Pressió relativa (o manomètrica):** és la diferència entre la pressió real i la pressió atmosfèrica en aquell lloc, o dit d'una altra manera, és la pressió mesurada a partir de la pressió atmosfèrica. És la que llegim en els manòmetres convencionals. Pot ser negativa si fem el buit (per sota de la pressió atmosfèrica).

P absoluta = P relativa + P atmosfèrica



3.1.4. Manòmetres

Un **manòmetre** és l'instrument utilitzat habitualment per mesurar la pressió d'un fluid. El més habitual és el de tipus Bourdon, format per un tub metàl·lic corbat que s'estira a mesura que augmenta la pressió. Aquest moviment es transmet a una agulla que indica la lectura. Com que generalment l'exterior del tub està envoltat de la pressió atmosfèrica, la mesura és la pressió relativa.



Un **vacuòmetre** és l'instrument per mesurar el buit o depressió, per sota la pressió atmosfèrica. Si mesurem en valors negatius estem mesurant en pressió negativa.
També hi ha aparells digitals per mesurar pressions, s'anomenen transductors de pressió.

A Bombers fem servir manòmetres de pressió relativa, per mesurar la pressió a la que impulsem aigua amb la bomba o la que arriba a la llança d'escuma, l'aire dels equips de respiració autònoma o dels coixins d'elevació.



A l'aspiració de la bomba tenim un manovacuòmetre, que tant pot mesurar pressió com depressió. Aquest tipus de mesura és molt important en operacions d'aspiració, on es necessita crear una depressió dins dels manegots per aprofitar la pressió atmosfèrica i fer entrar l'aigua cap a la bomba.

3.2. Principi fonamental de la hidroestàtica (Llei de Stevin)

El Principi Fonamental de la Hidroestàtica, també conegut com a Llei de Stevin, estableix que la **pressió en un punt qualsevol d'un fluid en repòs és directament proporcional a la profunditat** a la qual es troba aquest punt.

La pressió augmenta amb la profunditat en un líquid, i s'expressa també amb la fórmula:

$$P = \rho \cdot g \cdot h$$

On:

P és la pressió relativa (en pascals, Pa)
ρ (rho) és la densitat del líquid (en Kg/m^3)
g és la gravetat (9,8 m/s^2)
h és la profunditat o alçada de la columna líquida (en metres)

Aquesta és la pressió hidroestàtica, deguda a la columna de líquid que té per sobre. Si es tracta d'un líquid en un recipient tancat i a pressió, a la pressió hidroestàtica cal sumar-li la pressió del recipient.

"La diferència de pressió entre dos punts d'un mateix líquid en repòs és proporcional a la diferència d'alçada entre aquests punts i a la densitat del líquid."

Aquesta llei ens explica que:
- Com més profund és un punt dins d'un líquid, més pressió suporta.
- La pressió no depèn del volum de líquid, ni de la forma del recipient, sinó només de l'altura de la columna de líquid i de la seva densitat.
- A igual profunditat, la pressió serà la mateixa en qualsevol punt horitzontal del líquid.

3.3. Principi de Pascal

Segons el principi de Pascal, "La pressió exercida en un punt qualsevol d'un líquid tancat i en repòs es transmet amb la mateixa intensitat i en totes les direccions a tots els punts del líquid i a les parets del recipient que el conté."
Això explica que un esforç aplicat en un punt pugui generar grans forces en altres punts mitjançant la transmissió de la pressió. A diferència dels sòlids, que transmeten força en una direcció determinada, els líquids distribueixen la pressió de manera uniforme.

Per exemple: Un gat hidràulic és una màquina basada en principi de Pascal. Consta de dos pistons o èmbols de diàmetres diferents units per un circuit tancat ple d'oli. Suposem que l'èmbol petit té una secció d'1 cm^2 i sobre ell s'aplica una força de 500 N. L'altre èmbol té una secció de 100 cm^2. Segons el Principi de Pascal, la pressió generada a l'èmbol petit es transmet al gran, però com que aquest té una superfície 100 vegades més gran, la força resultant serà:

$$F = P \cdot S = (500\ N/cm^2) \cdot 100\ cm^2 = 50.000\ N$$

Hem multiplicat la força per 100, la relació de superfícies dels èmbols.

3.4. Principi d'Arquímedes

El Principi d'Arquímedes diu que un cos, total o parcialment submergit en un fluid experimenta una **empenta vertical cap amunt (força d'empenta)** que és igual al pes del fluid que desplaça.

$$E = \rho \cdot g \cdot V$$

On:
E és la força o empenta hidroestàtica, en newtons (N)
ρ (rho) és la densitat del líquid, en kg/m^3
g és la gravetat (9,8 m/s^2)
V és el volum del líquid desplaçat pel cos, en m^3

Això explica la flotabilitat. Un objecte surarà si la seva densitat mitjana és menor que la del fluid que l'envolta.

Un vaixell d'acer (molt més dens que l'aigua) sura perquè, gràcies a la seva forma buida, el volum total d'aigua que desallotja té un pes que és exactament igual al pes del vaixell complet. La força d'empenta de l'aigua és, per tant, suficient per suportar el seu pes.
En canvi, un tros d'acer massís s'enfonsa perquè no pot desallotjar prou aigua com per generar una força d'empenta que equilibri el seu propi pes.

A tenir-ho en compte quan recuperem objectes submergits, per exemple un vehicle. El pes "aparent" d'un objecte sota l'aigua és menor que el seu pes real en l'aire, a causa de la força de flotació que actua cap amunt, a mesura que vagi emergint de la superfície cada vegada "pesarà" més.

4. Hidrodinàmica

La hidrodinàmica és la branca de la hidràulica que estudia el comportament dels líquids incompressibles en moviment. Es basa en principis físics com el de conservació de la massa i l'energia, i és fonamental per entendre com es comporta l'aigua en conduccions, mànegues, bombes i altres equips d'intervenció. En el context de bombers, el domini de la hidrodinàmica permet optimitzar la resposta operativa en la gestió d'instal·lacions d'extinció.

4.1. Circulació de fluids

La circulació de fluids en hidràulica tant pot ser amb superfície lliure (rius, canals, ...) com per dins d'un sistema de conduccions, com poden ser mànegues, canonades o tubs. Si bé és cert que tenim serveis en aigües obertes, no és objecte d'aquest manual l'estudi d'aquests tipus de corrents. El que ens interessa és conèixer com es comporta l'aigua en conduccions.

4.1.1. Circulació lliure o forçada

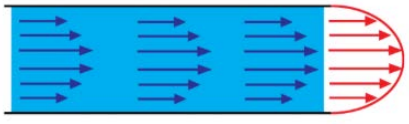
Segons quina és la força motriu que provoca el moviment del fluid, podem classificar en:

- **Circulació lliure:** el fluid es mou per gravetat, sense cap impuls mecànic. Per exemple, quan un dipòsit situat en una alçada superior descarrega aigua per un tub cap a una planta baixa. Aquest tipus de circulació no és habitual en entorns d'emergència.
- **Circulació forçada:** el líquid és impulsat per una bomba, generant una pressió que força el moviment. És el tipus més comú en les operacions de bombers, ja que permet impulsar l'aigua a grans distàncies i superar desnivells importants.

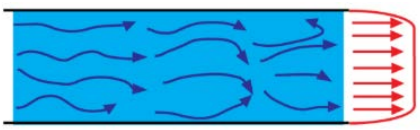
4.1.2. Règim laminar i turbulent

Els fluids poden circular per l'interior d'una conducció de dues maneres, segons el comportament de les partícules:

- **Flux laminar:** és un tipus de moviment ordenat en què les partícules del fluid es desplacen en capes paral·leles, sense barrejar-se entre elles. Aquest règim apareix quan la velocitat del líquid és baixa i no hi ha remolins. És poc freqüent en sistemes de bombers.



- **Flux turbulent:** és el règim més habitual en les instal·lacions d'intervenció. Es dona quan la velocitat del líquid és elevada, apareixen remolins i el moviment és desordenat. En aquest cas, l'energia del sistema es dissipa més ràpidament, i per tant, hi ha més pèrdues de d'energia.



4.2. El cabal i l'equació de la continuïtat

4.2.1. El cabal

El **cabal** (Q) és una de les magnituds fonamentals de la hidràulica aplicada, especialment en el món operatiu dels bombers. Fa referència a la quantitat d'aigua que travessa una secció (S) d'una conducció en un temps determinat. Aquesta aigua circula a una determinada velocitat (*v*), i per tant, com més gran sigui la velocitat per una mateixa secció, més gran serà el cabal que hi passa. La seva fórmula és:

$$Q = \frac{V}{t} = S \cdot v$$

On:

Q és el cabal, en m^3/s
V és el volum, en m^3
t el temps en segons
S és la secció de pas, en m^2
v és la velocitat del fluid, en m/s

Recordar que s'ha de mantenir coherència entre les unitats: si la secció s'expressa en metres quadrats (m^2), la velocitat ha d'estar en metres per segon (m/s), obtenint així un cabal en metres cúbics per segon (m^3/s).

Tot i que el Sistema Internacional d'Unitats expressa el cabal en m^3/s, en el dia a dia dels bombers s'utilitzen amb més freqüència altres unitats:

Litre per minut (l/min o lpm)
Metre cúbic per hora (m^3/h)

Exercici pràctic: càlcul del cabal segons el diàmetre de mànega
Suposem que l'aigua circula a 2,5 m/s. Els cabals que obtindríem a través de mànegues de diferents diàmetres serien:

Mànega Ø25 mm → 73,6 l/min
Mànega Ø45 mm → 238,6 l/min
Mànega Ø70 mm → 577,3 l/min

Com és d'esperar, com més gran és el diàmetre de la mànega, més gran és la secció de pas i, per tant, més aigua pot circular a la mateixa velocitat.
Tanmateix, a la pràctica, el comportament és lleugerament diferent. A les mànegues de Ø25, per exemple, l'aigua acostuma a circular més ràpidament, arribant fins a 6 m/s o més, per compensar la menor secció i mantenir un cabal adequat. En canvi, a les mànegues més amples, com les de Ø70 mm, la velocitat és més moderada, sovint al voltant de 4 m/s, ja que la gran secció permet transportar grans volums sense necessitat d'augmentar tant la velocitat.

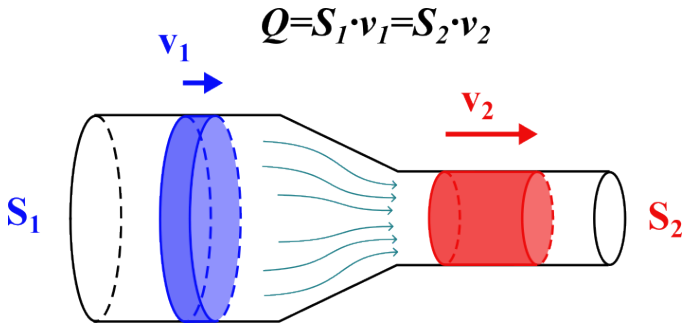
4.2.2. L'equació de continuïtat

Aquest principi es basa en la **conservació de la massa**. En un **fluid incompressible,** com l'aigua, l'equació de continuïtat estableix que el **cabal és constant** en qualsevol punt d'una conducció. Dit d'una altra manera, en una conducció sense derivacions i amb un fluid incompressible, el que entra per un extrem és el mateix que surt per l'altre.
La fórmula que ho descriu és la següent:

$$Q = S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$$

On:
Q és el cabal
S és l'àrea de la secció transversal de la mànega o canonada.
v és la velocitat del fluid.

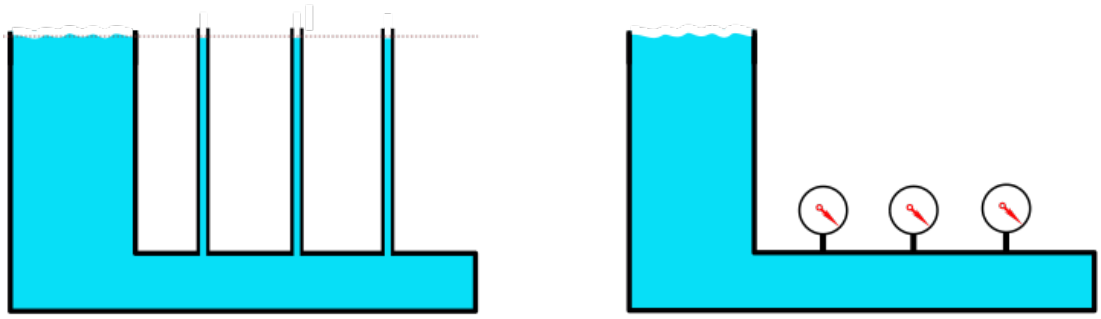
Això significa que si l'àrea d'una mànega disminueix, la velocitat de l'aigua ha d'augmentar per mantenir el mateix cabal.



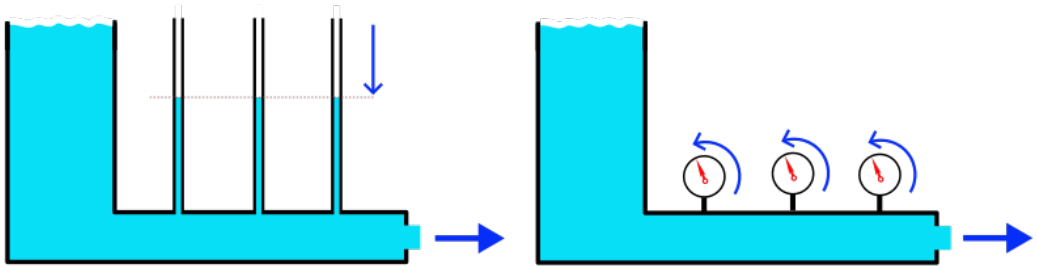
Si la conducció es bifurca, la suma de cabals de sortida ha de ser igual al cabal d'entrada, però el repartiment de cabal a cada branca pot no ser igual, dependrà de com siguin les conduccions a partir de la bifurcació.

4.3. L'equació de Bernoulli i l'energia del fluid

Si s'observa la primera figura (la segona és anàloga però amb manòmetres enlloc de tubs), es veu que quan l'aixeta està tancada la superfície del líquid en el dipòsit i els tubs, està a la mateixa alçada i és constant (principi dels vasos comunicants).



Però en el moment d'obrir la vàlvula el nivell de l'aigua en els tubs baixa i si tornem a tancar-la el nivell torna a pujar.



En obrir l'aixeta, el líquid es posa en moviment i llavors la pressió del líquid, indicada per la columna d'aigua en els tubs o pels manòmetres, baixa. Per tant, amb el moviment o velocitat del líquid les columnes baixen i baixaran més com més gran sigui la velocitat.

Això s'explica perquè un fluid incompressible circulant per una conducció té tres formes d'energia:

- **Energia** en forma de **pressió**: L'energia que s'emmagatzema degut a la pressió a la que està sotmès, i gràcies a la qual pot realitzar un treball.

$$E_{pre} = P \cdot V$$

- **Energia cinètica**: L'energia que té un fluid per la seva velocitat. Com més ràpida es mou l'aigua, més energia cinètica té.

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} V \cdot \rho \cdot v^2$$

- **Energia potencial**: L'energia que té un fluid degut a la seva alçada (la seva cota vertical).

$$E_p = m \cdot g \cdot h = V \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

Suposant que no hi ha frecs (viscositat=0), el principi de la conservació de l'energia ens diu que l'energia total, suma de les tres formes d'energia (pressió, cinètica i potencial), és constant al llarg de la conducció.

$$E_{tot} = P \cdot V + \frac{1}{2} V \cdot \rho \cdot v^2 + V \cdot \rho \cdot g \cdot h$$

Dividint l'energia pel volum (V) obtenim l'**equació de Bernoulli** (amb dimensions de pressió, en Pa)**:**

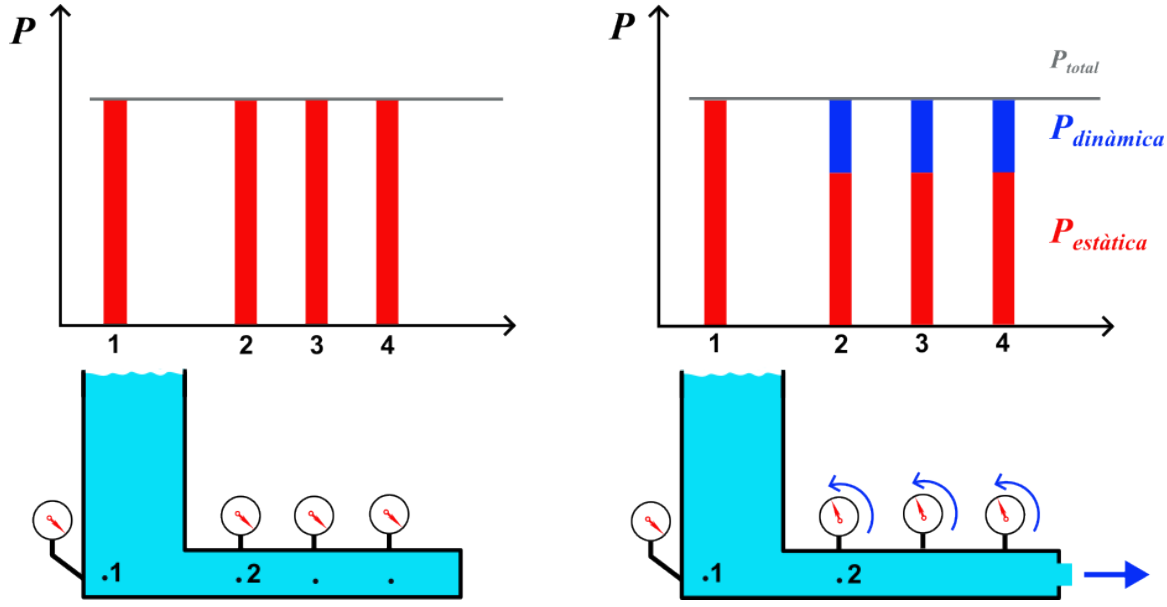
$$P + \frac{1}{2} \rho \, v^2 + \rho \, g \, h \; = \; constant$$

On:
P és la **pressió estàtica (*P*)**, és la que podem mesurar amb els manòmetres,

el segon terme l'anomenem **pressió dinàmica (*½ρv²*)**, associada a la velocitat del fluid,

el tercer terme és la **pressió potencial o gravitatòria (*ρgh*)**, és la pressió associada al estar a una determinada alçada.

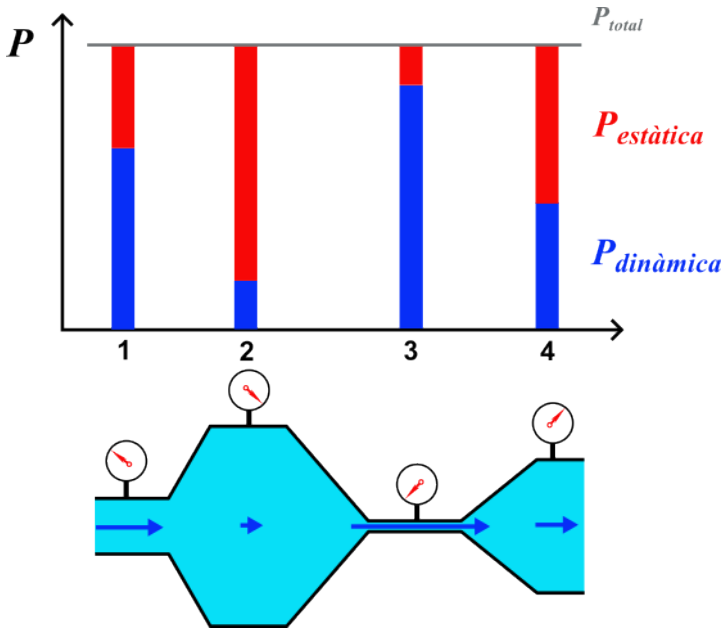
Tornant a l'exemple anterior, en el tram de canonada l'alçada no varia, per tant el terme de pressió potencial no canvia quan obrim la vàlvula, i podem dir que és zero si agafem la referència a la cota de la canonada. El que si canvia és la velocitat, i això explica la davallada de pressió estàtica, que en part es transforma en pressió dinàmica quan l'aigua es posa en moviment.



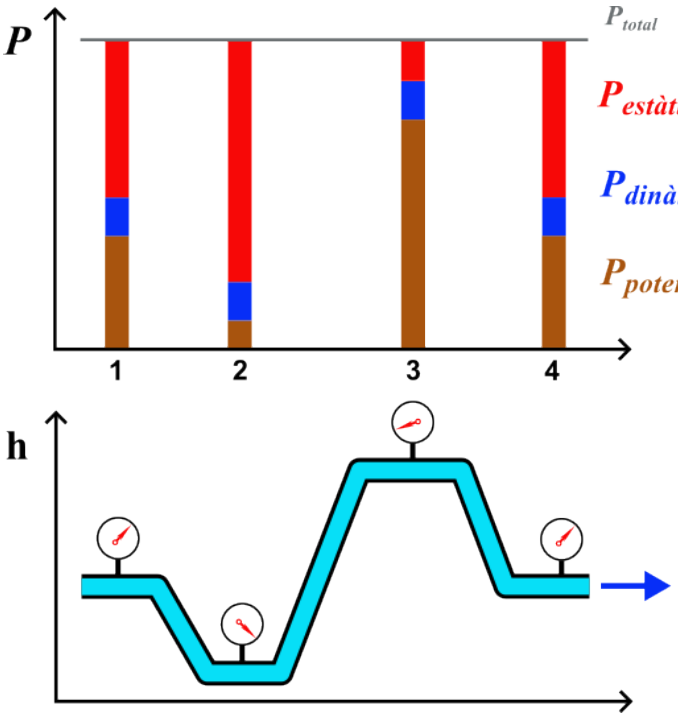
Vegem altres casos, tenim una canonada, a l'inici de la qual el fluid té una quantitat d'energia o pressió total suma dels tres termes que hem vist:

1- Igual que abans l'alçada de la conducció no varia (tub horitzontal), però si que canvia el diàmetre, per tant canvia la secció de la conducció i també varia la velocitat, que implica canvis de pressió.

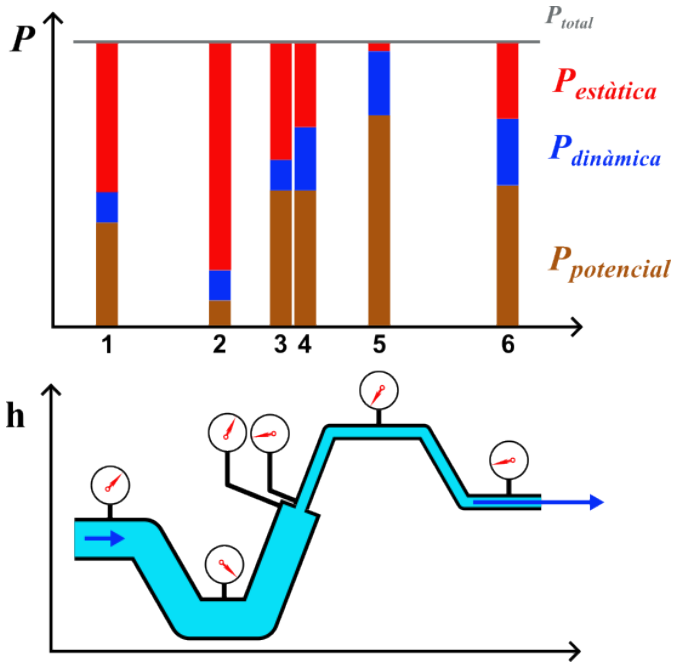
   Del punt 1 al 2 el líquid es frena, l'energia cinètica es transforma en pressió, disminueix la pressió dinàmica i augmenta l'estàtica. Del 2 al 3, transformem pressió estàtica en pressió dinàmica (velocitat, energia cinètica), la pressió que mesura el manòmetre 3 és inferior a la que mesurem el 1, ja que la velocitat és més gran. El mateix del punt 3 al 4, com que augmenta el diàmetre, baixa la velocitat, baixa la pressió dinàmica que es bescanvia per pressió estàtica, però la pressió (energia) total suma sempre es manté constant.
   Com que la canonada és horitzontal el terme d'alçada no canvia, podem dir que és zero si agafem la referència a la cota de la canonada.



2- Si la secció de la canonada no varia, sabem per l'equació de continuïtat que la velocitat tampoc variarà, per tant, la pressió dinàmica roman constant en tot el recorregut.
Aleshores quan augmenta la seva posició en alçada, la pressió estàtica disminueix, estem bescanviant energia en forma de pressió per energia potencial. I a l'inrevés, si el tub baixa augmenta la pressió. En el punt més baix del circuit és on tindrem la pressió estàtica màxima, i en el més alt la mínima.
La pressió estàtica que perdem en pujar d'alçada es recupera quan es torna a baixar a la mateixa cota.



3- En el cas més general, amb una conducció que canvia d'alçada i de secció, hi haurà bescanvis de pressió i velocitat, però la suma d'energia es mantindrà constant.



En les instal·lacions de bombers, amb mànegues de Ø70 mm, Ø45 mm i Ø 25 mm, i els cabals de treball, les velocitats de circulació de l'aigua estan per sota de 10 m/s habitualment, només en casos excepcionals en els que forcem les instal·lacions podem arribar a superar-los. Si agafem la fórmula de Bernoulli, podem calcular quant representa el terme de pressió dinàmica, per diferents velocitats de l'aigua:

$$6\ \frac{m}{s} \rightarrow P_{dinàmica\ 6} = \frac{\rho \cdot v^2}{2} = \frac{1000}{2} v^2 = 500 \cdot 6^2 = 18.000\ Pa = 0.18\ bar$$

$$10\ \frac{m}{s} \rightarrow P_{dinàmica\ 10} = 500 \cdot 10^2 = 50.000\ Pa = 0.5\ bar$$

$$15\ \frac{m}{s} \rightarrow P_{dinàmica\ 15} = 500 \cdot 15^2 = 1.125.000\ Pa = 1.125\ bar$$

Com podem veure amb cabals normals d'utilització (6 m/s), la davallada de pressió per posar en moviment l'aigua és insignificant, fins i tot amb cabals alts. No és fins a velocitats exageradament altes que la pressió dinàmica és significativa.

En canvi, el que si ens farà variar molt significativament la pressió són els desnivells, a raó de 1 bar per cada 10 m de desnivell.

$$P_{\ potencial} = \rho \cdot g \cdot h = 1000 \cdot 10 \cdot 10 = 100.000\ Pa = 1\ bar$$

Una altra manera de treballar amb l'equació de Bernoulli és dividint l'expressió pel pes específic (ρg) obtenim l'equació de Bernoulli expressada amb dimensions de metres, o el que anomenem càrrega (H), que és l'energia per unitat de pes o l'alçada equivalent en metres **de**

columna d'aigua. Així, la carrega total d'un fluid en un punt de la canonada té un terme de pressió, un terme de velocitat i un terme d'alçada (o cota).

$$H_{total} = H_{pressió} + H_{velocitat} + H_{alçada} = \frac{P}{\rho\, g} + \frac{v^2}{2\, g} + h = constant$$

On h és l'alçada de la conducció en metres respecte a una cota de referència, normalment el punt més baix de la instal·lació.

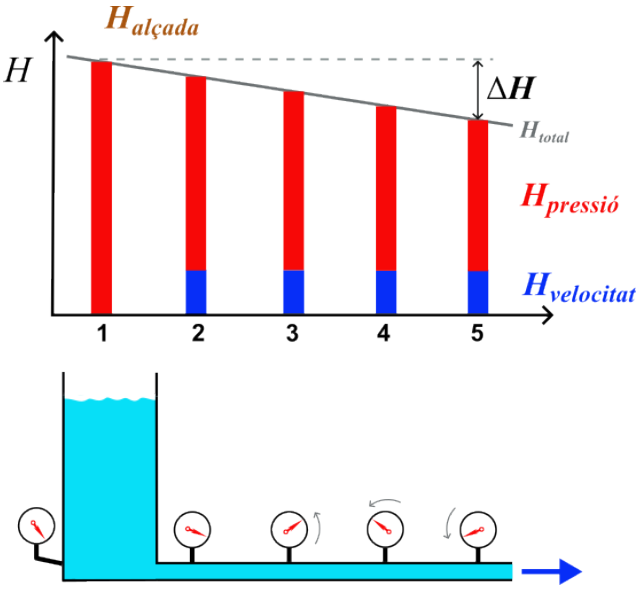
A Bombers, com que tenim els manòmetres per mesurar pressions i treballem amb aigua, sempre pensem en pressions en bar i no en càrrega en metres, i fem la transposició directa de 1 bar per cada 10 m de desnivell.

4.4. Pèrdues de càrrega

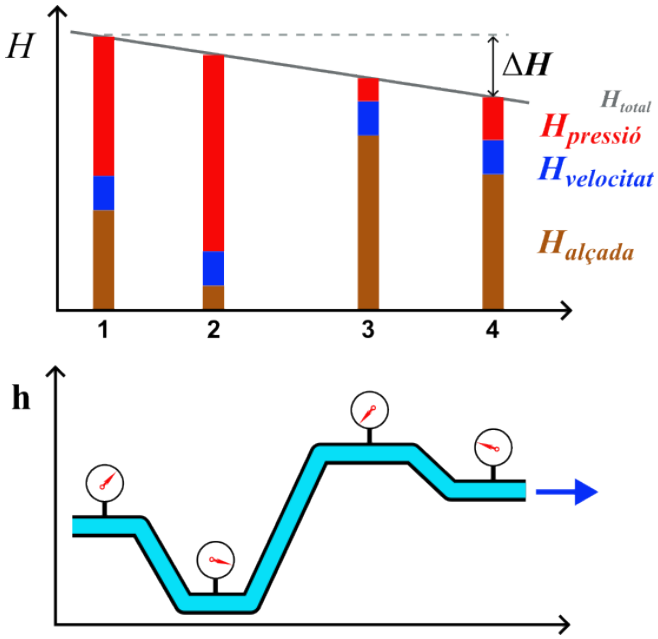
Fins ara hem suposat un fluid ideal, de viscositat zero, sense frec, però malauradament en el món real hi ha frecs inevitables que ens treuen energia al fluid, és a dir, anem perdent energia al llarg de la conducció.
Podem reformular l'Equació de Bernoulli com la càrrega que tenim a l'inici ha de ser igual a la que tenim al final més les pèrdues de càrrega.

$$H_1 = H_2 + \Delta H$$

Per començar amb l'exemple senzill que hem vist abans, tenim una conducció horitzontal de secció constant, sabem de l'equació de Bernoulli amb un fluid ideal (viscositat=0), que la pressió que ens ha d'arribar al final és la mateixa que tenim al inici. Però amb un fluid amb viscositat, anirem perdent càrrega (energia) gradualment al llarg del tub, i per tant, a mesura que recorrem el tub anirem perdent pressió estàtica, ja que la pressió dinàmica sempre és la mateixa (associada a la velocitat que es manté constant):



Si afegim canvis d'alçada, doncs a més a més d'anar disminuint la càrrega, hi haurà bescanvis entre pressió i alçada:



De pèrdues de càrrega en tenim de dos tipus:

- **Pèrdues de càrrega lineals o primàries:** es deuen a la fricció del fluid amb les parets de la canonada. Són proporcionals a la longitud de la canonada, la velocitat del fluid al quadrat, la rugositat interior del tub i inversament proporcionals al diàmetre del tub. Aquest tipus de pèrdues són la component principal de la dissipació d'energia en canonades llargues i rectes. S'acostumen a calcular amb l'equació de Darcy-Weisbach:

$$\Delta H_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = f \frac{8\,L\,Q^2}{\pi^2\,g\,D^5}$$

On:
f és un coeficient de fricció de Darcy, que depèn de la rugositat de la canonada, de la turbulència del flux, de la viscositat.
L és la longitud de la canonada.
D és el diàmetre intern de la canonada.
v és la velocitat mitjana del fluid.
Q és el cabal.
g és l'acceleració de la gravetat.

- **Pèrdues de càrrega singulars o secundàries:** es produeixen per canvis en la geometria de la canonada o per la presència de components addicionals que pertorben el flux. Aquestes pèrdues no depenen de la longitud del tub, sinó de la velocitat del fluid i del tipus de component. Exemples de components que causen pèrdues singulars són: Colzes, bifurcacions, vàlvules, ràcords, ampliacions i reduccions, etc. Les pèrdues de càrrega singulars es calculen generalment amb l'equació:

$$\Delta H_S = K \frac{v^2}{2g}$$

On:
K és un coeficient de pèrdua de càrrega, que és un valor experimental per a cada tipus de component (colze, vàlvula, etc.).
v és la velocitat mitjana del fluid.
g és l'acceleració de la gravetat.

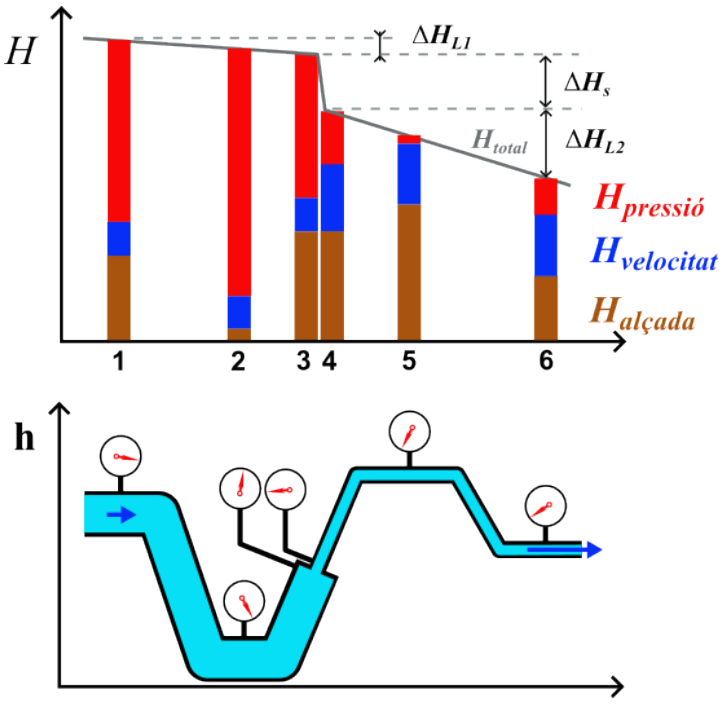
La pèrdua de càrrega total entre dos punts és la suma de les pèrdues de càrrega lineals més les pèrdues de càrrega singulars del tram de conducció.

$$\Delta H = \Delta H_L + \Delta H_S$$

Més enllà de les fórmules, que no aplicarem en la operativa de bombers, per treure rendiment a les instal·lacions de mànegues i reduir en el possible les pèrdues de càrrega, ens hem de quedar amb la idea de que les pèrdues de càrrega:

- Són directament proporcionals a la longitud de la instal·lació.
- Són directament proporcionals al quadrat de la velocitat, és a dir, directament proporcionals al quadrat del cabal.
- Són inversament proporcionals a la 5ena potència del diàmetre, és a dir, augmentar una mica el diàmetre pot representar una disminució notable de les pèrdues de càrrega lineals.

En un exemple més complet, imaginem una instal·lació amb canvis d'alçada i de secció:

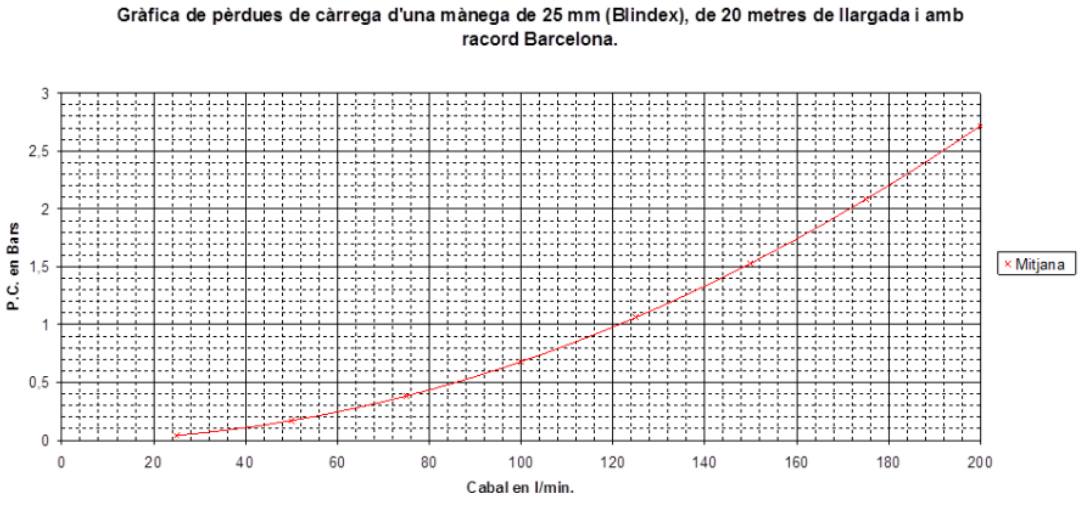


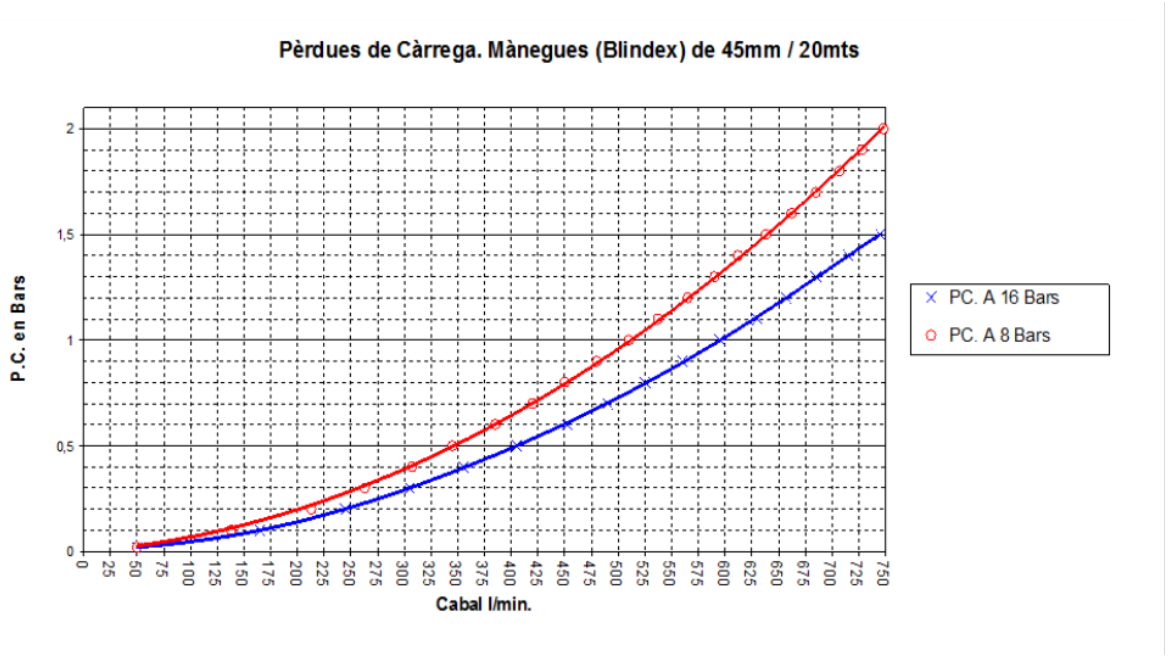
En el primer tram amb el tub de major diàmetre la pèrdua de càrrega lineal no es tant acusada com en el segon tram amb el tub estret. La reducció de secció brusca crea una pèrdua de càrrega molt notable, i no només cau la pressió estàtica per la pèrdua de càrrega sinó també per l'acceleració del fluid si l'augment de velocitat és molt important (bescanvi de pressió per energia cinètica, pressió estàtica per pressió dinàmica).

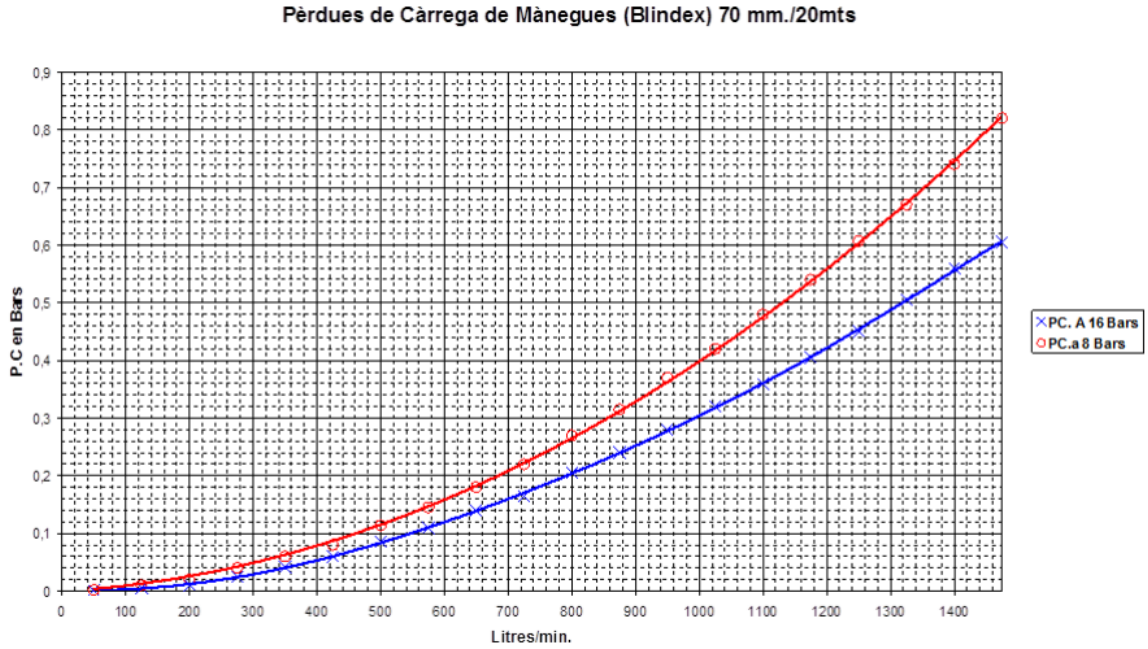
Les pèrdues de càrrega singulars en general són petites comparades amb les pèrdues de càrrega lineals quan les instal·lacions són llargues i els components estan ben dissenyats (formes i transicions suaus), en general les pèrdues de càrrega singulars es poden negligir. A vegades però, certs accessoris poden produir pèrdues notables i molt significatives, com per exemple, les bifurcacions en T, una vàlvula mig oberta o un escanyament (plec) en una mànega flexible.

Pèrdues de càrrega en mànegues

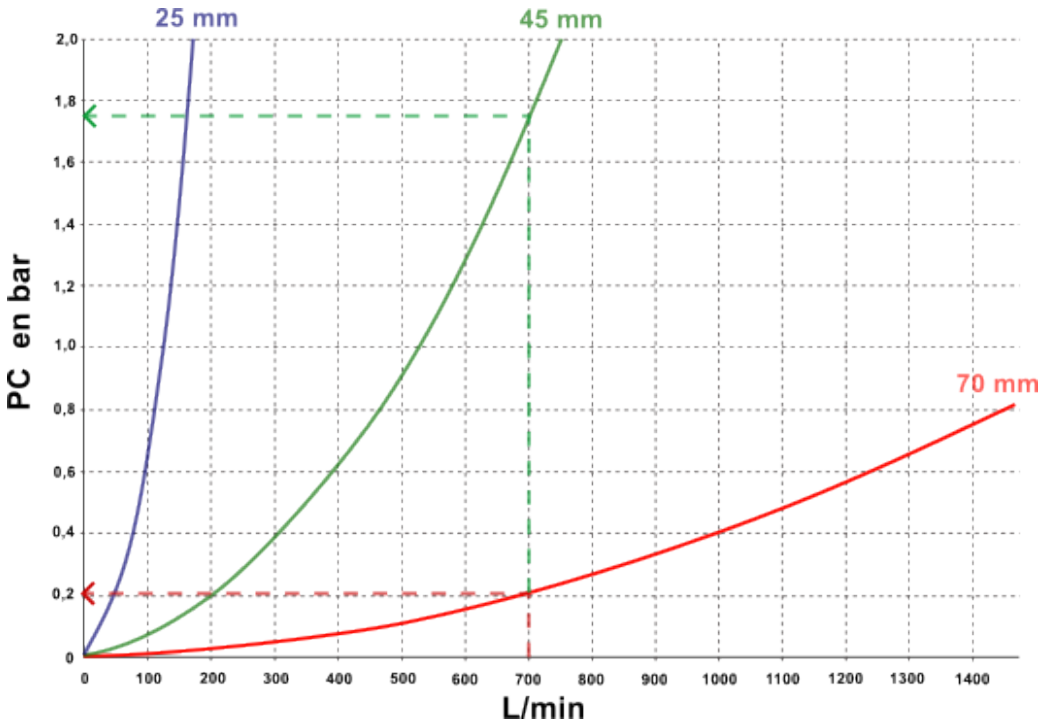
A la pràctica a bombers, on fem servir instal·lacions compostes de mànegues més o menys iguals, unides una darrera l'altre per muntar la instal·lació, tenim les gràfiques de les pèrdues de càrrega de cada tipus de mànega (25, 28, 45 i 70 mm), expressades en bars. De manera que coneixent el cabal obtenim la pèrdua de pressió que tindrem per cada tram de mànega, multiplicant pel número de mànegues tenim la pèrdua de pressió per fregaments en tota la línia, i sumant o restant el desnivell trobem la diferència de pressió que hi haurà entre l'inici i el final.
Val a dir que les mànegues que utilitzem són elàstiques i varien el seu diàmetre amb la pressió, i com hem vista abans, un petit increment de diàmetre disminueix significativament les pèrdues de càrrega. Per això podem trobar corbes de pèrdues de càrrega a diferents pressió, o una sola corba promig.







Per exemple, a 8 bar, si volem fer circular un cabal de 700 l/min, en una mànega de 45 mm tenim una pèrdua de càrrega per mànega de gairebé 1,8 bar, en canvi en una mànega de 70 mm poc més de 0,2 bar, entre 8 i 9 vegades menys.

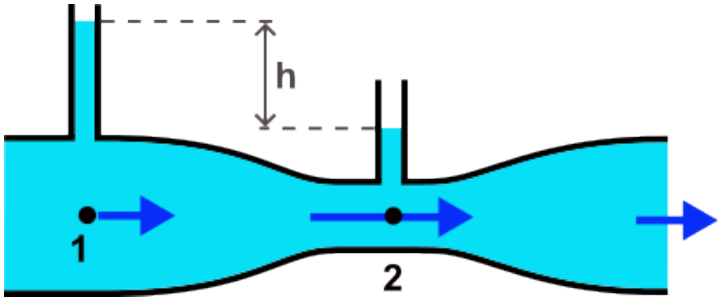


Quan connectem mànegues una darrera l'altre, les estem posant en sèrie, la pèrdua de càrrega total és la suma de les pèrdua de càrrega en cada una d'elles. En canvi, quan connectem mànegues en paral·lel, és a dir, fem una estesa de mànegues doble entre dos punts, per exemple de l'hidrant a l'aspiració de la bomba, les pèrdues de càrrega del conjunt baixen dràsticament i el cabal gairebé es duplica. Per exemple, si amb una manega de 70 mm fem passar 600 l/min, veiem a la corba de 8 bar que hi ha una pèrdua de càrrega de 0,16 bar, si posem una segona manega en paral·lel i fem passar 600 l/min per cada mànega, a cada una seguim tenint 0,16 bar de pèrdues de càrrega, però ara estan passant 1200 l/min en total, que amb una sola mànega tindríem 0,56 bar de pèrdues.

4.5. Aplicacions de Bernoulli

4.5.1. Efecte Venturi

L'efecte Venturi és un fenomen físic que es produeix quan un fluid circula per un conducte tancat que s'estreny, disminueix la seva pressió ja que augmenta la velocitat.



Aplicant les equacions que hem vist (continuïtat i Bernoulli) en dos punts:

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2 \rightarrow \frac{S_1}{S_2} = \frac{v_2}{v_1}$$

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2$$

La primera explica perquè el fluid augmenta la velocitat, ja que per mantenir el mateix cabal, ha de circular més ràpid per una secció més estreta, la relació de velocitats és la relació d'àrees. La segona explica que, si la pressió total al punt 2 és la mateixa que al punt 1, el mateix que guanyem en pressió dinàmica és el que disminueix la pressió estàtica. Coneixent els diàmetres de la canonada i la diferència d'alçada ***h***, resolent les equacions es pot calcular el cabal que hi circula.

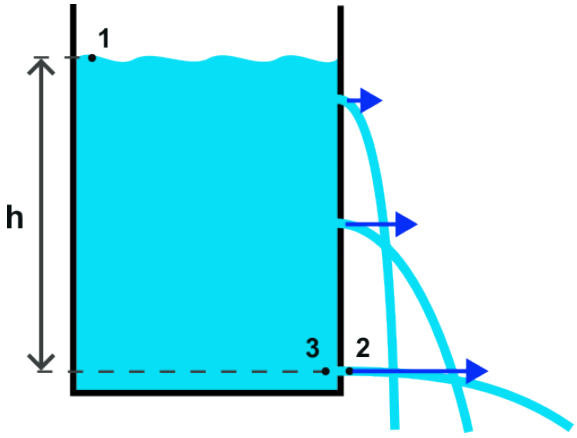
Es pot dissenyar per tal que l'augment de velocitat sigui tal que la pressió a l'estretament sigui negativa (per sota de l'atmosfèrica) i produeixi una succió, alhora que les pèrdues de càrrega en tot el tram siguin mínimes. L'efecte Venturi s'utilitza en moltes aplicacions pràctiques:

- Carburadors**:** A l'estret, l'aire accelera i la baixa pressió aspira el combustible.
- Mesuradors de cabal: Els tubs de Venturi mesuren el cabal d'un fluid registrant la caiguda de pressió en la secció més estreta.
- Ejectors i bombes de buit: Aprofiten la baixa pressió per crear succió.
- Premescladors en línia: Igual que en els ejectors, generen una succió que aspira l'escumogen de l'exterior i l'introdueix en el flux d'aigua principal.

4.5.2. Teorema de Torricelli

El teorema o llei de Torricelli relaciona la velocitat de sortida d'un líquid per un forat amb l'alçada de líquid que hi ha per sobre del forat.

Per calcular la velocitat del líquid en el punt 2, apliquem l'equació de Bernoulli en els punts 1 i 2, i igualem. Ambdós punts es troben a l'exterior del dipòsit, per tant estan a pressió atmosfèrica (P=0). El punt 1 està en repòs.



$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2$$

$$0 + 0 + h_1 = 0 + \frac{v_2^2}{2g} + 0$$

$$v_2^2 = 2gh \rightarrow \boxed{v_2 = \sqrt{2gh}}$$

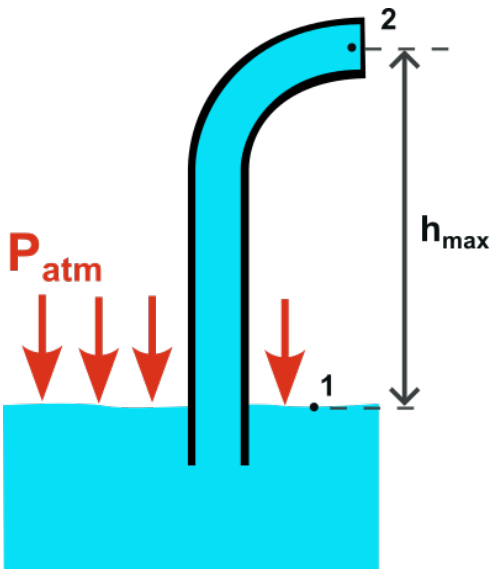
El punt 1 només té energia potencial, que es transforma en energia cinètica en el punt 2. També podríem aplicar la igualtat en els punts 3 i 2, i obtindríem el mateix resultat. El punt 3 no té energia potencial, però té energia en forma de pressió (recordem que precisament és igual a la columna de líquid que té a sobre) que es transforma en velocitat en 2.

Aquesta fórmula només aplica quan tenim una superfície lliure en contacte a amb la pressió atmosfèrica i suposant pèrdues de càrrega negligibles en el forat. Observeu que la velocitat de sortida no depèn de la mida del forat, només de l'alçada de columna de líquid.

4.5.3. Aspiració

En la maniobra d'aspiració volem fer pujar aigua des d'una cota inferior creant una depressió dins de la conducció, com quan xuclem amb una canyeta. En realitat no és el buit que "estira" el líquid, si no que és la pressió atmosfèrica que empeny.

En una situació ideal que aconseguim fer el buit perfecte dins la conducció i a nivell del mar, l'alçada màxima a la que podrem fer arribar l'aigua la podem calcular aplicant Bernoulli (pressions absolutes):



$P_1=P_{atm}=101.325$ Pa
$v_1=v_2=0$
$h_1=0$, $h_2=h_{max}$

$$P_1 + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_1 = P_2 + \frac{\rho \cdot v_2^2}{2} + \rho \cdot g \cdot h_2$$

$$P_{atm} + 0 + 0 = 0 + 0 + \rho \cdot g \cdot h_{max}$$

$$h_{max} = \frac{101325}{1000 \cdot 9,81} \approx 10,328 \ m$$

A la pràctica, no és possible arribar a aquesta alçada. Amb les bombes que utilitzem els bombers, no podem pretendre assolir una altura d'aspiració de més de **7** o **8 metres**, per diverses raons, que cadascuna d'elles té una contribució petita però sumades ens limiten la capacitat d'aspirar:

- **Variació de la pressió atmosfèrica:** La pressió atmosfèrica no sempre és la estàndard. Si la pressió atmosfèrica és més baixa, per exemple a major altitud o per les condicions metrològiques del dia, hi ha menys pressió que empeny i es redueix l'alçada màxima d'aspiració. Com hem vist abans la variació de pressió atmosfèrica amb l'alçada és d'aproximadament 0,129 mca per cada 100 m que pugem, així a 1000 m d'altitud ja hem perdut 1,29 m d'alçada d'aspiració respecte al que podríem aspirar a nivell del mar.
- **Impossibilitat del buit absolut:** Aconseguir un buit absolut és tècnicament difícil. Sempre queden restes d'aire a l'interior del tub, cosa que manté la pressió per sobre del valor de buit absolut i, per tant, redueix l'alçada que l'aigua pot pujar. Un altre factor limitant és la temperatura de l'aigua i la pressió de vapor, que si baixem molt la pressió es formarà vapor, i la capacitat de la bomba per desplaçar l'aigua disminueix.
- **Conversió d'energia en velocitat:** En l'exemple anterior hem suposat un cas ideal en el que l'aigua està quieta, però en la maniobra d'aspiració l'hem de moure, i per tant una part de l'energia es transforma en energia cinètica, reduint l'alçada màxima d'aspiració.
- **Pèrdues de càrrega:** El fluid en moviment pateix **pèrdues per fricció** a causa de la resistència de les parets del tub i altres elements (connexions, colzes, vàlvules, filtres). Aquestes pèrdues de càrrega redueixen la pressió efectiva disponible per a l'aspiració, limitant encara més l'alçada que l'aigua pot assolir.

La densitat també afecta, per exemple l'aigua de mar pesa més i per tant costa més de fer pujar.
Com més alçada tinguem des de la bomba que aspira a la superfície lliure de la massa d'aigua d'on aspirem, menys energia disponible tindrem per fer moure l'aigua i, per tant, menys quantitat (cabal) d'aigua aconseguirem fer circular.

4.6. Cop d'Ariet

El cop d'ariet és un fenomen físic de sobrepressió que es produeix en les instal·lacions hidràuliques a causa de les reduccions brusques de cabal.

Quan un fluid circula per una canonada, té **energia cinètica**. Si, de sobte, es tanca una vàlvula, l'energia cinètica del fluid es transforma en **energia de pressió**. Això crea una ona de xoc que es propaga a gran velocitat per tota la canonada. Aquesta ona de sobrepressió pot ser diverses vegades superior a la pressió de treball normal del sistema.

Imagina tot de gent corrent per un passadís, si de cop tanquem la porta, els del davant frenen en sec però els que venen darrera segueixen empenyent. El cop d'ariet és la mateixa idea, però amb molècules de fluid.

Aquest fenomen es manifesta amb un soroll característic, semblant a un cop de martell, que pot sonar repetidament mentre les ones de pressió reboten pels extrems de la canonada. A més del soroll, el cop d'ariet pot causar danys greus en un sistema de canonades:

- **Ruptura de canonades:** L'excés de pressió pot superar la resistència dels materials i trencar les canonades o les seves unions.
- **Dany a bombes i vàlvules:** Les ones de xoc poden danyar els components interns de les vàlvules de retenció, les vàlvules de seguretat o els impulsors de les bombes.
- **Desplaçament de mànegues:** Els cops d'ariet poden causar el desplaçament de les mànegues flexibles (de costat o fins i tot s'aixequen), i poden causar cops o fer caure el personal que hi hagi a la vora.

Amb les vàlvules de rosca no hi ha d'haver problema, ja que es triga prou temps a tancar fent girar la maneta o volant. On s'ha de tenir especial cura és en les vàlvules de bola, que hem de ser conscients a tancar-les lenta i progressivament, sobretot com més gran sigui el cabal que circula (uns 8 segons en mànegues de 70 mm). Així mateix, les vàlvules motoritzades s'han de regular per tal que el tancament sigui suficientment lent.

4.7. Cavitació

La cavitació és un fenomen físic no desitjat que es produeix quan, en una zona del circuit la pressió del líquid baixa tant que es formen bombolles de vapor d'aigua. Quan aquestes bombolles arriben a una zona de pressió més alta, col·lapsen bruscament, produint petits impactes i oscil·lacions de pressió que poden:

- Arrancar material de les superfícies, danyant els components de la instal·lació.
- Generar vibracions i soroll.
- Reduir el rendiment hidràulic.

Aquest fenomen es dona especialment en operacions d'aspiració, quan el líquid és empès cap a la bomba pel buit generat. El lloc on és més probable que es produeixi la cavitació és a la l'entrada axial de la bomba i en el dors dels àleps del rodet, que és on s'assoleixen les pressions més baixes del circuit, facilitant la formació de bombolles de vapor. A mesura que el fluid avança en el rodet, la pressió augmenta, fent que les bombolles implosionin i danyin el rodet.
Per evitar la cavitació cal assegurar una bona estanquitat dels sistemes, evitar alçades d'aspiració elevades i no forçar la bomba més enllà de les seves capacitats.

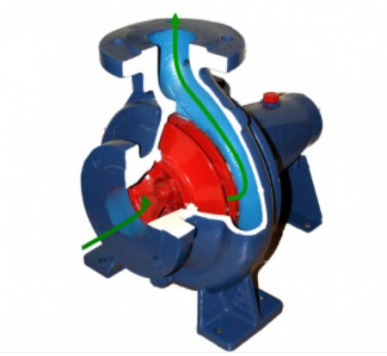
5. Bombes

Les bombes hidràuliques són dispositius fonamentals dins del sistema d'abastiment d'aigua en els serveis de prevenció i extinció d'incendis. La seva funció principal és transformar energia mecànica en energia hidràulica, que pot expressar-se en forma de pressió, velocitat

o alçada. Així com en les canonades i accessoris perdem càrrega per frecs, quan el fluid passa per la bomba guanya càrrega (energia).

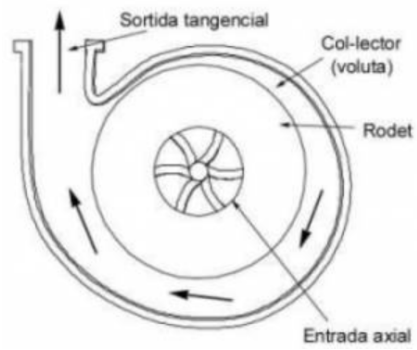
Aquestes bombes es classifiquen segons el seu principi de funcionament en dos grans tipus: bombes centrífugues i bombes volumètriques.

5.1. Bombes centrífugues



Les bombes centrífugues transformen l'energia mecànica en energia cinètica i pressió. Són les més utilitzades pels bombers. Consten d'una entrada axial, un rodet i un col·lector amb sortida tangencial. El líquid entra pel centre del rodet i a causa de la força centrífuga és impulsat cap a l'exterior. Entre el rodet i la carcassa exterior no hi ha estanqueïtat.

Passos de funcionament de la bomba centrífuga

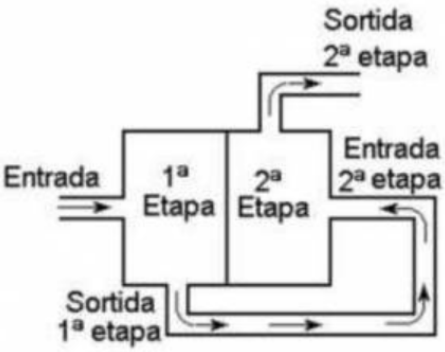


1. Arriba l'aigua a la bomba per l'entrada axial provinent del tub d'aspiració.
2. L'aigua entra al rodet que, amb les seves pales, impulsa l'aigua cap l'exterior a gran velocitat (la centrifuga).
3. L'aigua és recollida per un col·lector (o voluta) on, a causa de la velocitat que porta, la transforma en energia de pressió.

Si es tanca la sortida, el rodet pot seguir girant i segueix aportant energia al fluid, aquest cop només en forma de pressió (no hi ha velocitat), però sí que hi ha una gran agitació del fluid que es converteix en calor i a la llarga s'acabarà escalfant.

Es pot fer el símil amb un canal horitzontal en el que volem fer moure l'aigua en una direcció, per això agafem una pala o rem i impulsem l'aigua. Amb cada moviment de la pala estem imprimint velocitat a les partícules d'aigua, que comencen a circular pel canal. Com més ràpid remem, més velocitat agafarà l'aigua.

Si es vol aconseguir més pressió, l'aigua que surt del rodet es fa passar a l'entrada axial d'un altre rodet que la torna a impulsar i s'obté una bomba de dues etapes.



Això es pot fer les vegades que calgui per anar augmentant la pressió a cada etapa, parlem de les bombes multietapa o multicel·lulars.

Un rodet, amb una amplada axial més gran que un altre rodet però d'un mateix diàmetre, tindrà un cabal més gran. El disseny dels rodets influeix directament en el rendiment de la bomba:

- Rodet obert: més senzill i econòmic, adequat per líquids amb sediments.
- Rodet tancat: més eficient, amb millor rendiment, però més car.



El col·lector que recull l'aigua a la sortida del rodet s'anomena voluta. La forma corba que té afavoreix la transformació de l'energia cinètica en pressió.

Les bombes centrífugues són senzilles i robustes, fàcils i econòmiques de fabricar i mantenir, donen grans cabals a pressions moderades.

5.1.1. Turbobomba



La turbobomba és un cas particular de bomba centrífuga. A diferència de la majoria de bombes centrífugues que són accionades per motors de combustió interna o elèctrics, la turbobomba és accionada per un motor hidràulic amb aigua.

- És submergible i, per tant, no li cal disposar de cap mecanisme d'encebament ni la condicionen les limitacions que produeix l'alçada d'aspiració.
- La bomba centrífuga funciona rebent l'aigua pel seu centre (a sota) i expulsant-la, per centrifugació, cap a la perifèria.
- La turbina motora (motor hidràulic) treballa a l'inrevés que el rodet d'impulsió, és a dir, l'aigua entra per la perifèria i surt pel centre.
- El moviment de la turbina motora acciona el moviment del rodet d'impulsió a partir d'un eix comú.
- Les turbobombes habituals són bombes per esgotament d'aigua i, per tant, estan optimitzades per aconseguir grans cabals però a poca alçada d'impulsió.

5.2. Bombes volumètriques o de desplaçament positiu

Aquest tipus de bomba genera pressió mitjançant la compressió o desplaçament d'un volum fix de líquid en cada cicle. En contraposició a les centrífugues, agafen una porció (volum) de líquid i apliquen força per fer-lo avançar costi el que costi, contra la pressió existent en el circuit de sortida.

Generalment són més complexes constructivament que les centrífugues, però poden donar pressions molt elevades, són autocebants i algunes reversibles.

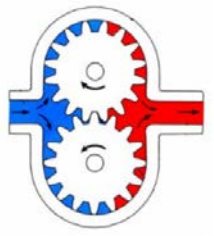
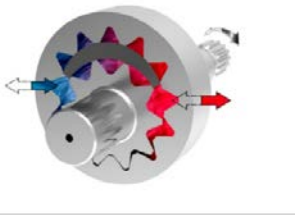
El cabal que impulsen està directament relacionat amb la velocitat d'accionament. Si es tanca la sortida, a diferència de les centrífugues, les volumètriques s'aturen o han de tenir algun dispositiu que alliberi la pressió (by-pass o vàlvula de sobrepressió) ja que si no aquesta augmentaria infinitament.

Poden classificar-se en:

5.2.1. Bombes volumètriques rotatives

N'hi ha de molt tipus, com:

- **Bombes d'engranatges**: utilitza la rotació d'engranatges que engranen entre si per desplaçar el fluid. El fluid queda atrapat entre les dents i la carcassa, i es transporta des de l'entrada fins a la sortida. Poden ser d'engranatges exteriors o interiors.

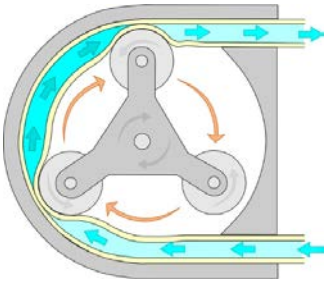
- **Bombes de lòbuls**: Semblants a les d'engranatges.




- **Bombes de paletes**: Consisteix en un rotor amb paletes que es mouen radialment dins d'una carcassa. Les paletes es mantenen en contacte amb la paret de la carcassa gràcies a la força centrífuga o a molles. El fluid queda atrapat entre les paletes i la carcassa i es transporta des de l'entrada fins a la sortida. També n'hi ha amb el rotor flexible que es deforma al girar dins la carcassa.




- **Bomba peristàltica:** Utilitza rodets que premen una mànega flexible per desplaçar el fluid a través d'ella. L'acció de "munyir" la mànega desplaça un volum fix a cada cicle. Són molt precises i higièniques, ja que el fluid no entra en contacte amb cap component de la bomba, només amb la paret interior del tub.
  Per exemple, per líquids agressius, corrosius o perillosos. Al furgó de risc químic en portem una. Industria alimentària, sanitat.



5.2.2. Bombes volumètriques o de moviment alternatiu

Són bombes que utilitzen un pistó o membrana que es desplaça linealment. El funcionament és cíclic: el pistó aspira el fluid quan es mou en un sentit i l'impulsa quan es mou en el sentit contrari. Generalment calen vàlvules antiretorn d'entrada i sortida. El flux és polsant, aquest efecte es pot mitigar utilitzant diversos pistons.

L'estanqueïtat de la cambra de compressió sol ser molt bona amb el que es poden aconseguir pressions molt elevades.

En les **bombes de membrana** no hi ha parts amb lliscament en contacte amb el fluid, d'aquesta manera no hi ha contaminació amb partícules de desgast, poden treballar amb fluids agressius química i físicament (partícules en suspensió), i fins i tot són tolerants a funcionar en sec (no necessiten la lubricació del líquid que impulsen).





La pressió i el volum desplaçat bé limitat per les dimensions i resistència de la membrana. S'utilitzen, per exemple, en indústria alimentària, farmacèutica, química. Al furgó de risc químic en portem dues.

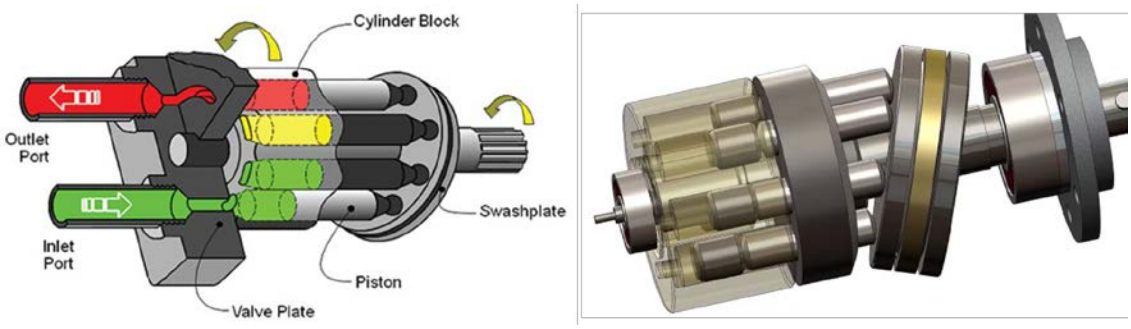
En les **bombes de pistó** hi ha més llibertat de disseny amb els diàmetres i curses del pistó, tipus d'estanqueïtat, materials, etc. Es fan servir en moltes aplicacions, per exemple, les hidronetejadores d'alta pressió, bombes oleohidràuliques, o el depressor de pistons de les bombes Godiva.



L'accionament de les bombes alternatives pot ser lineal, ja sigui amb palanques manuals o bé amb mitjans hidràulics o pneumàtics, o amb motors, transformant el moviment de rotació a lineal, mitjançant mecanismes de cigonyal, manovelles o lleves.

Un tipus de bomba de pistó molt utilitzada en oleohidràulica és la **bomba de pistons axials**, que té algunes peculiaritats respecte a les altres bombes de pistons:

- Tot i ser una bomba de pistons que es mouen linealment i que l'entrada de moviment és de rotació, els pistons no són accionats per cap mecanisme de cigonyal o manovella. Estan disposats axialment al voltant de l'eix dins un rotor (bloc de cilindres), com si fos el barrilet d'un revòlver. Els pistons estan en contacte amb un pla inclinat que força el moviment de vaivé a mesura que gira el rotor, l'angle del pla inclinat determina la cursa dels pistons a cada volta.
- No té vàlvules, l'entrada i sortida del fluid es fa mitjançant lluernes, que es van trobant els pistons a mesura que giren.



Una evolució d'aquest tipus de bomba és la de **bomba de pistons axials de desplaçament variable**, en la què el pla inclinat pot variar l'angle (anomenat plat oscil·lant). Així, quan el plat està a 0º (perpendicular a l'eix de rotació) els pistons no es desplacen axialment a mesura que giren amb el rotor i el cabal impulsat a cada volta és zero. Com mes s'inclina el plat oscil·lant més desplaçament axial fan els pistons i més volum de fluid s'impulsa a cada volta. Fins i tot es pot inclinar el plat en sentit contrari (angles negatius) i així s'inverteix el sentit de circulació del fluid.

Aquest tipus de bomba es molt utilitzat en transmissions hidroestàtiques on es necessita un control molt precís de la velocitat, independentment del regim de revolucions del motor (que pot ser fix) i, fins i tot, permet la frenada i el canvi de sentit de forma senzilla, per exemple, maquinària d'obra pública (excavadores), agrícola i forestal, grues, premses, etc. La transmissió hidrostàtica de la bomba d'extinció del BRP Scania de Bombers de la Generalitat de Catalunya també porta aquest tipus de bomba.

5.3. Corbes característiques

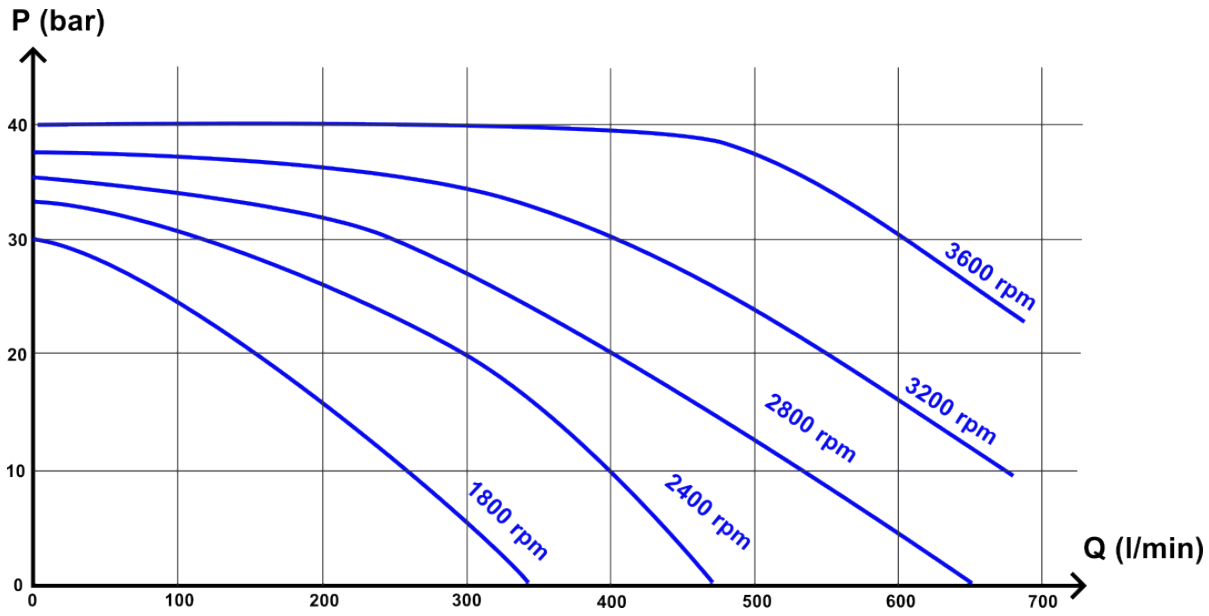
La corba característica és un gràfic on es mostra la relació entre dues variables del sistema hidràulic, generalment pressió i cabal, que és la que ens interessa més. També podem tenir el rendiment o la potència.

Aquestes corbes són essencials per entendre com es comportarà un sistema hidràulic en diferents condicions de treball i per a seleccionar el component adequat per a una tasca específica.

Així podem tenir les corbes característiques de la bomba, que ens la dona el fabricant, que defineix les prestacions d'aquesta, o també la corba característica de la instal·lació, o la corba d'un hidrant.

5.3.1. Corba característica d'una bomba centrífuga

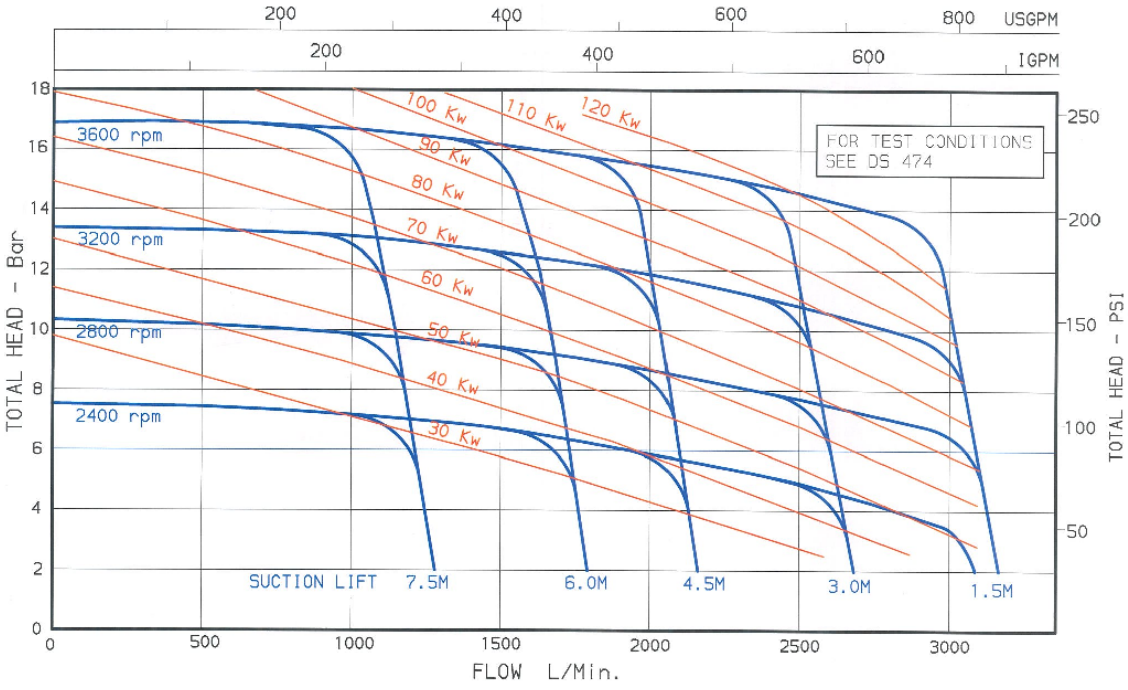
La corba característica P/Q d'una bomba centrífuga té el següent aspecte, a més cabal menys pressió i viceversa:



Tenim diferents corbes per cada velocitat de gir del rodet, a la gràfica només se'n representen algunes, i entremig s'ha d'interpolar. Per exemple, en la gràfica anterior, podem veure que:

- A cabal zero, és a dir amb les sortides tancades, a 1800 rpm tindrem 30 bar, però a la que obrim una sortida, per poc cabal que circuli, la pressió comença a davallar notablement.
- A 1800 rpm no arribarem mai als 350 l/min.
- Si posem la bomba a 2400 rpm, amb un cabal de 300 l/min, tindrem 20 bar a la sortida de la bomba. Però si augmenta el cabal, per exemple a 400 l/min, la pressió que pot donar la bomba a aquestes rpm caurà a 10 bar.
- Si volem mantenir els 20 bar amb un cabal de 400 l/min, cal augmentar la velocitat de gir a 2800 rpm.
- Per tenir 300 l/min a 30 bar, hem de fer girar la bomba a gairebé 3000 rpm.
- Amb la bomba girant a 3600 rpm, podem mantenir la pressió de 40 bar entre 0 i gairebé 400 l/min.

Les gràfiques que ens proporcionen els fabricants de les bombes poden semblar més complicades, ja que en una sola gràfica hi ha molta informació que s'ha de destriar. Per exemple, la gràfica d'una bomba Godiva 2010 de baixa pressió, com les que tenim en alguns vehicles de bombers:

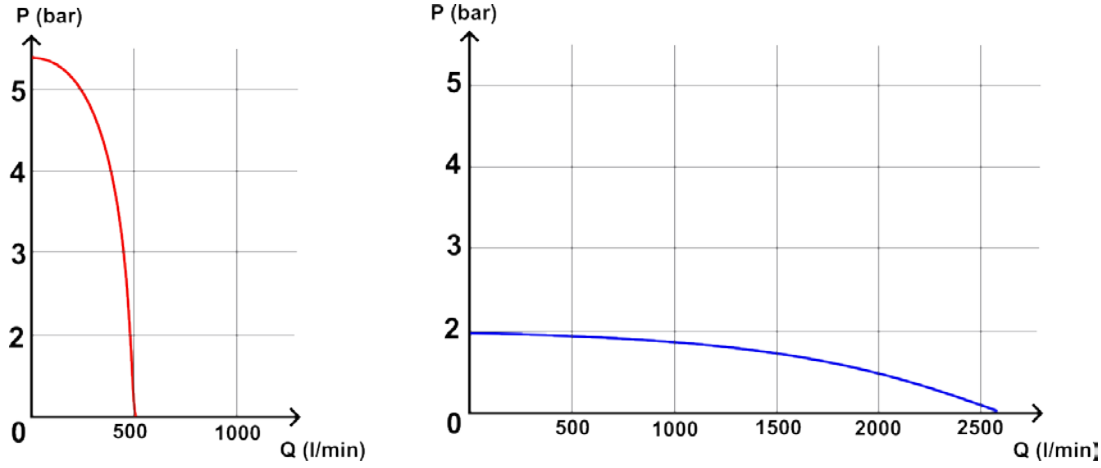


Les escales de dalt i de la dreta no ens interessen, són en unitats anglosaxones que no fem servir. Les corbes taronges representen la potència demandada, que tampoc ens interessa. Només ens hem de fixar en les corbes característiques P/Q en color blau a diferents velocitats de gir, i també per diferents alçades d'aspiració. Normalment treballarem alimentant des de cisterna o des d'hidrant, que ja ens donen una petita però suficient càrrega a l'entrada de la

bomba, per tant ens hem de quedar amb les corbes que van fins la dreta del tot (aspiració a 1,5 m), i molt probablement la bomba ens pot arribar a donar quelcom més de cabal.
No obstant és interessant veure com afecta l'alçada d'aspiració a limitació de cabal com ja hem comentat anteriorment.

5.3.2. Corba característica d'un hidrant

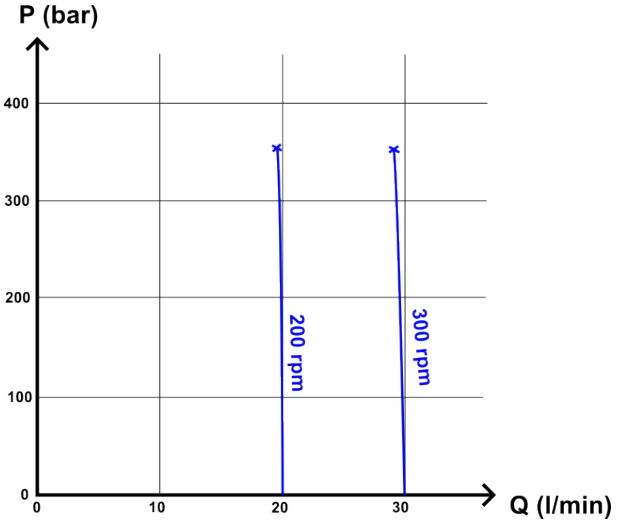
Un hidrant pot estar alimentat per un dipòsit elevat o per un grup de pressió (bombes centrífugues), per tant la seva corba característica és de l'estil d'aquestes), a més pressió menys cabal i viceversa. Però només tenim una corba, ja que no hi ha possibilitat de diferents velocitats de gir.
D'un hidrant ens interessa sobretot la seva capacitat de proveir cabal, la pressió no ens interessa tant ja que l'aconseguirem amb les nostres bombes. Així, a priori, un hidrant que ens doni molta pressió en estàtic no implica que sigui un bon hidrant.



Per exemple, l'hidrant de l'esquerra (en vermell), que tot i que en estàtic ens dona una pressió de més de 5 bar, quan comencem a demanar aigua la pressió caurà en picat i no serà capaç de donar més de 500 l/min. Podem imaginar que, tot i estar alimentat per un dipòsit elevat, la canonada és petita o molt llarga, i a la que circula cabal les pèrdues de càrrega són molt grans.
En canvi, l'hidrant de la dreta (en blau), tot i que ens dona molta menys pressió, ens podrà subministrar molt cabal, fins a 2500 l/min. Podem imaginar que les canonades que l'alimenten estan ben dimensionades per tenir poca pèrdua de càrrega

5.3.3. Corba característica d'una bomba volumètrica

La corba P/Q d'una bomba volumètrica és molt diferent. El seu disseny de desplaçament positiu fa que el **cabal** sigui gairebé **constant** independentment de la pressió. Per això, la corba pressió/cabal és gairebé una línia recta vertical. La pressió augmenta a mesura que augmenta la pressió en el sistema, fins a un límit (vàlvula de sobrepressió o trencament d'algun component). El cabal es manté gairebé constant, excepte per una lleugera disminució a pressions molt altes a causa de les fuites internes (creixents amb la pressió).

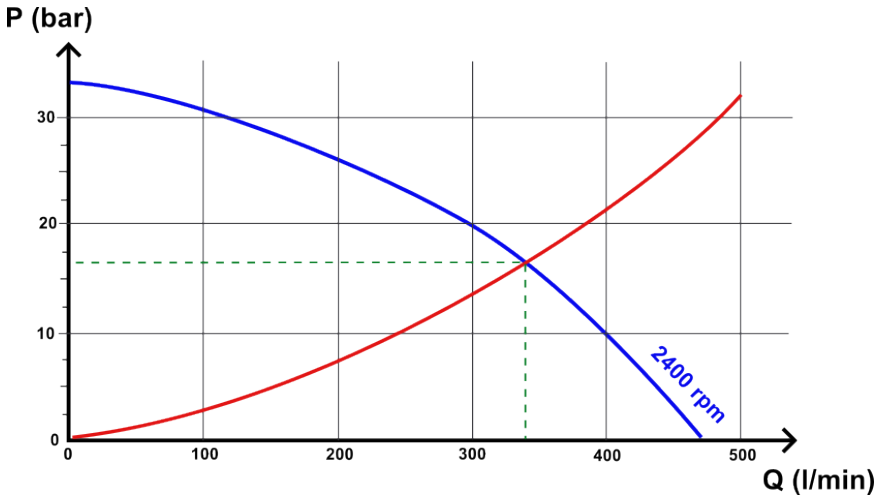


5.3.4. Punt de funcionament

Com hem vist al capítol d'hidrodinàmica, podem dibuixar la gràfica de les pèrdues de càrrega en funció del cabal d'un tram de mànega. D'igual forma podem construir la **corba resistent** de tota la instal·lació, que serà la corba de la suma de les pèrdues de càrrega totals (mànegues, ràcords, llança, ...), més el desnivell a superar.

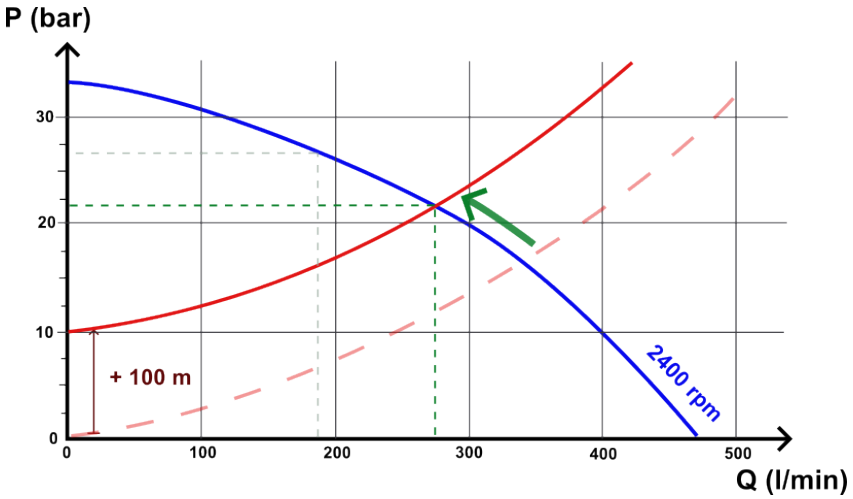
El **punt de funcionament** és la intersecció entre la corba característica de la bomba i la corba resistent de la instal·lació. En aquest punt, el cabal i la pressió que dona la bomba s'iguala al cabal i la pressió que el sistema necessita per funcionar. Per tant, és el punt de treball real de la bomba en una instal·lació determinada.

Per exemple, en una instal·lació horitzontal, sense desnivells, la resistència a vèncer són només les pèrdues de càrrega de la instal·lació:



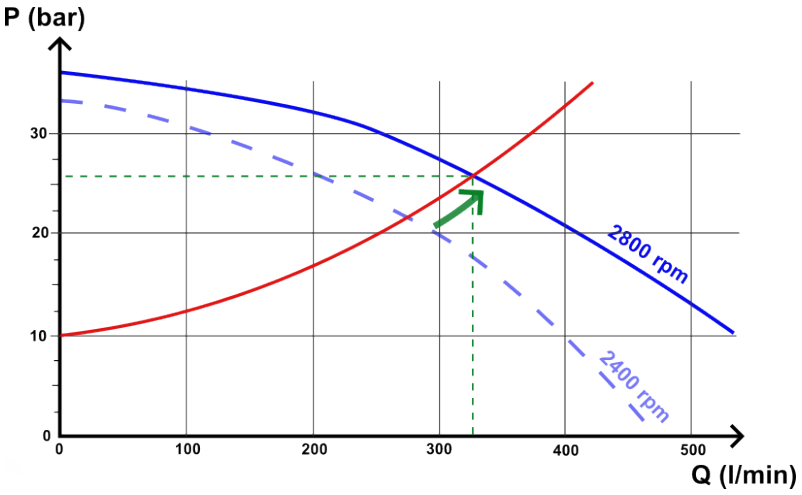
Posant la bomba a 2400 rpm, la intersecció de les dues corbes ens marca el punt de funcionament: 17 bar i 340 l/min.

Si la instal·lació té desnivell, per exemple 100 m, hem de sumar a les pèrdues de càrrega la pressió estàtica de la columna d'aigua que s'ha de vèncer (10 bar). El nou punt de funcionament no serà 10 bar per sobre el que teníem abans, ja que la bomba a 27 bar pot donar molt menys cabal del que dona a 17 bar (uns 180 l/min), i a la vegada, amb tant poc cabal les pèrdues de càrrega disminueixen i per tant no s'ha de vèncer tanta resistència i pot circular més cabal. En realitat la pressió i cabal que pot donar la bomba s'equilibren amb el que demana la instal·lació, el nou punt de funcionament serà 22 bar i 270 l/min.



Si es modifiquen les condicions de funcionament, ja sigui per canvis en la bomba (règim de gir, alçada d'aspiració) o bé per canvis en la instal·lació (número de mànegues, canvis en la llança), canviarem la corba característica corresponent i per tant, el punt de funcionament es mourà.

Per exemple, en el cas anterior, ens demanen més pressió a la punta de llança i augmentem la velocitat de gir de la bomba, passant de 2400 rpm a 2800 rpm. La instal·lació és la mateixa i la seva corba resistent no ha variat. El nou punt de funcionament el trobarem a la intersecció amb la corba característica de la bomba de 2800 rpm: 26 bar i 325 l/min. No només hem augmentat la pressió, també augmenta el cabal.



6. Instal·lacions

Per portar l'aigua des del lloc d'origen fins al punt on la necessitem fem servir conjunts de conductes que es connecten un a continuació de l'altre fins a formar una instal·lació de la llargada que calgui. A aquesta instal·lació també l'anomenem línia.

- Si portem l'aigua des d'un punt de subministrament (dipòsit, bassa, hidrant...) cap a la bomba o cisterna parlem d'instal·lacions o línies d'alimentació.
- Si portem l'aigua des de la bomba cap al foc parlem de línies o instal·lacions d'atac o extinció.
- Si estem buidant un recinte inundat i portem l'aigua des de la bomba cap a un desguàs (clavegueram, riera...) parlem d'instal·lacions d'esgotament.

6.1. Mànegues

Les mànegues que utilitzem a Bombers són flexibles, lleugeres, de fàcil manipulació i plegat, en trams de 20 metres normalment, dotades de ràcords Barcelona d'alumini als extrems per ser acoblades entre sí. Es poden fabricar en altres longituds, per exemple, de 30 o 40 m per les autoescales, de 5 o 10 m per l'alimentació de les autobombes des de l'hidrant.
El ràcord Barcelona té les particularitats de ser lleuger, molt senzill i robust, simètric (qualsevol ràcord de la mateixa mida es pot connectar amb un altre, sense importar quin extrem de la mànega tinguis a la mà), ràpid d'acoblar i desacoblar sense eines, és estanc gràcies a la junta de goma, i sota pressió no es pot desconnectar.



Les mànegues flexibles tenen certa elasticitat i augmenten molt lleugerament el seu diàmetre quan treballem a pressions elevades, a part de la lleugera disminució de la pèrdua de càrrega també acumulen energia elàstica que notarem en forma de pressió. Estan formades per 4 capes:



Les capes primera i tercera (en color vermell) són impermeables i flexibles, donen un acabat llis a l'interior, per tenir estanqueïtat i les mínimes pèrdues de càrrega.
La segona capa és de fibres sintètiques d'alta resistència. És la capa que dona la resistència necessària per suportar les elevades pressions de treball.
La capa més exterior, de color groc per ser més visible, protegeix la mànega de talls i abrasió i facilita el lliscament pel terra gràcies a unes estries longitudinals. És resistent als productes químics, al contacte amb la flama i les altes temperatures. Es pot fabricar en altres colors, a demanda.



Habitualment treballem amb tres diàmetres de mànega: 25, 45 i 70 mm.

6.1.1. Mànegues de 25mm

Són les mànegues més lleugeres i manejables. S'utilitzen per extingir focs forestals o urbans amb poca càrrega de combustible en què es pot treballar amb cabals baixos. Poden utilitzar-se en bombes d'alta pressió ja que tenen una pressió de treball de 40 bars. A causa de la seva poca secció tenen unes grans pèrdues de càrrega que només permeten el pas d'un cabal baix.
Es poden plegar en rotlle simple, rotlle doble (per poder-les entrar a les motxilles de transport) o en madeixa, de manera provisional. Es despleguen subjectant els dos ràcords amb un mà i llançant el rotlle (o madeixa) amb l'altra mà.



Plegat en simple Plegat en doble Plegat en madeixa

Aproximadament hi cap mig litre d'aigua per metre lineal, és a dir, 10 litres d'aigua per cada mànega de 20 metres.

6.1.2. Mànegues de 45mm

Són mànegues més feixugues que les de 25mm però que permeten treballar amb cabals superiors. S'utilitzen en incendis industrials en què la gran càrrega de combustible exigeix la projecció d'una quantitat considerable d'aigua. S'utilitzen amb bombes de baixa pressió ja que la pressió de prova és de 20 bars. Les pèrdues de càrrega són sensiblement menors que les de 25mm, però encara són massa elevades per fer-les adequades per l'alimentació de cisternes.
Es pleguen en rotlle simple, i es despleguen per llançament o per tracció (es deixen a terra i s'estiren els dos ràcords en sentit oposat).
Aproximadament hi cap 1,5 litres d'aigua per metre lineal, és a dir, 30 litres d'aigua per cada mànega de 20 metres.

6.1.3. Mànegues de 70mm

Són les mànegues més utilitzades per alimentar cisternes i monitors. El seu pes i poca maniobrabilitat les fa poc adequades per línies d'atac amb llança, però s'utilitzen per fer les aproximacions en instal·lacions de focs d'indústria. Tenen una pressió de prova de 18 bars.
Es pleguen en rotlle simple i es despleguen per tracció.
Aproximadament hi caben gairebé 4 litres d'aigua per metre lineal, 77 litres d'aigua per cada mànega de 20 metres. Un cop plenes d'aigua són molt pesades i difícils de manipular.

6.1.4. Accessoris per acoblar a les mànegues

Per complementar les instal·lacions disposem de diversos accessoris que es poden acoblar als ràcords:
- Vàlvules de bola
- Derivacions en T
- Reduccions
- Bifurcacions i trifurcacions
- Peus d'hidrant
- Llances (veure apartat 6.3)




6.2. Manegots

Les mànegues flexibles només poden treballar amb pressió, ja que si la pressió disminueix per sota l'atmosfèrica (pressió relativa negativa) les mànegues col·lapsen.
En les maniobres en què es fa aspiració hem de treballar amb els manegots, que són conduccions semirígides, amb una estructura formada per capes impermeables que envolten espires de fil d'acer i que mantenen la secció circular, alhora que permeten la curvatura del tub.



Per treballar amb depressió el ràcord Barcelona no és adequat ja que no garanteix la estanqueïtat amb pressions relatives negatives. Amb els manegots fem servir ràcords Storz, que requereixen 2 claus de ganxo per poder-los acoblar i desacoblar.
Tenim manegots de 110 mm per les autobombes i de 80 mm per les motobombes.
A l'extrem d'entrada dels manegots es connecta la vàlvula de peu o "pinya", que fa la funcions de filtre, per evitar l'entrada a la bomba d'objectes, i també de vàlvula antiretorn per evitar que es buidi la columna d'aigua dels manegots i calgui tornar a cebar la instal·lació cada vegada que aturem la bomba.

6.3. Llances

Si a l'extrem de sortida de les mànegues no hi posem res, per molta pressió que tinguem, no aconseguirem tenir un raig d'aigua que ens sigui útil per a l'extinció. Sortirà un doll d'aigua compacte, que arribarà a poca distància del bomber.
Per això posem la llança, que té la funció fonamental de donar velocitat al flux d'aigua per aconseguir major distància de projecció de l'aigua.
La llança més senzilla és un con amb un forat petit a la sortida, com quan posem el dit a la mànega de jardí per arribar més lluny.



Però no n'hi ha prou amb això, les llances modernes que fem servir tenen més prestacions:
- possibilitat de variar la forma i obertura del raig
- possibilitat de variar el cabal
- formació de gotes d'aigua a la mida adequada per millorar l'extinció per refredament
- possibilitat de tancar el flux d'aigua

A més a més de ser ergonòmiques, lleugeres i robustes alhora, o poder autonetejar les impureses que obturin la sortida.

6.3.1. Tipus de raig

La llança pot modificar la forma del raig per adaptar-se a les diferents tècniques d'extinció.

- **Raig tens:** El raig surt en línia recta i pràcticament no augmenta la seva secció. Aconseguim la màxima distància de projecció i força d'impacte. Ens és útil per arribar lluny, per penetrar en el combustible i remoure'l. No sempre és adequat, ja que abasta poca àrea i pot escampar el combustible i el foc.



- **Con d'atac**: El raig s'eixampla a mesura que s'allunya de la llança, formant un con, fins a uns 50º d'obertura. Abasta més superfície però menys distància, s'utilitza per atacar incendis a curta distància i és la forma en què s'absorbeix més calor de l'incendi.



- **Cortina de protecció:** Parlem de cortina de protecció (ventall o pantalla) quan el raig forma un con molt obert, a partir dels 50º fins a la màxima obertura (de 120º a 130º). S'utilitza per protegir persones (bombers), béns o zones de l'efecte de la radiació del foc.

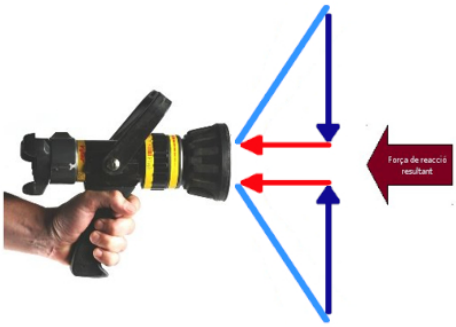


6.3.2.Reacció del raig

La velocitat de l'aigua al sortir de la llança genera una força en sentit contrari al del raig. Aquesta força, anomenada **reacció del raig**, és la que ha de controlar i suportar el bomber que subjecta la llança.

Per una mateixa llança, la força de reacció depèn de la pressió, del cabal i de la forma del raig.

- **Pressió**: A més pressió l'aigua surt endavant a major velocitat, i més gran és la força de reacció que ha de suportar el bomber.
- **Cabal**: A més cabal, més litres d'aigua surten per minut, més gran és la massa d'aigua en moviment i per tant major és la reacció.
- **Forma del raig**: Per les mateixes condicions de pressió i cabal, amb un angle del con molt obert la reacció del raig és sensiblement menor que amb raig tens.
  Amb raig tens, tota la força de l'aigua es dirigeix cap endavant, de manera que la reacció és màxima. En canvi, quan s'utilitza un raig polvoritzat amb un con molt obert, les components transversals a banda i banda es contraresten mútuament, i el bomber només ha d'aguantar la component longitudinal de la força de reacció.



La pressió i la mida de l'orifici de la llança determinen el cabal. Una llança amb un orifici més gran permet el pas de més aigua i, en conseqüència, produeix una reacció més elevada. Per aquest motiu, les llances es classifiquen pel seu cabal nominal, que indica la quantitat d'aigua que proporcionen a una pressió determinada. Si el fabricant no indica una altra cosa, aquest cabal nominal es refereix habitualment a una pressió de 6 bar.

Per tot l'anterior, les llances de 25 mm, en les condicions habituals de treball, poden ser maniobrades per un sol bomber. Tot i això, el segon membre del binomi ha de mantenir-se atent i estar preparat per ajudar a controlar la llança quan la força de reacció augmenti, per exemple, treballant amb cabals elevats o en situacions que dificultin l'estabilitat.
En canvi, les llances de més de 25 mm generen, en general, una força de reacció més elevada, per la qual cosa és habitual que requereixin el recolzament del segon bomber del binomi per garantir un control segur i eficaç de la llança.

6.3.3. Tipus de llances

A més de classificar-se segons la mida del ràcord (habitualment de **25 mm** o **45 mm**), les llances també es diferencien pel seu **sistema de regulació del cabal**.

Els principals tipus són les llances de cabal variable, les llances selectores de cabal i les llances automàtiques.

a) Llança de cabal variable

La llança de cabal variable disposa d'un únic mecanisme de regulació. En girar el capçal, es modifica simultàniament el cabal i la forma del raig.
Partint de la posició de tancament, si obrim una mica tenim poc cabal amb raig tens, a mesura que obrim més, tenim més cabal i el con es va obrint, fins arribar a la posició de màxima obertura, amb màxim cabal i màxim angle del con (cortina de protecció).

Poden tenir o no vàlvula de bola per al tancament, per facilitar el maneig i no haver de fer girar el capçal completament fins al tancament.

Bombers de la Generalitat va desenvolupar una llança de cabal variable específica per a incendis forestals, senzilla, lleugera i robusta, amb les particularitats que en el primer tram es podien regular finament cabals molt baixos, i en cert punt hi havia un salt notable de cabal.



b) Llança selectora de cabal

La llança selectora de cabal permet regular de manera independent el cabal i la forma del raig. Disposa habitualment de tres comandaments:

- Una **vàlvula de bola** amb maneta per obrir o tancar el pas de l'aigua.
- Un **capçal giratori** per seleccionar la forma del raig (raig tens o polvoritzat).
- Un **selector de cabal**, generalment en forma d'anell giratori, amb diferents posicions corresponents als cabals nominals de treball (normalment 6 bar). Si la pressió real és superior, el cabal efectiu també serà més gran; si és inferior, el cabal disminuirà.





La majoria de llances disposen d'una posició de màxima obertura anomenada FLUSH, que no és una posició de cabal de treball. Aquesta obre completament el pas de l'aigua per expulsar possibles partícules o brutícia acumulades a l'interior de la llança.

Depenent del disseny de la llança, la selecció de cabal es fa amb un anell giratori o amb la mateixa maneta d'obrir/tancar que té diverses posicions intermèdies, corresponents als diferents cabals a seleccionar. En aquest cas, el mecanisme que acciona la maneta és un pistó desplaçable que varia la mida de la secció de pas de l'aigua, amb mínimes pèrdues de càrrega.

c) Llança automàtica

La llança automàtica és una evolució de la llança selectora de cabal. Incorpora un mecanisme de regulació de pressió que intenta mantenir la pressió a la punta de la llança constant (dins d'uns límits). El gran avantatge d'aquestes llances és l'estabilitat i consistència del con d'atac encara que hi hagi variacions en la pressió o en el cabal que li arriben.



6.3.4. Monitors

Un cas especial de "llança" són els monitors. S'utilitzen amb grans cabals, quan la força de reacció resultant és massa elevada per a què un bomber pugui controlar la llança manualment.

Un monitor està format per un suport orientable sobre el qual es munta una llança. Habitualment treballen amb mànegues de 45 mm o 70 mm, i poden ser:

- **Fixos**: instal·lats en vehicles o instal·lacions industrials.
- **Portàtils**: es col·loquen al final d'una estesa de mànegues.

Permeten orientar el raig horitzontalment i verticalment, manualment, mitjançant volants o, en alguns models, amb accionament elèctric i control remot.

Alguns monitors disposen d'un sistema d'oscil·lació, que permet activar un moviment continu del raig de costat a costat, entre dos límits prèviament ajustats, mitjançant un mecanisme

accionat per una turbina que és moguda per la mateixa aigua d'extinció; aquest sistema facilita la cobertura amb aigua d'una superfície ampla.

Alguns monitors es poden configurar, i en un mateix suport es poden muntar diferents tipus de llança (cabal fix, cabal variable, selectora de cabal, automàtica) segons es demani.

A causa de les grans forces de reacció que es generen, els monitors portàtils han d'estar ancorats a un punt fix o a una estaca abans de posar-los en servei.
A més, el seu moviment vertical està limitat i no poden treballar per sota d'un determinat angle respecte a l'horitzontal (habitualment entre 30° i 35°), ja que aquesta limitació ajuda a mantenir el monitor estable i evita que llisqui cap enrere, per angles per sobre d'aquest límit, la component vertical de la força de reacció empeny el monitor contra el terra i el fregament evita que llisqui endarrere.



6.3.5.Llances d'escuma

Un altre cas especial són les llances d'escuma, en què per la mànega arriba l'escumant (barreja d'aigua més escumogen) i en la mateixa llança es fa l'addició d'aire per generar l'escuma.

N'hi ha de les diferents mides (25, 45 i 70 mm), i es classifiquen principalment segons el grau d'expansió de l'escuma:

- **Baixa expansió**: Escuma que incorpora poca quantitat d'aire, permet una major distància de projecció (però menys que amb aigua sola) i una bona adherència sobre superfícies verticals.
- **Mitja expansió**: Escuma que incorpora una quantitat més gran d'aire, genera molt més volum d'escuma, però la seva distància de projecció és inferior.

Per obtenir una escuma de qualitat és imprescindible treballar amb la pressió d'entrada a la llança recomanada pel fabricant, ja que aquesta condiciona la correcta incorporació d'aire i la qualitat final de l'escuma.

