

Sumari

SUMARI	1
GLOSSARI.	3
A. ESTUDI DE LA BOMBA DIESEL.	7
A.1 Els motors Diesel i els sistemes d'injecció de combustible.....	7
A.2 Bomba Delphi CR.....	11
A.2.1 Tipus de bomba.	12
A.2.2 Estructura hidràulica.	12
A.2.3. Components de la bomba.	13
A2.4. Funcionament.	14
A2.5 Caracterització tècnica de la bomba.	20
Resum prestacions.....	35
A2.6 Fluids compatibles.	36
A2.7 Cost econòmic.	36
B. ESTUDI DELS GENERADORS D'AIGUA A ALTA PRESSIÓ.	37
B.1 Bomba hidràulica d'acció directa.....	38
B.1.1 Descripció.	38
B.1.2 Prestacions.	39
B.2 Conjunt bomba hidràulica i intensificador.....	39
B.2.1 Descripció.	39
B.2.2 Prestacions.	40
C. FITXA TÈCNICA DE L'OLI ISO4113.	43
D. RESUM DELS PRINCIPALS ACERS DÚPLEX	44
E. RESUM DELS PRINCIPALS POLÍMERS FLUORATS.	45
F. CIRCUIT HIDRÀULIC.	47

[Escriba texto]

F.1. Disseny circuit hidràulic.....	47
F.2. Llista de components.	48
F.3. Càlcul pèrdua de càrrega cicle admissió.....	49
F.4. Càlcul pèrdua de càrrega cicle transferència.	50
BIBLIOGRAFIA	53
Referències bibliogràfiques	53

Glossari.

DDS: Delphi Diesel Systems.

DFP1.2: Diesel Fuel Pump. Bomba que pressuritza el gasoil en el sistema d'injecció d'un motor Diesel.

CR: Common Rail. Sistema d'alimentació en un motor Diesel compost principalment per una bomba pressuritzant, un acumulador de gasoil a pressió, uns injectors i un calculador.

IMV: Inlet metering valve. Vàlvula amb accionament elèctric que regula el cabal subministrat al circuit d'alta pressió de la bomba CR DFP.

rpm: Velocitat de gir.

P: Pressió.

T: Temperatura.

Q: Cabal.

S: Secció (àrea de pas).

v: velocitat.

BP o baixa pressió. Circuit de transferència o de baixa pressió de la bomba DFP1.2

AP o alta pressió. Circuit d'alta pressió de la bomba DFP1.2

Γ : par de giro de la bomba.

ISO 4113: oli utilitzat per calibrar i/o testear els equips d'injecció Diesel en substitució del combustible. Veure fitxa tècnica (veure annex A).

K_{1c} : tenacitat a la fractura d'un material.

[Escriba texto]

σ_{adm} : tensió admissible o de disseny (a temperatura ambient 20°C).

σ_{adm}^T : tensió admissible o de disseny a la temperatura T.

σ_e : límit elàstic (a temperatura ambient 20°C)

σ_e^T : límit elàstic a la temperatura T.

σ_m : resistència a la tracció (tensió de trencament).

σ_m^T : resistència a la tracció (tensió de trencament) a la temperatura T.

E: mòdul elàstic del material.

P_e : pressió límit elàstic de la cambra.

r_1 : radi interior d'un recipient o tub.

r_2 : radi exterior d'un recipient o tub.

A: àrea.

σ_{VM} : tensió equivalent segons el criteri de fallida de Von Mises.

σ_{TR} : tensió equivalent segons el criteri de fallida de Tresca.

k: relació entre el radi exterior i l'interior (r_2/r_1).

k_a : relació de radi entre el radi de autofrettage i el radi interior (r_a/r_1).

ASME: American Society of Mechanical Engineers.

AISI: American Iron and Steel Institute.

NBR: cautxú acrílonitrilo butadieno.

IIR: cautxú butílic.



FKM: cautxú fluorat.

ECO: cautxú d'epiclorhidrina-oxid d'etilé.

XNBR: cautxú nitril-butandien carboxilat.

CSPE: cautxú polietilé clorsulfonat.

PTFE: cautxú sintètic politetrafluoretilé.

EVOH: polímer etilé-vinil-alcohol.

PEEK: polímer polièter éter cetona.

[Escriba texto]

A. Estudi de la bomba Diesel.

A.1 Els motors Diesel i els sistemes d'injecció de combustible.

Actualment existeixen en el mercat molts tipus de motors Diesel, des dels tradicionals atmosfèrics fins als sobre-alimentats, passant per injeccions de gasoil indirectes i directes, amb o sense acumulador. I totes aquestes configuracions es poden trobar en diferents mides i aplicades a diferents sectors, des de petits vehicles utilitaris del sector de l'automoció, fins a grans vaixells, ferrocarrils o estacions de generació elèctrica.

Podem classificar els motors Diesel segons:

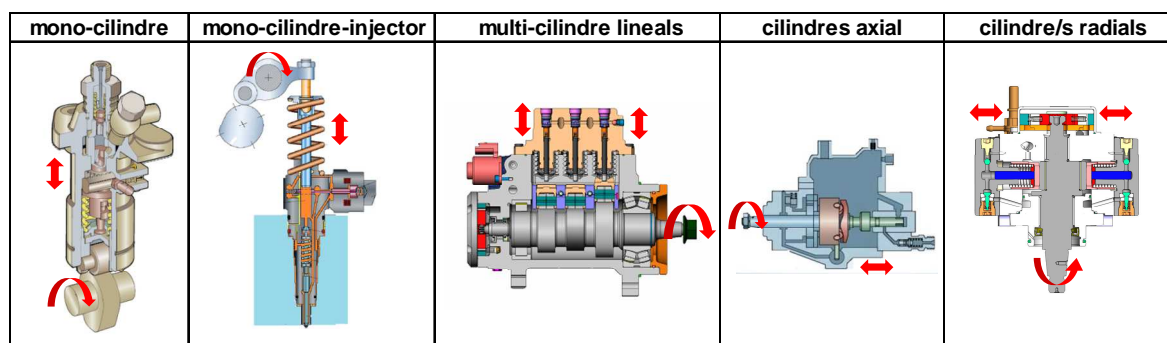
1. Injecció directa o indirecta: defineix si la injecció del combustible es realitza directament en el cilindre del motor o en una pre-càmara. Actualment la injecció directa és la predominant en el mercat per la seva millor eficiència respecte la indirecta, degut principalment al increment en la pressió del combustible disponible.
2. Admissió atmosfèrica o forçada: defineix el sistema per alimentar amb aire els cilindres del motor per la combustió. Actualment predomina l'admissió forçada mitjançant compressors o sistemes turbo ja que permeten per un mateix volum de motor obtenir una major potència.
3. Sistemes d'injecció amb control mecànic o electrònic: defineix si el control i gestió de les característiques de la injecció (moment, nombre i temps de la injecció) es fa per sistemes mecànics o electrònics. Actualment els sistemes electrònics predominen sobre els mecànics, en combinació amb l'ús de l'acumulador (sistemes CR).
4. Sistemes d'injecció amb o sense acumulador: defineix la utilització d'un acumulador entre la bomba pressuritzant del combustible i els injectors. Actualment l'ús de l'acumulador predomina en el mercat perquè permet millorar qualitativament la injecció ja que la fa independent de la pressurització.
5. Cicle motor: defineix si el motor segueix un cicle de 2 ó 4 temps. Actualment els motors de 4 temps predominen en el mercat degut a la seva millor eficiència i control del cicle permetent reduir les emissions contaminants. Residualment el cicle de 2 temps es dedica a grans motors pel sector nàutic i la generació elèctrica, mentre que el motor de 4 temps es troba en totes les aplicacions i mides en el mercat.
6. Mida del motor: els motors Diesel es classifiquen en 3 grups segons la seva cilindrada, gran, mitjana o petita (ISO15550).

[Escriba texto]

Rang	Potència (CV)	Volum (l)	Nombre cilindres	Aplicacions
Petit	50 - 250	1 - 7	3 - 6	Generadors elèctrics petits. Vehicles utilitaris. Vehicles de transport mitjans.
Mitjà	250 - 1.000	7 - 24	6 - 12	Vehicles de transport grans. Vehicles agrícoles i industrials. Vaixells recreatius.
Gran	> 1.000	16 - 24	8 - 12	Locomotores ferrocarrils. Vaixells comercials. Generadors elèctrics de gran potència.

Taula A.1. Rang de motors Diesel segons prestacions i us (ISO15550). Font: múltiples [2][8][9][10][11]

Pel que fa als sistemes de pressurització i injecció de combustible, generalment es componen per una o varies bombes, un injector per cilindre i en el cas dels motors més moderns, un acumulador entre la bomba i els injectors. En tots els casos, la bomba és volumètrica i amb un o varis pistons actuats mecànicament per un arbre de lleves accionat pel mateix motor on es munta el sistema. Aquestes bombes presenten diferents configuracions segons la posició i nombre dels cilindres-pistons: mono-cilindre, mono-cilindre-injector, multi-cilindre lineals, rotativa amb cilindre axial i rotativa amb cilindre/s radial/s.



Taula A.2. Principals bombes dels sistemes d'injecció en motors Diesel. Font: *Delphi* ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia., *Bosch* [2]

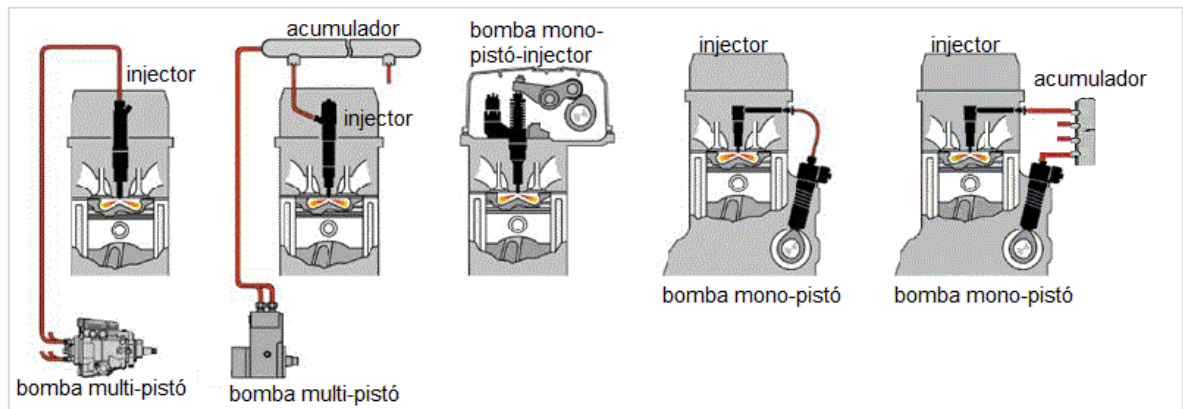


Fig. A-1. Configuracions principals dels sistemes d'injecció directa en motors Diesel.

Aquestes bombes es dimensionen segons sigui la mida, potència i eficiència del motor al que alimenten. En general, el cabal es relaciona amb la cilindrada del motor al que alimenten i la pressió es relaciona amb l'eficiència de la combustió.

Bomba pressurització Diesel		Rang motor		
		Petit	Mitjà	Gran
Mono-cilindre	Cabal [mm ³ /pistó]	150	300-400	3.000-18.000
	Pressió [bar]	1.400 – 1.600	1.600-1.800	1.400
Mono-cilindre + injecció	Cabal [mm ³ /pistó]	62	160-400	-
	Pressió [bar]	2.050	1.600-1.800	-
Multi-cilindres lineals	Cabal [mm ³ /pistó]	120-150	150 - 600	950 - 6.500
	Pressió [bar]	750 - 1.100	950 - 2.200	950 - 2.400
Rotativa cilindre axial	Cabal [mm ³ /pistó]	70 – 120	-	-
	Pressió [bar]	1.200 - 1.400	-	-
Rotativa cilindre/s radial/s	Cabal [mm ³ /pistó]	65-135	350 - 500	-
	Pressió [bar]	1.600 - 1.800	1.800 - 2.000	-

[Escriba texto]

Taula A.3. Rang de bombes per la pressurització del combustible segons rang del motor Diesel. Font: múltiple **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**[2][8][9][10][11] **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**[12]

Els motors d'última generació amb millors prestacions, consums i reducció de contaminants són aquells que incorporen una sobre-alimentació mitjançant turbos o compressors i una injecció directa per conducte comú d'alta pressió amb gestió electrònica. És en aquests sistemes d'injecció CR on es centra l'estudi.

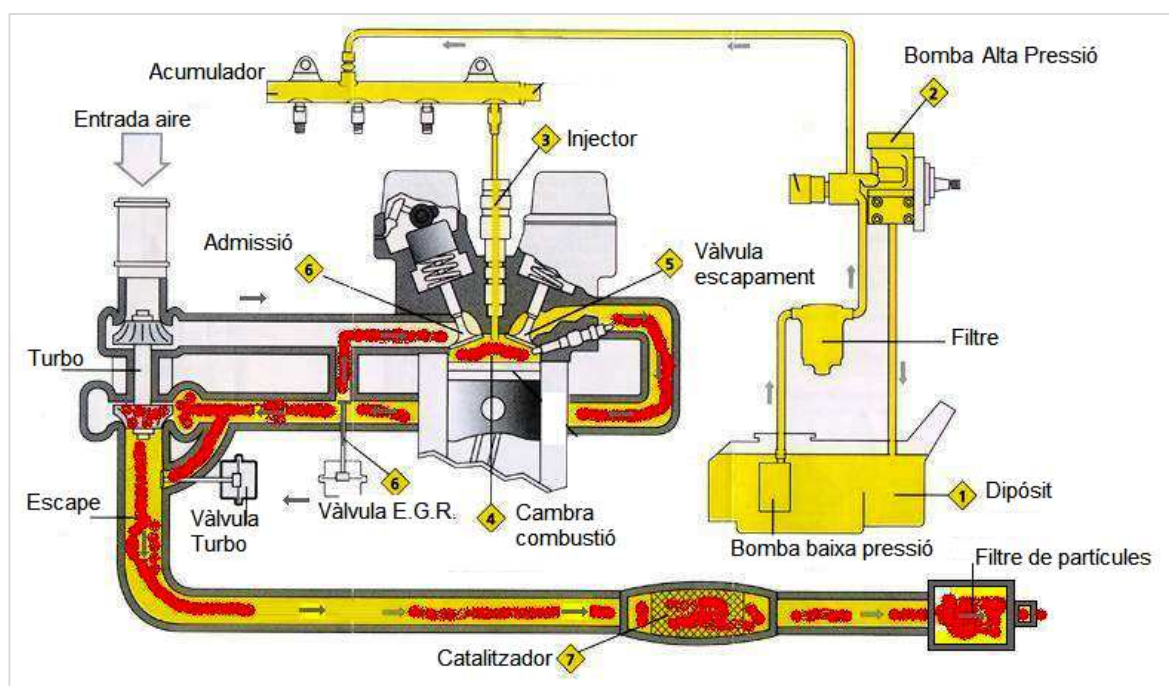


Fig. A-2. Esquema motor Diesel amb injecció directa per conducte comú amb turboalimentació.

El principal element diferenciador dels sistemes CR és la introducció d'un acumulador (anomenat també rail) entre la bomba i els injectors. D'aquesta manera es millora la flexibilitat en la injecció ja que es fa independent de la pressurització, tenint a disposició combustible pressuritzat de manera estable.

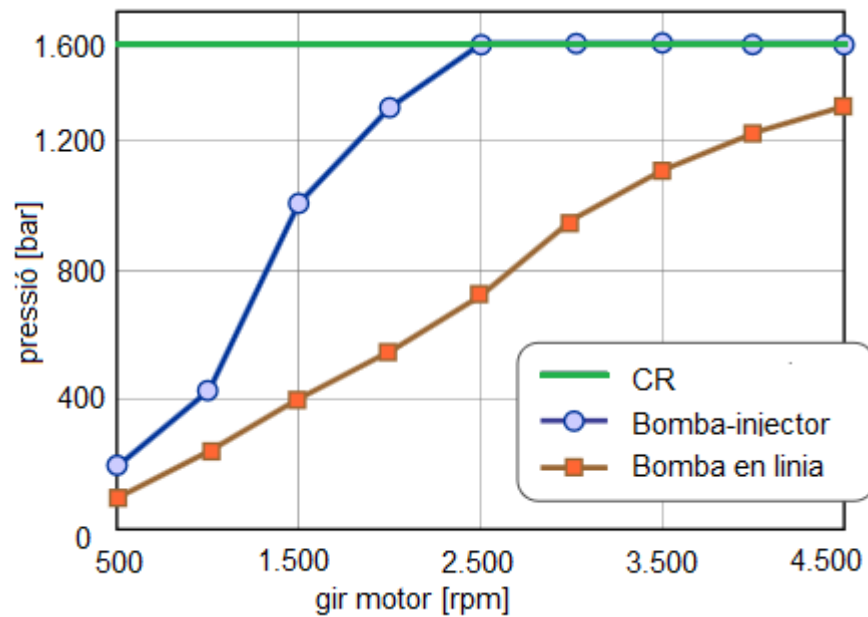


Fig. A-3. Relació entre gir motor i pressió d'injecció per diferents sistemes CR. Font

Els sistemes CR incorporen les següents bombes per pressuritzar el combustible:

- Bomba mono-cilindre: utilitzada en motors petits gràcies al seu bon compromís entre simplicitat mecànica, capacitat volumètrica i parell de gir necessari.
- Bomba amb multi-cilindres lineals: utilitzada en tot el rang de motors i especialment en grans ja que replicant el cilindres s'aconsegueix pràcticament qualsevol rang de cabal apte per qualsevol volum de motor.
- Bomba rotativa de cilindre/s radial/s: indicada per motors petits i mitjans. Aquestes presenten el millor rati potència mecànica/hidràulica ja que per un mateix cabal i pressió el parell de gir requerit és menor que a les bombes en línia.

A.2 Bomba Delphi CR.

Com es puntualitza en l'abast del projecte, la bomba a integrar en el sistema per la pressurització de l'aigua és la bomba CR DFP1.2 PUMA CD132 150 PS fabricada per la companyia Delphi Diesel Systems. Si no es s'explicita el contrari, la font de tota la informació referent a la bomba és *Delphi Diesel Systems* [1].

[Escriba texto]

A.2.1 Tipus de bomba.

La bomba CR DFP1.2 del fabricant Delphi Diesel Systems és una bomba volumètrica, rotativa, amb 2 cambres de compressió disposades a 90° i amb 2 pistons contraposats en cada cambra.

Existeixen altres models de bomba Diesel CR fabricades per Delphi Diesel Systems, però és la bomba DFP1.2 la que ofereix millor prestacions (mateixa pressió però major cabal) en el moment d'estudi d'aquest projecte.

A.2.2 Estructura hidràulica.

Conceptualment la bomba es pot dividir en quatre circuits hidràulics: circuit d'alimentació, circuit de transferència, circuit d'alta pressió i circuit de retorn.

- a) El circuit d'alimentació té com a objectiu subministrar i filtrar el cabal de gasoil que entra a la bomba. Es constitueix per un dipòsit i un filtre.
- b) El circuit de transferència té com a objectius entregar de manera regulada el cabal de combustible als cilindres d'alta pressió i mantenir un flux intern per lubricar i refrigerar les parts mecàniques. Aquest està compost per la bomba de transferència, el regulador de pressió i l'electrovàlvula reguladora de cabal.
- c) El circuit d'alta pressió té com a objectiu pressuritzar el combustible i mantenir el flux cap a l'acumulador segons el consum dels injectors. Els elements constitutius són els pistons, les sabates, els rodets, les vàlvules d'admissió i de sortida, tots aquests situats al capçal hidràulic, i per l'arbre de transmissió on es situa l'anell de lleves.
- d) El circuit de retorn o sobrant té com a objectiu recollir els cabals sobrants de la bomba i els injectors. El cabal sobrant de la bomba és el resultat de la diferència entre el cabal donat per la bomba de transferència i el cabal que entra en la bomba d'alta pressió, degut principalment a la regulació de l'electrovàlvula i el cabal re-circulat pel regulador de pressió de transferència. El cabal sobrant dels injectors és aquell que no s'injecta en el motor. La totalitat d'aquest sobrants són re-circulats de retorn al dipòsit passant pel filtre.

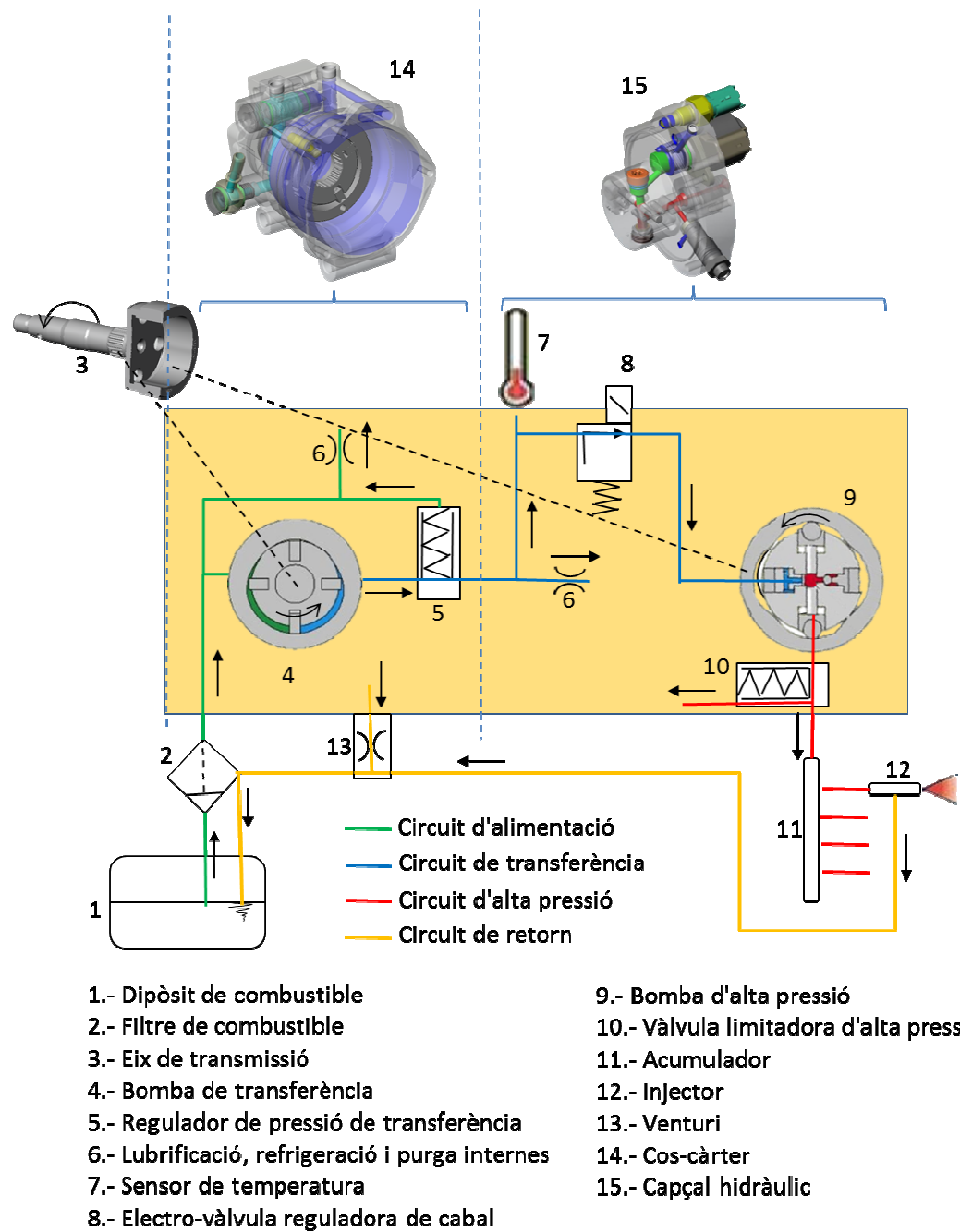


Fig. A-4. Esquema hidràulic i principals components de la bomba DFP1.2. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

A.2.3. Components de la bomba.

A continuació es visualitzen els principals components de la bomba:

[Escriba texto]

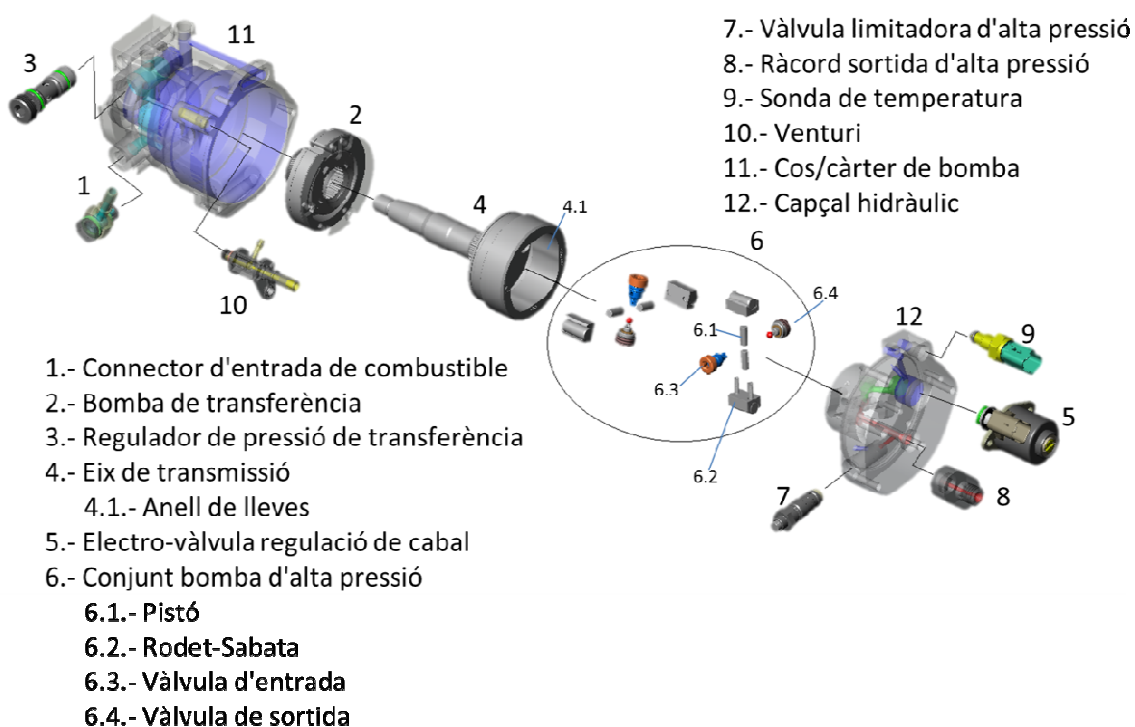


Fig. A-5. Vista empolsinada de la bomba DFP1.2 i els seus components. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

A2.4. Funcionament.

La descripció del funcionament de la bomba, per fer-ho més entenedora, es realitza seguint el flux del combustible des del dipòsit fins als injectors.

L'alimentació de la bomba amb el gasoil del dipòsit passant pel filtre es realitza mitjançant l'aspiració creada per la bomba de transferència. Aquesta bomba és de desplaçament positiu amb 4 volums. L'accionament es realitza mitjançant l'eix de transmissió accionat pel mateix motor amb una relació de gir 2:1. La capacitat volumètrica és de $5,6 \text{ cm}^3/\text{rev}$.

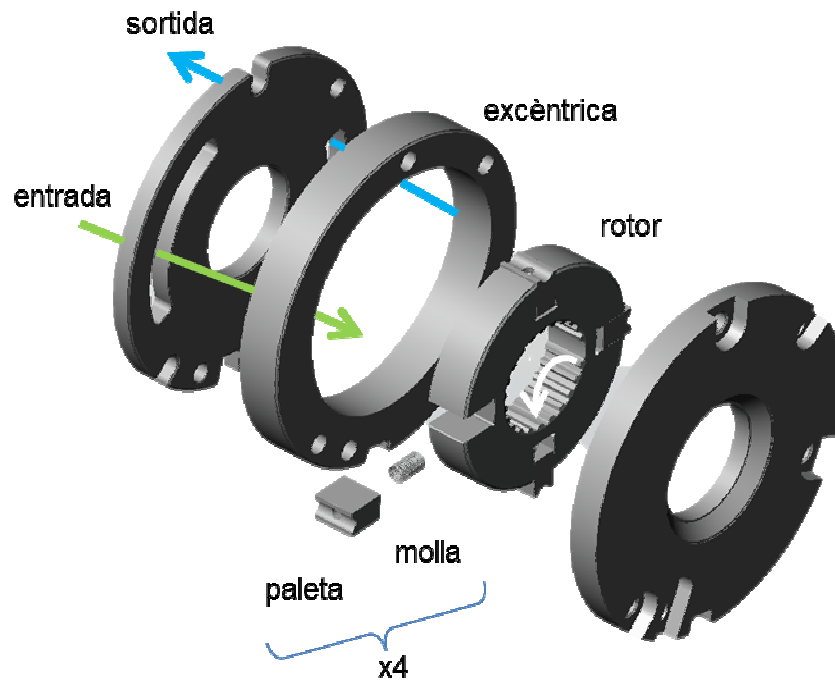


Fig. A-6. Bomba de transferència. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Per gestionar el cabal que s'entrega a la bomba d'alta pressió de manera independent al gir del motor i per tant, gestionar el cabal de sortida d'alta pressió, es munta una electrovàlvula en sèrie entre la bomba de transferència i la bomba d'alta. El pilotatge de l'electrovàlvula es realitza mitjançant una corrent PWM de 2 KHz generada per l'ECU del motor. La corrent màxima acceptada és 1,6A i un voltatge de 13,5 V. Aquesta es troba totalment oberta quan rep 0mA i totalment tancada quan rep 1,2A.

[Escriba texto]

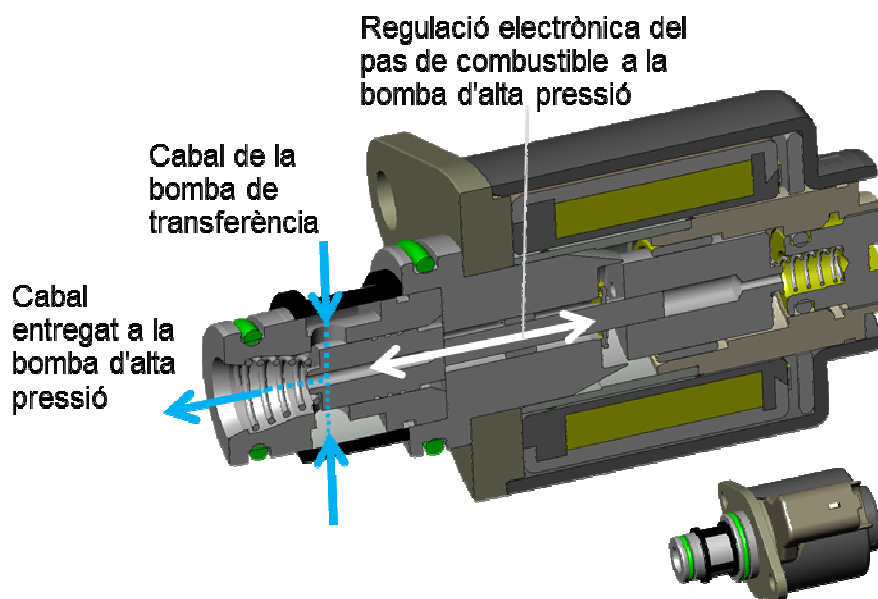


Fig. A-7. Electrovàlvula reguladora de cabal de transferència a la bomba d'alta pressió. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

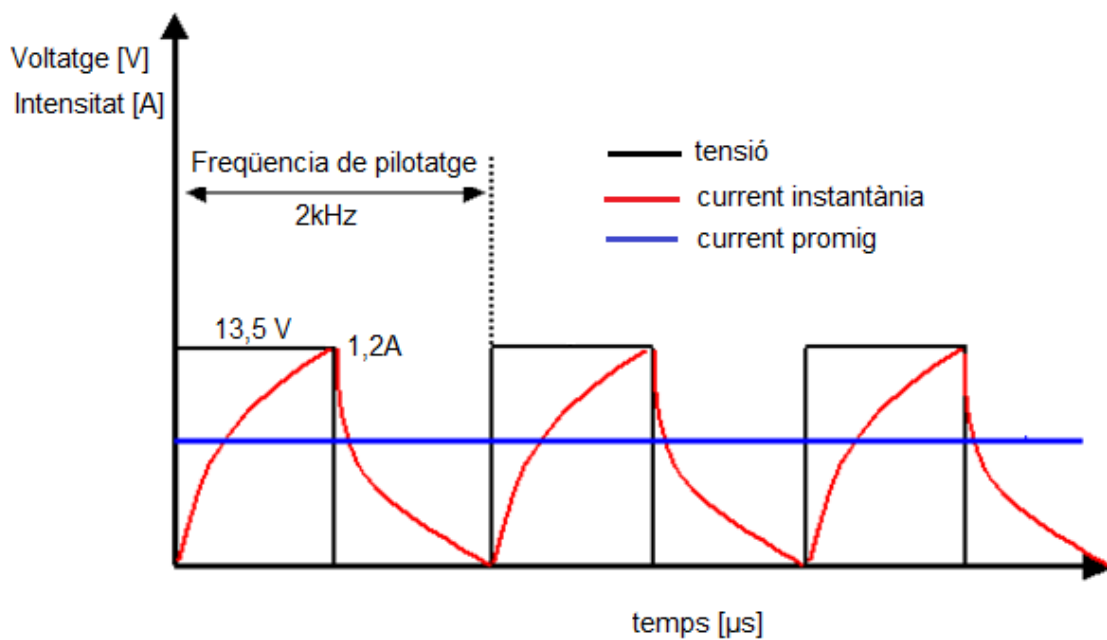


Fig. A-8. Pilotatge de l'electrovàlvula. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Al conjunt s'afegeix un regulador de pressió mecànic entre la bomba i l'electrovàlvula per mantenir la pressió constant a 7 bar en la sortida de la bomba de transferència enfront de les

regulacions del IMV. El cabal derivat pel regulador s'allibera directament a l'entrada de la bomba de transferència.

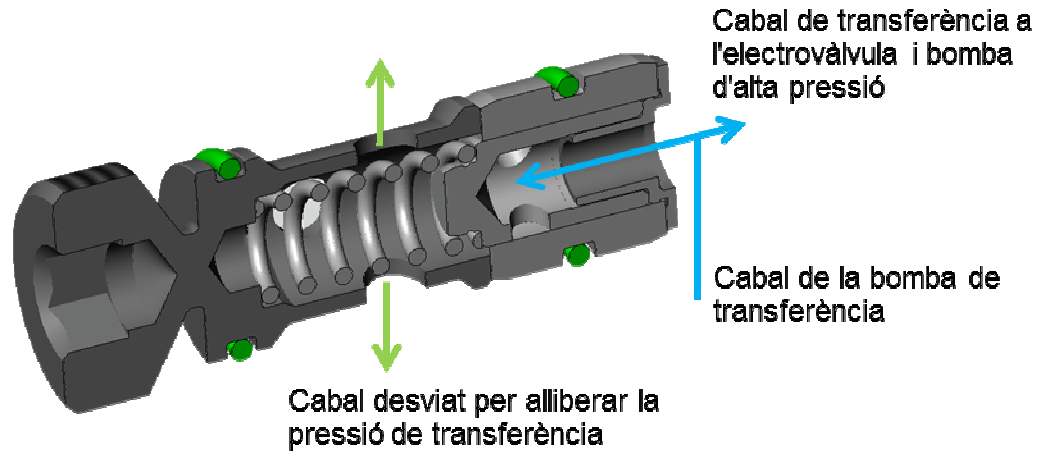


Fig. A-9. Regulador de pressió de transferència. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Cal mencionar que una part del cabal de sortida de la bomba de transferència es deriva al càrter de la bomba per lubricar i refrigerar les parts mecàniques de la bomba.

El cabal regulat per la IMV s'entrega a la bomba d'alta pressió muntada en línia amb la bomba de transferència i accionada pel mateix eix de transmissió. En aquest cas, l'eix incorpora un anell interior amb 4 lleves disposades a 45° que gira al voltant dels pistons accionant-los a través del conjunt sabata i rodet. La bomba d'alta es compon de dues cambres de compressió i disposades a 45° entre elles, constituïdes cadascuna per dos pistons oposats i les seves corresponents vàlvules d'admissió i sortida, obtenint-se un total de 8 compressions per cada gir de l'eix de transmissió. Aquesta disposició de múltiples pistons minimitza les pulsacions en el cabal de sortida i el parell de gir requerit a l'eix de transferència. La capacitat volumètrica total de la bomba d'alta pressió és de 1,2 cm³/rpm.

[Escriba texto]

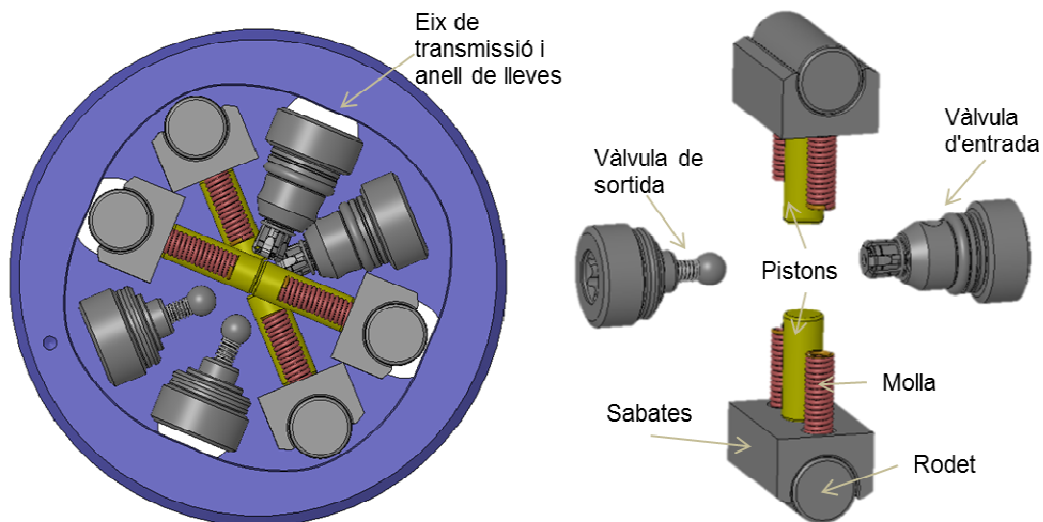


Fig. A-10. Components de la bomba d'alta pressió (capçal hidràulic transparent). Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

El flux d'entrada i sortida del combustible en els cilindres es gestiona mecànicament per les vàlvules d'entrada i sortida, totes elles vàlvules antiretorn. Quan la pressió als cilindres disminueix degut a la cursa d'expansió dels pistons i arriba a ser inferior que la pressió donada per la bomba de transferència, s'obre la vàlvula d'admissió produint-se l'ompliment dels cilindres. Al mateix temps la vàlvula antiretorn de sortida d'alta pressió es tanca degut a la diferència de pressions entre el cilindres i aigües avall de la bomba (pressió del circuit de sortida d'alta pressió). A continuació, degut al gir de l'eix amb l'anell de lleves, els lòbuls de les lleves diametralment oposats empenyen els pistons cap a l'interior de la bomba produint la cursa de compressió i incrementant la pressió als cilindres. Un cop aquesta pressió dels cilindres supera la pressió que hi ha aigües amunt, s'obre la vàlvula antiretorn de sortida d'alta pressió enviant el gasoil al rail acumulador.

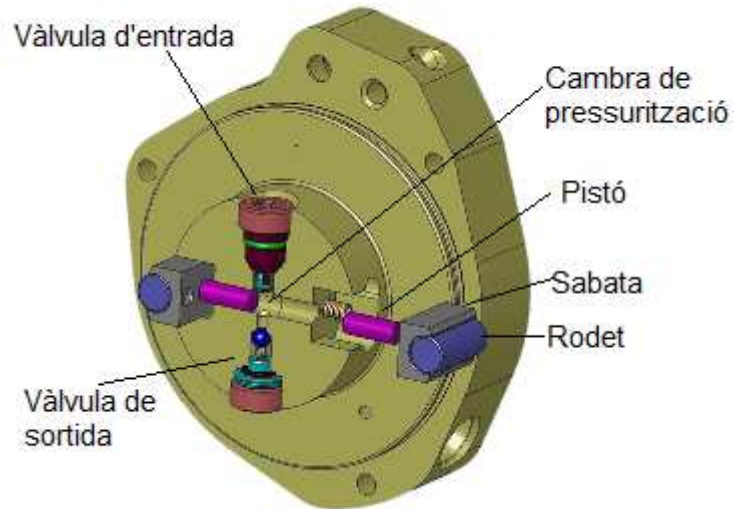
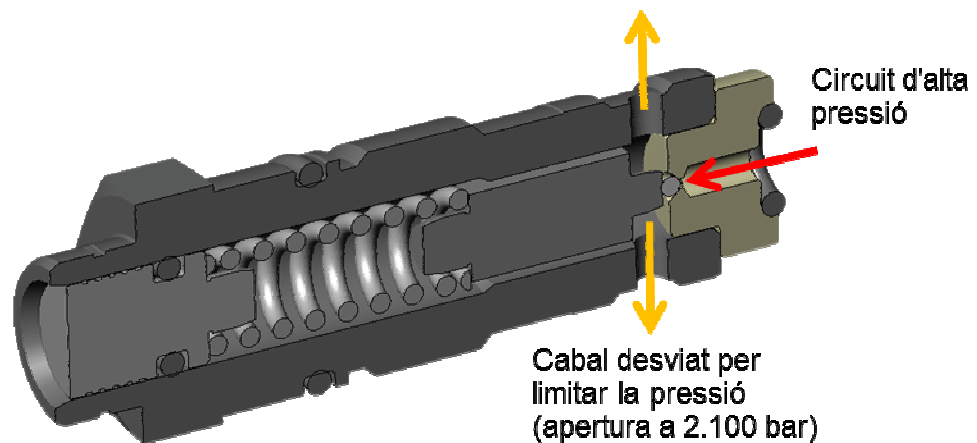


Fig. A-11. Secció capçal hidràulic i components de la bomba d'alta pressió. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

En aquest punt, una vàlvula limitadora antiretorn s'incorpora en el circuit d'alta pressió com a element de seguretat per tal que, en cas de sobrepressions, aquesta s'obri alliberant la pressió. L'apertura de la vàlvula es calibra a una pressió de 2.100 bar.



[Escriba texto]

Fig. A-12. Secció de la vàlvula limitadora de pressió del circuit d'alta pressió. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Finalment, el sobrant de combustible no re-circulat pel regulador de pressió ni enviat a la bomba d'alta, surt d'aquesta a través d'un connector amb Venturi, el qual recull també el sobrant del combustible provinent dels injectors.

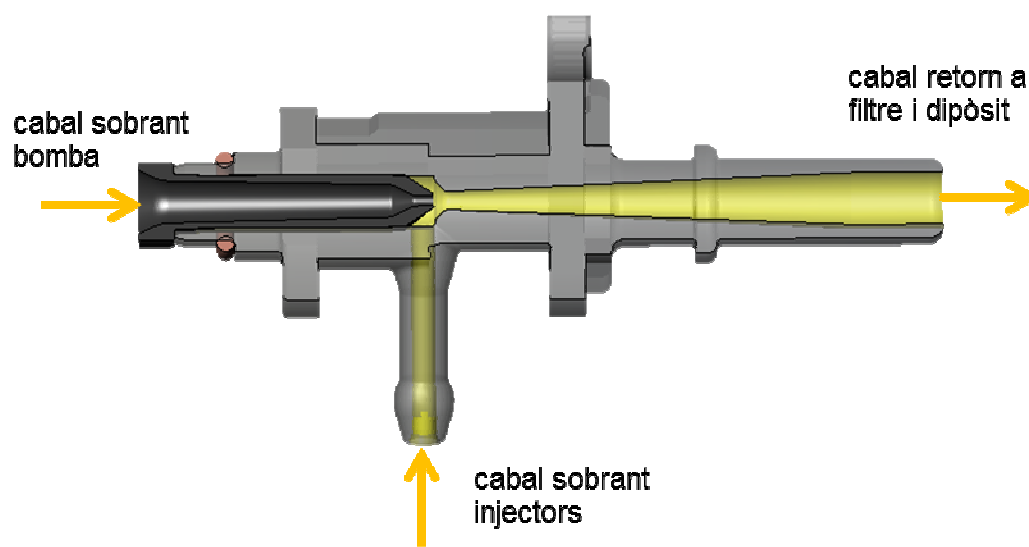


Fig. A-13. Secció del connector Venturi pels cabals sobrants. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

A2.5 Caracterització tècnica de la bomba.

Les característiques tècniques de la bomba es poden definir segons els seus paràmetres de funcionament. Paràmetres hidràulics com els cabals i pressions, mecànics com el parell i règim motor, elèctrics com l'alimentació de l'electrovàlvula i tèrmics com les temperatures d'entrada i sortida del gasoil. Tots aquests paràmetres no són independents sinó que molts d'ells estan relacionats. Per tal de representar els rangs de funcionament dels paràmetres i la seva relació entre ells s'adjunta un esquema hidràulic i gràfics obtinguts en banc de proves de la bomba. Font: *Delphi Diesel Systems* [1].

Cabals.

Existeixen 3 cabals diferents a la bomba: el d'entrada, el sobrant i el de sortida a alta pressió.

a) El cabal d'entrada de la bomba és succionat des del dipòsit i a través d'un filtre gràcies a la depressió creada per la bomba de transferència. Un cop a la bomba de transferència, aquest cabal és impulsat al voltant dels 7 bar aigües avall, on l'electrovàlvula de baixa pressió regula el cabal que definitivament arriba als cilindres de la bomba d'alta pressió i es pressuritzat com a cabal d'alta pressió. La part de cabal provinent de la bomba de transferència i que no entra en els cilindres d'alta es re-circulat cap a l'entrada de la bomba de transferència i cap al càrter de la bomba on finalment surt pel venturi fins al dipòsit de combustible. El cabal d'entrada a la bomba queda definit per la cilindrada de la bomba de transferència (menys la recirculació per la regulació de pressió de transferència). Aquesta té una capacitat de $5,6 \text{ cm}^3/\text{rpm}$, de manera que a un règim normalitzat de 2.000 rpm s'obté una entrada de cabal màxim teòric de 672 l/h.

Així doncs, el cabal que entra a la bomba (que ve a ser el cabal de la bomba de transferència) per a una cilindrada fixa, només depèn del règim de voltes de l'eix de transmissió. Per tant, per diferents velocitats de gir tenim diferents cabals d'entrada a la bomba.

b) El cabal de sortida d'alta pressió de la bomba és la part del cabal provinent de la bomba de transferència que l'electrovàlvula ha permès passar cap als cilindres on es impulsat al circuit d'alta pressió. No obstant, per sobre de qualsevol regulació que pugui realitzar l'electrovàlvula, la cilindrada de la bomba d'alta defineix el màxim cabal que pot arribar a entrar en la bomba i sortir en alta pressió. La cilindrada d'aquesta és de $1,2 \text{ cm}^3/\text{rpm}$. D'aquesta manera, per un règim normalitzat de 2.000 rpm i amb l'electrovàlvula totalment oberta (0mA), la bomba pot donar un cabal de sortida a alta pressió teòric de 144 l/h.

Així doncs, els factors o elements que governen el cabal de sortida d'alta pressió de la bomba amb una cilindrada fixada són en primer lloc el règim de l'eix de transmissió i posteriorment l'electrovàlvula (IMV). El règim determina el cabal potencial que pot arribar a donar la bomba i l'IMV únicament pot reduir el cabal real de sortida (entre 0 i el 100%) mitjançant l'estrangulament o limitació del cabal a l'entrada de la bomba d'alta.

[Escriba texto]

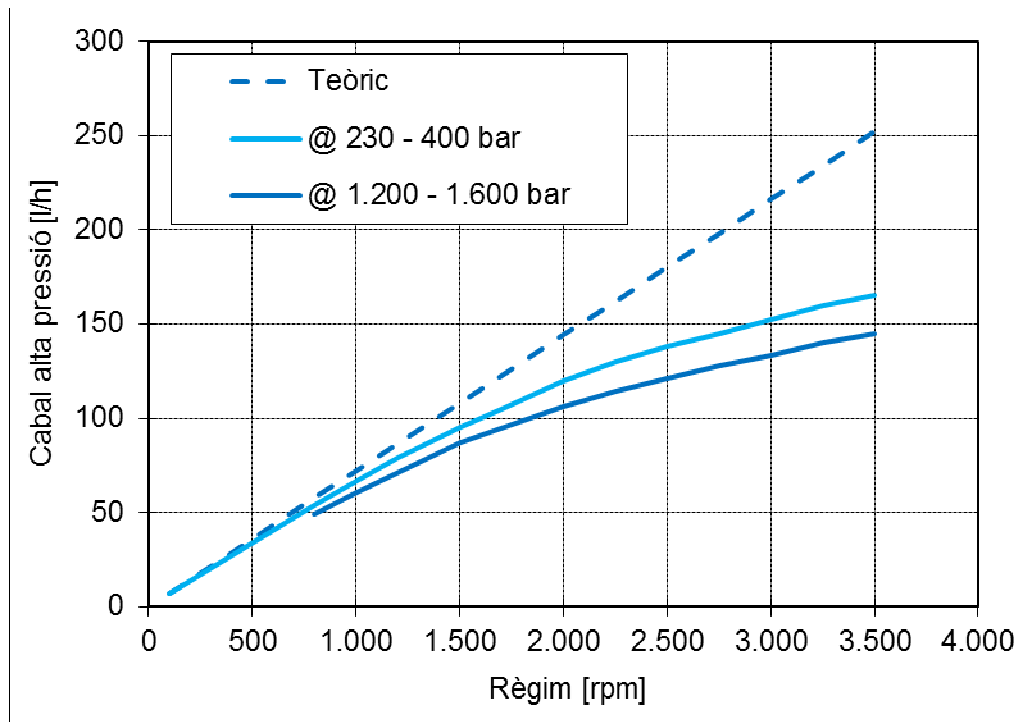


Fig. A-14. Cabal entregat a l'acumulador segons el règim de la bomba i la pressió a l'acumulador (IMV obert). Font: Delphi Diesel Systems [1]

La corba de cabals entregats a l'acumulador segons el règim de la bomba varia segons la pressió de l'acumulador degut a que l'eficiència de la bomba no és constant i varia segons la pressió de treball (per exemple, les fuites internes varien segons les condicions de treball).

Cal esmentar que l'electrovàlvula presenta una resposta amb histèresis, per una mateixa intensitat la restricció del pas de combustible és diferent segons estigui obrint o tancant i per tant, s'obtenen diferents cabals de sortida.

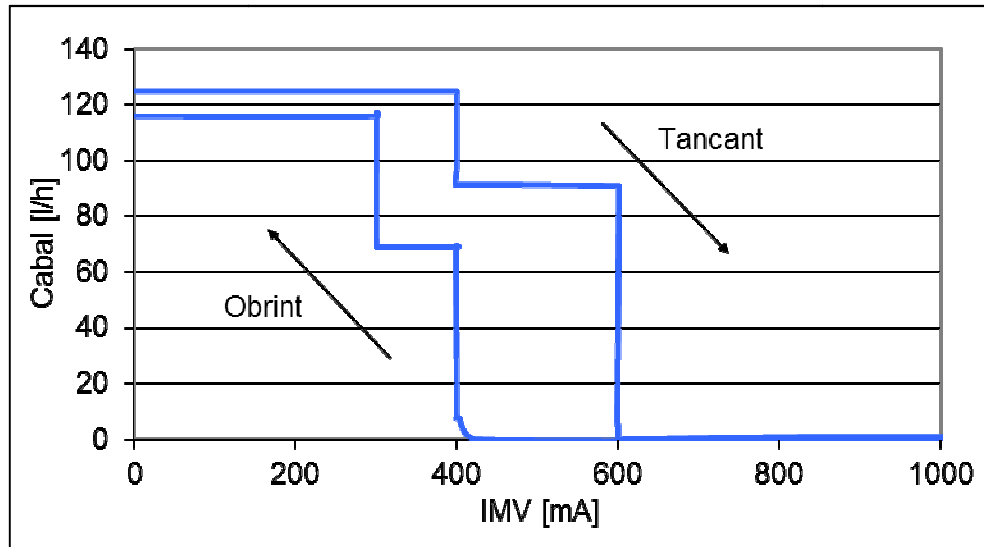


Fig. A-15. Cabal entregat a l'acumulador per a un règim constant (2.000 rpm) segons l'activació del IMV (histèresis). Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

- c) El cabal sobrant generat per la diferència entre el cabal de sortida de la bomba de transferència, el d'entrada a la bomba d'alta pressió i el que re-circula a la bomba de transferència per mantenir els 7 bars constants banya el conjunt interior de la bomba de manera que actua com a lubricant i refrigerant abans de re-circular cap al dipòsit inicial. A la sortida de la bomba, aquest cabal travessa un venturi de manera que la depressió generada és aprofitada per conduir el cabal sobrant dels injectors conjuntament amb el sobrant de la bomba cap al dipòsit inicial.

[Escriba texto]

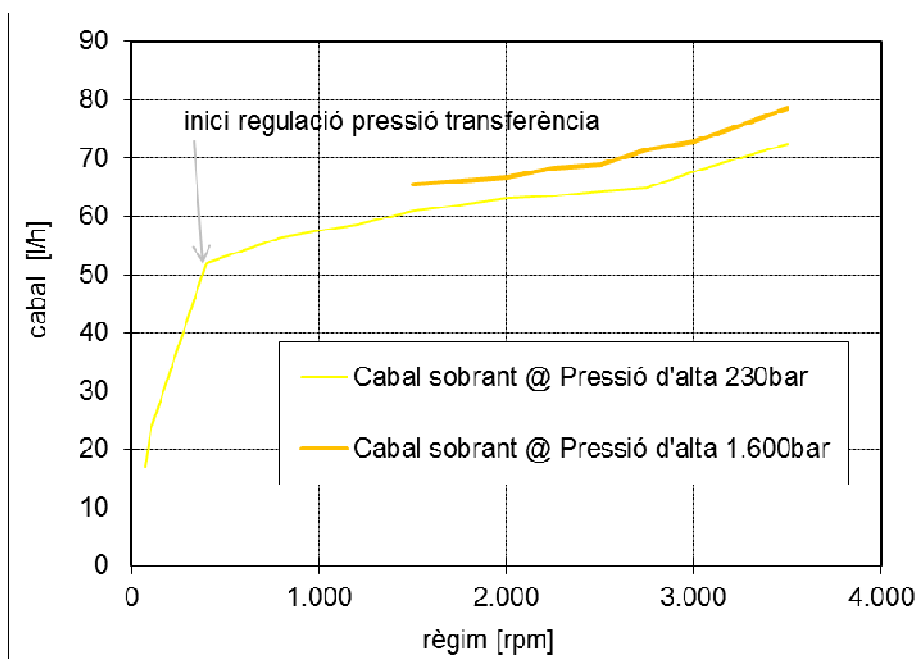


Fig. A-16. Cabal sobrant segon el règim de la bomba per diferents pressions a l'acumulador.
 Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Com a resum, la relació de cabals teòrics per un règim de 2.000 rpm, una pressió de sortida de 1.600 bar i amb l'electrovàlvula totalment oberta:

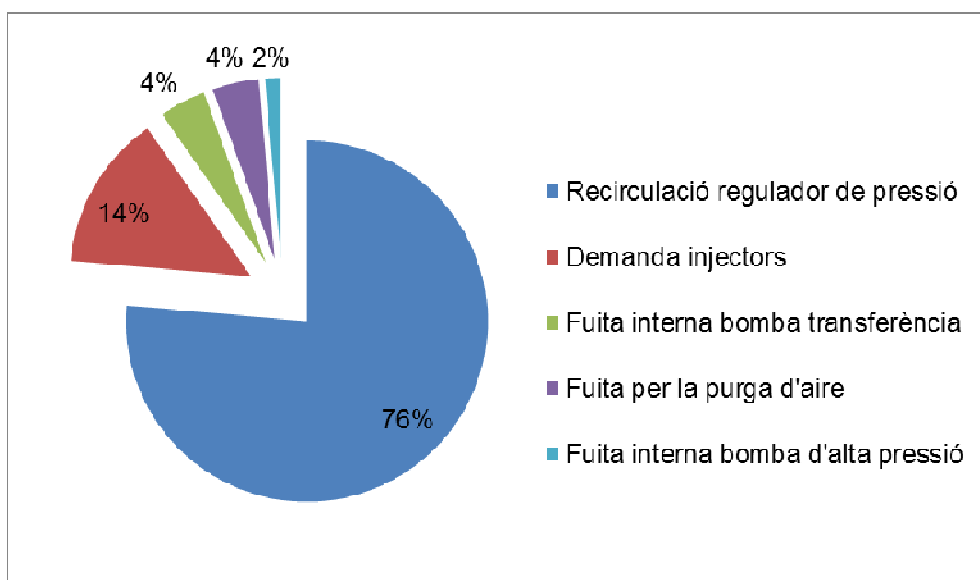
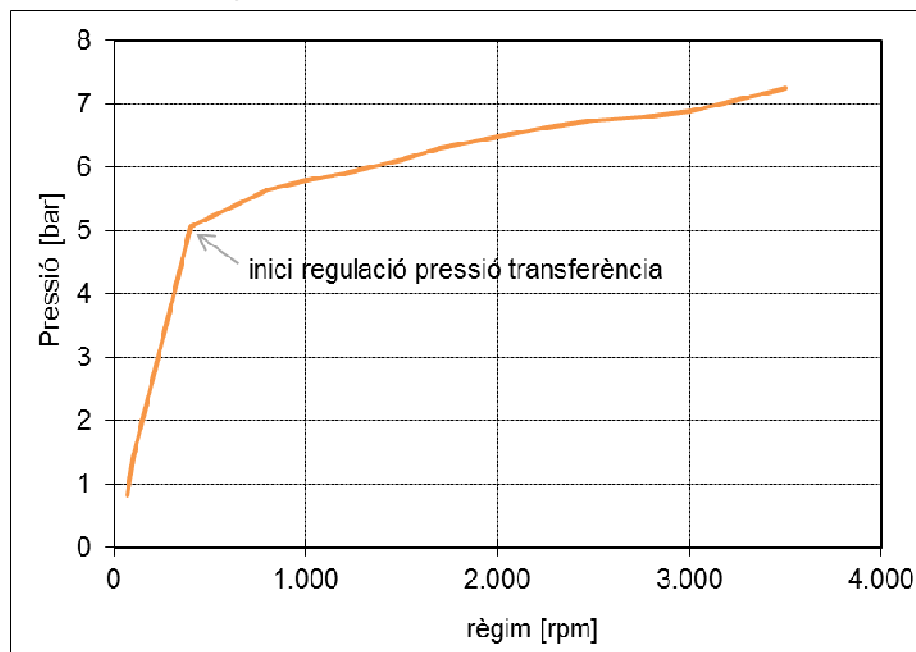


Fig. A-17. Desglossament del cabal de transferència. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Pressions.

Les pressions hidràuliques que s'associen al funcionament de la bomba són les següents: la pressió d'entrada a la bomba, la pressió de sortida i la pressió del sobrant.

- a) La pressió requerida per alimentar la bomba d'alta pressió ve generada per la bomba de transferència. Aquesta bomba volumètrica de paletes es munta integrada en el mateix cos de la bomba d'alta i al llarg del mateix eix de transmissió de manera que aquest acciona simultàniament les dues bombes. La bomba de transferència succiona el gasoil des del dipòsit, passant pel filtre, fins a la bomba d'alta. La pressió necessària per alimentar la bomba d'alta i mantenir la re-circulació de la lubrificació i refrigeració interna de la bomba són 7 bars. L'entrada de la bomba accepta un rang de pressions entre -400 mbar i 100 mbar, preferiblement entre 60 mbar i 100 mbar.

Fig. A-18. Pressió de transferència segons règim de la bomba. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

- b) Com a bomba volumètrica, teòricament la pressió del cabal de sortida entregat a l'acumulador depèn únicament de la resistència del circuit aigües avall. No obstant, en funcionament no és així i existeix una finestra en el règim de la bomba on aquesta és

[Escriba texto]

capaç d'entregar la màxima pressió de manera estable i continuada. Concretament entre les 1.500 i 2.500 rpm.

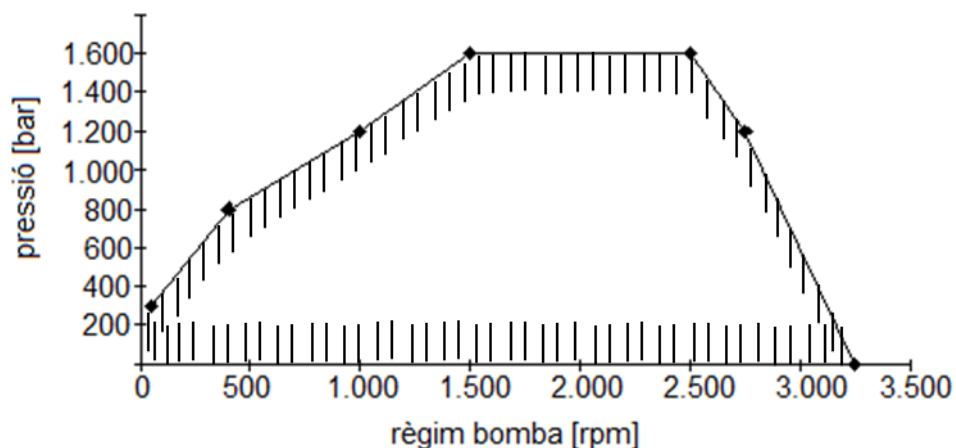


Fig. A-19. Màxima pressió d'entrega a l'acumulador segons règim de la bomba. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Per evitar un sobreesforç que pugui danyar la bomba, aquesta munta una vàlvula limitadora tarada a una pressió màxima de 2.100 bar i per tant, indica la pressió màxima de funcionament.

La pressió màxima en treball continu és de 1.600 bar i de 2.100 bar limitat a un màxim de 10 hores. Com a títol de comentari, cal dir que aquests 2.100 bar seran oferts de manera contínua en un futur per poder satisfer les noves normatives respecte la reducció de contaminants dels motors Diesel.

- c) Pel que fa a les pressions del cabal sobrant, aquestes es troben entre 300 i 350 mbar amb un cabal de 85 l/h.

Temperatures.

Pel que fa a la temperatura del combustible, existeixen tres punts a caracteritzar: a l'entrada de la bomba, a la sortida d'alta pressió cap a l'acumulador i al sobrant de retorn al dipòsit.

La temperatura del gasoil afecta directament a la seva viscositat i densitat. Per tant, la temperatura té un impacte en el funcionament de la bomba i més concretament en el seu rendiment.

El rang admissible de temperatura del combustible a l'entrada de la bomba és de -30°C a 85°C . No obstant, el major rendiment es troba quan el combustible es troba a $40^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$.

La temperatura del combustible a la sortida d'alta pressió depèn principalment de la pressió a la que es trobi segons la següent relació $\Delta T / \Delta P = 2.5^{\circ}\text{F} / 1.000\text{psi}$.

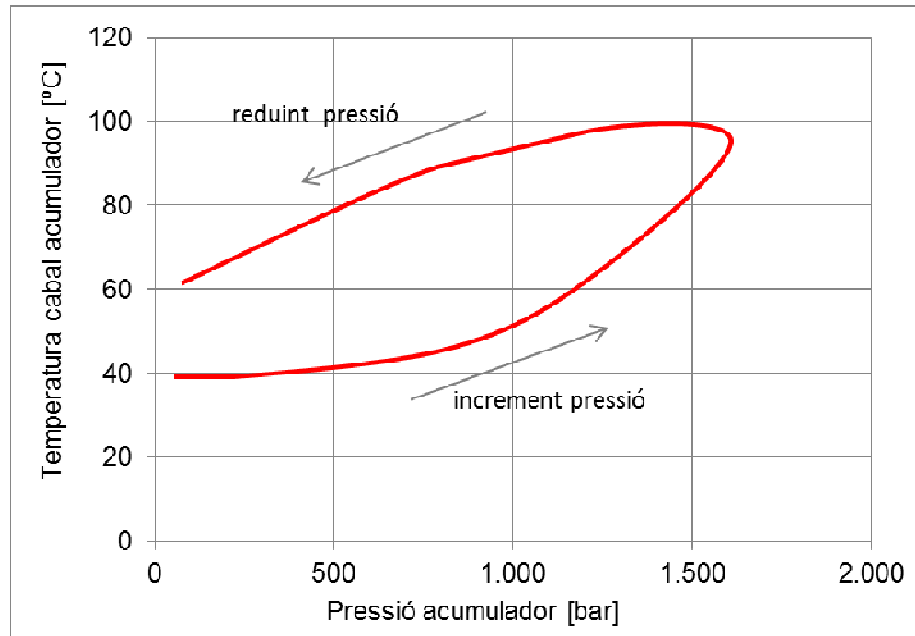


Fig. A-20. Temperatura del combustible al cabal de sortida d'alta pressió en funció de la pressió. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

La temperatura del cabal sobrant varia principalment segons el règim de la bomba:

[Escriba texto]

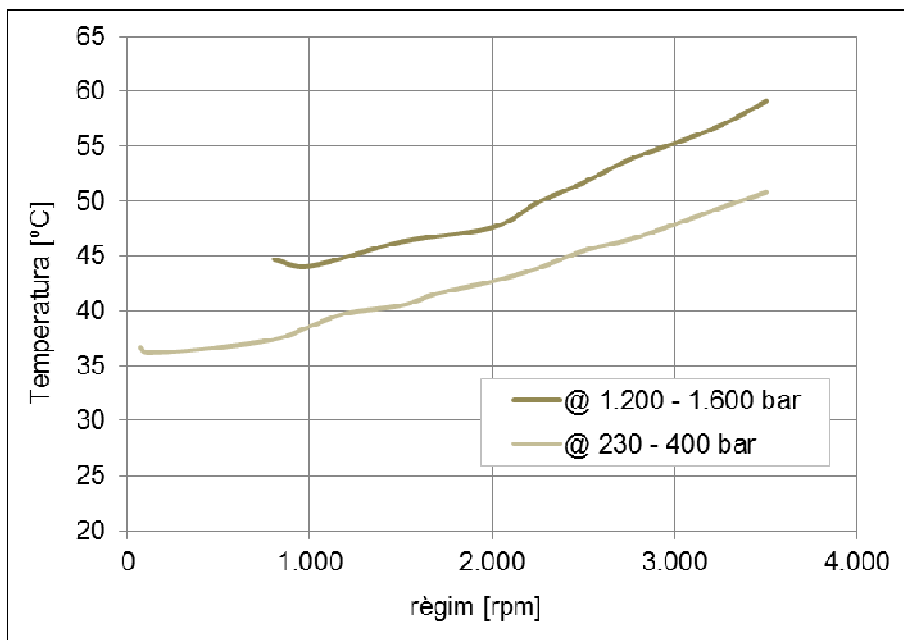


Fig. A-21. Temperatura del sobrant en funció del règim per diferents pressions de sortida d'alta pressió. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

La bomba instal·la un sensor de temperatura situat en el circuit de transferència entre la bomba de transferència i l'electrovàlvula. És un sensor resistiu NTC. S'alimenta a 5V per la mateixa ECU del motor.

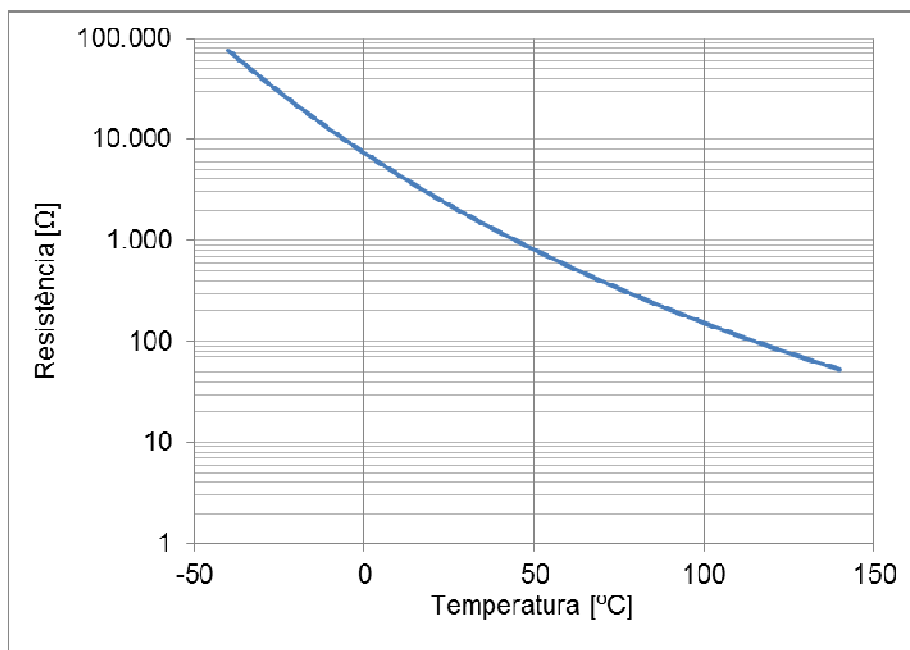
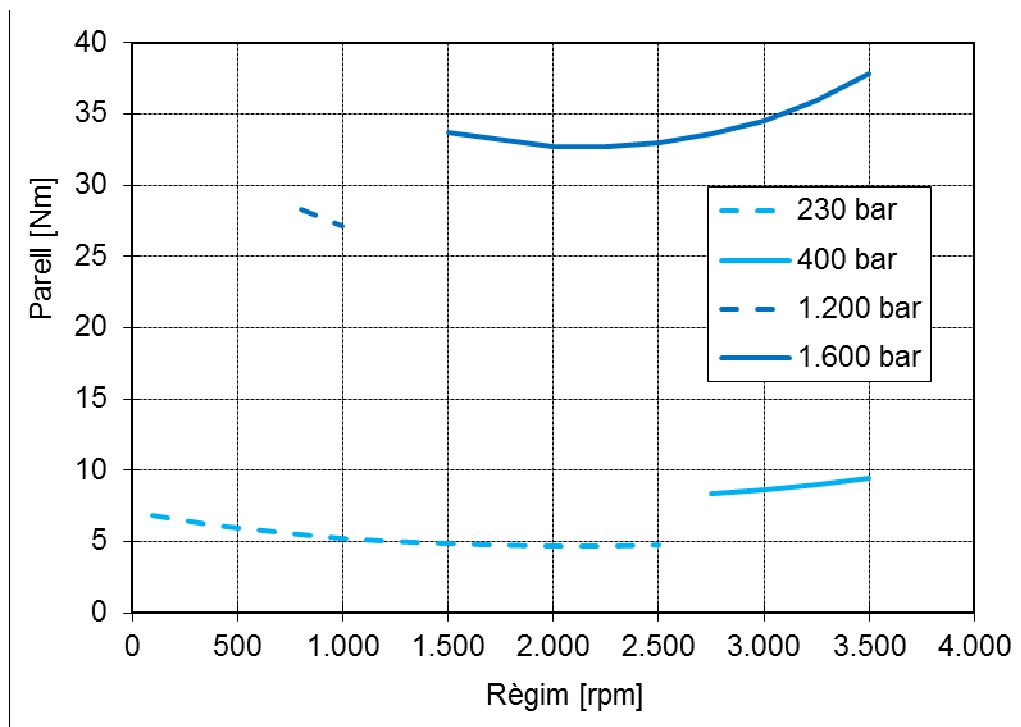


Fig. A-22. Resistència sonda de temperatura en funció de la temperatura. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Parell i règim de voltes.

El parell aplicat a l'eix de transmissió de la bomba és la força necessària per moure la bomba de transferència i la bomba d'alta pressió i aquesta varia segons les condicions de treball, principalment de la pressió de sortida a l'acumulador. El parell real mitjà a 2.000 rpm i 1.600 bar és de 32 Nm (calculat segons la potència hidràulica donada per la bomba i l'eficiència total. [veure 0]).

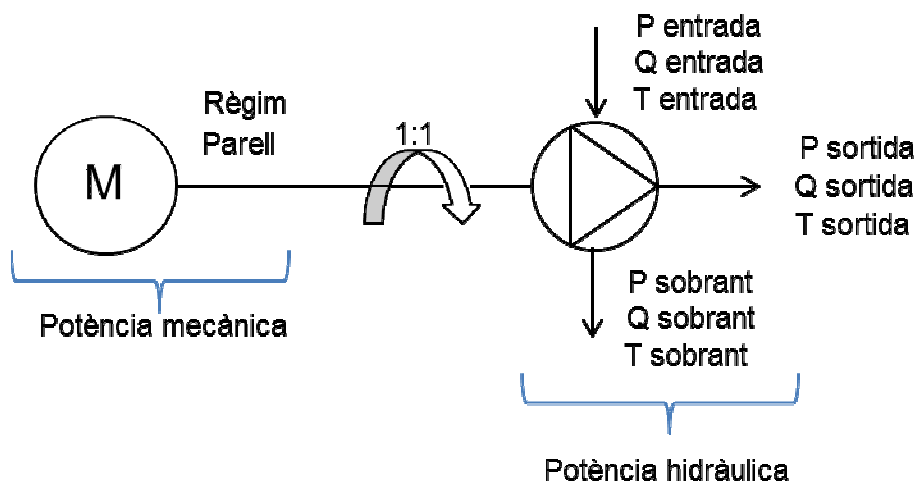
El règim de voltes de la bomba defineix principalment el cabal potencial que pot oferir la bomba segons la seva capacitat volumètrica ($1,2 \text{ cm}^3/\text{rpm}$). El rang de voltes al qual pot girar la bomba es correspon al rang de gir del motor on es munta, amb una relació 2:1. El màxim règim al que pot girar el motor és 7.000 rpm, amb la qual cosa el de la bomba és 3.500 rpm.



[Escriba texto]

Fig. A-23. Parell de gir de la bomba segons pressió i gir. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]**Rendiment i potència.**

La bomba transforma principalment l'energia mecànica donada pel motor en energia hidràulica en forma de un cabal de combustible a una pressió. No obstant, aquest procés de transferència d'energia té associats uns rendiments: volumètric, hidràulic i mecànic.

Fig. A-24. Esquema energètic del conjunt motor i bomba. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Rendiment volumètric: la bomba obté en funcionament un cabal inferior al que correspondria per la seva capacitat volumètrica (geometria). Això és degut principalment a les fuites internes del sistema (per exemple, fuites entre els pistons i els cilindres). Aquest rendiment varia segons les condicions de treball de la bomba (règim i pressió) i col·lateralment, la viscositat del combustible (pel tipus de combustible i la seva temperatura). Per una entrada constant d'oli ISO4113 a 40°C i un règim nominal a 2.000 rpm, 1.600 bar i 106 l/h reals, l'eficiència és del 74%.

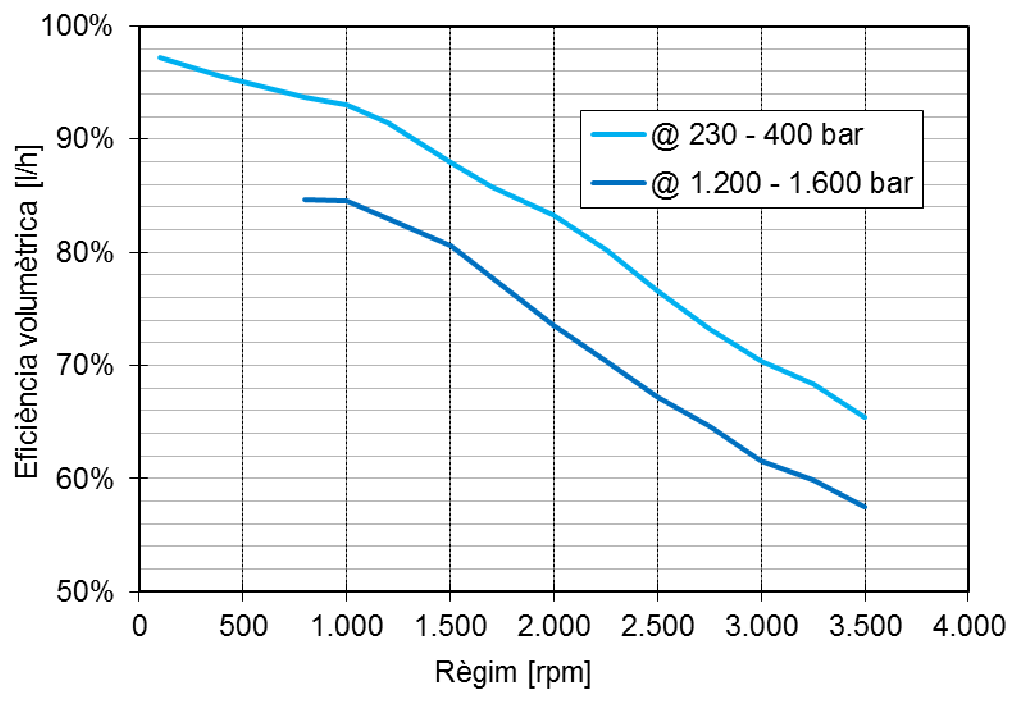


Fig. A-25. Rendiment volumètric segons el règim de la bomba i la pressió a l'acumulador.
Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Rendiment mecànic: la bomba presenta pèrdues de pressió degut principalment al fregament entre les parts mecàniques. A un règim nominal de 2.000 rpm i 1.600 bar, el rendiment mecànic és de 94%.

[Escriba texto]

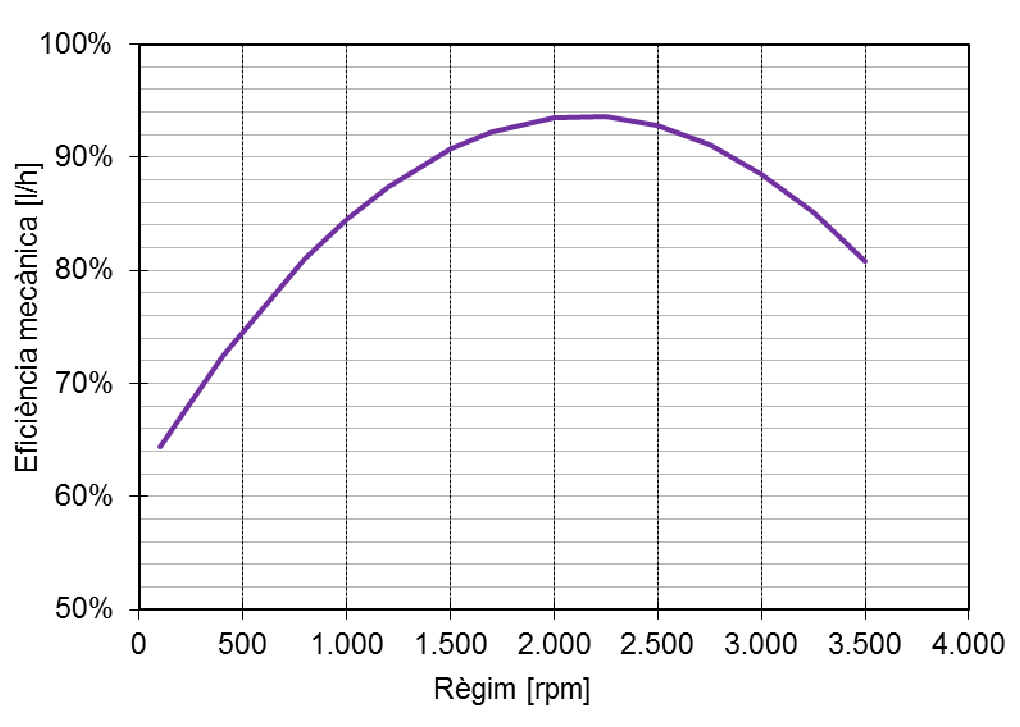


Fig. A-26. Rendiment mecànic de la bomba segons règim. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Rendiment total: el rendiment total indica la relació entre l'energia aplicada a la bomba (accionament eix de transmissió) i l'energia obtinguda en forma de cabal i pressió de combustible. Aquest rendiment inclou per tant, el rendiment volumètric i mecànic:

$$\text{Rendiment total} = \text{Rendiment mecànic} \times \text{Rendiment volumètric}$$

Per un funcionament nominal a 2.000 rpm i 1.600 bar, el rendiment total de la bomba és de 70%.

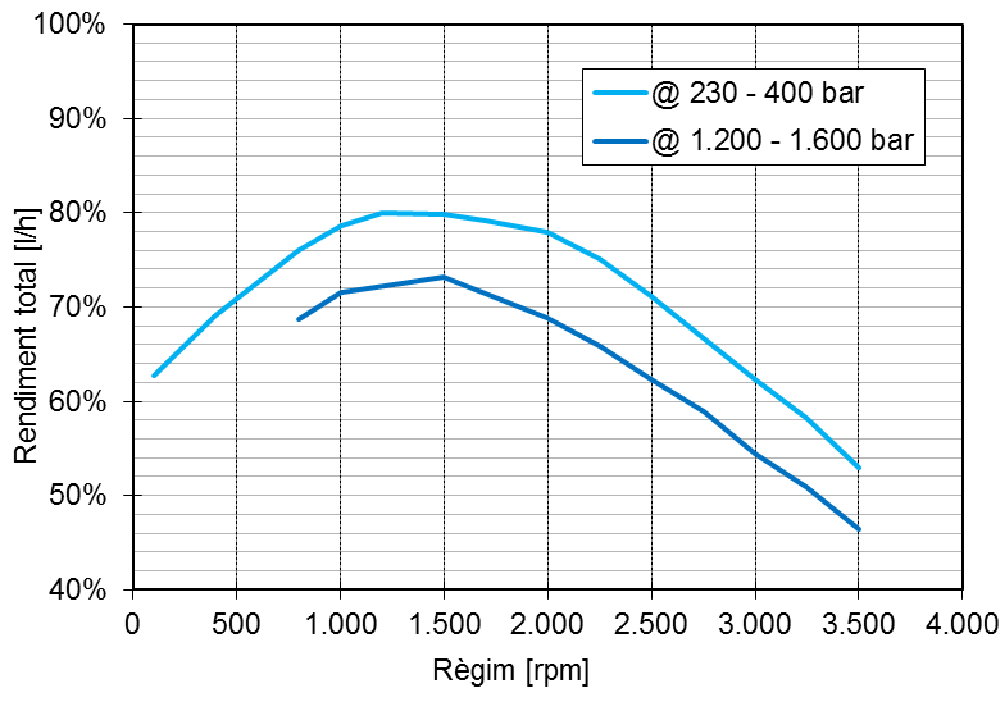


Fig. A-27. Rendiment total de la bomba segons règim. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Potència hidràulica: la potència hidràulica ve definida pel cabal i la pressió que dona la bomba. Pel règim nominal a 2.000 rpm i 1.600 bar, la potència hidràulica real obtinguda és de 4,7 kW.

[Escriba texto]

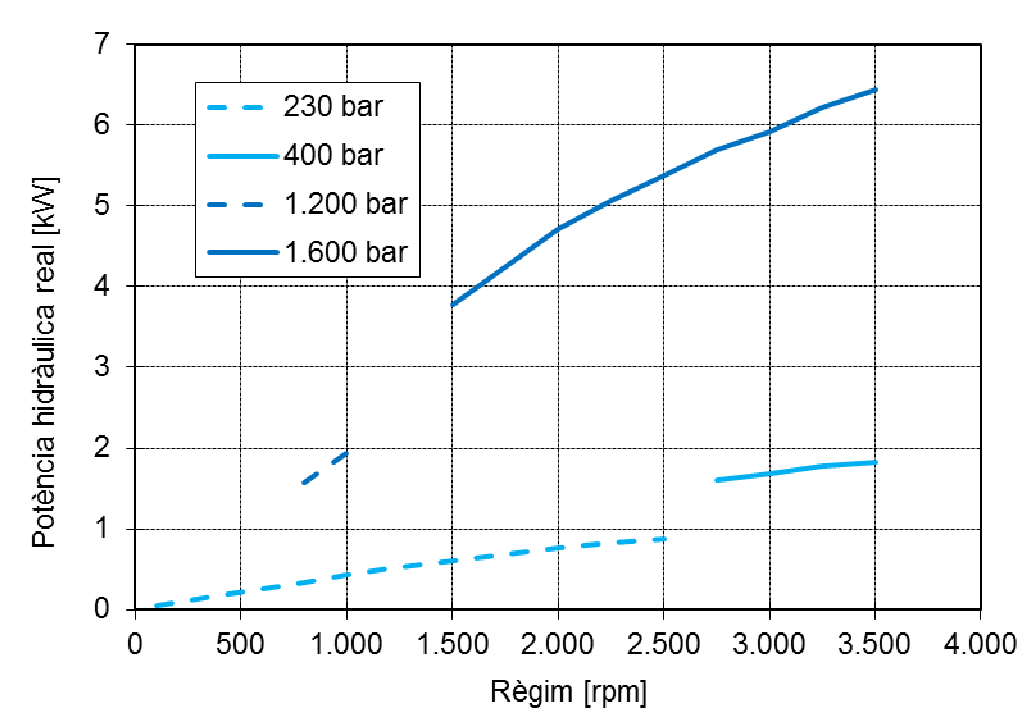


Fig. A-28. Potència hidràulica real segons el règim de la bomba i la pressió a l'acumulador.
Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Potència mecànica: La potència mecànica és la potència requerida o absorbida per la bomba (i donada pel motor) per generar la potència hidràulica de sortida més les pèrdues totals (mecàniques, hidràuliques i volumètriques). Pel règim nominal a 2.000 rpm i 1.600 bar, la potència mecànica requerida és de $4,7 \text{ kW} \div 69\% = 6,85 \text{ kW}$. Aquests 6,85 kW es corresponen a un parell de gir aplicat a l'eix de transferència de la bomba de 32,7 Nm.

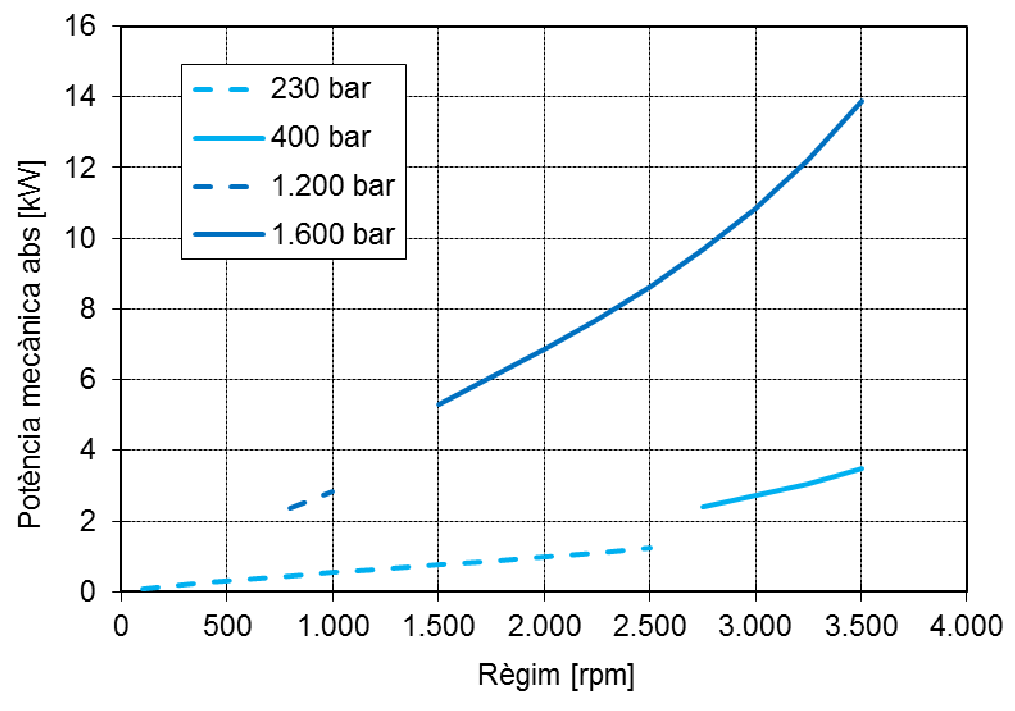


Fig. A-29. Potència mecànica absorbida per la bomba segons el règim i la pressió a l'acumulador. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

Resum prestacions.

Les prestacions de la bomba Diesel al voltant de la zona de màxima eficiència i pressió són:

Règim [rpm]	Pressió sortida d'alta pressió [bar]	Cabal real d'alta pressió [l/h]
1.500	1.600	87
2.000	1.600	106
2.500	1.600	121

[Escriba texto]

Fig. A-30. Resum prestacions màximes de la bomba CR DFP1.2. Font: *Delphi Diesel Systems* [1]

A2.6 Fluids compatibles.

La funció de la bomba és alimentar l'acumulador previ als injectors amb un cabal i a unes pressions determinades segons les condicions de funcionament. La bomba està calculada i els seus materials seleccionats per funcionar amb gasoil. No obstant, la bomba accepta treballar amb altres líquids de característiques sempre semblants al gasoil. Concretament:

- a) Combustible dièsel EN 590
- b) Combustible dièsel EN 590 amb 5% RME
- c) Combustible TLF 40C
- d) BS 2869 Classe 2
- e) ASTM D975-91 Classe 2, US DF2, US DFA
- f) JIS K2204 (1992) Graus 1,2 i 3.
- g) DIN V51606, o ORONORM C1190 (RME Ester metil de colza).
- h) Líquid de test ISO 4113

El líquid utilitzat en substitució del combustible serà el ISO 4113.

A2.7 Cost econòmic.

A data de la redacció del projecte, la bomba Delphi DFP1.2 es pot trobar al mercat per un cost mitjà d'uns 1.500€.

Com a referència:

<https://www.oscaro.es/bomba-de-inyeccion-ford-mondeo-2000-2-0-tdci-130cv-3904-20005-2606-gt?searchType=standard>

B. Estudi dels generadors d'aigua a alta pressió.

Actualment existeixen en el mercat diferents aplicacions industrials on hi ha un ús d'aigua a pressió superior als 500bar:

Aplicació	Mètode	Rang de pressió
Tall de materials	Energia cinètica (raig)	fins 4.000 bar
Neteja de superfícies		fins 2.000 bar
Descalcificació en producció d'acer		fins 600 bar
Conservació aliments	Energia potencial (pressió estàtica)	fins 5.000 bar

Taula B.1. Aplicacions industrials amb aigua a alta pressió. Font [8]

En les tres primeres aplicacions l'ús de l'aigua es realitza transformant la pressió en velocitat, mentre que en el tractament d'aliments l'ús és directament en forma de pressió estàtica.

En les aplicacions anteriors la pressurització de l'aigua es realitza mitjançant dos mètodes principalment: [8]

- a) **Pressurització directa** per bomba hidràulica d'altas prestacions.
- b) **Pressurització indirecta** per conjunt de bomba oleohidràulica i intensificador.

La selecció d'un o altre sistema es basa principalment en el rang de prestacions sol·licitat per l'aplicació. Concretament, el conjunt bomba oleohidràulica i intensificador es correspon a aplicacions on la pressió és el factor principal, mentre que el sistema directe de bomba

[Escriba texto]

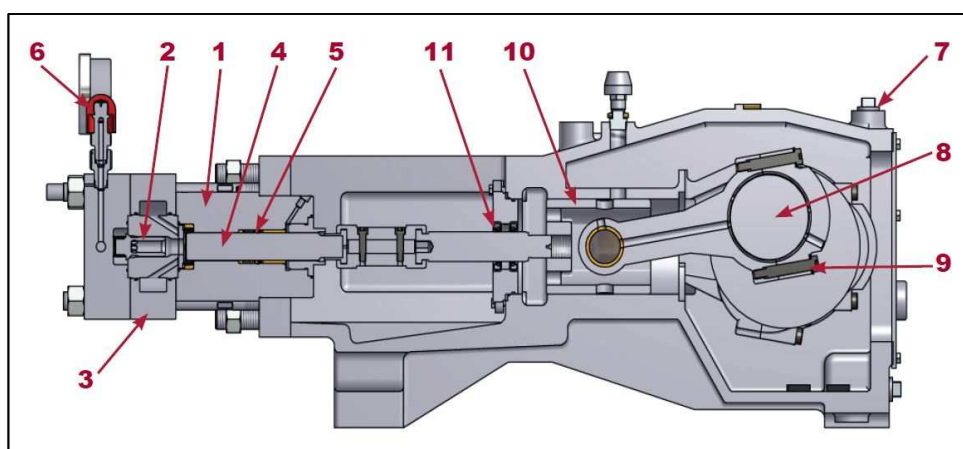
hidràulica es correspon a aplicacions on el cabal és el factor principal. No obstant, aquest sistema presenta major complexitat i cost econòmic.

B.1 Bomba hidràulica d'acció directa.

B.1.1 Descripció.

Es tracten principalment de bombes volumètriques de pistons lineals alternatius. Aquests pistons són accionats directament a través d'un arbre cigonyal que transforma el moviment rotacional d'un motor elèctric en el lineal dels pistons. Així com el cigonyal gira, aquest mou els pistons alternativament a través de la cambra o cilindre per realitzar els cicles de treball. Aquests cicles són constituïts per l'admissió d'aigua filtrada i la impulsió d'aquesta a alta pressió, tot això a través de vàlvules antiretorn. Per cada gir de cigonyal, es produeix un impuls de cada pistó.

Així com s'accelera el gir del motor, el cabal de sortida de la bomba es veu incrementat i depenent del circuit aigües amunt, la pressió. Gràcies a un cert solapament entre pistons i a la utilització d'atenuadors s'estabilitza el cabal de sortida que podria semblar pulsatiu.



Part hidràulica:

1. Cos dels cilindres.
2. Vàlvula.
3. Col·lector d'entrada.
4. Pistó.
5. Guia del pistó.
6. Limitadora sobrepressió.

Part potència:

7. Cos transmissió.
8. Eix de transmissió.
9. Bieles.
10. Creuetes.
11. Junta.

Fig. B-1. Vista seccionada d'una bomba de pistó. Font: *Gardner Denver Water Jetting Systems, Inc.* [16]

B.1.2 Prestacions.

El rang de prestacions habituals de les bombes hidràuliques per aplicacions amb aigua a alta pressió són:

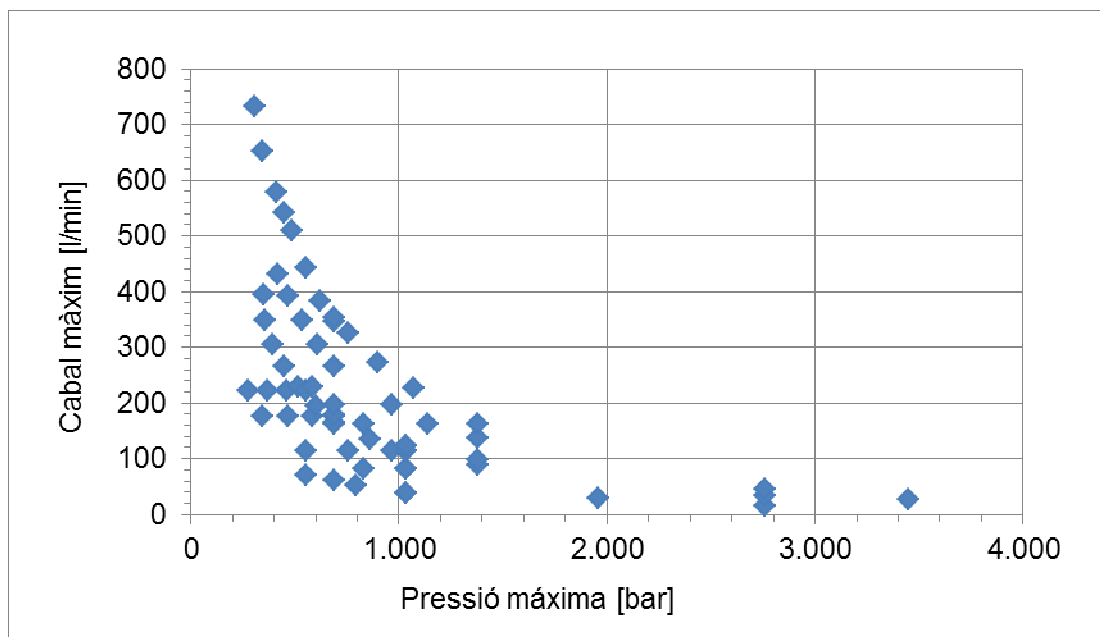


Fig. B-2. Rang de capacitats de bombes volumètriques directes. Font: *Gardner Denver Water Jetting Systems, Inc.* [4]

B.2 Conjunt bomba hidràulica i intensificador.

B.2.1 Descripció.

En aplicacions on es requereixen elevades prestacions (especialment pressió) els sistemes per pressuritzar l'aigua es basen en un conjunt constituït per una bomba volumètrica muntada en línia amb un intensificador, els quals constitueixen dos circuits hidràulics, un de baixa pressió amb oli i un d'alta amb aigua.

[Escriba texto]

En el circuit de baixa es produeix la pressurització d'oli a través d'una bomba de desplaçament positiu amb pistons lineals. Aquesta bomba es acciona per un motor elèctric amb la possibilitat de variar la seva velocitat de funcionament i per tant el cabal.

L'oli pressuritzat per la bomba acciona l'intensificador muntat aigües avall. Aquest intensificador pot considerar-se també una bomba reciprocant on el pistó no és accionat mecànicament sinó hidràulicament per l'oli en la fase de descàrrega de l'aigua i per l'aigua en la fase de càrrega. Aquest pistó presenta diferents seccions a cada cantó, major en el cantó de l'oli i menor en el cantó de l'aigua, de manera que s'obté la relació de multiplicació. Normalment els intensificadors són de doble efecte per millorar la continuïtat del cabal de sortida. La gestió de les curses del pistó es realitza mitjançant una vàlvula repartidora al circuit de l'oli, entre la bomba i l'intensificador.

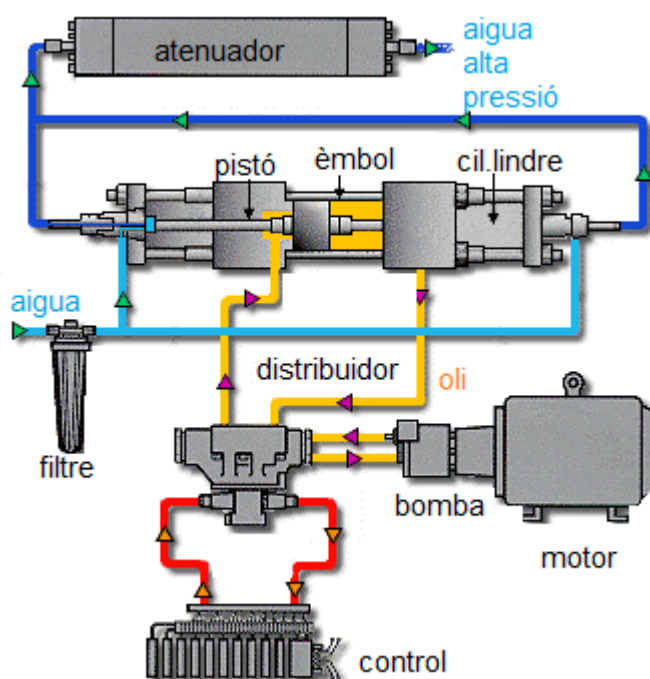


Fig. B-3. Exemple de sistema bomba més intensificador. Font: *KMT Waterjet* [17]

B.2.2 Prestacions.

El rang de prestacions habituals dels sistemes bomba més intensificador per aplicacions amb aigua a alta pressió són:

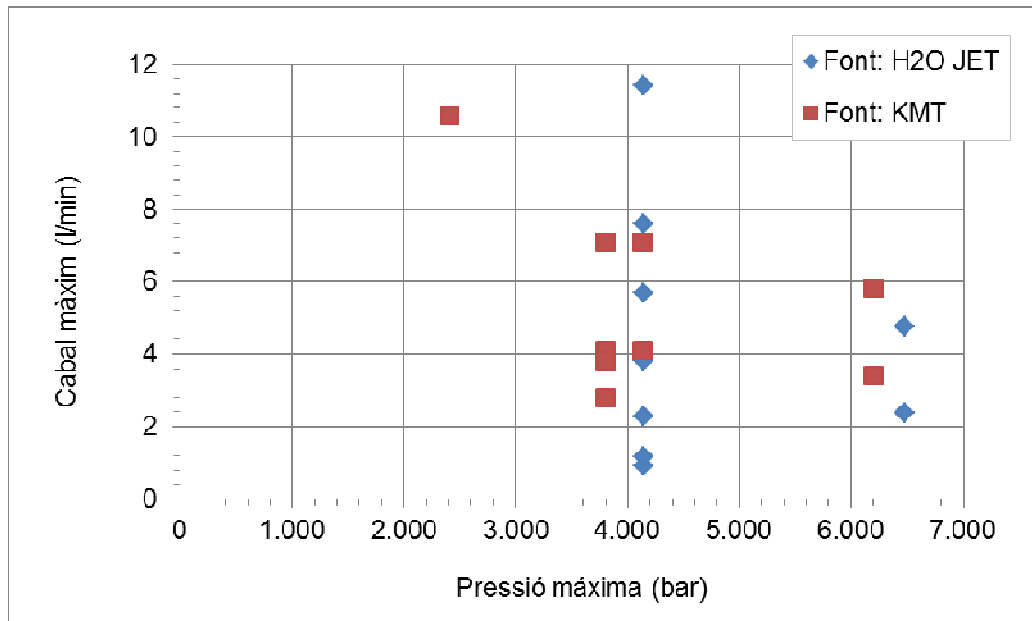


Fig. B-4. Rang de prestacions del conjunt bomba i intensificador. Font: *KMT Waterjet* [17] i *H2O JET* [18]

Per tant, els dos sistemes principals, directe i indirecte, presenten rangs diferents de prestacions segons la pressió i el cabal. El directe pot assolir majors cabals i menors pressions i l'indirecte menors cabals però majors pressions.

		Pressió [bar]	Cabal [l/min]
Directe	Bomba volumètrica	275 - 3.800	15 - 3.500
Indirecte	Bomba + Intensificador	2.400 - 6.500	0,9 - 11

Taula B.1. Comparativa dels sistemes d'alta pressurització de l'aigua. Font: *Gardner Denver* [4], *KMT Waterjet* [5] i *H2O JET* [18].

[Escriba texto]

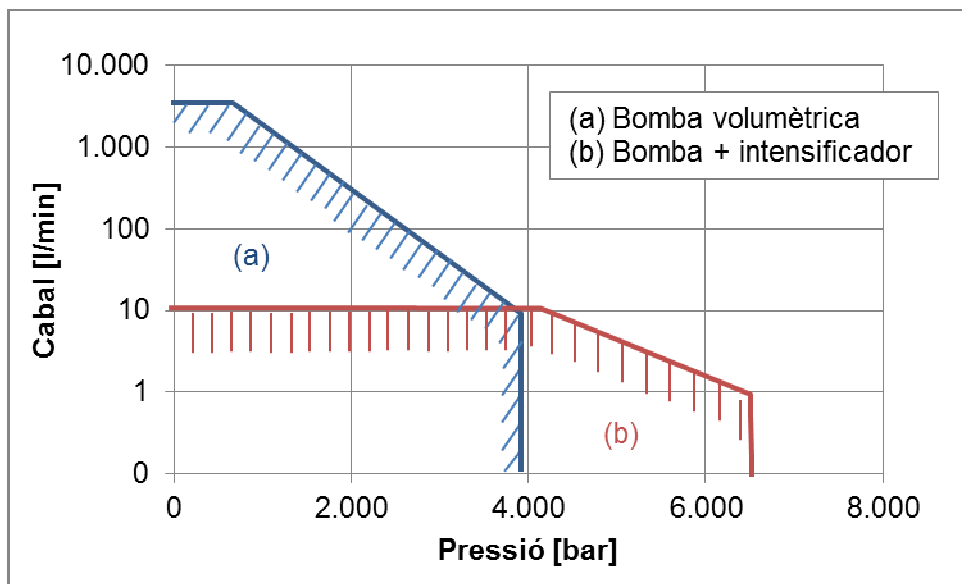


Fig. B-5. Rang de prestacions bomba volumètrica i conjunt bomba més intensificador. Font: *KMT Waterjet* [17] i *H2O JET* [18]

C.Fitxa tècnica de l'oli ISO4113.

DESCRIPCIÓ			
Oli mineral refinat i inodor que pot contenir additius per inhibir característiques indesitjables com l'espuma, l'envelliment, la corrosió i el desgast.			
CARACTERÍSTIQUES GENERALS			
Fluid especialment formulat per la calibració d'equips d'injecció dièsel.			
CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES			
Característica	Mètode	Unitat	Valor
Color	ISO 2049	-	2 max
Densitat relativa, 15°C	ISO 3675	-	0,820-0,830
Pour point	ISO 3016	°C	-35
Cloud point	ISO 3015	°C	-24
Flash point	ISO 2719	°C	85
Acidesa total	IP 1B	mgKOH/g	0.03
Sulfur actiu	ISO 2160	-	Classe 1 max
Destil·lació a 210°C a 360°C	ISO 3405	%	5 max
	ISO 3405	%	95 max
Viscositat a 40°C a -10°C	ISO 3104	cSt	2,55
	ISO 3104	cSt	10
Tendència Choking	7-2-66	litres	4.000
Resistència corrosió	ASTM D665	-	no corrosió
Residu test envelliment	ASTM D2274	mg/100ml	1 màx
Resistència oxidació - acidesa residus	7-2-68	mgKOH/g	0,3 màx
		%	0,05 màx
Espuma - tendència estabilitat	ASTM D892	ml	30
	ASTM D892	ml	0
Contingut aromàtic	ASTM D2140	%	5
Contingut d'aigua	ISO 3733	%	0,05 màx

Taula C.1. Taula resum de les característiques tècniques de l'oli ISO 4113.

[Escriba texto]

D.Principals acers dúplex:

EN#	1.4362	1.4162	1.4462	1.4635 1.4637	1.4410	1.4501	
UNS#	S32304	S32101	S31803 S32205	S82012 S82031	S32750	S32760	
Elongació (ductilitat) [%]	20	30	20	35	20	25	
Resistència corrosió [PRE]	26	26	35	25	43	42	
V Charpy (Tenacitat) [J]	60	60	60	60	60	60	
$\sigma_e^{20^\circ C}$ [N/mm ²]	400	450	450	500	550	550	
$\sigma_m^{20^\circ C}$ [N/mm ²]	600	650	655	700	795	750	
$\sigma_e^{140^\circ C}$ [N/mm ²]	326	366	366	407	448	448	
$\sigma_m^{140^\circ C}$ [N/mm ²]	566	613	618	660	750	707	
$\sigma_{adm}^{140^\circ C}$ [N/mm ²]	ASME VIII-1	162	175	177	189	214	202
	ASME VIII-2	217	244	244	271	298	295
	EN 13445	217	244	244	271	298	298
	2014/68/UE	171	193	193	214	236	236

Taula D.1. Resum de propietat mecàniques i tensions admissibles d'acers dúplex segons les Definició de la membrana: disseny i càlcul.

E. Característiques dels principals polímers fluorats.

MATERIAL	RESISTÈNCIA TÈRMICA	RESISTÈNCIA QUÍMICA	RESISTÈNCIA MECÀNICA			FUNCIONALITAT				
DIN/ISO	Nom comercial	T ^a mín. d'exp. cont. [°C]	T ^a màx. d'exp. cont. [°C]	Aigua	Oli ISO4113	Mòdul elàstic a tracció [N/mm ²]	Resist. a la tracció [N/mm ²]	Allargament a ruptura [%]	Tòxic.	Processat membrana
E/CTFE	Halar	-	140	Apte	Apte	1.690	49	300	Apte	Injecció
PCTFE	Aclar	-40	150	Apte	Apte	1.580	36	151,5	Apte	Injecció
PVDF	Fluorex	-	150	Apte	Apte	840	46	250	Apte	Injecció
PSU	Stabar	-	150	Apte	Apte	2.675	75	27,5	Apte	Injecció
PFA	Teflon PFA	-	200	Apte	Apte	350	32	300	Apte	Injecció
FEP	Teflon FEP	-100	205	Apte	Apte	350	25	290	Apte	Injecció
FPM (FKM)	Viton	-40	240	Apte	Apte	14	20,7	300	Apte	Extrusió, injecció
PTFE	Teflon	-200	250	Apte	Apte	410	30,5	450	Apte	Sinteritzat + mecanitzat
PEEK	Aroclon	-	250	Apte	Apte	3.650	92	50	Apte	Injecció

Taula E.1 Característiques principals dels polímers fluorats. Selecció del material per la fabricació de la membrana. [23]

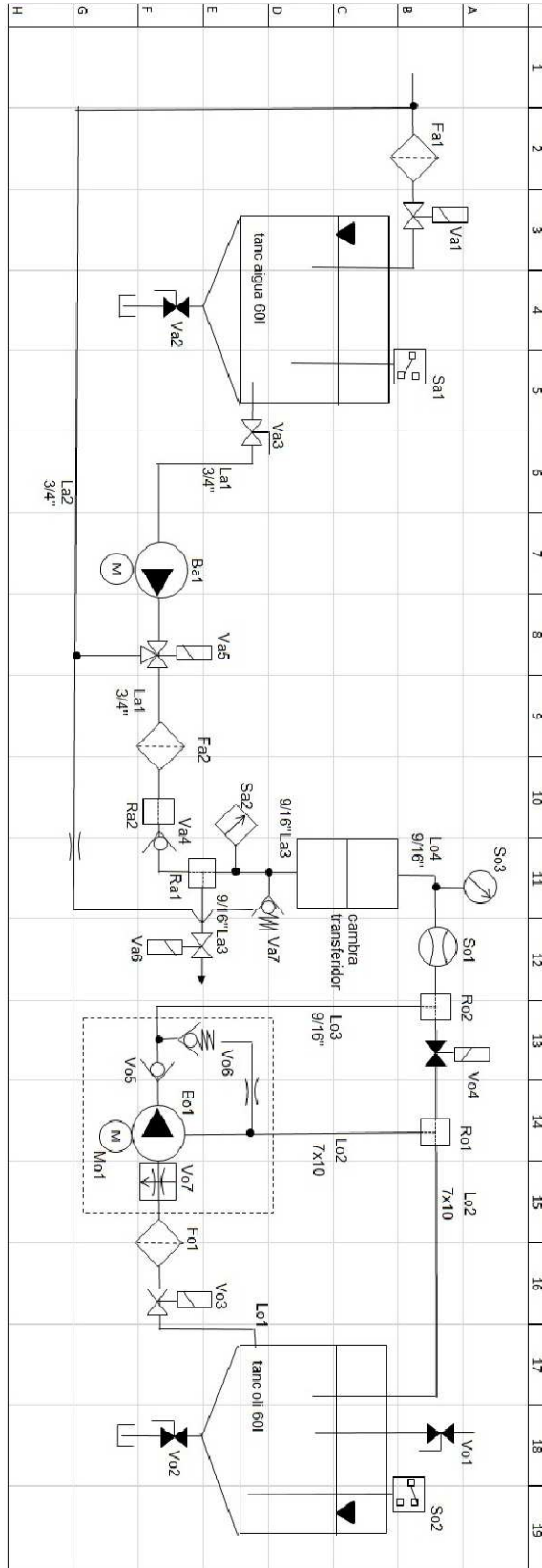
[Escriba texto]

F. Circuit hidràulic.

F.1. Disseny circuit hidràulic.



Circuit hidraulic.jpg



[Escriba texto]

F.2. Llista de components.

Item	Localització	Descripció	Referència
Ba1	F7	Bomba alimentació aigua a cambra	Grundfos CR1
Bo1	F14	Bomba alta pressió diesel	Delphi CR DFP1.2
Fa1	B2	Filtre entrada aigua al tanc (500µm).	PAL 1POG09FNS500G
Fa2	F9	Filtre sortida bomba (300µm)	PAL 1POG09FNS300G / 3DMPO9T2B1S6
Fo1	F15	Filtre oli entrada a bomba	Delphi HDF901
La1	-	Tub baixa pressió alimentació aigua	LEGRIS PE flexible 27x20 (3/4")
La2	-	Tub baixa pressió retorn aigua	LEGRIS PE flexible 27x20 (3/4")
La3	-	Tub aigua alta pressió	SITEC 8x14,3 (9/16") 730.2110
Lo1	-	Tub baixa pressió alimentació oli	LEGRIS PU flexible 10x7
Lo2	-	Tub baixa pressió retorn oli	LEGRIS PU flexible 10x7
Lo3	-	Tub aigua alta pressió	SITEC 8x14,3 (9/16") 730.2110
Mo1	F14	Motor elèctric accionament bomba CR DFP1.2	LEROY-SOMER TEFV induction motor AMP132
Mo1	F14	Servo del motor elèctric accionament bomba	Control Techniques UD53 0460 - 0088
Mo1	F14	Transmissió	Rotex 28 Std
Ra1	F11	Racor T entrada aigua - sortida aigua	SITEC 720-1413
Ra2	F10	Racord connexió circuit d'alta i de baixa.	SITEC 720.1410
Ro1	B14	Racor T entrada aigua - sortida aigua	SITEC 720-1413
Ro2	B13	Racor T entrada aigua - sortida aigua	SITEC 720-1413
Sa1	B5	Interruptor tanc aigua ple	EDH A4-211
Sa2	E11	Sensor de pressió	Asco Joucomatic PR811C
So1	B12	Caudalímetre	AW-LAKE HM005/TS- AC/HM003
So2	B19	Interruptor tanc oli buit	EDH A4-210
So3	A11	Manòmetre analògic (manteniment)	KMT 1705091001
Va1	B3	Vàlvula NC 2/2 entrada aigua al tanc.	Asco Joucomatic 8300D009U
Va2	F4	Vàlvula manual de bola drenatge tanc aigua	FG INOX 4RBIFC25
Va3	E5	Vàlvula manual de bola sortida aigua tanc a bomba	FG INOX 4RBIFC25
Va4	F10	Vàlvula anti-retorn pressió transferència	SITEC 720.4411
Va5	F8	Vàlvula 3/2 retorn sortida bomba aigua	Asco Joucomatic 8300D009U
Va6	F12	Vàlvula alta pressió NA 2/2 gestió entrada/sortida aigua a transferidor	SITEC 710.4113-D

Va7	D11	Vàlvula limitadora de pressió de transferència (max 1.800bar)	SITEC 729.4010
Vo1	B18	Vàlvula manual de bola alimentació tanc oli	FG INOX 4RBIFC25
Vo2	F18	Vàlvula drenatge tanc oli	FG INOX 4RBIFC25
Vo3	F16	Vàlvula NC 2/2 sortida oli tanc a bomba	Asco Joucomatic 8300D009U
Vo4	B13	Vàlvula retorn oli cambra a tanc	SITEC 710.4114-D
Vo5	F14	Vàlvula anti-retorn pressió transferència	Delphi CR DFP1.2
Vo6	F14	Vàlvula limitadora de pressió	Delphi CR DFP1.2
Vo7	F15	Electrovàlvula gestió cabal sortida bomba diesel	Delphi CR DFP1.2

F.3. Càlcul pèrdua de càrrega cycle admissió.

F.3.1. Tubs:

	Aigua @40°C	ISO4113 @40°C
Viscositat dinàmica [kg/ms]	$6,4 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
Viscositat cinemàtica [m ² /s]	$6,4 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-6}$

Fluid	Tub	Tram	Diametre [m]	Velocitat [m/s]	Viscositat cinemàtica [m ² /s]	Reynolds	E [mm]	Rugositat relativa	Coef. Darcy	Mètode
Aigua	Plastic	La1	0,02	0,88	6,00E-06	2947	1,50E-03	7,50E-05	4,38E-02	Darcy-Weisbach
Aigua	Acero	La3	0,008	5,53	6,00E-06	7368	2,40E-03	3,00E-04	3,39E-02	Darcy-Weisbach
Oli	Acero	Lo3, Lo4	0,008	5,53	2,57E-06	17202	2,40E-03	3,00E-04	2,75E-02	Darcy-Weisbach
Oli	Plastic	Lo2	0,007	7,22	2,57E-06	19660	1,50E-03	2,14E-04	2,65E-02	Darcy-Weisbach
Aigua	Acero	Cambra	0,2	0,01	6,00E-06	295	2,40E-03	1,20E-05	n/a	Hagen-Poiseuille
Oli	Acero	Cambra	0,2	0,01	2,57E-06	688	2,40E-03	1,20E-05	n/a	Hagen-Poiseuille

F.3.2. Elements:

Element	Kv [m ³ /h]
Va3	11
Va5	6,5
Fa2	6,5
Va4	0,15
Ra1/Ro1 180°	9
So1	3
Vo4	0,14
Corba Lo4	0,5

[Escriba texto]

Corba La1	0,3
-----------	-----

F.3.3. Sumatori dels tubs i els elements:

Cabal: 1m³/h

Element	h [m]
Dipòsit	0,5
Va3	-8,3E-03
La1 (1,5m)	-1,31E-01
Va5	-2,4E-02
Fa2	-2,4E-02
Va4	-4,4E+01
La3 (0,2m)	-1,32E+00
Ra1	-1,2E-02
Corba 90° La1	-1,1E+01
Cambra aigua (0,125m)	-5,8E-07
Cambra oli (0,125m)	-2,3E-07
So1	-1,1E-01
Ro1	-1,2E-02
Ro2	-1,2E-02
Vo4	-5,1E+01
Lo4 (0,5m)	-2,67E+00
Lo2 (1m)	-1,00E+01
Corba 90° Lo4	-4,0E+00
Dipòsit oli	0,5

Bomba	125,0
-------	-------

F.4. Càlcul pèrdua de càrrega cycle transferència.

F.4.1. Tubs:

Fluid	Tub	Tram	Diàmetre [m]	Velocitat [m/s]	Viscositat cinemàtica [m ² /s]	Reynolds	E [mm]	Rugositat relativa	Coef. Darcy
Aigua	Plastic	La1	0,02	0,11	6,00E-06	357	1,50E-03	7,50E-05	n/a
Aigua	Acero	La3	0,008	0,67	6,00E-06	892	2,40E-03	3,00E-04	n/a
Oli	Acero	Lo3, Lo4	0,008	0,67	2,57E-06	2081	2,40E-03	3,00E-04	3,08E-02
Oli	Plastic	Lo2	0,007	0,87	2,57E-06	2379	1,50E-03	2,14E-04	4,70E-02
Aigua	Acero	Cambra	0,2	0,00	6,00E-06	36	2,40E-03	1,20E-05	n/a
Oli	Acero	Cambra	0,2	0,00	2,57E-06	83	2,40E-03	1,20E-05	n/a

F.4.2. Elements:

Item	Kv [m3/h]
Va3	11
Va5	6,5
Fa2	6,5
Va4	0,15
Ra1 90°	0,4
So1	3
Vo4	0,14
Va6	0,14
Corba Lo4	0,5

F.4.3. Sumatori dels tubs i els elements:

Cabal: 0,121m³/h

Element	h [m]
Lo3 (0,5m)	-4,38E-02
So1	-1,3E-02
Cambra oli	-2,8E-08
Cambra aigua	-7,0E-08
La3 (0,4m)	-2,7E-02
Ro1 90°	-7,6E-01
Ra1 90°	-7,6E-01
Va6	-6,2E+00
Corba 90° Lo4	-4,8E-01
Diferència cota	1
total	-8,25

[Escriba texto]

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] DELPHI DIESEL SYSTEMS.
- [2] ROBERT BOSCH GmbH – DIESEL SYSTEMS.
- [3] CONTINENTAL AUTOMOTIVE GmbH – ENGINE SYSTEMS.
- [4] DENSO CORPORATION.
- [5] STANADYNE CORPORATION.0.81
- [6] INE: Instituto Nacional de Estadística.
- [7] K.MOLLENHAUER, H. TSCHOEKE. Handbook of Diesel Engines, DOI 10.1007/978-3-540-89083-6_17. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2010.
- [8] MAN Diesel & Turbo SE. Medium and Heavy Duty Diesel Engines manufacturer.
- [9] Burmeister & Wain Group. Heavy Duty Diesel Engines manufacturer.
- [10] Kubota Engine America Corporation. Light, Medium and Heavy duty Diesel Engines manufacturer.
- [11] Heinzmann GmbH & Co. KG. Medium and Heavy duty Diesel Engines manufacturer.
- [12] Cummins Inc. Medium and Heavy duty Diesel Engines manufacturer. 500 Jackson Street Columbus, IN 47201 U.S.A.
- [13] Wärtsilä Corporation. Medium and Heavy duty Diesel Engines manufacturer. John Stenbergin ranta 2 FI-00530 Helsinki Finland
- [14] HANNU JÄÄSKELÄINEN, MAGDI K.KHAIR. Common Rail Fuel Injection.
www.dieseln.net/tg.php
- [15] BERTUCCO A., VETTER G. *HHPT High pressure process technology: fundamentals and applications*. Industrial Chemistry library, Volum 9. Elsevier. Amsterdam: 2001.
- [16] Gardner Denver Water Jetting Systems, INC.
www.gardnerdenverproducts.com/
- [17] KMT Waterjet Systems Inc. 635 West 12th street. Baxter Springs. KS 66713. USA.
www.kmt-waterjet.com
- [18] H2O JET Companyser
www.waterjetparts.com
- [19] S.J. TÉLLEZ-LUIS, J.A. RAMÍREZ, et. al. *J. Cienc. Tecnol. Aliment.* Vol.3, No 2, pp. 66-80. Asociación de Licenciados en ciencia y tecnología de los alimentos de Galicia. Altaga. ISSN 1135-8122. 2001.
- [20] ENRIQUE PALOU, AURELIO LOPEZ-MALO, GUSTAVO V.BARBOSA-CANOVAS, BARRY G.SWANSON. *High-pressure treatment in food preservation. Handbook of*

[Escriba texto]

- food preservation, second edition*. Edited by M.Shafiur Rahman. CRC Press. Taylor & Francis Group. 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300. Boca Raton, FL 33487-2742.
- [21] TORRES, J.ANTONIO. *Food process engineering group*. 100 Wiegand Hall, Oregon State University. Corvallis, OR 97331-6602.
- [22] FOOD CONTACT MATERIALS (FCMs). European Food Safety Authority (EFSA).
www.ec.europa.eu/food/safety/chemical_safety/food_contact_materials/index_en.htm
www.webgate.ec.europa.eu/sanco_foods/main/?event=display
- [23] Reglamento (CE) Nº 2023/2006 de la Comisión de 22 de diciembre de 2006 sobre las buenas prácticas de fabricación de materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos. Diario oficial de la Unión Europea. 29.12.2006
- [24] Reglamento (UE) Nº 10/2011 de la Comisión de 14 de enero de 2011 sobre materiales y objetos plásticos destinados a entrar en contacto con alimentos. Diario oficial de la Unión Europea. 15.1.2011.
- [25] R.J.CRAWFORD. *Plastics Engineering*. The Queen's University of Belfast. Elsevier Bueerworht-Heinemann. Linacre House, Jordan Hill, Oxford.
- [26] Goma Membranas G921A. Membranas de goma con tejido. Aislamiento y Estanqueidad Erica SL.
www.ERICA.es/web/goma-membranas/
- [27] Tecnoflon®, A guide to Fluoroelastomers. Solvay Solexis, Inc.
www.solvaysolexis.com
- [28] Directiva 2014/68/UE del Parlament Europeu i del Consell de 15 de maig del 2014. relativa a l'harmonització de les legislacions dels Estats membres sobre la comercialització d'equips a pressió. Diari Oficial de la Unió Europea. Llibre 189, pàgines 164 a 259.
- [29] American Society of Mechanical Engineers (ASME). *Code for Pressure Vessels, division VIII section 3*.
- [30] American Society of Mechanical Engineers (ASME). *Code for Pressure Vessels, division II section D*.
- [31] MICHAEL F.ASHBY. *Materials Selection in Mechanical Design*. Third Edition. Elsevier. Butterworth-Heinemann. 2005.
- [32] DI CAPRIO, GABRIELE. *Los aceros inoxidables*. Grupinox. Editorial Ebrisa. Barcelona. 1999.
- [33] AK Steel Corporation. 9227 Centre Pointe Drive. West Chester, OH 45069.
www.aksteel.com/
- [34] ThyssenKrupp Aceros y Servicios S.A. Catàleg comercial, acers inoxidables austenítics AISI 316, 316L.

[35] Outokumpu stainless steels and high performance alloys. Catàlegs comercials acers inoxidable.

www.outokumpu.com/en/Pages/default.aspx

[36] NiDI, Nickel Development Institute.

www.nickelinstitute.org/

[Escriba texto]