

Projecte final de carrera

Disseny d'una xarxa d'aigua freda



109043

Laura Ferré Gairal
Andreu Mestre Borràs
Alberto Pinto Caparrós

Tutor: Josep M^a Chillida Rabada

Tarragona, 26 de Maig de 2009

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	Pàg. 5
1.1 Descripció dels rols	Pàg. 5
1.2 Resum	Pàg. 6
1.3 Agraïments	Pàg. 6
2. ETAPA PRELIMINAR	Pàg. 7
2.1 Descripció del projecte	Pàg. 7
2.2 Abast del projecte	Pàg. 7
2.3 Antecedents històrics	Pàg. 7
2.4 Alternatives del procés	Pàg. 8
2.4.1 Selecció del sistema de refrigeració	Pàg. 8
3.4.1.1 Sistema de refrigeració per compressió.....	Pàg. 8
3.4.1.2 Sistema de refrigeració per absorció.....	Pàg. 8
3.4.1.3 Justificació selecció del sistema de refrigeració.....	Pàg. 11
2.4.2 Selecció del disseny del sistema de refrigeració	Pàg. 11
2.4.3 Selecció del fluid refrigerant	Pàg. 11
2.4.4 Justificació selecció	Pàg. 12
2.5 Planificació inicial del projecte (Diagrama de Gantt)	Pàg. 14
3. BASES AL DESENVOLUPAMENT DE LA ENGINYERIA	Pàg. 16
3.1 Bases de disseny	Pàg. 16
3.1.1 Especificacions de l'alimentació	Pàg. 16
3.1.2 Capacitat, flexibilitat operativa i factor de servei	Pàg. 17
3.2 Dades bàsiques per el desenvolupament de l'enginyeria	Pàg. 18
3.2.1 Energies "Utilities"	Pàg. 18
3.2.1.1 Aigua.....	Pàg. 18
3.2.1.2 Energia elèctrica.....	Pàg. 18
3.2.1.3 Nitrogen.....	Pàg. 18
3.2.2 Preus de les energies	Pàg. 19
3.2.3 Dades de l'emplaçament	Pàg. 19
3.2.3.1 Climàtics, pluviomètrics i sísmics.....	Pàg. 19
3.2.3.2 Elevació i estructura del terreny.....	Pàg. 21
3.2.4 Normes i codis de disseny	Pàg. 22
3.2.4.1 Recipients.....	Pàg. 22
3.2.4.2 Canonades.....	Pàg. 22
3.2.4.3 Equips dinàmics.....	Pàg. 22
3.2.4.4 Instrumentació.....	Pàg. 22
4. DESENVOLUPAMENT DE L'ENGINYERIA BÀSICA	Pàg. 24

4.1 <u>Elaboració de diagrames</u>	Pàg. 24
4.1.1 De blocs	Pàg. 24
4.1.2 De Simulació: Estudi de simulació	Pàg. 25
4.1.3 De Flux de Procés (PFD)	Pàg. 26
4.1.4 De Canonades i instruments: P&ID	Pàg. 27
4.1.5 D'Implantació (Plot Plan)	Pàg. 28
4.2 <u>Disseny bàsic</u>	Pàg. 29
4.2.1 Disseny de canonades	Pàg. 29
4.2.1.1 Dimensionament de canonades i accessoris.....	Pàg. 29
4.2.1.2 Disseny mecànic de canonades i accessoris.....	Pàg. 31
4.2.1.3 Relació de canonades.....	Pàg. 32
4.2.2 Disseny de la instrumentació i control	Pàg. 34
4.2.2.1 Caracterització de les estratègies de control.....	Pàg. 34
4.2.2.2 Disseny de la instrumentació i control.....	Pàg. 36
4.2.2.3 Relació d'instruments de control.....	Pàg. 36
4.2.2.4 Sistema d'enclavaments.....	Pàg. 40
4.2.3 Disseny d'equips	Pàg. 41
4.2.3.1 Descripció funcional del projecte.....	Pàg. 41
4.2.3.2 Disseny específic dels equips.....	Pàg. 43
4.2.3.3 Fulles d'especificació.....	Pàg. 44
5. <u>SEGURETAT AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS</u>	Pàg. 52
5.1 <u>Anàlisi de risc preliminar</u>	Pàg. 52
5.1.1 Disseny de identificació del risc associat a les substàncies	Pàg. 52
5.1.2 Hazoop	Pàg. 52
5.1.2.1 Mesures de protecció per a la utilització d'amoníac.....	Pàg. 58
5.2 <u>Mesures de protecció contra incendis o vessaments</u>	Pàg. 60
5.2.1 Sistemes automàtics de detecció d'incendis	Pàg. 60
5.2.2 Detector d'explosivitat	Pàg. 61
5.2.3 Sistemes manuals d'alarmes d'incendis	Pàg. 61
5.2.4 Extintors manuals	Pàg. 61
5.2.4.1 Extintors de pols seca.....	Pàg. 62
5.2.4.2 Extintors de CO ₂	Pàg. 62
5.2.5 Xarxa de boques d'incendi	Pàg. 63
5.2.6 Senyals acústiques i lluminoses d'alarma	Pàg. 63
5.3 <u>Protecció d'equips a sobreprensions</u>	Pàg. 64
5.3.1 Protecció del compressor	Pàg. 64
5.3.2 Protecció de les bombes volumètriques	Pàg. 65

5.3.3 Protecció de recipients a pressió.....	Pàg. 65
5.4 <u>Sistemes de protecció personal</u>	Pàg. 65
6. <u>MEDIAMBIENT AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS</u>	Pàg. 67
6.1 <u>Identificació i avaluació de les emissions</u>	Pàg. 67
6.1.1 Atmosfèrics.....	Pàg. 67
6.1.2 Líquids.....	Pàg. 67
6.1.3 Soroll.....	Pàg. 67
6.2 <u>Consum d'energia i recursos naturals</u>	Pàg. 68
6.3 <u>Contribució a l'efecte hivernacle</u>	Pàg. 68
7. <u>MANTENIMENT DE LES INSTAL·LACIONS</u>	Pàg. 69
7.1 <u>Plans regulars de manteniment</u>	Pàg. 69
7.1.1 Inspeccions diàries.....	Pàg. 69
7.1.2 Inspeccions mensuals.....	Pàg. 70
7.1.3 Inspeccions periòdiques.....	Pàg. 71
7.1.4 Inspeccions anuals.....	Pàg. 71
7.2 <u>Carques d'oli i de refrigerant</u>	Pàg. 72
7.2.1 Nivell d'oli.....	Pàg. 72
7.2.2 Refrigerant en l'oli lubricant.....	Pàg. 73
7.2.3 Comprovació de la càrrega de refrigerant de la planta.....	Pàg. 72
7.2 <u>Detecció i correcció d'averies</u>	Pàg. 74
7.3.1 Compressor.....	Pàg. 74
7.3.2 Oli.....	Pàg. 78
8. <u>MANUAL D'OPERACIÓ</u>	Pàg. 79
8.1 <u>Manual per a l'operació de l'equip de fred</u>	Pàg. 79
8.1.1 Objectiu.....	Pàg. 79
8.1.2 Àmbit d'aplicació.....	Pàg. 79
8.1. Responsabilitats.....	Pàg. 79
8.1.2 Descripció de la instal·lació.....	Pàg. 79
8.1.2 Funcionament de la unitat.....	Pàg. 79
8.1.5.1 Accions prèvies a la posada en marxa.....	Pàg. 79
8.1.5.2 Posada en marxa.....	Pàg. 80
8.1.5.3 Funcionament en estat estacionari.....	Pàg. 81
9. <u>ESTUDI ECONÒMIC</u>	Pàg. 83
A.1 <u>DISSENY D'EQUIPS</u>	Pàg. 88
A.2 <u>POSADA EN MARXA</u>	Pàg. 96
A.3 <u>ESTUDI ECONÒMIC</u>	Pàg. 98
A.4 <u>FITXES DE SEGURETAT</u>	Pàg. 88

1. INTRODUCCIÓ

Títol del projecte	Disseny d'una xarxa d'aigua freda
Número	109043
Data	26 de Maig de 2009
Responsable del Projecte	Laura Ferré Gairal
Responsable d'enginyeria	Alberto Pinto Caparrós
Responsable de procés	Andreu Mestre Borràs

1.1 Responsabilitat i rols

El grup s'ha organitzat mitjançant l'assignació de diferents rols, a continuació es pot veure les funcions específiques de cada rol :

- **Responsable del projecte** : Abast i definició del projecte , justificació econòmica i pressupost, terminis (PERT), coordinació d'activitats, gestió de la documentació, elaboració dels manuals (operació i manteniment), seguretat i medi ambient.
- **Responsable d'enginyeria**: Especificacions (canonades, instruments), càlculs mecànics, implantació i inversió necessàries, resistència de materials, llistes (equips, instruments, canonades).
- **Responsable de procés**: Balanç de matèria i energia, cinètica i termodinàmica, dimensionament bàsic, dades de partida, control del procés, especificacions (equips), PFD, PCD, P&ID.

1.2 Resum

Es tracta d'un projecte que pretén dotar al Site de BASF Espanola S.L a Tarragona d'una xarxa d'aigua freda.

El projecte comprèn el disseny de la instal·lació i la xarxa de distribució, de manera que s'asseguri el subministra de qualitat i amb garanties a les diferents unitats consumidores.

Donat que les necessitats de cada planta són diferents, s'ha realitzat un estudi molt detallat dels diferents paràmetres a considerar com a bases de disseny:

- Cabal mig i punta requerit per cada client.
- Temperatura.
- Estacionalitat de subministra.
- Especificacions pròpies de les plantes.
- Retorns.

També s'ha realitzat l'estudi de la seguretat i mediambiental en les instal·lacions justificant la inversió efectuada en el sistema de control de la planta.

La inversió total de la planta s'eleva fins a 4.551.159 €.

S'ha realitzat l'estudi del VAN en funció del temps i s'ha comprovat que es recupera la inversió i s'obtenen beneficis ràpidament. El TIR en el nostre cas dóna superior al 100%, això vol dir que el nostre projecte es molt viable.

1.3 Agraïments

Primer de tot, començarem agraint als professors i associats de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química pel seu ajut sempre i quan l'hem necessitat. Tot seguit agraiem al nostre tutor, Sr. Josep Maria Chillida, per la seva constant ajuda i ànims proporcionats. Gràcies al personal de BASF SA. per la seva col·laboració, i en especial a Judit Bonet. I per últim donar les gràcies al nostres familiars i amics, que han sabut valorar i respectar el nostre treball i han sabut perdonar la nostra absència en algun que altre moment important.

2. ETAPA PRELIMINAR

2.1 Descripció del projecte

Es tracta d'un projecte que pretén dotar al *Site* de BASF Española S.L a Tarragona d'una xarxa multi-planta d'aigua freda.

S'ha realitzat el disseny de la instal·lació i la de refrigeració amb aigua freda centralitzada i gestionada pel departament de subministrament d'energies.

2.2 Abast del projecte

L'abast del projecte és el disseny i d'una xarxa multi-planta d'aigua freda, tal com s'ha esmentat anteriorment.

Per tal d'aconseguir l'objectiu final del projecte, s'han especificat uns camps de treball que són els següents:

- Confecció de diagrames: De blocs, P&ID, PFD.
- Simulació del procés.
- Selecció i dimensionament dels equips.
- Selecció i implantació del sistema de control.
- Confecció dels manuals d'operació, manteniment, seguretat, medi ambient i qualitat.

2.3 Antecedents històrics

Per tal de comprendre les necessitats que es volen resoldre realitzant el disseny del sistema de refrigeració a continuació es descriu la situació anterior al *site* BASF, ubicat a Tarragona.

Aquest disposa de tres plantes on es requereix la instal·lació d'un sistema de refrigeració d'aigua freda per tal d'optimitzar els processos de producció tot augmentant la seva competitivitat.

La primera planta produeix propilè a partir de propà (deshidrogenació de propà). Els vapors de cap del *splitter* de separació propà/propilè passant per un condensador i tot seguit per un acumulador des de el que surt el reflux i el destil·lat. En aquest acumulador hi ha una sortida d'*offgas* per treure els inerts. Aquest corrent es reutilitza com combustible gas a la caldera de producció de vapor. Es tracta d'una corrent amb un alt contingut de propilè. L'objectiu

consisteix en, mitjançant la instal·lació d'un bescanviador amb aigua freda, condensar la major part possible d'aquest propilè per valoritzar-lo com a producte acabat en lloc de com a combustible.

La segona planta produeix polipropilè (a partir de la polimerització de propilè), i disposa també d'un *splitter*. Tal com es pretén en el cas de la planta esmentada en el paràgraf anterior, aquí es tractaria també de recuperar per condensació la major part possible del propilè contingut en l'offgas de la columna.

La tercera i última planta es una unitat d'hydroformilació, és a dir, a partir de propilè es fabriquen butilaldehids (n- i iso). El producte surt del reactor en fase gas i es condensa abans de portar-lo a l'etapa següent del procés. Des de l'acumulador on es recull el producte condensat, surt un corrent d'*offgas*, el qual s'envia a cremar a la caldera de vapor i el que es pretén un altre cop es disposar d'un bescanviador per aquest corrent que condensi i recuperi els productes de valor continguts en aquest.

Davant d'aquesta situació, es vol arribar a instal·lar un sistema de fred, ubicat a la planta d'energies, i des de aquesta es distribuir l'aigua freda cap a les tres plantes que requereixen aquest servei, per tal de recuperar la major quantitat possible de productes de valor, i així d'aquesta manera poder vendre'ls posteriorment.

2.4 Alternatives de procés

S'ha realitzat un estudi inicial de les diferents alternatives de procés per tal de realitzar el disseny del sistema de refrigeració que satisfaci les necessitats del client.

Els criteris que s'han seguit a l'hora de realitzar l'estudi han estat la selecció d'un sistema de refrigeració econòmic i sostenible pel medi ambient.

2.4.1 Selecció del sistema de refrigeració

2.4.1.1 Sistema de refrigeració de compressió

El cicle per compressió mecànica consta, essencialment, d'un compressor, d'un condensador, d'un evaporador i d'una vàlvula d'expansió. Un esquema del cicle es pot observar en la figura 2.4.1.1:

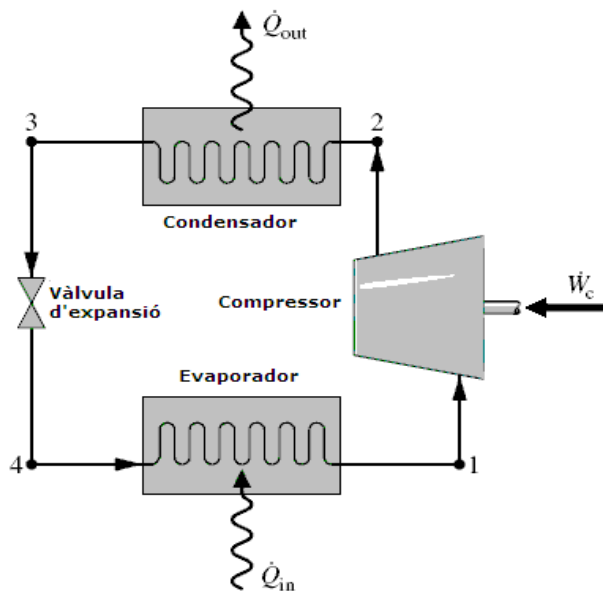


Figura 2.4.1.1.1 Esquema d'un cicle refrigeració per compressió.

En l'evaporador, el fluid refrigerant es vaporitza, agafant el calor del medi o del fluid a refredar. El vapor resultant es comprimeix fins a una pressió adequada per poder-lo condensar mitjançant un aerorefrigerant o un bescanviador d'aigua de refrigeració. A través d'una vàlvula d'expansió el líquid obtingut s'envia al evaporador on de nou es vaporitza absorbint el calor del producte que es pretén refrigerar, en aquest cas l'aigua de la xarxa d'aigua freda, reiniciant-se així de nou el cicle.

Tal com s'ha mencionat al paràgraf anterior, existeixen vaires alternatives en quan al condensador. Per una banda es pot utilitzar un bescanviador de carcassa i tubs, i com a fluid calent aigua industrial. L'altra alternativa consisteix en la instal·lació d'un aero-refrigerador, per tal de realitzar la condensació amb aire ambiental. Si es condensa amb un aero-refrigerador no existeixen costos referents a la utilització d'aigua industrial però sí d'energia elèctrica per el funcionament dels motors.

2.4.1.2 Sistema de refrigeració per absorció

Aquest sistema es basa en la solubilitat d'un gas en una solució a baixa temperatura i en la propietat de tornar a formar el gas quan augmenten la seva temperatura. A més la absorció ve acompanyada d'un alliberament de calor.

En aquest cicle, consta essencialment d'un absorbidor, d'un bullidor, d'un condensador, d'un evaporador i d'una vàlvula d'expansió tal com es mostra en la figura 2.4.2:

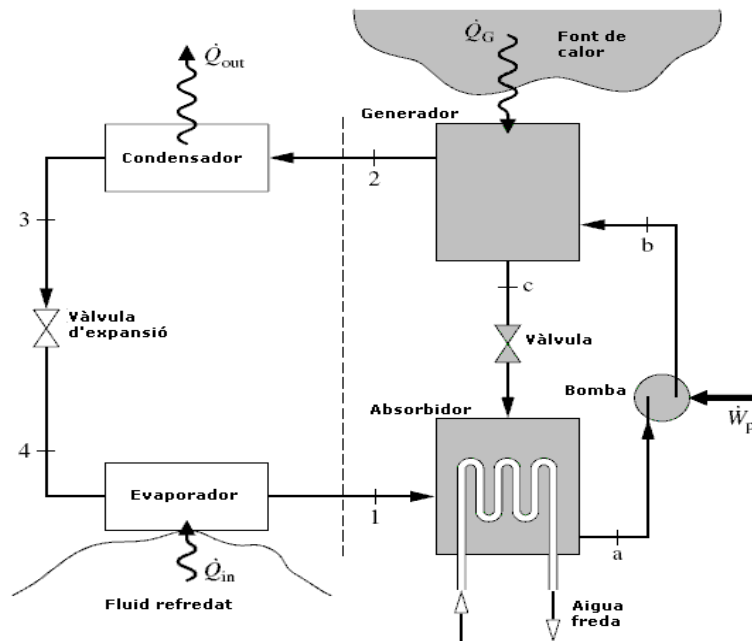


Figura 2.4.1.2.1 Esquema d'un cicle refrigeració per absorció.

En el generador existeix una mescla líquida formada per un líquid absorbent i un vapor refrigerant dissolt en ell. El líquid absorbent ha de ser capaç de dissoldre el vapor refrigerant. A més han de tenir punts d'ebullició diferents.

Mitjançant energia calorífica es separen els dos fluids (el refrigerant i el líquid absorbent). El vapor refrigerant surt del generador a alta temperatura i pressió i es liqua en el condensador. A continuació es disminueix la pressió del vapor amb una vàlvula d'expansió. En l'evaporador es retorna en estat vapor el refrigerant, absorbint la calor del la zona o fluid a refrigerar. El vapor format es dissol en l'absorbidor on es mescla amb el líquid absorbent, i es genera calor que es dissipa per una corrent d'aigua freda. Aquesta mescla es bombejada cap el generador on es tanca el cicle.

L'inconvenient d'aquest sistema es que es requereix una font d'energia tèrmica en el generador. Sol ser rentable implementar aquest cicle quan es disposa d'energia tèrmica residual o a baix cost.

2.4.1.3 Justificació selecció del sistema de refrigeració

El rendiment del cicle d'absorció es menor al cicle de compressió però a vegades pot compensar si l'energia tèrmica, del generador en un cicle d'absorció, es més econòmica que l'energia elèctrica utilitzada en el compressor en el cicle de compressió.

Com que en la zona on es vol construir la instal·lació d'aigua freda no es disposa de una font d'energia tèrmica econòmica, s'ha optat per escollir el cicle de compressió per el seu major rendiment termodinàmic.

2.4.2 Selecció del disseny del sistema de refrigeració

Per tal de realitzar el sistema de refrigeració hi havien dues alternatives: un sistema centralitzat i un sistema independent per a cada planta.

S'ha realitzat un pre-estudi econòmic i s'ha arribat a la conclusió de que el sistema centralitzat és el mes adient ja que és el més econòmic. Un cop s'ha arribat a aquesta conclusió s'ha procedit al disseny d'aquest sistema de refrigeració.

2.4.3 Selecció del fluid refrigerant

Per tal de realitzar el disseny del sistema de fred s'ha realitzat l'estudi de l'elecció del fluid refrigerant. A la hora de la elecció s'han tingut en compte les característiques que ha de tindre un bon refrigerant que són les següents:

- a) Nociu per el medi ambient : ODP=0 i baix GWP.
- b) Alt calor calent de vaporització (L_V) per unitat de massa, de manera que únicament es necessiti la circulació d'una petita quantitat de refrigerant.
- c) Una gran diferència d'entalpia per unitat de volum entre els estats de vapor i de líquid.
- d) Un exponent isoentròpic k ($k = C_p / C_v$). La potència consumida depèn d'aquest exponent.
- e) Un bon coeficient econòmic η_C (o COP_{ref}).
- f) Bones característiques de transferència de calor: el refrigerant ha de posseir un bon coeficient de conducció de fase líquida, així com en l'estat de vapor. La viscositat dinàmica ha de ser lo mes baixa possible i el calor específic del vapor ha de ser alt.
- g) Un pes molecular M elevat, ja que condueix a un exponent k .

- h) Una pressió moderada a la temperatura de condensació.
- i) A baixes temperatures de vaporització la pressió hauria de ser lleugerament superior a la temperatura atmosfèrica. D'aquesta manera no es produirien l'entrada d'aire al sistema quant existeixin fugues.
- j) El refrigerant no hauria de ser car i fàcilment disponible.
- k) Ha de ser nociu i no tòxic pels essers humans.
- l) El refrigerant no ha de ser corrosiu, ni atacar als metalls i a altres materials constructius o a l'oli.

Tenint en compte tots aquests aspectes cercant bibliogràficament¹ s'ha escollit com a refrigerant l'amoníac (R717).

2.4.4 Justificació selecció

Anteriorment s'ha proporcionat una llista de les característiques del refrigerant ideal. Ara es procedirà a descriure el comportament de l'amoníac respecte a les característiques exposades en la llista:

- a) S'ha demostrat que l'amoníac com a refrigerant és nociu respecte el medi ambient.

A la següent taula es mostren diferents valors d'ODP (*Ozone Depletion Potential*):

Taula 2.4.5.1 Taula potencial de destrucció de l'ozó

Fluid refrigerant	Potencial de destrucció del ozó (ODP) ²
CFC 11	1,0
HCFC 22	0,055
HCFC 123	0,02
HFC 134a	0,0
R 404A	0,0
R 407C	0,0
R 410A	0,0

¹ P.C Koelet., *Frío industrial: Fundamentos, diseño i aplicaciones*. A. Madrid Vicente, Ediciones.

² M.Lamúa y Francisco J.Cuesta., *El amoníaco como refrigerante*. AMV Ediciones.

R 507	0,0
R 717 (NH₃)	0,0

El PEI (*Potencial de efecto invernadero*) o GWP (*Global Warning Potential*). La referència és el CO₂, al qual se li atribueix un valor de PRG de 1; el temps d'integració generalment adoptat és de 100 anys. En la següent taula es poden veure alguns valors de PEI dels principals refrigerants utilitzats:

Taula 2.4.5.2 Potencial del efecte hivernacle d'alguns refrigerants

Fluid refrigerant	PEI (GWP)
CO ₂ (R744)	1
R 717 (NH₃)	0
R 290	3
R 22	1500
R 134a	1300

- b) L'amoniac posseeix una alta energia tèrmica latent (L_V) per unitat de massa, això fa que el cabal màssic que circula sigui petit. Això dona com a resultat unes seccions dels tubs menors i menor consum d'energia. Aquest fet resulta un estalvi energètic pel procés.
- c) Té una elevada diferència de d'entalpia per unitat de volum.
- d) Posseeix un exponent isoentròpic (k) més alt que els refrigerants de tipus CFC, HCFC i HFC. Això es degut a la massa molecular (M) de l'amoniac tal com es mostra en la següent equació:

$$k = \frac{C_p}{C_v} = \frac{(C_v + R)}{C_v} = 1 + \frac{R_0}{M C_v} \quad (1)$$

- e) La pressió crítica és de 113 bar i la temperatura crítica és de 132,4 °C, això fa que la temperatura de condensació més comú (pròxima a 35°C) es situï molt per sota del punt crític.

- f) i g) Com a conseqüència del baix pes molecular de l'amoníac (17,031) dona com a resultat una densitat i una viscositat reduïdes. Per aquesta raó el sistema de canonades, vàlvules i compressors són més barats que els que es requereixen amb altres refrigerants.

Amb els compressors d'amoníac s'admet un nombre de revolucions de 2,5 fins a 3 vegades més alt, a igual nombre de pèrdues de càrrega. També a causa d'aquest baix pes molecular, els coeficients de transferència estan positivament influïts per un bon coeficient de conducció del líquid i del vapor, una baixa viscositat dinàmica, elevat calor específic del vapor, elevat calor latent i baixa densitat del líquid.

A la següent taula es poden observar totes les propietats descrites anteriorment en comparació al refrigerant R 22:

Taula 2.4.5.3 Comparació característiques amb R22

Característiques	Relació R717/R 22
Calor específic	4:1
L_v	6:1
Conductivitat tèrmica	5,5:1
Viscositat	0,8:1
Densitat del líquid	0,5:1

- h) La pressió de condensació a les temperatures usuals de condensació és igual a la majoria de la resta de refrigerants
- i) A $-33,5$ °C la pressió de vaporització encara es troba per sobre de la pressió atmosfèrica.
- j) L'amoníac és un refrigerant barat i sempre es troba disponible en qualsevol lloc.
- k) Posseeix una olor desagradable, això suposa un avantatge en les deteccions de fugues.

2.5 Planificació inicial del projecte (Diagrama de Gantt)

Per tal de realitzar totes les tasques del projecte s'ha realitzat una planificació inicial del seu desenvolupament. Ja que les dades del procés no depenen només de nosaltres s'ha deixat un marge de temps per tal de si hi ha algun imprevist poder acabar el projecte a temps. La

planificació s'ha realitzat seguint el model d'un diagrama de Gantt, a on es poden veure a l'esquerra les tasques i a l'esquerra la duració d'aquestes.

En aquest diagrama es pot observar la desviació de temps real al previst mitjançant les línies discontinues de les tasques.

A continuació es pot observar el diagrama de Gantt de la planificació inicial que vam realitzar inicialment amb les seves desviacions:

3 BASES PER AL DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE

3.1 Bases de disseny

Per tal realitzar el disseny de la xarxa d'aigua freda, s'ha requerit tota la informació descrita en els següents apartats.

3.1.1 Especificacions de l'alimentació

Com ja s'ha mencionat anteriorment, el sistema de fred ha de refredar tres corrents per tal d'aprofitar al màxim la producció i que aquest es troben ubicats en plantes diferents. Per tal de poder conèixer la capacitat del sistema de refrigeració, primer cal saber les especificacions dels tres corrents a refredar.

Taula 3.1.1.1 Capacitat de la instal·lació

	Q (m³/h)	P (bar)	T (°C)	H₂	N₂	CO	CH₄	Propilè	Propà	Butil aldehids
Planta 1	3000	22	40	50	-	-	50	saturat	-	-
Planta 2	500	22	40	-	10	-	90	saturat	-	-
Planta 3	600	16	60	46	-	7	7	25	15	saturat

La pressió d'aquests corrents es tracta de la pressió relativa. Les composicions de cada cabal estan en tant per cent volumètric. I la mescla de butil aldehids a la Planta 3 es troba en una composició de 85% de n-Butilaldehid i un 15% de i-Butilaldehid.

Mitjançant el equip de fred es refreda l'aigua fins a 5°C, retornant-la al sistema a 8°C. Amb aquesta refrigeració s'aconsegueix una temperatura de sortida dels productes de cada planta de 10°C.

Es necessita un cabal de 119,1 m³/h per refredar el planta 1, 17,8 m³/h per al planta 2 i 7,8 m³/h per al planta 3.

El sistema de fred d'amoníac manté un cabal líquid de 3,7 m³/h amb una pressió alta de 15 bar i una pressió baixa de 4,5 bar.

3.1.2 Capacitat, Flexibilitat Operativa i Factor de Servei

Existeixen dues maneres de definir els productes en la instal·lació de producció de fred. Per una banda, es pot entendre la capacitat com el cabal d'aigua freda produït i per l'altra la quantitat

de líquid condensable que s'obté en cadascuna de les plantes. Cal esmentar que, per indicació del client, la capacitat de la planta de producció d'aigua freda ha de ser un 33% major que la capacitat actual necessària, ja que es possible que en el futur es creen nous punts de consum d'aigua freda en el *site* de BASF. En la taula 1.1.1 es presenta el cabal de producte condensat en les diferents plantes i la producció d'aigua freda necessària actualment i amb un increment del 33%.

Taula 3.1.2.1 Capacitat de la instal·lació

Planta	Cabal de producte condensat(t/h)
Planta de deshidrogenació de propà (Punt de consum 1)	3.27
Planta de polipropilè (Punt de consum 2)	0.557
Planta d'hidroformilació (Punt de consum 3)	0.152
Producció d'aigua freda pel punt de consum 1	104
Producció d'aigua freda pel punt de consum 2	17.2
Producció d'aigua freda pel punt de consum 3	8.01
Producció total d'aigua freda	129
Producció d'aigua freda amb un increment del 33%	172

Cadascuna de les plantes de producció treballen una mitja de 8000 hores anuals, però les aturades d'aquestes poden no coincidir entre elles, ni tampoc amb les aturades del sistema de producció d'aigua freda que també treballa una mitja de 8000 hores anuals. De tota manera, les aturades de la instal·lació de producció de fred s'intentarà que coincideixen amb les aturades del punt de consum 1, ja que es el que te major demanda d'aigua freda.

3.2 Dades bàsiques per al desenvolupament de l'enginyeria

3.2.1 Energies “Utilities”

3.2.1.1 Aigua

Es poden trobar diversos tipus d'aigua segons els diferents usos en cada planta. Per una banda tenim l'aigua per al sistema de refrigeració d'aigua freda, utilitzarem aigua desmineralitzada glicolada. Aquesta aigua no origina cap cots important ja que el sistema de fred té lloc dins d'un circuit tancat, on l'aigua freda treballa en circuit tancat.

Per altra banda, disposem de l'aigua de protecció contra incendis pels dispositius de seguretat que es troben a les diverses plantes. No es pot saber la quantitat que es gasta d'aquesta aigua, ja que no s'usa mentre no hi hagi cap incendi. El circuit d'aigua contra-incendis es manté permanentment pressuritzat, per poder-lo fer servir en qualsevol moment.

3.2.1.2 Energia elèctrica

El mètode convencional mes utilitzat en circuits de fred es el que conté una etapa de compressió en el cicle. Per a mantenir aquest cicle s'empra energia mecànica, generada generalment mitjançant energia elèctrica. Depenent dels costos de l'electricitat, aquest procés de refrigeració pot arribar a ser bastant costós.

El nou sistema de fred per a les tres plantes disponibles, simulant amb Hysys, necessita **160 kW**.

3.2.1.3 Nitrogen

El nitrogen és un gas inertitzant i s'empra per la neteja de canonades. Mitjançant un fort corrent de gas, el nitrogen comprimit és una tècnica ràpida i eficaç per a la neteja de la part interior de les canonades i canalitzacions.

3.2.1.4 Aire comprimit

El aire comprimit s'utilitza en aquest procés per a la instrumentació i control de processos. Les vàlvules automàtiques es poden accionar gràcies a l'aire comprimit, amb la qual cosa varien la seva pressió depenent si s'obre o es tanca.

Aquest aire s'empra per a dispositius de control robust i actuadors de precisió.

3.2.2 Preus de les energies

El preu de la energia que s'utilitza en el sistema de fred és el següent:

- Preu del KWh és de 0,09€.

Falta trobar la potencia consumida pel compressor i resta d'equips i calcular.

3.2.3 Dades de l'emplaçament

L'emplaçament on estarà instal·lada la xarxa d'aigua freda dissenyada és el *Site* de BASF Española S.L a Tarragona. La situació exacta és a la Crta. N-340, Km 1156, CP 43006. A continuació es descriuran les diferents característiques de l'emplaçament.

3.2.3.1 Climàtics, Pluviomètrics i Sísmics

A la ciutat de Tarragona que és on es troba situat l'emplaçament el clima de referència és el clima Mediterrani de la regió litoral, ja que està condicionat per la proximitat al Mar. Per tant aquest clima comporta hiverns humits i càlids i els estius secs i calorosos. Les dades mitjanes de la climatologia de la zona s'han extret de la estació meteorològica instal·lada en el sector sud de la zona industrial on està situat el nostre emplaçament, les dades són les següents:

- Pluviometria: 665,7 l/any
- Dies de pluja: 110 dies/any
- Hores de sol: 2710 h/any
- Temperatura mitjana hivern: 12°C
- Temperatura mitjana estiu: 25°C
- Vents per ordre d'importància: Component N, seguit pels SO i NO.

Tal com es pot observar, la temperatura mitjana a l'estiu supera 13°C la del hivern, el que suposa un increment molt important de la temperatura de l'aigua i per tant, la seva capacitat de refrigeració és menor. Així doncs, mitjançant aquestes dades es justifica la realització del

projecte i la necessitat d'una implantació d'un sistema de refrigeració per a mantenir la capacitat de producció de la planta.

En quant a la presència de moviments sísmics rellevants a la següent figura extreta de la pàgina web del *Ministerio de fomento*, es pot veure que com l'activitat sísmica és gairebé nul·la a la zona on es troba la planta. La zona de risc potencial (punts rodons vermells) es trobaria en la regió de Garrotxa. A continuació és pot veure la figura de la sismicitat de la península Ibèrica i les seves zones pròximes :

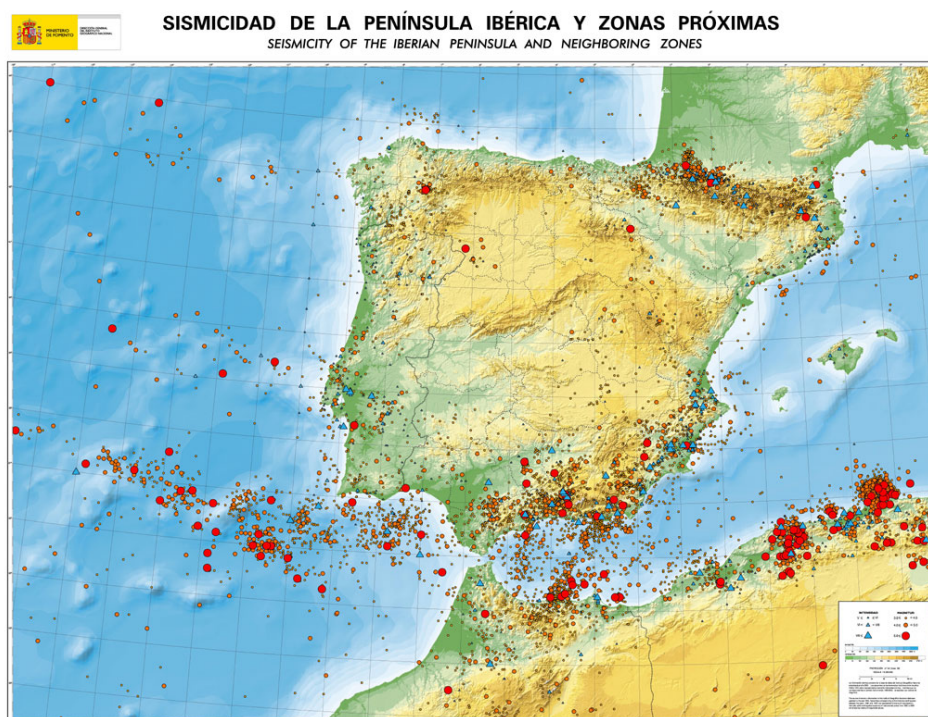


Figura 3.2.3.1 Mapa sismicitat de la península Ibèrica i les zones pròximes.

Per tal de poder veure més detalladament la zona de Catalunya s'ha ampliat la imatge anterior per tal de veure la sismicitat en la zona de Catalunya en la següent figura:



Figura 3.2.3.2 Mapa sismicitat de Catalunya.

3.2.3.2 Elevació i estructura del terreny

El terme municipal de la Canonja que és on es troba situat el nostre emplaçament es troba a una altitud de 38 m sobre el mar aproximadament.

Respecte a la topografia de la zona de Tarragona, es pot dir que es caracteritza per la propera situació de la Serralada Prelitoral, igual que la resta de la costa catalana. Aquesta Serralada es situa paral·lela a la costa però a una distància entre 30 i 60 Km de la costa, amb el qual es pot dir que la regió a on es troba el centre de producció de BASF Espanyola S.L és majoritàriament pla.

Per a tal d'apreciar millor la topografia de la zona , a continuació es pot veure un mapa topogràfic de Catalunya:



Figura 3.2.3.2 Mapa topogràfic de Catalunya.

3.2.4 Normes i codis de disseny

3.2.4.1 Recipients

Per a tancs d'emmagatzematge i recipients a pressió s'utilitza el codi ASME secció VIII, ja que és aplicable per a diferents recipients i tancs tant cilíndrics, esfèrics, com de secció rectangular. Aquest codi també alberga diferents alternatives per al disseny de recipients a pressió i a alta pressió.

3.2.4.2 Canonades

Per als tubs d'acer, tant els acers al carbó com els acers aleats, sense soldadura o soldats, les Normes americanes (ASA) estableixen unes mesures normalitzades, aplicables tant a les Normes ASTM com a les API.

Amb aquesta norma es troben diàmetres nominals, exteriors, espessors i "Schedule" segons ASA B 36.10 i ASA B 36.19 (per a tubs d'acer inoxidable).

3.2.4.3 Equips dinàmics

Per a bombes centrífugues les normes API 610.

Per a compressors d'aire hauran de ser dissenyats d'acord amb el codi API 672.

Per als intercanviadors de calor les normes API 660 i 661.

3.2.4.4 Instrumentació

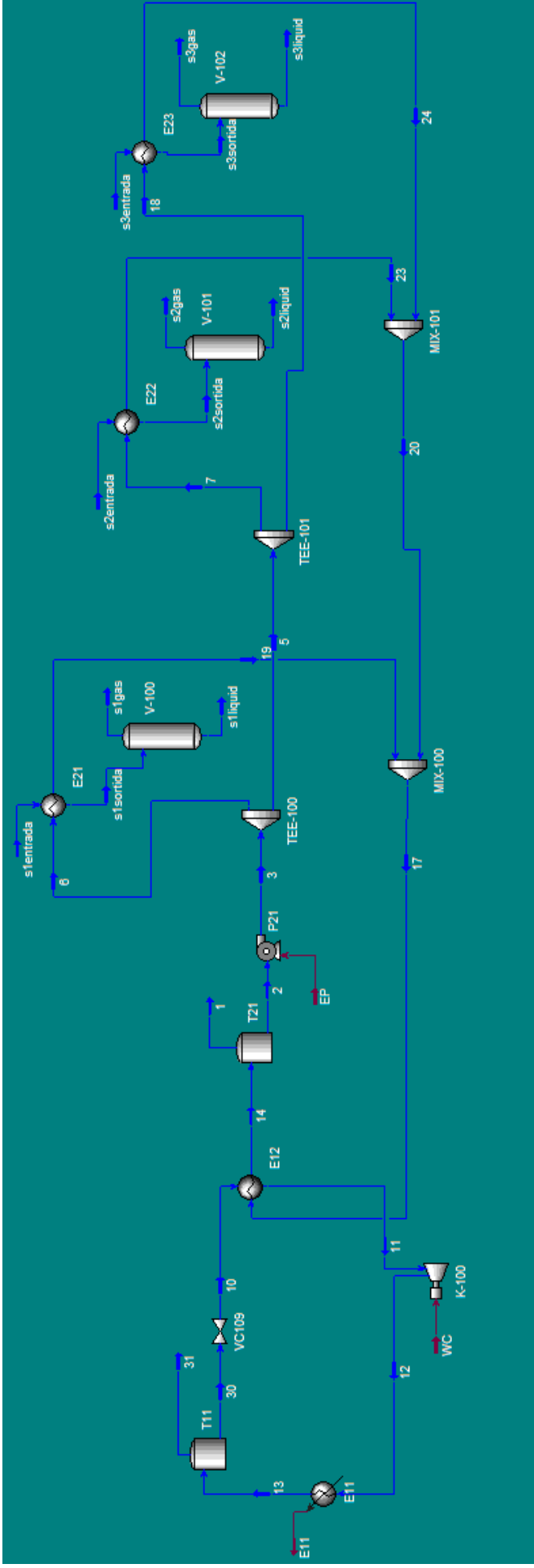
La selecció, disseny i instal·lació d'instruments i sistemes de control, haurà de realitzar-se d'acord amb els codis, estàndards i pràctiques de disseny recomanats en el ANSI B 16.5, 31.3 i C2; NEMA ICS-6 i ICS-2 i API RP 550 i 551.m

4 DESENVOLUPAMENT DE L'ENGINYERIA BÀSICA

4.1 Elaboració de diagrames

4.1.1 De blocs: Disseny conceptual

4.1.2 De Simulació: Estudi de simulació



4.1.3 De Flux de Procés: PFD

4.1.4 De Canodades i Instruments: P&ID

4.1.5 D'implantació: Plot plan

4.2 Disseny bàsic

4.2.1 Disseny de canonades

En aquest apartat s'estudiarà el disseny de canonades (velocitats, diàmetres, pressions, temperatures, tipus de material, gruix, etc.), juntament amb el disseny mecànic i la llista de relació de canonades.

4.2.1.1. Dimensionament de canonades i accessoris

Una de les primeres coses a saber és el material a escollir. Pel que fa a les canonades que transporten l'aigua de refrigeració s'utilitza acer al carboni, i pel que fa al sistema de fred d'amoniac i als feixos tubulars dels bescanviadors s'utilitza acer inoxidable, per evitar possibles corrosions.

Les canonades d'acer al carboni són les més utilitzades industrialment. Presenten una gran resistència al xoc i bones característiques de resistència i tenacitat. Poden treballar a pressions i temperatures elevades i són mecanitzables i soldables. Per altra banda, tenen tendència a l'oxidació i a l'aparició d'incrustacions depenent del procés de fabricació de l'acer. El tipus d'acer al carboni que s'utilitza per a les canonades d'aigua industrial és segons la normativa ASTM el A-53, que és el tipus d'acer emprat per a conduccions generals.

L'acer inoxidable, a més de les característiques que té l'acer al carboni, presenta una bona resistència a l'acció de certs agents corrosius, com atmosferes industrials. Aquest material és adequat per ambients humits. L'inconvenient d'aquest material és que el seu preu és car. L'acer inoxidable emprat és del 316L (segons la normativa ASTM és el A-312).

Una vegada es té el material es procedeix al dimensionament de les canonades. El primer pas es trobar el diàmetre a partir de l'equació (4.2) i d'una manera més simplificada amb l'equació (4.3). A continuació, gràcies a taules estandarditzades segons la norma ASA ³(ANSI) B 36.10 per a canonades d'acer al carboni i B 36.19 per a canonades d'acer inoxidable, es poden trobar diàmetres nominals estàndards, gruixos i el Schedule.

³ *Manual de canonades pag. 142*

$$v = \frac{Q}{A} \quad (4.1)$$

$$v = \frac{Q}{\pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2} \quad (4.2)$$

v és la velocitat del fluid en m/s;

Q és el caudal volumètric en m³/s;

A és la àrea transversal del tub en m²;

d és el diàmetre intern en m;

Les velocitats⁴ en els cabals líquids és de 3 m/s i en els cabals de vapor és de 15 m/s.

Una vegada es tenen les mides dels diàmetres estàndards es calcula el gruix⁵ a partir de la següent equació i s'escull un gruix a les taules estàndards, juntament amb el schedule:

$$t = \frac{8}{7} \left(\frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma_t + 0.8 \cdot p} + C \right) \quad (4.3)$$

t és el gruix en mm;

p és la pressió interna del fluid en Pa;

D és el diàmetre exterior en mm;

σ_t és la tensió admissible del material en Pa;

C és el sobrepesor en mm.

La pèrdua de càrrega a les canonades es mesura amb l'equació que es mostra a continuació.

$$h_f = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{2g \cdot d} \quad (4.4)$$

h_f és la pèrdua de càrrega en m;

⁴ Tuberías industriales pàg. 49

⁵ Manual de tuberías pàg 147

L és la longitud de tub en m;

g és l'acceleració deguda a la gravetat (9.8 m/s²)

d és el diàmetre intern en m.

Pel que fa als accessoris, dintre del procés es troben colzes, vàlvules, brides i juntes en les unions. Els colzes són de 90° i el material és el mateix que el de la canonada on es troben. El diàmetre i gruix també coincideix amb el corresponent al tub. A partir del diàmetre nominal, en taules estàndards es troba la distància que hi ha de centre a centre en cada colze.

Les vàlvules de control són escollides de tipus de bola. Aquestes tenen un disseny modern, presenten més estanquitat i són fàcils de maniobrar. També tenen una pèrdua de càrrega reduïda. S'agafen del mateix material que el del tub on es troben i de 3" de diàmetre, fet que provoca l'aplicació de reductors a les canonades que no disposin del mateix diàmetre que el de les vàlvules. Les pèrdues de càrrega del material es pot trobar a partir de l'equació (4.5) tant per colzes com vàlvules.

$$h_f = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (4.5)$$

K és una constant específica depenent del tipus d'accessori, adimensional.

Pel que fa a la unió entre tubs s'efectua per mitjà de brides. Aquestes s'uniran entre els tubs per soldadura. La soldadura total és la més corrent de les unions per soldadura entre brida y tub, però també es usual la introducció del tub en la brida i la posterior fixació d'ambdós mitjançant dos fils de soldadura, i per a tubs petits la unió mitjançant endoll i soldadura. Les brides utilitzades seran de coll, ja que estan previstes per a la soldadura total, pot resistir a condicions de servei severes, la seva unió al tub és molt robusta i admet grans esforços. El material de les brides anirà en funció del material de la canonada (acer al carboni o acer inoxidable), la pressió nominal serà de 400 psi, i la pressió de treball depèn del material i de la temperatura.

4.2.1.2. Disseny mecànic

En aquest punt es mostra el disseny mecànic de les canonades amb un esquema on es mostra el diàmetre nominal, el gruix, la temperatura i pressió de disseny, el material, etc.

La temperatura de disseny és igual a la temperatura d'operació més 20°C.

La pressió de disseny es calcula mitjançant la següent equació:

$$P_{\text{disseny}} = P_{\text{operació}} + 0.1 \cdot P_{\text{operació}} + \rho \cdot g \cdot h \quad (4.6)$$

ρ és la densitat en kg/m^3 ;

h és el diàmetre nominal de la canonada expressat en m.

A continuació es presenta un exemple de la canonada **10001/A53/40/5"**.

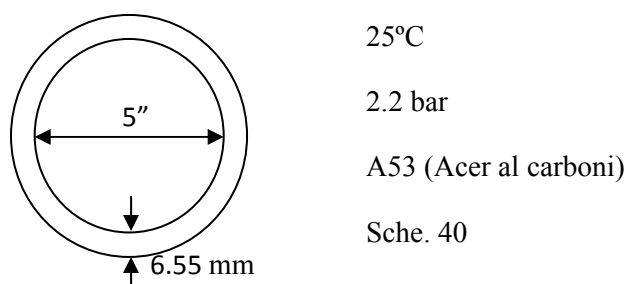


Figura 4.2.1.2 Exemple del disseny mecànic de la canonada **10001/A53/40/5"**.

El disseny mecànic de les canonades restants es pot troba a les taules 4.x i 4.x on es poden trobar les pressions i temperatures d'operació i disseny, com el material i Shedule entre d'altres.

4.2.1.3. Relació de canonades

Taula 4.2.1.2 Relació de canonades

Nom	Des de	Fins a	Fluid	L/G	DN (in)	t (mm)	Sche.
10001/A53/40/5"	T21	P21A	Aigua	L	5	2,24	40
10002/A53/40/5"	P21A	I01	Aigua	L	5	3,11	40
10003/A53/40/3.5"	I01	VC202	Aigua	L	3,5	2,76	40
10004/A53/40/2"	I01	I02	Aigua	L	2	2,41	40
10005/A53/40/3.5"	VC202	E21	Aigua	L	3,5	2,70	40
10006/A53/40/1.5"	I02	VC203	Aigua	L	1,5	2,30	40
10007/A53/40/1"	I02	VC204	Aigua	L	1	1,74	40
10008/A53/40/1.5"	VC203	E22	Aigua	L	1,5	2,27	40
10009/A53/40/1"	VC204	E23	Aigua	L	1	1,73	40
10010/A53/40/1"	E23	I03	Aigua	L	1	1,72	40
10011/A53/40/1"	I03	I04	Aigua	L	1	1,72	40
10012/A53/40/1.5"	E22	I04	Aigua	L	1,5	2,27	40

10013/A53/40/2"	I04	I05	Aigua	L	2	2,36	40
10014/A53/40/3.5"	E21	I05	Aigua	L	3,5	2,70	40
10015/A53/40/5"	I05	10016/A53/40/5"	Aigua	L	5	3,01	40
10016/A53/40/5"	10015/A53/40/5"	T21	Aigua	L	5	2,24	40
10017/316L/10S/3"	VC109	E12	NH ₃	L	3	2,11	10S
10018/316L/10S/3.5"	E12	I06	NH ₃	G	3,5	2,14	10S
10019/316L/10S/2"	I06	C11C	NH ₃	G	2	2,04	10S
10020/316L/10S/1.25"	C11C	I07	NH ₃	G	1,25	2,23	10S
10021/316L/10S/2"	I06	C11B	NH ₃	G	2	2,04	10S
10022/316L/10S/1.25"	C11B	I07	NH ₃	G	1,25	2,23	10S
10023/316L/10S/2"	I06	C11A	NH ₃	G	2	2,04	10S
10024/316L/10S/1.25"	C11A	I07	NH ₃	G	1,25	2,23	10S
10025/316L/10S/2.5"	I07	E11	NH ₃	G	2,5	2,49	10S
10026/316L/10S/0.75"	E11	T11	NH ₃	L	0,75	1,67	10S
10027/316L/10S/0.75"	T11	VC109	NH ₃	L	0,75	1,67	10S
10028/316L/10S/1.5"	offgas planta 1	E21	Procés	G	1.5	2.77	10S
10029/316L/10S/1"	E21	caldera	Procés	G	1	2.77	10S
10030/316L/10S/1"	E21	propé	Procés	L	1	2.77	10S
10031/316L/10S/0.75"	offgas planta 2	E22	Procés	G	0.75	2.11	10S
10032/316L/10S/0.75"	E22	caldera	Procés	G	0.75	2.11	10S
10033/316L/10S/0.75"	E22	propé	Procés	L	0.75	2.11	10S
10034/316L/10S/0.75"	offgas planta 3	E23	Procés	G	0.75	2.11	10S
10035/316L/10S/0.75"	E23	caldera	Procés	G	0.75	2.11	10S
10036/316L/10S/0.75"	E23	recirculació	Procés	L	0.75	2.11	10S
10037/316L/10S/2.5"	I12	I13	NH ₃	G	2,5	2,49	10S
10038/A53/40/5"	I08	I09	Aigua	L	5	3,11	40
10039/A53/40/5"	I10	P21B	Aigua	L	5	2,24	40
10040/A53/40/5"	P21B	I11	Aigua	L	5	3,11	40

Taula 4.2.1.3 Pressions i temperatures de disseny i d'operació.

Nom	Q (m ³ /h)	ρ (kg/m ³)	Pressió op. (bar)	Pressió dis. (bar)	Temp. op. (°C)	Temp. dis. (°C)
10001/A53/40/5"	144	1022	2	2.2	5	25
10002/A53/40/5"	144	1022	7	7.7	5	25
10003/A53/40/3.5"	119	1022	7	7.7	5	25
10004/A53/40/2"	25.6	1022	7	7.7	5	25
10005/A53/40/3.5"	119	1022	7	7.2	5	25
10006/A53/40/1.5"	17.8	1022	7	7.7	5	25
10007/A53/40/1"	7.80	1022	7	7.7	5	25
10008/A53/40/1.5"	17.8	1022	6	7.1	5	25
10009/A53/40/1"	7.80	1022	7	7.3	5	25
10010/A53/40/1"	7.80	1020	7	7.3	8	28
10011/A53/40/1"	7.80	1020	7	7.3	8	28
10012/A53/40/1.5"	17.9	1020	6	7.1	8	28
10013/A53/40/2"	25.7	1020	6	7.1	8	28
10014/A53/40/3.5"	119	1020	6	7.1	8	28

10015/A53/40/5"	145	1020	6	7.1	8	28
10016/A53/40/5"	144	1022	2	2.2	5	25
10017/316L/10S/3"	85.2	25.61	5	5.1	2	22
10018/316L/10S/3.5"	618	3.528	5	5.0	1	21
10019/316L/10S/2"	206	3.528	5	5.0	1	21
10020/316L/10S/1.25"	85.7	8.484	15	17	113	133
10021/316L/10S/2"	206	3.528	5	5.0	1	21
10022/316L/10S/1.25"	87.4	8.324	15	17	119	139
10023/316L/10S/2"	206	3.528	5	5.0	1	21
10024/316L/10S/1.25"	87.4	8.324	15	17	119	139
10025/316L/10S/2.5"	257	8.484	15	17	113	133
10026/316L/10S/0.75"	3.80	578.5	15	16	39	59
10027/316L/10S/0.75"	3.80	578.5	15	16	39	59
10028/316L/10S/1.5"	116.4	39.61	23	25.3	40	60
10029/316L/10S/1"	38.6	23.19	23	25.1	10	30
10030/316L/10S/1"	7.10	520.4	23	25.1	10	30
10031/316L/10S/0.75"	20.4	39.52	23	25.3	40	60
10032/316L/10S/0.75"	8.10	31.84	23	25.1	10	30
10033/316L/10S/0.75"	1.10	508.5	23	25.1	10	30
10034/316L/10S/0.75"	30.7	14.67	17	18.7	60	80
10035/316L/10S/0.75"	23.2	14.32	17	18.5	10	30
10036/316L/10S/0.75"	0.200	630.3	17	18.5	10	30
10037/316L/10S/2.5"	257	8.484	15	17	113	133
10038/A53/40/5"	144	1022	7	7.7	5	25
10039/A53/40/5"	144	1022	2	2.2	5	25
10040/A53/40/5"	144	1022	7	7.7	5	25

4.2.2 Disseny de la instrumentació i control

4.2.2.1 Caracterització de les estratègies de control

- Temperatura de l'aigua a la sortida de l'evaporador E12

La temperatura d'aigua freda a la sortida de l'evaporador E12 s'ha de mantenir a una temperatura suficientment freda (5°C). Per fer-ho s'actua sobre el cabal d'amoniac a l'entrada de l'evaporador E12 mitjançant la vàlvula de control VC109.

- Pressió a la carcassa de l'evaporador E12

Mantenir la pressió de saturació de l'amoniac en l'evaporador E12 es un fet indispensable per el bon funcionament de l'equip de fred. Ja que per pressions altres la temperatura de saturació de l'amoniac seria també elevada i això pot provocar que l'aigua del circuit de fred no

aconseguís la temperatura desitjada. Aquesta pressió es controla mitjançant el cabal de sortida del vapor d'amoníac amb la vàlvula VC101.

- Pressió de descàrrega dels compressors (C11A, C11B i C11C)

Per tal de que el condensador E11 treballi en la temperatura en que ha estat dissenyat, s'ha d'operar a la pressió de saturació d'aquesta temperatura. El bypass dels compressors C11A, C11B i C11C disposa d'una vàlvula de control (VC108) que regula el cabal retornat a la aspiració dels compressors, per tant, s'assegura la pressió adequada en l'aspiració per tal que els compressors proporcionin la pressió de *set-point* en la impulsió.

- Control de parada dels compressors (C11A, C11B i C11C)

Segons el flux que circula en el circuit d'amoníac es necessari treballar en un, dos o tres compressors. Cal controlar la parada dels compressors per aconseguir un major estalvi d'energia. Per fer-ho es regula la temperatura de descàrrega dels compressors, si es força elevada significa que s'està re-circulant molt de cabal a través del bypass i per tant cal parar un dels compressors. Així doncs per temperatures més petites de 115°C funcionen els tres compressors, entre 115°C i 125°C funcionen dos compressors i a partir de 125°C fins a 150°C funciona un sol compressor. A partir de 150°C s'aturen tots els compressors. A més, quan s'aturen els compressors, també es tanquen dos vàlvules, una a l'aspiració i l'altra a la impulsió.

Des de el punt de vista energètic es força interessant realitzar una optimització del rang de temperatures en que s'accionen cada un dels compressors, aquest fet es convenient que es realitzi en la posada en marxa de la planta.

- Temperatura de sortida d'amoníac en el condensador (E11)

La temperatura de l'amoníac en la sortida de condensador determina la temperatura d'entrada en l'evaporador E12. Els ventiladors de l'aerorefrigerant són autovariables, per tant es pot controlar l'angle d'atac de les pales d'aquests, i així el cabal d'aire que condensa l'amoníac. El *set-point* de temperatura d'aquest controlador ha de ser un inferior a la temperatura de saturació de l'amoníac per tal d'assegurar la seva condensació.

- Pressió impulsió bombes (P21A i P2B)

Per garantir la pressió necessària a la impulsió de les bombes es construeix un bypass entre la impulsió i la canonada de retorn d'aigua freda. Si la pressió és baixa, el controlador actua sobre la vàlvula VC201 que augmenta el cabal retornat i la pressió a l'aspiració de les bombes i en conseqüència la pressió a la impulsió augmentarà.

- Temperatura de condensació en (E21, E22 i E23)

Per regular la temperatura de condensació en cadascun dels punts de consum, s'actua sobre el cabal d'entrada d'aigua freda en cada un d'aquests condensadors. El *set point* de temperatura correspon a un valor de 10°C.

4.2.2.2 Disseny de la instrumentació i control

S'han escollit les vàlvules de control segon el catàleg de vàlvules de control de Masoneilan⁶. Primerament es fixa el grau d'obertura normal de les diferents vàlvules del circuit d'amoniac i aigua freda. Segons aquest grau d'obertura es busca en el catàleg el valor de Cv segons aquest grau d'obertura i segons la pèrdua de càrrega que es vol fixar calculada amb l'equació (4.7).

$$\Delta P(\text{psi}) = \left(\frac{Q(\text{gpm})}{C_v} \right)^2 \cdot \frac{\rho(\text{kg} / \text{m}^3)}{1000} \quad (4.7)$$

4.2.2.3 Relació d'instruments de control

En la taula 4.2.2.3.1, es presenten les principals característiques de les diferents vàlvules de la instal·lació.

Taula 4.2.2.3.1 Vàlvules de control.

Vàlvula	Q (m ³ /h)	ρ (kg/m ³)	% obertura normal	C _v normal	C _v max	ΔP (bar)	D (in)	D orifici (mm)
VC101	618	3.5	50	87	195	0.24	4	88.9
VC102	206	3.5	100	46	46	0.09	2	41.3
VC103	86	8.5	100	46	46	0.04	2	41.3

⁶ 21000 Series Control Valves

VC104	206	3.5	100	46	46	0.09	2	41.3
VC105	86	8.5	100	46	46	0.04	2	41.3
VC106	206	3.5	100	46	46	0.09	2	41.3
VC107	86	8.5	100	46	46	0.04	2	41.3
VC108	257	8.5	50	14	31	3.83	6	66.7
VC109	85	26	50	4.91	26	10.31	2	31.8
VC201	193	1020	50	178	400	1.61	6	127
VC202	119	1022	50	178	400	0.61	6	127
VC203	18	1022	50	50	113	0.17	4	66.7
VC204	8	1022	50	22	49	0.17	4	41.3

Com es pot observar en la següent taula es llisten els diferents controladors i en la taula 4.2.2.3.3 es presenta el sistema de commutadors per l'estalvi d'energia dels compressors.

Taula 4.2.2.3.2 *Relació de controladors.*

Nom	Variable controlada	Variable manipulada	Element control	Acció	SP	Tipus
PIC102	Pressió carcassa de E12	Cabal de sortida d'amoniac de E12	VC101	Directe	480 kPa	PID
PIC105	Pressió sortida compressor C101A	Cabal en el bypass de C101	VC108	Inversa	1500 kPa	PI
TIC105	Temperatura sortida d'amoniac de E11	Cabal d'aire de E11	Ventiladors E11	Directe	39°C	PID
TIC109	Temperatura sortida d'aigua de E12	Cabal d'amoniac a l'entrada de E12	VC109	Directe	5°C	PID
PIC203	Pressió impulsió de les bombes P21	Cabal bypass	VC201	Directe	600 kPa	PI
TIC204	Temperatura sortida carcassa de E21	Cabal d'aigua freda a l'entrada de E21	VC202	Directe	10°C	PID
TIC206	Temperatura sortida carcassa de E22	Cabal d'aigua freda a l'entrada de E22	VC203	Directe	10°C	PID
TIC208	Temperatura sortida carcassa de E23	Cabal d'aigua freda a l'entrada de E23	VC204	Directe	10°C	PID
PIC303	Pressió carcassa de E21	Cabal d'incondensables de E21	VC302	Directe	2300 kPa	PID
PIC403	Pressió carcassa de E22	Cabal d'incondensables de E22	VC402	Directe	2300 kPa	PID
PIC503	Pressió carcassa de E23	Cabal d'incondensables de E23	VC502	Directe	1700 kPa	PID

4.2.2.4 Sistema d'enclavaments

Un dels enclavaments ja està incorporat en el sistema d'estalvi de compressors (descriu en la taula 4.2.2.3.3, en que a partir de 150°C es paren tots els compressors. D'altres enclavaments es descriuen a continuació.

- **Parada compressors per baixa pressió a l'aspiració dels compressors (C11A, C11B i C11C)**
 - o Causa: pressió aspiració dels compressors inferior a 110 kPa.
 - Acció 1: Activar alarma (PAL103).
 - Acció 2: Parada de (C11A, C11B i C11C).
 - Acció 3: Tancament de vàlvules (VC102, VC103, VC104, VC105, VC106 i VC107).
- **Parada compressors per alta temperatura a la impulsió dels compressors (C11A, C11B i C11C).**
 - o Causa: temperatura impulsió dels compressors superior a 150°C.
 - Acció 1: Activar alarma (TAH103).
 - Acció 2: Parada de (C11A, C11B i C11C).
 - Acció 3: Tancament de vàlvules (VC102, VC103, VC104, VC105, VC106 i VC107).
- **Tancament de vàlvula VC109 per alt nivell en l'evaporador (E12).**
 - o Causa: nivell superior al 95% en l'evaporador (E12).
 - Acció 1: Activar alarma (LAH109).
 - Acció 2: Tancament de vàlvula (VC109).
- **Parada bomba P21 per baix nivell en el tanc (T21)**
 - o Causa: nivell inferior al 3% en el tanc (T21).
 - Acció 1: Activar alarma (LAL201).
 - Acció 2: Parada de (P21).

- **Tancament de vàlvula VC301 per alt nivell en el condensador (E21)**
 - o Causa: nivell superior al 95% en el condensador (E21).
 - Acció 1: Activar alarma (LAH302).
 - Acció 2: Tancament de vàlvula (VC301).
- **Tancament de vàlvula VC401 per alt nivell en el condensador (E22)**
 - o Causa: nivell superior al 95% en el condensador (E22).
 - Acció 1: Activar alarma (LAH402).
 - Acció 2: Tancament de vàlvula (VC401).
- **Tancament de vàlvula VC501 per alt nivell en el condensador (E23)**
 - o Causa: nivell superior al 95% en el condensador (E23).
 - Acció 1: Activar alarma (LAH502).
 - Acció 2: Tancament de vàlvula (VC501).
- **Accionament d'alarma (LAL107) per baix nivell en el tanc (T11)**
 - o Causa: nivell inferior al 3% en el tanc (T11)
 - Acció 1: Activar alarma (LAL107).

4.2.3 Disseny d'equips

4.2.3.1 Descripció funcional del projecte

- **Circuit d'amoníac**

L'objectiu del circuit d'amoníac es extreure l'energia tèrmica del circuit de d'aigua freda per tal d'obtenir aigua a una temperatura de 5°C. Aquesta energia es transmet en l'evaporador d'amoníac (E12), en el qual s'evapora l'amoníac fins el punt de saturació a una pressió de 450 kPa i a una temperatura de 1.4°C.

El vapor saturat obtingut es impulsat amb el conjunt de compressors de pistó situats en paral·lel C11A, C11B i C11C d'una relació de compressió de 3.5 que correspon a una pressió de 1500 kPa, i aquest vapor sobrecalfat té una temperatura de 112.5 °C.

En la següent etapa es condensa el vapor fins el seu punt de saturació, a una temperatura de 38 °C. Aquest fet es realitza mitjançant el aero-refrigerant E11, dissenyat a una temperatura d'entrada d'aire de 30 °C i de sortida de 37.5°C. El líquid obtingut es parcialment acumulat en un tanc intermedi (T11).

Finalment, el líquid s'expandeix mitjançant la vàlvula VC109, fins una pressió de 465 kPa i una temperatura de 2.6 °C. Quan l'amoníac líquid retorna a l'evaporador E12 es tanca el cicle termodinàmic.

En condicions de màxima demanda, el cabal d'amoníac es de 1637 kg/h i si es té en compte les possibles demandes futures (increment del 33.3%) el cabal d'amoníac serà de 2182 kg/h.

- **Circuit d'aigua freda**

Existeix una demanda d'aigua freda en tres punts de consum:

Punt de consum 1: En la planta de deshidrogenació de propà es produeix propilè a partir de propà. En aquesta planta els vapors de cap de l'*splitter* de separació propà/propilè passant per un condensador i després van a un acumulador des de el que surt el reflux i el destil·lat. En aquest acumulador hi ha una sortida *d'offgas*, per treure els inerts. L'aigua freda s'utilitza per condensar el propilè contingut en aquest corrent per tal d'aprofitar-lo com a producte.

Punt de consum 2: En la planta de polipropilè també existeix un *splitter*, en aquest cas es vol condensar el cabal *d'offgas* de l'acumulador per obtenir el propilè condensat.

Punt de consum 3: Es tracta d'una planta d' hidroformilació. En la qual a partir de propilè es fabriquen butilaldehids. En aquest cas, el producte surt del reactor en fase gas i es condensa abans de portar-lo a l'etapa següent del procés, des de el dipòsit acumulador on es recull el producte un cop condensat, surt una corrent *d'offgas* de la qual es volen recuperar els productes de valor i recircular-los al reactor.

En l'evaporador E12 es on es realitza el bescanvi tèrmic entre el circuit d'amoniac i el d'aigua freda. L'aigua que retorna dels condensadors dels punts de consum es refredada fins una temperatura de 5°C. Aquesta aigua es dipositada en el tanc (T21) que actua com a “pulmó” i posteriorment es bombejada mitjançant dos bombes en paral·lel (P21A i P21B) cap a els condensadors dels punts de consum on finalment es retorna cap a l'evaporador (E12).

4.2.3.2 Disseny específic dels equips

Per tal de veure amb més detall els càlculs específics per a cada disseny veure Annex 1.

- **Compressors (C11A, C11B i C11C)**

Els tres compressors són exactament iguals, són del tipus pistó i son accions per un motor elèctric de revolucions no variables. Són d'una sola etapa amb una relació de compressió de 3.5 i amb un sol cilindre per compressor. El disseny que s'ha seguit correspon al descrit en la ref.⁷.

- **Disseny de l'aero condensador (E11)**

L'aerocondensador E11 s'ha dissenyat segons els procediments descrits en la ref⁸. En que s'inclouen les correlacions per el càlcul dels coeficients de transferència de calor i el disseny mecànic del aerocondensador.

- **Disseny de l'evaporador (E12)**

Es tracta d'un evaporador vertical d'un sol pas de tubs i carcassa, en que l'amoniac evapora mitjançant l'energia tèrmica del circuit d'aigua freda. La configuració de l'evaporador segueix la normativa TEMA. S'han seguit els procediments i càlculs descrits en la ref [10].

- **Disseny dels condensadors (E21, E22 i E23)**

Són condensadors diferents des de el punt de vista mecànic ja que són de diferents mides, però es segueix el mateix procediment de càlcul pel seu disseny mecànic. Són condensadors horitzontals de carcassa i tubs amb un sol pas. Per carcassa existeixen dos sortides de flux, una correspon als incondensables que s'extreuen per un extrem superior del bescanviador, pel mateix

⁷ *Reciprocating compressors, Operations & Maintenance.* Heinz P. Bloch and John J. Hoefner. 1996.

⁸ *Process Heat Transfer.* G.F.Hewitt, G.L. Shires, T.R.Bott. 2000.

extrem però per la part inferior s'extreu el condensat. També s'ha seguit els càlculs descrits en la ref [10].

- Disseny de les bombes P21A i P21B

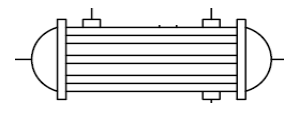
El fabricant de bombes Grundfos presenta un ampli ventall de bombes a diferents rangs de cabals i pressions. Per tant, s'ha consultat les corbes característiques de les diferents bombes trobades en el catàleg Grundfos ref. ⁹ per tal de decidir la bomba més adient per el servei desitjat.

4.2.3.3 Llista d'equips

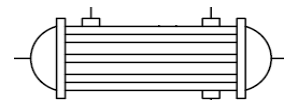
Nom	Servei	T (°C)	P (bar)	Àrea (m²)	Material
E21	Bescanviar calor	40	23	33.4	316L/A53
E22	Bescanviar calor	40	23	8.67	316L/A53
E23	Bescanviar calor	60	17	5.03	316L/A53
E12	Evaporar	8.0	6.0	89.9	316L
C11A, C11B i C11C	Comprimir gassos	118	15	-	316L
E11	Bescanviar calor	38	1.0	96	316L
P21A i P21B	Donar pressió	5.0	7.0	-	A53
T11	Tanc pulmó	38	15	-	316L
T12	Tanc pulmó	5.0	2.0	-	A53

⁹ Catàleg de bombes NK Grundfos, Bombas estàndard.

4.2.3.4 Fulles d'especificació

1	TYPE	Manufacturer: ; Type ; Model:													
2		Horiz. - Vert. - Sloped *to horiz FTS with Exp. Joint - U-Tube - Kettle - Coil - Hairpin - Box													
3		Floating Hd. - Pull Thru - Clamp Ring - Packed - Thermosypon - Fintube - Other:													
4	PERFORMANCE OF ONE UNIT	Additional Proc. Data on Sheet No.		Inlet - SHELL SIDE - Outlet		Inlet - TUBE SIDE - Outlet									
5		Fluid:		Process		Water									
6		Total Flow	kg/s	1,28	1,28	33,83	33,83								
7		Liquid	kg/s		1,03	33,83	33,83								
8		Density	kg/m3		520,4	1022	1020								
9		Viscosity	cP		0,08	1,4	1,375								
10		Specific Heat	kJ/kg.K		2,644	4,061	4,058								
11		Coef. of heat transfer	W/m2.K		2350	3081	3382								
12		Vapour	kg/s	1,281	0,249										
13		Mol.Mass	kg/kmol Density	kg/m3	34,96	39,61	21,79	23,19							
14		Viscosity	cP		0,001	0,012									
15		Specific Heat	kJ/kg.K		2,081	2,209									
16		Coef. of heat transfer	W/m2.K		1331	2350									
17		Latent Heat	kJ/kg		862,7	945,4									
18		Non-Condensables	kg/s		Mol.Mass=	kg/kmol	Mol.Mass=	kg/kmol							
19		Velocity Max./Min.	m/s		0,419	0,163	0,788	0,79							
20		Norm	Max. Operating Temp.												
21		Operating Press (inlet) (eff.)	23 bar												
22		Pressure Drop	bar	Allow	Calc	Allow	Calc								
23		Film Coeff	W/m2.K												
24		Fouling Factor	W/m2.K		2857		5714								
25		Over-all Coefficient Uo	W/m2.K	Clean	Service	LMTD (corrected)		K							
26		Installed Area/Unit	33,41	m2	(outside) Including - Excluding	Service	LMTD (corrected)	K							
27		DESIGN DATA PER SHELL	SHELL SIDE		TUBE SIDE		Shell ID (Approximate)		438,2	mm					
28			Design Temperature	°C	28	60	No. Tubes (approximate)	239							
29	Design Pressure (eff.)		bar	28,75	8,131	Tube O.D.	19,05	mm	Tube Wall Thk.	2,108	mm				
30	Hydrostatic Test (eff.)		bar	37,38	10,57	Tube length	2,474		m						
31	Corrosion Allow./Lining		mm	3	3	Tube Pitch	937,5		mm						
32	Number of Passes:			1	1	Joint:	0,85								
33	Insulation:						Make/Type Fintubes:								
34	Cross Baffles: Type						weir Height		per tube	per m					
35	Number:		16	Spacing Approx. Equal - See shet no.			Fin Height		mm	Fin thickness	mm				
36	Provide		mm Horizontal Cut on Bottom for Condensate Drain.				Vessel Supports - Saddles - Lugs - Other:								
37	Long Baffles: Type						weir Height		mm	Shell After Weir	mm				
38	Impingement Baffle: Yes - No		Condensate: Lift Yes - No		Removable Bundle: Yes - No		Cathodic Protection: Yes - No								
39	TEMA Class:		Lethal: Yes - No		Code:		Certificate: Yes - No		Seismic: Yes - No						
40	Radiograph: Shell. -		Shell cover. - Channel.		Strees Relieve:		Shell. - Shell Cover. - Channel. - Floating Hd.								
41	Weight Complete Empty / Full of Water				N : Weight Bundle Only				N						
42	Sandblast:	Paint:		Maintain:		Shell ID		Tube Count	Installed Area						
43	NOZZLES PER SHELL	SHELL SIDE				TUBE SIDE				Tubes: stainless steel		Chan. Noz. Necks:			
44		Service	Mk	Size	Rtg	Face	Type	Mk	Size	Rtg	Face	Type	Stat. Tube Sheet:	Chan. Noz. Flanges:	
45		Inlet	Hin	1,5"	22,7	atm		Cin	3,5"	6,42	atm		Fltg. Tube Sheet:	Channel Flanges:	
46		Outlet	H0_g	1"	22,6	atm		Co	3,5"	6,37	atm		Cross Baf/Tube Sup.:	Floating Head:	
47		Drain	H0_l	1"	22,6	atm							Long Baffles:	Fltg Hd Flange:	
48		Vent											Impinge. Baffle:	Clamp Ring:	
49													Weir/Lift:	Bolts/Studs:	
50													Tie Rods & Spacers:	Nuts:	
51													Shell:	stainless steel	Vessel Supports:
52													Shell Cover:	GASKETS & PACKING	
53												Channel:	Shell Cover:		
54		See Nozzle Sketch on Sheet No.										Ch. Cover/Bonnet:	Shell Chan. Side:		
55		Shell Side:	Parallel banks of				Shells in Series				Shell Noz. Necks:	Channel:			
56		Tube Side:	Parallel banks of				Shells in Series				Shell Noz. Flanges:	Channel Cover:			
57		Stacked:	Wide				High				Shell Flanges:	Fltg Hd:			
58		Vendor to complete all applicable information not given by purchaser													
JOB NO.		CHARGE NO.		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI											
M/S NO.		P.O. NO.		DEPARTAMENT d'ENGINYERIA QUÍMICA											
NO. UNITS		ELECTR. APPR.		Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química											
DR. BY		DATE		Abril 2009											
CK. BY		DATE													
REV.	BY	CK	DATE	E21											
				SHEET NO. 1											

1	TYPE	Manufacturer: ; Type ; Model:																	
2		Horiz. - Vert. - Sloped *to horiz FTS with Exp. Joint - U-Tube - Kettle - Coil - Hairpin - Box																	
3		Floating Hd. - Pull Thru - Clamp Ring - Packed - Thermosyphon - Fintube - Other:																	
4	PERFORMANCE OF ONE UNIT	Additional Proc. Data on Sheet No.					Inlet - SHELL SIDE - Outlet					Inlet - TUBE SIDE - Outlet							
5		Fluid:					Process					Water							
6		Total Flow					kg/s					kg/s							
7		Liquid					kg/s					kg/s							
8		Density					kg/m3					kg/m3							
9		Viscosity					cP					cP							
10		Specific Heat					kJ/kg.K					kJ/kg.K							
11		Coeff. of heat transfer					W/m2.K					W/m2.K							
12		Vapour					kg/s					kg/s							
13		Mol.Mass					kg/kmol					kg/kmol							
14		Density					kg/m3					kg/m3							
15		Viscosity					cP					cP							
16		Specific Heat					kJ/kg.K					kJ/kg.K							
17		Coeff. of heat transfer					W/m2.K					W/m2.K							
18		Latent Heat					kJ/kg					kJ/kg							
19		Non-Condensables					kg/s					kg/s							
20		Velocity Max./Min.					m/s					m/s							
21		Norm					Max. Operating Temp.												
22		Operating Press (inlet) (eff.)					23 bar												
23		Pressure Drop					bar					Allow							
24	Film Coeff					W/m2.K					W/m2.K								
25	Fouling Factor					W/m2.K					W/m2.K								
26	Over-all Coefficient Uo					W/m2.K					W/m2.K								
27	Installed Area/Unit					8,668 m2					Clean Service LMTD (corrected) K								
28	SHELL SIDE					TUBE SIDE					Shell ID (Approximate) 254 mm								
29	Design Temperature °C					28					No. Tubes (approximate) 62								
30	Design Pressure (eff.) bar					28,75					Tube O.D. 19,05 mm Tube Wall Thk. mm								
31	Hydrostatic Test (eff.) bar					37,38					Tube length 1,787 m								
32	Corrosion Allow./Lining mm					3					Tube Pitch 937,5 mm								
33	Number of Passes:					1					Joint: 0,85								
34	Insulation:										Make/Type Fintubes:								
35	Cross Baffles: Type					16 ; Segment Cut					No. Fins per tube per m								
36	Number:					Spacing Approx. Equal - See shet no.					Fin Height mm Fin thickness mm								
37	Provide					mm Horizontal Cut on Bottom for Condensate Drain.					Vessel Supports - Saddles - Lugs - Other:								
38	Long Baffles: Type					:Number					weir Height mm ; Shell After Weir mm								
39	Impingement Baffle: Yes - No					Condensate: Lift Yes - No					Removable Bundle: Yes - No								
40	TEMA Class:					Lethal: Yes - No					Code: Certificate: Yes - No								
41	Radiograph: Shell. -					Shell cover. - Channel.					Stress Relieve: Shell. - Shell Cover. - Channel. - Floating Hd.								
42	Weight Complete Empty / Full of Water					/					N : Weight Bundle Only N								
43	Sandblast:					Paint:					Maintain:								
44	SHELL SIDE					TUBE SIDE					Shell ID								
45	Service					Mk Size Rtg Face Type					Mk Size Rtg Face Type								
46	Inlet					Hin 0,75" 22,7 atm					Cin 1,5" 6,40 atm								
47	Outlet					Ho.g 0,75" 22,6 atm					Co 1,5" 6,35 atm								
48	Drain					Ho.l 0,75" 22,6 atm													
49	Vent																		
50																			
51																			
52																			
53																			
54	See Nozzle Sketch on Sheet No.																		
55	Shell Side:					Parallel banks of Shells in Series					Tubes: stainless steel Chan. Noz. Necks:								
56	Tube Side:					Parallel banks of Shells in Series					Stat. Tube Sheet: Chan. Noz. Flanges:								
57	Stacked:					Wide High					Fltg. Tube Sheet: Channel Flanges:								
58	Vendor to complete all applicable information not given by purchaser										Cross Baf/Tube Sup.: Floating Head:								
JOB NO.										CHARGE NO.					UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI				
M/S NO.										P.O. NO.					DEPARTAMENT d'ENGINYERIA QUÍMICA				
NO. UNITS										ELECTR. APPR.					Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química				
DR.BY										DATE					Abril 2009				
CK.BY										DATE									
REV.										BY					CK				
															DATE				
															E22				
															SHEET NO. 2				




1	TYPE	Manufacturer: ; Type ; Model:												
2		Horiz. - Vert. - Sloped *to horiz FTS with Exp. Joint - U-Tube - Kettle - Coil - Hairpin - Box												
3		Floating Hd. - Pull Thru - Clamp Ring - Packed - Thermosypon - Fintube - Other:												
4	PERFORMANCE OF ONE UNIT	Additional Proc. Data on Sheet No.												
5		Fluid:	Inlet - SHELL SIDE - Outlet Process Water											
6		Total Flow	kg/s	0,125 0,125 2,204 2,204										
7		Liquid	kg/s	0,033 2,204 2,204										
8		Density	kg/m3	630,3 1022 1020										
9		Viscosity	Pa.s	0,174 1,499 1,375										
10		Specific Heat	kJ/kg.K	2,25 4,061 4,058										
11		Coeff. of heat transfer	W/m2.K	2308 2052 2358										
12		Vapour	kg/s	0,125 0,092										
13		Mol.Mass	kg/kmol Density	kg/m3 23,1 14,67 19,3 14,32										
14		Viscosity	Pa.s	1E-02 1E-02										
15		Specific Heat	kJ/kg.K	2,252 2,282										
16		Coeff. of heat transfer	W/m2.K	1188 2308										
17		Latent Heat	kJ/kg	1032 964,5										
18		Non-Condensables	kg/s	Mol.Mass= kg/kmol										
19		Velocity Max./Min.	m/s	0,275 0,028 0,473 0,474										
20		Norm	Max. Operating Temp.											
21		Operating Press (inlet) (eff.)	bar	17 bar										
22		Pressure Drop	bar	Allow Calc Allow Calc										
23		Film Coeff	W/m2.K											
24	Fouling Factor	W/m2.K	2857 5714											
25	Over-all Coefficient Uo	W/m2.K	Clean Service LMTD (corrected) K											
26	Installed Area/Unit	5,033 m2	(outside) Including - Excluding Area in tube sheets											
27	DESIGN DATA PER SHELL	SHELL SIDE	TUBE SIDE	Shell ID (Approximate) 203,2 mm										
28		Design Temperature °C	80	25	No. Tubes (approximate) 36									
29		Design Pressure (eff.) bar	21,25	8,339	Tube O.D. 19,05 mm Tube Wall Thk. mm									
30		Hydrostatic Test (eff.) bar	27,63	10,84	Tube length 1,608 m									
31		Corrosion Allow./Lining mm	3	3	Tube Pitch 937,5 mm									
32		Number of Passes:	1	1	Joint: 0,85									
33		Insulation:	Make/Type Fintubes:											
34		Cross Baffles: Type	6	Segment Cut	No. Fins per tube per m									
35		Number:	Spacing Approx. Equal - See shet no.											
36		Provide mm	Horizontal Cut on Bottom for Condensate Drain. Vessel Supports - Saddles - Lugs - Other:											
37		Long Baffles: Type	;Number weir Height mm ; Shell After Weir mm											
38		Impingement Baffle: Yes - No	Condensate: Lift Yes - No	Removable Bundle: Yes - No	Cathodic Protection: Yes - No									
39		TEMA Class:	Lethal: Yes - No	Code:	Certificate: Yes - No Seismic: Yes - No									
40		Radiograph: Shell. -	Shell cover. -	Channel.	Strees Relieve: Shell. - Shell Cover. - Channel. - Floating Hd.									
41		Weight Complete Empty / Full of Water	/ N : Weight Bundle Only N											
42	Sandblast:	Paint:	Maintain:	Shell ID Tube Count Installed Area										
43	NOZZLES PER SHELL	SHELL SIDE					TUBE SIDE					Tubes: stainless steel Chan. Noz. Necks:		
44		Service	Mk	Size	Rtg	Face	Type	Mk	Size	Rtg	Face	Type	Stat. Tube Sheet: Chan. Noz. Flanges:	
45		Inlet	H _{in}	0,75"	16,8 atm			C _{in}	1"	6,58 atm			Fltg. Tube Sheet: Channel Flanges:	
46		Outlet	H _o	0,75"	16,6 atm			Co	1"	6,53 atm			Cross Baf/Tube Sup.: Floating Head:	
47		Drain	H _o	0,75"	16,6 atm								Long Baffles: Fltg Hd Flange:	
48		Vent											Impinge. Baffle: Clamp Ring:	
49													Weir/Lift: Bolts/Studs:	
50													Tie Rods & Spacers: Nuts:	
51													Shell: stainless steel Vessel Supports:	
52													Shell Cover: GASKETS & PACKING	
53												Channel: Shell Cover:		
54		See Nozzle Sketch on Sheet No.											Ch. Cover/Bonnet: Shell Chan. Side:	
55	MISC.	Shell Side:	Parallel banks of					Shells in Series					Shell Noz. Necks: Channel:	
56		Tube Side:	Parallel banks of					Shells in Series					Shell Noz. Flanges: Channel Cover:	
57		Stacked:	Wide					High					Shell Flanges: Fltg Hd:	
58		Vendor to complete all applicable information not given by purchaser												
JOB NO.		CHARGE NO.			UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI									
M/S NO.		P.O. NO.			DEPARTAMENT D'ENGINYERIA QUÍMICA									
NO. UNITS		ELECTR. APPR.			Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química									
DR.BY		DATE			Abril 2009									
CK.BY		DATE			E23									
REV.	BY	CK	DATE											
					SHEET NO. 3									

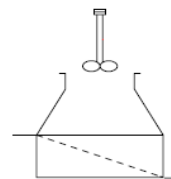


1	TYPE	Manufacturer: ; Type ; Model:															
2		Horiz. - Vert. - Sloped *to horiz FTS with Exp. Joint - U-Tube - Kettle - Coil - Hairpin - Box															
3		Floating Hd. - Pull Thru - Clamp Ring - Packed - Thermosypon - Fintube - Other:															
4	PERFORMANCE OF ONE UNIT	Additional Proc. Data on Sheet No.					Inlet - SHELL SIDE - Outlet					Inlet - TUBE SIDE - Outlet					
5		Fluid:					NH3					Water					
6		Total Flow					kg/s					0,606 0,606 54,79 54,79					
7		Liquid					kg/s					0,606 54,79 54,79					
8		Density					kg/m3					25,61 1020 1022					
9		Viscosity					cP					1,375 4,062					
10		Specific Heat					kJ/kg.K					4,24 4,058 1,501					
11		Coeff. of heat transfer					W/m2.K					5184 3217 3217					
12		Vapour					kg/s					0,606					
13		Mol.Mass					kg/kmol Density					kg/m3					
14		Viscosity					cP					8E-03					
15		Specific Heat					kJ/kg.K					2,163					
16		Coeff. of heat transfer					W/m2.K					5184					
17		Latent Heat					kJ/kg										
18		Non-Condensables					kg/s					Mol.Mass= kg/kmol					
19		Velocity Max./Min.					m/s					0,808					
20		Norm					Max. Operating Temp.										
21		Operating Press (inlet) (eff.)					4,65 bar										
22		Pressure Drop					bar					Allow Calc Allow Calc					
23		Film Coeff					W/m2.K										
24		Fouling Factor					W/m2.K					5714 5714					
25		Over-all Coefficient Uo					W/m2.K					Clean Service LMTD (corrected) K					
26		Installed Area/Unit					89,86 m2					(outside) Including - Excluding Area in tube sheets					
27		DESIGN DATA PER SHELL	SHELL SIDE					TUBE SIDE					Shell ID (Approximate) mm				
28			Design Temperature °C					22,28 28					No. Tubes (approximate) 384				
29			Design Pressure (eff.) bar					5,813 7,716					Tube O.D. 19,05 mm Tube Wall Thk. mm				
30	Hydrostatic Test (eff.) bar					7,556 10,03					Tube length 5,021 m						
31	Corrosion Allow./Lining mm					3 3					Tube Pitch mm						
32	Number of Passes:					1 1					Joint: 0,85						
33	Insulation:										Make/Type Fintubes:						
34	Cross Baffles: Type					; Segment Cut					No. Fins per tube per m						
35	Number:					Spacing Approx. Equal - See shet no.					Fin Height mm Fin thickness mm						
36	Provide mm					Horizontal Cut on Bottom for Condensate Drain.					Vessel Supports - Saddles - Lugs - Other:						
37	Long Baffles: Type					;Number					weir Height mm ; Shell After Weir mm						
38	Impingement Baffle: Yes - No					Condensate: Lift Yes - No					Removable Bundle: Yes - No						
39	TEMA Class:					Lethal: Yes - No					Code:						
40	Radiograph: Shell. -					Shell cover. - Channel.					Strees Relieve: Shell. - Shell Cover. - Channel. - Floating Hd.						
41	Weight Complete Empty / Full of Water					/					N : Weight Bundle Only N						
42	Sandblast:					Paint:					Maintain:						
43	NOZZLES PER SHELL	SHELL SIDE					TUBE SIDE					Shell ID					
44		Service Mk Size Rtq Face Type					Mk Size Rtq Face Type					Tubes: stainless steel Chan. Noz. Necks:					
45		Inlet H _{in} 3" 4,59 atm					C _{in} 5" 6,35 atm					Stat. Tube Sheet: Chan. Noz. Flanges:					
46		Outlet H _o 3,5" 4,44 atm					C _o 5" 6,30 atm					Fittg. Tube Sheet: Channel Flanges:					
47		Drain										Cross Baf/Tube Sup.: Floating Head:					
48		Vent										Long Baffles: Fittg Hd Flange:					
49												Impinge. Baffle: Clamp Ring:					
50												Weir/Lift: Bolts/Studs:					
51												Tie Rods & Spacers: Nuts:					
52												Shell: stainless steel Vessel Supports:					
53											Shell Cover: GASKETS & PACKING						
54	See Nozzle Sketch on Sheet No.										Channel: Shell Cover:						
55	Shell Side: Parallel banks of Shells in Series										Ch. Cover/Bonnet: Shell Chan. Side:						
56	Tube Side: Parallel banks of Shells in Series										Shell Noz. Necks: Channel:						
57	Stacked: Wide High										Shell Noz. Flanges: Channel Cover:						
58	Vendor to complete all applicable information not given by purchaser										Shell Flanges: Fittg Hd:						
JOB NO.		CHARGE NO.			UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI												
M/S NO.		P.O. NO.			DEPARTAMENT d'ENGINYERIA QUÍMICA												
NO. UNITS		ELECTR. APPR.			Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química												
DR. BY		DATE			Maig 2009												
CK. BY		DATE															
REV.	BY	CK	DATE	E12													
SHEET NO.		4															



1	SERVICE CONDITONS	Manufacturer:		Type: Centrifugal	Compressor centrfu Model:		
2		Vapor or Gas Handled Aire		Sat'd with at	bar(abs.) °C		
3		Mol/Mass (Total Composi		kg/kmol	17,0	Critical Press. (eff.)	19,5 bar
4		Cp/Cv at		1,4	Normal Barometer (abs.)		bar
5		Operating Condition		Rated		A -	B -
6				Suction	Discharge		
7		Weight Flow	kg/s	0,202	0,202		
8		Volume Flow at P&T	m³/s	0,059	0,059		
9		Pressure (P) (abs.)	bar	4,5	15		
10		Temperature (T)	°C	1,4	118,7		
11		Viscosity	cP	7,7E-03	1,2E-02		
12		Compressibility		3,510			
13		Adiabatic power	kW				
14		Power (including Gear Lo:	kW	47,19			
15		Rot. freq.		400 rpm			
16		Estimated Adiabatic Efficiency		80%			
17		Surge at % Capacity					
18		Maximum Continous Rot. freq. s-1 ; First Critical freq. s-1 ;Second Critical Rot. freq. s-1					
19		Overspeed Test; Rot. freq. s-1					
20							
21	CONSTRUCTION DETAILS	Number of Stages		1 ;Direction of Rotation Facing Compressor Coupling End; CW-CCW			
22		Case: Design Pressure (eff.)		18,75 bar Impeller: Type			
23		Hydrostatic Test Pressure (eff.)		24,38 bar Diameter mm			
24		Split Horizontal - Vertical - Barrel		Removable Liner: Yes- No			
25		Support Foot - Pedestal - Barrel		Foot		Clereance	15%
26		Cooling Water Required on: Casing - Stuffing Box - Bearings - Pedestal		Stroke		12	
27		Gland Sealing : Yes - No		Seal Type		Diameter cylinder	5,68 in
28		Venting Glands: Yes - No				Rod size	2,5 in
29		Bearings: Thrust		Type			
30		Radial		Type			
31		Baseplate: Type		Coupling: Type			
32		Control: Speed - Suction Valve - Inlet Vane		Guard Yes - No			
33		Control: Speed - Suction Valve - Inlet Vane		Source: Manual -FC - PC - TC			
34		Nozzles	Size	Rating	Facing	Lubrication System:	
35		Suction	2"				
36		Discharge	1,25"				
37	Casing & Covers:		Shaft Sleeves:		Bushings:		
38	Diaphragms:		Intercooler:		Glands:		
39	Guide Vanes:		Impeller Hubs & Covers:		Liner:		
40	Shaft:		Impeller Vanes		Aftercooler		
41	ELEC MOTOR	Furnished by:		; Make Horizontal - Vertical - Mounted by:			
42		Mechanical Data: Estimated Power Req'd:		kW		; Proposed Motor Size kW	
43		Rot. freq.		50 s-1 ; FrameIEC No.:		;Bearings Mfr., Serial No.:	
44		Connection Method: Direct - Gear - V - Belt - Chain ; Slide Rails: Yes - No					
45		Electrical Data: Volts		;Phase		;Frequency ;Number of Poles:	
46		Full load Current		A;		Locked Rotor Current A; Insulation Class: B - E - Others:	
47	Enclosure: TEFC - TEFC Non sparkling - Explosion Proof Exd - Increased Safety Exe - Gas Group:						
48	GEA	Speed Reducer: Integral - Separated ; Manufacturer:		; Ratio:			
49		Model:		; Class:			
50	MISC	Wt. of Compressor (Less Base)		N Outline Drawing			
51		Wt. of Compressor (with Base)		N Cross Section Drawing:			
52		Wt. of Driver		N Performance Curve		Certified: Yes - No	
53		Shipping Weight		N Nameplate			
54	NOTE						
55							
56							
57	Vendor to complete al applicable information not given by Purchaser.						
JOB NO.	CHARGE NO.		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI DEPARTAMENT D'ENGINYERIA QUÍMICA Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química				
M/S NO.	P.O. NO.						
NO. UNITS	ELECTR. APPR.						
DR. BY	DATE maig 2009						
CK. BY	DATE						
REV.	BY	CK	DATE	C11A, C11B and C11C			
				SHEET NO. 5			

1	Manufacturer	Type:	Model:	
2	Duty	kW	Inlet- TUBE SIDE- Outlet	AIR SIDE
3	Fluid:	NH3		
4	Total Flow	kg/s	0,61	0,61
5	Liquid	kg/s	0,61	Air Flow (1 bar abs./0°C) 45,2 m3/s
6	Density	kg/m3	579	Temperature In/Out 30 / 38 °C
7	Viscosity	Pa-s	0,11	Pressure in/out (abs.) 1 / 1 bar
8	Specific Heat	kJ/kg-K	5,12	Relative Humidity %
9	Coeff. of Heat transfer	W/m2K	883	Face Velocity 5 m/s
10	Vapor	kg.s	0,61	HEAT TRANSFER SUMMARY
11	Density	kg/m3	8,38	U' clean 417 W/m2K
12	Viscosity	Pa-s	0,01	U' Service 363 W/m2K
13	Specific Heat	kJ/kg-K	2,39	Total Fouling Factor 5714 W/m2K
14	Coeff. of Heat transfer	W/m2K	883	LMTD (Corrected) 26,2 K
15	Latent Heat	kJ/kg	18604	Total Install. Area (OS) 96 m2
16	Non-Condensables	kg/s	Mol. mass	Face Area 18,1 m2
17	Velocity	m/sec	10,3	ARRANGEMENT
18	Norm. Max. Oper. Temp.	°C	116	No. Elements In Parallel Banks
19	Operating Press. (Inlet)	bar (eff.)	15	No. Elements In Series /Banks
20	Pressure Drop	bar	Allow. Calc.	
21	Design Temperature	136 °C	No. Tubes (Approx.): 50	Make/Type Fintubes:
22	Design Pressure (eff.)	18,8 bar	Tube OD 25,4 mm	No. Fins 433 per m
23	Hydrostatic Test (eff.)	24,4 bar	Tube Gauge mm	Pin Heigh 15,9 mm
24	No. of Tube Rows:	50	Tube Lenth 6 m	Fin Thickness 0,406 mm
25	No. of tube Passes:	4	Tube Pitch 60,33 mm	TEMA Class:
26	Header Type	Retarder Req' Yes - No		STRUCTURAL DESIGN
27	Corrosion Allowance	3 mm	Supports- Type	Shipping Weigh N
28	Spot Radiograph:	Floor Area (Max) mxm		Wind Load N/m2
29	Stress Relieve:	Heigh (Max) m		Live Load N/m2
30	Ladders and Platforms Provided:	Seismic: YES-NO		
31	Manufacturer:	Rot. freq. s-1		
32	Total Number: 2	Power per Fans 83 kW		
33	Type and Number, Adjustable Pitch	Blade Material		
34	Automatic Variable Pitch	Number		
35	Actual Static Pressure (abs.) bar	Angle Setting		
36	Diameter 2742 mm	Hub Material		
37	Furnished by: Make	Horizontal-Vertical; Mounted by:		
38	Mechanical Data: Estimated Power Req'd kW;	Proposed Motor Size kW		
39	Rot. freq. s-1	Frame IEC No.:	Bearings Mfr., Serial No.:	
40	Connected Method: Direct - Geat - V Belt - Chain;	Slide Rails; Yes - No		
41	Electrical Data: Volts Phase Frequency 50 Hz	Number of Poles		
42	Full Load Current A Locked Rotot Current A	Insulation Class: B - E - Others		
43	Enclosure: TEFC -TEFC Non Sparking - Explosion Proof Exd - Increased Safety Exe - Gas Group :			
44	Speed Reducer : Integral - Separate; Manufacturer: Ratio:	Class		
45	Model			
46	Service Mk No Size Rtg Face Type	Tubes: stainless steel	Header Nozzle Flanges	
47	Inlet In 2,5" 15 bar	Tube Plugs:	Return Bends:	
48	Outlet Out 0,75" 14,8 bar	Cover Plate:	Bolts/Studs:	
49	Vent	Tube Supports:	Nuts:	
50		Retarders:	Vessel Supports:	
51		Fins:	Gaskets:	
52		Headers:		
53	See Nozzle Sketch Sheet No.	Header Nozzle Necks:		
54	NOTES			
55				
56				
57	Vendor to complete all applicable information not given by Purchaser			
JOB NO.	CHARGE NO.	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI		
M/S NO.	P.O. NO.	DEPARTAMENT d'ENGINYERIA QUÍMICA		
NO. UNITS	ELECTR. APPR.	Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química		
DR BY	DATE Maig 2009			
CK.BY	DATE			
REV	BY	CK	DATE	
			E11	
			SHEET NO. 6	



5 SEGURETAT AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS

5.1 Anàlisi de risc preliminar

5.1.1 Identificació del risc associat a les substàncies

El primer pas per tal d'identificar el risc potencial de la nostre instal·lació industrial és la identificació i caracterització de les substàncies involucrades en el procés. Es poden observar les dades en l'annex 4.

5.1.2 Hazoop

L'anàlisi de perills i operabilitat (HAZard and Operability Analysis (HAZOP)), coneguda també com anàlisi de risc i operabilitat (AFO) o anàlisi operativa (AO). És una tècnica deductiva per a la identificació, l'avaluació qualitativa i la prevenció del risc potencial i dels problemes d'operació derivats del funcionament incorrecte d'un sistema tècnic. La tècnica es fonamenta en el fet que les desviacions en el funcionament de les condicions normals d'operació i disseny solen conduir a una fallada de sistema.

El primer pas és la selecció dels elements crítics que cal estudiar. En el nostre cas s'han estudiat els equips de l'equip de fred i els bescanviadors de dispostats en cada zona (zona 2, zona 3 i zona 4). S'ha realitzat l'estudi de diferents nodes que corresponen als diferents equis del sistema de fred: 1(compressor), 2(evaporador), 3(condensador), 4 (instal·lació), 5 (Vàlvula d'expansió). De manera seqüencial i repetitiva, s'han aplicat les paraules *guia* (*no més* , *menys* , *altre* , *part de* , *etc.*) a cada una de les condicions d'operació del procés, substàncies i variables que hi intervenen (flux, pressió, temperatura, nivell, temps, etc.) Amb aquesta operativa s'ha aconseguit generar les desviacions significatives de les condicions normals d'operació i s'ha fet un repàs exhaustiu dels possibles funcionaments anòmals. L'estudi de les desviacions condueix a la identificació de les seves possibles causes i conseqüències i, per tant, del risc potencial i dels problemes derivats d'un funcionament incorrecte; paral·lelament, es busquen els mitjans protectors del sistema. Tot aquest anàlisi es mostra en la següent taula 5.1.2 que permet l'avaluació qualitativa de les mesures de control i de seguretat. D'aquesta informació es podran implementar noves mesures per a la millora de la seguretat i de la fiabilitat del sistema. A continuació es mostra la nomenclatura dels nusos del Hazzop:

Taula 5.1.2 Anàlisi de risc preliminar (HAZOP)

Nus	Paraula Guia	Desviació	Possibles causes	Accions a emprendre
1	No	No hi ha flux en la línia aspiració del compressor. (102L/316L/10S/2")	<ol style="list-style-type: none"> 1. Bloqueig o obstrucció de la mànega d'aspiració. 2. No hi ha suficient flux . 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisió periòdica del correcte funcionament de la línia i revisió periòdica dels components d'aspiració 2. Implantació d'un sistema de desconexió automàtica del motor i instal·lació d'un sistema d'enclavaments que s'activi en la parada del motor i permeti deixar el procés en posició segura.
1	Menys	Pressió d'aspiració	<ol style="list-style-type: none"> 1. Capacitat del compressor massa alta. 2. Falta de refrigerant. Bombolles en el visor i probablement, línia de líquid calenta. 3. Oli en l'evaporador. Filtre embussat en la línia de líquid. 4. Rescalfament del vapor d'aspiració massa alt. <ol style="list-style-type: none"> 5. Dispositiu d'expansió escarxat. 6. La vàlvula d'expansió a perdut càrrega. 7. La vàlvula solenoide en la línia de líquid no s'obre. 8. Vàlvula d'expansió massa petita. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reduir la capacitat del compressor.
1	Menys	Nivell d'oli	<ol style="list-style-type: none"> 1. El calefactor d'oli falla 2. Termòstat del calefactor mal regulat o 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reparar-lo o canviar-lo. 2. Regular-lo o canviar-lo.

			defectuós	
			3. Temperatura de la línia de descàrrega massa baixa, amb excés de líquid.	3. Regular la vàlvula d'expansió.
1	Menys	Temperatura de descàrrega	1. Temperatura d'aspiració massa baixa degut a un flux excessiu de líquid refrigerant procedent de l'evaporador.	1. Ajustar la vàlvula de regulació del líquid. Incrementar el Rescalfament.
1	Més	Més pressió de descàrrega	1. Refrigeració insuficient del corrent d'impulsió (fallada dels aerorefrigerants), aire massa calent a l'aspiració dels ventiladors.	1. Comprovar el funcionament dels aerorefrigerants.
1	Més	Més pressió d'aspiració	1. Insuficient capacitat del compressor. 2. Una derivació oberta entre la part d'aspiració i la part d'alta pressió del compressor. 3. Mal ajust de la vàlvula del recicla del compressor.	1. Regular la capacitat del compressor. Revisar que tots els cilindres estan treballant. Comprovar la funció del regulador de capacitat. 2. Revisar el sistema davant d'un possible by-pass. Pot detectar-se com una zona calenta. 3. Ajustar la vàlvula de recicla, reparar o substituir.
1	Més	Temperatura de descàrrega	1. Temperatura d'aspiració alta degut a un subministrament reduït de refrigerant a l'evaporador (alt rescalfament): - Carga de refrigerant baixa. - Filtres embussats. - Vàlvules de regulació de líquid ajustades incorrectament. 2. Vàlvules de descàrrega amb fugues. 3. Derivació oberta entre les parts d'alta i baixa pressió del compressor, per exemple vàlvula de seguretat amb fugues. 4. Insuficient aïllament de la canonada d'aspiració.	1. Revisar la càrrega. Netejar els filtres. Revisar les vàlvules d'expansió termostàtica. 2. Fugues en les vàlvules de descàrrega provoquen la generació de calor. Reemplaçar les vàlvules defectuoses. 3. Localitzar la derivació i reparar la possible fuga. 4. Revisar el Rescalfament en l'aspiració.
1	Menys	Menys pressió d'aspiració	1. Insuficient alimentació de refrigerant en	1. Instal·lar un distribuïdor de líquid. Comprovar que el

			l'evaporador. 2. Una distribució insuficient de l'aire sobre la superfície refrigeradora origina una distribució de líquid desigual. 3. Evaporador ple amb l'oli de la màquina frigorífica.	distribuidor de líquid està muntat verticalment. 2. La distribució de l'aire hauria de ser uniforme en tota la secció transversal del refrigerador d'aire. 3. Després del drenatge de l'oli, el separador d'oli i el dispositiu pel retorn de l'oli haurien de revisar-se.
5	Més	Pressió d'aspiració	1. El compressor és massa petit en relació a la capacitat de les condicions reals. L'evaporador és massa gran. 1. Set point del regulador desajustat. 2 Càrrega tèrmica superior a la prevista. 3. Cabal d'aigua excessiu. 4. Regulació electrònica fora de servei. 5. Sistema de variació de potència defectuós.	1. Revisar i ajustar les condicions de funcionament.
2	Més	Temperatura de sortida del fluid fred a l'evaporador.	1. Falta de fluid refrigerant. 2. Entrada incorrecta de fluid refrigerant a l'evaporador.	1. Fixar el paràmetre correctament. 2. Comprovar els balanços. 3. Ajustar el cabal al valor previst. 4. Comprovar reguladors de T i P. 5. Comprovar el distribuïdor de regulació dels compressors.
2	Més	Temperatura de sortida del fluid fred a la sortida del evaporador	1. Refrigeració insuficient del condensador. 2. Filtre aigua de refredament obstruït. 3. Sobrecàrrega de refrigerant. 4. Presència d'aire i d'incondensables en el sistema. 5. Superfícies del condensador brutes	1. Buscar possibles fuites i realitzar un complement de càrrega. 2. Comprovar les vàlvules elèctrica i d'expansió, i de tant en quan l'obtenció del filtre deshidratador.
3.	Més	Pressió de condensació	1. El compressor està baix de capacitat. 2. Vàlvules de descàrrega defectuoses o amb fuges. 3. Capacitat del condensador massa alta. 4. Derivació entre la par d'alta pressió i la part d'aspiració del compressor.	1. Augmentar el refredament. 2. Netejar el filtre. 3. Purgar el excés de refrigerant. 4. Regular interruptor d'alta pressió. 5. Netejar els tubs del condensador.
3	Menys	Pressió de condensació	1. Revisar que la capacitat del compressor correspon a la càrrega de la planta. Reduir la refrigeració del condensador. 2. Veure les instruccions del compressor. Revisar els plats de vàlvules i els segments dels pistons. 3. Regular la refrigeració del condensador. 4. Revisar el sistema davant d'un possible by-pass (pot ser	

			5. Segments dels pistons defectuosos o cilindres desgastats.	detectat com una zona calenta).
4.	No	Carga de refrigerant	<ol style="list-style-type: none"> 1. Línees de líquid anormalment calentes. 2. Bombolles en el visor de la línea de líquid. 3. La barreja de líquid- vapor, causarà un soroll estrident en la vàlvula d'expansió. <ol style="list-style-type: none"> 4. Baixa pressió d'aspiració. 5. Reduïda capacitat de la planta. 6. Baixa pressió del condensador. 	5. Reparar les parts gastades. Veure el manual d'instruccions del compressor. Cadascun d'aquests síndromes poden ser deguts a diferents circumstàncies, si aquests síndromes passen a la vegada el sistema hauria de ser revisat per si existeixen fugues i carregar amb tant refrigerant com sigui necessari.
5	Menys	Menys pressió a la vàlvula d'expansió.	<ol style="list-style-type: none"> 1. La caiguda de pressió abans de la vàlvula d'expansió pot ser massa baixa a conseqüència de: <ul style="list-style-type: none"> - Baixa temperatura de condensació. - Una distància excepcionalment alta del recipient a l'evaporador. - Línea de líquid infradimensionada. 2. La capacitat de la vàlvula és massa baixa degut a la presència de vapor refrigerant en la línea de líquid com a conseqüència de: <ul style="list-style-type: none"> - Pèrdua de pressió en la línea de líquid (filtre embussat). - El subrefredament del líquid refrigerant falla. <ul style="list-style-type: none"> - Càrrega insuficient de refrigerant. 3. La vàlvula d'expansió termostàtica no funciona, per equilibri extern de pressió. 4. Gel, cera, oli o altres impureses estan embussant la vàlvula d'expansió. 5. Element o tub capil·lar de la vàlvula d'expansió amb fugues o la càrrega s'ha perdut. 	1. Baixa pressió del condensador. Augmentar-la. 2. Netejar els filtres. Ajustar la refrigeració del condensador. Comprovar la càrrega de refrigerant. 3. Comprovar l'equilibrat extern de la pressió de la línea implicada. 4. Escalfar la vàlvula d'expansió termostàtica. 5. En el lloc en que la càrrega s'ha perdut, tancar la vàlvula. Revisar-ho de la següent manera: <ul style="list-style-type: none"> - Parar el compressor - Col·locar el bulb amb gel amb aigua. - Escalfar el bulb. Comprovar a la vegada si es dona lloc a un canvi de temperatura en la línea d'aspiració, indicant sobre flux de líquid refrigerant. Si això es confirma, la vàlvula d'expansió està capacitada per a funcionar. 5. S'ha de posicionar correctament el bulb. Ajustar el rescalfament.

5	Més	Aspiració	<p>1. Compressor infradimensionat. Ajust de rescaïfament de la vàlvula massa baix.</p> <p>2. Vapor en la línia de líquid i vàlvula d'expansió sobre dimensionada.</p> <p>3. L'orifici de la vàlvula d'expansió goteja o està en posició oberta.</p> <p>4. Equilibri exterior desconnectat i defectuosament connectat.</p>	<p>1. Incrementar la capacitat. Ajustar el rescaïfament.</p> <p>2. Falta de refrigerant.</p> <p>3. Canviar orifici de la vàlvula.</p> <p>4. Connectar l'equilibrat.</p>
5	Diferent de	Pressió d'aspiració fluctuant.	<p>1. L'evaporador està en règim inestable.</p> <p>2. El bulb està col·locat inadequadament.</p> <p>3. Refrigerant líquid passant per la línia d'aspiració, això passa com a conseqüència d'una distribució inadequada del líquid de l'evaporador.</p>	<p>1. Revisar el rescaïfament.</p> <p>2. Revisar l'emplaçament del bulb i el tub d'equilibrat.</p>

5.1.2.1 Mesures de protecció per a la utilització de NH₃

Per tal de saber el risc que comporta la utilització d'amoniac com a refrigerant, s'ha consultat *Reglamento de Seguridad para Plantas e instalaciones frigoríficas*¹⁰, els refrigerants es classifiquen en tres grups:

- Grup primer: Refrigerants d'alta temperatura.
- Grup segon: Refrigerants de mitja seguretat.
- Grup tercer: Refrigerants de baixa seguretat.

Segons el que es descriu en el reglament esmentat anteriorment l'amoniac es troba en el segon grup. A continuació es mostren les principals característiques del seu nivell de risc:

Taula 5.1.1.1 Efectes fisiològics dels refrigerants

Nº d'identificació	Nom químic	Fórmula química	ppm		
			Lesió mortal o important en pocs minuts	Perillós dels 30 als 60 minuts	Innocu de una a dues hores
R-717	Amoniàc	NH ₃	1100	800-900	-

Com es pot observar en la fitxa de seguretat, l'amoniac té el principal inconvenient de construir un perill en cas d'inhalació en dosis elevades. És precís saber que la gravetat dels riscos i perill associats a l'ús de l'amoniac depèn de la importància d'una fuga eventual. Una fuga que provoqui una concentració molt reduïda, per exemple, indica immediatament una olor desagradable. Una concentració més elevada amenaçarà amb desencadenar moviments de pànic. Concentracions encara més elevades tenen conseqüències físiques importants que poden arribar fins a la mort. Finalment, una concentració més forta amenaçarà a provocar un incendi i explosió.

Per tal de prevenir els riscos es precís davant de tot conèixer les causes, així com las mesures a adoptar en cas d'accident.

¹⁰ Ministerio de ciencia y tecnología, *Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas*

Per exemple, la inflamació i explosió no es donen exteriorment, ja que l'amoníac ascendeix ràpidament diluint-se a l'atmosfera. A continuació es citen diferents sistemes i mesures de seguretat per tal de prevenir els riscos associats a l'amoníac.

5.1.2.1.1 Equips de seguretat

- Vàlvules d'alta pressió

Es convenient adoptar mesures de seguretat necessàries per a tractar les emissions com les degudes al funcionament de les vàlvules d'alta pressió, per tal de protegir no solament a les persones pròximes a la instal·lació sinó també a les del voltant.

La sortida d'aquesta vàlvula de seguretat anirà dirigida cap a l'*scrubber*.

- Instal·lacions elèctriques.

S'ha de preveure un tall automàtic de l'alimentació de tots els circuits elèctrics de la instal·lació frigorífica a excepció dels motors dels extractors d'aire, de la il·luminació i de la sirena central de detecció. Segons la normativa, aquests interruptors han d'estar completament blindats o estar situats a l'exterior.

- Ventilació de locals

Durant el funcionament normal de la instal·lació, la renovació de l'aire dels locals s'ha d'assegurar mitjançant ventilació natural o mecànica per tal d'evitar l'estanquitat eventual de l'amoníac.

Segons la normativa, es preveu que en cas de fuga, el sistema de ventilació ha de ser activat per un detector. El cabal d'aire mínim s'ha calculat mitjançant la següent equació:

$$V = 14 \cdot m^{\frac{2}{3}} \quad (5.1)$$

Essent:

$V =$ cabal (l/s)

$m =$ massa del fluid refrigerant, en Kg, en el sistema de fred.

Substituint el nostre cabal de fluid refrigerant que és de 128,2 Kg/h el cabal d'aire del sistema de refrigeració haurà de ser igual a 0,36 l/s.

5.2 Mesura de protecció contra incendis o vessaments¹¹

El sistema de protecció de la planta segueix la normativa vigent del Reglament contra incendis en els establiments industrials (Real decret 786/2001). Mitjançant aquest document s'ha classificat la nostre instal·lació de sistema de fred, segons la normativa vigent al tractar-se d'un establiment que desenvolupa la seva activitat en un espai obert que no constitueix cap establiment, es tracta d'un establiment del tipus E. La superfície que ocupa, pel que fa a la caracterització pel seu nivell de risc intrínsec, constitueix una àrea d'incendi oberta, definida pel seu perímetre.

5.2.1 Sistemes automàtics de detecció d'incendis

Al tractar-se d'una instal·lació del tipus E no requereix d'instal·lació d'aquest sistemes de detecció però si degut a la perillositat de la presència d'amoníac es requereix la instal·lació d'un detector d'amoníac- Alarma risc d'explosió d'incendi.

Aquests detectors, s'han de d'instal·lar en llocs estratègics per tal de poder indicar la presència d'aquest gas a concentracions diferents i disparar diferents nivell d'alarma:

- Nivell baix d'alarma per a la protecció de persones (toxicitat)

Activa una alarma sonora i/o lluminosa i acciona una ventilació mecànica adaptada. Segons el projecte de la unió Europea preveu aquest nivell baix d'alarma a 500 p.p.m (380 mg/m³).

- Nivell alt d'alarma.

Aquest nivell d'alarma ha d'activar els equips de seguretat i parar el sistema frigorífic. Segons s'ha trobat bibliogràficament al s'ha de preveure el doble del nivell baix d'alarma, és a dir, 1200 ppm si hi ha personal permanentment en la instal·lació. En el nostre cas al no haver personal permanent es preveu 4000 ppm.

El nivell alt d'alarma regula les mesures relatives de tot el personal de l'establiment.

¹¹ Real Decreto 786/2001, *Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos Industriales*

5.2.2 Detector d'explosivitat

Com s'ha pogut observar en les fitxes de seguretat un dels principals riscos associats als productes és la formació d'atmosferes explosives. Aquestes àrees es senyalitzaran mitjançant la indicació normalitzada.

La ubicació de cada cartell indicatiu es realitzarà en zones no classificades.

En els llocs que per a proximitat als vials de circulació de vehicles, existeix un risc afegit, s'instal·laran cartells indicatius addicionals que contindran rètols explicatius, en aquest cas, de la font que origina la Zona Ex.

5.2.3 Sistemes manuals d'alarmes d'incendi

S'ha optat per la instal·lació de sistemes manuals d'alarmes d'incendi, ja que tractant-se d'una instal·lació del tipus E al no ser obligatori la instal·lació de sistemes automàtics de detecció s'han d'instal·lar els sistemes manuals.

El polsador d'alarma s'utilitza per a qualsevol tipus d'emergència, ja sigui d'incendi o de qualsevol altre perill, es pressiona el polsador i es sent una senyal acústica per a tota la instal·lació.

En el moment de la pulsació d'aquest sistema manual d'alarma d'incendi es posaran en marxa els sistemes següents: bomba principal contra incendis, tall d'energia a les parts mecàniques de la planta, alarma acústica i l'emissora de ràdio per a comunicacions amb els serveis exteriors de socors.

Aquest tipus d'alarma és una alarma que tots els treballadors identifiquen com a soroll de risc, i ja saben com actuar en cas d'emergència. Per aquest motiu, cada cert temps es realitzaran diferents simulacres d'incendi, on una de les primeres coses a saber és la identificació del so de l'alarma d'incendi.

5.2.4 Extintors manuals

Els extintors són uns elements molt importants per a l'extinció d'incendis tant a indústries com a oficines o qualsevol lloc de treball o estància.

Segons el reglament esmentat anteriorment pel bon ús dels extintors es seguiran les següents recomanacions:

- Els extintors s'ubicaran a llocs de fàcil accés i clara identificació, lliures de qualsevol obstacle i estaran en condicions de funcionament màxim. Es col·locaran a una altura màxima de 1,30 metres (mesurats des de el terra fins a la base de l'extintor).
- Tot el personal de la planta haurà de ser instruït i entrenat de manera correcta per a saber utilitzar correctament els extintors en cas d'emergència.
- Els extintors que es col·locaran a l'exterior hauran de col·locar-se dins una cabina protectora per tal de protegir-lo de qualsevol agressió climatològica.
- Hauran de sotmetre's a unes revisions periòdiques programades i re-carregant-se després de cada utilització.

En la instal·lació del sistema de refrigeració s'instal·laran extintors de pols seca ABC o de CO₂, ja que els productes emmagatzemats són de risc baix.

Aquests tindran una eficàcia 113B ja que el volum màxim és inferior a 20m³.

5.2.4.1 Extintors de pols seca

Els extintors de pols seca s'utilitzen principalment per a extingir focs de líquids inflamables. Per ser elèctricament no conductors, també es poden utilitzar contra focs de líquids on també participin equips elèctrics sota tensió. Els extintors de pols seca normalment es certifiquen per part de laboratoris d'assajos d'equips d'incendi a les circumstàncies citades abans i es demostra que són aptes per a la seva ocupació contra incendis de líquids inflamables i focs elèctrics.

Els ingredients que s'empren actualment als extintors de pols seca no són tòxics, no obstant el contacte amb la pols pot causar algunes dificultats temporals de la respiració durant i immediatament després de la descàrrega i pot interferir greument a la visibilitat.

5.2.4.2 Extintors de CO₂

Els equips de CO₂ tenen la característica d'extingir sense deixar residus. Es tracta d'un agent net ideal per a ús en oficines, laboratoris i tot recinte que requereixi la preservació o la no contaminació dels elements a protegir.

Les seves característiques principals són el seu alt poder refrigerant , la fàcil projecció del gas, la no interferència amb la visibilitat i el perill d'ofegament a llocs tancats.

5.2.5 Xarxa de boques d'incendi

S'instal·laran xarxes de boques d'incendi en tot el recinte, aquestes han d'estar compostes per: xarxa de canonades d'aigua i una font d'abastiment d'aigua.

Les Boques d'Incendi Equipades, més conegudes per les seves sigles (BIE), són un equip complet de protecció i lluita contra incendis, que s'instal·len de forma fixa sobre la paret i estan connectades a la xarxa de proveïment d'aigua. Inclou dins d'un armari, tots els elements necessaris per al seu ús: mànegues, debanadora, vàlvula i llança filtre.

La BIE és un sistema eficaç i inesgotable per a la protecció contra incendis, que per la seva eficàcia i facilitat de maneig, pot ser utilitzat directament pels usuaris d'un edifici en la fase inicial d'un foc o incendi. És idònia per a ser instal·lada en llocs on, a causa de la seva elevada ocupació i/o trànsit de persones, es necessiti un sistema d'extinció fàcil d'utilitzar, eficaç i inesgotable, ja que funciona amb aigua de la xarxa d'abastiment general.

Per a la seva correcta instal·lació es seguiran es seguiran les següents normes:

- A menys de 5 m. de les sortides de cada sector d'incendis.
- A menys de 50 m. de la següent BIE més propera, protegint tot el sector.
- El centre de la BIE ha d'estar , com a màxim a 1,5m. del nivell del terra.
- La xarxa de canonades haurà de proporcionar, durant una hora com a mínim, una pressió dinàmica de 2 bar en la llança.

5.2.6 Senyals acústiques i lluminoses d'alarma

Per la major eficàcia de la detecció d'incendis, s'instal·laran una xarxa de detectors com s'ha esmentat anteriorment, els senyals dels quals seran recollits per una central d'incendis, la qual a la seva vegada tindrà accés al control del circuit per a l'extinció. La seqüència temporal de la detecció d'incendis seguirà el següent procediment:

- 1) Amb l'activació del primer detector , la central entrarà en alarma indicant l'àrea o zona afectada. Al mateix temps s'activarà una alarma acústica per avisar al personal de que s'ha d'evacuar la zona afectada.

- 2) El segon detector comença la seqüència d'extinció. A aquesta segon seqüència se li pot donar un temps de marge durant el qual es donen ordres d'aturada dels equips perifèrics com pot ser l'aire condicionat, entre d'altres.
- 3) Al final de la temporització s'activen les electrovàlvules de disparo i a continuació els cartells de gas descarregat.
- 4) Després de l'activació del primer detector i en el cas de que l'incendi fos controlat amb mitjans manuals, es podria interrompre la seqüència d'extinció mitjançant l'actuació d'un polsador de bloqueig d'extinció automàtica. En aquestes circumstàncies i si l'incendi arribes a situacions difícils de controlar sempre es pot actuar sobre el polsador de disparo manual, el qual té prioritat sobre qualsevol seqüència d'activació.

El elements a demanar per tal de seguir aquest protocol d'actuació en cas d'incendi són els següents: central de detecció amb control d'extinció, detectors d'incendis definits segons els tipus de foc, polsadors de disparo (una per a cada porta d'accés), polsador de bloqueig (una per a cada porta d'accés), sirenes i alarmes anunciadores, cartells lluminosos "gas descarregat" (un per a cada porta d'accés), cartell informatiu del tipus de gas extintor que protegeix el recinte (un per a cada porta d'accés) i cablejat necessari per a la interconnexió dels elements anterior u d'aquest sistema d'extinció.

5.3 Protecció d'equips a sobrepressions

Tota instal·lació frigorífica on la seva carga de refrigerant sigui igual o superior a 20Kg com és en el nostre cas haurà d'estar protegit per un element de seguretat connectat a algun element del sector d'alta pressió.

5.3.1 Protecció del compressor

Ja que el compressor treballa a més de 1 Kg/cm^2 ha d'estar protegit per una vàlvula de seguretat o un disc de ruptura, situat en la seva descàrrega. En cas de sobrepressió, saltaria la vàlvula de seguretat.

5.3.2 Protecció bombes volumètriques

En cas d'augment de pressió o baixada sobtada de la pressió, s'activaria el indicador de baix d'alta o baixa pressió del tanc (T21) i aturaria la bomba.

5.3.3 Protecció de recipients a pressió

Els equips que s'han protegit a pressió han estat els dos dipòsits a pressió (T21) i (T11) mitjançant una vàlvula de seguretat (VS101) i (VS202).

5.4 Sistemes de protecció personal

Per a que hi hagi una bona protecció el que es necessita és un bon sistema de gestió de la seguretat, amb aquesta s'obté una bona prevenció i protecció.

A la gestió es realitza la política, la qual ajuda a obtenir un bon sistema de gestió a la seguretat de la empresa. Aquesta consta de diferents parts com:

- Organització i personal
- Identificació i avaluació dels riscos d'accidents greus.
- Control d'exploració. Adaptació de les modificacions.
- Planificació de les situacions d'emergència.
- Seguiments dels objectius fixats.
- Auditoria i revisió.

L'empresa BASF Espanyola S.L està molt compromesa amb la seguretat del seu personal, per tant a tota la planta és obligatori l'ús de :

- Roba de treball
- Sabates de seguretat
- Casc de seguretat
- Ulleres de seguretat

En la nostre instal·lació s'ha disposat de material de protecció individual per a ser utilitzat per tota persona que efectuï feines de manteniment i reparació. Aquest material és el següent: guants, vestit de protecció i una protecció ocular; també hi haurà una llitera. Segons s'ha trobat bibliogràficament el equip d'auxili d'urgència compren:

- Un equip respiratori de protecció (amb almenys dos aparells respiratoris autònoms i particularment per l'amoníac dos aparells respiratoris filtrants.

- Un equip de primers auxilis.
- Una dutxa d'emergència per el cos i una dutxa per els ulls.

Aquesta protecció serà reforçada amb una formació prèvia del personal de la instal·lació.

En aquesta zona també es poden produir situacions a les que el nivell soroll pot arribar al nivell de 100 dB (A)², a partir del qual es considera perillós pel personal que hi treballi al voltant, el qual hauria d'utilitzar casc de protecció auditiva. Si es produís una exposició prolongada al soroll, el valor límit a partir del qual s'hauria de fer ús de protecció és considera de 85dB. S'ha de tindre en compte que els danys produïts a la oïda per exposició a sorolls forts, són acumulatius i reversibles per tant s'extremaran les precaucions.

S'ha de tindre sempre en compte les fitxes de seguretat a la hora de manipular un producte per a saber en cada moment els riscos que comporten i com evitar-los.

6 MEDIAMBIENT AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS

6.1 Identificació i avaluació de les emissions

En aquest apartat es realitzarà un anàlisi de les emissions de la nostra xarxa d'aigua freda.

En el nostre cas s'obtenen principalment, emissions atmosfèriques per part del refrigerant i també de tipus acústic, ja que el compressor produeix soroll en el seu funcionament rutinari. Aquestes emissions s'intentaran evitar de la millor manera possible.

6.1.1 Atmosfèriques

El refrigerant utilitzat en el procés s'ha de tindre en compte que en algun moment que s'obri parcialment el circuit primari implicarà una emissió d'una certa quantitat de refrigerant a l'atmosfera, però seran emissions de tipus fugitives. Per tal de reduir al màxim aquestes emissions s'ha disposat a implantar un sistema de dutxes en el sistema de refrigeració activades al detector d'amoníac, que en el cas d'arribar en el nivell alt d'alarma activarà les cortines d'aigua disposades amb l'amoníac en un arquet independent. S'ha de tindre en compte que el pH d'aquesta aigua residual serà bàsic i per tant el material en el qual es disposi serà resistent.

6.1.2 Líquids

Les emissions líquides que podem obtenir en la nostra instal·lació són les de l'aigua i l'amoníac diposats en la arquet independent en cas de que salti el detector d'amoníac de nivell alt i encengui les cortines d'aigua. Aquesta aigua es dipositarà en un dipòsit i serà posteriorment tractada.

6.1.3 Soroll

El compressor, emet un nivell de potència acústica de 101 dB (A), mesurat a una potència de referència de 10^{-12} W, que correspon a la potència del llindar d'audició i una tolerància de ± 3 dB.

El nivell global de potència acústica, en canvi, s'estableix a 60dB (A) de nit i a 70 dB (A) de dia. Per tant per tal de minimitzar aquesta contaminació acústica es procedeix a la compra d'una caseta prefabricada insonoritzada.

6.2 Consums d'energia i de recursos naturals

Respecte al consum d'energia i de recursos naturals es pot dir que no es consumeix cap tipus de combustible fòssil, ni petroli, ni carbó ni gas natural de forma directa. Però cal esmentar que l'energia elèctrica que es consumeix a la planta, s'ha generat utilitzant recursos naturals, però no es pot quantificar ja que prové d'una central elèctrica independent.

6.3 Contribució a l'efecte hivernacle

La instal·lació de la xarxa d'aigua freda no comporta cap tipus d'augment de les emissions de diòxid de carboni a l'atmosfera, ja que el sistema no utilitza cap tipus de recurs que el pugui dependre. Tal com s'ha comentat el l'apartat 2.4.5 el potencial de l'efecte hivernacle del refrigerant utilitzat, l'amoníac, és igual a 0. Per tant es pot afirmar que realitzant la implantació de la xarxa d'aigua freda no es té cap contribució en l'efecte hivernacle.

7 MANTENIMENT DE LES INSTAL·LACIONS INDUSTRIALS

El manteniment industrial és aquell que es porta a terme mitjançant un conjunt de tècniques, mitjans i actuacions que garanteixen la correcta utilització de la maquinària i les instal·lacions, i que permet desenvolupar el treball previst en un determinat Pla de Producció, és a dir, dins dels riscos tècnics de la fiabilitat, disponibilitat, qualitat, temps i cicles de vida.

La disponibilitat i fiabilitat són dos termes que serveixen per a quantificar l'eficàcia del sistema de manteniment d'una empresa. També s'ha de tindre en compte els costos que comporta la realització de les tasques de manteniment, i quant més petits siguin, més eficient serà el manteniment industrial.

Existeixen quatre tipus de manteniment principals que es poden realitzar: el manteniment preventiu, el correctiu, el modificatiu i el de l'ús.

El manteniment de tipus preventiu és el que planifica unes inspeccions i accions rutinàries cada cert temps, a fi de detectar possibles avaries futures abans de que es produeixin, per tal de arreglar-ho i obtenir uns costos inferiors. Amb la detecció de futures avaries s'aconsegueix principalment frenar les possibles conseqüències d'aquestes al procés i a la producció de la planta.

El manteniment correctiu és el que comporta uns majors costos, ja que és degut a una avaria imprevista a la planta que no ha estat detectada a inspeccions preventives o pel mal ús dels treballadors.

El manteniment modificatiu és addicional al correctiu i al preventiu. Es pregunta què es pot millorar per a tindre menys avaries.

Finalment, el manteniment d'ús es el que el pot realitzar el propi usuari d l'aparell o equip. En el nostre cas s'ha vist adient realitzar un manteniment preventiu, per tant s'establiran unes revisions diàries, mensuals, anuals, amb les quals es podrà detectar on s'hi poden produir possibles avaries futures o es podrà veure on cal més atenció i on menys.

7.1 Plans regulars de manteniment

7.1.1 Inspeccions diàries

- Corrent del compressor

- Aspiració del compressor, pressions de descàrrega i de l'oli.
- Nivell d'oli dels compressors.
- Evidència de fugues d'oli en l'eix de transmissió del compressor o en les unions dels tubs.
- Nivell de líquid en el recipient del refrigerant.
- Flux de líquid en el visor (bombolles).
- Temperatures de condensació.
- Temperatura i flux d'aigua de refredament.
- Temperatura de l'aire exterior.
- Temperatura de l'aire a l'entrada del condensador.
- Humitat i temperatures del recinte.
- Temperatura de la sala de màquines.
- Estat de les resistències calefactores de les canonades del desaigua.
- Funcionament dels ventiladors dels refredadors d'aire.
- Vibració anormal.
- Estat del producte emmagatzemat.

7.1.2 Inspeccions mensuals

- Temperatura del líquid refrigerant a la entrada i sortida de la vàlvula d'expansió.
- Inspecció de tots els fusibles de la instal·lació elèctrica.
- Funcionament dels controls de seguretat.
- Verificació dels filtres/secadors existents en el sistema.
- Acidesa de l'oli i, si és necessari, substitució de l'oli.
- Prova d'estanqueïtat amb detectors de fugues.
- Funcionament de totes les resistències calefactores.

- Comprovació dels llibres d'instruccions dels fabricants o instal·ladors , per tal d'assegurar que el treball de manteniment segueix les seves instruccions.
- Funcionament de la purga d'aire.

7.1.3 Inspeccions periòdiques.

- Funcionament dels ventiladors generals i dels motors.
- Seguretat dels connectors i acoblaments de la instal·lació elèctrica.
- Funcionament de les senyals òptiques i de les alarmes.
- Funcionament dels contactors i del relé.
- Neteja dels quadres elèctrics (utilitzar aire comprimit).
- Tensió de la corretja de transmissió del motor d'accionament del compressor.
- Alineació de la transmissió dels motors dels compressors acoblats directament.
- Neteja dels condensadors.
- Integritat de aïllament i hermeticitat de les portes , i funcionament del dispositiu d'escalfament.
- Neteja dels panells de commutació.
- Neteja dels punts de contacte.
- Temperatura del panell de commutació.
- Funcionament del sistema d'alarma.
- Estat de les mercaderies emmagatzemades.
- Circulació de l'aire en les cambres frigorífiques.

7.1.4 Inspeccions anuals

- Neteja de la sala de màquines.
- Juntes del compressor.
- Corrosió de la planta.

- Integritat de tot l'aïllament.
- Llibre de registre del manteniment de la planta (anotant diàriament les temperatures, pressions, consum d'energia, anomalies, treball de reparacions i manteniment realitzats).

A part del que s'ha esmentat anteriorment existeixen petits reconeixements que poden ser executats per tots els operaris, tals com les taques al terra d'oli, en connexions, en vàlvules, etc.- tots aquets poden ser un indicati de que existeix una fuga.

7.2 Cargues d'oli i refrigerant

7.2.1 Nivell d'oli

Durant el funcionament normal el nivell d'oli s'hauria de situar al mig del visor d'oli, o en el cas dels dos visors, en la meitat del visor superior. Les dues situacions de fallada que la plantilla de manteniment hauria de tindre control són:

- a) Nivell d'oli molt baix.
- b) Nivell d'oli molt alt.

En el cas de a), s'han d'adoptar precaucions abans de diagnosticar l'existència d'una carga de baix nivell d'oli. Si al final d'una llarga parada, el nivell d'oli està baix, llavors s'ha de procedir amb precaució. Si es segur, posar en marxa el compressor, s'arranca i es controla acuradament el nivell d'oli. El nivell d'oli hauria de mantindre's baix, una vegada que s'ha aconseguit el règim de funcionament, en aquest moment es corregeix el nivell d'oli. En una situació que el compressor en funcionament mostris un nivell d'oli baix, es repetirà les recomanacions anteriors.

En el cas de b), el nivell alt d'oli, causa una agitació excessiva, sobreescalfant i inclús espantllant l'oli, fet que podria provocar l'averia del compressor. És difícil detectar un nivell alt d'oli durant el funcionament del compressor degut a l'efecte de l'agitació, no obstant si el nivell està alt després de la parada, llavors existeix definitivament una sobrecàrrega d'oli. L'oli que sobra s'hauria de retirar del càrter i posar novament en marxa el compressor. Si després d'un cert temps de funcionament es detecta que encara el nivell d'oli és elevat amb la màquina parada, el procés s'haurà de repetir fins que s'aconsegueixi el nivell correcte d'oli.

El nivell d'oli haurà de ser sempre visible en el visor de vidre, ja estigui el compressor treballant o parat.

7.2.2 Refrigerant en l'oli lubricant

Degut a la diferència de pressió de vapor entre el refrigerant i l'oli, l'oli de la màquina frigorífica té molta facilitat per a absorbir el vapor de refrigerant, especialment a baixes temperatures o a altes pressions. Quant es posa en marxa el compressor, en circumstàncies en las que la temperatura de l'oli està pròxima a la temperatura de saturació en el sector baix de la planta, la major part del refrigerant absorbit s'allibera pel descens de la pressió del càrter i això causarà la formació violenta d'escuma, i en un curt període de temps l'oli pot abandonar completament el càrter, això provocarà al compressor:

- Pèrdues d'oli (risc de buidar el càrter).
- Problemes amb la bomba d'oli.
- Degut a la barreja amb el refrigerant, la viscositat de l'oli es redueix a tal grau que la seva capacitat com a lubricant es veu reduïda. Això pot provocar un risc de desgast.
- Cop d'oli en els cilindres, ocasionant el risc de trencament del plat de vàlvules i el mecanisme de descàrrega.

Per tal d'evitar-ho es podrien realitzar les següents accions:

- 1) Estabilitzar el funcionament del compressor frigorífic. És típic en un compressor de pistó que l'oli del compressor tingui tendència a sortir-se del càrter immediatament després de la posada en marxa. És per tant necessari que l'arrencada estigui seguit d'un període suficientment llarg de funcionament per a re-estabilitzar el nivell d'oli.
- 2) En l'arrencada s'han d'adoptar mesures especials preventives per tal d'evitar un sobre-flux procedent de l'evaporador
 - a. A l'indici més lleuger d'un cop de líquid, el compressor frigorífic s'ha de para immediatament. Reduir la capacitat del compressor, tornar-lo a arrencar, fins que el soroll hagi desaparegut. Pot ser aconsellable estrangular la vàlvula de tancament d'aspiració.

- 3) L'expansió de les vàlvules haurien d'ajustar-se correctament, d'acord amb les seves especificacions individuals.
- 4) Durant els períodes de parada, el compressor està millor aïllat del sistema principal, tancant les claus de servei d'aspiració o de descàrrega.
- 5) S'ha d'evitar caigudes ràpides de pressió en el càrter durant l'oli estigui fred.

7.2.3 Comprovació de la càrrega de refrigerant de la planta.

Les fugues en el sistema de refrigeració, si es troben en la canonada, en les juntes o dins d'un component més important, s'han de localitzar i reparar-se de la manera més ràpida com sigui possible. Quan la fuga estigui en el sector d'alta pressió, la càrrega de refrigerant es perdrà en proporció amb la pressió interna i la gravetat de la fuga. La insuficient càrrega de refrigerant redueix la capacitat de la planta frigorífica i incrementa el risc de que el sistema absorbeixi aire i humitat. Es realitzarà una comprovació a intervals regulars de la carga de refrigerant a la planta, perquè la fuga podria ser molt petita i una pèrdua de càrrega indicaria la existència en el sistema d'una fuga imperceptible, però en el nostre cas tractant-se d'amoniac aquestes petites fugues es detectarien mitjançant la olor.

Quant la fuga es trobi en el sector de baixa pressió del sistema (que estigui funcionament per sota de la pressió atmosfèrica) llavors no hi haurà pèrdua de càrrega, però es produirà un augment del temps de funcionament de l'equip de purga d'aire o un increment en la pressió de condensació, causat per la migració de l'aire al condensador. En tot cas la planta de refrigeració funcionarà ineficaçment.

7.2.3.1 Bombolles en el visor

S'ha instal·lat un visor en la línia de líquid per tal de permetre l'examen de cabal de líquid que abandona el condensador. Quan són visible bombolles en el visor, és una senyal de que el sistema es troba mancat de refrigerant. No obstant aquestes bombolles també poden indicar altres condicions anormals, per exemple, fallada en el subministrament del líquid refrigerant en el condensador o també una gran caiguda de pressió en la línia de líquid.

7.3 Detecció i correcció d'averies

7.3.1 Compressors

Problema observat	Possibles causes	Accions a emprendre
El compressor falla en el moment de posar-se en marxa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Fallada en el subministrament elèctric per: <ul style="list-style-type: none"> - Commutador principal desconectat. - Fallada en el motor d'arrancada. - Males connexions elèctriques. 2. La bobina magnètica en el motor d'arrancada no està activada degut a un circuit de control obert a: <ul style="list-style-type: none"> - Rearmament de control alta/baixa pressió. - Rearmament de control de pressió d'oli. - Rearmament del dispositiu de desconexió per sobrecàrrega tèrmica. - Circuit obert per un possible relé auxiliar obert. 3. Interruptor de pressió de l'oli desconectat. 4. Interruptor de pressió de baixa desconectat. 5. Interruptor de pressió d'alta desconectat. 6. Errors en el compressor o en el motor. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desconnectar la fons d'alimentació elèctrica i canviar els possibles fusibles fosos. <ul style="list-style-type: none"> Determinar la raó de la interrupció 2. Localitzar el circuit de control obert, i rectificar la causa de la interrupció. L'ajust de la desconexió per sobrecàrrega ha de ser 1.05 la càrrega habitual del motor <ul style="list-style-type: none"> El compressor arrancarà amb el rearmament. 3. Comprovar el nivell d'oli. 4. El compressor no arranca fins que la pressió d'aspiració s'hagi elevat per sobre del valor de l'ajust de l'interruptor de pressió. Rearmar i comprovar possibles fugues. 5. Rearmar l'interruptor de pressió i buscar la raó de l'alta pressió de condensació. 6. Revisar el compressor i el motor.
El compressor es posa en marxa i es para freqüentment.	<ol style="list-style-type: none"> 1. L'interruptor de pressió d'alta desconecta. 2. L'interruptor de baixa pressió desconecta a una pressió d'aspiració massa baixa. 3. L'ajust diferencial de l'interruptor de baixa pressió està molt pròxim. 4. Les vàlvules de descàrrega del compressor presenten fugues. 5. Filtre en la línia d'aspiració embussat. 6. Vàlvula solenoide de la línia líquida perforada. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevada pressió de condensació. Revisar el refredament del condensador i ajustar l'interruptor de pressió per a que es desconnecti a la pressió correcta. 2. Pressió d'aspiració baixa. Ajustar l'interruptor de baixa pressió si està molt alt. 3. Revisar les condicions de funcionament i reduir, en el que sigui possible la capacitat. 4. En la parada, la pressió entre el sector d'aspiració i de descàrrega s'igualen de forma comparativament ràpida. Reparar les vàlvules de descàrrega. 5. Revisar els filtres d'aspiració del compressor.

		6. Revisar la direcció del fluid i canviar les vàlvules defectuoses.
El compressor es posa en marxa però es para immediatament	<ol style="list-style-type: none"> 1. Càrrega insuficient d'oli. 2. La pressió de l'oli falla degut a la formació d'espuma en l'oli. 3. L'interruptor de baixa pressió es desconnecta. 4. El motor d'encesa es desconnecta. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Afegir una quantitat adequada d'oli i determinar la causa de la falta d'oli. 2. Reduir la capacitat. 3. Obrir la clau de servei de l'aspiració possiblement tancada. 4. Determinar la causa de la sobre càrrega.
El compressor funciona contínuament	<ol style="list-style-type: none"> 1. El termòstat o el manòmetre de baixa pressió no desconnecta a una temperatura/pressió massa baixa. 2. Subministrament de refrigerant a l'evaporador limitat. 3. El compressor treballa a una pressió d'aspiració massa baixa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ajustar la seqüència de funcionament. 2. Netejar els filtres i comprovar el funcionament dels dispositius d'expansió.
Compressors anormalment sorollós	<ol style="list-style-type: none"> 1. Líquid refrigerant en la línia d'aspiració. 2. La vàlvula de seguretat s'obre. 3. Capacitat del compressor massa alta en l'arrencada. 4. Pressió d'oli massa baixa. 5. Massa cabal d'oli circulant. 6. Perns de la base solts. 7. Desalineació del motor i del compressor. 8. Perns d'acoblament fluïxos. 9. Rodaments gastats o defectuosos. 10. Reguladors de capacitat no operatiu, degut a la pressió de l'oli defectuosa. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Cop de líquid. Risc de trencament de vàlvules i palanca. Ajustat les vàlvules d'expansió. 2. Revisar el refredament del condensador. Ajustar la pressió d'obertura de la vàlvula de seguretat. 3. Reduir la capacitat. Refrigerant el l'oli. 5. Revisar el nivell d'oli. 6. Apretar-los. 8. Apretar-los. 9. Revisar-los o canviar-los. 10. Pressió d'oli baixa.
Sistema curt de capacitat.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pressió de l'oli massa baixa 2. Bomba d'oli defectuosa. 3. Regulador de capacitat defectuós. 4. Carga insuficient d'oli. 5. El compressor treballa a una pressió d'aspiració 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pressió d'oli. Ajustar la vàlvula de pressió d'oli quant la pressió d'oli sigui insuficient per activar el mecanisme de descàrrega. 2. La bomba d'oli no dona suficient pressió per activar el mecanisme de descàrrega. Reparar-la. 3. Reparar-lo

	<p>baixa.</p> <p>6. Limitació de subministrament de refrigerant a l'evaporador causat per:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vàlvula d'expansió petita. - Rescalfament alt. - Brutícia en els filtres. - Pressió de condensació baix. <p>7. Evaporador bloquejat per gel.</p>	<p>4. Pressió d'oli baixa. Reparar.</p> <p>5. Veure accions en cas de pressió d'aspiració baixa.</p> <p>6. Localitzar l'error.</p> <p>7. Desgebrar l'evaporador.</p>
<p>El líquid colpeja en el compressor durant l'arrencada.</p>	<p>1. Absorció de refrigerant en l'oli. Una reducció de pressió d'aspiració provoca la formació d'escuma.</p> <p>2. La línia d'aspiració té una caiguda lliure en el compressor.</p> <p>3. Flux excessiu de refrigerant des de l'evaporador causat per:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vàlvula d'expansió massa gran. - Rescalfament insuficient. <p>4. El regulador de líquid té massa capacitat.</p> <p>5. Emplaçament erroni del sensor de la vàlvula d'expansió.</p> <p>6. Ajust del rescalfament de la vàlvula d'expansió massa baix.</p> <p>7. Vapor refrigerant en la línia de líquid.</p>	<p>1. L'element calefactor del carter s'hauria d'engegar 6-8h abans de l'arrencada per evaporar amb antelació el refrigerant dissolt.</p> <p>2. Arrancar amb la clau de serveu d'aspiració estrangulada.</p> <p>3. Ajust de les vàlvules d'expansió:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Canviar a un orifici més petit. - Ajustar el rescalfament. - Canviar l'orifici de la vàlvula. <p>4. Comprovar les classes de vàlvules si es necessari. Canviar la vàlvula.</p> <p>5. Veure teoria sobre vàlvules d'expansió termostàtiques.</p> <p>6. Ajustar el rescalfament.</p> <p>7. La vàlvula d'expansió està en règim inestable.</p>

7.3.2 Oli.

Problema observat	Possibles causes	Accions a emprendre
El nivell del càrter disminueix	<ol style="list-style-type: none"> 1. Filtre embussat en una vàlvula solenoide o en la broquet de la línia de retorn d'oli. 2. Vàlvula solenoide defectuosa en la línia de retorn d'oli. 3. En la primera arrencada alguna part d'oli s'introdueix en el sistema. 4. Segments del pistó amb fugues o cilindre gastat. 5. Líquid en la línia d'aspiració. 6. Vàlvula d'aspiració amb fugues. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La línia de retorn d'oli hauria d'estar calenta durant el funcionament, netejar el filtre. 2. La bobina de la vàlvula solenoide s'ha cremat. Canviar la bobina. 3. Una part de l'oli està circulant per el sistema. Quant s'arribi a l'equilibri en la planta, recarregar l'oli. 4. Substituir els segments del pistó i potser canviar els pistons. 5. Revisar si l'alimentació del líquid a l'evaporador és correcte. 6. Canviar els plats de les vàlvules.
L'oli del càrter fa molta escuma	<ol style="list-style-type: none"> 1. Absorció del refrigerant en l'oli. 2. Capacitat del compressor massa elevada durant el període de refrigeració. 	Si s'està passant líquid al càrter a través de la línia d'aspiració, això pot causar que l'oli formi escuma. Reduir la capacitat del compressor.
Pressió de l'oli massa baixa	<ol style="list-style-type: none"> 1. Refrigerant en l'oli. Bomba de l'oli defectuosa. 2. L'ajust de la pressió de la bomba de l'oli massa baixa. 3. El compressor a perdut oli. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. La bomba d'oli no proporciona oli suficient per a crear la pressió necessària que activi els pistons descarregats. 2. La pressió de l'oli no puja suficientment per tal de moure els pistons descarregats. Ajustar la pressió de l'oli correcte. 3. La mancança d'oli en el compressor pot causar una pressió d'oli massa baixa per tal de moure els pistons descarregats. Afegir la quantitat d'oli necessària.
Càrter mullat	<ol style="list-style-type: none"> 1. Líquid en la línia d'aspiració. 2. Capacitat gran durant el període de refredament. 3. La vàlvula de regulació de líquid o la vàlvula de flotador està proporcionant massa oli. 4. El bulb de la vàlvula d'expansió no està correctament col·locat. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ajustar les vàlvules d'expansió. 2. Una capacitat massa elevada durant el refredament pot causar que el líquid penetri a través de la línia d'aspiració en el compressor. 3. Reduir el rescalfament en la vàlvula d'expansió termostàtica.

8 MANUAL DE PROCEDIMENTS OPERATIUS

8.1 Manual per a l'operació del equip de fred

8.1.1 Objectiu

L'objectiu d'aquest procediment és definir les accions per a l'operació dels equips del sistema de refrigeració de la instal·lació.

8.1.2 Àmbit d'aplicació.

Planta de refrigeració

8.1.3 Responsabilitats.

El personal de la instal·lació de refrigeració és el responsable del correcte funcionament, utilització i manteniment dels equips de la planta de fred i la corresponent xarxa de distribució fins els límits de bateria de la planta/unitat.

8.1.4 Descripció de la instal·lació.

En el cas d'aquesta xarxa d'aigua freda es tracta d'una instal·lació frigorífica de compressió amb el refrigerant que és amoníac, el qual té la funció de refrigerar un corrent d'aigua fins a 5°C, que s'enviarà posteriorment a les diferents plantes.

L'energia de refredament se li extrau al producte (aigua) en l'evaporador (E12), mitjançant l'evaporació del refrigerant. El vapor del refrigerant es comprimeix en els compressors (C11A, C11B, C11A). Aquests compressors són accionats mitjançant motors elèctrics. El refrigerant es condensa en el condensador d'aire (E11). El refrigerant condensat arriba al re-colector de refrigerant (T11) on posteriorment serà expandit i tornar enviar a l'evaporador.

8.1.5 Funcionament de la unitat

8.1.5.1 Accions prèvies a la posada en marxa de la unitat

Per tal de realitzar la posada en marxa de la unitat la instal·lació de refrigeració obtindrà una senyal des de la central de control indicant que ja està llesta per el seu funcionament, abans de la posada en marxa però , s'hauran de realitzar les següents accions:

- 1) Comprovar que les vàlvules de descàrrega i de sortida del líquid estan obertes.

- 2) Assegurar que no hi ha fugues de refrigerant (amoníac).
- 3) Tancar la vàlvula de buidat de baix de l'evaporador (V201).
- 4) Obrir les vàlvules del circuit d'aigua i assegurar-se de que l'aigua circula al refrigerador quan la bomba està en servei.
- 5) Purgar l'aire del circuit hidràulic.
- 6) Comprovar el funcionament del controlador (FI112) de circulació d'aigua.
- 7) Comprovar l'ajust de totes les connexions elèctriques.
- 8) Assegurar-se de que la tensió de la xarxa correspon a la tensió de l'aparell i que el seu valor es mantingui als límits admissibles (respecte a les tensions nominals).
- 9) Deixar sense tensió les resistències del càrter dels compressors durant algunes hores abans d'encendre el compressor (6 hores), amb els corresponents disjuntors activats.
- 10) Comprovar el sentit de rotació dels ventiladors.
- 11) Posar en marxa seguint les instruccions.

8.1.5.2 Posada en marxa

La posada en marxa de l'equip es realitzarà de la següent forma, tenint en compte les condicions de seguretat que són necessàries a la planta i havent realitzat les comprovacions prèvies a la posada en marxa descrites a l'apartat anterior.

- 1) Obrir el pas de l'aigua del circuit per a que es vagi omplint el dipòsit.
- 2) Engregar l'equip de fred, posant en funcionament primerament el compressor.
(Veure annex 2)
- 3) Obrir el pas de l'aigua de refrigeració del tanc del circuit, obrir les vàlvules corresponents.
- 4) Engregar la bomba (P21A).
- 5) Obrir la vàlvula del bypass per a que pugui passar l'aigua de l'equip de fred al dipòsit (T21).
- 6) Engregar el segon compressor disponible (C11B).

7) Engegar l'últim compressor (C11C).

Després de la posada en marxa s'han de realitzar les següents comprovacions:

- Els ventiladors del condensador giren en el sentit correcte.
- La descàrrega és calenta.
- El corrent absorbit estigui dins els límits esperats.
- Comprovar el funcionament de tots els aparells de seguretat.

8.1.5.3 Funcionament en estat estacionari

Un cop ja s'han efectuat totes les accions de posada en marxa, l'equip de fred ja pot passar al servei normal. L'equip operarà de forma continuada sempre que no es produeixi un tall al subministrament o per parada d'emergència.

En el servei normal les úniques accions a realitzar són les següents:

- Obrir i tancar les vàlvules del by-pass.
- Observar les alarmes que sorgeixin i actuar correctament.

Prèviament a la utilització de la instal·lació per part de l'usuari, la planta assegurarà que la instal·lació a utilitzar està en perfectes condicions i indicarà a l'usuari les proves prèvies a realitzar abans de la connexió de la instal·lació.

La planta realitzarà periòdicament la revisió dels equips que estant sota responsabilitat, seguint un control amb un registre continu de tots els valors de mesura per tal de poder avaluar el procés.

A partir de l'estudi de registre al llarg del temps, realitzant anàlisi de les causes, es poden modificar aquells factors crítics que es repeteixen periòdicament, fent possible un canvi al sistema en cas que sigui viable la correcció, modificació o adaptació.

8.1.5.4 Aturada normal i d'emergència

Una parada normal de la planta i de l'equip de fred es pot realitzar per diversos motius, però sempre s'ha de dur a terme d'una manera segura. Per això s'han de seguir unes indicacions, per tal d'assegurar una bona parada:

- El compressor pot parar-se en qualsevol capacitat. Deixar totes les vàlvules en la seva posició.
- No desconnectar el calefactor d'oli durant les parades de duració curta.
- Si el compressor està exposat a vibracions provinents d'altres equips, per exemple una altre unitat compressora, els coixinets del compressor es poden fer malbé durant els períodes de parada prolongada. Això es pot evitar arrancant i parant el compressor una vegada cada dues setmanes

Si existeix algun equip crític a la instal·lació que faci aturar el sistema de refrigeració, seria el propi equip de fred, però encara que aquest s'espatllés, la producció no s'aturaria, simplement l'aigua tindria la temperatura de la xarxa.

En cas de fallada de la bomba (P21A), es realitzaria un bypass, connectant a l'altre bomba (P21B).

La parada d'emergència , s'efectuarà mitjançant una aturada forçada dels compressors, mitjançant el polsador d'emergència existent en l'equip, que farà que aquest deixi de refrigerar i de funcionar per a poder realitzar les accions pertinent i les revisions necessàries.

9 ESTUDI ECONÒMIC

Un estudi econòmic de qualsevol projecte és indispensable per conèixer la viabilitat en fer aquest. Si no es retorna la inversió el més aviat possible, potser que aquest projecte no es dugui a terme.

Primer de tot cal mencionar que el nostre projecte, al tractar-se d'un circuit de refrigeració tancat, no té costos de matèries primeres. Només es tenen en compte els costos dels equips principals, els costos de la instal·lació i els ingressos dels productes venuts gràcies a la refrigeració dels cabals d'offgas provinents de tres plantes diferents. S'ha tingut en compte també els diners que es perden de no cremar aquests cabals d'offgas i no obtindre energia.

Per realitzar aquest estudi s'ha estimat per una banda el cost dels equips i de la instal·lació, i per l'altra banda s'han estimat els ingressos provinents de la venda dels productes que s'obtenen gràcies a la condensació d'aquests.

Els preus dels equips es poden trobar en la següent taula i han estat valorats en funció d'alguns dels paràmetres de disseny (superfície, potència, pressió), del material, etc.

Taula 9.1 Cost dels equips principals de la instal·lació.

Equip	Unitats	Preu / unitat (€unitat)
Condensador 1	1	61800
Condensador 2	1	9750
Condensador 3	1	5100
Compressor	3	106200
Evaporador	1	105700
Air condenser	1	98400
Bomba	2	17300
Dipòsit 1	1	18000
Dipòsit 2	1	38500
Total (€)		690450

El cost de la instal·lació es troba gràcies a uns factors establerts en una fulla excel, que permeten valorar diferents aspectes de la instal·lació, com poden ser el muntatge, cimentacions i estructures, canonades, instrumentació, edificis, etc. També s'han establerts els costos directes,

indirectes i els imprevistos que poden sorgir en la realització d'un projecte. Aquesta fulla excel es pot trobar a l'annex 3.

Taula 9.2 Cost total de la instal·lació

Costos directes	2.693.960 €
Costos indirectes	781.248 €
Imprevistos	377.154 €
Cost total de la instal·lació	3.852.363 €

Tenint en compte tots els costos actuals la inversió inicial (I) és de 4.551.159 €.

A partir dels costos totals, de la amortització de la planta i de la inversió inicial (I) es pot calcular el Cash Flow (CF) corresponent amb cada any. I una vegada coneguts els diferents CF, es pot calcular el VAN (Valor Actual Net) a partir de la següent equació. Cal remarcar que l'estudi es realitza per 10 anys.

$$VAN = -I + \sum_{n=1} \frac{CF_i}{(1+r)^n} \quad (9.1)$$

r és el cost d'oportunitat i pren un valor del 8%;

n és el període de temps i és igual a 10 anys.

Amb l'estudi del VAN en funció del temps es pot observar que al primer any recuperem la inversió i obtenim beneficis. El TIR (taxa de rendiment intern) es troba quan el VAN és igual a 0. En el nostre cas dona superior al 100%, això vol dir que el nostre projecte es molt viable. Fet que pot ser degut a què no tenim cap cost de matèries primes, ja que es tracta d'un circuit tancat, i també al cost elevat de venda del propè (400€/ton) que fa que s'obtinguin grans beneficis.

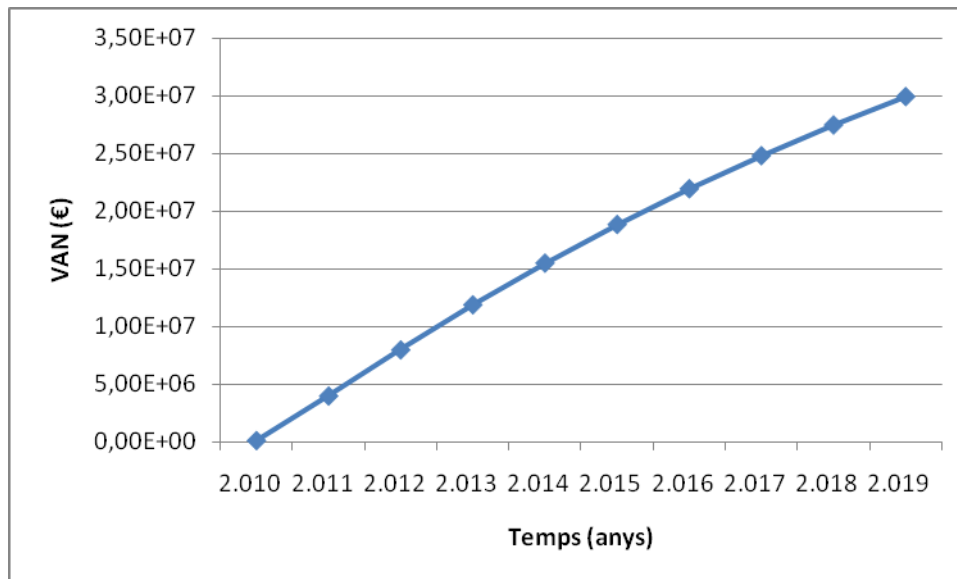


Figura 9.1 Estudi del valor actual net en funció del temps.

S'ha realitzat un estudi de sensibilitat per saber que passaria si el preu de venda del propilè pugés o baixés a mesura que passa el temps.

En el nostre cas no tindria molt sentit avaluar l'estudi econòmic si el preu del propè pugés, ja que s'obtidrien més beneficis i milloraria la rendibilitat del projecte. En canvi, que passaria si el preu de venda del propè baixés un 50%.

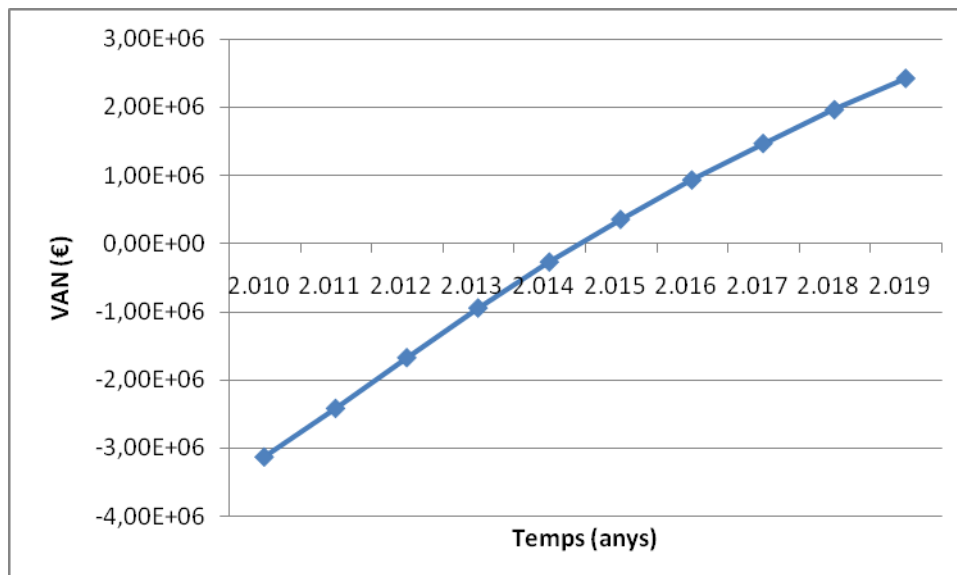


Figura 9.2 Estudi del VAN en funció del temps amb el preu de venda del propè a 200€/ton.

En aquest cas, costaria més recuperar la inversió inicial. I no s'obtidrien beneficis fins al quart any d'utilització. Encara de tindre un TIR molt més inferior que amb el preu de venda normal del propè, amb un valor del 23%, aquest projecte seria viable ja que el TIR es troba més elevat que el cost d'oportunitat (8%).

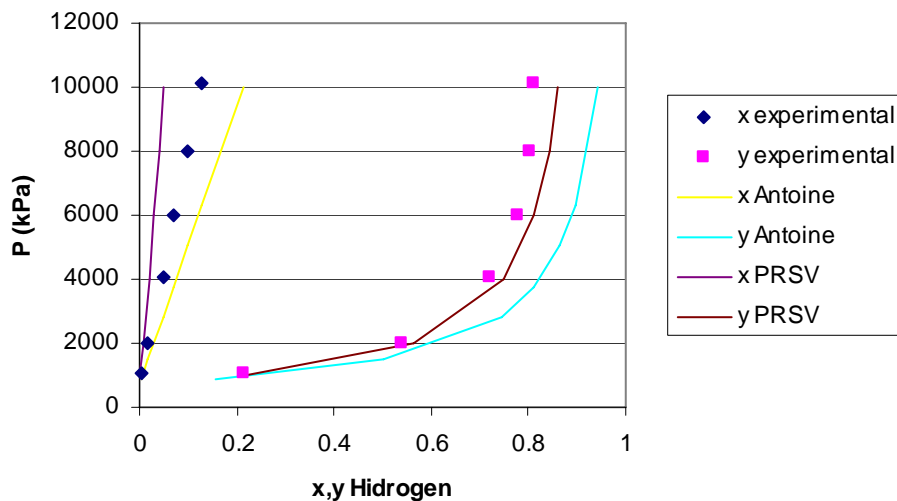
ANNEX

A.1. DISSENY D'EQUIPS

A.1.2 Elecció del model equilibri-vapor

Per tal d'escollir el model d'equilibri vapor-líquid s'han buscat dades experimentals dels compostos que formen equilibris líquids vapors i comparar-los amb l'equilibri obtingut amb un model. En la taula figura A.1.2.1 es mostra una comparació entre les dades experimentals obtingudes en la bibliografia [1] amb els models obtinguts amb el programa Hysys. Les dades corresponen a l'equilibri hidrogen-metà a una temperatura de 142.9 K¹².

Taula 5.1.1.1 Efectes fisiològics dels refrigerants



Taula A.1.2.1 Comparació de diferents models per el equilibri hidrogen-metà a una temperatura de 142.9 K.

Es conclou que el model que millor prediu l'equilibri es el PRSV.

A.1.3 Disseny dels compressors (C11A, C11B i C11C)

El primer pas es obtenir l'eficiència adiabàtica del compressor segons la figura 34323

¹² <http://www.theric.org/research/kdb/hcvle/hcvle.php>

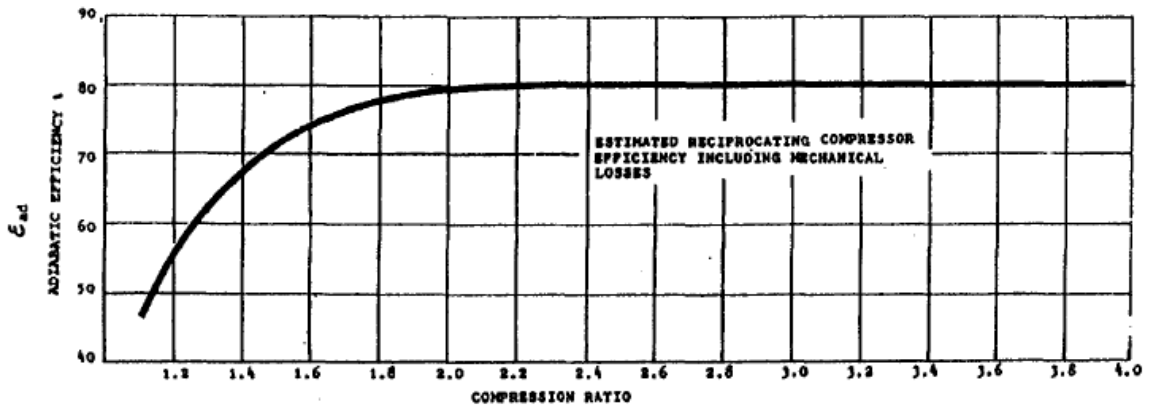


Figura A.1.3.1 Estimació de l'eficiència adiabàtica

A continuació es calcula la potència necessària:

$$P(HP) = \frac{Q(ft^3 / min) \cdot P_1}{33000 \cdot \frac{k-1}{k}} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \cdot \frac{1}{\epsilon_{ad}}$$

Es fixa el valor de volum mínim del pistó (%Cl) i s'obté el valor del factor corrector L en la figura A.1.3.2.

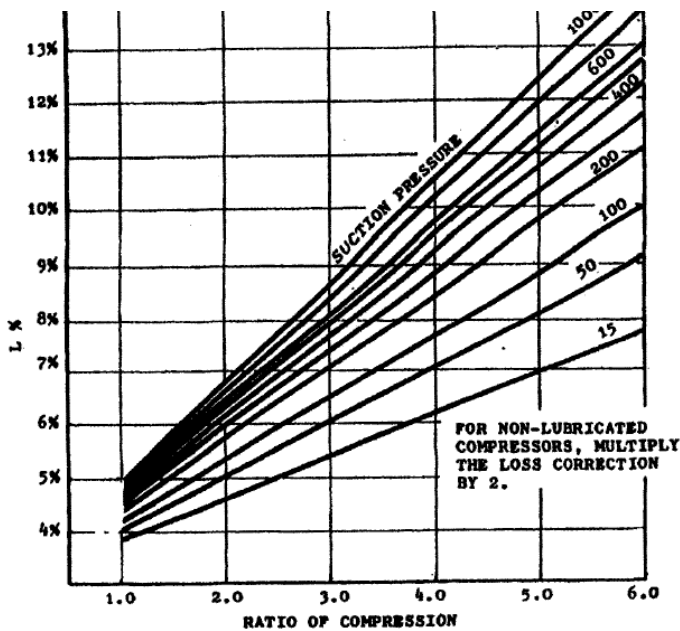


Figura A.1.3.2 L per diferents relacions de compressió i pressió a l'aspiració.

Amb l'equació següent es calcula l'eficiència volumètrica:

$$\varepsilon_v = 100 - L - \%Cl \cdot \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}} - 1 \right]$$

Finalment es calcula d'àrea del cilindre fixant un desplaçament de cilindre estàndard, que li correspon un diàmetre de la barra del pistó i una velocitat de motor.

$$\text{Àrea cilindre}(in^2) = \frac{Q(ft^3 / \text{min}) \cdot 144 \cdot 12}{\text{desplaçament cilindre} \cdot \text{rpm} \cdot 2 \cdot \varepsilon_v}$$

A.1.4 Disseny de l'aero condensador (E11)

Primerament es fixen les següents característiques del condensador:

D_r : Diàmetre extern dels tubs.

D_f : Diàmetre de les aletes.

D_i : Diàmetre intern dels tubs.

h : Altura de les aletes.

w : Amplada de les aletes.

s : Distància entre aletes.

L : Longitud dels tubs.

W : Amplada del banc de tubs.

NP : Número de passos de tubs.

N : Número de tubs.

p_1 : Pitch característic de la disposició dels tubs.

p_2 : Pitch característic de la disposició dels tubs.

p_3 : Pitch característic de la disposició dels tubs.

Es calcula l'àrea del total tenint en conta la superfície de les aletes:

$$A = \frac{N \cdot NP \cdot L \cdot \pi}{(s + w)} \left[\frac{1}{2} (D_f^2 - D_r^2) + D_f \cdot w + D_r \cdot s \right]$$

L'àrea de les aletes:

$$A_F = \frac{N \cdot NP \cdot L \cdot \pi}{(s + w)} \left[\frac{1}{2} (D_f^2 - D_r^2) + D_f \cdot w \right]$$

L'àrea dels tubs entre les aletes:

$$A_w = A - A_F$$

A continuació es calcula l'àrea dels tubs sense les aletes.

$$A_T = N \cdot NP \cdot L \cdot \pi \cdot D_r$$

Per calcula l'àrea de pas de l'aire a través del banc de tubs s'utilitza la següent equació:

$$S_{\min} = N \cdot L \cdot \left[p_1 - D_r - \frac{2 \cdot w \cdot h}{(w + s)} \right]$$

L'àrea frontal del banc de tubs:

$$S_0 = L \cdot W$$

Fixant un valor de la velocitat d'aproximació de l'aire, es calcula la velocitat màxima que pot circular a través del banc de tubs.

$$v_{\max} = \frac{v_{\text{aproximació}} \cdot S_0}{S_{\min}}$$

Finalment es calcula el cabal d'aire:

$$\dot{M}_a = v_{\max} \cdot S_{\min} \cdot \rho_a$$

Per el càlcul del coeficient de transferència extern s'usa la següent correlació recomanada per *Engineering Sciences Data Unit* amb Re avaluat en el diàmetre extern dels tubs:

$$Nu = 0.242 \cdot Re^{0.658} \cdot \left(\frac{s}{h} \right)^{0.297} \cdot \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{-0.091} \cdot Pr^{1/3}$$

El coeficient de transferència calculat a partir del Nu anterior s' he li ha d'aplicar l'eficiència de les aletes:

$$\eta_f = \frac{\tanh\left(\sqrt{\frac{2 \cdot \alpha}{w \cdot \lambda_f}} \cdot \psi\right)}{\sqrt{\frac{2 \cdot \alpha}{w \cdot \lambda_f}} \cdot \psi}$$

On:

$$\psi = \frac{D_r}{2} \left(\frac{D_f}{D_r} - 1 \right) \left(1 + 0.35 \cdot \ln \frac{D_f}{D_r} \right)$$

Finalment el coeficient de transferència de calor referit a la superfície externa del tub es calcula de la següent manera:

$$\bar{\alpha}_r = \left(\frac{\eta_f A_F + A_W}{A} \right) \cdot \bar{\alpha} \cdot \frac{A}{A_T}$$

Per calcular el coeficient de transferència de calor per la banda de l'amoníac s'ha dividit el condensador en dos parts. La primera es la que correspon quan l'amoníac es refreda fins el punt de saturació en estat vapor. La segona correspon quan es realitza la condensació de l'amoníac.

Per la primera part s'utilitza la següent correlació per calcular el número de Nu:

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

I per la segona part s'utilitza la correlació de Mikheev.

Finalment per calcular el coeficient promig es realitza una mitja ponderada en base de la calor intercanviada.

Per obtenir el valor del coeficient de transferència de calor global es té en conte els factors de fouling per l'aire i l'amoníac.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_{aire}} + \frac{D_r}{2 \cdot \lambda} \ln \frac{D_r}{D_i} + \frac{1}{\alpha_i} \frac{D_r}{D_i} + R_{aire} + R_i$$

Es re-calcula l'àrea d'intercanvi, si es superior a la calculada inicialment, s'haurà de fixar altres dades inicials per tal que l'àrea recalculada sigui inferior a la fixada inicialment.

$$A = \frac{\dot{Q}}{U \Delta T_{LM} F}$$

A.1.5 Disseny de l'evaporador (E12)

Segons normativa TEMA s'ha escollit la configuració dels bescanviadors de carcassa i tubs de la instal·lació. Segons aquesta normativa, s'ha cregut convenient que siguin del tipus AEL.

Inicialment es fixen les dades del disseny mecànic del bescanviador. Posteriorment es calculen els diferents valors dels coeficients de transferència d'energia.

Per el càlcul de la transferència de calor per carcassa s'ha utilitzat la correlació de *Forster-Zuber*.

$$\alpha = \frac{0.00122 \cdot \Delta T_{sat}^{0.24} \cdot \Delta p_{sat}^{0.75} \cdot C_{pL}^{0.45} \cdot \rho_L^{0.45} \cdot \lambda_L^{0.75}}{\sigma^{0.5} \cdot h_{LG}^{0.24} \cdot \eta_L^{0.29} \cdot \rho_G^{0.24}}$$

I per tubs s'usa la següent correlació del número de Nu:

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

Per calcular el coeficient global de transferència de calor s'aplica la següent equació:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{\alpha_r} + \frac{D_r}{2 \cdot \lambda} \ln \frac{D_r}{D_i} + \frac{1}{\alpha_i} \frac{D_r}{D_i} + R_r + R_i$$

A continuació es calcula l'àrea d'intercanvi:

$$A = \frac{\dot{Q}}{U \Delta T_{LM} F}$$

I finalment la longitud de tubs:

$$L = \frac{A}{\pi D}$$

Si la longitud calculada és coherent es fixa una longitud estàndard de tubs i si no ho és, es re-calcula L amb altres valors inicials del disseny mecànic.

A.1.6 Disseny dels condensadors (E21, E22 i E23)

Pel disseny dels condensadors es realitza un procediment similar al del càlcul de l'evaporador, però s'ha de fer un disseny per parts ja que les propietats varien considerablement al llarg del condensador. A més s'apliquen correlacions diferents de transferència de calor.

Per carcassa s'utilitza el mètode de Bell-Delaware que aplica factors de correctors al coeficient de transferència de calor per carcassa tenint en compte la disposició dels baffles i la disposició dels tubs. Així doncs, es procedeix a calcular el coeficient de convecció per carcassa aplicant la correlació següent:

$$\alpha = 0.725 \left[\frac{\lambda_L^3 \cdot h_{GL} \cdot \rho_L^2 g}{D_o \cdot \eta_L \cdot (T_{sat} - T_W)} \right]^{0.25}$$

I aplicant els factors correctors de Bell-Delaware s'obté:

$$\alpha_c = \alpha \cdot J_C \cdot J_L \cdot J_B$$

Per tubs s'aplica la correlació del Nu següent:

$$Nu = 0.023 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

Finalment es calcula la longitud de cada una de les parts en que s'ha dividit el bescanviador i si és coherent es fixa una longitud estàndard de tubs i si no ho és, es re-calcula L amb altres valors inicials del disseny mecànic.

A.1.7 Disseny de les bombes P21A i P21B

Les bombes P21A i P21B són exactament iguals i cadascuna es capaç de bombejar el cabal màxim del circuit d'aigua freda. S'ha escollit la bomba del catàleg Grundfos segons les necessitats de cabal i de increment de pressió necessari.

En la figura 3232 i 23232 es mostra els punts d'operació de les bombes que s'han escollit. A més es mostra el valor del NPSH requerit.

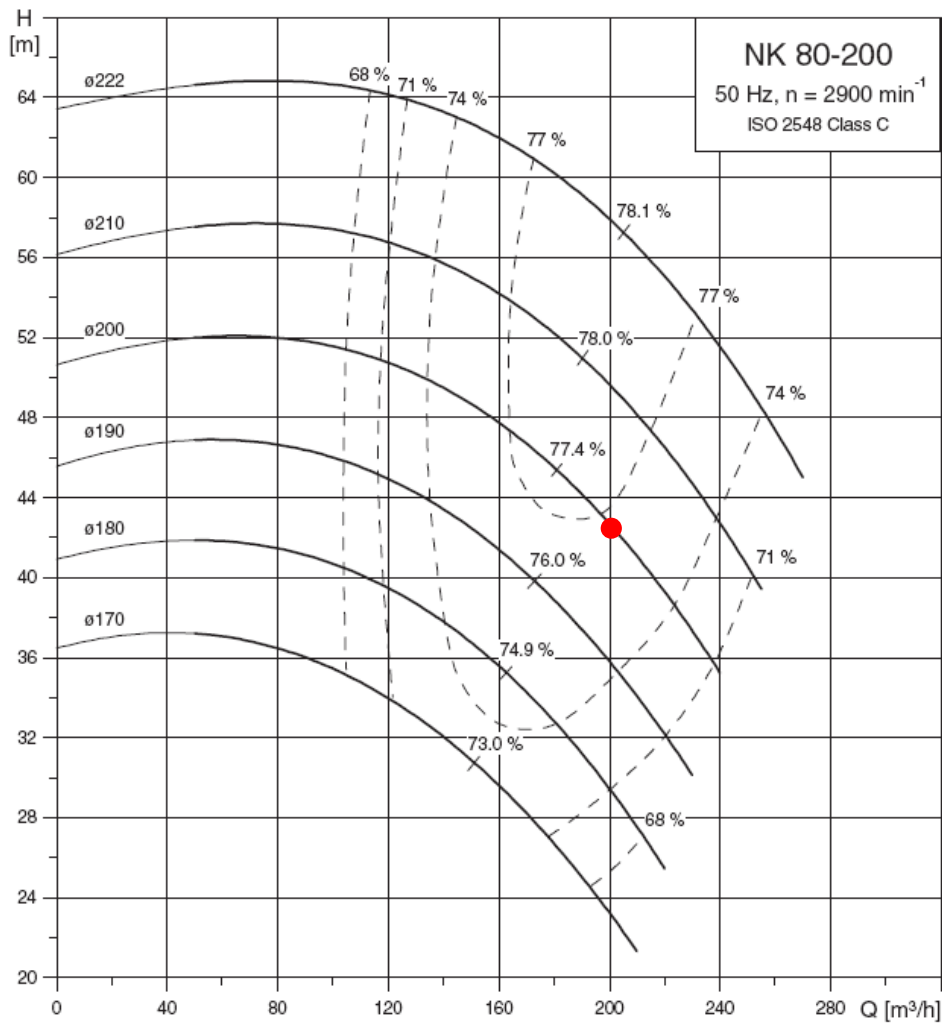


Figura A.1.7.1 Corba característica de P21A i P21B. El punt vermell indica el punt d'operació.

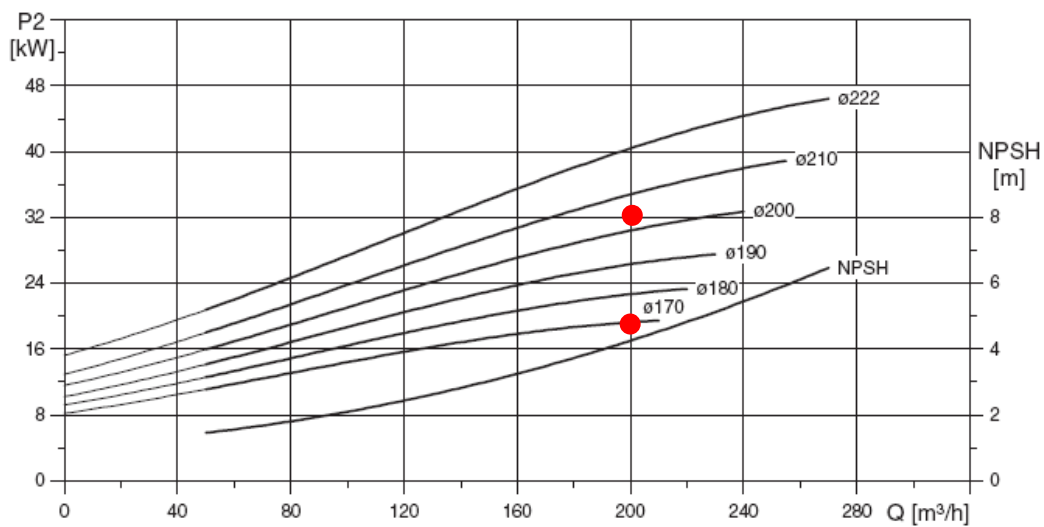


Figura A.1.7.2 Potència i NPSH de P21A i P21B. El punt vermell indica el punt d'operació.

A.2. POSADA EN MARXA DEL COMPRESSOR

A.2.1 Primera engegada

1. Comprovar que el sistema de control de capacitat està programat per a la mínima capacitat. De les dues vàlvules solenoide, les dues de l'esquerra s'han d'activar.

2. Arrancar per un moment el motor amb la finalitat de comprovar que gira en el sentit de les agulles del rellotge vist des de l'extrem de l'eix.

A.2.2 Arrencar el compressor

1. Graduar la temperatura o l'equip de control de pressió que controla la capacitat del compressor d'acord amb les dades específiques del sistema.

2. Comprovar que les temperatures indicades pels manòmetres de pressió estan dins dels marges especificat.

3. Ajustar la càrrega de refrigerant.

4. Utilitzar un termòmetre de superfície per a comprovar la temperatura de l'oli en la línia des de el refredador d'oli a l'entrada del compressor.

5. Comprovar el temps d'arrencada parant el compressor i tornant-lo a engegar. La velocitat de funcionament normal (que és aproximadament 3950 r/min o unes 3540 r/min per a 50Hz i 60 Hz respectivament)

6. Comprovar per última vegada la possible existència de fugues amb un detector abans d'iniciar el funcionament normal.

A.2.3 Procediment d'arrencada normal del compressor

1. Connectar el calefactor d'oli si està tancat i deixar que la temperatura de l'oli augmenti fins a 50°C.

2. Comprovar que totes les vàlvules estiguin en la seva posició normal de funcionament.

3. Si el compressor ha estat parat més d'un mes, posar oli en el filtre.

4. Comprovar que el sistema de control de capacitat del compressor està programat a la seva mínima capacitat.
5. Arrencar el compressor i comprovar els manòmetres de pressió.
6. Està alerta de qualsevol soroll anormal.
7. Comprovar la caiguda de pressió indicada en el manòmetre a través dels filtres d'oli

A.3. ESTUDI ECONÒMIC


El cost de la instal·lació total es troba a partir del següent excel.

(EP)	Estimado 690.450	Nr.Equipos 12	Indices de coste 1,13			Bajo	Probable 777.108	Alto
Coste equipo principal (CEP) M Euros					Estimado	699.397	777.108	854.818
Coste equipos no listados M Euros					PFC: Muy elaborado 2-10% PFC: Preliminar 10-20%	69.940	77.711	85.482
Equipo base (CEB) (sin catalizadores)						769.336	854.818	940.300
Coste medio M Euros					77.711			
					Comentarios	Factores		
Montaje equipo básico			Alto montaje	15	17	19		
Cimentaciones y estructuras			Sobre suelo	0	1	3		
Tuberías			Racks	40	55	70		
Aislamiento equipos y tuberías			Alto	12	15	18		
Electricidad + Iluminación			Electrolítica	33	39	45		
Instrumentación			Elevada	18	28	37		
No Contabilizado			P. Complicado	3	5	6		
Edificios			Eq. exterior	25	35	45		
Otros								
Servicios de edificios % de edificio								
Iluminación	9							
Ventilación y aire acondic.	18							
Calefacción	16							
Fontanería	12							
otros	5							
Total servicios	60			15	21	27		
Subtotal factores					161	215	269	
Ajustes					Bajo	Alto		
					5%	-5%		
Coste de los factores (CF)					169	215	256	
					1.302.987	1.839.142	2.402.937	
Coste directo de límites de planta (CD)						2.072.323	2.693.960	3.343.237
Costes indirectos (CI)					29% de CD	600.974	781.248	969.539
Subtotal						2.673.297	3.475.208	4.312.776
Imprevistos					14% de CD	290.125	377.154	468.053
					2.963.422	3.852.363	4.780.829	
Coste Total de la Instalacion (CTI)						-23%	3,9E+06	24%
Autor:					Proyecto Nr. Titulo:			


L'avaluació econòmica es pot veure en el següent excel, amb els diferents flux de caixa, flux de caixa acumulats, costos, ingressos, amortització, impostos, Van i Tir.


Años	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
% Capacidad Produc.		0.8	0.85	0.95	1	1	1	1	1	1	1	1.05	1.1	1.1	1.15	1.2	1.2
Ingresos/año		1.939.522	2.060.742	2.303.182	2.424.403	2.424.403	2.424.403	2.424.403	2.424.403	2.424.403	2.424.403	2.545.623	2.666.843	2.666.843	2.788.063	2.909.283	2.909.283
Costes variables		522.299	554.943	620.230	652.874	652.874	652.874	652.874	652.874	652.874	652.874	685.518	718.161	718.161	750.805	783.449	783.449
Costes fijos		253.543	253.543	253.543	253.543	253.543	253.543	253.543	253.543	253.543	253.543	253.543	253.543	253.543	253.543	253.543	253.543
Inventarios		0															
Amortización		237.249	237.249	237.249	237.249	237.249	237.249	237.249	237.249	237.249	237.249	18.948	18.948	18.948	18.948	18.948	237.249
Beneficio bruto		926.431	1.015.007	1.192.160	1.280.736	1.280.736	1.280.736	1.280.736	1.280.736	1.280.736	1.280.736	1.587.613	1.676.190	1.676.190	1.764.766	1.853.343	1.853.042
Impuestos		324.251	355.252	417.256	448.258	448.258	448.258	448.258	448.258	448.258	448.258	555.665	586.666	586.666	617.668	648.670	572.265
Cash de operaciones	0	839.429	897.004	1.012.153	1.069.728	1.069.728	1.069.728	1.069.728	1.069.728	1.069.728	1.069.728	1.050.897	1.108.472	1.108.472	1.166.046	1.223.621	1.300.026
Capital directo		4.151.549															
Cash Flow			839.429	1.012.153	1.069.728	1.069.728	1.069.728	1.069.728	1.069.728	1.069.728	1.069.728	1.050.897	1.108.472	1.108.472	1.166.046	1.223.621	1.300.026
Cash Flow acumulado			-3.312.120	-1.402.964	-333.236	736.492	1.806.219	2.875.947	3.945.674	5.015.402	6.085.129	7.136.027	8.244.498	9.352.970	10.519.017	11.742.638	13.042.664
C-Flow descomiado @	1,0%		831.118	879.329	982.386	1.027.987	1.017.809	997.754	987.875	978.095	968.410	941.944	983.712	973.973	1.014.417	1.063.965	1.108.690
C-Flow descomiado @	2,0%		822.970	862.172	953.774	988.263	968.885	949.887	913.002	895.100	877.549	845.198	874.022	856.885	883.717	909.169	946.999
C-Flow descomiado @	4,0%		807.143	829.330	899.800	914.408	879.236	845.421	812.905	781.639	751.576	722.670	692.348	665.719	673.363	679.433	694.095
C-Flow descomiado @	5,0%		799.456	813.609	874.336	880.068	838.160	796.247	760.235	724.034	689.556	614.438	617.239	587.846	588.933	588.583	595.557
Interés %	0%	1%	5%	15%	20%	25%	30%	35%	40.0%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	TR
VAN @1%	13.042.664	11.488.760	6.929.015	3.592.376	1.666.885	498.325	-238.425	-718.565	-1.039.165	-1.256.782	-1.405.729	-1.507.598	-1.621.619	-1.684.957	-1.684.957	-1.670.877	-0
TIR%				2.010	2.011	2.012	2.013	2.014	2.015	2.016	2.017	2.018	2.019				
			Van	-3.124.352	-2.412.282	-1.668.319	-940.280	-266.171	358.005	935.946	1.471.076	1.966.587	2.425.355				
			r	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%	8%				

A.4. FITXES DE SEGURETAT


FULL D'ESPECIFICACIÓ DE PRODUCTE		Nom : Hidrogen	
Zona: Planta 1 i 2		CE 001-001-00-9	
Línees: Corrent d'incondensables plantes 1, 2 i 3.		NU 1049	
Identificació			
Nom anglès:	Hydrogen	Sinònim:	-
CAS:	1333-74-0	Fórmula:	H ₂
RTECS:	MW8900000	Pes molecular:	2.0
ICSC:	0001		
Tipus de perill/exposició	Perills /símtomes aguts	Prevenció	Primers auxilis/lluïta contra incendis
Incendi	Extremadament inflamable. Moltes reaccions poden produir incendi o explosió	Evitar la flama oberta, NO produir guspines i NO fumar.	Tallar el subministrament; si no és possible i no existeix risc per a l'entorn pròxim, deixar que l'incendi s'extingeixi per si mateix; en altres casos apagar amb aigua polvoritzada, pols i diòxid de carboni.
Explosió	Les mescles gas/aire són explosives	Sistema tancat, ventilació, equip elèctric i d'enllumenat a prova d'explosió. Utilitzeu eines manuals no generadores d'espurnes. No manipular les ampolles amb la mans greixoses.	En cas d'incendi: mantenir freda l'ampolla ruixant amb aigua. Combatre l'incendi des d'un lloc protegit
Exposició			
• Inhalació	Vertigen, asfíxia, dificultat respiratòria, pèrdua del coneixement.	Sistema tancat i ventilació	Aire net, repòs i sotmetre's a la atenció d'un metge.
• Pell	Amb el contacte amb el líquid: Congelació	Guants aïllants de fred i vestit de protecció.	En cas de congelació: aclarir amb aigua abundant, no treure la roba i proporcionar assistència mèdica..
• Ulls	-	Ulleres ajustades de seguretat o pantalla facial.	-
• Ingestió	-	-	-


Vessaments i fugues	Emmagatzament	Embasament i etiquetatge
----------------------------	----------------------	---------------------------------

<p>Evacuar la zona de perill. Consultar un expert. Ventilar. Eliminar vapor amb aigua polvoritzada.</p>		<p>A prova d'incendi. Mantenir en lloc fresc.</p>		<p>simbol F+ R: 12 S: (2-)9-16-33 Clasificació de Perills NU:2.1 CE:</p>		
Dades importants						
Estat físic, aspecte						
Gas líquat comprimit, incolor i inodor.						
Perills físics						
I gas es barreja bé amb l'aire, formant-se fàcilment barreges explosives. El gas és més lleuger que l'aire.						
Perills químics						
L'escalfament intens pot originar combustió violenta o explosió. Reacciona violentament amb aire, oxigen, clor, fluor, oxidants forts, originant perill d'incendi i explosió. Els metalls catalitzadors tals com el platí o el níquel augmenten aquest tipus de reaccions.						
Límits d'explosió						
TLV no establert. MAK no establert.						
Vies d'exposició						
La substància es pot absorbir per inhalació, a través de la pell i per inhalació.						
Perill d'inhalació						
En produir-se pèrdues en zones confinades aquest líquid s'evapora molt ràpidament originant una saturació total de l'aire amb greu risc d'asfíxia.						
Efectes d'exposició de curta duració						
El líquid pot produir congelació. L'exposició podria causar mareig, veu estridulosa. L'exposició pot produir asfíxia.						
Efectes d'exposició prolongada o repetida						
-						
Propietats físiques						
Punt d'ebullició						
- 253°C						
Punt de fusió						
-						
Densitat relativa						
-						
Solubilitat en l'aigua						
-						
Pressió de vapor, kPa a 20°C						
-						
Densitat relativa de vapor						
0.07						
Densitat relativa de la mescla vapor/aire a 20°C						
-						
Punto de inflamació						
-						
Temperatura d'auto ignició						
500-571°C						
Límits d'explosivitat,						
4-76 (% en volum en el aire)						
Medi ambient						


FULL D'ESPECIFICACIÓ DE PRODUCTE		Nom : <i>Metà</i>	
Zona: Plantes 1, 2 i 3.		Nº CE 601-001-00-4	
Línees: Corrent d'incondensables plantes 1, 2 i 3.		Nº NU 1971;1972	
Identificació			
Nom anglès:	Methane	Sinònim:	-
CAS:	74-82-8	Fórmula:	CH ₄
RTECS:	PA1490000	Pes molecular:	16.0
ICSC:	0291		
Tipus de perill/exposició	Perills /síntomes aguts	Prevenció	Primers auxilis/lluita contra incendis
Incendi	Extremadament inflamable.	Evitar la flama oberta, NO produir guspines i NO fumar.	Tallar el subministrament; si no és possible i no existeix risc per a l'entorn pròxim, deixar que l'incendi s'extingeixi per si mateix; en altres casos apagar amb aigua polvoritzada, pols i diòxid de carboni.
Explosió	Les mescles gas/aire són explosives	Sistema tancat, ventilació, equip elèctric i d'enllumenat a prova d'explosió.	En cas d'incendi: mantenir freda l'ampolla ruixant amb aigua. Combatre l'incendi des d'un lloc protegit
Exposició			
• Inhalació	Pèrdua del coneixement	Ventilació. A altes concentracions protecció respiratòria.	Aire net, repòs i sotmetre's a la atenció d'un metge.
• Pell	Congelació greu.	Guants aïllants de fred.	En cas de congelació: aclarir amb aigua abundant, no treure la roba i proporcionar assistència mèdica..
• Ulls	-	Ulleres ajustades de seguretat o pantalla facial.	-
• Ingestió	-	-	-

Vessaments i fugues	Emmagatzament	Embasament i etiquetatge
----------------------------	----------------------	---------------------------------


<p>Evacuar la zona de perill. Consultar un expert. Ventilar. (Protecció personal adicional: equip autònom de respiració).</p>		<p>A prova d'incendi. Mantenir en lloc fresc. Ventilació arran del terra i sostre.</p>		<p>simbol F+ R: 12 S: (2-)9-16-33 Classificació de Perills NU:2.1 CE:</p>			
Dades importants							
Estat físic, aspecte		Gas líquat comprimit, incolor i inodor.					
Perills físics		El gas és més lleuger que l'aire					
Perills químics		-					
Límits d'explosió		TLV asfixiant simple (ACGIH 1992-1993). MAK no establert.					
Vies d'exposició		La substància es pot absorbir per inhalació.					
Perill d'inhalació		En produir-se pèrdues en zones confinades aquest gas pot originar asfíxia per disminució del contingut d'oxigen de l'aire.					
Efectes d'exposició de curta duració		El contacte amb el líquid o gas comprimit, pot causar congelació.					
Efectes d'exposició prolongada o repetida		-					
Propietats físiques							
Punt d'ebullició		- 161°C					
Punt de fusió		-183°C					
Densitat relativa		-					
Solubilitat en l'aigua		3.3					
Pressió de vapor, kPa a 20°C		-					
Densitat relativa de vapor		0.6					
Densitat relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C		-					
Punt d'inflamació		Gas inflamable					
Temperatura d'auto ignició		537°C					
Límits d'explosivitat,		5-15 (% en volum en el aire)					
Coef. de repartiment octanol/agua como log Pow		-					
Medi ambient							
-							

FULL D'ESPECIFICACIÓ DE PRODUCTE		Nom : <i>Propeno</i>	
Zona:	Plantes 1, 2 i 3.	Nº CE 601-011-00-9	
Línees:	Corrent d'incondensables plantes 1, 2 i 3.	Nº NU 1077	
Identificació			
Nom anglès:	Propene	Sinònim:	Metiletileno, Metiletano
CAS:	115-07-1	Fórmula:	C ₃ H ₆ / CH ₂ CHCH ₃
RTECS:	UC6740000	Pes molecular:	42.1
ICSC:	0559		
Tipus de perill/exposició	Perills /símtomes aguts	Prevenció	Primers auxilis/luita contra incendis
Incendi	Extremadament inflamable.	Evitar la flama oberta, NO produir guspines i NO fumar.	Tallar el subministrament; si no és possible i no existeix risc per a l'entorn pròxim, deixar que l'incendi s'extingeixi per si mateix; en altres casos apagar amb aigua polvoritzada, pols i diòxid de carboni.
Explosió	Les mescles gas/aire són explosives	Sistema tancat, ventilació, equip elèctric i d'enllumenat a prova d'explosió. Evitar la generació de càrregues electrostàtiques (per exemple, mitjançant connexió a terra) si apareix en estat líquid.	En cas d'incendi: mantenir freda l'ampolla ruixant amb aigua. Combatre l'incendi des d'un lloc protegit
Exposició			
• Inhalació	Somnolència. Sufocació.	Ventilació.	Aire net, repòs. Respiració artificial si estigués indicada. Proporcionar assistència mèdica.
• Pell	Amb el contacte amb el líquid: Congelació.	Guants aïllants de fred.	En cas de congelació: aclarir amb aigua abundant, no treure la roba i proporcionar assistència mèdica..
• Ulls	Veure pell.	Ulleres ajustades de seguretat o pantalla facial.	Esbandir amb aigua abundant durant diversos minuts (treure les lents de contacte si pot fer-se amb facilitat), després proporcionar assistència mèdica.
• Ingestió	-	No menjar, ni beure, ni fumar	-


durant el treball.

Vessaments i fugues	Emmagatzament	Embasament i etiquetatge
Evacuar la zona de perill. Consultar un expert. Ventilar. Eliminar totes les fonts d'ignició. No abocar MAI raigs d'aigua sobre el líquid. (Protecció personal addicional: vestit de protecció complet incloent equip autònom de respiració).	A prova d'incendi. Mantenir en lloc fresc.	símbol F+ R: 12 S: 2-9-16-33 Classificació de Perills NU:2.1 CE:
		
Dades importants		
Estat físic, aspecte	Gas líquid comprimit, incolor i inodor.	
Perills físics	El gas és més dens que l'aire i pot estendre's arran del terra; possible ignició en punt distant. i pot acumular-se a les zones més baixes produint una deficiència d'oxigen. Com a resultat del flux, agitació, etc., es poden generar càrregues electrostàtiques.	
Perills químics	Reacciona violentament amb oxidants originant perill d'incendi i explosió.	
Límits d'explosió	TLV: A4 (ACGIH 2003) MAK no establert.	
Vies d'exposició	La substància es pot absorbir per inhalació.	
Perill d'inhalació	En produir-se pèrdues en zones confinades aquest gas pot originar asfíxia per disminució del contingut d'oxigen de l'aire.	
Efectes d'exposició de curta duració	L'evaporació ràpida del líquid pot produir congelació. La substància pot causar efectes en el sistema nerviós central. L'exposició podria causar disminució de la consciència.	
Efectes d'exposició prolongada o repetida	-	
Propietats físiques		
Punt d'ebullició	-48°C	
Punt de fusió	-185°C	
Densitat relativa	0.5	
Solubilitat en l'aigua	poca	
Pressió de vapor, kPa a 20°C	1158	
Densitat relativa de vapor	1.5	
Densitat relativa de la mescla vapor/aire a 20°C	-	
Punt d'inflamació	Gas inflamable	


Temperatura d'auto ignició	460°C
Límits d'explosivitat,	2.4-10.3 (% en volum en el aire)
Medi ambient	



FULL D'ESPECIFICACIÓ DE PRODUCTE		Nom : Propà	
Zona: Planta 3.	Planta 3	Nº CE 601-003-00-5	
Línees: Corrent d'incondensables planta 3.		Nº NU 1978	
Identificació			
Nom anglès:	Propane	Sinònim:	-
CAS:	74-98-6	Fórmula:	C ₃ H ₈ / CH ₃ CH ₂ CH ₃
RTECS:	TX2275000	Pes molecular:	44.1
ICSC:	0319		
Tipus de perill/exposició	Perills /símtomes aguts	Prevenció	Primers auxilis/lluita contra incendis
Incendi	Extremadament inflamable.	Evitar la flama oberta, NO produir guspures i NO fumar.	Tallar el subministrament; si no és possible i no existeix risc per a l'entorn pròxim, deixar que l'incendi s'extingeixi per si mateix; en altres casos apagar amb aigua polvoritzada, pols i diòxid de carboni.
Explosió	Les mescles gas/aire són explosives	Sistema tancat, ventilació, equip elèctric i d'enllumenat a prova d'explosió. Evitar la generació de càrregues electroestàtiques (per exemple, mitjançant connexió a terra) si apareix en estat líquid. Utilitzeu eines manuals no generadores d'espurnes.	En cas d'incendi: mantenir freda l'ampolla ruixant amb aigua. Combatre l'incendi des d'un lloc protegit
Exposició			
• Inhalació	Somnolència. Pèrdua del coneixement	Sistema tancat i ventilació.	Aire net, repòs. Respiració artificial si estigués indicada. Proporcionar assistència mèdica.
• Pell	Congelació greu.	Guants aïllants de fred. Vestit de protecció.	En cas de congelació: aclarir amb aigua abundant, no treure la roba i proporcionar assistència mèdica..
• Ulls	Amb el contacte amb el líquid, congelació.	Pantalla facial.	Esbandir amb aigua abundant durant diversos minuts (treure les lents de contacte si pot fer-se amb facilitat), després proporcionar assistència mèdica.

• Ingestió	-	-	-
------------	---	---	---


Vessaments i fugues	Emmagatzament	Embasament i etiquetatge
Evacuar la zona de perill. Consultar un expert. Ventilar. Eliminar totes les fonts d'ignició. No abocar MAI raigs d'aigua sobre el líquid. (Protecció personal addicional: vestit de protecció complet incloent equip autònom de respiració).	A prova d'incendi. Mantenir en lloc fresc.	símbol F+ R: 12 S: 2-9-16 Classificació de Perills NU:2.1 CE:
		
Dades importants		
Estat físic, aspecte	Gas líquid comprimit, incolor i inodor.	
Perills físics	El gas és més dens que l'aire i pot estendre's arran del terra; possible ignició en punt distant. i pot acumular-se a les zones més baixes produint una deficiència d'oxigen. Com a resultat del flux, agitació, etc., es poden generar càrregues electrostàtiques.	
Perills químics	-	
Límits d'exposició	TLV: 2500 ppm como TWA; (ACGIH 2003). MAK: 1000 ppm, 1800 mg/m ³ ; Categoría de limitación de pico: II(2); IIC: No clasificado en cuanto a riesgo para el embarazo (DFG 2003).	
Vies d'exposició	La substància es pot absorbir per inhalació.	
Perill d'inhalació	En produir-se pèrdues en zones confinades, aquest líquid s'evapora molt ràpidament originant una saturació total de l'aire amb greu risc d'asfíxia.	
Efectes d'exposició de curta duració	L'evaporació ràpida del líquid pot produir congelació. La substància pot afectar el sistema nerviós central.	
Efectes d'exposició prolongada o repetida	-	
Propietats físiques		
Punt d'ebullició	-42°C	
Punt de fusió	-189.7°C	
Densitat relativa	0.5	
Solubilitat en l'aigua	0.007	
Pressió de vapor, kPa a 20°C	840	
Densitat relativa de vapor	1.6	
Densitat relativa de la mescla vapor/aire a 20°C	-	

Punt d'inflamació	-104°C
Temperatura d'auto ignició	450°C
Límits d'explosivitat,	2.1-9.5 (% en volum en el aire)
Medi ambient	

FULL D'ESPECIFICACIÓ DE PRODUCTE		Nom : <i>Monòxid de carboni</i>	
Zona:	Planta 3	Nº CE 006-001-00-2	
Línees: Corrent d'incondensables planta 3.		Nº NU 1016	
Identificació			
Nom anglès:	Carbon monoxide	Sinònim:	-
CAS:	630-08-0	Fórmula:	CO
RTECS:	FG3500000	Pes molecular:	28.0
ICSC:	0023		
Tipus de perill/exposició	Perills /síntomes aguts	Prevenció	Primers auxilis/lluita contra incendis
Incendi	Extremadament inflamable.	Evitar la flama oberta, NO produir guspines i NO fumar.	Tallar el subministrament; si no és possible i no existeix risc per a l'entorn pròxim, deixar que l'incendi s'extingeixi per si mateix; en altres casos apagar amb aigua polvoritzada, pols i diòxid de carboni.
Explosió	Les mescles gas/aire són explosives	Sistema tancat, ventilació, equip elèctric i d'enllumenat a prova d'explosió. Utilitzeu eines manuals no generadores d'espurnes.	En cas d'incendi: mantenir freda l'ampolla ruixant amb aigua. Combatre l'incendi des d'un lloc protegit
Exposició			
• Inhalació	Confusió mental, vertigen, maldecap, nàusees, debilitat i pèrdua del coneixement.	Ventilació, extracció localitzada o protecció respiratòria.	Aire net, repòs. Respiració artificial si estigués indicada. Proporcionar assistència mèdica.
• Pell	-	-	-
• Ulls	-	-	-
• Ingestió	-	-	-


Vessaments i fugues	Emmagatzament	Embasament i etiquetatge
Evacuar la zona de perill. Consultar un expert. Ventilar. (Protecció personal adicional: equip autònom de respiració).	A prova d'incendi. Mantenir en lloc fresc.	símbol F+ símbol T R: 61-12-23-48/23 S: 53-45 Classificació de Perills NU:2.3 CE:  


Dades importants	
Estat físic, aspecte	Gas comprimit, incolor, vàter, insípid.
Perills físics	El gas es barreja bé amb l'aire, formant-se fàcilment barreges explosives. El gas penetra fàcilment a través dels sostres i parets.
Perills químics	En presència de pols metàl·lica la substància forma carbonils tòxics i inflamables. Reacciona vigorosament amb oxigen, acetilè, clor, òxids nitrosos.
Límits d'exposició	TLV (com TWA): 25 ppm (ACGIH 1998)
Vies d'exposició	La substància es pot absorbir per inhalació.
Perill d'inhalació	En produir-se una pèrdua de gas s'assoleix molt ràpidament una concentració nociva d'aquest en l'aire.
Efectes d'exposició de curta duració	La substància pot causar efectes a la sang, sistema cardiovascular i sistema nerviós central. L'exposició a altes concentracions pot produir disminució de la consciència i la mort. Es recomana vigilància mèdica.
Efectes d'exposició prolongada o repetida	La substància pot afectar el sistema nerviós i el sistema cardiovascular, donant lloc a alteracions neurològiques i cardíques.
Propietats físiques	
Punt d'ebullició	-191°C
Punt de fusió	-205°C
Densitat relativa	0.8
Solubilitat en l'aigua	2.3
Pressió de vapor, kPa a 20°C	-
Densitat relativa de vapor	0.97
Densitat relativa de la mescla vapor/aire a 20°C	-
Punt d'inflamació	Gas imflamable
Temperatura d'auto ignició	605°C
Límits d'explosivitat,	12.5-74.2 (% en volum en el aire)
Medi ambient	


FULL D'ESPECIFICACIÓ DE PRODUCTE		Nom : <i>Nitrogen líquid</i>	
Zona:	Planta 2	Nº CE 006-001-00-2	
Línees:	Corrent d'incondensables planta 2.	Nº NU 1016	
Identificació			
Nom anglès:	Carbon monoxide	Sinònim:	-
CAS:	7727-37-9	Fórmula:	N ₂
RTECS:	QW9700000	Pes molecular:	28.01
ICSC:	1199		
Tipus de perill/exposició	Perills /símtomes aguts	Prevenció	Primers auxilis/lluita contra incendis
Incendi	No combustible	-	En cas d'incendi en l'entorn: estan permesos tots els agents extintors.
Explosió	-	-	-
Exposició			
• Inhalació	Debilitat, pèrdua del coneixement.	Ventilació. Protecció respiratòria.	Aire net, repòs, respiració artificial si estigués indicada i proporcionar assistència mèdica. L'administració d'oxigen pot ser beneficiosa sempre que sigui efectuada per una persona experta.
• Pell	Amb el contacte amb el líquid: congelació	Guants aïllants de fred	EN CAS DE CONGELACIÓ: aclarir amb aigua abundant, no treure la roba i proporcionar assistència mèdica.
• Ulls	Dolor, cremades profundes greus.	Pantalla facial o protecció ocular combinada amb la protecció respiratòria.	Esbandidir amb aigua abundant durant diversos minuts (treure les lents de contacte si pot aconseguir facilitar) i proporcionar assistència mèdica.
• Ingestió	-	-	-



Vessaments i fugues	Emmagatzament	Embasament i etiquetatge
Ventilar. No abocar MAI raigs d'aigua sobre el líquid. (Protecció personal)	Mantenir en lloc fresc.	Ampolla especial aïllada Classificació de Perills NU:2.2

adicional:equip autònom de respiració).	
Dades importants	
Estat físic, aspecte	
Líquid incolor, inodor, extremadament fred.	
Perills físics	
El gas fred és més pesat que l'aire i pot acumular-se a nivell del terra, causant una deficiència d'oxigen amb risc d'asfíxia.	
Perills químics	
Reacciona en presència d'espurnes amb oxigen i hidrogen donant lloc a la formació d'òxid nítric i a amoníac. Es combina directament amb el liti i a elevades temperatures amb el calci, estronci i bari per formar nitrurs. Forma cianurs quan s'escalfa intensament amb carbó en presència d'àlcalis o òxids de bari.	
Límits d'exposició	
TLV no establert. MAK no establert.	
Vies d'exposició	
La substància es pot absorbir per inhalació.	
Perill d'inhalació	
En produir-se pèrdues en zones confinades aquest líquid s'evapora molt ràpidament originant una saturació total de l'aire amb greu risc d'asfíxia	
Efectes d'exposició de curta duració	
La inhalació del gas pot originar asfíxia. El líquid pot produir congelació.	
Efectes d'exposició prolongada o repetida	
-	
Propietats físiques	
Punt d'ebullició	
-195.8°C	
Punt de fusió	
-210°C	
Densitat relativa	
-	
Solubilitat en l'aigua	
Cap	
Pressió de vapor, kPa a 20°C	
-	
Densitat relativa de vapor	
-	
Punt d'inflamació	
-	
Temperatura d'auto ignició	
-	
Límits d'explosivitat,	
-	
Medi ambient	

FULL D'ESPECIFICACIÓ DE PRODUCTE		Nom : <i>Butanal</i>	
Zona:	Planta 3.	Nº CE 605-006-00-2	
Línees:	Corrent d'incondensables planta 3.	Nº NU 1129	
Identificació			
Nom anglès:	Butanal	Sinònim:	BUTIRALDEHID
CAS:	123-72-8	Fórmula:	C ₄ H ₈ O
RTECS:	ES2275000	Pes molecular:	72.1
ICSC:	0403		
Tipus de perill/exposició	Perills /símtomes aguts	Prevenció	Primers auxilis/lluita contra incendis
Incendi	Altament inflamable	Evitar flama oberta, no produir espurnes i no fumar.	Pols, AFFF, escuma, diòxid de carboni. Els bombers haurien d'emprar indumentària de protecció completa incloent equip autònom de respiració.
Explosió	Les barreges vapor/aire són explosives. L'escalfament intens pot causar un augment de pressió amb risc d'esclat i explosió.	Sistema tancat, ventilació, equip elèctric i d'enllumenat a prova d'explosions. No utilitzar aire comprimit per omplir, buidar o manipular.	En cas d'incendi: mantenir freds els bidons i altres instal·lacions per polvorització amb aigua.
Exposició			
• Inhalació	Sensació de coïssor, tos, dolor de coll.	Ventilació, extracció localitzada o protecció respiratòria..	Aire net, repòs, posició de semi incorporat, o i sotmetre atenció mèdica. Respiració artificial si estigués indicada.
• Pell	Enrogiment.	Guants protectors	Aclarir la pell amb aigua abundant o dutxar-se i sol·licitar atenció mèdica.
• Ulls	Enrogiment.. Dolor.	Ulleres ajustades de seguretat.	Esbandid amb aigua abundant durant diversos minuts (treure les lents de contacte si pot aconseguir facilitat) i proporcionar assistència mèdica.
• Ingestió	Sensació de coïssor.	No menjar, beure ni fumar durant el treball.	Provocar el vòmit (UNICAMENT EN PERSONES CONSCIENTS!) i sotmetre atenció mèdica.

Vessaments i fugues	Emmagatzament	Embasament i etiquetatge
Recollir en la mesura possible el líquid que es vessa i el ja vessat en recipients hermètics. Absorbir el líquid residual en sorra o absorbent inert i traslladar-lo a un lloc segur. (Protecció personal addicional: vestit de protecció completa incloent equip autònom de respiració).	A prova d'incendi. Separat d'oxidants forts, bases fortes, àcids forts. Mantenir en lloc fred.	<p>símbol F R: 11 S: 9-29-33 Classificació de Perills NU:3 Grup d'Envasat NU: II CE:</p> 
Dades importants		
Estat físic, aspecte	Líquid incolor, d'olor acre.	
Perills físics	El vapor és més dens que l'aire i pot estendre's arran del terra; possible ignició en punt distant.	
Perills químics	La substància pot polimeritzar-se a causa de l'escalfament intens sota la influència d'àcids o àlcals. Formació de gasos tòxics per combustió. Reacciona amb oxidants. Reacciona violentament amb àcids forts i bases.	
Límits d'exposició	TLV no establert. PDK: 5 mg/m ³ (URSS 1988).	
Vies d'exposició	La substància es pot absorbir per inhalació del vapor, a través de la pell i per ingestió.	
Perill d'inhalació	No pot indicar-se la velocitat a què s'abasta una concentració nociva en l'aire per l'evaporació d'aquesta substància a 20°C.	
Efectes d'exposició de curta duració	La substància irrita els ulls, la pell i el tracte respiratori. La inhalació del vapor pot originar edema pulmonar	
Efectes d'exposició prolongada o repetida	L'experimentació animal mostra que aquesta substància pot causar malformacions congènites en humans.	
Propietats físiques		
Punt d'ebullició	75°C	
Punt de fusió	-99°C	
Densitat relativa	0.8	
Solubilitat en l'aigua	Cap	
Pressió de vapor, kPa a 20°C	12.2	
Densitat relativa de vapor	2.5	
Punt d'inflamació	-7°C	
Temperatura d'auto ignició	230°C	
Límits d'explosivitat,	1.9%-12.5% (en volum d'aire)	
Medi ambient		

FULL D'ESPECIFICACIÓ DE PRODUCTE		Nom : <i>Amoníac</i>	
Zona:	Instal·lació de refrigeració	Nº CE 007-001-00-5	
Línees:	Sistema de fred.	Nº NU 1005	
Identificació			
Nom anglès:	Ammonia	Sinònim:	Trihidrur de nitrògen
CAS:	7664-41-7	Fórmula:	NH ₃
RTECS:	BO0875000	Pes molecular:	17.03
ICSC:	0414		
Tipus de perill/exposició	Perills /símtomes aguts	Prevenció	Primers auxilis/lluita contra incendis
Incendi	Extremadament inflamable. Combustible en condicions específiques. L'escalfament intens pot produir augment de la pressió amb risc d'esclat.	Evitar flama oberta.	Tallar el subministrament. Si no és possible i no existeix risc per a l'entorn pròxim, deixi que l'incendi s'extingeixi per si mateix; en altres casos s'apaga amb pols, diòxid de carboni.
Explosió	Mescles d'amoníac i aire originaran explosió si s'encenen en condicions inflamables.	Sistema tancat, ventilació, equip elèctric i d'enllumenat a prova d'explosions.	En cas d'incendi: mantenir freda l'ampolla per polvorització amb aigua.
Exposició			
• Inhalació	Sensació de coïssor, tos, dificultat respiratòria.	Ventilació, extracció localitzada o protecció respiratòria..	Aire net, repòs, posició de semi incorporat, o i sotmetre atenció mèdica. Respiració artificial si estigués indicada.
• Pell	Amb el contacte amb el líquid: congelació.	Guants aïllant del fred, vestit de protecció.	EN CAS DE CONGELACIÓ: Aclarir amb aigua abundant. No treure la roba i sol·licitar atenció mèdica.
• Ulls	Cremades profundes greus.	Pantalla facial o protecció ocular combinada amb la protecció respiratòria.	Esbandidir amb aigua abundant durant diversos minuts (treure les lents de contacte si pot fer-se amb facilitat), després consultar un metge.
• Ingestió	-	-	-

Vessaments i fugues	Emmagatzament	Embasament i etiquetatge
Recollir en la mesura possible el líquid que es vessa i el ja vessat en recipients hermètics. Absorbir el líquid residual en sorra o absorbent inert i traslladar-lo a un lloc segur. (Protecció personal addicional: vestit de protecció completa incloent equip autònom de respiració).	A prova d'incendi. Separat d'oxidants forts, bases fortes, àcids forts. Mantenir en lloc fred. Ventilació arran del terra i sostre.	Ampolles amb accessoris especials símbol T símbol N R: 10-23-34-50 S: (1/2-)9-16-26-36/37/39-45-61 Classificació de Perills NU:2.3 CE:  
Dades importants		
Estat físic, aspecte	Gas líquid comprimit incolor, d'olor acre.	
Perills físics	El gas és més lleuger que l'aire. Difícil d'encendre. El líquid vessat té temperatura molt baixa i s'evapora ràpidament.	
Perills químics	Es formen composts inestables davant el xoc amb òxids de mercuri, plata i or. La substància és una base forta, reacciona violentament amb àcids i és corrosiva (p.ej: Alumini i zenc). Reacciona violentament amb oxidants forts, halogenats i interhalogenats. Ataca el coure, alumini, zenc i els seus aliatges. En dissoldre's en aigua desprèn calor.	
Límits d'exposició	TLV (com TWA): 25 ppm; 17 mg/m ³ (ACGIH 1990-1991). TLV (com STEL): 35 ppm; 24 mg/m ³ (ACGIH 1990-1991).	
Vies d'exposició	La substància es pot absorbir per inhalació.	
Perill d'inhalació	En produir-se una pèrdua de gas s'assoleix molt ràpidament una concentració nociva en l'aire.	
Efectes d'exposició de curta duració	Corrosiu. Lacrimogen. La substància és corrosiva dels ulls, la pell i el tracte respiratori. La inhalació d'altres concentracions pot originar edema pulmonar (vegeu Notes). L'evaporació ràpida del líquid pot produir congelació.	
Efectes d'exposició prolongada o repetida	-	
Propietats físiques		
Punt d'ebullició	-33°C	
Punt de fusió	-78°C	
Densitat relativa	0.68 at -33°C	
Solubilitat en l'aigua	Bona	
Pressió de vapor, kPa a 26°C	1013	
Densitat relativa de vapor	0.59	
Punt d'inflamació	-	
Temperatura d'auto	651°C	

ignició	
Límits d'explosivitat,	15-28 (% en volum d'aire)
Medi ambient	

Resum projecte

Es tracta d'un projecte que pretén donar al *Site* de BASF Española S.L a Tarragona d'una xarxa multi-planta d'aigua freda. S'ha realitzat el disseny de la instal·lació i la xarxa de distribució, de manera que s'asseguri el subministrament de qualitat i amb garanties a les diferents unitats consumidores.

El *site* de BASF disposa de tres plantes on es requereix la instal·lació d'un sistema de refrigeració d'aigua freda per tal d'optimitzar els processos de producció tot augmentant la seva competitivitat.

La primera planta produeix propilè a partir de propà (deshidrogenació de propà). Els vapors de cap del *splitter* de separació propà/propilè passant per un condensador i tot seguit per un acumulador des de el que surt el reflux i el destil·lat. En aquest acumulador hi ha una sortida d'*offgas* per treure els inerts. Aquest corrent es reutilitza com combustible gas a la caldera de producció de vapor. Es tracta d'una corrent amb un alt contingut de propilè. L'objectiu consisteix en, mitjançant la instal·lació d'un bescanviador amb aigua freda, condensar la major part possible d'aquest propilè per valoritzar-lo com a producte acabat en lloc de com a combustible. La segona planta produeix polipropilè (a partir de la polimerització de propilè), i disposa també d'un *splitter*. Tal com es pretén en el cas de la planta esmentada en el paràgraf anterior, aquí es tractaria també de recuperar per condensació la major part possible del propilè contingut en l'*offgas* de la columna. La tercera i última planta es una unitat d'hydroformilació, és a dir, a partir de propilè es fabriquen butilaldehids (n- i iso). El producte surt del reactor en fase gas i es condensa abans de portar-lo a l'etapa següent del procés. Des de l'acumulador on es recull el producte condensat, surt un corrent d'*offgas*, el qual s'envia a cremar a la caldera de vapor i el que es pretén un altre cop es disposar d'un bescanviador per aquest corrent que condensi i recuperi els productes de valor continguts en aquest.

Davant d'aquesta situació, es vol arribar a instal·lar un sistema de fred, ubicat a la planta d'energies, i des de aquesta es distribuir l'aigua freda cap a les tres plantes que requereixen aquest servei, per tal de recuperar la major quantitat possible de productes de valor, i així d'aquesta manera poder vendre'ls posteriorment.

El grup s'organitza mitjançant l'assignació de diferents rols. Les funcions específiques de cada rol són les descrites en el document : *Normativa del PFC d'ETIQI, EQ i MEQUIP, Curs 2008-2009*. Per tal de mantindre informat al tutor del desenvolupament del projecte s'ha concertat una reunió periòdica setmanal. L'espai que s'utilitza per tal de posar en comú totes les tasques finalitzades és l'espai habilitat al *moodle* pel nostre equip. Per tal de realitzar totes les tasques del projecte s'ha realitzat una planificació inicial del desenvolupament del projecte. Ja que les dades del procés no depèn només de nosaltres s'ha deixat un marge de temps per tal de si hi ha algun imprevist poder acabar el projecte a temps.

S'ha realitzat l'estudi dels diferents alternatives de sistemes de refrigeració i s'ha arribat a la següent conclusió de que el rendiment del cycle d'absorció es menor al cycle de compressió però a vegades pot compensar si l'energia tèrmica, del generador en un cycle d'absorció, es més econòmica que l'energia elèctrica utilitzada en el compressor en el cycle de compressió. Com que en la zona on es vol construir la instal·lació d'aigua freda no es disposa de una font d'energia tèrmica econòmica, s'ha optat per escollir el cycle de compressió per el seu major rendiment termodinàmic.

Per tal de realitzar el sistema de refrigeració hi havien dues alternatives: un sistema centralitzat i un sistema independent per a cada planta. S'ha realitzat un pre-estudi econòmic i s'ha arribat a la conclusió de que el sistema centralitzat és el mes adient ja que és el més econòmic. Un cop s'ha arribat a aquesta conclusió s'ha procedit al disseny d'aquest sistema de refrigeració.

L'elecció del refrigerant ha estat favorable cap a l'amoníac, gràcies a un seguit de característiques positives que conté aquest.

S'ha estudiat també la situació geogràfica on va ubicada la planta: el clima, la geologia i els moviments sísmics.

També el nostre projecte inclou la realització dels plànols de la nostra instal·lació. La seva importància recau en el fet de què gràcies a ells, ens faciliten la comprensió del nostre projecte i alhora es presenta el disseny de la planta incloent el sistema de control i tots els instruments que es necessiten per al seu correcte funcionament. Primer de tot s'inclou un diagrama de blocs per a la comprensió ràpida del procés. Tot seguit disposem del PFD en el que ja es mostren els equips principals de la instal·lació i les corrents pròpies d'aquesta. El PI&D ens mostra amb molt més detall els equips que componen la planta, les línies de procés completament identificades, la instrumentació i totes les vàlvules instal·lades a la planta.

S'ha realitzat un estudi detallat del disseny de canonades del procés. S'ha seleccionat el material, i tot seguit diàmetres i gruixos estàndards de canonades comercials. També s'han mesurat les pèrdues de càrrega a les canonades i el disseny mecànic d'aquestes. Aquest càlcul s'ha realitzat segons les normes i codis de disseny de les canonades.

Un altre punt important a esmentar és el sistema de control de la instal·lació, ja que aquesta ha d'estar operant amb les majors condicions de seguretat possibles. Aquest és un dels objectius inicials que ens vam proposar. I aquesta seguretat s'ha de tenir en compte en funció del cost del sistema. S'ha d'intentar obtenir la opció més econòmica i alhora la que ens permeti fiabilitat i un bon control de la planta. S'han establert les respectives vàlvules de control, juntament amb la seva relació de variables controlables i manipulades.

Cada equip ha estat dissenyat amb les normes i codis propis de cada equip. S'ha calculat el disseny de tres bescanviadors de calor de diferents mides, d'un condensador d'aire, d'un evaporador, de tres compressors i de dues bombes. Cal destacar el disseny dels bescanviadors de calor ja que ha estat molt complex pel fet de que el fluid conté incondensables. Són condensadors horitzontals de carcassa i tubs amb un sol pas. Per carcassa existeixen dos sortides de flux, una correspon als incondensables que s'extreuen per un extrem superior del bescanviador, pel mateix extrem però per la part inferior s'extreu el condensat.

També s'ha realitzat l'estudi de la seguretat i mediambiental en les instal·lacions justificant la inversió efectuada en el sistema de control de la planta. Pel que fa a la seguretat s'ha fet un anàlisi de risc preliminar, identificant els risc que comporta la nostra instal·lació i amb un estudi complet de Hazoop. Per altra banda, l'estudi mediambiental a les nostres instal·lacions contempla la identificació i avaluació de totes les emissions possibles, ja siguin atmosfèriques, líquides o sonores.

Aquest projecte inclou l'estudi del manteniment a seguir de la planta. Juntament amb un manual d'operació de l'equip de fred per al mateix funcionament d'aquest.

Pel que fa a l'estudi econòmic s'ha realitzat un cost preliminar a tots els equips principals i al cost total de la instal·lació. La inversió total de la planta s'eleva fins a 4.551.159 €. S'ha realitzat l'estudi del VAN en funció del temps i s'ha comprovat que es recupera la inversió i s'obtenen beneficis ràpidament. El TIR en el nostre cas dona superior al 100%, això vol dir que el nostre projecte es molt viable.



Disseny d'una xarxa d'aigua freda by [Ferrè Gairal, Laura Chillida, Josep M.](#) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License](#).

Puede hallar permisos más allá de los concedidos con esta licencia en <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca>