

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'1-NAFTOL

VOLUM I



CHEMICAL-GRAS

Georgina Bernabeu

Ruben Galdeano

Sergio López

Ivette Sallés

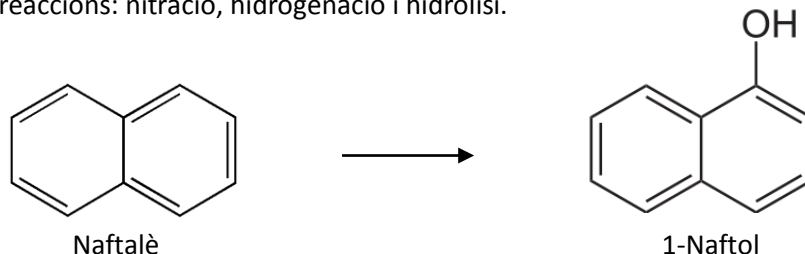
Alba Santmartí

1. DEFINICIÓ DEL PROJECTE	4
1.1. ABAST DEL PROJECTE	4
1.2. LOCALITZACIÓ I COMUNICACIONS DE LA PLANTA QUÍMICA	4
1.1.1. PARCEL·LA DE LA PLANTA	7
1.3. PARÀMETRES D'EDIFICACIÓ AL TERME MUNICIPAL DE TARRAGONA	8
1.4. ABREVIACIONS I NOMENCLATURA	8
1.5. DESCRIPCIÓ DE L'1-NAFTOL	10
1.5.1. CARACTERÍSTIQUES I HISTÒRIA	10
1.5.2. RUTES DE SÍNTESI	11
1.6. DESCRIPCIÓ DEL PROCÉS DE FRABRICACIÓ	13
1.7. ÀREES DE LA PLANTA	13
1.7.1. ÀREA 100: EMMAGATZEMATGE DE MATÈRIES PRIMERES	13
1.7.2. ÀREA 200: NITRACIÓ	14
1.7.3. ÀREA 300: HIDROGENACIÓ	17
1.7.4 ÀREA 400: HIDRÒLISI	20
1.7.5. ÀREA 500: SERVEIS	23
1.7.6. ÀREA 600: TRACTAMENT DE RESIDUS	23
1.7.7. ÀREA 700: TALLER I MAGATZEM	23
1.7.8. ÀREA 800: OFICINES	24
1.8. ESPECIFICACIONS DELS EQUIPS DE LA PLANTA	24
1.8.1. Àrea 200	24
1.8.1.1. REACTORS R-201, R-202, R-203	24
1.8.1.2. COLUMNA DE RECTIFICACIÓ C-201	26
1.8.2. ÀREA 300	27
1.8.2.1. REACTOR R-301	27
1.8.2.2. C-301	30
	1-2

1.8.2.3. C-302	34
1.8.3. Àrea 400	36
1.8.3.1. REACTOR R-401	36
1.8.3.2. C-401	38
1.8.3.3. SPRAY DRYER X-401	39
1.9. BALANÇOS DE MATÈRIA	40
1.10. SERVEIS DE PLANTA:	56
1.10.1 CALDERES DE VAPOR	56
1.10.2. GAS NATURAL	58
1.10.3. AIGUA DE REFRIGERACIÓ	59
1.10.4. NITROGEN	63
1.10.5. AIGUA DESCALCIFICADA	64
1.10.6. ELECTRICITAT	65
1.10.7. AIRE COMPRIMIT	66
1.10.8. OLI TÈRMIC	66

1. Definició del Projecte

El present projecte comprèn el disseny d'una planta química per a la producció de 1-Naftol o α -Naftol a partir de Naftalè i l'estudi de la seva viabilitat de construcció i d'operació. El procés de síntesi seguit es basa en tres reaccions: nitració, hidrogenació i hidròlisi.



Es produiran 10.000 tones durant 300 dies/any d'1-Naftol, el 80% de les quals seran destinades a la producció de SEVIN[®], pesticida produït dins del mateix complex i el 20% restant a venda externa.

La planta treballarà 300 dies l'any i l'emmagatzematge, distribució i transport de l'1-Naftol es farà amb big-bags d'1 tona.

1.1. Abast del projecte

El projecte ha de contemplar els següents apartats:

- Disseny i especificació de tots els equips necessaris en el procés.
- Disseny de tot el sistema de control necessari per el funcionament correcte de la planta.
- Descripció de la seguretat i higiene necessàries per a la planta.
- Compliment de totes les normatives locals, medi ambientals i disposicions legals vigents.
- Avaluació econòmica del projecte.
- Àrees de serveis, oficines, laboratori i vestuaris.
- Posta en marxa, operació de la planta i parada.

1.2. Localització i comunicacions de la planta química

El projecte es desenvoluparà a un terreny del Polígon Industrial 'Escritors' al terme municipal de Tarragona. La parcel.la té una superfície total de 53.235 m².

Tarragona és una capital de província al sud de la Comunitat Autònoma de Catalunya. Posseeix un importantíssim port de mar, essent dels més grans d'Espanya, com també un notable complex petroquímic. Tarragona s'estén amb gairebé 14 km de litoral i té 136.417 habitants.

El sector serveis té un pes indiscutible en el l'àmbit econòmic de la ciutat. Tanmateix, la indústria i la construcció continuen sent dos motors econòmics importants.

A més, compta amb bones comunicacions tant aèrees, marítimes, viàries i ferroviàries. A continuació es descriuen aquestes amb l'ajut de mapes de les xarxes de comunicacions.

- Comunicacions aèrees: L'aeroport de Reus és l'aeroport que queda més a prop, a una distància de 10km per carretera, N-420.
- Comunicacions marítimes: com ja s'ha esmentat, el port de Tarragona és molt influent en la seva indústria i comerç i es troba a la costa de la ciutat. Les línies més regulars d'aquest port es poden veure gràficament a la següent imatge.



Figura 1-1: Comerç internacional amb el port de Tarragona

- Comunicacions viàries: Aquestes comprenen varies carreteres, autopistes i autopistes. Les tres direccions que es poden prendre són nord (connexió amb Europa), sud (Sud d'Espanya i Àfrica) i oest (Portugal i centre d'Espanya)

L'accés des de la porta europea fins a Tarragona com fins el sud o centre seria mitjançant autopista, amb un cost afegit de peatge, o bé per carretera nacional, sense cap impost extra ni peatge. Es recomanaria l'ús de l'autopista, evitant els potencials accidents, ja que en molts trams la nacional N-340 és de doble sentit. A més, aquesta consta de rotondes i semàfors a les zones dels pobles, fent un consum de combustible més elevat.

A continuació s'esmenten els noms de les carreteres que passen per Tarragona:

- AP-7 Barcelona-Valencia
- AP-2/A-2 Barcelona-Madrid
- N-340
- N-240
- N-420
- C-14
- C-44
- T-310



Figure 1-2: Xarxa viària de carreteres en el terme municipal de Tarragona

- Comunicacions ferroviàries:
Aquestes són tant de mercaderies com d'alta velocitat (AVE). Comuniquen amb Madrid, el sud d'Espanya i fins el nord de catalunya i França.

El corredor mediterrani avança paral·lel a la costa mediterrània i consisteix en un eix de mercaderies que permet el tràfic massiu d'aquestes, aquest corredor és una gran infraestructura que permet un impuls econòmic i una facilitat de moviments necessària per a qualsevol negoci com el que es proposa al present projecte.



Figure 1-3: Xarxa ferroviària en el Corredor Mediterrani

1.1.1. Parcel·la de la planta

A continuació es pot veure la distribució espacial d'aquesta parcel·la, els carrers que la limiten i la geometria que ocupa.



Figure 1-4: Plànol de la parcel·la

1.3. Paràmetres d'edificació al terme municipal de Tarragona

- Edificabilitat 2 m² sostre/m² terra
- Ocupació màxima de parcel·la 80%
- Ocupació mínima de parcel·la 25% de la superfície d'ocupació màxima
- Reculades 5 m a vianants i veïns
- Alçada màxima 15 m i 3 plantes excepte en la producció, justificant la necessitat pel procés
- Alçada mínima 4 m i 1 planta
- Aparcaments 1 plaça/200 m² construïts
- Distància entre edificis 1/3 de l'edifici més alt amb un mínim de 5m

1.4. Abreviacions i nomenclatura

Àrees de la planta:

Abreviació	Àrea
100	Magatzem matèries primeres i producte final
200	Nitració
300	Hidrogenació
400	Hidròlisi
500	Serveis
600	Tractament de Residus
700	Taller i Magatzem
800	Oficines i Vestuari

Taula 1-1. Àrees de la planta

Nomenclatura dels equips:

Abreviació	Equip
A	Agitador
P	Bomba
B	Balança
E	Bescanviador

C	Columna de rectificació
CO	Condensador
F	Filtre
DC	Decantador
X	Spray Dryer
RE	Reboiler
S	Scrubber
T	Tanc
R	Reactor
M	Mixer

Taula 1-2. Nomenclatura dels equips

Nomenclatura dels compostos:

Abreviació	Compostos
W	Aigua
NF	Naftalè
1NN	1-Nitronaftalè
2NN	2-Nitronaftalè
1NA	1-Naftilamina
IPA	Isopropanol
H2	Hidrogen
N2	Nitrogen
SA	Sulfat Amònic
AN	Àcid Nítric
AS	Àcid Sulfúric
1N	1-Naftol
AIR	Aire

Taula 1-3. Nomenclatura dels compostos

1.5. Descripció de l'1-Naftol

1.5.1. Característiques i Història

L'1-Naftol o α -Naftol és un compost orgànic sòlid i blanquinós a condicions normals que presenta certa fluorescència. Està compost per dos anells de benzè que conformen el naftalè i un grup hidroxil a la posició més propera a la unió dels dos anells. És soluble en dissolvents orgànics com poden ser alcohols, èters i el cloroform.



Figura 1-6. Aspecte de l'1 Naftol

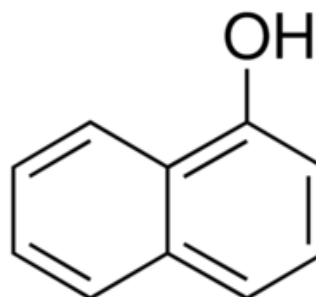


Figura 1-5. Estructura 1-Naftol

L'alfa-Naftol, abans del 1980, era bàsicament produït als Estats Units d'Amèrica i també en gran part a Europa. La major empresa productora d'alfa-Naftol era *American Cyanamid Company*, una de les 100 empreses químiques més influents a la dècada dels 70 als Estats Units. La producció, per això, va anar mimbant a causa de les cada cop més estrictes lleis de seguretat i ambientals, així com els creixents moviments ecologistes.

A partir del 1980, la Xina i la Índia es van convertir en els majors productors de l'alfa-Naftol, ja que allà no hi havia problema amb la legislació i començaven a ser països en desenvolupament que oferien gran quantitat de mà d'obra barata. La empresa americana *Union Carbide Corporation (UCC)* va començar a produir el conegut insecticida, SEVIN[®], que reaccionava l'alfa-Naftol amb el conegut MIC per obtenir el producte final, i empreses de tints com *Anar Chemicals Pvt.Ltd.*, establerta el 1980 a l'oest de la Índia, van començar a usar els dos isomers, tant l'alfa com el beta Naftol per prerarar pigments i tints. Així doncs, la indústria del Naftol es va traslladar finalment a l'orient.

L'1-Naftol és també un precursor del famós beta-bloquejant *Nadolol*, fàrmac usat en el tractament de la hipertensió, en el tractament de la migranya i en el tractament de la malaltia del Parkinson.

1.5.2. Rutes de síntesi

Hi ha dues rutes principals per la formació de l'1-Naftol i una altra ruta alternativa que treballen amb diferents principis químics. A continuació s'expliquen aquestes rutes, per ordre de major a menor importància:

1. La ruta 1, que és la descrita i dissenyada en el present projecte, és la ja esmentada a l'apartat 1.1. i que a continuació s'explica en més detall:
 - Amb el naftalè de matèria primera i reactiu de la primera reacció de nitració, on amb l'ajut de l'àcid nítric es produeix una substitució electrofílica aromàtica i el grup NO_2^+ es posiciona a l'anell naftàlic. Després d'un seguit de separacions i purificacions a causa de la formació del no desitjat isòmer, 2-nitronaftalè, es segueix amb el procés.
 - L'1-nitronaftalè produït i purificat es fa reaccionar amb hidrogen a altes pressions i en presència de catalitzadors metàl·lics com poden ser de platí, pal·ladi, rhodi, etcètera. i d'una mescla d'isopropanol i aigua. El producte obtingut és l'1-aminonaftalè, que s'ha de separar de l'isopropanol i l'aigua en un procés de destil·lació en continu.
 - Finalment, l'1-aminonaftalè es fa reaccionar amb àcid sulfúric dil·luït i s'obté el producte final: 1-naftol. No obstant, després de la reacció es produeixen un seguit d'etapes de purificació per obtenir el nostre producte pur i a punt per ser comercialitzat.

A la figura següent es pot observar el mecanisme d'una manera més esquemàtica:

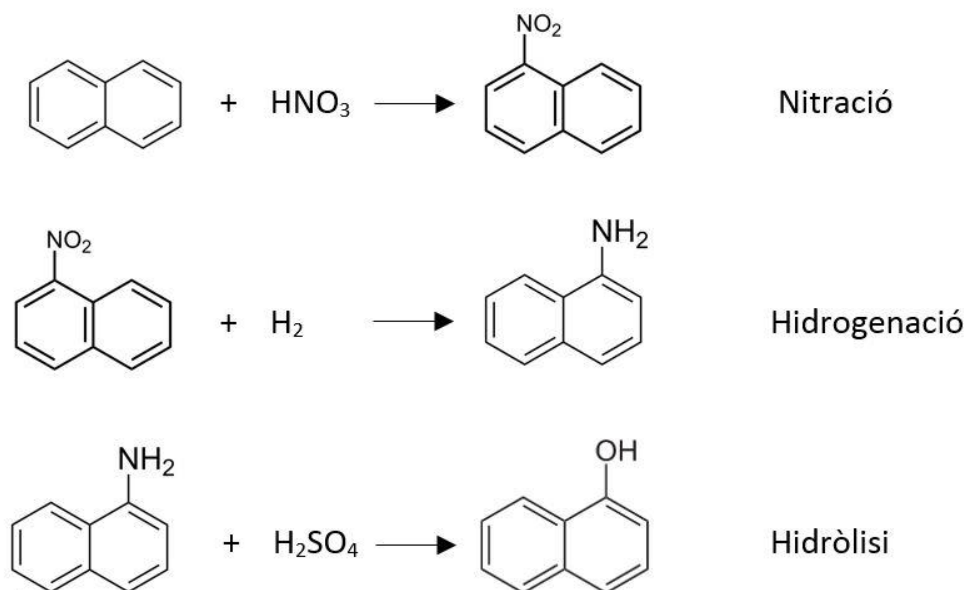


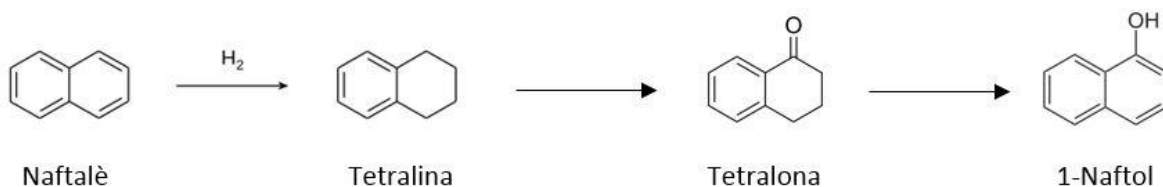
Figure 1-7: Reaccions principals per la formació d'1-Naftol a partir de Naftalè

2. La ruta 2 comença amb la hidrogenació del naftalè en presència de catalitzadors de platí i a altes pressions i temperatures, obtenint com a producte la tetralina o 1,2,3,4-tetrahidronaftalè, que posteriorment serà separada i purificada de productes no desitjats com la decalina.

Posteriorment, la tetralina és catalíticament oxidada a 1-tetralona, una cetona, en presència de catalitzadors metàl·lics com són el Coure o bé el Crom. Un cop separada del subproducte no desitjat, el tetralol, es procedeix a la reacció de deshidrogenació.

La reacció reversible de deshidrogenació de la 1-tetralona es dona a temperatures de fins a 375°C i en presència d'un catalitzador noble com és el níquel, amb metalls alcalins que actuen d'estabilitzants.

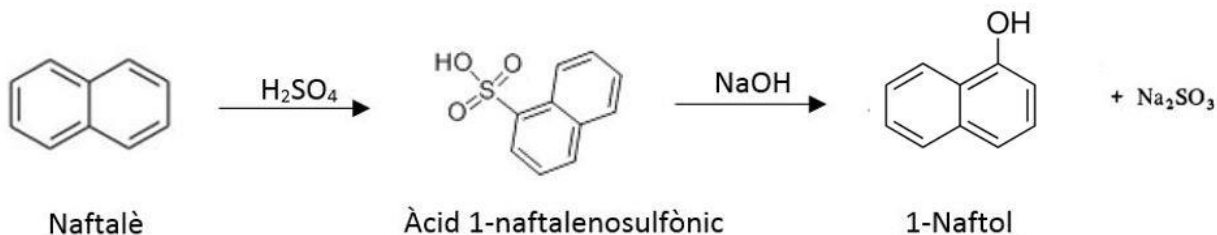
A la figura següent es pot observar el mecanisme d'una manera més esquemàtica:



3. La ruta 3 no és tant usada i s'obté una menor puresa del producte final, 1-Naftol. No obstant és força comú i coneguda i es creu important la seva descripció. Aquesta ruta és comú, entre d'altres indústries, en la dels tints i dels pigments, ja que surt amb una puresa suficientment alta per aquestes.

Aquesta comença amb la sulfonació amb àcid sulfúric del naftalè a una temperatura d'uns 15 a 30 °C i que forma l'àcid 1-naftalenosulfònic d'alta puresa, que posteriorment es fa reaccionar amb una solució càustica alcalina que genera el producte desitjat 1-naftol.

Finalment, és precipitat, filtrat i netejat i ja està a punt per ésser comercialitzat.



1.6. Descripció del procés de fabricació

A l'apartat anterior es descriuen tres processos, explicant el seu mecanisme i indicant la seva utilització i importància. Un cop descrit el procés i sabent que es pot dividir en tres etapes principals, es mostra el diagrama de blocs que descriu el procés de fabricació que s'ha dissenyat en aquest projecte, tenint com a base aquestes tres etapes bàsiques.

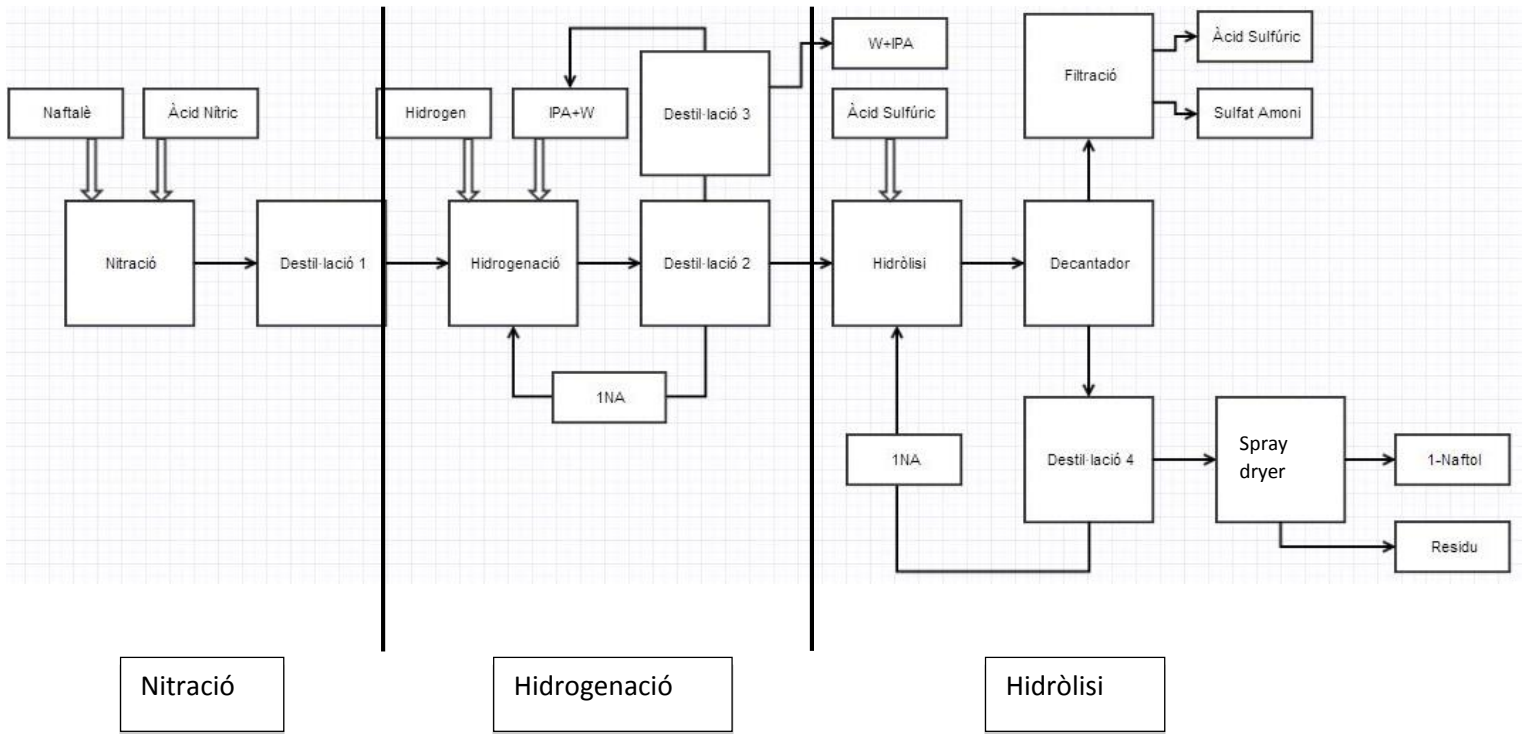


Figure 1-10: Diagrama de blocs de procés d'obtenció d'1-Naftol

1.7. Àrees de la planta

1.7.1. Àrea 100: emmagatzematge de matèries primeres

Les nostres matèries primeres són el naftalè, l'àcid nítric i sulfúric, i l'hidrogen. Aquestes es troben emmagatzemades en diferents subàrees, en funció del seu estat a temperatura ambient i en funció de la seva perillositat.

El naftalè amb una puresa del 100% es troba en estat sòlid, i per tant ve emmagatzemat en big bags de 1000kg que es torben en un magatzem tancat per tal d'evitar contaminacions del producte.

Els àcids nítric i sulfúric estaran en tancs verticals de 90 i 100m³ respectivament, en una zona separada de la resta de matèries primeres, ja que aquests dos són corrosius. El nombre de tancs serà de 4 per l'àcid nítric i 2 pel sulfúric.

L'àcid nítric té una concentració del 70% en massa d'àcid nítric i s'emmagatzema en 4 tancs verticals. Junt amb aquests tancs es troben dos tancs d'àcid sulfúric concentrat (98% en massa). Ambdós reactius arriben mitjançant camions cisterna que bombaran els àcids cap als seus tancs corresponents.

L'hidrogen es trobarà emmagatzemat racks de cilindres a alta pressió. Es contracta una empresa externa, Carbuos Metálicos, perquè s'endugui el rack de cilindres un cop estiguin buits i els canviï per uns de plens. Aquests cilindres es troben a temperatura ambient i a una pressió de 200 bars.

1.7.2. Àrea 200: reacció de nitració

En aquesta zona de la planta és on té lloc la reacció de nitració, que es produirà en tres reactors fed-batch de tanc agitat amb refrigeració i en paral·lel, per tal d'intentar tenir una producció continua.

El naftalè sòlid es carrega als reactors amb l'ajut de cintes transportadores i d'elevadors i s'escalfarà per produir la seva fusió a dins dels reactors mitjançant vapor que circula per la mitja canya. Un cop s'hagi fos tot el naftalè començarà l'addició d'àcid nítric gràcies a una bomba centrífuga. El reactor opera a pressió atmosfèrica i la temperatura es mantindrà constant a 60°C.

S'afegeix un 25% més d'àcid nítric del que seria estequiomètricament necessari i la durada de l'addició de l'àcid és de 9 hores, per tal d'assegurar-nos que tot el naftalè es converteix en nitronaftalè i a més, es té un cabal d'àcid nítric moderat per tal de tenir un major control en la generació de calor a causa de la reacció.

Sempre s'ha de treballar per sobre de 60°C ja que es vol que tots els reactius estiguin en fase líquida però s'ha de retirar la calor generada per la reacció, ja que la reacció de nitració és altament exotèrmica i per tant caldrà fer circular aigua de refrigeració per la mitja canya que envolta cada reactor

Un cop acabada la reacció, la durada de la qual són 9 hores, es procedirà a evaporar la barreja d'àcid nítric i aigua sobrant formada durant la reacció escalfant el reactor a 80°C i a una pressió de 10 kPa amb l'ajut d'una bomba de buit. Gràcies a una vàlvula de tres vies comença a circular vapor per la mitja canya enlloc d'aigua de refrigeració. Aquesta barreja evaporada d'àcid nítric i aigua serà enviada a l'àrea de tractament de residus i posteriorment condensada per a vendre l'àcid diluït com a subproducte i els gasos no condensables es tractaran en un scrubber alcalí.

La càrrega, la reacció, l'evaporació de l'àcid nítric sobrant i la neteja posterior del reactor tindran una durada total de 12 hores.

Cal mencionar que durant el procés de càrrega i de reacció, el reactor estarà inertitzat amb un cabal de nitrogen com a mesura de seguretat per evitar possibles accidents a la planta

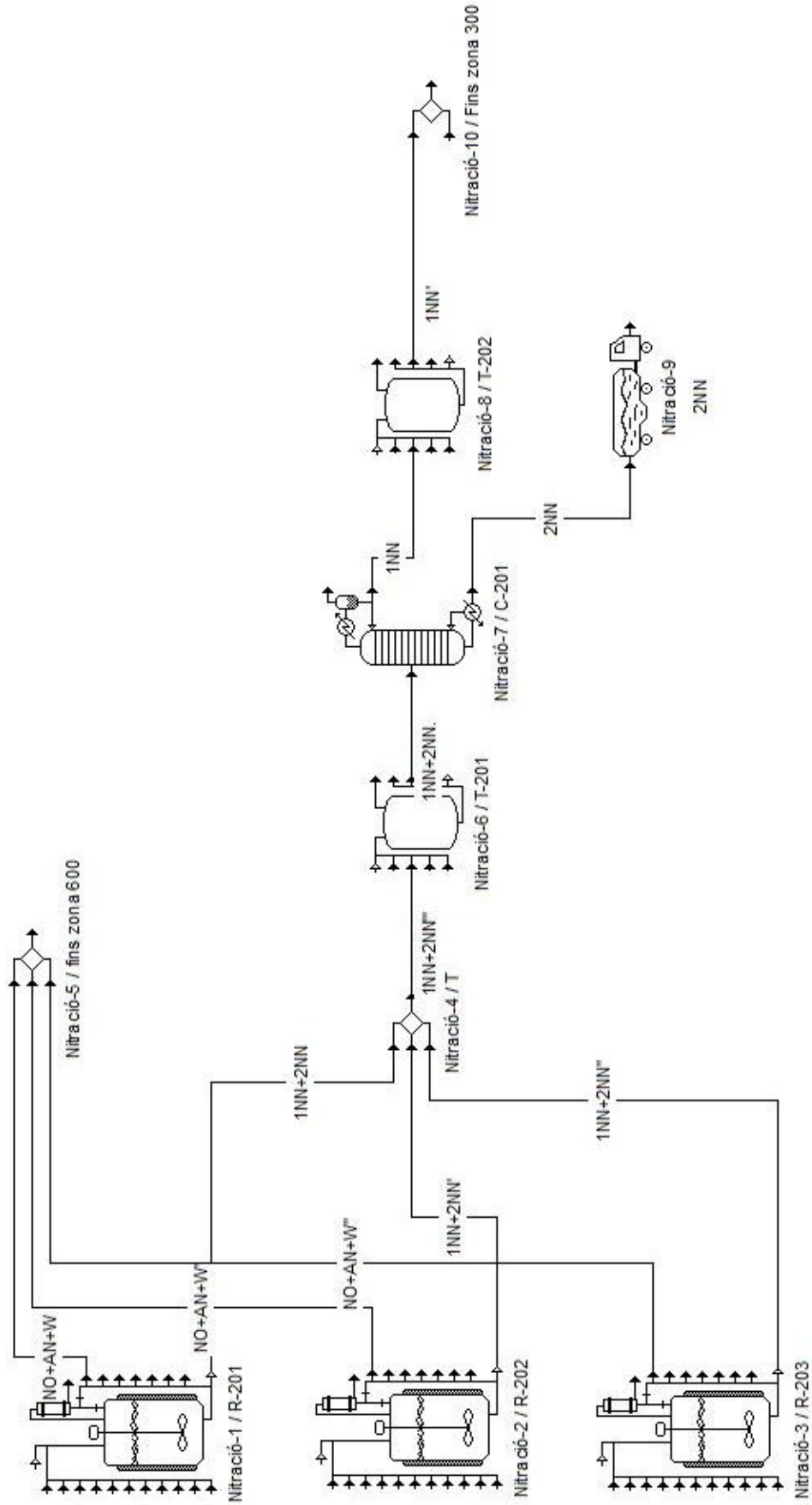
Un cop ha acabat l'evaporació, l'1 i 2 – nitronaftalè encara líquids dins del reactor són descarregats per una canonada a un tanc pulmó que comunica amb la columna de destil·lació dels dos isòmers que treballarà en continu.

Aquest tanc conté un serpentí en el seu interior per tal de mantenir el seu contingut a una temperatura constant de 80 °C per tal que es mantingui per sobre del seu punt de fusió i no se solidifiqui.

La fracció massica de l'aliment és d'un 0.957 per al 1-nitronaftalè i un 0.043 pel 2-nitronaftalè. Gràcies a la columna de rectificació es pot separar la barreja dels dos isòmers i per caps surt 1-nitronaftalè gairebé pur i per cues surt una mescla del 50% de cada isòmer, la qual es tractarà mitjançant un agent extern.

La columna treballa a una pressió de 10 kPa i la temperatura a la que surt l'1-nitronaftalè condensat és de 188°C, el qual serà enviat cap a la zona 300

L'1-nitronaftalè es condensa i es trenca el buit en un seguit de tancs d'emmagatzematge fent-hi entrar nitrogen per tal que la pressió passi de 10 kPa fins a la pressió atmosfèrica. En el tercer dels tancs pulmó s'emmagatzema l'1-nitronaftalè a punt per passar a l'àrea 300.



1.7.3. Àrea 300: reacció d'hidrogenació

A continuació, l'1NN obtingut a la zona 200 passa a l'àrea 300 entrant a un bescanviador de calor (E301) on es refreda fins a 80°C i es condueix fins al mesclador (M301). En aquest mesclador hi entren dos corrents més, un de NA que prové d'una recirculació i un d'isopropanol i aigua que també prové d'una recirculació. Aquest mesclador té un temps de residència de 10 minuts. Passats aquests, la mescla surt completament homogeneïtzada i es condueix cap a una sèrie de 4 bombes on el fluid es comprimirà fins a 100 bars de 25 en 25. Un cop la barreja es troba a la pressió adequada s'escalfa fins a la temperatura de 180°C en el bescanviador previ al reactor (E302). En aquest punt els reactius líquids ja es troben a les condicions desitjades per a reaccionar.

Entren al reactor on reaccionaran amb l'hidrogen que entra per la part inferior de l'equip. Aquest hidrogen prové del Rack d'hidrogen emplaçat a la zona d'emmagatzematge (Àrea 100). Com el gas es troba a 200 bars serà expansionat fins a 100 bars mitjançant una vàlvula d'expansió. Aquesta expansió refreda el reactiu fent disminuir la seva temperatura fins a -16°C, de manera que serà necessari escalfar fins a 180°C. Per a fer-ho s'empren dos bescanviadors de calor en sèrie, un primer que treballa amb vapor i escalfa l'hidrogen fins a 100°C (E305) i un segon que treballa amb oli tèrmic i escalfa el gas fins a 180°C (E306).

Al tractar-se d'un reactor catalític de llit fluïditzat, a la sortida d'aquest s'obtindrà NA, isopropanol, aigua i el catalitzador. Segons el funcionament d'aquest tipus de reactors, la mescla de productes amb presència del catalitzador serà conduïda a un cicló d'on per baix en sortirà catalitzador de carbó actiu i platí i per dalt en sortiran els productes. Aquests últims passaran a un filtre de mànegues on s'acabarà de separar del catalitzador sòlid. Tot el catalitzador que s'obtingui del cicló i del filtre serà conduit a un forn on es tractarà amb vapor per treure el coc i reactivar-lo. No obstant, hi haurà una part d'aquest catalitzador que s'haurà d'enviar a tractar a una empresa externa.

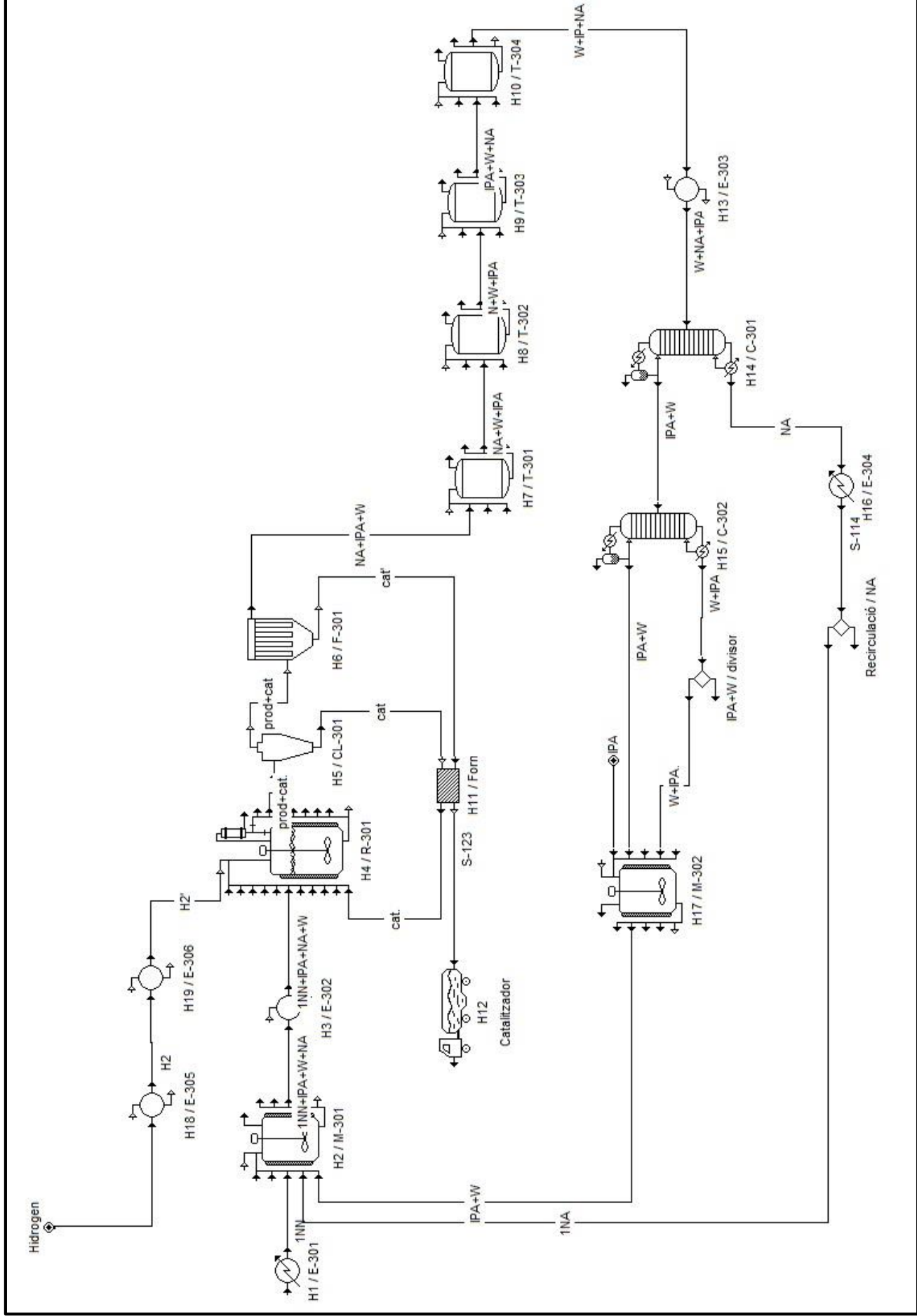
Pel que fa a la mescla de productes líquids que s'obté de la filtració, aquesta serà conduïda a una sèrie de vàlvules d'expansió on es reduirà la pressió fins a pressió atmosfèrica. Per a fer-ho es faran servir 5 vàlvules d'expansió de manera que cada vàlvula disminuirà la pressió de la mescla 20 bars. Per a que aquesta expansió sigui segura i correcta després de cada vàlvula es col·loca un tanc amb l'objectiu de que tota la mescla es pugui expansionar correctament.

A l'última expansió s'obté un descens de temperatura i una mescla de líquid i gas que entrarà a un bescanviador de calor (E303) per escalfar la mescla fins a 176°C per a poder entrar a la columna (C301) que treballa a pressió atmosfèrica i que té l'objectiu de separar la NA de l'isopropanol i l'aigua.

La NA que sortirà per cues de la columna es bifurcarà en dues canonades. Una d'aquestes serà dirigida cap a la zona 400 per a poder dur a terme la reacció de la hidròlisi mentre que l'altra anirà fins al bescanviador de calor (E304) on la mescla es refredarà mitjançant aigua de refrigeració fins a una temperatura de 80°C i llavors es dirigirà fins al mesclador (M301), essent aquest el corrent de naftilamina recirculada.

Per altra banda s'obté isopropanol i aigua que surten per caps de la columna (C301). Aquesta barreja no és la mateixa que es tenia inicialment perquè tot i que no participen en la reacció ja que la mescla actua com a dissolvent, hi ha una producció d'aigua a la reacció i per tant la composició no és la mateixa. Per a poder obtenir la concentració desitjada, aquesta mescla es separa en una columna de destil·lació (C302) on per caps sortirà l'azeòtrop d'isopropanol i aigua i per cues s'obté només aigua.

Un cop feta la separació, per tal d'obtenir les composicions desitjades s'emprarà un mesclador (M302) on hi entrarà el corrent del destil·lat de la columna (C302) i una part de l'aigua que s'haurà obtingut per cues. L'altra part de l'aigua que s'ha obtingut per cues i que no és necessària, s'abocarà. D'aquesta manera al mesclador s'obté la concentració desitjada del dissolvent. Per a que la mescla es dugui a terme correctament, el temps de residència d'aquest mesclador serà també de 10 minuts i el seu contingut serà conduit posteriorment fins al mesclador (M301) fent una recirculació i tornant a repetir tot el procés.



1.7.4 Àrea 400: reacció d'Hidròlisi

El procés de la hidròlisi comença en el tanc T-401 i en el mixer M-401. En el primer arriba un corrent d'aminonaftalè obtingut del procés de la hidrogenació. Aquest ve a una temperatura de 247.7 °C i a pressió atmosfèrica.

Per altra banda, en el M-401 arriben dos corrents, un d'aigua i un d'àcid sulfúric concentrat a 25°C i a pressió atmosfèrica i són mesclats; afegint primer el corrent d'aigua, i després el d'àcid. A causa de la calor que es genera, un corrent d'aigua refrigerant que circula per una mitja canya al voltant del mesclador manté la mescla a 25°C.

A continuació, quan tots els components estan ben mesclats i el contingut dels tancs arriba a la quantitat necessària que cal per a carregar el reactor R-401, es puja la pressió dels dos corrents fins a una pressió una mica superior a la del reactor que ha de ser 13 bars i seguidament es fan passar cada corrent pel seu bescanviador corresponent.

Aquests bescanviadors s'utilitzen per posar els corrents de procés a la temperatura de reacció, és a dir, a 190°C. El corrent d'aminonaftalè, s'ha de refredar fins a aquesta temperatura, per això fem circular el corrent pels tubs i per la carcassa, aigua. Aquesta aigua, a causa de l'alta temperatura a la que es troba l'aminonaftalè, s'evapora, i obtenim un corrent de vapor.

Pel que fa al corrent d'aigua i àcid sulfúric s'escalfa fent circular vapor a alta pressió (2000 kPa aproximadament) a 210°C.

Un cop escalfats ambdós corrents, aquests s'introdueixen dins del reactor, que com s'ha comentat anteriorment, treballa a 190°C i a 13 bars. Un cop s'ha carregat es tanca i comença la reacció amb agitació i amb un corrent de refrigeració ja que hi ha generació de calor a causa que la reacció global és exotèrmica. La durada de la reacció és de 5 hores i la mescla final que s'obté conté 1-naftol i sulfat d'amoni que s'han format en la reacció junt amb part dels reactius que no han reaccionat (aigua, àcid sulfúric i 1-aminonaftalè). En aquesta mescla es poden diferenciar dues fases: l'orgànica, que conté 1-naftol i 1-aminonaftalè; i l'aquosa, que conté aigua, àcid sulfúric i sulfat d'amoni. Una part del sulfat d'amoni es troba dissolt en la fase aquosa i la resta es troba en forma sòlida com a precipitat.

Aquesta mescla es descarrega i mitjançant una vàlvula d'expansió, es redueix la pressió del corrent fins a pressió atmosfèrica, i es fa circular fins al decantador. Aquest decantador té com a funció separar les dues fases i el precipitat segons la diferència de densitats.

El precipitat i la fase aquosa són més denses que la fase orgànica i per tant ocupen la part inferior del decantador mentre que la fase orgànica està a la part superior.

Un cop les fases estan completament separades es comença a descarregar la fase aquosa i sòlida per sota del decantador. Quan s'ha descarregat completament aquesta fase, es tanca la vàlvula de circulació de la fase aquosa i s'obre la vàlvula de circulació de la fase orgànica.

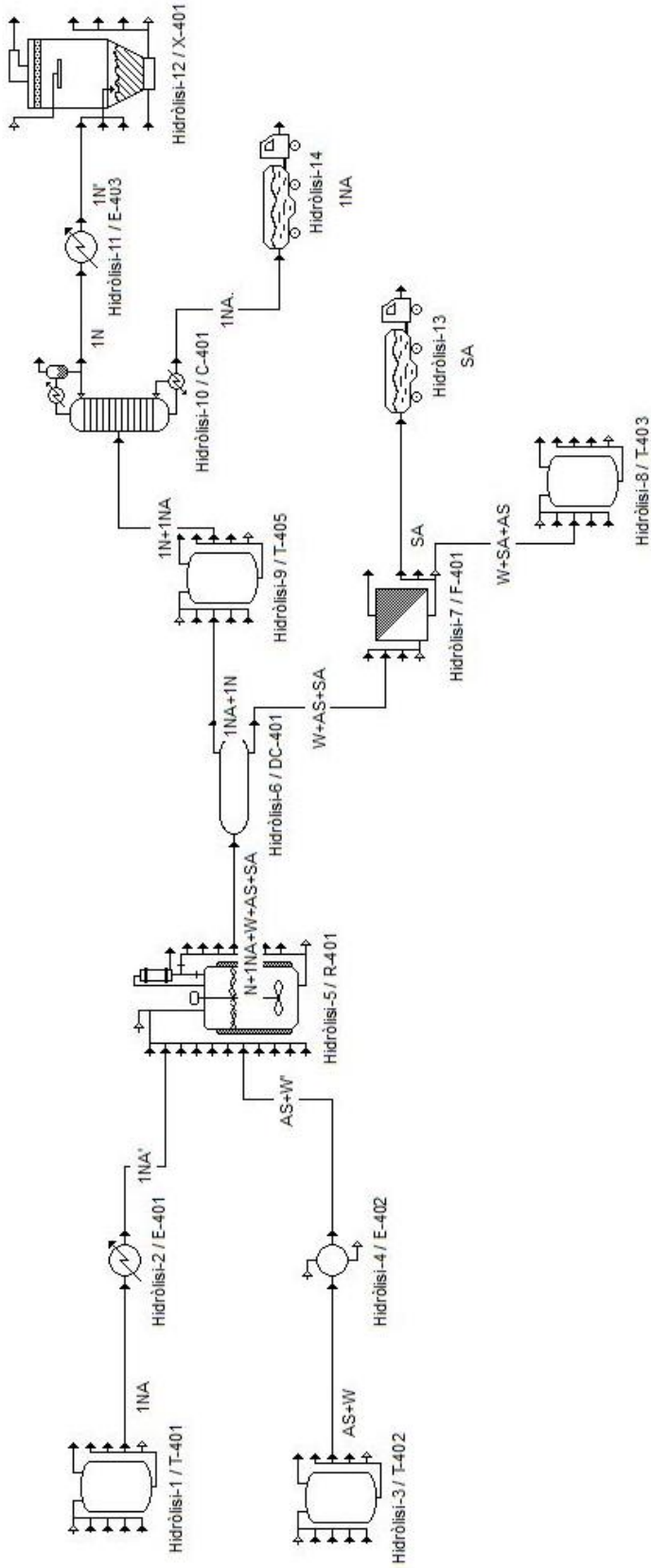
La circulació de la fase aquosa i la fase sòlida es passa a través d'un filtre per separar la fase aquosa del sulfat d'amoni que no s'ha dissolt. Aquest sulfat d'amoni es vendrà per fer fertilitzants. La fase aquosa, que és majoritàriament àcid sulfúric diluït es vendrà com a subproducte.

El corrent de la fase orgànica, que és bàsicament compost per naftol, s'emmagatzema en el tanc T-403, que conté un serpentí per on circula vapor per mantenir la temperatura a 190 °C. El corrent de sortida d'aquest tanc porta la fase orgànica fins a la columna de destil·lació, que treballa de forma contínua. S'aconsegueix separar el naftol, per caps a 280°C i amb una puresa del 99% i per cues l'aminonatalè, a 300°C. Aquest aminonaftalè s'emmagatzema en barrils i s'utilitzarà pel reactor R-301 per les següents posades en marxa.

El naftol que surt de la columna passa per un bescanviador i es refreda fins a una temperatura 15°C per sobre de la seva temperatura de fusió, es a dir, a 102°C per tal de poder-lo solidificar en un spray dryer.

El naftol que surt del bescanviador, circula amb una viscositat més alta i arriba al *spray dryer*. El naftol el fem circular per un conducte amb forats, que l'anomenem difusor, i fa caure gotes de naftol que circulen a través de la columna de l'aparell. Sota de la columna es fa circular aire que refreda les gotes de naftol, solidificant-lo i obtenint-lo per sota de la columna.

Aquest serà emmagatzemat en bigbags per a poder-lo vendre.



1.7.5. Àrea 500: serveis

En aquesta àrea hi trobarem tot el grup d'equips necessaris per tal d'assegurar les condicions del procés i controlar alguns aspectes de les operacions. Entre aquests trobem:

- Torre de refrigeració, que s'encarregarà del refredament de l'aigua que prové dels processos en que cal eliminar la calor generada.
- Compressors d'aire de dues fases, que s'encarregaran de generar aire comprimit i emmagatzemar-lo en tancs a pressió.
- Descalcificadors que tenen resines de bescanvi iònic, que s'encarregaran de generar l'aigua de procés i l'aigua que servirà per a la caldera: aigua descalcificada.
- Calderes, que usaran gas natural per tal de generar el vapor de xarxa.
- Heaters, que s'encarregaran de reescalfar el circuit d'oli tèrmic.
- Estació transformadora d'electricitat de subministradora externa, que proporcionarà 380/220V a tota la planta i també un grup electrogen que doni electricitat en cas de fallada externa. Aquest últim funcionarà amb gas-oil.

1.7.6. Àrea 600: tractament de residus

En aquesta àrea es procura que les emissions i residus produïts a causa de l'activitat de la nostra planta estiguin dins del límit marcat per la legislació. Per tal de no infringir la llei, cal tractar els corrents residuals del procés amb una sèrie d'equips com ara scrubbers en el cas de les emissions gasoses.

Una altra opció que s'ha pres a la planta es la de vendre els subproductes generats a empreses externes i/o pagar un gestor de residus que s'ocupi d'ells per tal de no haver-los de tractar en la nostra planta.

1.7.7. Àrea 700: taller i magatzem

En aquesta àrea hi haurà el taller de manteniment dels equips on hi treballaran els operaris de manteniment duent tasques com la reparació de bombes i compressors, neteja de bescanviadors, cintes transportadores, fuites a canonades, etc.

També inclourà el magatzem d'eines, peces de recanvi i vestuari de seguretat. També servirà per emmagatzemar el producte (1-naftol) abans de ser comercialitzat.

1.7.8. Àrea 800: oficines

En aquesta àrea hi hauran les oficines que estaran dividides per departaments: producció, qualitat i gestió. Aquesta àrea estarà equipada amb sales de reunions, despatxos i sales d'actes.

1.8. Especificacions equips principals de la planta

1.8.1. Àrea 200

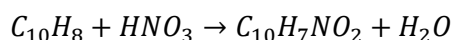
1.8.1.1. Reactors R-201, R-202 i R-203

Disseny funcional

Reacció

La nitració és el procés pel qual s'efectua la unió del grup nitro (-NO₂) a un àtom de carboni, i per tant generalment això ocorre per efecte d'una substitució d'un àtom d'hidrogen.

L'agent escollit (substància que genera el grup nitro) és l'àcid nítric concentrat (70%), per tant la reacció que té lloc és la següent.



Com que el naftalè té 2 estructures ressonants, una on no hi ha un doble enllaç compartit i una en que sí. L'àcid nítric actua com a electròfil i el naftalè com a nucleòfil i queda afavorida la posició del carboni 1 respecte la del carboni 2, ja que és més nucleòfila una que l'altra.

Per tant la composició de la barreja d'isòmers segons la patent serà la següent:

- 95.7% 1-nitronaftalè
- 4.3% 2-nitronaftalè

En molts processos de nitració també hi ha la formació d'òxids de nitrogen com a subproducte, tot i que en la patent que s'ha trobat per a la producció de nitronaftalè no es menciona. Tot i això, es posaran les mesures necessàries per tractar els òxids de nitrogen.

Tipus de reactor

Com que la reacció de nitració és altament exotèrmica s'escull un reactor fed-batch on primer s'haurà carregat el naftalè, es fondrà a dins el mateix reactor i tot seguit es començarà la reacció afegint l'àcid nítric poc a poc mentre es refreda l'equip amb aigua de refrigeració.

S'afegirà l'àcid nítric en excés (un 25%) ja que així s'assegura que tot el naftalè reacciona i es forma la barreja d'isòmers de nitronaftalens. Cal mencionar que com a mesura de seguretat s'inertitza el reactor amb nitrogen ja que la temperatura de treball està per sobre del flash point dels productes.

Un cop s'ha afegit tot l'àcid nítric, s'acaba la reacció i cal separar l'aigua formada en la reacció i l'àcid nítric que no ha reaccionat. S'ha decidit dur a terme aquesta evaporació en el mateix equip en què s'ha fet la reacció ja que així s'estalvien costos. Així doncs es fa una evaporació al buit a 80 °C per separar el nítric diluït dels nitronaftalens.

Un cop s'acaba l'evaporació es fa la descarrega del producte d'interès per tal de purificar-lo en els equips següents i es comença la neteja del reactor per tal de poder iniciar un cicle nou.

Material de disseny

S'ha escollit acer inoxidable tipus 304L per les seves propietats mecàniques i amb un contingut més baix en carboni per tal de tenir una resistència a la corrosió més alta que el 304 ja que es treballa amb productes corrosius com és l'àcid nítric.

Disseny mecànic

El disseny mecànic es pot trobar detalladament al manual de càlcul (capítol 10.2)

Programació horari reactor fed-batch

Com que es tracta d'un reactor discontinu cal programar quant durarà cada operació i quina anirà després de l'altra. Com es pot veure en el diagrama de Gantt de la figura xxx l'operació més llarga és la de reacció, ja que cal afegir l'àcid nítric molt lentament, ja que si s'afegeix massa ràpid la calor generada per unitat de temps és molt elevada i hi ha problemes per a refrigerar l'equip i hi ha més risc que es doni una reacció fora de control.

En total el cicle d'operació del reactor és de 12 hores, per tant és el coll d'ampolla de tot el procés ja que és l'operació amb més temps de duració. Per aquest motiu es decideix construir 3 reactors en paral·lel per proporcionar una continuïtat major en la producció de nitronaftalè i, en cas que un dels reactors no estés en funcionament, que la planta pugui continuar operant.

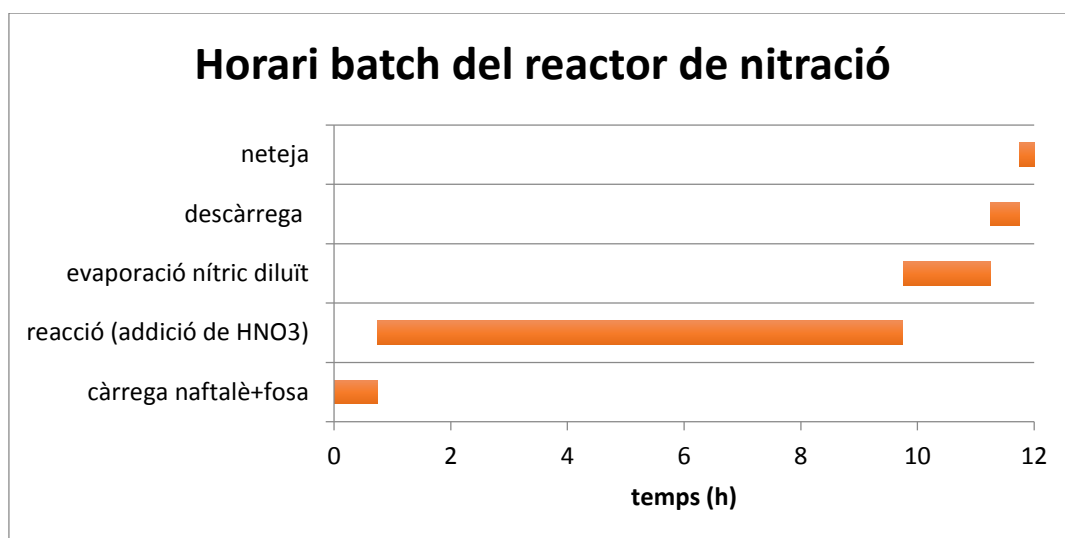


Figura 1-11. Diagrama de Gantt de la nitració

1.8.1.2. Columna de rectificació C-201

Descripció de la columna

La columna C-201 és la columna que separa la mescla dels dos isòmers de nitronaftalè que surt dels reactors un cop s'ha evaporat les restes d'àcid nítric diluït. L'objectiu és obtenir un corrent de 1-nitronaftalè amb una puresa del 99% per tal que aquest pugui passar a l'àrea d'hidrogenació de la planta.

A l'hora d'escollir entre una columna de plats o de rebliment s'avaluen principalment els aspectes econòmics on es considera l'eficàcia de contacte, la capacitat de càrrega i la caiguda de pressió.

S'aconsella que per a separar els dos isòmers es faci una destil·lació al buit. A l'hora d'escollir entre una columna de rebliment i de plats s'ha fet servir la taula següent per a prendre una decisió:

	Trays			Packed		
	Sieve, Valve	Bubble-Cap	Counter-Flow	Random	Stacked	Disk & Donut
Pressure:						
Low, <100 mm Hg	2	1	0	2	3	1
Medium	3	2	1	2	1	1
High, >50% P _c	3	2	2	2	0	0
Low DP*	1	0	0	2	2	3
High turndown	2	3	0	1	2	1
Liquid flow rate:						
Low	1	3	0	1	2	0
High	2	1	3	3	0	2
Expanded column capacity	2	0	2	2	3	0
Diameter:						
Small	1	1	1	3	2	1
Medium (3-9 m)	3	2	2	2	2	1
Large	3	1	2	2	1	1
Foaming system	2	1	2	3	0	1
Suspended solids	2	1	3	1	0	1
Dirty or polymerizing	2	1	3	1	0	2
Corrosive	2	1	2	3	1	2
Viscous	2	1	1	3	0	0
Multiple feeds or sidestreams	3	3	2	1	0	1
Internal cooling	2	3	1	1	0	0
Low cost*	2	1	3	2	1	3
Reliable design	3	2	1	2	1	1

* Efficiency or performance unimportant

Legend: 0 = Do not use
1 = Evaluate carefully
2 = Usually applicable
3 = Best choice

FIG 9.01

Figura 1-12. Criteris per a l'elecció del tipus de columna

Seguint el criteri de la taula es decideix construir una columna de plats foradats ja que es pot aplicar fàcilment en casos en que es treballa a pressions baixes, el diàmetre és suficientment gran i normalment és més econòmic construir una columna de plats foradats que no pas una columna empacada fixa.

Disseny mecànic

Material

S'ha escollit l'acer inoxidable 304 per les seves bones propietats mecàniques i la seva bona relació qualitat-preu.

Pressió de disseny

Segons la informació trobada en les patents es recomana fer una destil·lació al buit per separar els isòmers. S'ha escollit una pressió d'operació de 10 kPa.

Disseny mecànic

El disseny mecànic es pot trobar detalladament al manual de càlcul on s'ha posat la columna C-201 com a exemple de disseny per a les columnes de destil·lació.

Tot i això cal destacar una particularitat important que té la columna C-201. Com que ha de separar dos compostos que són pràcticament iguals (dos isòmers) i que tenen una diferència de punt d'ebullició de només 10 °C, l'alçada de la columna és molt gran per poder assolir la separació desitjada.

Segons la normativa, no es poden sobrepassar els 15 metres d'alçada en la construcció de la planta. Per aquest motiu ha calgut partir la columna en dues seccions, ja que si es construïa en una de sola no es compliria la normativa.

Es pot veure l'esquema de la columna en el seu full d'especificació corresponent.

1.8.2. Àrea 300

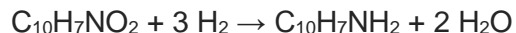
1.8.2.1. Reactor R-301

Reacció:

La hidrogenació és un tipus de reacció química de reducció-oxidació (redox) en que s'addiciona H₂ a un altre compost. Els objectius més habituals d'aquesta reacció són compostos orgànics insaturats com per exemple els alquens, alquins, cetones, nitrils i amines.

La majoria de les hidrogenacions es duen a terme amb hidrogen a pressió i en presència de catalitzador.

Per al cas que es tracta s'hidrogenarà l'1NN per a obtenir una amina, en aquest cas, aminonaftalè. Per a fer-ho es treballarà a una pressió de 100 bars, una temperatura de 180°C i en presència d'un catalitzador sòlid que en aquest cas serà carbó actiu i platí.



Aquest procés operarà en continu.

Tipus de reactor:

Tal i com indica la patent, aquesta reacció té lloc en un reactor catalític de llit fluïditzat, de manera que en un mateix reactor es tindran 3 fases físiques, gas, líquid i sòlid. Aquest és un cas que no s'ha estudiat ni treballat mai de manera que a continuació s'explicarà el procés que s'ha considerat més adient, però a l'hora de fer el disseny s'han tingut en compte una sèrie d'aproximacions.

Per a dur a terme una reacció en un reactor d'aquestes condicions, es disposarà de múltiples entrades. Per una banda entrarà un corrent amb els reactius líquids, per altra banda entrarà l'hidrogen gas i finalment entrarà al reactor el catalitzador. Aquest últim està format per carbó actiu i platí en un 1% i el seu diàmetre de partícules és de $3.5E-04$ i $8E-04$ metres respectivament. Al tractar-se d'un catalitzador que no resulta especialment econòmic es prendran les mesures possibles per a que es pugui reactivar dins la planta i poder reutilitzar el màxim de catalitzador possible. De manera que a la sortida del reactor es tindran els productes en fase líquida i el catalitzador. Segons la dinàmica d'aquest tipus de reactors, el catalitzador es separarà dels productes mitjançant un cicló i filtre de mànegues i es regenerarà amb aire calent que permetrà dur a terme el craqueig correctament i d'aquesta manera treure el coc. Aquella quantitat de catalitzador que no hagi pogut ser regenerada a la planta s'enviarà a una empresa externa per al seu tractament adient.

A continuació es mostra un esquema on s'il·lustra aquest funcionament:

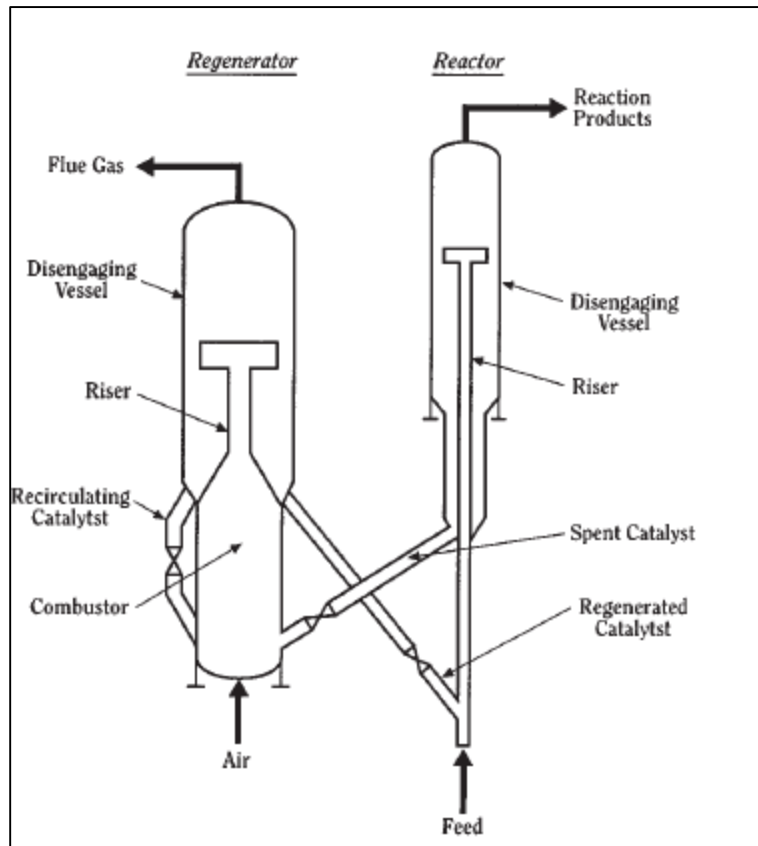


Figura 1-14. Cracking catalític

La quantitat que s'ha de tractar de catalitzador segons la patent és de 0.075 kg/h.

Com ja s'ha mencionat anteriorment per al disseny dels equips d'aquesta àrea de la hidrogenació s'han fet una sèrie d'aproximacions una de les quals ha estat que del reactor ja se n'obté els productes nets de catalitzador. Per altra banda no s'han dissenyat els ciclons, el filtre i el regenerador per falta de coneixements.

Material de disseny:

S'ha escollit l'acer inoxidable del tipus AISI 316 per les seves propietats mecàniques ja que és un reactor que treballa a altra pressió i convé treballar amb un material d'alta resistència.

Disseny mecànic

El disseny mecànic es pot trobar detalladament al manual de càlcul (capítol 10.2)

1.8.2.2. C-301

La columna C-301 té com a objectiu separar la naftilamina de l'isopropanol i l'aigua que surten del reactor. Amb aquesta separació s'espera que per cues s'obtingui un 99% de Naftilamina per poder-ne enviar una part a l'àrea d'hidròlisi de la planta i la resta poder ser recirculada a la mateixa hidrogenació.

Per a la destil·lació s'ha de decidir si s'emprarà una columna de plats o de rebliment. Per a prendre aquesta decisió s'hauran de tenir en compte una sèrie d'aspectes econòmics que al mateix temps tenen en compte l'eficàcia de contacte, la capacitat de càrrega i la caiguda de pressió de la columna.

S'ha escollit treballar a pressió atmosfèrica per a la destil·lació en qüestió. Per a la decisió del tipus de columna (rebliment o de plats) s'ha fet servir la figura 1-12.

Es tracta d'una columna molt petita ja que la separació s'aconsegueix fàcilment, de manera que el diàmetre de la columna serà també petit. Per a una columna amb aquestes característiques, segons la taula, l'opció més adequada és una columna empacada. No obstant, s'ha calculat quin serà el nombre d'etapes d'equilibri i s'ha obtingut un valor 3 etapes. Com ja s'ha justificat, aquest valor tan baix es deu a que la separació és fàcil per la diferència de volatilitats entre les substàncies que es volen separar.

Cabals i composicions de la columna

	Aliment	Sortida	
		Caps	Cues
Cabal (kg/h)	7746	3856	3888
1NA %	0.5021	0	1
IPA %	0.385	0.7785	0
W %	0.1129	0.2215	0

Taula 1-4. Composicions a la columna

Seguint tot el procés que es detalla al manual de càlculs sobre el disseny de columnes s'ha trobat que el diàmetre és el següent:

D= 1,067 m

Al dissenyar la columna amb el simulador HYSYS els resultats que s'han obtingut són els següents:

	Section_1
Internals	Packed
Number of Flow Paths	
Jet Flooding Method	
Column Geometry	
Section Diameter [m]	1,067
X-Sectional Area [m2]	0,8938
Hole Area [m2]	
Active Area [m2]	
DC Area [m2]	
Tray Spacing [m]	
Section Height [m]	1,529
Hydraulic Results	
Max Flooding [%]	45,86
Max DC Backup [%]	
Max DP/Tray [kPa]	
Section DeltaP [kPa]	0,2788
Max Weir Load [m3/h-m]	

Figura 1-15. Especificacions de la columna

A continuació s'adjunta un gràfic on es mostra la variació de la composició dels components que intervenen en la separació al llarg de la columna:

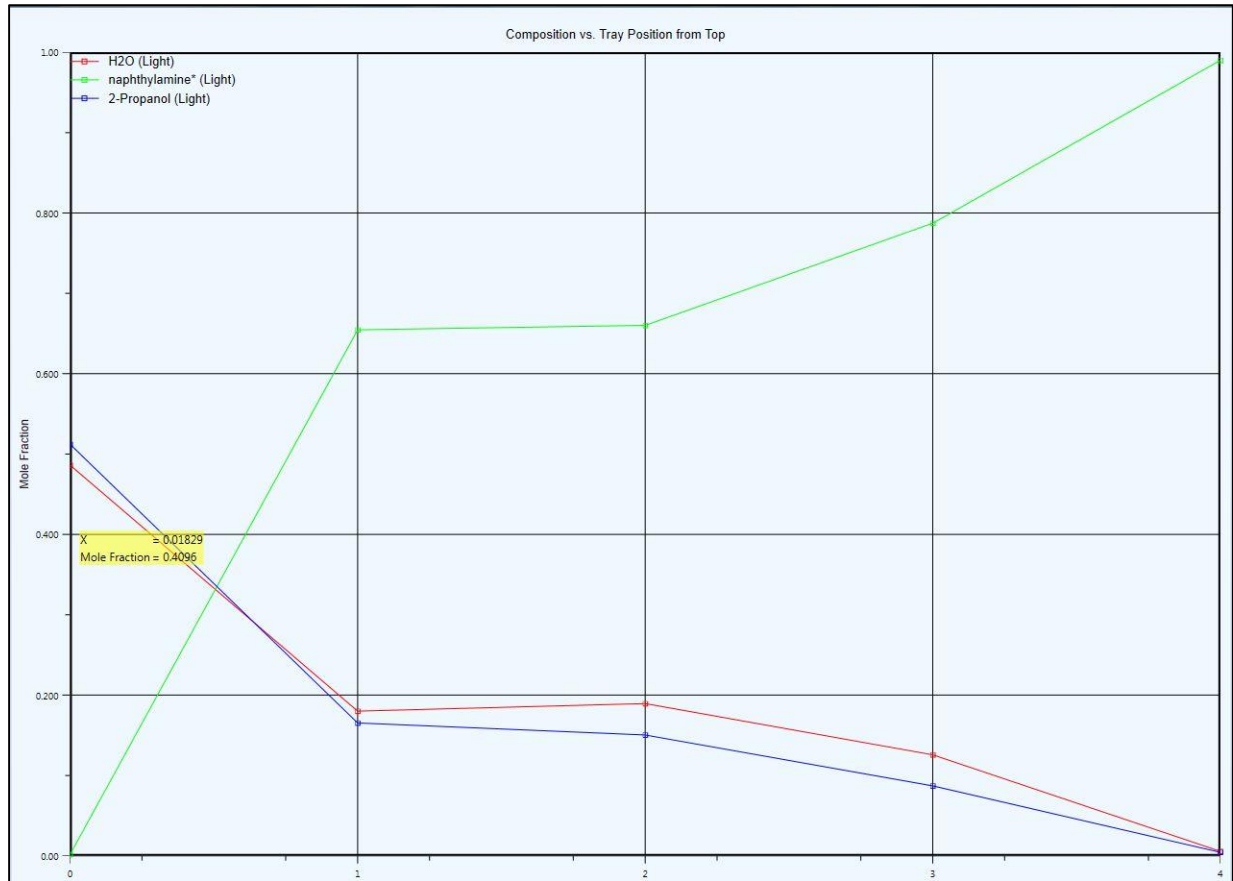


Figura 1-16. Variació de les composicions a la columna

Disseny mecànic

Material

Per al disseny d'aquesta columna s'ha fet servir AISI 316 per les seves propietats mecàniques ja que es tracta d'un material altament resistent.

Pressió de disseny

S'ha trobat adequat treballar a pressió atmosfèrica, 1 atm, de manera que la pressió de disseny és de 1,2 atm.

Tipus de reblliment

Al tractar-se d'una columna de reblliment s'ha mirat quin tipus n'és el més adequat. Segons el simulador hysys el millor tipus de reblliment per a aquesta columna és el conegut com a *Ballast Ring*. Per a aquesta tria s'han tingut en compte paràmetres com el material, l'estructura i el tamany.

Aquest últim, el tamany, s'escull a partir del diàmetre de la columna. Com que el diàmetre de la columna es troba per sobre de 0,9 m, la mida del farciment serà de més de 3 polzades.

A continuació es mostra una foto com a exemple de *Ballas ring*:



Mechanical Specifications	No. 1	No. 1.5	No. 2	No. 3.5
Pieces (m ³)	50,000	14,000	6,100	1,100
Surface Area (m ² /m ³)	215	135	105	66
Weight (kg/m ³)*	320	208	213	158
Void (%)	95.0	96.0	97.0	97.0

Figura 1-17. Característiques del tipus de rebliment

1.8.2.3. C-302

La columna C-302 és la columna que s'encarrega de separar l'isopropanol i l'aigua. A l'hora de fer-ho però, cal tenir en compte que l'aigua i l'isopropanol formen un azeòtrop.

Aquesta separació és necessària ja que tot i que l'isopropanol i l'aigua actuen com a dissolvents, l'aigua és a més a més un producte de la reacció, de manera que a la sortida del reactor es tindrà la quantitat d'aigua i isopropanol que es vol recircular i a més a més l'aigua que s'haurà format a la reacció. És per això que és necessària una separació per poder obtenir la relació desitjada entre la composició d'isopropanol i d'aigua.

Pel que fa a les especificacions generals d'aquesta separació cal destacar que al ser una separació azeotròpica per un dels corrents s'obtindrà l'azeòtrop i per l'altre s'obtindrà pura la substància que es trobi en excés a l'entrada. En aquest cas, aquesta última és l'aigua de manera que a la columna s'obtindrà l'azeòtrop d'isopropanol i aigua pel destil·lat, i aigua pura per cues.

Per mitjà de la figura 1-12, s'ha determinat que en aquest cas és més adequat una columna de plats foradats que no pas una de rebliment.

	Aliment	Sortida	
		Caps	Cues
Cabal (kg/h)	3856	3384	497,97
IPA %	0,7785	0.879	0
W %	0,2215	0.121	1

Taula 5. Composicions a la columna

Després dels càlculs pertinents s'obté que el diàmetre de la columna és de:

$$D = 0,76 \text{ m}$$

Els resultats obtinguts pel simulador HYSYS són els següents:

Performance	
Results	Section Results
Trayed	<input checked="" type="radio"/> Trayed <input type="radio"/> Packed
Table	<input type="button" value="Export Pressures"/>
Plot	
	Tray Results
	Section_1
Internals	Sieve
Number of Flow Paths	1
Jet Flooding Method	Glitsch
Column Geometry	
Section Diameter [m]	0,7620
X-Sectional Area [m2]	0,4560
Hole Area [m2]	3,867e-002
Active Area [m2]	0,3837
DC Area [m2]	3,615e-002
Tray Spacing [m]	0,6096
Section Height [m]	5,486
Hydraulic Results	
Max Flooding [%]	46,13
Max DC Backup [%]	20,95
Max DP/Tray [kPa]	0,443
Section DeltaP [kPa]	3,865
Max Weir Load [m3/h-m]	11,74

Figura 1-18. Especificacions de la columna

Com es tracta d'una columna de plats s'ha calculat quants en seran necessaris i s'ha obtingut un valor de $N=9$. Així doncs s'ha calculat quin serà el plat de l'aliment, és a dir, en quin punt entrarà la mescla que es vol separar a la columna. Segons el simulador HYSYS el plat òptim per a l'entrada de l'aliment és el plat 7.

Un cop es coneixen aquests paràmetres es procedeix al càlcul del disseny mecànic i gruixos.

Disseny mecànic

Material

Per al disseny de la columna s'ha decidit emprar AISI 304L per les seves propietats mecàniques i la seva relació qualitat preu.

Pressió de disseny

Per al disseny d'aquesta columna es va creure adequat treballar a una pressió d'1 atm, de manera que la pressió de disseny és de 1,2 atm.

1.8.3. Àrea 400

1.8.3.1. Reactor R-401

Disseny funcional

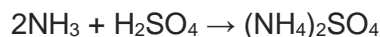
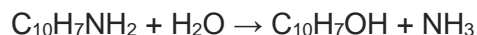
Reacció

La hidròlisi és una reacció química entre una molècula d'aigua i una altra espècie química. En aquesta reacció la molècula d'aigua es divideix i els seus àtoms passen a formar part d'aquesta altra espècie química.

En el nostre cas el compost que es vol hidrolitzar és l'1-naftilamina per produir 1-naftol. Perquè això ocorri cal utilitzar un catalitzador i, segons la patent, s'utilitza àcid sulfúric concentrat. L'acció que fa l'àcid sulfúric és baixar el pH i ionitzar l'aigua i per tant, augmentar la concentració d'ions hidroni, que són els que ataquen la naftilamina per a hidrolitzar-la.

Tot i això, com que la substància que s'hidrolitza és una amina, en reaccionar la molècula substitueix el grup -amino per convertir-se en un alcohol. Aquest grup amino, com que es troba en un pH àcid a causa de la presència de l'àcid sulfúric reacciona i es forma sulfat d'amoni.

Així doncs tenim dues reaccions simultàniament: una d'hidròlisi i l'altra una reacció àcid-base. La primera és lleugerament endotèrmica però la segona és altament exotèrmica, fent que en total es generi calor en el reactor.



Tipus de reactor

El reactor escollit és de tipus batch i les matèries primeres s'afegeixen al reactor segons la relació màssica següent:

Naftilamina (1): Àcid sulfúric (0.8):Aigua (3.2)

Com s'ha explicat anteriorment, hi haurà generació de calor en el reactor i per tant es refrigerarà fent circular aigua de refrigeració per la mitja canya per mantenir la temperatura de reacció igual a 190 °C. Pel que fa a la pressió de treball serem 1300 kPa.

El reactor té un temps de residència igual a 5 hores. Un cop acabada la reacció es descarregarà el seu contingut per a purificar-lo.

Material de disseny

Segons la patent utilitzada el material del reactor és zirconi, ja que cal operar a una temperatura i pressió considerables ($T=190^{\circ}\text{C}$; $P=1300\text{ kPa}$) i sobretot perquè es treballa amb àcid sulfúric mesclat amb aigua calenta, cosa que fa que la corrosivitat sigui molt important. Per aquest motiu, tot i que el zirconi sigui un material molt car, és dels pocs que pot aguantar unes condicions de treball tant extremes i sobretot un producte tan corrosiu com és l'àcid sulfúric a alta temperatura.

Disseny mecànic

El disseny mecànic es pot trobar detalladament al manual de càlcul (capítol 10.2)

Programació horari reactor

Com que es tracta d'un reactor discontinu cal programar quant durarà cada operació i quina anirà després de l'altra. Com es pot veure en el diagrama de Gantt de la figura xxx l'operació més llarga és la de reacció i totes les altres operacions (càrrega, descàrrega i neteja) tenen una hora de durada.

En total el cicle d'operació del reactor és de 8 hores, per tant es faran tres càrregues diàries del reactor per tal d'assolir la producció establerta d'1-naftol.

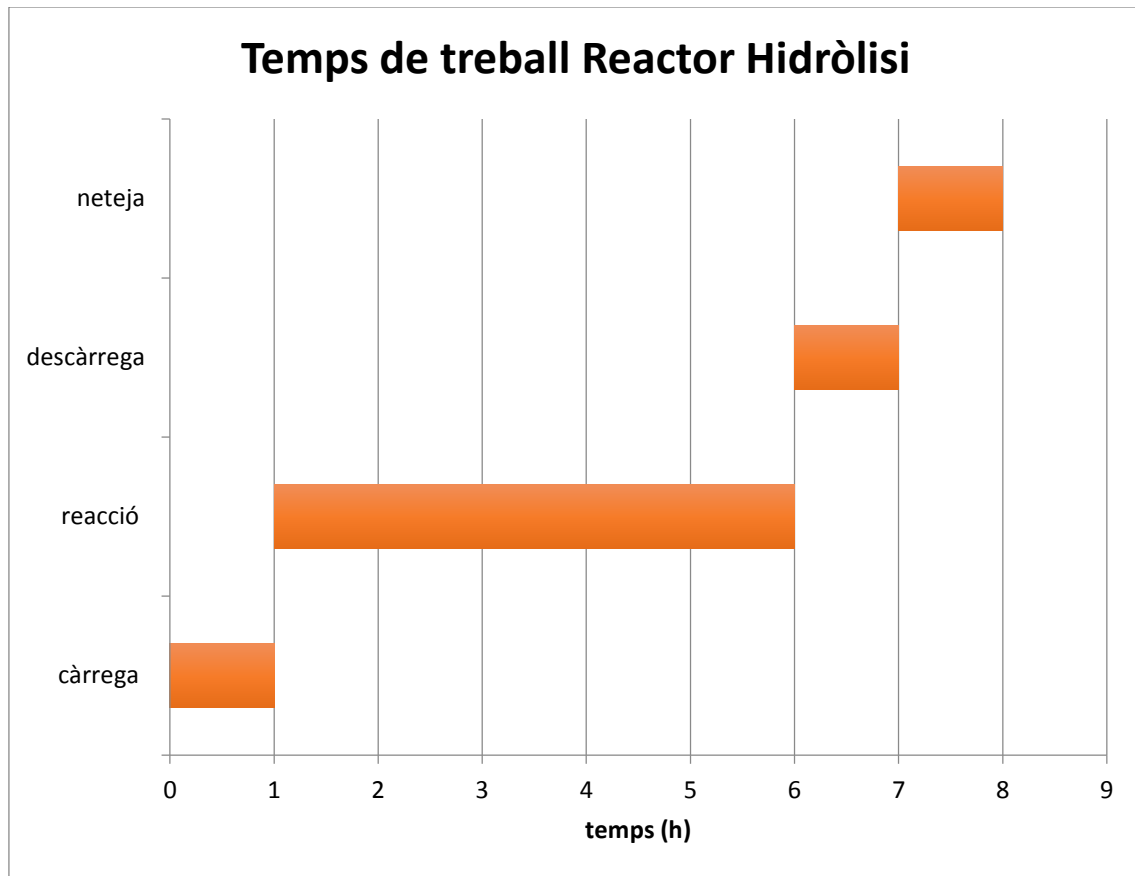


Figura 1-19. Diagrama operació del reactor d'hidròlisi

1.8.3.2. Columna de destil·lació C-401

Descripció de la columna

La columna de destil·lació de la hidròlisi C-401 està dissenyada per la separació del naftol, de la resta de l'aminonaftalè que no ha reaccionat en el reactor R-401. Es vol aconseguir naftol per caps amb una puresa del 99%, mentre que l'aminonaftalè sortirà per cues també amb un 99% de puresa. Aquesta etapa és important, ja que dependrà de la qualitat final del nostre producte. A continuació es mostra una taula amb els cabals i les composicions de cada component:

	Entrada	Sortida	
		Caps	Cues
Cabal (kg/h)	1388,11	1365,03	23,07
% 1-Naftilamina	0,03	0,01	0,99
% 1-Naphthol	0,97	0,99	0,01

Taula 1-6. Composicions a la columna

Disseny mecànic

Material

S'ha escollit l'acer inoxidable 304 per les seves bones propietats mecàniques i la seva bona relació qualitat-preu.

Disseny mecànic

A causa de la poca diferència de temperatura d'ebullició entre els dos components, caldrà una columna molt alta per a poder realitzar la separació, en concret tindrà una alçada de 10 metres, tot i que el diàmetre de la columna serà petit, en concret de 0.762 metres.

Com que el diàmetre de la columna no arriba a 1 es creu que la columna ha de ser del tipus empacada, amb rebliment ordenat, per poder millorar la separació dels components, gràcies a que aquest dóna més àrea de contacte entre el vapor i el líquid. S'han utilitzat els criteris de la figura xxx

El tipus de rebliment utilitzat són de "ballast rings", igual que en la columna C-301.

1.8.3.3. Spray dryer X-401

Es vol fer especial menció a l'equip anomenat "Spray Dryer". Aquest és l'equip utilitzat per a l'obtenció del naftol en forma de grànuls. L'equip consta d'una torre on hi ha un difusor a la part superior, que deixa caure el naftol en forma de gotes amb uns 15 graus per sobre de la seva temperatura de solidificació. Mentre les gotes cauen, un corrent d'aire puja en contracorrent per la columna. Amb el contacte de les gotes de naftol amb l'aire, la temperatura del naftol baixa per sota del seu punt de solidificació, obtenint el naftol per sota de la columna de forma sòlida .

1.9. Balanços de matèria

A l'hora de fer els balanços de matèria cal tenir molt present que la nostra planta consta de parts que operen en continu i d'altres que operen en discontinu. Per aquest motiu hi ha cabals que només funcionen unes certes hores al dia perquè operen en discontinu i d'altres que són continus i per tant hi circula fluid les 24 hores del dia.

CORRENT	1		2A/B/C		3A/B/C/D		4		5		6A/B/C/D		7	
Temperatura (°C)	25		25		25		25		25		25		25	
Presió (bar)	1,01		1,01		1,01		1,01		1,01		1,01		1,01	
PM (kg/kmol)	128,2		128,2		49,5		49,5		49,5		49,5		98,08	
Cabal vol. (m ³ /h)	5,79		5,79		1,02		1,02		1,02		1,02		4,01	
Fase	Sòlid		Sòlid		Líquid		Líquid		Líquid		Líquid		Líquid	
COMPOST	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica
Naftalè	4947	1	4947	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	1013,25	0,7	1013,25	0,7	1013,25	0,7	1013,25	0,7	0	0
Aigua	0	0	0	0	434,25	0,3	434,25	0,3	434,25	0,3	434,25	0,3	176,44	0,02
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aminonaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8645,56	0,98
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidrogen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	4947	1	4947	1	1447,5	1	1447,5	1	1447,5	1	1447,5	1	8822	1

CORRENT	8A/B		9A/B		10		11		12		13A/B/C		14A/B/C	
Temperatura (°C)	25		25		25		25		25		25		25	
Presió (bar)	1,01		1,01		1,01		200		1,01		1,01		1,01	
PM (kg/kmol)	98,08		98,08		98,08		2		49,5		49,5		49,5	
Cabal vol. (m3/h)	4,204		4,204		4,204		3,59		1,02		0,34		0,34	
Fase	Líquid		Líquid		Líquid		Gas		Líquid		Líquid		Líquid	
COMPOST	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0	1013,25	0,7	337,75	0,7	337,75	0,7
Aigua	84	0,02	84	0	84	0,02	0	0	434,25	0,3	144,75	0,3	144,75	0,3
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aminonaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid sulfúric	9064	0,98	9064	0,98	9064	0,98	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidrogen	0	0	0	0	0	0	57,44	1	0	0	0	0	0	0
TOTAL	9148	1	9148	0,98	9148	1	57,44	1	1447,5	1	482,5	1	482,5	1

CORRENT	15A/B/C		16		17A/B/C		18		19		20		21	
Temperatura (°C)	80		80		80		80		80		80		210	
Presió (bar)	0,1		0,1		1,01		1,01		1,01		1,01		0,1	
PM (kg/kmol)	21,6		21,6		173,2		173,2		173,2		173,2		173,2	
Cabal vol. (m3/h)	22179		22179		16,68		16,68		2,25		2,25		6,51	
Fase	Gas		Gas		Líquid		Líquid		Líquid		Líquid		Líquid	
COMPOST	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	405,4	0,233	405,4	0,233	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigua	1332,9	0,777	1332,9	0,777	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	12770,208	0,957	12770,208	0,957	1722,6	0,957	1722,6	0,957	5051,76	0,97
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	573,792	0,043	573,792	0,043	77,4	0,043	77,4	0,043	156,24	0,03
Isopropanol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aminonaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidrogen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1738,3	1	1738,3	1	13344	1	13344	1	1800	1	1800	1	5208	1

Capítol 1. Especificacions del projecte

CORRENT	22		23		24		25		26		27		28		29	
Temp (°C)	210		210		227,2		227,2		188		188		188		188	
Presió (bar)	0,1		0,1		0,1		0,1		0,1		0,1		0,1		0,1	
PM (kg/kmol)	173,2		173,2		173,2		173,2		173,2		173,2		173,2		173,2	
Cabal (m3/h)	6,51		8,52		11,14		0,19		874		1,98		1,98		1,98	
Fase	Líquid		Gas		Líquid		Líquid		Gas		Líquid		Líquid		Líquid	
COMPOST	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1- Nitronaftalè	5051,76	0,97	33,0576	0,97	4456	0,5	76	0,5	3461,04	0,99	1568,16	0,99	1568,16	0,99	1568,16	0,99
2-Nitronaftalè	156,24	0,03	1,0224	0,03	4456	0,5	76	0,5	34,96	0,01	15,84	0,01	15,84	0,01	15,84	0,01
Isopropanol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aminonaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidrogen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	5208	1	34,08	1	8912	1	152	1	3496	1	1584	1	1584	1	1584	1

CORRENT	30		31		32		33		34		35	
Temperatura (°C)	188		80		80		86,46		180		180	
Presió (bar)	1,01		1,01		1,01		100		100		100	
PM (kg/kmol)	173,2		173,2		72,5		72,5		72,5		61,8	
Cabal vol (m3/h)	1,984		1,984		9,041		9,039		10,73		10,26	
Fase	Líquid		Líquid		Líquid		Líquid		Líquida		Líquida	
COMPOST	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigua	0	0	0	0	526,5595	0,0685	526,5595	0,0685	526,5595	0,0685	874,5234	0,1129
1- Nitronaftalè	1671	1	1671	1	1671,1538	0,2174	1671,1538	0,2174	1671,1538	0,2174	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	0	0	0	0	2982,556	0,388	2982,556	0,388	2982,556	0,388	2982,21	0,385
Aminonaftalè	0	0	0	0	2506,7307	0,3261	2506,7307	0,3261	2506,7307	0,3261	3889,2666	0,5021
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1671	1	1671	1	7687	1	7687	1	7687	1	7746	1

CORRENT	36		37		38		39		40		41	
Temperatura (°C)	180		180		180,1		180,1		180,1		180,1	
Presió (bar)	80		80		60		60		40		40	
PM (kg/kmol)	61,8		61,8		61,8		61,8		61,8		61,8	
Cabal vol (m3/h)	10,3		10,3		10,35		10,35		10,4		10,4	
Fase	Líquida		Líquida		Líquida		Líquida		Líquida		Líquida	
COMPOST	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigua	874,5234	0,1129	874,5234	0,1129	874,5234	0,1129	874,5234	0,1129	874,5234	0,1129	874,5234	0,1129
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	2982,21	0,385	2982,21	0,385	2982,21	0,385	2982,21	0,385	2982,21	0,385	2982,21	0,385
Aminonaftalè	3889,2666	0,5021	3889,2666	0,5021	3889,2666	0,5021	3889,2666	0,5021	3889,2666	0,5021	3889,2666	0,5021
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	7746	1	7746	1	7746	1	7746	1	7746	1	7746	1

CORRENT	42		43		44		45		46		47	
Temperatura (°C)	180,1		180,1		92,78		176,3		107,9		80,43	
Presió (bar)	20		20		1,013		1,013		1,013		1,013	
PM (kg/kmol)	61,8		61,8		61,84		61,84		39,78		39,78	
Cabal vol (m3/h)	10,45		10,45		1351		3779		4243		5,581	
Fase	Líquida		Líquida		Líquid+Gas		Líquid+Gas		Gas		Líquid	
COMPOST	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigua	874,5234	0,1129	874,5234	0,1129	874,5234	0,1129	874,5234	0,1129	1195,4355	0,2215	854,104	0,2215
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	2982,21	0,385	2982,21	0,385	2982,21	0,385	2982,21	0,385	4201,5645	0,7785	3001,896	0,7785
Aminonaftalè	3889,2666	0,5021	3889,2666	0,5021	3889,2666	0,5021	3889,2666	0,5021	0	0	0	0
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	7746	1	7746	1	7746	1	7746	1	5397	1	3856	1

Capítol 1. Especificacions del projecte

CORRENT	48		49		50		51		52		53		54	
Temperatura (°C)	123,3		246,8		246,8		80		80		79,95		79,9	
Presió (bar)	1,013		1,013		1,013		1,013		1,013		1,013		1,013	
PM (kg/kmol)	143,18		143,18		143,18		143,18		143,18		143,18		55	
Cabal vol(m3/h)	4,779		4,18		2,69		2,35		2,35		2609		4,359	
Fase	Líquida		Líquida		Líquida		Líquida		Líquida		Gas		Líquida	
COMPOST	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	502,392	0,121	409,464	0,121
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3649,608	0,879	2974,536	0,879
Aminonaftalè	4847	1	3888,2	1	2506,5	1	2506,5	1	2506,5	1	0	0	0	0
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	4847	1	3888,2	1	2506,5	1	2506,5	1	2506,5	1	4152	1	3384	1

CORRENT	55		56		57		58		59		60		61	
Temperatura (°C)	81,47		81,5		25		81,5		79		79		25	
Presió (bar)	1,013		1,013		1,013		1,013		1,013		1,013		200	
PM (kg/kmol)	18,02		18,02		18,02		18,02		44,5		44,5		2,016	
Cabal (m3/h)	6,889		0,5168		0,3875		0,1293		4,4883		4,4883		3,59	
Fase	Líquida		Líquida		Líquida		Líquida		Líquida		Líquida		Gas	
COMPOST	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigua	498	1	497,97	1	373,54	1	124,43	1	526,35	0,15	526,35	0,15	0	0
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	0	0	0	0	0	0	0	0	2982,65	0,85	2982,65	0,85	0	0
Aminonaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidrogen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	58,36	1
TOTAL	498	1	497,97	1	373,54	1	124,43	1	3509,00	1	3509,00	1	58,36	1

CORRENT	62		63		64		65A	
Temperatura (°C)	-16		100		180		246,8	
Presió (bar)	100		100		100		1,01325	
Pes Molecular (kg/kmol)	2,016		2,016		2		143,19	
Cabal volumètric (m3/h)	6.187		8.982		10.91		1,297	
Fase	Gas		Gas		Gas		Líquida	
COMPOST	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigua	0	0	0	0	0	0	0	0
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	0	0	0	0	0	0	0	0
Aminonaftalè	0	0	0	0	0	0	1381,70	1
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidrogen	58,36	1	58,36	1	58,36	1	0	0
TOTAL	58,36	1	58,36	1	58,36	1	1381,70	1

CORRENT	65B		66		67		68	
Temperatura (°C)	246,8		247,7		247,7		191,88	
Presió (bar)	1,2412		1,01325		13,53		13,27	
Pes Molecular (kg/kmol)	143,19		143,19		143,19		143,19	
Cabal volumètric (m3/h)	1,297		10,51		10,51		10,51	
Fase	Líquida		líquida		líquida		líquida	
COMPOST	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica	Cabal màssic (kg/h)	Fracció màssica
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigua	0	0	0	0	0	0	0	0
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	0	0	0	0	0	0	0	0
Aminonaftalè	1381,70	1	11035,5	1	11035,5	1	11035,5	1
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0
Hidrogen	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL	1381,70	1	11035,5	1	11035,5	1	11035,5	1

CORRENT	69		70		71		72		73		74		75	
Temperatura (°C)	25		25		25,15		192,02		190		190		190	
Presió (bar)	1,01325		1,01325		13,85		13,67		13		1,01325		1,01325	
PM (kg/kmol)	98,079		21,53		21,53		21,53		101,17		101,17		71,82	
Cabal (m3/h)	36,27		40,474		40,474		40,474		49,005		49,005		37,43	
Fase	líquida		líquida		líquida		líquida		sòlida/líquida		sòlida/líquida		Líquida/sòlida	
COMPOST	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigua	36270	1	36354	0,8	36354	0,8	36354	0,8	2955,45	0,0421	2955,45	0,0421	5744,52	0,08446984
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aminonaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	923,58	0,0132	923,58	0,0132	0	0
Àcid sulfúric	0	0	9064	0,2	9064	0,2	9064	0,2	16324,51	0,2325	16324,51	0,2325	31730,28	0,46657538
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0	15707,67	0,2237	15707,67	0,2237	30531,96	0,44895478
Naftol	0	0	0	0	0	0	0	0	34293,56	0,4885	34293,56	0,4885	0	0
TOTAL	782864,8	1	45418	1	45418	1	45418	1	70204,77	1	70204,77	1	68006,76	1

CORRENT	76	77	78	79	80	81	82
---------	----	----	----	----	----	----	----

Capítol 1. Especificacions del projecte

Temperatura (°C)	190		190		190		190		190		190		190	
Presió (bar)	1,01325		1,5456		1,01325		1,01325		1,33301		1,01325		2,51162	
PM (kg/kmol)	65,47		65,47		132,07		144,14		144,14		144,14		144,14	
Cabal (m3/h)	25,33		25,33		12,1		58,07		58,07		1,262		1,262	
Fase	Líquida		Líquida		sòlida		líquida		líquida		líquida		líquida	
COMPOST	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aigua	5744	0,123	5744	0,123	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aminonaftalè	0	0	0	0	0	0	1794	0,0262	1794	0,026	35,78	0,026	35,78	0,026
Àcid sulfúric	3173	0,680	3173	0,680	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	9131	0,196	9131	0,195	2140	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Naftol	0	0	0	0	0	0	6666	0,9737	6666	0,973	1329	0,973	1329	0,974
TOTAL	4660	1	4660	1	2140	1	6846	1	6846	1	1365	1	1365	1

CORRENT	83		84		85A		85B		86		87		88		89	
Temperatura (°C)	279,18		279,18		107		107		25°C		90		300,73		300,73	
Presió (bar)	1,013		1,013		1,013		1,013		-		1,013		1,013		1,013	
PM (kg/kmol)	144,16		144,16		144,16		144,16		28,9		144,16		143,2		143,2	
Cabal (m3/h)	7,03E+02		1,548		1,197		1,197		-		1,197		3,235		0,026	
Fase	vapor		líquida		líquida		líquida		Gas (aire)		sòlida		líquida		líquida	
COMPOST	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció	Cabal (kg/h)	Fracció
Naftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0
Àcid nítric	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0
Aigua	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0
1- Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0
2-Nitronaftalè	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0
Isopropanol	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0
Aminonaftalè	13,7	0,01	13,7	0,01	13,7	0,01	13,7	0,01	-	-	13,65	0,01	24,13	0,99	24,13	0,99
Àcid sulfúric	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0
Sulfat d'amoni	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	0	0
Naftol	1351,4	0,99	1351,4	0,99	1351,4	0,99	1351,4	0,99	-	-	1351,3797	0,99	0,24	0,01	0,24	0,01
TOTAL	1365	1	1365,0	1	1365,0	1	1365,0	1	-	-	1365,03	1	24,37	1	24,37	1

1.10. SERVEIS DE PLANTA:

Per a que tots aquests equips ja presentats puguin dur a terme les seves funcions correctament seran necessaris una sèrie de serveis.

Aquests serveis són els següents:

- Calderes de vapor
- Gas natural
- Aigua de refrigeració
- Nitrogen
- Aigua descalcificada
- Electricitat
- Aire comprimit
- Oli tèrmic

1.10.1 Calderes de Vapor:

Per al procés és necessari vapor d'aigua. Aquest es produeix a les calderes a partir d'una transferència de calor isobàrica amb la qual el fluid originalment en estat líquid s'escalfa i canvia de fase. El vapor s'empra per a escalfar el fluid de procés mitjançant una condensació. Aquest condensat es retorna a les calderes on es torna a escalfar de nou.

Durant el procés es poden produir certes pèrdues d'aquest condensat, de manera que aquestes quantitats s'hauran d'anar repostant.

A la planta hi ha zones on es treballa amb vapor de baixa pressió i amb vapor d'alta pressió. Per a poder distingir aquests dos tipus d'operació s'haurà de contar amb dues calderes, una per a cadascun dels tipus de vapor emprats en el procés.

Pel que fa al consum de vapor d'aigua en el procés, el cabal és el següent:

- Vapor de baixa:

	CONSUM (kg/h)
PLANTA	1412.64

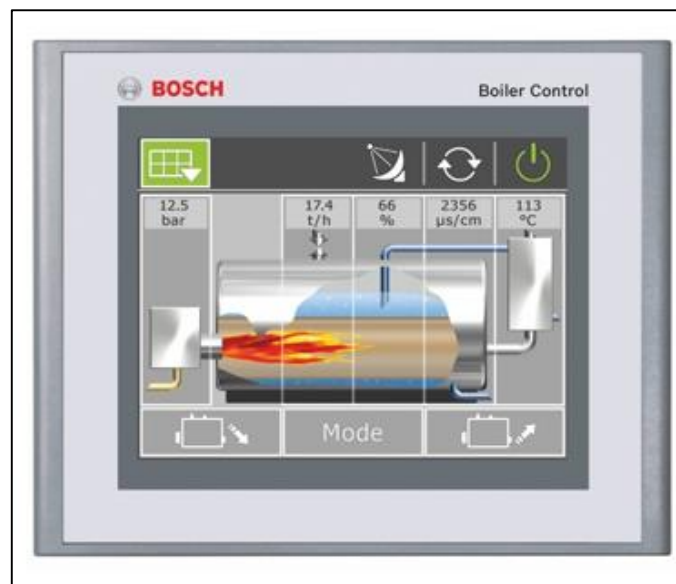
El cabal total de vapor necessari és de 1412 kg/h. Per tant es treballarà amb una caldera que pugui afrontar aquestes necessitats. La caldera s'ha escollit per catàleg, i el model que s'ha considerat més adequat per a aquest cas ha estat el següent:



Aquesta caldera treballa fins a 30 bars, 300°C i pot tractar cabals de fins a 28.000 kg/h, de manera que la seva capacitat és més que suficient per a les necessitats de la planta.

Pel que fa al control de la caldera, aquesta consta d'un control de fàbrica. Aquest sistema de control inclou una pantalla on s'especifiquen totes les dades i paràmetres necessaris per al funcionament òptim de l'aparell. Un sistema d'automatismes controla el rendiment, el nivell, les càrregues, les hores de funcionament...

A continuació s'adjunta una imatge on s'aprecia la lectura de pantalla del control de la caldera.



- Vapor d'alta:

Pel que fa al vapor d'alta, els requeriments del es mostren a la següent taula:

	CONSUM (kg/h)
PLANTA	19709.26

Amb un consum total de 19709 kg/h.



És difícil trobar una caldera que operi a tan altes pressions ja que les calderes d'alta acostumen a treballar al voltant dels 25 bars. S'ha trobat aquest model per catàleg que, a l'igual que el model de baixa pressió, consta d'un sistema de control propi de fàbrica que té especial cura en la pressió.

1.10.2. Gas natural:

El gas natural és una important font d'energia no renovable formada per una mescla de gasos lleugers que s'obtenen en jaciments de petroli. Es pot trobar dissolt o associat amb aquest petroli.

Tot i que la seva composició pot variar molt en funció del jaciment d'on s'ha extret, està compost principalment per metà (90-95%) i acostuma a contenir altres gasos com Nitrogen, Àcid sulfhídric, Heli, Mercaptans...

Alguns d'aquests gasos que formen part del gas natural quan s'extreu es separen de la mescla ja sigui perquè no tenen capacitat energètica o bé perquè podrien dipositar-se a les canonades emprades per a la seva distribució degut al seu alt punt d'ebullició.

El gas natural s'empra com a combustible en la caldera per a generar vapor saturat. Per aquest motiu el propà, butà i altres hidrocarburs més pesats que també es poden obtenir amb el gas natural en la seva extracció s'han de separar ja que la seva presència podria causar accidents durant la combustió del gas.

De la mateixa manera, el vapor d'aigua també s'extreu per tal d'evitar la formació d'hidrats de metà, que es podria produir a temperatures properes a la temperatures ambient i a pressions elevades, ja que aquests podrien obstruir els gasoductes. Igualment passa amb els compostos amb traces de Sofre per evitar les seves propietats corrosives.

A més a més també serà necessari per a l'oli tèrmic, ja que aquest fluid treballa a temperatures elevades.

Pel que fa al seu emmagatzematge, aquest és innecessari ja que es tracta d'un servei que es subministra a la planta per mitjà de canonada des de la xarxa municipal.

El consum total de gas natural que es necessita a la planta tenint en compte les necessitats tant de la caldera de vapor com de l'oli tèrmic es mostren en aquesta taula:

	CONSUM
Kg/h	315.22
m3/any	12457993.65

1.10.3. Aigua de Refrigeració:

L'aigua de refrigeració és un dels serveis més importants de la planta ja que d'aquest en depenen les eficàcies de molts dels equips del procés.

El funcionament d'aquests equips es basa en posar en contacte una massa d'aire sec i fred en contracorrent amb una massa d'aigua escalfada per un procés industrial. Una part de l'aigua s'evapora refredant la resta, dissipant en aquesta evaporació 597 Kcal/L. D'aquesta manera es produeix aigua freda que és retornada al procés per a que absorbeixi més calor i repetir el cicle un altre cop.

L'aigua entra per la part superior de la columna i cau a través d'ella posant-se així en contacte amb l'aire que circula en contracorrent. Per a aquest aire es fan servir uns ventiladors situats a la base de la torre. La columna consta d'una reixa situada a la seva part superior per a evitar que l'aire arrossegui gotes d'aigua.

Els equips que requereixen aquest servei representen un paper fonamental en l'eficiència energètica del procés. La diferència de temperatura de refredament de l'aigua i la temperatura del bulb humit determinarà la mida de la torre, essent aquesta major com menor sigui la diferència de temperatura. El límit ha de ser com a mínim de 3 o 4 °C.

El rendiment d'una torre de refrigeració ve determinat per dos paràmetres principals:

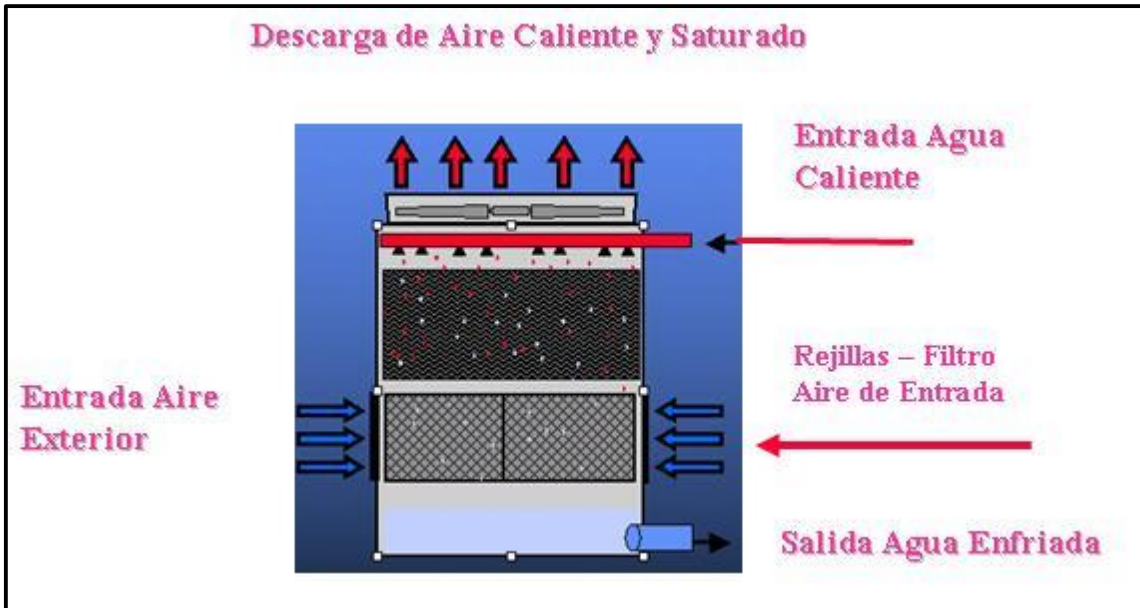
- La superfície d'intercanvi (ve determinada pel tipus d'aspersors emprats per a la dutxa d'aigua)
- La quantitat d'aire

Per a la determinació d'aquests paràmetres es fan servir les equacions bàsiques de transmissió de calor, però només per mitjà de l'experimentació és possible obtenir dades com la determinació de factors o paràmetres necessaris per al correcte dimensionat de les torres.

Com ja s'ha esmentat, el dimensionat de la torre depèn directament de la diferència de temperatures entre la temperatura de sortida de l'aigua i la temperatura humida de l'aire d'entrada. La temperatura de sortida de l'aigua és sempre major a la de l'aire a l'entrada. La igualtat entre aquestes dues temperatures és impossible i reduir aquesta diferència fa que la operació sigui més complicada.

Hi ha una quantitat d'aigua que pot evaporar-se i que s'ha d'anar restituint per mitjà d'addició d'aigua fresca. (Aquesta quantitat és aproximadament d'un 3%).

A continuació es mostra un dibuix on s'aprecia el funcionament d'una torre de refrigeració.

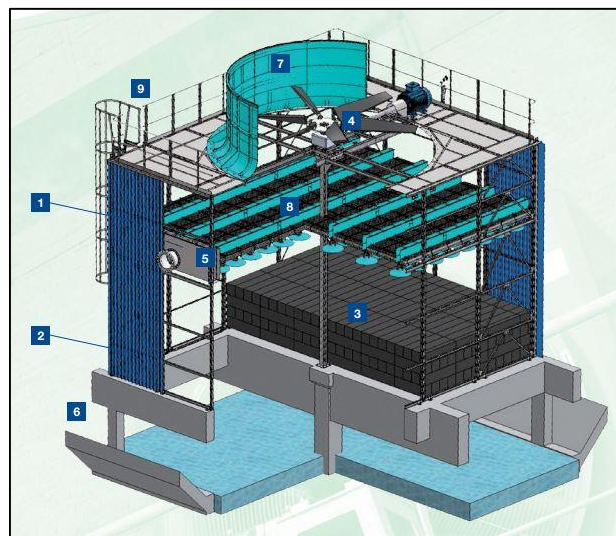


Pel que fa als requeriments de la planta, a continuació es mostra una taula on es presenten els cabals necessaris:

	CONSUM (kg/h)	CONSUM (m3/any)
PLANTA	438054.92	2552335.504

El cabal total d'aigua de refrigeració necessari és de 438055 kg/h que equival a 438 m³/h.

De la mateixa manera que amb les calderes, s'ha buscat per catàleg torres de refrigeració per poder trobar el model que s'ajusti a les necessitats de la planta.



Aquesta torre pertany al catàleg de l'empresa *Torraval* i té un abast de 1700m³/h. Tenint en compte que la planta té un consum aproximadament de 440 m³/h, amb una torre de refrigeració n'hi haurà suficient.

L'estructura de la torre, tal i com s'aprecia a la imatge consta de 9 parts principals que són les següents:

1. L'estructura de la torre, que en aquest model en concret està format per acer galvanitzat en calent o bé per acer inoxidable.
2. El tancament, forma per plaques de polièster i reforçat amb fibra de vidre.
3. El farcit (*relleno*) format per PVC
4. L'equip mecànic que fa referència a motors tancats i ventilats, ventiladors axials en PRFV o alumini...
5. Sistema de distribució d'aigua calenta format per canals oberts de polièster o canonades de materials plàstics. Són resistents a la corrosió i polvoritzen totalment el farcit d'intercanvi de calor.
6. Deflectors a l'entrada d'aire (aquest accessori és opcional). En aquest model està fet de PVC
7. Difusor fet de PRFV
8. Separador de gotes de PVC i alta eficiència
9. Escala i baranes fetes d'acer galvanitzat en calent o acer inoxidable amb alta resistència a la corrosió.

A més a més de les parts en que es divideix l'estructura de la torre és important conèixer les seves especificacions principals.

Pel que fa a la seva descripció general, la torre consta de:

- Estructura i tancament
- Sistema de distribució d'aigua
- Farcit
- Separador de gotes
- Equip mecànic

Un altre aspecte important a tenir en compte sobre les torres de refrigeració és la seva accessibilitat. En aquest cas, a la part superior de la torre hi ha una superfície plana i transitable que inclou una escotilla i una escala per accedir a l'interior de la torre. Per qüestions de seguretat aquestes escales compten amb una barana. Per a tornar a accedir a la plataforma superior, la torre té unes escales que pugen des del terra.

Com s'ha comentat abans, les torres de refrigeració necessiten una entrada d'aire per al seu correcte funcionament. A la part inferior de la torre, on es troba l'aspiració d'aquesta, s'hi poden col·locar de manera opcional uns deflectors. L'objectiu d'aquests es dirigir l'aire a l'entrada i evitar que salpiquin gotes d'aigua a l'exterior.

Per altra banda hi ha el farcit de la torre. N'hi ha una gran varietat a escollir que dependrà de la qualitat de l'aigua i de les altes temperatures entre ells. Els tres tipus que es poden escollir per a aquesta torre són:

- Laminar: que serveix per a aigües netes i industrials. Aquest tipus de farcit està format per bloc de plàstic amb un pas de 12mm fins a 40mm i un alt rendiment.
- Semigoteig: que serveix per a aigües amb un contingut de sòlids en suspensió. Format per cilindres buits col·locats verticalment.
- Goteig: per a aigües amb una alta càrrega de matèria en suspensió. Format per llistons col·locats horitzontalment i suportats per malles verticals d'acer inoxidable deixant passos amples per al pas de l'aigua i de l'aire, el que en dificulta la seva obstrucció.

Finalment, pel que fa a la distribució de l'aigua, la columna consta d'uns canals oberts de PRFV o canonades de material plàstic . Tots dos mètodes funcionen per plats dispersors per gravetat.

1.10.4. Nitrogen:

El nitrogen és necessari com a servei per al reactor R-201, R-202 i R-203. Aquest és el reactor de l'àrea de nitració (Àrea 200).

Per temes de seguretat és imprescindible la presència d'una atmosfera inerta. Durant la càrrega, reacció i descàrrega (es trenca el buit) es pretén emprar Nitrogen per tal d'eliminar el risc de la creació de possibles zones inflamables i/o el risc d'explosió. Durant aquest període de temps el que succeeix és que el nitrogen substitueix l'aire.

Això presenta unes certes avantatges que són les següents:

- La seva densitat és molt baixa i això li permet un desplaçament sense dificultats
- El nitrogen no és combustible ni manté la combustió
- És molt estable de manera que s'assoleix una atmosfera inerta
- Pot alliberar-se a l'atmosfera sense problemes mediambientals

A continuació es mostra el cabal de nitrogen necessari a la planta.

	CONSUM (kg/h)
PLANTA	57.83

1.10.5. Aigua descalcificada:

A l'àrea de serveis es disposarà d'un descalcificador d'aigua que proveirà la planta d'aigua sense calç. Els objectius d'aquest servei són els següents:

- Proveir la planta de l'aigua necessària per a la posada en marxa del procés
- Repostar les pèrdues d'aigua que es puguin produir a cadascun dels equips on s'utilitza vapor i descalcificar l'aigua de xarxa que entra al procés.

Aquest equip és necessari ja que s'ha de garantir que l'aigua que circula pel procés es trobi lliure de ions. Si no es du a terme una descalcificació de l'aigua, els ions que s'hi troben dissolts precipiten formant incrustacions que perjudiquen el funcionament i podrien arribar a fer malbé els diferents equips de la planta.

També és important tenir en compte que l'aigua descalcificada no forma incrustacions però sí que té tendències corrosives de manera que seria interessant complementar el procés de descalcificació de l'aigua amb un tractament de la corrosió.

Per a fer aquest tractament s'addicionen substàncies que inhibeixen la corrosió.

A continuació es mostra quin és el consum de la planta:

	CONSUM (m3/h)
PLANTA	56.43

De la mateixa manera que amb els altres equips d'aquesta àrea s'ha buscat un descalcificador per catàleg que s'ajusti a les necessitats del procés. S'ha escollit el següent descalcificador:



Aquest descalcificador és de l'empresa *Salvador Escoda S.A.* i té una capacitat màxima de 16 m³/h. De manera que es necessitaran 4 descalcificadors.

1.10.6. Electricitat:

Totes les empreses requereixen de subministra d'electricitat ja sigui pels equips, enllumenat, portes elèctriques...

Pel que fa a la planta que es presenta en qüestió hi ha un elevat nombre d'equips i aparells i per això s'estima que el consum d'electricitat serà elevat. És per això que l'empresa que s'encarregui de subministrar aquest servei a *Chemical Grais* ho haurà de fer amb electricitat d'alta tensió. De manera que la planta disposarà d'una estació transformadora interna que s'encarregarà de convertir l'electricitat a baixa tensió i 380V, que és la tensió que requereixen la major part dels equips que formen la planta.

Pel que fa a la instal·lació elèctrica cal destacar que les línies seran trifàsiques i els cables de coure estaran recoberts de PVC a mode d'aïllant. En cas de que el cablejat estigui passant per una zona o àrea classificada com a zones d'incendi o explosió, el cablejat estarà proveït d'una protecció especial.

Pel que fa al consum d'electricitat s'ha tingut en compte la potència que consumeixen les bombes del procés i els agitadors.

A la taula que es mostra a continuació es recull el consum total de la planta:

	CONSUM (kW)
PLANTA	400.72

1.10.7. Aire comprimit:

L'aire comprimit és un servei que s'utilitza per a l'abastiment de les vàlvules de control amb accionament pneumàtic. La pressió a la que es necessita l'aire comprimit per a poder completar la carrera de la vàlvula és entre 0.2-1 bars.

1.10.8. Oli tèrmic:

L'oli tèrmic és necessari per abastar els equips que necessiten escalfar per sobre de les possibilitats del vapor de les calderes. Aquest servei no es distribuirà des de l'àrea de serveis sinó que cada àrea tindrà el seu propi oli tèrmic amb gas natural per escalfar-lo mitjançant la combustió d'aquets gas fins a la temperatura requerida. Això es fa així perquè cada àrea necessita una temperatura de servei de l'oli tèrmic diferent.

Per a aquest servei es farà servir *Therminol 66*, un oli tèrmic que permet escalfar fins a 340°C. Mentre que el vapor només ho feia fins a 140 °C.

El consum total d'oli de la planta és de:

	CONSUM (kg/h)	CONSUM (kg/any)
PLANTA	81954.35	590071372.4

Com les tres zones consumeixen oli tèrmic a la mateixa temperatura, l'oli tèrmic de la planta s'escalfarà tot junt amb gas natural.