



Plantade producció d'àcid nítric concentrat

Treball Final de Grau d'Enginyeria Química

ID 1702:

Maria Rosa Díaz

Núria Martín

Marc Solé

Tutor: Josep Basco Montia

Data entrega: 09 de setembre 2017

El Dr. Josep Basco

Tutor del TFGEQ 1702

De títol: Disseny d'una planta de producció d'àcid nítric concentrat

Elaborat pel Srs./ Sres. Maria Rosa Diaz Marco/Nuria Martin Cebrian/Marc Solé

AUTORITZA* la presentació i defensa de l'esmentat TFGEQ

Signat: 

A Tarragona, el 31/8/2017

(*) En cas de NO AUTORITZAR la presentació i defensa de l'esmentat TFGEQ, cal indicar:

MOTIUS

MANCANCES OBSERVADES I MESURES CORRECTORES

Signat: _____

A Tarragona, el _____

INDEX

1. INTRODUCCIÓ.....	4
2. ETAPA PRELIMINAR	5
3. BASES DE DISSENY	10
3.1.2.1. REFRIGERACIÓ	10
3.1.2.2. BRUTA	10
3.1.2.3. DESMINERALITZADA	10
3.1.3.1. INSTRUMENTACIÓ	10
4. ENGINYERIA BASICA	14
5. DISSENY D'EQUIPS	41
5.6.1.1. PROCEDIMENT	62
5.6.1.2. DISSENY DEL BESCANVIADOR RECOMANAT.....	62
5.6.1.3. SIMULACIÓ AMB ASPEN	62
5.7.1.1. SIMULACIÓ AMB ASPEN	64
5.8.1.1. PROCEDIMENT	64
5.8.1.2. DISSENY DEL BESCANVIADOR RECOMANAT.....	64
5.8.1.3. SIMULACIÓ AMB ASPEN	64
5.11.1.1. DISSENY FUNCIONAL I GEOMETRIC.....	87
5.11.1.2. DISSENY MECANIC.....	88
5.11.3.1. DISSENY MECANIC.....	94
5.11.3.1.1. DISSENY PER PRESSIÓ INTERNA.....	94
5.11.4.1. DISSENY FUNCIONAL	97
5.11.4.2. DISSENY MECANIC.....	97
5.12.3.1. RESULTATS.....	104
5.12.3.2. CALCUL DEL GRUIX.....	104
6. MANUAL MEDIAMBIENTAL	122
7. MANUAL DE SEGURETAT	125
8. MANUAL DE MANTENIMENT.....	129
9. MANUAL D'OPERACIÓ.....	136
10. ESTUDI ECONÒMIC	137
11. BIBLIOGRAFIA	141
B.1. P-104.....	144
B.2. P-101.....	146
B.3. P-105.....	148

F.1. T-101 TANC D'AIGUA ACIDA.....	163
F.2. T-252 TANC D'ACID NÍTRIC CONCENTRAT	163
F.3. TANC T-151	164
G.1. ANALISI D'IMPACTE AMBIENTAL (AIA).....	166
G.1.1.1. FASE DE CONSTRUCCIÓ.....	166
G.1.1.2. FASE D'EXPLOTACIÓ.....	166
G.1.1.3. DETECCIÓ O IDENTIFICACIÓ D'IMPACTES	167
G.1.1.4. IMPACTES DE TIPUS I, DE VARIACIÓ DE QUALITAT AMBIENTAL	167
G.1.1.5. IMPACTES TIPUS II, DE RELACIÓ CAUSA - EFECTE.....	167
G.1.1.6. IMPACTES TIPUS III, D'INTERRELACIONS D'ACCIONS I EFECTES.....	168
G.1.1.7. IMPACTES TIPUS IV, MOMENT DE MANIFESTACIÓ.....	168
G.1.1.8. IMPACTES TIPUS V, DE PERSISTENCIA.....	168
G.1.1.9. IMPACTES TIPUS VI, DE REVERSIBILITAT	169
G.1.1.10. IMPACTE TIPUS VII, DE RECUPERABILITAT	169
G.1.1.11. IMPACTE TIPUS VIII, DE PERIODICITAT	169
G.1.1.12. TAULA RESUM D'IMPACTES	170
G.1.2.1. METODE QUALITATIU	173
G.1.2.2. METODE QUANTITATIU	173
G.1.3.1. MESURES CORRECTIVES EN LA FASE DE CONSTRUCCIÓ	179
G.1.3.1.1. EMISSIONS ATMOSFERIQUES	179
G.1.3.1.2. EMISSIONS DE SOROLL.....	179
G.1.3.1.3. SÒL	179
G.1.3.1.4. HIDROLOGIA.....	179
G.1.3.1.5. VEGETACIÓ, USOS DE SÒL I PAISATGE	180
G.1.3.1.6. MESURES CORRECTIVES EN LA FASE D'EXPLOTACIÓ	180
G.1.3.1.7. EMISSIONS ATMOSFERIQUES I PRESENCIA DE SUBSTANCIES PERILLOSES.....	180
G.1.3.1.8. SOROLL.....	180
G.1.3.1.9. EFLUENTS DE LÍQUIDS I VESSAMENTS ACCIDENTALS.....	181
G.2. ANALISI DEL CICLE DE VIDA (ACV)	181
G.2.9.1. METODOLOGIA EMPRADA	183
G.2.9.2. CATEGORIES D'IMPACTE	183
G.2.9.3. GLOBAL WARMING POTENTIAL.....	183
G.2.9.4. ACIDIFICACIÓ	183
G.2.9.5. EUTROFITZACIÓ	184
G.2.9.6. REDUCCIÓ CAPA D'OZÓ	184

G.2.9.7. ABIOTIC DEPLETION ELEMENTS	184
G.2.9.8. ECOTOXICITAT AQUÀTICA, MARINA I TERRESTRE I TOXICITAT HUMANA EN L'AIRE.....	184
G.2.9.9. POTENCIAL DE CREACIÓ D'OZÓ FOTOQUÍMIC	184
G.2.11.1.1. POTENCIAL D'ACIDIFICACIÓ	186
G.2.11.1.2. EUTROFITZACIÓ.....	187
G.2.11.1.3. REDUCCIÓ DE LA CAPA D'OZÓ.....	187
G.2.11.1.4. ABIOTIC DEPLETION ELEMENTS	187
G.2.11.1.5. TOXICITATS	188
I.1. CONSTANTS DE <i>BARE</i> MÒDUL.....	244
I.2. CONSTANTS DELS COSTOS DELS EQUIPS	244
I.3. CONSTANTS PEL CALCUL DEL FACTOR DE PRESSIÓ	245
I.4. CONSTANTS PEL CALCUL DEL FACTOR MATERIAL	245

1.INTRODUCCIÓ

Títol	Disseny planta de producció d'àcid nítric concentrat 98.5%
--------------	--

Autors

Marc Solé

Blau

Maria Rosa Diaz

Vermell

Núria Martín

Verd

Identificador	TFG_1702
----------------------	----------

Tarragona	31/08/2017
------------------	-------------------

2. ETAPA PRELIMINAR

2.1. Abast del projecte

L'abast d'aquest projecte consisteix en el disseny (enginyeria bàsica i parcialment en detall) així com l'avaluació econòmica, d'una nova planta de 250 t/dia d'àcid nítric concentrat (98.5% en pes).

La planta de producció d'àcid nítric actual situada al Polígon Sud de Tarragona té una capacitat de 120 t/dia i no produeix la quantitat necessària per poder satisfer la demanda del client principal, el Ministeri de Defensa Espanyol. És per aquest motiu que es proposa la construcció d'una nova planta per tal d'aconseguir assolir la base anual de producció desitjada. Aquesta nova planta utilitzarà la tecnologia Espidensa per tal de produir l'àcid nítric necessari per poder assolir les quantitats de producció desitjades.

La construcció d'aquesta nova planta es durà a terme al Polígon Industrial Sud de Tarragona, just al costat de l'actual planta Nitricomax. Aquesta localització s'ha considerat estratègica per la bona logística i per la proximitat d'empreses del sector que puguin proporcionar serveis i, en cas que fos necessari, matèries primeres pel procés.

La implementació d'un nou procés Espidensa té com a objectiu principal suplementar l'actual procés Sabar (*Strong Acid By Azeotropic Rectification*). Els reactius principals són l'amoníac i l'aire atmosfèric, on l'amoníac serà subministrat via transport marítim. Es preveu que la nova planta es posi en marxa al cap de dos anys de l'inici de l'enginyeria bàsica i de detall.

La inversió necessària inicial serà de 9.8 Milions €. S'obté un Valor Actual Net (VAN) de 43.2 Milions € i una Taxa Interna Rendibilitat (TIR) de 39.5%, dades que aconsellen a portar a terme la inversió per tal de la construcció de la nova planta.

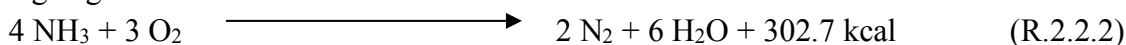
2.2. Descripció del procés

L'objectiu principal del procés no és altre que produir àcid nítric (HNO₃) concentrat al 98.5% utilitzant la tecnologia Espidensa.

L'amoníac, matèria primera del procés, és bombejat des del tanc d'emmagatzemat T-151 i vaporitzat per bescanvi de calor en el serpentí de la columna d'absorció d'àcid dèbil C-203. L'amoníac ja en estat gas és mesclat amb aire fresc filtrat provinent d'un bufador, K-101. La mescla es filtra novament en el S-103 i és preescalfada en el bescanviador E-101. Tot seguit, passa a través d'unes malles on es troba el catalitzador del reactor S-104 a pressió atmosfèrica. En aquest punt, l'amoníac i l'oxigen reaccionen per produir òxid de nitrogen (NO) seguint la següent reacció exotèrmica:



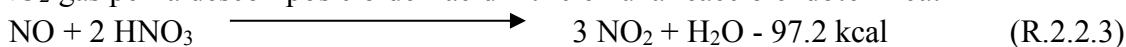
La reacció (R.2.2.1) és molt ràpida i es completa tan bon punt la mescla passa per les capes del catalitzador de platí-rodí. No obstant això, aproximadament un 3.5% de l'amoníac es perd a causa d'altres reaccions paral·leles no desitjades. D'aquestes, se'n destaca la que produeix nitrogen gas:



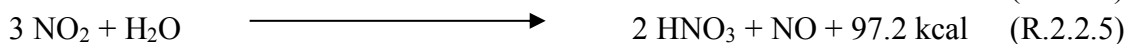
Els productes de reacció a alta temperatura (850°C aproximadament) es condensen en una sèrie de tres bescanviadors de calor (tren de bescanviadors E-102, E-103 i E-104). En la sortida

de l'últim bescanviador els productes de reacció es troben a una temperatura aproximada de 49°C. L'aigua condensada conté petites traces d'HNO₃ i NO₂, aquesta mescla de gasos i aigua líquida és separada en un dipòsit V-201 i posteriorment el cabal líquid flueix cap a un blanquejador C-102. En aquesta columna d'absorció, el NO₂ és eliminat de l'aigua mitjançant una entrada secundària d'aire. L'aigua àcida surt per fons de la columna C-102 cap a emmagatzematge T-101. Una part d'aquesta aigua es reutilitza posteriorment en el procés i la resta s'envia a tractament d'aigües.

El gasos separats en V-102 s'escalfen fins aproximadament 160°C mitjançant el bescanviador E-105 abans de ser alimentats a la torre d'oxidació C-101. L'àcid nítric dèbil (58%) entra per la part superior de la torre d'oxidació i descendeix per la torre a contracorrent amb els gasos alimentats per fons de columna. El NO en fase gas és oxidat a pressió atmosfèrica a NO₂ gas per la descomposició de l'àcid nítric en una reacció endotèrmica:



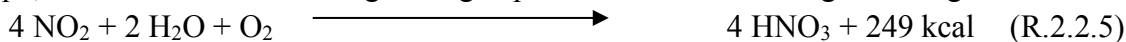
Per fons de columna surt una solució d'àcid nítric al 25% degut a la dilució de l'àcid nítric no reaccionat en la quantitat d'aigua que es forma en la reacció (R.2.2.3). Aquesta solució d'àcid diluït s'alimenta a la columna d'absorció subazeotròpica C-203 i retorna a la torre d'oxidació com a àcid dèbil al 58%, també existeix la possibilitat d'emmagatzemar-lo al tanc T-251. L'esmentat absorbidor subazeotròpic, que opera a 11.5 barg, s'encarrega essencialment de fer reaccionar els òxids nitrosos NO i NO₂ provinents de la columna d'absorció superazeotròpica C-201 per produir àcid nítric dèbil. Aquestes reaccions exotèrmiques són:



Per altra banda, l'aigua àcida és alimentada a cap de columna per tal d'eliminar la quantitat encara existent de NO en el gas de sortida per cap de columna. Aquests gasos es cremen en la xemeneia S-105 i per motius de legislació tan sol hi pot haver una concentració de NO de 150ppm.

Els gasos que surten per cap de la columna d'oxidació C-101, amb una rati NO₂/NO de 1.6, són comprimits fins a 12 barg en un compressor de dues etapes K-102 A/B i s'alimenten al fons de la columna superazeotròpica C-201.

Aquest gas d'alta pressió és refredat i alimentat en el fons de l'absorbidor superazeotròpic. Aquí, l'NO₂ reacciona amb oxígen i aigua per formar àcid nítric segons la següent reacció:



La solució d'àcid nítric concentrada al 80%, està per damunt de l'azeòtrop (68,8% HNO₃), surt per fons de columna i és alimentat a la columna de destil·lació C-205 on encara es concentra més.

Per cap de columna surten els gasos que participen en la reacció com el nitrogen i l'òxid nítric i també els gasos que no reaccionen en la seva totalitat com l'oxígen i petites traces de diòxid de nitrogen. Com s'ha esmentat anteriorment, aquest corrent s'alimenta al fons de la columna subazeotròpica C-203 per tal de fer reaccionar els gasos de nou i formar àcid nítric dèbil.

El cabal que surt per fons de columna té una concentració del 80% en àcid nítric però, encara conté traces d'NO₂ dissolt. Per aquest motiu s'utilitza un altre blanquejador, C-204, que té el

mateix principi de funcionament que l'esmentat anteriorment C-102. Així doncs, mitjançant una entrada secundària d'aire, s'absorbeix el diòxid de nitrogen que conjuntament amb l'aire surt per cap de columna deixant l'àcid nítric del 80% gairebé pur. Aquest corrent de fons de columna de la C-204 s'alimenta a la columna de destil·lació C-205 on es concentra l'àcid nítric que surt per cap de columna ja que el seu punt d'ebullició és inferior al de l'aigua, i per fons de columna surt un àcid al 70% que s'encarrega d'aportar l'aigua necessària per la reacció en la columna C-201 i d'aquesta manera es torna a concentrar fins al 80%.

La columna C-205 treballa al buit, el qual es forma mitjançant una bomba d'anell líquid, K-202, que extreu els gasos del condensador de destil·lat.

El producte, àcid nítric concentrat a un 98.5% en pes, s'emmagatzema en el tanca T-252.

2.3. Estudi d'alternatives

En la indústria es segueixen dues grans famílies de processos per arribar a un mateix objectiu: la producció d'àcid nítric concentrat. Per tal d'analitzar les diferents vies d'obtenció d'àcid nítric es porta a terme un estudi on es descriuen els diferents mètodes.

Les diverses alternatives d'aquest estudi es divideixen en dos tipus de processos: directes o indirectes, essent aquests últims els que necessiten la presència d'àcid nítric dèbil com un producte intermedi.

Processos indirectes: Consisteixen en una combinació d'un procés convencional d'obtenció d'àcid nítric (55-60% HNO_3) més una destil·lació d'aquest àcid mesclat amb un agent extractiu, el qual modifica la posició de l'azeòtrop, essent aquest l'últim pas del procés de recuperació i purificació de l'agent extractiu que es reintegra novament en el procés.

- Procés d'obtenció d'àcid nítric dèbil a mitja pressió més una etapa de concentració amb àcid sulfúric.

L'àcid nítric dèbil produït (60%) s'envia a una torre de preconcentració on es concentra fins al 67% per evaporació simple, per així poder disminuir la quantitat d'àcid sulfúric que s'introdueix en el sistema.

L'àcid del 67% es refreda amb l'àcid del 60% d'alimentació i s'introdueix a la torre de concentració on mitjançant una combinació d'escalfament directe, vapor viu i aire, s'evapora l'àcid nítric pur que passa a la part superior de la columna, on es posa en contacte amb l'àcid sulfúric que s'injecta per la part alta de la torre.

L'àcid sulfúric concentrat que s'utilitza com alimentació en la primera torre descendeix al llarg de la mateixa i es va diluint fins arribar a una concentració del 69%.

- Procés d'alta pressió més concentració amb nitrat de magnesi.

L'àcid nítric obtingut en la torre d'absorció es blanqueja amb aire secundari que es reintegra al procés i s'alimenta a la torre de destil·lació, on es mesclen amb una solució concentrada de nitrat de magnesi.

L'àcid nítric es vaporitza i abandona la torre per cap, condensant posteriorment i tornant parcialment a la torre com a reflux. De la part inferior de la torre s'obté una solució diluïda de deshidratant que s'escalfa i concentra al buit, reincorporant-se al procés.

Processos directes: En aquest tipus de processos, l'àcid nítric concentrat s'obté directament de l'amoniac i l'aire sense necessita cap agent de deshidratació extern.

A continuació, es descriuen dos processos típics:

- El procés més antic, on es condensa el $\text{NO}_2\text{-N}_2\text{O}_4$ i es sintetitza.

Els gasos provinents de la torre d'oxidació es condueixen a una torre d'absorció a contracorrent amb àcid, altament concentrat, a molt baixa temperatura produint que el diòxid de nitrogen condensi i sigui arrossegat per l'àcid, el qual, després d'una posterior destil·lació, es desdobra en diòxid de nitrogen i àcid.

Finalment, el tetraòxid es mescla amb el volum necessari d'aigua (en forma d'àcid nítric condensat acumulat durant el procés) i oxigen i a alta pressió en autoclau o reactors especials i es converteix en àcid nítric.

L'àcid obtingut es destil·la per eliminar els gasos nitrosos afegits en excés i l'àcid s'emmagatzema en gran part i la resta es recicla.

- Procés de destil·lació de l'àcid superazeotrópic: els gasos provinents de la torre d'oxidació es comprimeixen i s'absorbeixen en una solució aquosa d'àcid nítric azeotrópic procedent de la destil·lació, obtenint-se un àcid amb una concentració superior al 74% àcid que es destil·la per obtenir l'àcid concentrat (99.5%) i l'azeotrópic (68%) que es torna a absorció. Els gasos que surten de la torre d'absorció superazeotrópic a amb un alt contingut en òxids de nitrogen, s'absorbeixen en aigua i àcid procedent de la torre d'oxidació en una altra torre de plats perforats, obtenint un àcid de concentració normal (60%). Part d'aquest àcid s'envia a la torre d'oxidació i la resta s'extreu del procés com a àcid nítric normal.

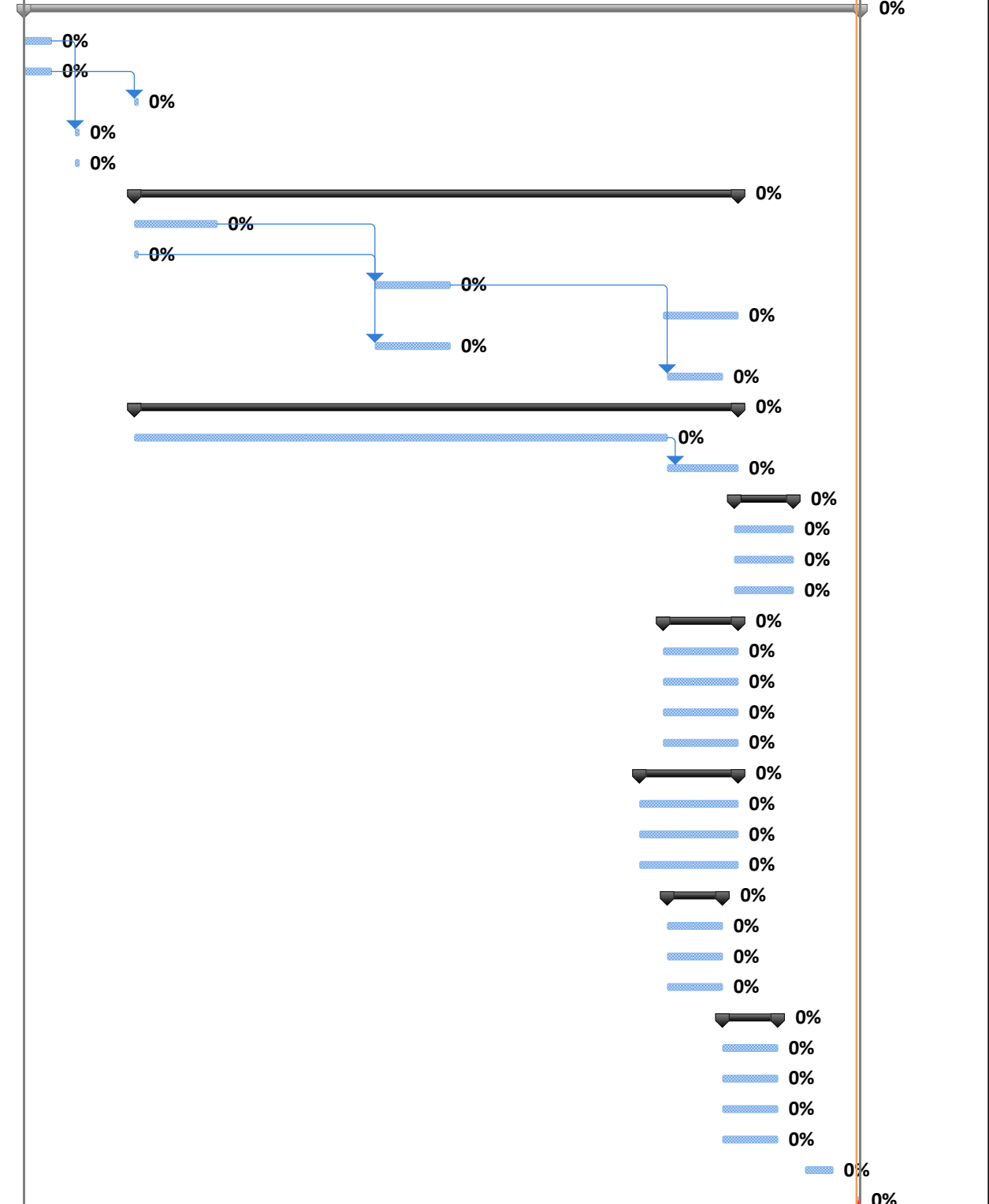
Analitzant les esmentades alternatives s'ha decidit optar per l'últim procés descrit, el de destil·lació de l'àcid superazeotrópic. Aquesta decisió es fonamenta tenint en compte que aquesta alternativa té absència d'àcid sulfúric en tot el procés. Si bé és cert que es treballa en pressions prou elevades en aquest procés, és preferible a l'ús d'intermedis tant corrosius com són l'àcid sulfúric per exemple.

2.4. Planificació del projecte

Seguidament es mostra la planificació que s'ha seguit per el desenvolupament del projecte.

Gantt TFG.mpp

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Responsable	1 23 ene '1 13 feb '1 06 mar '1 27 mar '1 17 abr '1 08 may '1 29 may '1 19 jun '1 10 jul '17 31 jul '17 21 ago '1 11 sep '1																											
								V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J
0		Gantt TFG	152 días	01/02/17 9:00	31/08/17 19:0			0%																											
1		Estudi d'alternatives	5 días	01/02/17 9:00	07/02/17 19:0			0%																											
2		Abast del projecte	5 días	01/02/17 9:00	07/02/17 19:0			0%																											
3		Bases de desenvolupament del projecte	1 día	01/03/17 9:00	01/03/17 19:02			0%																											
4		Bases de disseny	1 día	14/02/17 9:00	14/02/17 19:01			0%																											
5		Dades bàsiques d'enginyeria	1 día	14/02/17 9:00	14/02/17 19:0			0%																											
6		Enginyeria bàsica	109 días	01/03/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
7		Balanç de matèria i energia	15 días	01/03/17 9:00	21/03/17 19:0			0%																											
8		PFD	1 día	01/03/17 9:00	01/03/17 19:0			0%																											
9		P&ID	15 días	01/05/17 9:00	19/05/17 19:08			0%																											
10		Plot plan	13 días	13/07/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
11		Disseny de canonades	15 días	01/05/17 9:00	19/05/17 19:07			0%																											
12		Disseny instrumentació i control	10 días	14/07/17 9:00	27/07/17 19:09			0%																											
13		Disseny d'equips	109 días	01/03/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
14		Càlculs	97 días	01/03/17 9:00	13/07/17 19:0			0%																											
15		Fulls d'especificació	12 días	14/07/17 9:00	31/07/17 19:014			0%																											
16		Manual Mediambient	11 días	31/07/17 9:00	14/08/17 19:0			0%																											
17		Tractament de gasos	11 días	31/07/17 9:00	14/08/17 19:0			0%																											
18		Tractament de líquids	11 días	31/07/17 9:00	14/08/17 19:0			0%																											
19		Tractament de sòlids	11 días	31/07/17 9:00	14/08/17 19:0			0%																											
20		Manual Seguretat	13 días	13/07/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
21		Seguretat de processos	13 días	13/07/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
22		Índex DOW	13 días	13/07/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
23		Zones ATEX	13 días	13/07/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
24		Seguretat ocupacional	13 días	13/07/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
25		Manual Manteniment	17 días	07/07/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
26		Correctiu, preventiu i predictiu	17 días	07/07/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
27		Basat en la fiabilitat	17 días	07/07/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
28		Risk Based Inspeccion	17 días	07/07/17 9:00	31/07/17 19:0			0%																											
29		Manual d'operació	10 días	14/07/17 9:00	27/07/17 19:0			0%																											
30		Posada en marxa	10 días	14/07/17 9:00	27/07/17 19:0			0%																											
31		Parada	10 días	14/07/17 9:00	27/07/17 19:0			0%																											
32		Situacions d'emergència	10 días	14/07/17 9:00	27/07/17 19:0			0%																											
33		Estudi econòmic	10 días	28/07/17 9:00	10/08/17 19:0			0%																											
34		Compte de resultats i pressupost	10 días	28/07/17 9:00	10/08/17 19:0			0%																											
35		Avaluació global de la inversió	10 días	28/07/17 9:00	10/08/17 19:0			0%																											
36		POT, VAN i TIR	10 días	28/07/17 9:00	10/08/17 19:0			0%																											
37		Anàlisi de sensibilitat	10 días	28/07/17 9:00	10/08/17 19:0			0%																											
38		Revisió	5 días	18/08/17 9:00	24/08/17 19:0			0%																											
39		Entrega de l'informe final	1 día	31/08/17 9:00	31/08/17 19:0			0%																											



Tareas críticas		Progreso de tarea		Línea base		Resumen		Tarea inactiva	
División crítica		Tarea manual		División de la línea base		Resumen manual		Hito inactivo	
Progreso de tarea crítica		Sólo el comienzo		Hito de línea base		Resumen del proyecto		Resumen inactivo	
Tarea		Sólo fin		Hito		Tareas externas		Fecha límite	
División		Sólo duración		Progreso del resumen		Hito externo			

3.BASES DE DISSENY

3.1.Especificació *utilities*

3.1.1.Vapor

Taula 3.3.1.1 Condicions de pressió i temperatura per els vapors d'alta i baixa pressió

	Pressió norm. (barg)	Pressió disseny (barg)	Temperatura norm.	Temperatura disseny (°C)
Alta pressió	35	40	265	305
Baixa pressió	5.5	8	170	250

3.1.2.Aigua

3.1.2.1.Refrigeració

- Pressió subministrada: 5 barg
- Pressió de disseny: 8 barg
- Temperatura subministrada: 27°C
- Temperatura de retorno: 37°C
- pH: 8-8.5
- Duresa CO₃Ca 25meq/l
- Clorurs: 350 mg/l (màxim)
- Factor d'embrutiment per bescanviadors: 0.0004 m²K/W

3.1.2.2.Bruta

- Pressió subministrada: 8 barg
- Temperatura de funcionament: 20°C
- pH: 7-8
- Duresa total CO₃Ca: 500 meq
- Ca: 120 mg/l
- Nitrats: < 20 mg/l
- Sulfats (com per exemple SO₄: 200 mg/l
- Conductivitat: 1500 µs/cm (màxim)

3.1.2.3.Desmineralitzada

- Pressió de funcionament: 11 barg
- Pressió de disseny: 13 barg
- Temperatura de funcionament: 20°C
- pH: 6.5-7.2
- Silici (com per exemple SiO₂): 0.03
- Àcid carbònic (com per exemple CO₂): 1
- Conductivitat: 0.3µ/cm (màxim)

3.1.3.Aire

3.1.3.1.Instrumentació

- Pressió de funcionament: 7 barg

- Temperatura de funcionament: 20°C
- Punt de rosada: -40°C
- *Holdup* en emergència: 15 min

3.1.4. Nitrogen

- Pressió de funcionament: 7 barg
- Pressió de disseny: 15 barg
- Temperatura de subministrament: 20°C
- Temperatura de disseny: 50°C

3.1.5. Electricitat

- Voltatges: 6000 V, 690V, 380V
- Fases: 3
- Freqüència: 50 Hz
- Subministrament: xarxa de 25 Kv

Taula 3.3.5.1 Dades elèctriques de la planta

Servei	Potència	Voltatge	Fases
	45 kW	400V	3
Mostres	>45 kW; >400kW	690V	3
	4000 kW	6kV	3
Il·luminació	-	230V	1
DCS, instrumentació	-	24V DC	1
	-	230V AC	1

- Transformadors: de tipus sec

3.2. Dades Climatològiques

Taula 3.4.1 Dades climatològiques

	Valor mínim, °C	Valor màxim, °C
Bases de disseny per al procés	-12	35
Bases de disseny per a l'aire condicionat interior	23°C ±3°C	23°C ±3°C
Humitat relativa	75%	75%
Bases de disseny per <i>air-coolers</i>	-	32°C
Bases de disseny per a torres de refrigeració	-	24°C (bulb humit) 23°C (bulb sec)

3.3.Vent

- Estiu: direcció sud-est i sud-oest
- Hivern: direcció oest - sud-oest

3.4.Sismicitat

Zona amb nul·la freqüència de terratrèmols

3.5.Sòl

- Duresa: 1.5 a 2 kg/cm²
- Línia congelació: 0.8m

3.6.Efluents líquids

Taula 3.8.1 Efluents líquids

Efluent	Límits	Conduir a
Aigua de pluja		Xarxa de recollida de pluja
Aigua no contaminada	Veure taula 1	Sense xarxa
Aigua contaminada		Xarxa equivalent a un tractament

3.7.Aïllaments

- Protecció del personal: $\geq 60^{\circ}\text{C}$
- Equips i *piping*: $< 11^{\circ}\text{C}$ aïllament per a fred

3.8.Protecció del foc

Veure la reglamentació espanyola RD2267/2004 i RD513/2017

3.9.Pressió de disseny

Taula 3.11.1 Pressions de disseny

Màxima pressió d'operació en continu	Disseny
Buit fins atmosfèrica	Buit/ 1.75 barg
Atmosfèrica fins 10 barg	Màxima pressió d'operació + 1 barg
10 barg fins 40 barg	Màxima pressió d'operació + 10%
40 barg fins 70 barg	Màxima pressió d'operació +10%

3.10.Temperatura de disseny

- Temperatura màxima continua d'operació +20°C

3.11.Coefficient de corrosió

- Per acers ferrítics es permet 1 mm (C₂)
- Per acers austenítics y no ferrics: C₂=0

3.12. Bescanviadors

- Longitud preferida: 6 m.

Taula 3.14.1 Dades bescanviadors

Tubs d'acer al carboni	OD: 25mm (1")	Espessor: 2 m	14 BWG
Tubs d'acer inoxidable	OD: 25 mm (1")	Espessor: 2 m	16 BWG

3.13. Coeficient d'embrutiment per als intercanviadors

Taula 3.15.1 Coeficients d'embrutiments per als bescanviadors

Fluid	Coeficient (m ² K/W)
Aigua de refrigeració	4.0E ⁻⁴
Gas de recicla	4.0E ⁻⁴ (amb arrastrament de pols)
Gas de recicla	2.0E ⁻⁴ (amb arrastrament de pols)
Vapor d'aigua	2.0E ⁻⁴

3.14. Especificacions bombes

- Procés API610, 8th edició
- N° procés: ISO 5199, ASME B73.14-1991
- Tancaments mecànics: DIN 24960

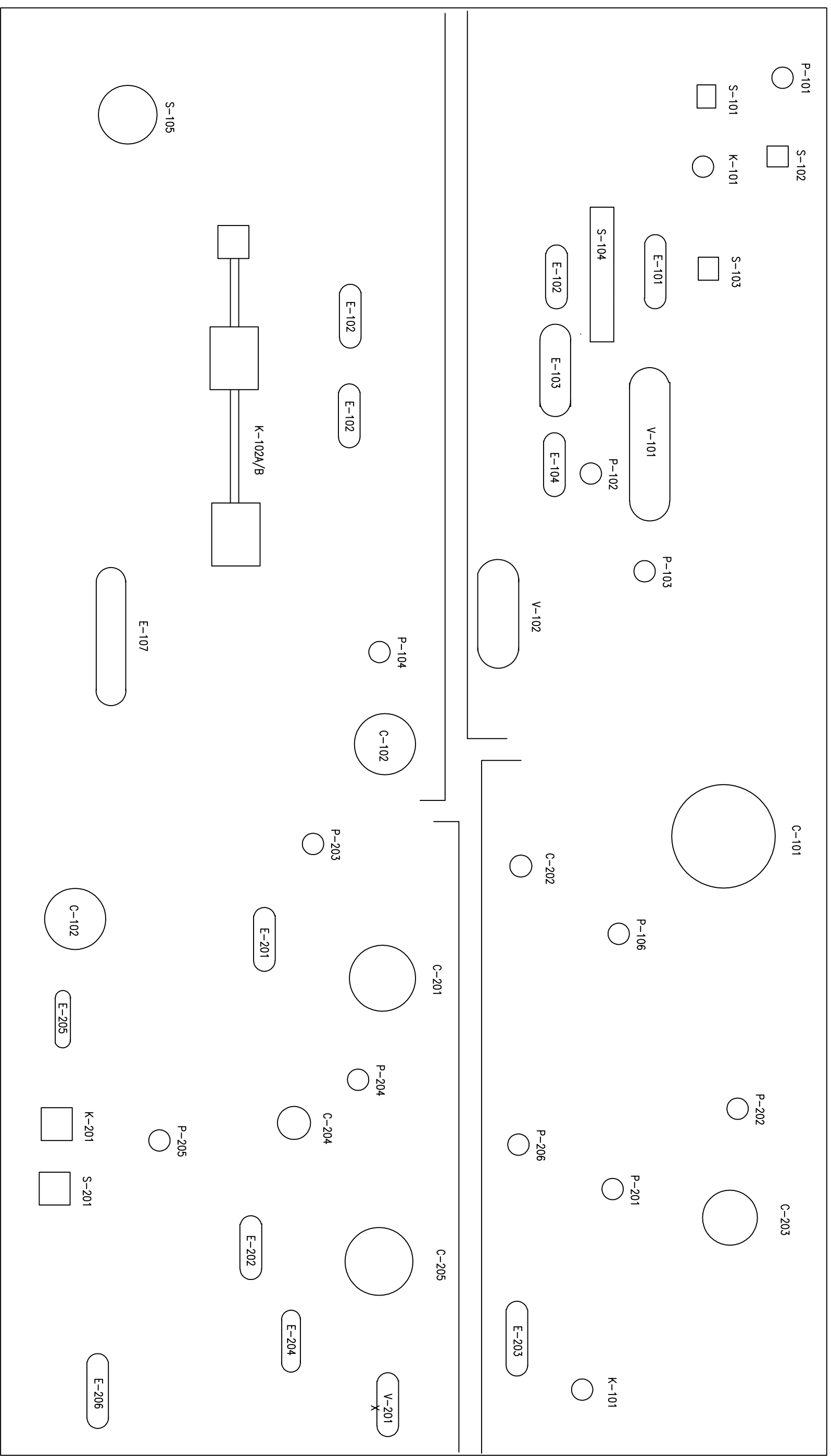
3.15. Especificacions compressors/ bufadors

- Stander API 617/618 (compressors)
- DIN 24163 (bufador)

4. ENGINYERIA BASICA

4.1. Plot Plan

Tot seguit es mostra la disposició dels equips a l'interior de la planta. Es recomana imprimir-ho en un DIN-A3 i horitzontal.



	Data	Nom	
Dibujat	27/07/17	Núria M.	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI EXPRESSIO GRAFICA A L'ENGINYERIA
Comprovat	27/07/17	M ^{re} Rosa D.	
S.normes	27/07/17	Núria M.	

Escala

PLOT PLAN

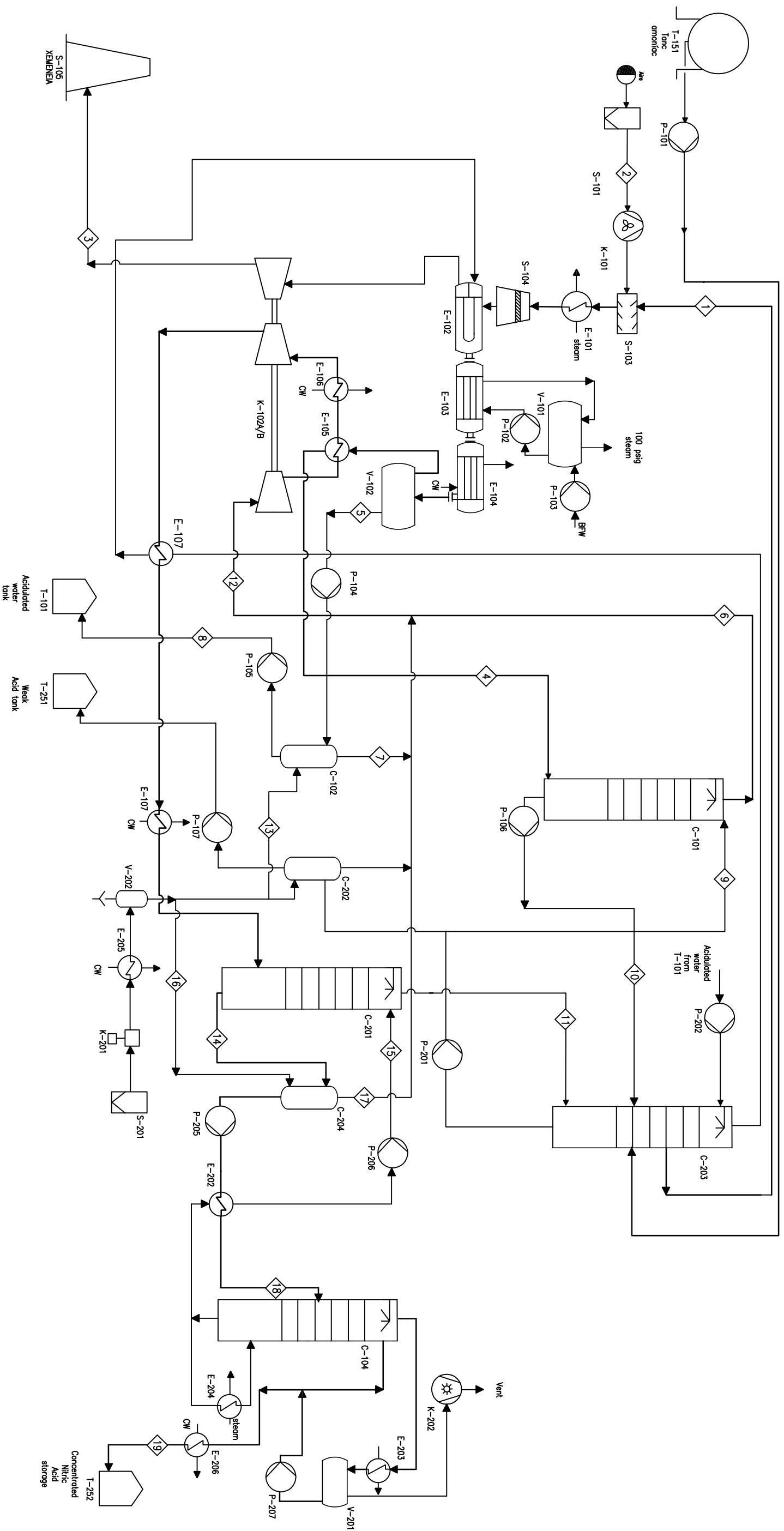
N^o 000

Sustitueix a

Sustituït per

4.2.PFD ▲ ▲

Seguidament es mostra el diagrama de flux del procés de producció d'àcid nítric concentrat juntament amb el balanç de matèria. Es recomana imprimir-ho en un DIN-A3 i horitzontal.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Caball (kg/h)	2999	34530	90944	34616	110	34616	3522	110	9639	2660
NH3										
HNO3										
N2		10490	16404	3233	1070	3233	1070	0	0	0
O2			-3214	5020	3358	3358	0	0	0	0
NO			0	75	0	7718	0	0	0	0
NO2										
H2O										
AW										
TOTAL	2999	45983	104134	42944	6001	48926	4691	6001	16619	10637
Temperatura (°C)	18.0	25.0	18.0	160.0	30.0	52.0	50.0	20.0	58.0	70.0
Pressió (bar g)	2.5	1.0	11.5	1.1	1.2	1.0	1.0	2.2	2.3	11.8

	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Caball (kg/h)	90944	90944	3522	24112	13696	3522	3522	24112	10416
NH3									
HNO3									
N2		20347	1070			1070	1070	0	0
O2								0	0
NO								0	0
NO2								0	0
H2O								6028	159
AW									
TOTAL	113439	124142	4690	30268	19565	4690	4819	30140	10575
Temperatura (°C)	58.0	52.0	20.0	65.0	55.0	20.0	30.0	93.0	40.0
Pressió (bar g)	12.0	2.0	1.5	12.0	12.5	2.0	1.5	1.0	2.0

* El balanç de matèria de la columna c-205 no s'ha pogut rediitzar correctament per falta d'informació de la cinètica de les reaccions

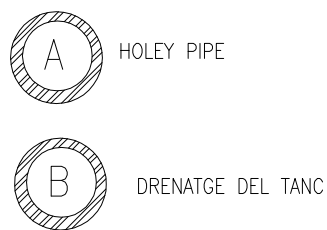
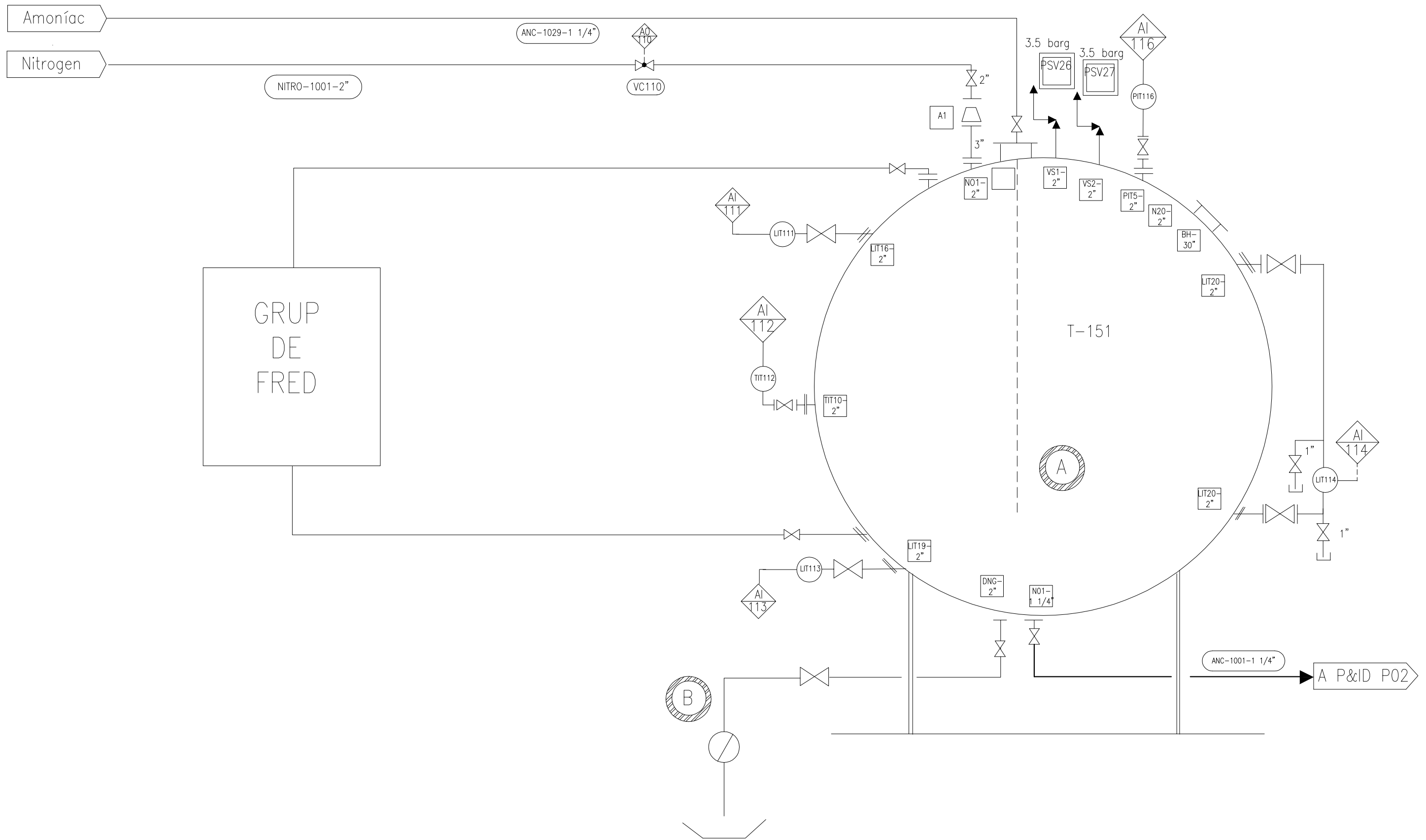
<i>Data</i>	<i>Nària</i>	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
<i>Dibuxat</i>	<i>16/11/16</i>	
<i>Comprovat</i>	<i>16/11/16</i>	
<i>S.normes</i>	<i>16/11/16</i>	<i>Marc</i>

PFD

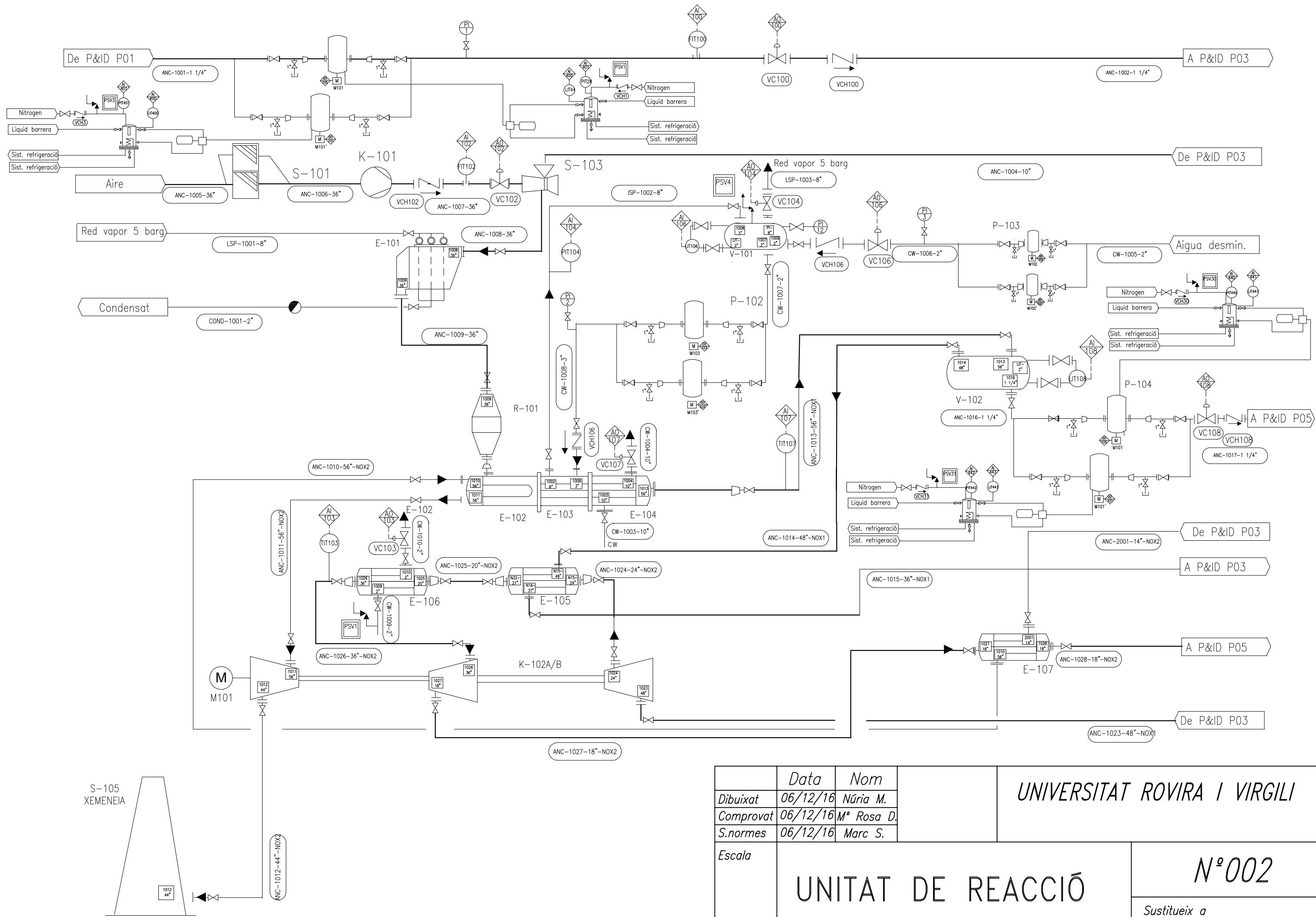
Nº 001
 Sustitueix a
 Sustituit per

4.3.P&ID

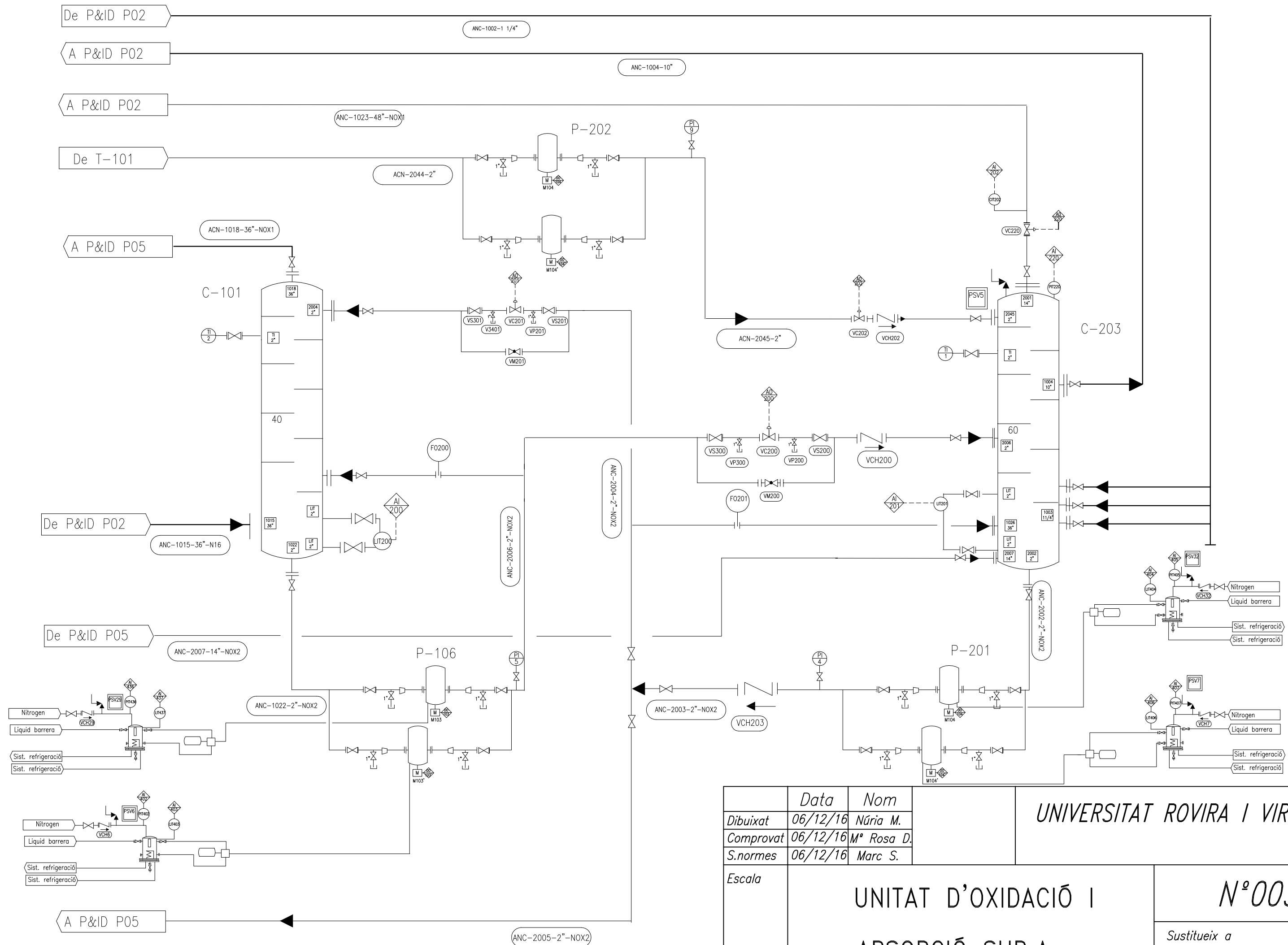
Tot seguit s'observa el control realitzat al procés. Es recomana imprimir-ho en un DIN-A3 i horitzontal.



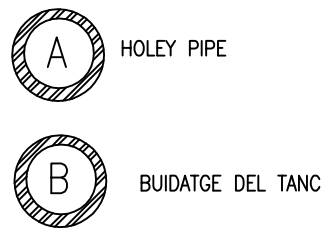
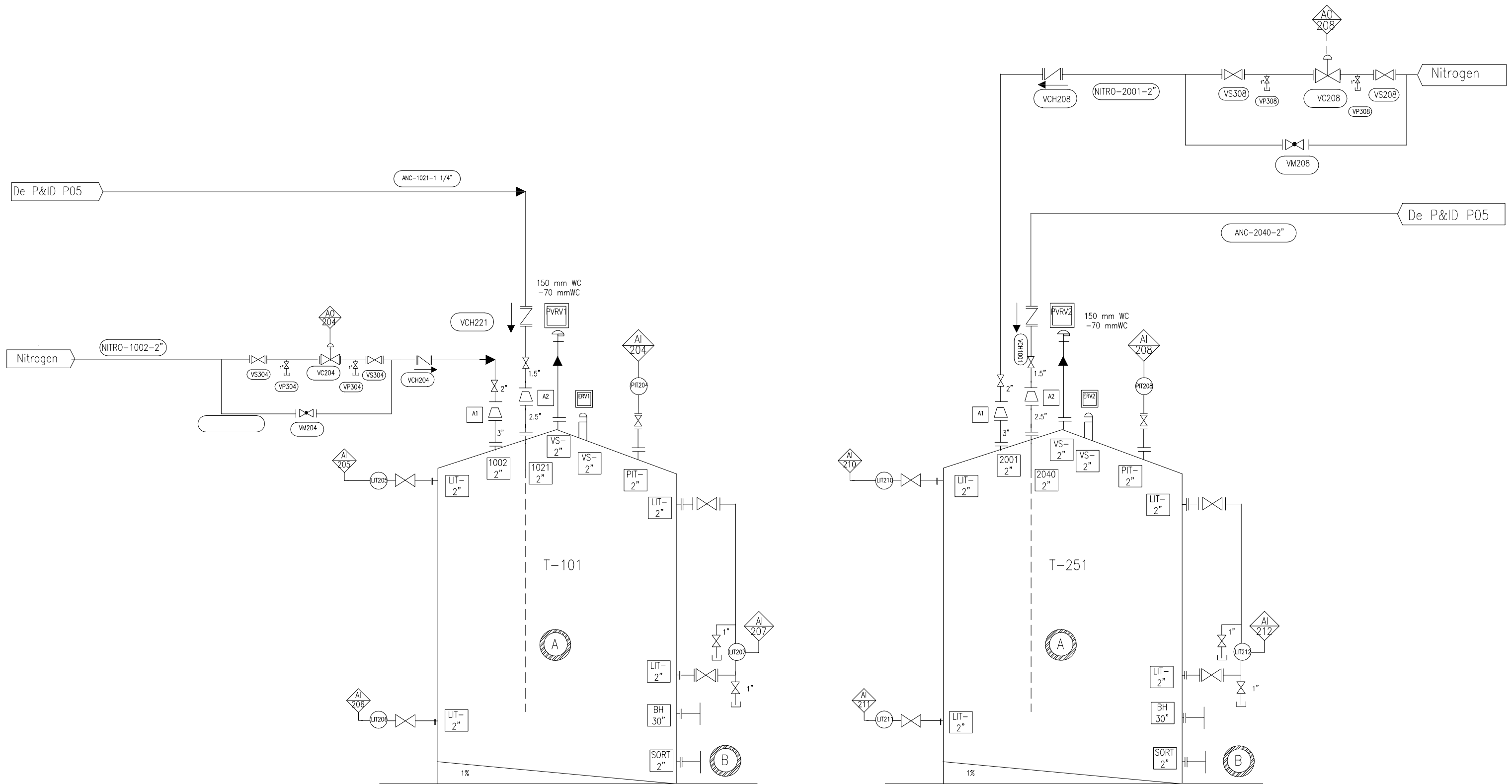
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
<i>Dibuixat</i>	06/12/16	Núria M.	
<i>Comprovat</i>	06/12/16	M ^o Rosa D.	
<i>S.normes</i>	06/12/16	Marc S.	
<i>Escala</i>	TANC D'AMONÍAC		N^o001
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>



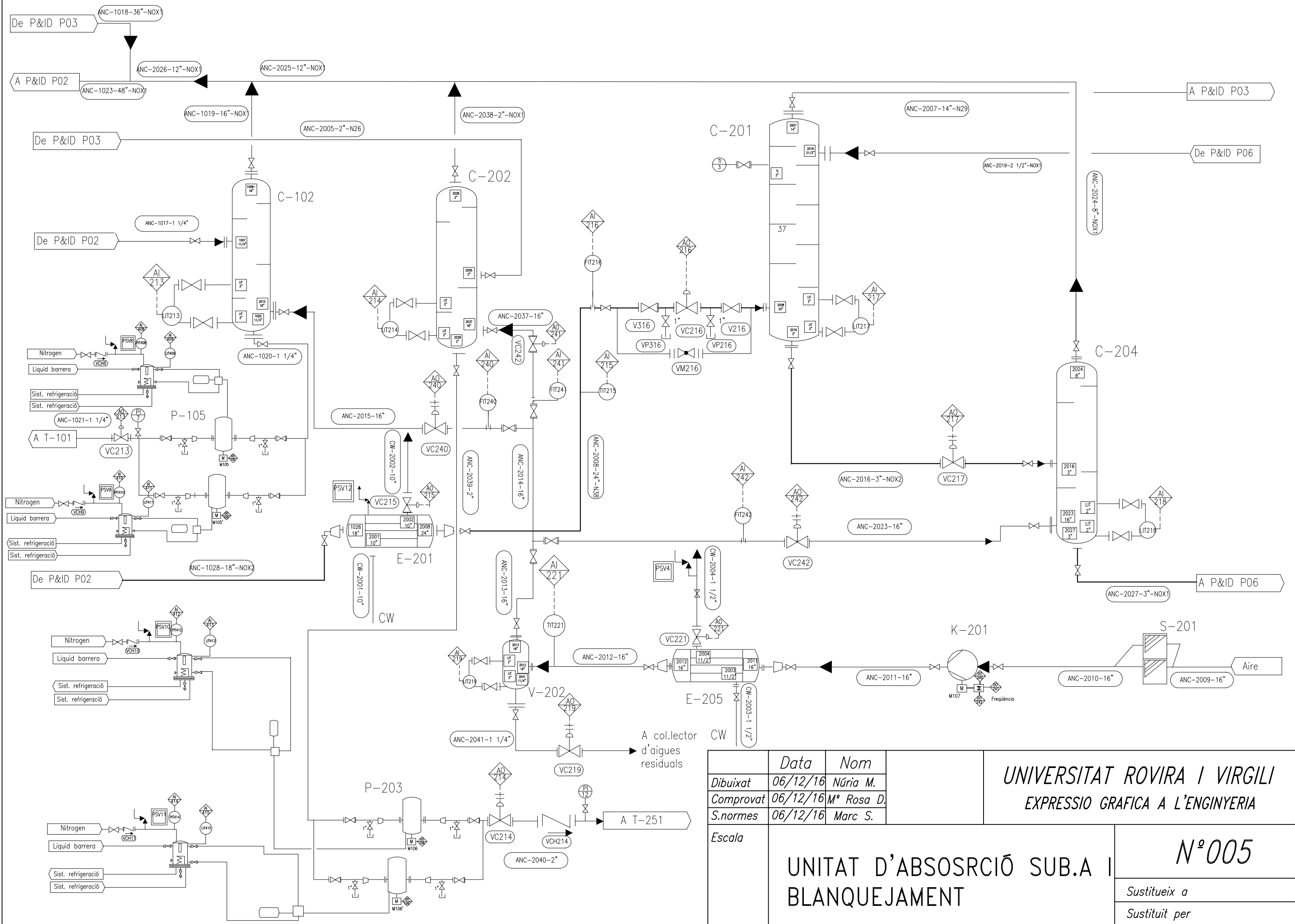
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
<i>Dibuixat</i>	06/12/16	Núria M.	
<i>Comprovat</i>	06/12/16	M ^o Rosa D.	
<i>S.normes</i>	06/12/16	Marc S.	
<i>Escala</i>	UNITAT DE REACCIÓ		N^o002
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
<i>Dibuixat</i>	06/12/16	Núria M.	
<i>Comprovat</i>	06/12/16	M ^o Rosa D.	
<i>S.normes</i>	06/12/16	Marc S.	
<i>Escala</i>	UNITAT D'OXIDACIÓ I ABSORCIÓ SUB.A		N^o003
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>



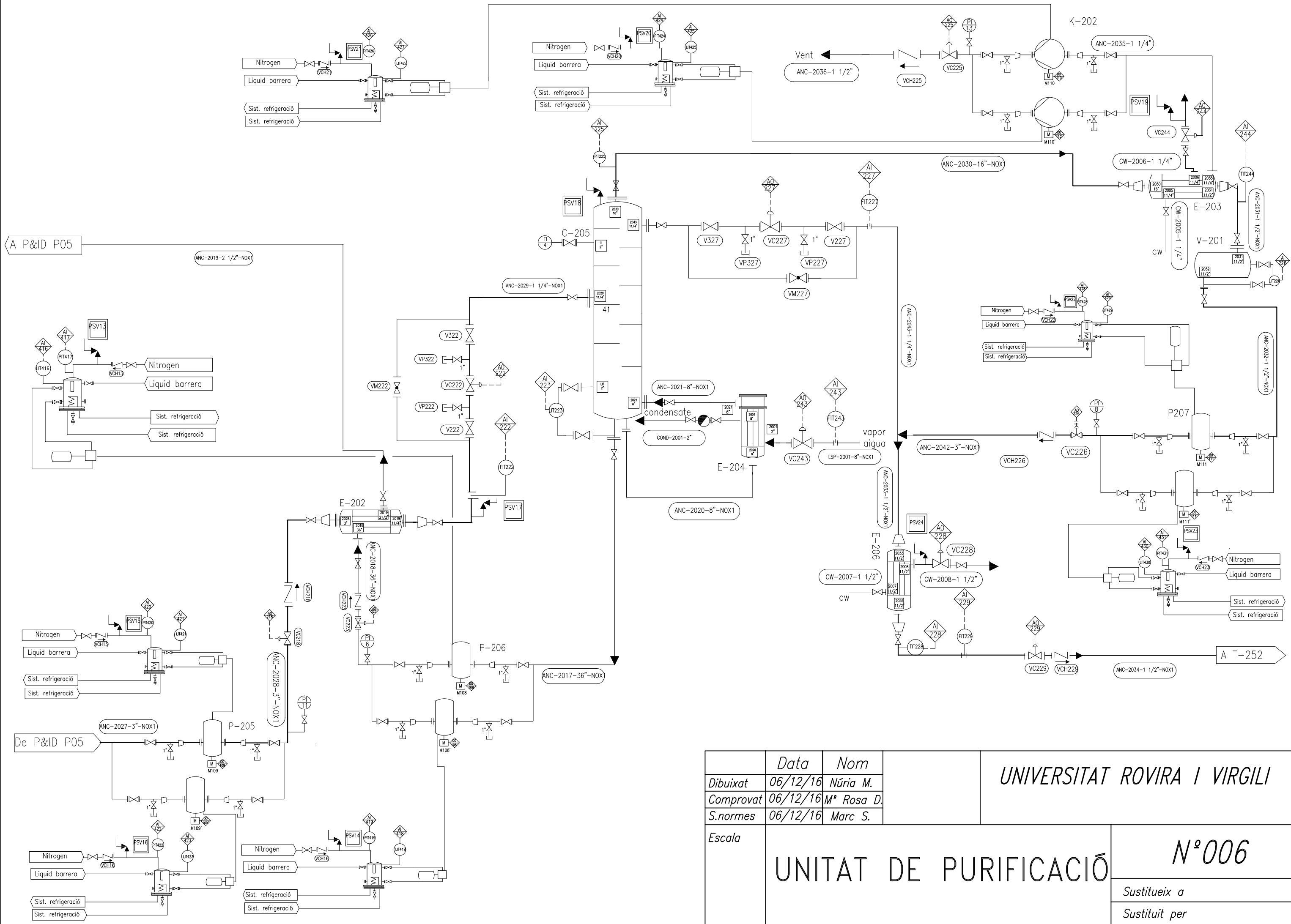
	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
<i>Dibuixat</i>	06/12/16	Núria M.	
<i>Comprovat</i>	06/12/16	M ^a Rosa D.	
<i>S.normes</i>	06/12/16	Núria M.	
<i>Escala</i>	TANCS D'ÀCID NÍTRIC		N^o004
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>



	Data	Nom
Dibuixat	06/12/16	Núria M.
Comprovat	06/12/16	M ^o Rosa D.
S.normes	06/12/16	Marc S.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
EXPRESSIO GRAFICA A L'ENGINYERIA

<p>Escala</p> <p style="font-size: 2em; text-align: center;">UNITAT D'ABSORPCIÓ SUB.A I BLANQUEJAMENT</p>	<p style="font-size: 2em;">N^o005</p> <p>Sustitueix a</p> <p>Sustituit per</p>
--	---



	<i>Data</i>	<i>Nom</i>	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
<i>Dibuixat</i>	06/12/16	Núria M.	
<i>Comprovat</i>	06/12/16	M ^o Rosa D.	
<i>S.normes</i>	06/12/16	Marc S.	
<i>Escala</i>	UNITAT DE PURIFICACIÓ		N^o006
			<i>Sustitueix a</i>
			<i>Sustituit per</i>

LINE NUMBER	SECTION	NOM. SIZE	SIZE INSIDE (mm.)	PIPING SPEC CODE	P & ID (B1)	FROM	TO
		Inches					
Process	Process	Process	Calculated	Process	Process	Piping	Piping
ANC-1001	S-100	1,25	35		Unitat de reacció	T-151	P-101
ANC-1002	S-100	1,25	35		Unitat de reacció	P-101	C-203
ANC-1004	S-100	10	255		Unitat de reacció	C-203	S-103
ANC-1005	S-100	36	905		Unitat de reacció	ATMOSPHERE	S-101
ANC-1006	S-100	36	905		Unitat de reacció	S-101	K-101
ANC-1007	S-100	36	905		Unitat de reacció	K-101	S-103
ANC-1008	S-100	36	905		Unitat de reacció	S-103	E-101
ANC-1009	S-100	36	905		Unitat de reacció	E-101	S-104
ANC-2001	S-200	14	333	NOX2	Unitat d'oxidació i absorció subazeotròpica	C-203	E-107
ANC-1010	S-100	56	1411	NOX2	Unitat de reacció	E-107	E-102
ANC-1011	S-100	56	1411	NOX2	Unitat de reacció	E-102	K-102A/B
ANC-1012	S-100	44	1107	NOX2	Unitat de reacció	K-102A/B	S-105
ANC-1013	S-100	56	1411	NOX1	Unitat de reacció	E-104	V-102
ANC-1014	S-100	48	1208	NOX1	Unitat de reacció	V-102	E-105
ANC-1015	S-100	36	905	NOX1	Unitat de reacció	E-105	C-101
ANC-1016	S-100	1,25	35		Unitat de reacció	V-102	P-104
ANC-1017	S-100	1,25	35		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	P-104	C-102
ANC-1018	S-100	36	905	NOX1	Unitat d'oxidació i absorció subazeotròpica	C-101	ANC-1023
ANC-1019	S-100	16	381	NOX1	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	C-102	ANC-2025
ANC-1020	S-100	1,25	35		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	C-102	P-105
ANC-1021	S-100	1,25	35		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	P-105	T-101
ANC-2002	S-200	2	53	NOX2	Unitat d'oxidació i absorció subazeotròpica	C-203	P-201
ANC-2003	S-200	2	53	NOX2	Unitat d'oxidació i absorció subazeotròpica	P-201	ANC-2004/2005
ANC-2004	S-200	2	53	NOX2	Unitat d'oxidació i absorció subazeotròpica	ANC-2003	C-101
ANC-2005	S-200	2	53	NOX2	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	ANC-2003	C-202
ANC-1022	S-100	2	53	NOX2	Unitat d'oxidació i absorció subazeotròpica	C-101	P-106
ANC-2006	S-200	2	53	NOX2	Unitat d'oxidació i absorció subazeotròpica	P-106	C-203
ANC-2007	S-200	14	333	NOX2	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	C-201	C-203
ANC-1023	S-100	48	1208	NOX1	Unitat de reacció	ANC-1018	K-102A
ANC-1024	S-100	24	575	NOX2	Unitat de reacció	K-102A	E-105
ANC-1025	S-100	20	478	NOX2	Unitat de reacció	E-105	E-106
ANC-1026	S-100	36	905	NOX2	Unitat de reacció	E-106	K-102B
ANC-1027	S-100	18	429	NOX2	Unitat de reacció	K-102B	E-107
ANC-1028	S-100	18	429	NOX2	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	E-107	E-201
ANC-1029	S-100	1,25	35		Tanc d'amoniac	AMMONIA SUPPLY	T-151
ANC-2008	S-200	24	575	NOX2	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	E-201	C-201
ANC-2009	S-200	16	381		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	ATMOSPHERE	S-201
ANC-2010	S-200	16	381		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	S-201	K-201
ANC-2011	S-200	16	381		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	K-201	E-205
ANC-2012	S-200	16	381		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	E-205	V-202
ANC-2013	S-200	16	381		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	V-202	ANC-2014
ANC-2014	S-200	16	381		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	ANC-2013	ANC-2015/2037
ANC-2015	S-200	16	381		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	ANC-2014	C-102
ANC-2037	S-200	16	381		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	ANC-2013	C-202
ANC-2038	S-200	2	53	NOX1	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	C-202	ANC-2024
ANC-2039	S-200	2	53	NOX1	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	C-202	P-203
ANC-2040	S-200	2	53	NOX1	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	P-203	T-251
ANC-2016	S-200	3	78	NOX2	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	C-201	C-204
ANC-2017	S-200	36	905	NOX1	Unitat de purificació	C-205	P-206
ANC-2018	S-200	36	905	NOX1	Unitat de purificació	P-206	E-202
ANC-2019	S-200	2,5	63	NOX1	Unitat de purificació	E-202	C-201
ANC-2020	S-200	8	203	NOX1	Unitat de purificació	C-205	E-204
ANC-2021	S-200	8	203	NOX1	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	E-204	C-205
ANC-2023	S-200	16	381		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	V-202	C-204
ANC-2024	S-200	8	203	NOX1	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	C-204	ANC-2025
ANC-2025	S-200	12	303	NOX1	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	ANC-2024	ANC-2026
ANC-2026	S-200	12	303	NOX1	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	ANC-2025	ANC-1023
ANC-2027	S-200	3	78	NOX1	Unitat de purificació	C-204	P-205
ANC-2028	S-200	3	78	NOX1	Unitat de purificació	P-205	E-202

ANC-2029	S-200	1,25	35	NOX1	Unitat de purificació	E-202	C-205
ANC-2030	S-200	16	381	NOX1	Unitat de purificació	C-205	E-203
ANC-2031	S-200	1,5	41	NOX1	Unitat de purificació	E-203	V-201
ANC-2032	S-200	1,5	41	NOX1	Unitat de purificació	V-201	P-207
ANC-2033	S-200	1,5	41	NOX1	Unitat de purificació	ANC-2042	E-206
ANC-2034	S-200	1,5	41	NOX1	Unitat de purificació	E-206	T-252
ANC-2035	S-200	1,5	41	NOX1	Unitat de purificació	E-203	K-202
ANC-2036	S-200	1,5	41	NOX1	Unitat de purificació	K-202	ATMOSPHERE
ANC-2041	S-200	1,25	35		Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	V-202	COLECTOR
ANC-2042	S-200	3	78	NOX1	Unitat de purificació	P-207	ANC-2033/2043
ANC-2043	S-200	1,25	35	NOX1	Unitat de purificació	ANC-2042	C-205
ANC-2044	S-200	2	53		Unitat d'oxidació i absorció subazeotròpica	T-101	P-202
ANC-2045	S-200	2	53		Unitat d'oxidació i absorció subazeotròpica	P-202	C-203
CW-1003	S-100	10	255	W02	Unitat de reacció	REFRIGERATION TOWER	E-104
CW-1005	S-100	2	53	W03	Unitat de reacció	XARXA D'OSMOSI	P-103
CW-1006	S-100	2	53	W04	Unitat de reacció	P-103	V-101
CW-1007	S-100	2	53	W05	Unitat de reacció	V-101	P-102
CW-1008	S-100	2	53	W06	Unitat de reacció	P-102	E-103
CW-1009	S-100	2	53	W11	Unitat de reacció	REFRIGERATION TOWER	E-106
CW-2001	S-200	10	255	W07	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	REFRIGERATION TOWER	E-201
CW-2003	S-200	1,5	154	W08	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	REFRIGERATION TOWER	E-205
CW-2005	S-200	1,25	154	W09	Unitat de purificació	REFRIGERATION TOWER	E-203
CW-2007	S-200	1,5	154	W10	Unitat de purificació	REFRIGERATION TOWER	E-206
CW-1004	S-100	10	154	W12	Unitat de reacció	E-104	REFRIGERATION TOWER
CW-1010	S-100	2	53	W17	Unitat de reacció	E-106	REFRIGERATION TOWER
CW-2002	S-200	10	154	W13	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	E-201	REFRIGERATION TOWER
CW-2004	S-200	1,5	154	W14	Unitat d'absorció superzeotròpica i blanquejament	E-205	REFRIGERATION TOWER
CW-2006	S-200	1,25	154	W15	Unitat de purificació	E-203	REFRIGERATION TOWER
CW-2008	S-200	1,5	154	W16	Unitat de purificació	E-206	REFRIGERATION TOWER
LSP-1001	S-200	8	35	S01	Unitat de reacció	LOW STEAM PRESSURE	E-101
COND-1001	S-200	2	78	C01	Unitat de reacció	E-101	CONDENSATE LINE
LSP-2001	S-200	8	35	S02	Unitat de purificació	LOW STEAM PRESSURE	E-204
COND-2001	S-200	2	78	C02	Unitat de purificació	E-204	CONDENSATE LINE
LSP-1002	S-100	8		S03	Unitat de reacció	E-103	V-101
LSP-1003	S-100	8		S04	Unitat de reacció	V-101	CONDENSATE LINE
NITRO-1001	S-100	2	53	N01	Tanc d'amoniac	SERVICE	T-151
NITRO-1002	S-100	2	53	N02	Tancs d'àcid nítric	SERVICE	T-101
NITRO-2001	S-200	2	53	N03	Tancs d'àcid nítric	SERVICE	T-251
NITRO-2002	S-200	2	53	N04	Tanc d'àcid nítric concentrat	SERVICE	T-252

FLUID	PHASE OF LINE CONTENTS AT NORMAL OPERATING CONDITIONS	NORMAL OPER. TEMP.	NORMAL OPER. PRESS.	LINE DESIGN TEMP. = PED MAX. ALLOW. TEMP. (TS) = DWT	LINE DESIGN PRESS. = PED MAX. ALLOW. PRESS. (PS) = DWP	TEST PRESSURE	INSUL. MATERIAL	INSUL. THICK
		C	Bar (g)	C	Bar (g)	Bar (g)		
Process	Process	Process	Process	Process	Process	Piping	Design	Design
AMMONIA	L	-33	0,86	-13	1,29	1,8447	NONE	
AMMONIA	L	-33	2,76	-13	4,14	3,312	NONE	
AMMONIA	G	18	2,46	38	3,69	2,952	NONE	
AIR	G	25	1	45	1,5	1,2	NONE	
AIR	G	25	0,85	45	1,275	1,02	NONE	
AIR	G	63	1,21	83	1,815	1,452	MINERAL WOOL	20
AMMONIA AIR MIXURE	G	57	1,15	77	1,725	1,38	NONE	
AMMONIA AIR MIXURE	G	157	1,05	177	1,575	1,26	MINERAL WOOL	40
NON-CONDENSABLES	G	18	11,5	38	17,25	13,8	NONE	
NON-CONDENSABLES	G	140	11	160	16,5	13,2	MINERAL WOOL	40
NON-CONDENSABLES	G	470	10,8	490	16,2	12,96	MINERAL WOOL	40
NON-CONDENSABLES	G	30	2	50	3	2,4	NONE	
PROC. GASES & AC. WATER	MIX	49	1,2	69	1,8	1,44	NONE	
PROCESS GASES	MIX	31	1,2	51	1,8	1,44	NONE	
PROCESS GASES	G	160	1,1	180	1,65	1,32	MINERAL WOOL	40
ACIDULATED WATER	L	30	1,2	50	1,8	1,44	NONE	
ACIDULATED WATER	L	30	2,4	50	3,6	2,88	NONE	
OXIDATION COLUMN GASES	G	52	1	72	1,5	1,2	NONE	
NO2	MIX	50	1	70	1,5	1,2	NONE	
ACIDULATED WATER	L	20	0,96	40	1,44	1,152	NONE	
ACIDULATED WATER	L	20	2,23	40	3,345	2,676	NONE	
ANC 58%	L	58	1,5	78	2,25	1,8	NONE	
ANC 58%	L	58	2,3	78	3,45	2,76	NONE	
ANC 58%	L	58	2,3	78	3,45	2,76	NONE	
ANC 58%	L	70	2,3	90	3,45	2,76	MINERAL WOOL	20
ANC 25%	L	70	1	90	1,5	1,2	MINERAL WOOL	20
ANC 25%	L	70	11,8	90	17,7	14,16	MINERAL WOOL	20
GASES	G	58	12	78	18	14,4	NONE	
PROCESS GASES	G	52	2	72	3	2,4	NONE	
PROCESS GASES	G	247	4,6	267	6,9	5,52	MINERAL WOOL	50
PROCESS GASES	G	165	3,6	185	5,4	4,32	MINERAL WOOL	40
PROCESS GASES	G	40	3,6	60	5,4	4,32	NONE	
PROCESS GASES	G	227	13	247	19,5	15,6	MINERAL WOOL	40
PROCESS GASES	G	143	12,3	163	18,45	14,76	MINERAL WOOL	40
AMMONIA	L		2	20	3	2,4		
PROCESS GASES	G	40	12	60	18	14,4	NONE	
AIR	G	20	1	40	1,5	1,2	NONE	
AIR	G	20	0,85	40	1,275	1,02	NONE	
AIR	G	106	1,21	126	1,815	1,452	MINERAL WOOL	40
AIR	G	30	1	50	1,5	1,2	NONE	
AIR	G	20	1	40	1,5	1,2	NONE	
AIR	G	20	1	40	1,5	1,2	NONE	
AIR	G	20	1,5	40	2,25	1,8	NONE	
AIR	G	20	1,5	40	2,25	1,8	NONE	
NO2	G	20	1	40	1,5	1,2	NONE	
ANC 58%	L	50	1,2	70	1,8	1,44	NONE	
ANC 58%	L	50	1,5	70	2,25	1,8	NONE	
ANC 80%	L	65	12	85	18	14,4	MINERAL WOOL	20
ANC 70%	L	95	1,1	115	1,65	1,32	MINERAL WOOL	20
ANC 70%	L	55	2,1	75	3,15	2,52	NONE	
ANC 70%	L	55	12,5	75	18,75	15	NONE	
ANC 70%	L	95	1	115	1,5	1,2	MINERAL WOOL	20
ANC 70%	L	103	1	123	1,5	1,2	MINERAL WOOL	40
AIR	G	20	2	40	3	2,4	NONE	
NO2	G	30	1,5	50	2,25	1,8	NONE	
NO2	G	30	1,4	50	2,1	1,68	NONE	
NO2	G	30	1,3	50	1,95	1,56	NONE	
ANC 80%	L	40	1	60	1,5	1,2	NONE	
ANC 80%	L	40	1,5	60	2,25	1,8	NONE	

ANC 80%	L	93	1	113	1,5	1,2	MINERAL WOOL	20
ANC 98.5%	V	75	0,5	95	0,75	0,6	MINERAL WOOL	20
ANC 98.5%	L	69	0,3	89	0,45	0,36	MINERAL WOOL	20
ANC 98.5%	L	69	1	89	1,5	1,2	MINERAL WOOL	20
ANC 98.5%	L	69	1,5	89	2,25	1,8	MINERAL WOOL	20
ANC 98.5%	L	40	2	60	3	2,4	NONE	
GASES	G	75	0,4	95	0,6	0,48	MINERAL WOOL	20
GASES	G	80	1	100	1,5	1,2	MINERAL WOOL	20
WATER	L	25	1,2	45	1,8	1,44	NONE	
ANC 98.5%	L	65	0,7	85	1,05	0,84	MINERAL WOOL	20
ANC 98.5%	L	65	0,5	85	0,75	0,6	MINERAL WOOL	20
ACIDULATED WATER	L	25	1,5	45	2,25	1,8	NONE	
ACIDULATED WATER	L	25	2,3	45	3,45	2,76	NONE	
COLLING WATER	L	25	5	150	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	170	7	170	10,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	170	7	170	10,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	170	7	170	10,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	170	7	170	10,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	25	5	150	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	25	5	150	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	25	5	150	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	25	5	150	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	25	5	150	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	25	5	150	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	35	5	120	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER		35	5	120	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	35	5	120	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	35	5	120	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	35	5	120	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	35	5	120	7,5	SERVICE	NONE	
COLLING WATER	L	35	5	120	7,5	SERVICE	NONE	
STEAM	V	180	5,5	155	8,25	SERVICE	MINERAL WOOL	40
CONDENSATE	L	134	5,5	155	8,25	SERVICE	MINERAL WOOL	40
STEAM	V	180	5,5	155	8,25	SERVICE	MINERAL WOOL	40
CONDENSATE	L	134	5,5	155	8,25	SERVICE	MINERAL WOOL	40
STEAM	V	170	5,5	155	8,25	SERVICE	NONE	
STEAM	V	170	5,5	155	8,25	SERVICE	NONE	
NITROGEN	G	20	1	-196	1,5	SERVICE	NONE	
NITROGEN	G	20	1	-196	1,5	SERVICE	NONE	
NITROGEN	G	20	1	-196	1,5	SERVICE	NONE	
NITROGEN	G	20	1	-196	1,5	SERVICE	NONE	

4.5.Disseny instrumentació i control

A continuació es mostra una breu explicació dels controls instal·lats a la planta de producció d'àcid nítric, així com els elements necessaris per dur-lo a terme. El destí final de totes les senyals produïdes en el procés és la sala de control de la planta.

4.5.1.Alimentació del procés

L'alimentació del procés consta de dos corrents. Es volen controlar les proporcions d'entrada d'amoniac i aigua per aquest motiu s'utilitza un control de proporció (rati). En aquest cas, l'acció del control és per mantenir la proporció entre dues variables mesurades, com és el cabal. El control funciona de la següent manera: segons la quantitat d'amoniac que entri es modifica el cabal d'entrada d'aire per així mantindre les proporcions desitjades.

4.5.2.Control dels bescanviadors

Pel que fa al control dels bescanviadors ha estat el mateix en tots els que formen part del procés. Es du a terme un control feedback simple de tipus proporcional integrat i derivat on és mesura la temperatura a la sortida del bescanviador i és regula amb el corrent d'entrada de refrigerant, així, en el cas d'augmentar o disminuir la quantitat de refrigerant per aconseguir la temperatura òptima, el fluid de procés no és veu afectat.

Cal dir que hi ha bescanviadors que no és necessari controlar-los ja que la temperatura ja ve controlada per l'equip anterior. Els que no han necessitat cap control són: E-105 i E-202

4.5.3.Calderí V-101

S'utilitza un control feedback simple de tipus proporcional i integrat on és mesura la pressió al corrent d'entrada al calderí i és controla amb el corrent gasos que va a la xarxa de vapor de 7 barg. A més a més, es torna a controlar amb un control feedback proporcional i integrat l'entrada d'aigua desmineralitzada i així controlar el nivell del separador.

4.5.4.Separador d'aigua acidulada (V-102) i acumulador de reflux (V-201)

S'utilitza un control feedback simple proporcional i integrat per controlar el nivell dels separadors. Aquest es mesura mitjançant un transmissor per pressió diferencial, el qual quan detecta que el nivell esta molt alt obra la vàlvula i quan està baix la tanca. La vàlvula és col·loca al corrent de sortida de la bomba.

4.5.5.Columna d'oxidació C-101, columna subazeotròpica C-203, columna superazeotròpica C-201

Les entrades de les columnes C-101, la C-203 i la C-201, el corrent 9, 10, 12 respectivament, es controlen mitjançant un control feedback simple proporcional i integrat on és mesura la quantitat de cabal. A més a més, es controla el nivell mitjançant un transmissor per pressió diferencial, la vàlvula s'obra quan el nivell puja i és tanca quan baixa, aquest es tracta d'un control feedback proporcional i integrat.

En el cas de la C-203 hi ha una entrada d'aigua acidulada provinent del tanc T-101. Aquesta es mesurada amb un control de rati on s'afegeix aigua acidulada en proporció al corrent d'entrada 10 per així aconseguir la proporció desitjada i no superar els 150 ppm de NO per cap de columna.

A més a més, per mantenir la pressió a les columnes C-203 i C-201 es mesura la pressió al cap de columna de la C-203 i es controla el corrent de sortida per cap de columna tractant-se d'un control feedback proporcional i integrat.

4.5.6. Blanquejador d'aigua acida C-102, blanquejador d'àcid dèbil C-202 i blanquejador d'àcid fort C-204

El nivell es controlat mitjançant el transmissor per pressió diferencial i segons el nivell de l'equip obra o tanca la vàlvula, aquest es tracta d'un control feedback de proporció integrat. La vàlvula de control es situa al corrent de sortida de la bomba.

Per tal de controlar l'entrada d'aire a cada *bleacher*, s'instal·la un control feedback simple proporcional i integrat a l'entrada de cada blanquejador controlant i mesurant el cabal d'entrada. Aquest control va lligat al motor del compressor K-201 on mitjançant un bloc sumador es controlen les entrades d'aire.

4.5.7. Columna de destil·lació al buit C-205

En el cas de les columnes de destil·lació es realitza un control feedback de tipus proporcional i integrat per tal de controlar el nivell de la columna utilitzant un transmissor per pressió diferencial. Aquest es controla obrint o tancant la vàlvula del corrent de sortida per fons de la columna.

Per controlar la pressió a la columna es fa mitjançant una bomba de buit, és a dir, es mesura la pressió al cap de columna i aquesta es controla amb una vàlvula de control al corrent de sortida de la bomba, de manera que si es tanca la vàlvula augmentarà la pressió i s'hi sobra disminuirà. A la part superior de la columna també hi ha la vàlvula de seguretat amb el propòsit de mantenir sempre la pressió a l'interior i en el cas que es superin els límits de tarat de la vàlvula, aquesta obrir-se i així evitar una sobrepressió.

A més a més, es controla el cabal de reflux mitjançant un control feedback simple proporcional i integrat que mesura al cabal.

4.5.8. Tancs d'emmagatzematge T-151, T-101, T-251, T-252

Pel que fa al nivell dels tancs es mesura mitjançant un transmissor per pressió diferencial a més a més d'un mesurador de nivell alt i un altre de baix. Així en el cas que hi hagués alguna fallada de mesura per part d'algun dels mesuradors poder conèixer en tot moment quin és el nivell dels tancs.

A la part superior dels tancs es troba un mesurador de pressió que es controlat amb l'entrada de nitrogen a l'equip utilitzant un control feedback simple proporcional i integrat.

Els tancs T-101, T-251 i T-252 tenen instal·lada una vàlvula de seguretat, PSV juntament amb una ERV ja que en la situació de que es produís un augment o disminució de pressió superant els límits de tarat poder obrir-se.

Per altra banda, el tanc T-101 disposa de dos vàlvules de seguretat, PSV per també mantenir la pressió a tanc i obrir-se en cas de superar els límits de tarat d'aquestes. Taula

Taula 4.5.1 Llistat de controls del procés

LLISTAT DE CONTROLS DEL PROCÉS					
Vàlvula de control	Variable manipulada	Variable controlada	Transmissor	Diàmetre línia	Set Point
VC110	Entrada de nitrogen T-151	Pressió a l'interior de l'esfera	PIT110	2"	
VC100	Cabal d'entrada a C-203 per escalfar-se.	Cabal d'entrada a C-203 per escalfar-se.	FIT100	1 ¼ "	2999 kg/h
VC102	Cabal d'entrada d'aire.	Cabal d'entrada d'aire.	FIT102	36"	45983kg/h
VC104	Corrent de sortida de vapor a 5 barg de V-101.	Pressió al corrent d'entrada a V-101.	PIT104	8"	6.9 barg
VC106	Cabal d'entrada d'aigua desmineralitzada a V-101.	Nivell de líquid a V-101.	LIT106	2"	13431
VC107	Corrent de sortida d'aigua de refrigeració de E-104.	Temperatura al corrent d'entrada a V-102.	TIT107	10"	49 °C
VC108	Cabal de sortida de V-102	Nivell al separador V-102	LIT108	1 ¼ "	6001 kg/h
VC103	Cabal de sortida d'aigua de refrigeració a E-106	Temperatura al corrent de sortida del bescanviador	TIT103	2"	40 °C
VC202	Cabal d'entrada d'aigua acidulada a C-203	Composició de cap de columna	CIT202	2"	150 ppm
VC201	Cabal d'entrada per cap a C-101	Nivell de líquid a C-203	LIT201	2"	50%
VC200	Cabal d'entrada a C-203	Nivell de líquid a C101	LIT200	2"	50%

VC204	Entrada de nitrogen a T-101	Pressió a l'interior del tanc	LIT204	2"	-70 a 150 mmWC
VC208	Entrada de nitrogen a T-251	Pressió a l'interior del tanc	PIT208	2"	-70 a 150 mmWC
VC213	Cabal de sortida de C-102	Nivell de líquid a C-102	LIT213	1 ¼ "	50%
VC214	Cabal de sortida de C-202	Nivell de líquid a C-202	LIT214	2"	50%
VC215	Cabal de sortida d'aigua de refrigeració a E-201	Temperatura a l'entrada de C-201	TIT215	24"	40 °C
VC216	Cabal d'entrada a C-201	Cabal al corrent d'entrada a la columna	FIT216	24"	124142 kg/h
VC217	Cabal sortida de C-201	Nivell de líquid de C-201	LIT217	3"	50%
VC218	Cabal de sortida de C-204	Nivell de líquid de la columna	LIT218	3"	50%
VC220	Cabal de gasos cap a torxa	Pressió de caps a C-203	PIT220	48"	11.5 barg
VC221	Cabal de sortida de l'aigua de refrigeració de E-205	Temperatura d'entrada a V-202	TIT221	16"	30 °C
VC240	Cabal d'entrada d'aire a C-102	Cabal corrent d'entrada a la columna	FIT240	16"	4690 kg/h
VC241	Cabal d'entrada d'aire a C-202	Cabal corrent d'entrada a la columna	LIT241	16"	4690 kg/h

VC242	Cabal d'entrada d'aire a C-204	Cabal corrent d'entrada a la columna	LIT242	16"	4690 kg/h
VC219	Cabal de sortida del separador de gotes V-202	Nivell de líquid del separador	LIT219	1 ¼ "	50%
VC222	Cabal d'entrada a C-205	Cabal del corrent d'entrada a la columna	FIT222	1 ¼ "	30140 kg/h
VC223	Cabal d'entrada a C-201	Nivell de líquid de la columna C-205	LIT223	2 ½ "	50%
VC225	Cabal de sortida de la bomba al buit K-202	Pressió al corrent de cap de columna	PIT225	16"	0.5 barg
VC226	Cabal de sortida de V201	Nivell de líquid al acumulador V-201	LIT226	1 ¼ "	50%
VC228	Cabal de sortida d'aigua de refrigeració de E-206	Temperatura al corrent que va a emmagatzematge	TIT228	1 ½ "	40 °C
VC229	Cabal d'entrada a T-252	Cabal d'entrada a P-207	FIT229	1 ½ "	10575 kg/h
VC231	Entrada de nitrogen a T-252	Pressió a l'interior del tanc	PIT231	2"	-70 a 150 mmHg
VC243	Cabal d'entrada de vapor d'aigua a E-204	Cabal d'entrada al reboiler de la columna C-205	FIT243	8"	11160 kg/h
VC244	Cabal de sortida de l'aigua de refrigeració de l'E-203	Temperatura de sortida de E-203	TIT244	1 ¼ "	69°C

Taula 4.5.2 Llistat d'indicadors i transmissors del procés

LLISTAT D'INDICADORS I TRANSMISSORS DEL PROCÉS		
Transmissor	Descripció	Equip/ Canonada
LIT111	Mesurador de nivell alt	T-151
LIT113	Mesurador de nivell baix	T-151
LIT114	Mesurador de nivell per pressió diferencial	T-151
PI1	Indicador de pressió	ANC-1002-1 ¼"
PI3	Indicador de pressió	CW-1006-2"
PI2	Indicador de pressió	CW-1008-3"
PI12	Indicador de pressió	V-101
PI9	Indicador de pressió	ANC-2045-2"
TI2	Indicador de temperatura	C-101
F0200	Orifici de restricció	ANC-2006-2"-NOX2
F0201	Orifici de restricció	ANC-2004-2"-NOX2
TI1	Indicador de temperatura	C-203
PI4	Indicador de pressió	ANC-2003-2"-NOX2
PI5	Indicador de pressió	ANC-2006-2"-NOX2
LIT205	Mesurador de nivell alt	T-101

LIT206	Mesurador de nivell baix	T-101
LIT207	Mesurador per pressió diferencial	T-101
LIT210	Mesurador de nivell alt	T-251
LIT211	Mesurador de nivell baix	T-251
LIT212	Mesurador per pressió diferencial	T-251
PI13	Indicador de pressió	ANC-2013-1 ½"
TI3	Indicador de temperatura	C-201
TI4	Indicador de temperatura	C-205
PI7	Indicador de pressió	ANC-1021-1 ¼"
PI8	Indicador de pressió	ANC-2048-2"-NOX1
LIT235	Mesurador de nivell alt	T-252
LIT233	Mesurador de nivell baix	T-252
LIT234	Mesurador de nivell per pressió diferencial	T-252
PI6	Indicador de pressió	ANC-2018-36"-NOX1
PI11	Indicador de pressió	ANC-2028-3"-NOX1
PI12	Indicador de pressió	ANC-2040-2"

4.6. Disseny vàlvula de seguretat

S'ha dut a terme el disseny de la vàlvula de seguretat que es troba al cap de la columna de destil·lació al buit, PSV 18. L'objectiu principal és determinar l'àrea de pas mínima que ha de tenir l'orifici de la vàlvula per deixar passar al cabal requerit. A continuació es mostren els càlculs duts a terme.

Com el corrent de sortida per cap de columna és gasos per calcular l'àrea de pas s'ha utilitzat l'equació següent.

$$A = \frac{W}{38702 \cdot C \cdot P \cdot K \cdot K1 \cdot K2} \cdot \sqrt{\frac{ZT}{M}} \quad (4.6.1)$$

El cabal que s'utilitza per al càlcul de l'àrea és de 10575 kg/h que equival al cabal del producte per caps de la C-205 però per seguretat, es suposa que és de 1.2 vegades més gran, així l'àrea de pas que ha de tenir l'orifici tindrà un marge de seguretat. La pressió de disseny de l'equip és de 0.55 bara, la temperatura de descarrega és de 75 °C, el coeficient d'expansió (C) és de 0.593 i el factor de compressibilitat de temperatura i pressió (Z) és de 1. Pel que fa al coeficients de descarrega (K), el coeficient corrector per contrapressió en vàlvules convencionals (K1) i el coeficient corrector per contrapressió en vàlvules equilibrades (K2) s'han extret del catàleg de Vàlvules Nacional.

Així doncs, s'obté una àrea de 139 cm² i un diàmetre de 13.3 cm.

4.7. Disseny vàlvula de control

S'ha realitzat el disseny de la vàlvula que controla el flux d'entrada a la columna d'absorció superazeotròpica, VC212. El cabal d'aquest corrent és de 19500 kg/h i els components que el formen són un 70% d'àcid nítric i la resta sent aigua. Pel al disseny de la vàlvula de control s'ha de calcular el coeficient de flux de la vàlvula.

S'ha utilitzat l'equació (4.7.1) ja que és la que permet calcular la Cv per fluids en estat líquid.

$$Cv = \frac{w}{N6 \cdot Fp \cdot \sqrt{(p1-p2) \cdot \gamma1}} \quad (4.7.1)$$

La variable N6 és una constant numèrica que s'ha extret del catàleg de disseny Dressermasoneilan juntament amb el factor de correcció de la geometria de la canonada. Pel que fa a la caiguda de pressió d'aigües a munt i aigües a vall és de 0.7 bar. Finalment, s'obté un valor de coeficient de flux de la vàlvula de 234.

RELIEF VALVES

REVISION DATE

ITEM No.	18			
TAG No.	PSV18			
VALVE SERVICE				
	Cap de columna C-205			

MANUFACTURER	Válvulas nacional			
TYPE No.	3-5211			
NUMBER VALVES REQ'D	1			

NORMAL SYSTEM PRESS., KG/CM2	atmosfèrica			
NORMAL SYSTEM TEMP., °C	75			
GOVERNING UPSET CONDITION	Fallada de l'aigua de refrigeració E-203			
ACCUMULATION, PERCENT	10			

VALVE SIZING CONDITIONS

FLOWING FLUID	Àcid nítric al 98.5%			
FLOW QUANTITY, KG/H	12690			
FLOW SPECIFIC GRAVITY				
FLOW TEMP., °C	75			
FLOW VISCOSITY, cSt				
SET PRESSURE, BAR G	3.5			
ACCUM. INLET PRESSURE, %	10			
BACK PRESS., BAR G	< 10% PRESSIÓ TARAT			
REQ'D ORIFICE AREA, CM2	22			

ORIDICE	M			
---------	---	--	--	--

CONSTRUCTION

ACCESSORIES	CONSTRUCTION		MATERIAL	SIZE/RATING
	NOMINAL SIZE INS.			
	ORIFICE AREA, CM2/VALVE			23.2
	TOTAL ACTUAL AREA, CM2			23.2
	BODY CONN. & RATING -	INLET		4"-150#
		OUTLET		6"-150#
	BODY			A 351CF8M
	BONNET			AISI316
	SPRING			AISI316
	RADIATING BONNET			NO
	STYLE TOP			NO
	LIFTING GEAR - REG./PACKED			NO
	TEST ROD			NO

REMARKS:

SENSE FUELLE

MADE BY: NURIA MARTIN

DATE: 21/08/2017

APP. BY:

DATE:

MADE BY: NURIA MARTIN

DATE: 21/08/2017

APP. BY:

DATE:

GENERAL DATA											
1											
2	TAG	VC212		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW							
3	SERVICE	HNO3 70%		DN & RATING		150		150 #			
4	LINE/EQUIPMENT	ANC-2019-2.5"-N47		MTL & SCHEDULE							
5	DIAGRAM	PI&D 005		INSULATION AND THICKNESS							
6	AREA CLASSIFICATION			EEx REGULATION							
7	PROCESS DATA										
8	FLOW	PHASE	HNO3 70%	Liquid	Data	U.I	Mín.	Normal	Max.		
9	Cp/Cv	Z	-	-	Inlet Flow cu m/s			0.0042	0.005		
10	D or SG	Viscosity Cp	1.3	7.89E-04	Inlet Pressure bar			12.5	12.5		
11	P crit. bar	T crit. K			Pressure Drop bar			0.249	0.249		
12	TIGHTNESS				T operation K			335	335		
13	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar			1.35	1.35		
14	OTHERS				Cv calculated			234	234		
15							Cv required				
16							Opening				70%
17	BODY, INTERNAL AND ACTUATOR										
18	BODY, BIRETTA AND PACKING			INTERNAL							
19	Body Type		Types (1)		Escape Types						
20	Vapor Mantle		Row		Noise (dB)						
21	DN & Rating		Guidance		MTL Guidance						
22	Line Connection		Holder		MTL Holder						
23	MTL Body & Casing		Nominal Cv		MTL Actuator						
24	MTL Body Line		Character		MTL Nozzle						
25	MTL Outlet Line		PNEUMATIC ACTUATOR								
26	Flow tends to		Service		Feed/Rang						
27	Biretta Type		Type		Wheel						
28	Packing		Air		Travel Limit mm						
29	Shutting Bellow		Max. ΔP (2) bar		XLOCK System						
30	ACCESSORIES AND PURCHASE DATA										
31	POSITIONATOR AND FILTER			SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)				
32	Positioner Type		Valve Type		Sensors Type						
33	SMART Capacity		Feed		Service						
34	PST/Regulation		Reset Type		Assembly & Connec.						
35	Electrical Connection		Electrical Connec.		EEx Protection						
36	Pneumatic Connection		Pneumatic Connec.		NOTES AND ACCESSORIES						
37	EEx Protection		EEx Protection								
38	Filter		SIL (s/IEC 61508)								
39	PRODUCT DATA (3)				PURCHASE DATA						
40	Valve	PF51.1:ET	Actuator	Serie 657	Requisition						
41	Positionator				Manufacturer						
42	Solenoid				Supplier						
43	Travel End										
44	GENERAL NOTES										
45	(1) Indicate the model/type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)										
46	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class										
47	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.										
48	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective manufacturer too.										
49	JOB NO.		CHARGE NO.		100-FCV-46						
	M/S NO.		P.O.NO.								
	NO.UNITS										
	DR.BY		DATE:								
	CK.BY		DATE:								
	REV	BY	OK	DATE							
					SHEET No. 7						

5. DISSENY D'EQUIPS

5.1. Reactor ▲ ▲

La reacció d'oxidació de l'amoniac es produeix en fase gas en un reactor adiabàtic de llit fix amb catalitzador. Aquest està format per teles d'uns fils molt fins de platí-rodí amb unes quantitats de 90% i 10% respectivament.

El reactor opera a una temperatura de 850°C i a una pressió de 1.2 atm. La temperatura d'entrada és fixa a 157°C degut a que si fos inferior es podria produir una condensació del fluid de procés a les teles de catalitzador. Com aquesta es troba per sobre del punt de rosada de la mescla s'evita que no es condensa el fluid de procés en les teles de catalitzador.

En el procés d'oxidació de l'amoniac es converteix un 96.7% de l'amoniac inicial en les diverses reaccions que es duen a terme. La reacció 1.1 és la principal però paral·lelament es produeixen tres reaccions secundàries.



5.1.1. Número de teles de catalitzador

Primerament, es vol conèixer el número de teles de catalitzador que formen el reactor juntament amb la seva mida i disposició per així aconseguir la capacitat de producció òptima per la planta.

En l'equació que es mostra a continuació es relaciona la conversió amb el número de teles del reactor, les propietats intrínseques del catalitzador i la termodinàmica de la reacció d'oxidació.

$$\ln(1 - X_A) = - \frac{0.865 n_s f_w D^{2/3} \rho_f^{2/3}}{\epsilon_w^{0.352} d_w^{0.648} G^{0.648} \mu_f^{0.019}} \quad (5.1.1.1)$$

Quan s'aplica aquesta equació en el disseny d'un reactor d'oxidació d'amoniac succeeix que els resultats que s'obtenen donen uns valors de conversió majors als experimentals. Per aquest motiu s'ha d'aplicar un factor de correcció a l'equació 1.1.1 i així s'obté l'equació amb la que es duran a terme els càlculs per determinar el número de teles.

$$\ln(1 - X_A) = - \frac{2.581761 \cdot 10^{-5} n_s f_w T^{0.333} (28.85 + 11.82 Y_A)^{0.667}}{3 \epsilon_w^{0.352} d_w^{0.648} G^{0.648} \mu_f^{0.019}} \quad (5.1.1.2)$$

Ns fa referència al número de teles de catalitzador, f_w és la relació entre l'àrea del fil, T és la temperatura de reacció, Y_A és la fracció molar del amoniac en la mescla, ϵ_w és la porositat del llit catalític, d_w el diàmetre dels fils, G és la velocitat massica dels gasos i finalment μ_f és viscositat del fluid.

Seguidament, s'han buscat bibliogràficament les dades específiques corresponents per als catalitzadors de platí-rodí en les condicions de treball descrites anteriorment i s'han obtingut els valors que es mostren a continuació.

Taula 5.1.1.1 Dades per al catalitzador platí-rodí

Paràmetres	Valors
fw	1.528
€w	0.809
dw (cm)	$4.5 \cdot 10^{-3}$

També es necessari realitzar el càlcul per trobar la viscositat de la mescla on s'ha du a terme amb l'equació 5.2.3.

$$\mu_f = (12.5 + 29.20 \cdot 10^{-3}T) \cdot 10^5 \quad (5.1.1.3)$$

$$\mu_f = 0.0003732 \frac{g}{cm \cdot s} \quad (5.1.1.4)$$

Seguidament es calcula la G sabent que la velocitat màssica dels gasos es la relació entre el cabal i l'àrea transversal del reactor.

$$G = \frac{Q}{Ac} \quad (5.1.1.5)$$

$$G = \frac{15041.7}{\pi \cdot 150^2} = 0.213 \frac{g}{cm^2 \cdot s} \quad (5.1.1.6)$$

Finalment, es calcula la fracció molar de l'amoníac en la mescla i s'obté un valor de 9.97% d'amoníac. Com s'ha dit anteriorment la temperatura de reacció és a 850°C i la conversió és de 96.7%.

Un cop es tenen tots els valors s'aplica l'equació 5.1.1.2 i s'obté que el reactor descrit ha de tenir 4 teles.

No obstant, s'ha de tenir en compte que la mida de les teles ha d'estar normalitzada per el fabricant i es suposa d'una càrrega de 5 kg de catalitzador per tela. La càrrega de catalitzador al reactor serà de 1.6 kg/t/h d'àcid produït. A continuació es mostra el càlcul per conèixer la quantitat de catalitzador requerit juntament amb el número de teles.

$$\frac{1.6kg}{1tHNO_3} \cdot 10.575 \frac{t}{h} = 17kg \quad (5.1.1.7)$$

$$n = \frac{17kg}{5kg} = 4unitats \quad (5.1.1.8)$$

També s'han de tenir en compte les revisions periòdiques i el manteniment de les teles. Es suposa que el primer any no hi haurà cap canvi de teles. A partir d'aquest ja es començaran a produir pèrdues de catalitzador que seran de 0.19 g/t d'àcid nítric produït. Seguidament es mostra el càlcul de la quantitat de catalitzador que es perdrà i s'obté un valor de 16.1 kg perduts.

$$\frac{0.19g}{tHNO_3} \cdot \frac{84600t}{1any} = 16074g \quad (5.1.1.9)$$

Per aquest motiu s'han de col·locar 4 teles més per garantir la producció durant 1 any. Finalment el reactor que duu a terme l'oxidació de l'amoníac ha de tenir 8 teles de 5 kg de catalitzador 90%Pt-10%Rh.

5.1.2.Mides del reactor

A continuació, en la següent imatge es pot observar el reactor S-104 on es duu a terme la oxidació de l'amoníac.

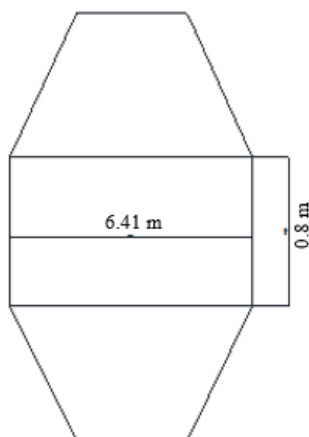


Figura 5.1.2.1 Dimensions del reactor per a l'oxidació de l'amoniac

Coneixent el cabal que circula pel reactor i determinant una velocitat dels gasos es pot conèixer quin és el diàmetre del reactor. A continuació és mostren detalladament els càlculs que s'han dut a terme.

Primerament amb gasos ideals s'ha calculat la densitat de la mescla com es pot observar en l'equació 1.2.1.

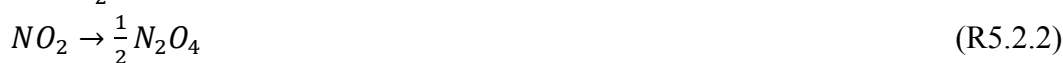
$$\frac{kg}{V} = \frac{P \cdot P_{esmolecular}}{RT} \rightarrow = 0.93 \frac{kg}{m^3} = \frac{1.2 \cdot 27.4}{0.082 \cdot (157 + 273)} \quad (5.1.2.1)$$

El cabal que circula per el reactor és de 54150 kg/h on amb la densitat es troba un cabal volumètric de 16.14 m³/s. Seguidament amb l'equació 1.2.2 es pot aïllar el diàmetre del reactor on el seu valor de 6.41 m.



$$Q = v \cdot n \cdot \frac{D^2}{4} \quad (5.1.2.2)$$

5.2. Tren de bescanviadors

El producte obtingut al reactor S-104 es troba a una temperatura de 850°C i s'ha de refredar fins a 49°C. Com que el fluid de procés s'ha de refredar fins a 49°C s'utilitzaran tres bescanviadors de carcassa i tubs soldats, per així poder optimitzar els bescanviadors i que l'intercanvi de calor sigui més eficient. A més a més a l'interior dels tres bescanviadors es produeixen diverses reaccions químiques explicades a continuació.



Aquestes reaccions es produeixen en molt poca quantitat, però tot i això degut a a formació de diòxid de nitrogen i àcid nítric quedaran dissolts en l'aigua condensada i per aquest motiu cal blanquejar-la amb l'ajuda del *bleacher* C-102. D'aquesta manera es pot emmagatzemar l'aigua àcida que posteriorment s'utilitza en la columna subazeotròpica C-203.

5.3. Bescanviadors E-102, E-103, E-104, E-107, E-201, E-202, E-203, E206  

El disseny dels bescanviadors E-102, E-103, E-104, E-107, E-201, E-202, E-203, E-206 s'ha realitzat mitjançant el programa *Aspen Exchanger Design and Rating*. Seguidament s'explica el procediment dut a terme per aconseguir el disseny més òptim per aquests bescanviadors.

Primer de tot s'ha de conèixer la finalitat del bescanviador, és a dir, si refreda o calenta per així determinar si s'utilitzarà aigua de refrigeració, vapor d'aigua o quin fluid serà el que produirà aquest bescanvi de temperatura.

Tot seguit, s'identifica si el fluid de procés va per carcassa o per tubs depenent de les seves propietats i característiques. Per exemple, si consisteix en un fluid corrosiu i perillós per temes de seguretat és millor fer-lo passar per tubs i el refrigerant per carcassa.

Seguidament, és fixa el cabal que es vol refredar o escalfar juntament amb la temperatura d'entrada del fluid de procés. També, és fixa una quantitat de refrigerant, però aquesta es va ajustant mitjançant prova i ajust fins aconseguir la temperatura desitjada de sortida del corrent principal. A més a més, es fixa la temperatura d'entrada del fluid principal així com la temperatura d'entrada i sortida del refrigerant.

Aquest procediment explicat és pot observar a la Figura A.1 de l'annex.

A més a més, també s'ha de determinar quina és la caiguda de pressió permesa juntament amb el coeficient de *Fouling*. El valors d'embrutiment han estat extrets de la taula que es pot veure en l'annex A.

Un cop fixades les condicions de procés també s'han d'identificar les característiques geomètriques dels bescanviadors.

Primer de tot, s'ha de determinar quin tipus de bescanviador és el més adequat, és a dir, quin capçal s'utilitza, quina placa tubular i quin capçal posterior segons els fluids que s'utilitzin o bé segons la seva utilització, les sigles defineixen cada part del bescanviador seguint la normativa TEMA, un exemple serien les sigles BEM. També es fixa el diàmetre dels tubs, per a tots els casos s'ha seleccionat 25mm que és pren que és de 25 mm i una longitud inicial de 2500 mm, que s'ajustarà més tard optimitzant així el nombre de tubs.

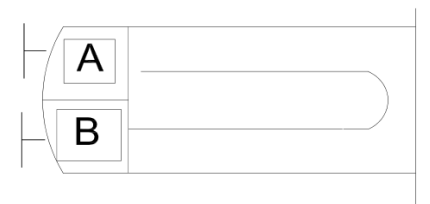

S'ha de tenir en compte la disposició del bescanviador, és a dir, si el fluid condensa a l'interior és millor que la disposició sigui horitzontal, en canvi si no és produeix cap canvi de fase el bescanviador pot ser vertical. El tipus de baffle i la seva disposició també ve definit per si a l'interior hi ha canvis d'estat o no. El procediment explicat anteriorment és pot observar a la figura A.2 de l'annex.

Un cop s'han fixat totes les dades necessàries per poder realitzar la simulació del bescanviador ja és pot donar pas a la simulació.

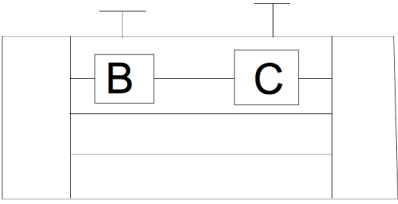

A partir dels resultats obtinguts, s'han d'anar ajustant les variables definides a l'inici amb la finalitat d'anar optimitzant el bescanviador. Per exemple, s'ha de tenir en compte l'excés d'àrea per assegurar que aquest no està sobredimensionat, a partir del número de tubs i diàmetre de carcassa es pot augmentar o disminuir el nombre de tubs o si fes falta posar més d'un pas per tubs.

Tot seguit es mostren els fulls d'especificació dels bescanviadors dissenyats.

HEAT EXCHANGER DATA SHEET

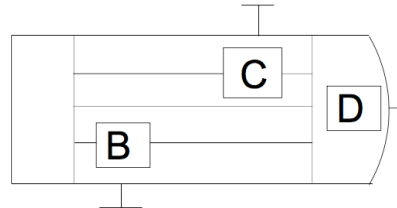
1	ITEM No.: E-102				
2	Servei Refredament dels gasos de sortida del reactor				
3	Tipus	BEU	Posició	Horitzontal	Àrea total 85.8 (m ²)
4	No. Carcassa				
5	RENDIMENT DE LA UNITAT				
6			Carcassa		Tubs
7			Entrada	Sortida	Entrada Sortida
8	Nom del fluid		Gasos de reacció		Gasos de sortida
9	Cabal total de fluid		54614		109856
10	Vapor	kg/h	54614	54614	109856 109856
11	Líquid	kg/h			
12	Vapor d'aigua	kg/h			
13	Aigua	kg/h			
14	Temperatura	°C	850	467.01	140 470
15	Densitat (L/V)	kg/m ³	0.35	0.52	1.06 0.56
16	Viscositat (L/V)	cP	0.0434	0.0342	0.0231 0.0312
17	Pes molecular vapor		27.03	27.03	28.12 28.12
18	Calor específica (L/V)	kcal/kg.°C	0.3106	0.2873	0.249 0.26
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	kcal/h.m.°C	0.061	0.046	0.027 0.04
20	Calor latent				
21	Pressió d'entrada		1.2		1.3
22	Velocitat (permesa / calculada)		13.45	16.15	25.73 27.65
23	Caiguda de pressió (permesa / calculada)		0.1	0.103	0.25 0.111
24	Resistència Fouling		0.0005		0.0006
25	Calor intercanviada:				6261901
26	Velocitat de transferència (kcal/h.m2.°C)		Brut:48.3		Net:51.4
27	DISSENY CARCASSA				
28	Codis: ASME sec VIII		Costat carcassa		Costat tubs
29	Pressió disseny kg/cm ²		3.45	3.45	
30	Temperatura disseny °C		887	887	
31	Nº de passos		1	2	
32	Stress relief				
33	Radiografiat				
34	Corrosió permesa mm		0	0	
35	C	Servei	Marca	Dia.	Rating
36	o	Entrada gasos de reacció	A	56"	150#
37	n	Sortida gasos de reacció	B	56"	150#
38	n				
39	e				
40	x				
41	i				
42	o				
43	n				
44					
45	MATERIALS				ESQUEMA
46		Dia.	Gruix. (mm.)	Espec. Ma	
47	Carcassa	807.28	31.8	AISI304L	
48	Conducte:			AISI304L	
49	Placa tubular:			AISI304L	
50	Baffles: nº / mat.				
51	Baffles espaiat:			mm.	
52					
53	Tubs				
54	Nº		400		
55	OD	25	mm.		
56	BWG	19			
57	Llargad:	2500	mm.		
58	Pitch:	31.25 mm		□◇△◁	
59					
60					
61					
62					
63					
64	NOTES:				
65					
66					
67					
0			#####		
REV.	Núria Martin	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química

HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.:	Bescanviador E-103				
2	Servei:	Refredament gasos de sortida del reactor				
3	Tipus:	AEL	Posició:	Horitzantal	Àrea total / unitat	
4	No. Carcassa:	1			560 (m ²)	
5	RENDIMENT DE LA UNITAT					
6			Carcassa		Tubs	
7			Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
8	Nom del fluid		Vapor de 7 barg		Gasos de procés	
9	Cabal total de fluid	kg/h	8716		54600	
10	Vapor	kg/h	0	8716	54600	54600
11	Líquid	kg/h	8716	0	0	0
12	Vapor d'aigua	kg/h				
13	Aigua	kg/h				
14	Temperatura	°C	166	177	467	182
15	Densitat (L/V)	kg/m ³	903	3,5	0,53	0,81
16	Viscositat (L/V)	mPa-S	0,178	0,015	0,034	0,024
17	Pes molecular vapor			18	27	27
18	Calor específica (L/V)	kJ/(kg-K)	4,27	2,4	1,2	1,14
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	W/(m-K)	0,685	0,033	0,054	0,035
20	Calor latent	kJ/kg	2059			
21	Pressió d'entrada	bara	7,1		1,15	
22	Velocitat (permesa / calculada)	m/s	2	2	49,4	62,11
23	Caiguda de pressió (permesa / calculada)	bar	0,5	0,045	0,2	0,11
24	Resistència Fouling	m ² -K/W	0,0001		0,0001	
25	Calor bescanviada:	kW	5043			
26	Coefficient transferència calor W/(m2.K)		Brut: 113		Net: 116	
27	DISSENY CARCASSA					
28	Codis:	ASME sec VIII Div 1	Costat carcassa	Costat tubs		
29	Pressió disseny	bar	10	2,5		
30	Temperatura disseny	°C	900	900		
31	Nº de passos		1	1		
32	Stress relief					
33	Radiografiat					
34	Corrosió permesa	mm	2	2		
35	Connexions	Servei	Marca	Dia.	Rating	
36		SORTIDA AIGUA	B	8"	150#	
37		ENTRADA AIGUA	C	2"	150#	
MATERIALS						
		Dia.	Gruix. (mm.)	Espec. Mat.		
	Carcassa	1067	57	SS 304		
	Conducte:			SS 304		
	Placa tubular:			SS 304		
	Baffles: nº / mat.			SS 304		
	Baffles espaiat:		560	mm.		
	Tubs					
	Nº	974				
	OD	25	mm			
	BWG:					
	Llargada	6096	mm.			
	Pitch:	31,25				
						
NOTES:						
 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química						
0						
REV.		DATE	PREP.	APPR.		


HEAT EXCHANGER DATA SHEET

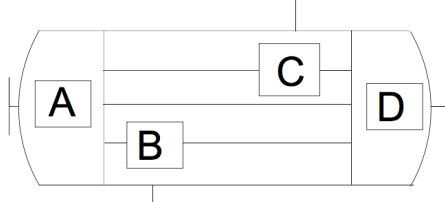
1	ITEM No.:	Bescanviador E-104			
2	Servei:	Refredament gasos de sortida del reactor			
3	Tipus:	BEM	Posició:	Horitzontal	Àrea total / unitat
4	No. Carcassa:	1			125 (m ²)
5	RENDIMENT DE LA UNITAT				
6		Carcassa		Tubs	
7		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
8	Nom del fluid	Aigua de torre		Gasos de procés	
9	Cabal total de fluid	280800		54600	
10	Vapor	0	0	54600	3960
11	Líquid	280000	280000	0	1533
12	Vapor d'aigua				
13	Aigua				
14	Temperatura	25	35	182	49
15	Densitat (L/V)	998	996	0,79	1,08
16	Viscositat (L/V)	0,897	0,716	0,024	0,019
17	Pes molecular vapor	18	18	27	27
18	Calor específica (L/V)	4,19	4,19	1,13	1,09
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	0,6	0,614	0,035	0,026
20	Calor latent			2358	
21	Pressió d'entrada	1,1		1,1	
22	Velocitat (permesa / calculada)	0,56	0,65	52	62
23	Caiguda de pressió (permesa / calculada)	0,07	0,042	0,07	0,046
24	Resistència Fouling	0,0001		0,00001	
25	Calor bescanviada:			3270	
26	Coefficient transferència calor W/(m ² .K)	Brut: 586		Net: 9670	
27	DISSENY CARCASSA				
28	Codis:	ASME sec VIII Div 1	Costat carcassa	Costat tubs	
29	Pressió disseny	bar	3	3	
30	Temperatura disseny	°C	70	220	
31	Nº de passos		1	1	
32	Stress relief				
33	Radiografiat				
34	Corrosió permesa	mm	0	0	
35		Servei	Marca	Dia.	Rating
36	Connexions	ENTRADA GASOS	A	24"	150#
37		ENTRADA AIGUA	B	10"	150#
38		SORTIDA AIGUA	C	10"	150#
39		SORTIDA GASOS	D	24"	150#
40					
41					
42					
43					
44					
45	MATERIALS				
46		Dia.	Gruix (mm.)	Espec. Mat.	
47	Carcassa		16	SS 304	
48	Conducte:			SS 304	
49	Placa tubular:			SS 304	
50	Baffles: nº / mat.			SS 304	
51	Baffles espaiat:		700	mm.	
52					
53	Tubes:				
54	Nº	837			
55	OD	25	mm		
56	BWG:				
57	Llargada	2000	mm.		
58	Pitch:	31	mm		
59					
60					
61					
62					
63					
64	NOTES:				
65					
66					
67					
0					
REV.		DATE	PREP.	APPR.	



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
Departament d'Enginyeria Química

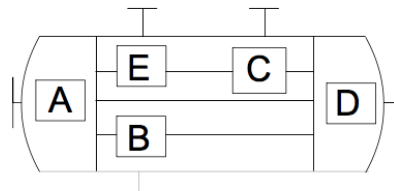
HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.:	Bescanviador E-107			
2	Servei:	Refredament gasos de procés			
3	Tipus:	BEM	Posició:	Horizontal	Area total / unitat
4	No. Carcassa:	1		201	(m ²)
5	RENDIMENT DE LA UNITAT				
6			Carcassa		Tubs
7			Entrada	Sortida	Entrada
8	Nom del fluid		Incondensables		Gasos de procés
9	Cabal total de fluid	kg/h	103000		145000
10	Vapor	kg/h	103000	103000	145000
11	Líquid	kg/h			
12	Vapor d'aigua	kg/h			
13	Aigua	kg/h			
14	Temperatura	°C	18	138	227
15	Densitat (L/V)	kg/m ³	13	9	8,6
16	Viscositat (L/V)	mPa·S	0,017	0,023	0,027
17	Pes molecular vapor		28	28	29
18	Calor específica (L/V)	kJ/(kg·K)	1,04	1,05	1,05
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	W/(m·K)	0,024	0,031	0,038
20	Calor latent	kJ/kg			0,033
21	Pressió d'entrada	bara	11,1		12,2
22	Velocitat (permesa / calculada)	m/s	8	13	8,6
23	Caiguda de pressió (permesa / calculada)	bar	0,2	0,2	0,2
24	Resistència Fouling	m ² ·K/W	0,0001		0,0001
25	Calor bescanviada:	3544 kW	3544		
26	Coefficient transferència calor W/(m ² ·K)	Brut: 180	Net: 188		
27	DISSENY CARCASSA				
28	Codis:	ASME sec VIII Div 1	Costat carcassa	Costat tubs	
29	Pressió disseny	Bar	13	14	
30	Temperatura disseny	°C	175	265	
31	Nº de passos		1	1	
32	Stress relief				
33	Radiografiat				
34	Corrossió permesa	mm	0	0	
35	Connexions	Servei	Marca	Dia.	Rating
36		ENTRADA GASOS	A	18"	150#
37		SORTIDA INCONDENSABLES	B	14"	150#
38		ENTRADA INCONDENSABLES	C	56"	150#
39		SORTIDA GASOS	D	18"	150#
40					
41					
42					
43					
44					
45	MATERIALS			ESQUEMA	
46		Dia.	Gruix. (mm.)	Espec. Mat.	
47	Carcassa:	1025	8	SS 304	
48	Conducte:			SS 304	
49	Placa tubular:			SS 304	
50	Baffles: nº / mat.			SS 304	
51	Baffles espaiat:		735	mm.	
52					
53	Tubes:				
54	Nº	768			
55	OD	25	mm		
56	BWG:				
57	Llargada	3450	mm.		
58	Pitch:	31,25	mm.		
59					
60					
61					
62					
63					
64	NOTES:				
65					
66					
67					
0				 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química	
REV.		DATE	PREP.	APPR.	



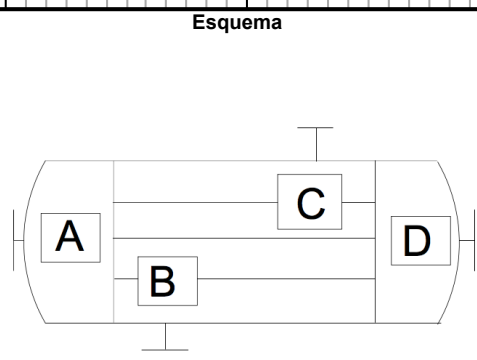
HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.:	Bescanviador E-201			
2	Servei:	Alimentació C-201			
3	Tipus:	BEM	Posició:	Horitzontal	Àrea total / unitat
4	No. Carcassa:	1			266,7 (m ²)
5	RENDIMENT DE LA UNITAT				
6		Carcassa		Tubs	
7		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
8	Nom del fluid	Nitrous gases		Cooling water	
9	Cabal total de fluid	136000		344340	
10	Vapor	136000	136000	0	0
11	Líquid	0	0	344340	344340
12	Vapor d'aigua	0	0	0	0
13	Aigua				
14	Temperatura	143	40	25	35
15	Densitat (L/V)	10,4	13,7	998	996
16	Viscositat (L/V)	0,024	0,019	0,897	0,72
17	Pes molecular vapor	29,5	29,5	25	35
18	Calor específica (L/V)	1,034	1,028	4,19	4,19
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	0,033	0,026	0,6	0,614
20	Calor latent				
21	Pressió d'entrada	12,1		5,2	
22	Velocitat (permesa / calculada)	8,8	16	0,26	0,26
23	Caiguda de pressió (permesa / calculada)	0,2	0,2	0,2	0,03
24	Resistència Fouling	0,0001		0,0001	
25	Calor bescanviada:	4008			
26	Coefficient transferència calor W/(m ² .K)	Brut: 349		Net: 378	
27	DISSENY CARCASSA				
28	Codis:	ASME sec VIII Div 1	Costat carcassa	Costat tubs	
29	Pressió disseny	Bar	1 4	6	
30	Temperatura disseny	°C	1 8 0	7 0	
31	Nº de passos		1	1	
32	Stress relief				
33	Radiografiat				
34	Corrosió permesa	mm	0	0	
35		Servei	Marca	Dia.	Rating
36	Connexions	ENTRADA GASOS	A	18"	150#
37		ENTRADA AIGUA	B	10"	150#
38		SORTIDA AIGUA	C	10"	150#
39		SORTIDA GASOS	D	16"	150#
40		PSV	E	3"	150#
41					
42					
43					
44					
45	MATERIALS				
46		Dia.	Gruix. (mm.)	Espec. Mat.	
47	Carcassa	1175	16	SS 304	
48	Conducte:			SS 304	
49	Placa tubular:			SS 304	
50	Baffles: nº / mat.			SS 304	
51	Baffles espaiat:		7 0 0	mm.	
52					
53	Tubes:				
54	Nº	1 0 0 2			
55	OD	2 5	mm		
56	BWG:				
57	Llargada	3500	mm.		
58	Pitch:	31,25			
59					
60					
61					
62					
63					
64	NOTES:				
65					
66					
67					
0					
REV.		DATE	PREP.	APPR.	



HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.:	Bescanviador E-202						
2	Servei:	Escalfament entrada C-205						
3	Tipus:	BEM	Posició:	Horizontal	Area total / unitat	40,4	(m ²)	
4	No. Carcassa:	1						
5	Rendiment de la unitat							
6		Carcassa			Tubs			
7		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida			
8	Nom del fluid	Acid nítric 70%			Acid nítric 80%			
9	Caball total de fluid	19500			30100			
10	Vapor	kg/h	19500	18800				
11	Líquid	kg/h	0	711	30100	30100		
12	Vapor d'aigua	kg/h						
13	Aigua	kg/h						
14	Temperatura	°C	104	82,5	40	62		
15	Densitat (L/V)	kg/m ³	0,77	1240	1351	1322		
16	Viscositat (L/V)	mPa-S	0,0121	0,0387	0,665	0,501		
17	Pes molecular vapor							
18	Calor específica (L/V)	kJ/(kg-K)	1,31	2,48	2,23	2,23		
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	W/(m-K)	0,021	0,42	0,36	0,37		
20	Calor latent	kJ/kg	1247					
21	Pressió d'entrada	bara	0,67			0,52		
22	Velocitat (permesa / calculada)	m/s	8	34	0,06	0,06		
23	Caigua de pressió (permesa / calculada)	bar	0,02	0,02	0,02	0,002		
24	Resistència Fouling	m ² -K/W	0,0001			0,0001		
25	Calor bescanviada:	kW	405					
26	Coefficient transferència calor W/(m ² .K)		Brut: 629		Net: 728			
27	Disseny carcassa							
28	Codis:	ASME sec VIII Div 1	Costat carcassa	Costat tubs				
29	Pressió disseny	kg/cm ²	3	3				
30	Temperatura disseny	°C	140	100				
31	Nº de passos		1	2				
32	Stress relief							
33	Radiografiat							
34	Corrossió permesa	mm	0	0				
35		Servei	Marca	Dia.	Rating			
36	Connexions	ENTRADA ANC 80%	A	3"	150#			
37		ENTRADA ANC 70%	B	36"	150#			
38		SORTIDA ANC 70%	C	2 1/2 "	150#			
39		SORTIDA ANC 80%	D	1 1/4 "	150#			
40								
41								
42								
43								
44								
45	MATERIALS				Esquema			
46		Dia.	Gruix. (mm.)	Espec. Mat.				
47	Carcassa	599	5,5	SS 304				
48	Conducte:			SS 304				
49	Placa tubular:			SS 304				
50	Baffles: nº / mat.			SS 304				
51	Baffles espaiat:		740 mm.					
52								
53	Tubes:							
54	Nº	196						
55	OD	25	inches					
56	BWG:							
57	Llargada	2700	mm.					
58	Pitch:	31,25						
59								
60								
61								
62								
63								
64	NOTES:							
65								
66								
67								
0								
REV.		DATE	PREP.	APPR.				



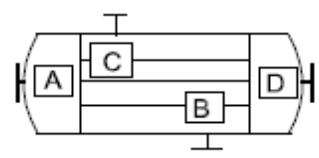
UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
 Departament d'Enginyeria Química

HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.: E-203					
2	Servei Condensador columna destil·lació C-205					
3	Tipus	BEM	Posició	Horizontal	Àrea total 82.9 (m ²)	
4	No. Carcassa					
5	RENDIMENT DE LA UNITAT					
6			Carcassa		Tubs	
7			Entrada	Sortida	Entrada Sortida	
8	Nom del fluid		Aigua de refrigeració		Àcid nítric 98.5%	
9	Cabal total de fluid		2000		10575	
10	Vapor	kg/h			10575 10575	
11	Líquid	kg/h	2000	2000		
12	Vapor d'aigua	kg/h				
13	Aigua	kg/h				
14	Temperatura	°C	25	35	75 68.96	
15	Densitat (L/V)	kg/m ³	998.27/	996.82/	/1.05 /1	
16	Viscositat (L/V)	cP	/0.8974	/0.7625	0.0109/ 0.0107/	
17	Pes molecular vapor					
18	Calor específica (L/V)	kcal/kg.°C	/1.0012	/1.0007	0.2276/ 0.2254/	
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	kcal/h.m.°C	/0.517	/0.525	0.014/ 0.014/	
20	Calor latent kcal/kg					
21	Pressió d'entrada	barg	5		0.5	
22	Velocitat (permesa / calculada)	m/s	0	0.01	15.65 16.06	
23	Caiguda de pressió (permesa / calculada)	bar	0.2	0.01698	0.2 0.03318	
24	Resistència Fouling	h.m ² .°C/kcal	0.0004		0.00048	
25	Calor bescanviada (kcal/h) 14449					
26	Velocitat transferència calor		Brut:177	Net:216.2		
27	DISSENY DE CARCASSA					
28	Codex: ASME sec VIII		estat carcass	Costat tub		
29	Pressió de disseny kg/cm ²		8	2.5		
30	Temperatura de disseny °C		60	110		
31	N. de passos		1	1		
32	Stress relief					
33	Radiografiat		85%	85%		
34	Corrosió permesa	mm	0	0		
35	Servei		Marca	Dia.	Rating	
36	Sortida aigua refrigeració		A	1 1/4"	150#	
37	Sortida ventejos		B	1 1/4"	150#	
38	Sortida HNO3 98.5%		C	1 1/2"	150#	
39	Connexions	Entrada aigua de refrigeració	D	1 1/2"	150#	
40		Entrada HNO3 98.5%	E	16"	150#	
41						
42						
43						
44						
45	MATERIALS				ESQUEMA	
46		Dia.	Thick. (mm.)	Spec. Mat		
47	Carcassa	862	62	AISI 304L		
48	Conducte:			AISI 304L		
49	Placa tubular:			AISI 304L		
50	Baffles: n° / mat.					
51	Baffles espaiat: mm.					
52						
53	Tubs					
54	N°	541				
55	OD	25	mm.			
56	BWG	19				
57	Llargad:	5000	mm.			
58	Pitch:	31.3 mm	□◇△◁			
59						
60						
61						
62						
63						
64	NOTES:					
65						
66						
67						
0		30/08/2017			<p>UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Químic Departament d'Enginyeria Químic</p>	
REV.	Núria Martín	DATE	PREP.	APPR.		

HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.: E-206				
2	Servei Refredament producte a tanc d'emmagatzematge				
3	Tipus	BEU	Posició	Horitzontal	Àrea total 28.4 (m ²)
4	No. Carcassa				
5	RENDIMENT DE LA UNITAT				
6			Carcassa		Tubs
7			Entrada	Sortida	Entrada Sortida
8	Nom del fluid		Aigua de refrigeració		Àcid nítric 98.5%
9	Cabal total de fluid		12000		9658
10	Vapor	kg/h			
11	Líquid	kg/h	12000	12000	9658 9658
12	Vapor d'aigua	kg/h			
13	Aigua	kg/h			
14	Temperatura	°C	25	35	69 40.61
15	Densitat (L/V)	kg/m ³	998.27/	995.72/	/1350.67 /1393
16	Viscositat (L/V)	cP	/0.8974	/0.7022	/0.4729 /0.6617
17	Pes molecular vapor				
18	Calor específica (L/V)	kcal/kg.°C	1.0012/	1.0004/	0.4939/ 0.494/
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	kcal/h.m.°C	0.517/	0.53/	0.302/ 0.287/
20	Calor latent kcal/kg				
21	Pressió d'entrada	barg	5		1.2
22	Velocitat (permesa / calculada)	m/s	0.25	0.01648	0.04 1.7
23	Caiguda de pressió (permesa / calculada)	bar	0.25	0.01648	0.1 0.01128
24	Resistència Fouling	h.m ² .°C/kcal	0.0004		0.00048
25	Calor bescanviada		(kcal/h) 135061		
26	Velocitat transferència de calor		Fouled:171	Clean:182.4	
27	DISSENY CARCASSA				
28	Codis: ASME sec VIII	Costat carcassa	Costat tubs		
29	Pressió disseny kg/cm ²	8	2.5		
30	Temperatura disseny °C	104.44	104.44		
31	Nº de passos	1	2		
32	Stress relief				
33	Radiografiat				
34	Corrosió permesa	mm	1	1	
35	Connexions	Servei	Marca	Dia.	Rating
36		Entrada HNO3 98.5%	A	1 1/5"	150#
37		Entrada aigua refrigeració	B	1 1/5"	150#
38		Sortida HNO3 98.5%	C	1 1/5"	150#
39		Sortida aigua de refrigeració	D	1 1/5"	150#
40-44					
45	MATERIALS			ESQUEMA	
46		Dia.	Gruix. (mm.)	Spec. Mat	
47	Carcassa	479.42	19.04	SS 304	
48	Conducte:				
49	Placa tubular:				
50	Baffles: nº / mat.				
51	Baffles espaiat: mm.				
52					
53	Tubs				
54	Nº	138			
55	OD	25	mm.		
56	BWG	19			
57	Llargad:	2500	mm.		
58	Pitch:	31.25 mm	□ ◇ △ ▽		
59-63					
64	NOTES:				
65-67					
0		30/08/2017			
REV.	Núria Martin	DATE	PREP.	APPR.	



5.4. Bescanviador E-101

L'energia que s'ha de bescanviar en l'E-101 és aquella que asseguri que la mescla d'aire i amoníac surti a 157°C. Aquest escalfament es durà a terme mitjançant vapor de 7 barg a 170°C.

S'han dut a terme diverses hipòtesis per tal de facilitar el disseny del bescanviador. Seguidament es mostren les hipòtesis que s'han tingut en compte.

- La C-203 no està en operació per aquesta raó l'amoníac s'evaporitzarà mitjançant la circulació de l'aire.
- El compressor K102A/B es troba en marxa.
- S'utilitzen tubs aletejats per millor el bescanvi de calor.
- Es dissenyarà amb un 20% de sobre capacitat.

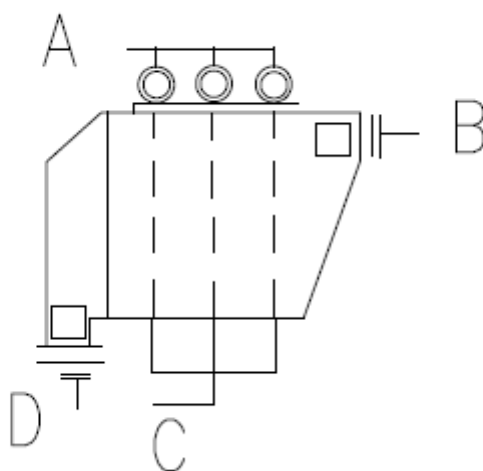


Figura 5.4.1 Esquema del bescanviador E-101

5.4.1. Disseny tèrmic

Primerament s'ha realitzat un balanç d'energia per així conèixer quina és la calor que s'ha de bescanviar i després determinar quin és el cabal de vapor necessari per aquest intercanvi de calor, així doncs a continuació és mostren l'equació que s'ha dut a terme.

$$Q = m * C_p * \Delta T$$

(5.4.1.1)

El cabal de procés que és vol escalfar de 57°C a 157°C és de 48922 kg/h i és necessita una calor de 1322514 kcal/h. Així doncs s'aplica el balanç d'energia i cabal de vapor necessari per aquest bescanvi de calor és de 2706 kg/h.

Tal i com s'ha dit en les hipòtesis el bescanviador és dissenya a una sobre capacitat d'un 20% per tant, la seva calor és de 1587016 kcal/h.

5.4.2. Disseny mecànic

Pel al disseny del bescanviador s'ha utilitzat el mètode de diferència de temperatura mitjana logarítmica (LMTD).

$$LMTD = \frac{(170-57)-(170-157)}{\ln\left(\frac{170-57}{170-157}\right)} = 46.2^{\circ}C \quad (5.4.2.1)$$

Seguidament és busca bibliogràficament i s'obté el valor per el coeficient global de bescanviador que el seu valor és de 500 kcal/hm²C per així poder trobar l'àrea requerida de 68.7 m². Seguidament es pot observar l'equació feta servir.

$$A = \frac{Q}{U_s LMTD} \quad (5.4.2.2)$$

S'utilitzaran tubs d'1" de diàmetre exterior amb aletes de 2 ¼ " (57mm) amb una espessor de 0.4 mm i 11 aletes per polzada, disposició triangular rotada de 65 mm de *pitch* i amb un longitud dels tubs de 2.5m.

A continuació és calculen els tubs que tindrà el bescanviador E-101 per aquest bescanvi de calor. L'equació que és mostra a continuació permet trobar *Sb* que s'utilitzarà per trobar els número de tubs.

$$Sb = \frac{\pi \cdot Dext \cdot (1 - 39.4 \cdot Naletes \cdot gruix)}{L_{tub}} = 0.066 \quad (5.4.2.3)$$

$$ntubs = \frac{A}{Sb \cdot (L - 0.15)} = 445tubs \quad (5.4.2.4)$$

Així doncs, el bescanviador tindrà de 6 files de 74 tubs per filera.

HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.: E-101				
2	Servei Precalementament alimentació al reactor				
3	Tipus	Modular amb tubs aletejats	Posició	Horizontal	Àrea total 68 (m ²)
4	No. Carcassa				
5	RENDIMENT DE LA UNITAT				
6			Carcassa		Tubs
7			Entrada	Sortida	Entrada Sortida
8	Nom del fluid		Mescla d'aire i amoniac		Vapor d'aigua
9	Cabal total de fluid		54150		2706
10	Vapor		54150	54150	
11	Líquid				2706
12	Vapor d'aigua				2706
13	Aigua				
14	Temperatura		57	157	170 170
15	Densitat (L/V)		/2.02	/1.36	/3.76 927/
16	Viscositat (L/V)		/0.0195	/0.0239	/0.0149 0.212/
17	Pes molecular vapor		27.77	27.77	18.01
18	Calor específica (L/V)		/0.0258	/0.264	/0.0149 0.212/
19	Conductivitat tèrmica (L/V)		/0.023	/0.029	/0.028/ 0.594/
20	Calor latent				492.32
21	Pressió d'entrada		2		7.4
22	Velocitat (permesa / calculada)		23.26	40.76	3.99 7.94
23	Caigua de pressió (permesa / calculada)		0.5	0.25	0.5 0.07
24	Resistència Fouling		0.0004		0.00053
25	Calor bescanviada				1413844
26	Velocitat transferència de calor		Fouled:121.6		185.8
27	DISSENY CARCASSA				
28	Codis: ASME sec VIII		Costat carcassa	Costat tubs	
29	Pressió disseny	kg/cm ²		8	
30	Temperatura disseny	°C	104.44	100	
31	Nº de passos				
32	Stress relief				
33	Radiografiat				
34	Corrosió permesa	mm	1	1	
35	C	Servei	Marca	Dia.	Rating
36	o	Entrada de vapor d'aigua	A	8"	150#
37	n	Entrada mescla aire i amoniac	B	36"	150#
38	n	Sortida vapor d'aigua	C	2"	150#
39	e	Sortida mescla aire i amoniac	D	36"	150#
40	x				
41	i				
42	o				
43	n				
44					
45	MATERIALS				ESQUEMA
46		Dia.	Gruix. (mm.)	Spec. Mat	
47	Carcassa	479.42	19.04	SS 304	
48	Conducte:				
49	Placa tubular:				
50	Baffles: nº / mat.				
51	Baffles espaiat: mm.				
52					
53	Tubs				
54	Nº	445			
55	OD	25	mm		
56	BWG:	19			
57	Llargada	2500	mm.		
58	Pitch:	31.25	mm.		
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65	NOTES: s'utilitzaran tubs aletejats de 1" de 57 mm de diàmetre, una espessor de 0.4mm i				
66	11 aletes per polzada				
67					
0	30/08/2017				
REV.	Núria Martin	DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Químic Departament d'Enginyeria Químic

5.5.E-105

L'equip E-105 té com a funció en la planta com a refredador de gasos entre etapes K-102 A/B.

Per carcassa circulen els gasos provinents de V-102 amb la següent composició:

$$W = 43351 \text{ kg/h}$$

$$PM = 28.1 \text{ kg/kmol}$$

$$P = 0.15 \text{ barg}$$

Aquests gasos entren a 31°C per sortir-ne posteriorment a 160°C.

Per la seva banda, per tubs circulen els gasos de la primera etapa de compressió:

$$W = 59637 \text{ kg/h}$$

$$PM = 29.7 \text{ kg/kmol}$$

$$P = 2.6 \text{ barg}$$

Aquests gasos entren a 247°C per sortir-ne posteriorment a 160°C.

Pel disseny d'aquest equip s'ha apostat per recórrer, a banda de la simulació, al mètode Kern, especialment indicat pel disseny de bescanviadors de calor. Finalment, es compararan els dos resultats.

Per tal de refredar aquest corrent a les condicions necessàries s'utilitzarà aigua refrigerant.

Pel disseny del bescanviador s'han realitzat dos casos possibles:

1) El fluid fred circula per la carcassa i el fluid calent per tubs.

2) El fluid calent circula per la carcassa i el fluid fred per tubs.

Pels dos casos primer es busquen les propietats físiques dels fluid que intervenen, en aquest cas el butil acrilat com a fluid calent i l'aigua com a fluid fred.

Es determina el calor bescanviat (Q) entre les dues corrents mitjançant un balanç d'energia corresponent a l'equació 5.5.1.

$$Q = m_c c_{p,c} (T_{e,c} - T_{s,c}) = m_f c_{p,f} (T_{s,f} - T_{e,f}) \quad (5.5.1)$$

S'ha obtingut un valor de calor bescanviada de 975.7 kW

Amb les temperatures d'entrada i sortida dels corrents s'ha calculat la diferència de temperatura logarítmica (ΔT_{LM}) a partir de l'equació 5.5.2 i el factor de correcció (F) que determinarà el nombre de passos necessaris del bescanviador. Aquest ha estat determinat a partir de les equacions 5.5.3 i 5.5.4 i el gràfic corresponent a la Figura 5.5.1. Si $F < 0.8$ s'haurà d'incrementar el nombre de passos

$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_{e,c} - T_{s,f}) - (T_{s,c} - T_{e,f})}{\ln\left(\frac{T_{e,c} - T_{s,f}}{T_{s,c} - T_{e,f}}\right)} \quad (5.5.2)$$

$$R = \frac{T_e - T_s}{t_s - t_e} \quad (5.5.3)$$

$$P = \frac{t_s - t_e}{T_e - t_e} \quad (5.5.4)$$

On la "T" representa la temperatura del fluid que circula per la carcassa i la "t" la temperatura del fluid dels tubs.

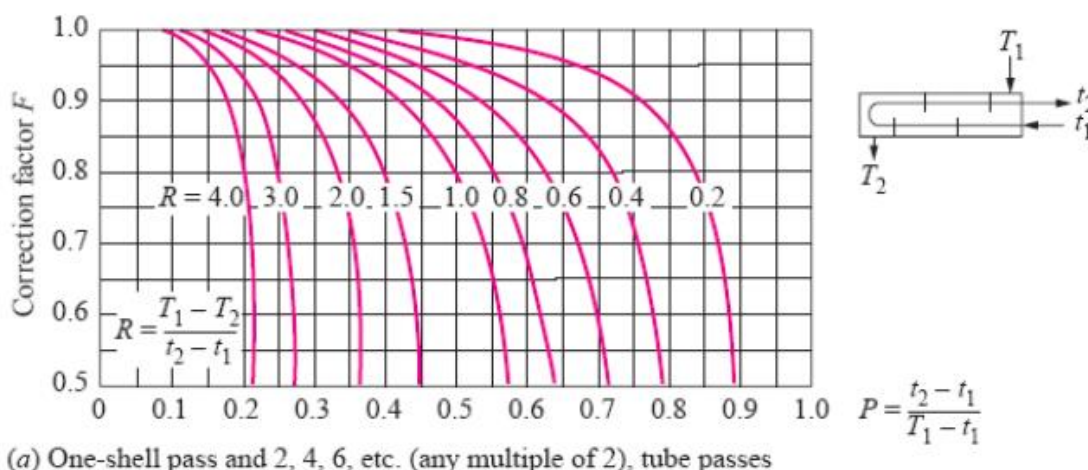


Figura 5.5.1. Factor de correcció per un bescanviador de calor de carcassa i tub de dos passos.

Per calcular l'àrea necessària de bescanvi (A) amb l'equació 5.5.5. en primer s'ha suposat un valor inicial del coeficient global de transferència de calor de servei (U_i) en funció dels fluid s'ha considerat un valor de 50 kcal/h m² °C igual pels dos casos esmentats.

$$A = \frac{Q}{U_i \Delta T} \tag{5.5.5}$$

Seguidament s'ha seleccionat per cadascun dels casos, un tipus de tub, amb un diàmetre (D), longitud (L_T), gressor de paret i/o diàmetre intern (D_i) estàndards extrets de la taula “tubs Standard-recommended tube dimensions”; per tal de calcular el número de tubs (N_T):

$$N_T = \frac{A}{L_T \pi D} \tag{5.5.6}$$

A més s'ha fixat una disposició dels tubs de forma triangular amb una separació entre tubs de 1,25 vegades el diàmetre de tub. Amb el número de tubs i la disposició s'ha calculat el feix tubular amb l'equació 5.5.7. per tal de determinar el diàmetre de la carcassa teòric (no estàndard).

$$D_b = D \left(\frac{N_T}{K_1} \right)^{1/a} \tag{5.5.7}$$

On els paràmetres K₁ i a depenen de la distribució del tubs i el número de passos, en aquest cas amb distribució triangular i dos passos, K₁=0.249 i a =2.207.

Un cop s'ha obtingut el diàmetre de la carcassa s'ha recalculat l'àrea del bescanviador amb el número de tubs enters amb l'equació 5.5.8.

$$A = N_T \cdot L_T \cdot \pi \cdot D \tag{5.5.8}$$

Per calcular el coeficient (U_L) global net a través de l'equació 5.5.9., en primer s'ha calculat el coeficient de convecció dels tubs (h_{io}) i el coeficient de convecció de la carcassa (h_o).

$$\frac{1}{U_L} = \frac{1}{h_{io}} + \frac{1}{h_o} \tag{5.5.9}$$

Coefficient de convecció dels tubs (h_{i0})

Es determina l'àrea de pas pels tubs per tal de fixar la velocitat del fluid que circula a l'interior

$$a_{pT} = \frac{N_T \frac{\pi D_i^2}{4}}{n} \quad (5.5.10)$$

$$V = \frac{m}{\rho a_{pT}} \quad (5.5.11)$$

Amb aquests valors es calculen els nombres adimensionals Reynolds, Prandtl i Nusselt corresponents a les expressions 5.5.12, 5.5.13 i 5.5.14 respectivament.

$$Re = \frac{VD_i\rho}{\mu} \quad (5.5.12)$$

$$Pr = \frac{C_p\mu}{k} \quad (5.5.13)$$

$$Nu = 0.027Re^{0.8}Pr^{1/3} \quad (5.5.14)$$

Finalment amb el Nusselt es troba el coeficient de convecció amb l'equació 5.5.15:

$$h_o = \frac{Nuk}{D_H} \quad (5.5.15)$$

Coefficient de convecció de la carcassa (h_o).

En primer lloc s'ha fixat la separació de "baffles" amb l'equació 5.5.16 suposant una densitat de "baffles" (Z) de 5. Seguidament s'ha calculat l'àrea de pas per la carcassa mitjançant l'equació 5.5.17)

$$B = \frac{ID}{Z} \quad (5.5.16)$$

$$a_{pC} = \frac{ID(P_T - D)B}{P_T} \quad (5.5.17)$$

A continuació es calcula el diàmetre hidràulic i la velocitat del fluid per carcassa amb les equacions 5.5.18 i 5.5.19. per determinar els números adimensionals i posteriorment el coeficient de convecció seguint el mateix procediment que l'apartat anterior.

$$D_H = \frac{4\left(\frac{P_T}{2} - 0.86P_T - \frac{\pi D^2}{8}\right)}{\frac{\pi D}{2}} \quad (5.5.18)$$

$$V = \frac{m}{\rho a_{pC}} \quad (5.5.19)$$

Amb el càlcul del coeficient global es calcula el coeficient global de servei del bescanviador amb l'equació 5.5.20. La conductivitat tèrmica de l'acer al carbó es igual a 36 W/m·K.

$$\frac{1}{U_s} = \frac{1}{U_L} + \frac{\ln \frac{D_o}{D_i}}{k} \cdot \frac{D_o}{2} + R_{fc}'' \cdot \frac{D_o}{D_i} + R_{ff}'' \quad (5.5.20)$$

Pel càlcul de la pèrdua de càrrega que afectarà al bescanviador es procedeix de la següent manera:

1) Pèrdua de càrrega dels tubs

Aquesta consta de la pèrdua de carga dels tubs (ΔP_T) més la pèrdua de carga dels canvis de passos (ΔP_r).

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_r \quad (5.5.21)$$

$$\Delta P_T = (0.79 \ln Re - 1.64)^2 \frac{L_T n \rho V^2}{2D_i} \quad (5.5.22)$$

$$\Delta P_r = 4n \frac{\rho V^2}{2} \quad (5.5.23)$$

Table 2a Tube counts for fixed tubesheet exchangers (Continued)

Shell ID, mm (in)	19.05-mm ($\frac{3}{4}$ -in) OD x 25.4-mm (1-in) pitch Δ							
	1 pass		2 pass		4 pass		6 pass	
	0.0	0.33	0.0	0.33	0.0	0.33	0.0	0.33
203 (8)	46	43	40	37	29	26	23	20
254 (10)	75	71	67	63	53	49	46	42
305 (12)	112	106	102	96	86	80	77	71
337 (13 $\frac{1}{4}$)	138	130	127	119	110	102	100	92

2) Pèrdua de càrrega de la carcassa

La pèrdua de càrrega de la carcassa està definida per l'equació 5.5.24

$$\Delta P_c = 4 \left(\frac{0.5}{Re^{0.2}} \right) \frac{ID_B^{L_T} \rho V^2}{2D_H} \quad (5.5.24)$$

Per conèixer la temperatura en la qual es troben els tubs en el bescanvi de calor (T_w) s'utilitza l'equació 5.5.25 i amb aquesta s'ha obtingut la calor transferida (q):

$$T_w = t + \frac{h_o}{h_{io} + h_o} (T - t) \quad (5.5.25)$$

$$q = h_{io} (t - T_w) = h_o (T_w - T) \quad (5.5.26)$$

Finalment s'ha calculat l'àrea de bescanvi requerida (A_r) amb el valor del coeficient global de servei obtingut amb l'equació 5.5.27.

$$A_r = \frac{q}{U_s \Delta T} \quad (5.5.27)$$

La geometria proposada del bescanviador es considerarà com a acceptable si compleix el requisit tèrmic de $A > A_r$ amb menys d'un 15 % de sobredimensionament. Si no és el cas, el disseny entra en un procés iteratiu repetint tot el procediment anterior amb la petita variació de que el nou coeficient global de transferència de calor serà una mitjana entre el suposat i el recalculat.

Finalment, quan s'ha complert el requisit anterior s'ha repetit el procediment amb la dimensions de tubs i carcassa estàndards que depenen del diàmetre de tub, el "pitch" i el nombres de passos.

5.5.1. Disseny del bescanviador recomanat

Es recomana un disseny del bescanviador en el fluid fred circuli per la carcassa i el fluid calent circuli per l'interior dels tubs.

El bescanviador constarà d'un pas per carcassa i dos passos per tubs, ja que el coeficient de correcció obtingut ha estat de 0.94 per aquesta geometria (suficient, ja que és superior a 0.8). A més, també s'ha calculat una increment de temperatura logarítmica de 115 °C.

Com s'ha dit anteriorment, s'ha suposat un coeficient global de transferència de calor inicial de 50 kcal/h m² °C.

També s'ha suposat un diàmetre de tub de 0.025 m, un gruix de 0.0036 m i una longitud de tubs de 4.66.

En els fulls d'especificació es mostren amb detall els principals paràmetres obtinguts pel disseny del bescanviador recomanat mitjançant la metodologia "Kern".

5.5.2.Simulació amb Aspen

S'han introduït els valors obtinguts mitjançant la metodologia Kern al simulador "Aspen" i s'han obtingut resultats molt semblants, on només s'hi ha apreciat petites diferències en certs valors.

Per exemple, mitjançant la simulació s'han obtingut 438 tubs mentre que amb la metodologia Kern 440. Aquesta petita discrepància podria ser deguda a la petita variació de les propietats d'ambdós fluids.

HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.:	Bescanviador E-105					
2	Servei:	Refredador gasos entre etapes K102A/B					
3	Tipus:	BEM	Posició:	Horitzontal	Area total / unitat	175 (m ²)	
4	No. Carcassa:	1					
5	RENDIMENT DE LA UNITAT						
6		Carcassa		Tubs			
7		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida		
8	Nom del fluid	Gasos provinents de V-102		Gasos etapa de compressió			
9	Cabal total de fluid	kg/h	43350	59640			
10	Vapor	kg/h	43350	59640			
11	Líquid	kg/h	0	0	0		
12	Vapor d'aigua	kg/h	0	0	0		
13	Aigua	kg/h					
14	Temperatura	°C	31	160	259 152		
15	Densitat (L/V)	kg/m ³	1,3		2,45		
16	Viscositat (L/V)	mPa·S	0,024	0,019	0,897 0,72		
17	Pes molecular vapor	g/mol	28,1	28,1	29,7 29,7		
18	Calor específica (L/V)	kJ/(kg·K)	1,03	1,02	1,24 1,27		
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	W/(m·K)	0,043	0,036	0,6 0,634		
20	Calor latent	kJ/kg					
21	Pressió d'entrada	barg	0,15		2,6		
22	Velocitat (permesa / calculada)	m/s	8,8	16	0,26 0,26		
23	Caiguda de pressió (permesa / calculada)	bar	0,2	0,2	0,2 0,03		
24	Resistència Fouling	m ² ·K/W	0,0001		0,0001		
25	Calor bescanviada:	kW	975				
26	Coefficient transferència calor	kcal/(h·m ² ·°C)	Brut: 50	Net: 68			
27	DISSENY CARCASSA						
28	Codis: ASME sec VIII Div 1	Costat carcass:	Costat tubs				
29	Pressió disseny	kg/cm ²	2,5	6	3,5		
30	Temperatura disseny	°C	205	300			
31	Nº de passos						
32	Stress relief						
33	Radiografiat						
34	Corrosió permesa	mm	1	1			
35	Connexions	Servei	Marca	Dia.	Rating		
36		1a etapa compr. IN	A	15	150 #		
37		Gasos V-102 OUT	B	50	150 #		
38		1a etapa compr. OUT	C	100	150 #		
39		Gasos de V-102	D	65	150 #		
40							
41							
42							
43							
44							
45	MATERIALS			ESQUEMA			
46		Dia.	Gruix. (mm.)	Espec. Mat.			
47	Carcassa	1175	16	AISI 316L			
48	Conducte:						
49	Placa tubular:						
50	Baffles: nº / mat.	64					
51	Baffles espaiat:	93	700	mm.			
52							
53	Tubes:						
54	Nº	440	1002				
55	OD	25	mm				
56	BWG						
57	Llargada	4,66	m				
58	Pitch:	31,25	mm				
59							
60							
61							
62							
63							
64	NOTES:						
65							
66							
67							
0							
REV.		DATE	PREP.	APPR.		<p>UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química</p>	

5.6.E-106

5.6.1.1.Procediment

L'equip E-106 té com a funció en la planta com a refredador entre etapes del compressor K102 A/B.

Per carcassa circulen els gasos provinents de la primera etapa de compressió, després de refredar-se en E-105:

$$W = 47600 \text{ kg/h}$$

$$PM = 29.7 \text{ kg/kmol}$$

$$P = 2.5 \text{ barg}$$

Aquests gasos entren a 165°C per sortir-ne posteriorment a 40°C.

Per la seva banda, per tubs circula l'aigua de refrigeració amb un cabal de 125 m³/h, entrant a 25°C i sortint a 35°C.

Aquests gasos entren a 247°C per sortir-ne posteriorment a 160°C.

Pel disseny d'aquest equip s'ha apostat per recórrer, a banda de la simulació, al mètode Kern, especialment indicat pel disseny de bescanviadors de calor. Finalment, es compararan els dos resultats.

5.6.1.2.Disseny del bescanviador recomanat.

Es recomana un disseny del bescanviador en el fluid fred circuli per la carcassa i el fluid calent circuli per l'interior dels tubs.

El bescanviador constarà d'un pas per carcassa i dos passos per tubs, ja que el coeficient de correcció obtingut ha estat de 0.94 per aquesta geometria (suficient, ja que és superior a 0.8). A més, també s'ha calculat una increment de temperatura logarítmica de 45 °C.

Com s'ha dit anteriorment, s'ha suposat un coeficient global de transferència de calor inicial de 150 kcal/h m² °C.

També s'ha suposat un diàmetre de tub de 0.14 m, un gruix de 0.0036 m i una longitud de tubs de 5.33 m.

En els fulls d'especificació es mostren amb detall els principals paràmetres obtinguts pel disseny del bescanviador recomanat mitjançant la metodologia "Kern".

5.6.1.3.Simulació amb Aspen

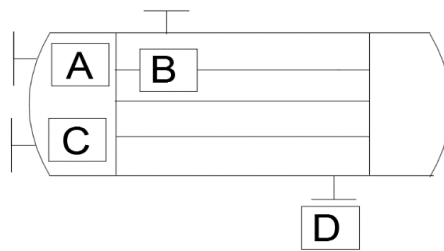
S'han introduït els valors obtinguts mitjançant la metodologia Kern al simulador "Aspen" i s'han obtingut resultats molt semblants, on només s'hi ha apreciat petites diferències en certs valors.

Per exemple, mitjançant la simulació s'han obtingut 396 tubs mentre que amb la metodologia Kern 393. Aquesta petita discrepància podria ser deguda a la petita variació de les propietats d'ambdós fluids.

HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.:	Bescanviador E-106			
2	Servei:	Refredador gasos entre etapes K102A/B			
3	Tipus:	BEM	Posició:	Horitzontal	Area total / unitat 158 (m ²)
4	No. Carcassa:	1			
5	RENDIMENT DE LA UNITAT				
6		Carcassa		Tubs	
7		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida
8	Nom del fluid	Gasos provinents de E-105		Aigua ref	
9	Cabal total de fluid	kg/h	47610	110	
10	Vapor	kg/h	47610	0	
11	Líquid	m ³ /h	0	0	
12	Vapor d'aigua	kg/h	0	0	0
13	Aigua	m ³ /h		110	
14	Temperatura	°C	165	40	25 35
15	Densitat (L/V)	kg/m ³	3,9		1000
16	Viscositat (L/V)	mPa-S	0,024	0,019	0,897 0,72
17	Pes molecular vapor	g/mol	29,7	29,7	18 18
18	Calor específica (L/V)	kJ/(kg-K)	1,03	1,02	1,24 1,27
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	W/(m-K)	0,043	0,036	0,6 0,634
20	Calor latent	kJ/kg			
21	Pressió d'entrada	barg	2,5		2,6
22	Velocitat (permesa / calculada)	m/s	8,8	16	2 2
23	Caiguda de pressió (permesa / calculada)	bar	0,2	0,2	0,2 0,03
24	Resistència Fouling	m ² -K/W	0,0001		0,0001
25	Calor bescanviada:	kW	975		
26	Coefficient transferència calor kcal/(h·m ² ·°C)	Brut: 150		Net: 168	
27	DISSENY CARCASSA				
28	Codis:	ASME sec VIII Div 1	Costat carcass	Costat tubs	
29	Pressió disseny	kg/cm ²	3,5	8	
30	Temperatura disseny	°C	200	200	
31	Nº de passos				
32	Stress relief				
33	Radiografiat				
34	Corrossió permesa	mm	1	1	
35	Connexions	Servei	Marca	Dia.	Rating
36		Aigua ref. IN	A	15	150 #
37		Gasos out	B	50	150 #
38		Aigua ref. OUT	C	100	150 #
39		Gasos from E-105	D	65	150 #
40					
41					
42					
43					
44					
45	MATERIALS				
46		Dia.	Gruix. (mm.)	Espec. Mat.	
47	Carcassa	750	16	316 Ti	
48	Conducte:				
49	Placa tubular:				
50	Baffles: nº / mat.	58			
51	Baffles espaiat:	88		mm.	
52					
53	Tubes:				
54	Nº	410			
55	OD	25		mm	
56	BWG				
57	Llargada	4,66		m	
58	Pitch:	31,25		mm	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
59					
60					
61					
62					
63					
64	NOTES:				
65					
66					
67					
0					
REV.		DATE	PREP.	APPR.	

ESQUEMA



5.7.E-205

L'equip E-205 té com a funció en la planta actuar com a refrigerador secundari. L'aigua de refrigeració, que entra a 25°C serveix per refredar un corrent d'aire secundari.

Pel disseny d'aquest equip s'ha apostat per recórrer als tubs aletejats per augmentar la capacitat de refredament. El material dels tubs és acer al carboni amb aletes d'alumini ASTM B-209.

5.7.1.1.Simulació amb Aspen

Amb el programari de disseny de bescanviadors d'Aspen es calcula els paràmetres de disseny mecànic i tèrmic del bescanviador. Per tal de facilitar el procés de simulació, s'hi ha suposat un coeficient global de 75 kcal/h m²°C.

En els fulls d'especificació es mostren amb detall els principals paràmetres obtinguts pel disseny del bescanviador recomanat.

5.8.E-204

5.8.1.1.Procediment

L'equip E-204 té com a funció en la planta ser el reboiler de la columna C-205. Per aquest cas, es decideix dissenyar un termosifó vertical per l'esmentada columna de destil·lació.

Pel disseny d'aquest equip s'ha apostat per recórrer, a banda de la simulació, al mètode Kern, especialment indicat pel disseny de bescanviadors de calor. Finalment, es compararan els dos resultats.

5.8.1.2.Disseny del bescanviador recomanat.

S'aprofita per portar a terme el disseny del bescanviador la calor estimada de la columna C-205 i es sobredissenya en un 10%.

A la planta s'aprofita el vapor provinent de l'equip V-101 pel reboiler que s'està estudiant. Per la seva part, també s'ha calculat un increment de temperatura logarítmica de 67 °C.

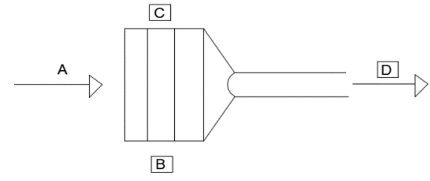
També s'ha determinat utilitzar un diàmetre de tub exterior de 25 mm, un gruix de 2 mm i una longitud de tubs de 2.5 m en material 316 Ti. Disposició triangular amb 32 mm de pitch.

5.8.1.3.Simulació amb Aspen


S'han introduït els valors obtinguts mitjançant la metodologia Kern al simulador "Aspen" i s'han obtingut resultats molt semblants, on només s'hi ha apreciat petites diferències en certs valors. Per exemple, mitjançant la simulació s'han obtingut 525 tubs mentre que amb la metodologia Kern 538. Aquesta petita discrepància podria ser deguda, novament, a la petita variació de les propietats d'ambdós fluids.

HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.:	Bescanviador E-205				
2	Servei:	Refrigerant secundari				
3	Tipus:	Aletes	Posició:	Horitzontal	Area total / unitat	57 (m ²)
4	No. Carcassa:					
5	RENDIMENT DE LA UNITAT					
6		Carcassa			Tubs	
7		Entrada	Sortida	Entrada	Sortida	
8	Nom del fluid	Aire			Aigua refrigeració	
9	Cabal total de fluid	kg/h	5520		110	
10	Vapor	kg/h	5520		0	
11	Líquid	kg/h		0		
12	Vapor d'aigua	kg/h	0	0	0	0
13	Aigua	m3/h				10,5
14	Temperatura	°C	110	30	25	75
15	Densitat (L/V)	kg/m ³	1,25	1,33	1000	
16	Viscositat (L/V)	mPa-S	0,02	0,019	0,897	0,62
17	Pes molecular vapor	g/mol	29,7	29,7	18	18
18	Calor específica (L/V)	kJ/(kg-K)	1,03	1,02	4,18	4,18
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	W/(m-K)	0,043	0,036	0,6	0,634
20	Calor latent	kJ/kg				
21	Pressió d'entrada	barg	0,6	1,1	1	
22	Velocitat (permesa / calculada)	m/s	8,8	16	2	2
23	Caigua de pressió (permesa / calculada)	bar	0,2	0,2	0,2	0,03
24	Resistència Fouling	m ² -K/W	0,0001		0,0001	
25	Calor bescanviada:	kW	2500			
26	Coeficient transferència calor kcal/(h·m ² ·°C)	Brut: 332		Net: 368		
27	DISSENY CARCASSA					
28	Codis:	ASME sec VIII Div 1	Costat carcass	Costat tubs		
29	Pressió disseny	kg/cm ²				
30	Temperatura disseny	°C	150	105		
31	Nº de passos		1	1		
32	Stress relief					
33	Radiografiat					
34	Corrosió permesa	mm	1	1		
35	Connexions	Servei	Marca	Dia.	Rating	
36		Entrada gasos	A	-	150 #	
37		Entrada aigua	B	-	150 #	
38		Sortida aigua	C	-	150 #	
39		Sortida gas	D	16"	150 #	
40						
41						
42						
43						
44						
45	MATERIALS					
46		Dia.	Gruix. (mm.)	Espec. Mat.		
47	Carcassa	750	16	316 Ti		
48	Conducte:					
49	Placa tubular:					
50	Baffles: nº / mat.					
51	Baffles espaiat:			mm.		
52						
53	Tubes:					
54	Nº	170				
55	OD	25		mm		
56	BWG					
57	Llargada	5		m		
58	Pitch:	65		mm	□ ◇ △ ◁	
59						
60						
61						
62						
63						
64	NOTES:					
65						
66						
67						
0						
REV.		DATE	PREP.	APPR.		



ESQUEMA

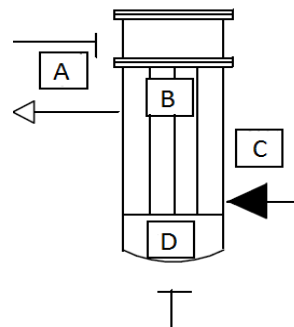


UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
Departament d'Enginyeria Química

HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.:	Bescanviador E-204			
2	Servei:	Reboiler			
3	Tipus:	Termosifó	Posició:	Vertical	
3	Area total / unitat	330		(m ²)	
4	No. Carcassa:	1			
5	RENDIMENT DE LA UNITAT				
6		Entrada	Sortida		
8	Nom del fluid	Producte de fons + vapor		Recirculat	
9	Cabal total de fluid	m3/h		360235	
10	Vapor	m3/h		359640	
11	Líquid	m3/h		3000	
12	Vapor d'aigua	m3/h		0	
13	Aigua	m3/h		0	
14	Temperatura	°C		31	
15	Densitat (L/V)	ft3/lb		27,9	
16	Viscositat (L/V)	mPa-S		0,024	
17	Pes molecular vapor	g/mol		28,1	
18	Calor específica (L/V)	kJ/(kg-K)		1,03	
19	Conductivitat tèrmica (L/V)	W/(m-K)		0,043	
20	Calor latent	kJ/kg			
21	Pressió d'entrada	barg		0,15	
22	Velocitat (permesa / calculada)	m/s		4,4	
23	Caigua de pressió (permesa / calculada)	bar		0,0031	
24	Resistència Fouling	m ² -K/W		0,0001	
25	Calor bescanviada:	kW		975	
26	Coeficient transferència calor kcal/(h·m ² ·°C)	Brut: 50		Net: 68	
27	DISSENY CARCASSA				
28	Codis:	ASME sec VIII Div 1	Costat carcass	Costat tubs	
29	Pressió disseny	kg/cm ²	2,5	3,5	
30	Temperatura disseny	°C	205	300	
31	Nº de passos				
32	Stress relief				
33	Radiografiat				
34	Corrossió permesa	mm	1	1	
35	Connexions	Servei	Marca	Dia.	Rating
36		Retorn	A	8"	
37		Condensat	B	8"	
38		Vapor d'aigua	C	2"	
39		Producte fons C-205	D	8"	
40					
41					
42					
43					
44					
45	MATERIALS				
46		Dia.	Gruix. (mm.)	Espec. Mat.	
47	Carcassa				
48	Conducte:				
49	Placa tubular:				
50	Baffles: nº / mat.				
51	Baffles espaiat:		mm.		
52					
53	Tubes:				
54	Nº	542			
55	OD	25	mm		
56	BWG				
57	Llargada	2,5	m		
58	Pitch:	32	mm	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
59					
60					
61					
62					
63					
64	NOTES:				
65					
66					
67					
0					
REV.		DATE	PREP.	APPR.	

ESQUEMA



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
 Departament d'Enginyeria Química

5.9. Bombes

A continuació s'explica el procediment de càlcul utilitzat per calcular totes les bombes del procés.

Primerament cal tenir en compte les característiques del sistema, és a dir, les pressions a les que estan sotmesos els diferents equips entre els quals treballa la bomba, els diàmetres de les canonades i tots els accessoris presents en el tram estudiat.

També és necessari conèixer les propietats del fluid.

Un cop conegudes totes les dades necessàries ja podem realitzar els càlculs per trobar-ne el disseny. Primerament es calcula el nombre de Reynolds, Re , a partir del qual podem classificar el fluid en turbulent o laminar.

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (5.9.1)$$

$Re < 2000$ flux laminar

$Re > 4000$ flux turbulent

Si el flux és laminar, el factor de fricció només depèn del nombre de Reynolds.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (5.9.2)$$

Per contra, per un flux turbulent no existeix una relació simple que permeti el càlcul del factor de fricció. Aquest factor depèn del nombre de Reynolds i també de la rugositat relativa, ε/D .

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{\text{alçada mitjana de la rugositat}}{\text{diàmetre de la canonada}} \quad (5.9.3)$$

En els dissenys realitzats s'ha utilitzat una alçada mitjana de la rugositat per a acers oxidats de 0.5 degut als problemes de corrosió a que està sotmesa aquesta planta.

Així doncs, mitjançant el diagrama de *Moody* que relaciona el Reynolds amb la rugositat relativa es troba el factor de fricció, f .

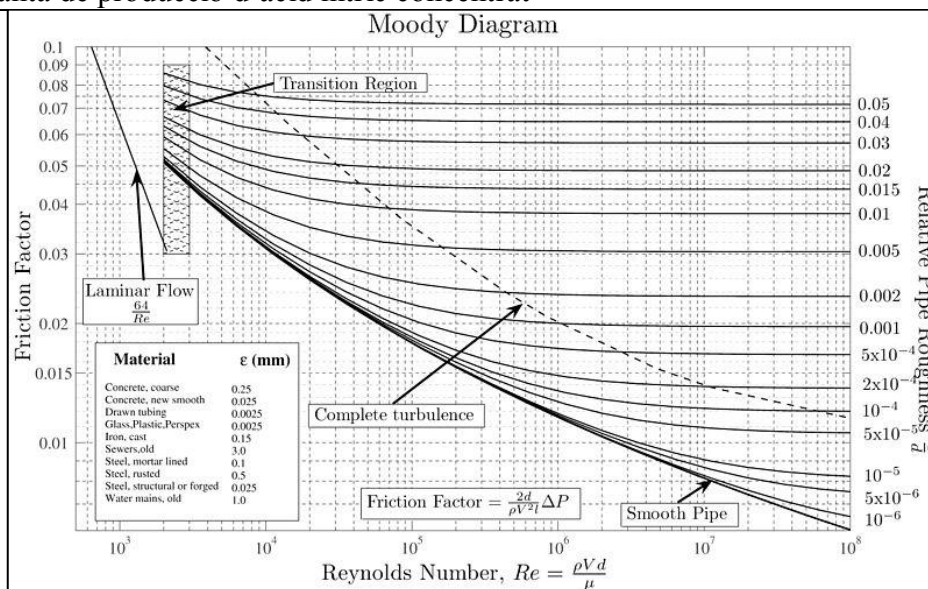


Figura 5.9.1. Diagrama de Moody.

Un cop trobat el factor de fricció ja es poden començar els càlculs de les pèrdues d'energia per fricció. Aquestes pèrdues les hem dividit en pèrdues primàries que són les que té un tram de canonada llisa sense accessoris; les pèrdues secundàries que són les causades per les reduccions i els eixamplaments i finalment, les pèrdues secundàries per accessoris que són les pèrdues referents a colzes i vàlvules.

$$\text{pèrdues primàries} = h_f = f \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g} \tag{5.9.4}$$

$$\text{pèrdues secundàries} = h_L = K_L \frac{v^2}{2g} \tag{5.9.5}$$

$$\text{pèrdues secundàries accessoris} = h_L = f \frac{l_{eq}}{D} \frac{v^2}{2g} \tag{5.9.6}$$

Les longituds equivalents per els accessoris s'han extret de la següents figura:

Tipo	(L/D) _{eq}
Válvula de globo-abierta por completo	340
Válvula de ángulo abierta por completo	150
Válvula de compuerta-abierta por completo	8
¾ abierta	35
½ abierta	160
¼ abierta	900
Válvula de verificación tipo giratoria	100
Válvula de verificación tipo bola	150
Válvula de mariposa abierta ,por completo (2 a 8 pulg)	45
10 a 14 pulg	35
16 a 24 pulg	25
Válvula de pie tipo disco de vástago	420
Válvula de pie tipo disco de bisagra	75
Codo estándar de 90	30
Codo de 90 de radio largo	20
Codo roscado a 90	50
Codo estándar a 45	16
Codo roscado a 45	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar con flujo directo	20
Con flujo en el ramal	60

Figura 5.9.2. Longituds equivalents dels accessoris.

Els valors de K_L per a les reduccions i eixamplaments s'han extret bibliogràficament^(REF.1) i són 0.5 i 1 respectivament.

Finalment ja es pot calcular la pressió a l'aspiració i la pressió a la impulsió de la bomba, així com, la altura a la que ha de treballar aquesta.

$$\frac{P_A}{\rho g} = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 - h_f \quad (5.9.7)$$

$$\frac{P_B}{\rho g} = \frac{P_2}{\rho g} + Z_1 + h_f \quad (5.9.8)$$

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (Z_2 - Z_1) + h_f \quad (5.9.9)$$

Per acabar el disseny, es calcula el NPSH disponible i la potència del fluid per poder trobar el rendiment de la bomba.

$$NPSH_{disponible} = \frac{P_1}{\rho g} + Z_1 - Z_E - h_{f_{aspiració}} - \frac{P_s}{\rho g} \quad (5.9.10)$$

$$Potència_{fluid} = \rho g H Q \quad (5.9.11)$$

$$\eta = \frac{Potència_{fluid}}{Potència_{delabomba}} \quad (5.9.12)$$

5.9.1. Bomba P-104

La bomba P-104 és l'encarregada de bombejar el fluid provinent del separador d'aigua acidulada V-102 al blanquejador d'aigua àcida C-102.

Amb el cabal que es desitja moure i l'altura calculada es selecciona la bomba més adient. Primerament es selecciona el model de bomba tenint en compte les revolucions per minut ja que poden ser de 1450rpm o bé de 2900rpm. En aquest cas s'han cercat dins de les bombes de 1450rpm.

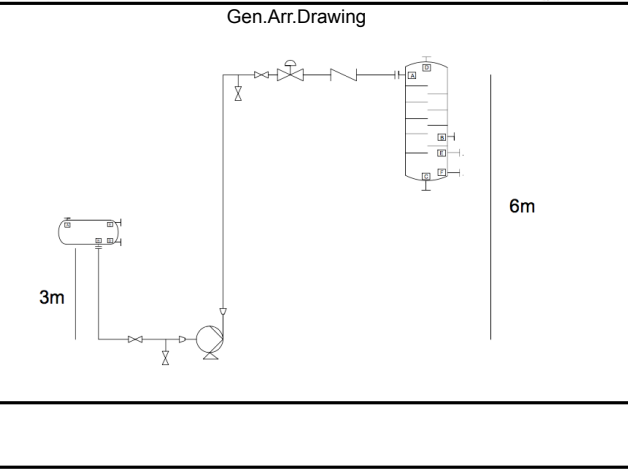
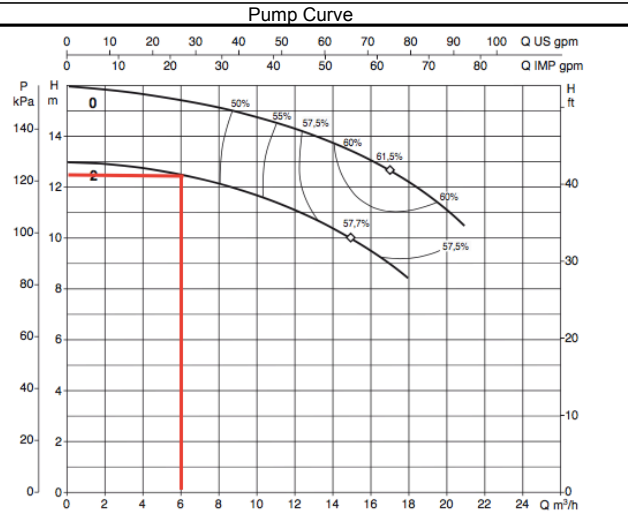
Seguidament dins de les corbes característiques del model escollit es selecciona la mida del rodet i a continuació es troba el NPSH requerit i la potència que tindrà la bomba. Cal assegurar-se que el NPSH disponible sigui major al NPSH requerit extret del gràfic.

Així doncs, s'utilitza la bomba Saci model NKM-G 32-200 per bombejar 6.6 m³/h de fluid cap al blanquejador d'aigua àcida C-102 amb un rendiment del 55%. La pressió a l'aspiració és de 0.95 bar i de 2.18 bar a la impulsió.

El resultats obtinguts es mostren a la fulla d'especificació que s'observa a continuació. Pel que fa a les gràfiques utilitzades es mostren a l'annex B.1.

CENTRIFUGAL PUMP DATA SHEET

1	GENERAL	Fabricant :			
2		Tipus:		Model:	
3		Item No.:	No. De bombes requerides 1		Codi:
5	CONDICIONS D'OPERACIÓ	Líquid bombejat: Aigua àcida			
6		Temperatura de bombeig:		49	°C
7		Desitat a P.T. :		1007	kg/m3
8		Pressió de vapor a P.T.:		0,113	bar
9		Viscositat a P.T. :		0,547	mPa-s
10		Capacitat			
11		Normal		5,47	m³/h
12		Max.		6,57	m³/h
13	Pressió aspiració (eff.)		0,95	bar	
14	Pressió descàrrega (eff.)		2,2	bar	
15	Pressió diferencial		1,23	bar	
16	Differential Head			m.l.c.	
17	N.P.S.H. disponible		8,4	m.w.c	
18	DADES DE DISSENY	Temperatura de disseny		70	°C
19		Max.pressió de treball permesa (eff)		3	bar
20		N.P.S.H.Req.(water)		0,75	m.w.c
21		Rot.freq.			s ⁻¹
22		Potència a l'eix		0,4	kW
23		Eficiència		55	%
24	Min.Cont.flow			m³/h	
25	DETTALLS DE CONSTRUCCIÓ	Arrangement	Horiz.	Vert	
26		Impeller diameter			mm
27		Nombre d'etapes			
28		Cooling consumption:			m³/s
29		Bearings			
30		Type			
31		Lubrication			
32		Coupl.			
33		Type			
34		Lubr.:			
35	Connexions	Mark	Nº	Dia.	Rating
36	Aspiració				
37	Descàrrega				
38	Drenatges				
39	Aigua refrigeració				
40	SHAFT SEALING	Mechanical Seal			
41		Manufr.			
42		Type Nº			
43		Classification code acc. API:			
44		Stuffing box packing			
45	Stuffing box pressure(eff.)			kg/cm²g	
46	Lip Seal				
47	MATERIALS	Casing and Covers			
48		Shaft			
49		Impeller			
50		Shaft sleeves			
51		Casing / Impeller Wear Rings			
52	DRIVER	E-motor			
53		Installed Power			kW
54		Rot.freq.			s ⁻¹
55		Turbine			
56	Connection				
57	TESTS	Hidrostatic test			kg/cm²g
58		NPSH test			m.w.c
59					
60	MISC.	Weight of Pump			kg
61		Driver weight			kg
62					
63	REMARKS				
64					
65					
66					
0	REV.	DATE	PREP.	APPR.	



5.9.2. Bomba P-101

La bomba P-101 s'encarrega de bombejar l'amoniac provinent del tanc esfèric T-151 fins a l'entrada del bescanviador E-101 passant per la columna azeotròpica C-203 per escalfar l'amoniac.

El procediment seguit per a la selecció de la bomba ha estat el mateix que el que s'explica a l'apartat 5.2.1. Així doncs, s'ha escollit la bomba KSB MEGANORM BLOC 25-150 de 2900rpm per bombejar els 5.24 m³/h d'amoniac provinents del tan esfèric fins el bescanviador E-101 amb un rendiment del 46%. La pressió d'aspiració és de 0.85 bar i 2.76 la d'impulsió.

El resultats obtinguts es mostren a la fulla d'especificació que s'observa a continuació. Pel que fa a les gràfiques utilitzades es mostren a l'annex B.2.

Seguidament es pot observar un petit esquema del tram d'aspiració i impulsió de la bomba P-101.

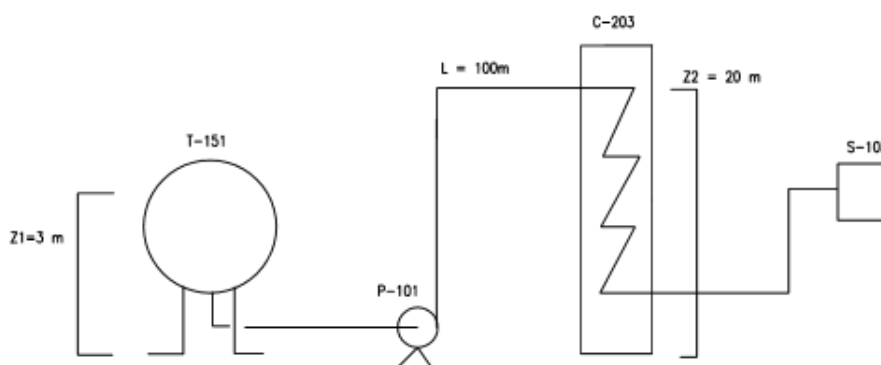
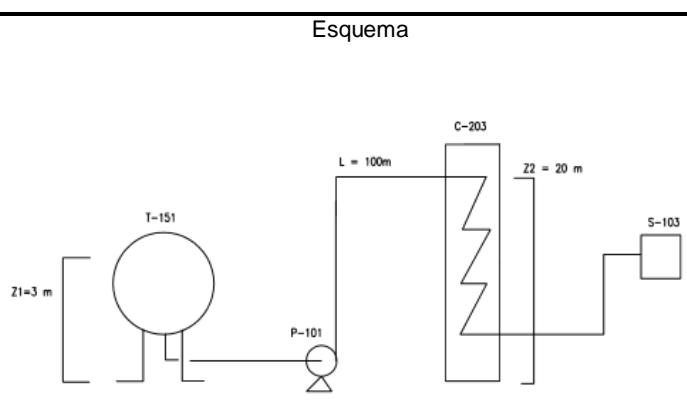
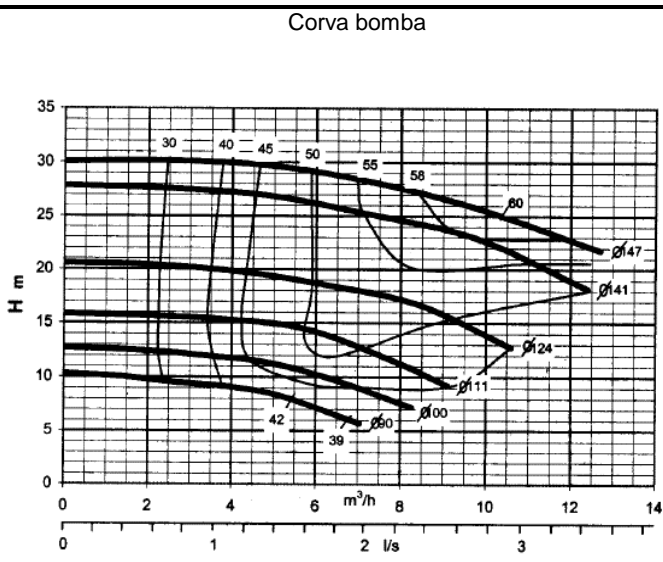


Figura 5.9.2.1 Esquema de la P-101

CENTRIFUGAL PUMP DATA SHEET

1	GENERAL				Fabricant :
2	Tipus Centrifuga		Model: KSB MEGANORM BLOC 25-150		
3	Item No.: P-101	No. Bombes requerides 1		Code:	
5	Liquid bombejat Amoniac				
6	Temperatura de bombeig PT		-35	°C	
7	Densitat a P T :		689	kg/m ³	
8	Pressió de vapor P T		0.94	barg	
9	Viscositat a P T :		0.1	cP	
10	Capacitat				
11	Normal		5.24	m ³ /h	
12	Max.		5.46	m ³ /h	
13	Pressió succió (eff)		0.86	barg	
14	Pressió descarrega (eff)		2.76	barg	
15	Diferència de pressió		1.9	barg	
16	Differential Head		28.2	m	
17	N.P.S.H. disponible		16.6	m.w.c	
18	Temperatura de disseny		-50	°C	
19	Max. Pressió de treball permesa			kg/cm ² g	
20	N.P.S.H.Req.(aigua)		1.5	m.w.c	
21	Rot.freq.			s ⁻¹	
22	Potència		0.8	kW	
23	Eficiència		46	%	
24	Min.Cont.flow			m ³ /h	
25	Disposició		Horiz.	Vert	
26	Diametre d'implementació		mm		
27	Número d'etapes		3		
28	Consum refrigeració		m ³ /s		
29	Aspectes				
30	Tipus				
31	Lubricació				
32	Copl.				
33	Tipus				
34	Lubr.:				
35	Connexions	Marca	Nº	Dia.	
36	Succió			Rating	
37	Descarrega				
38	Vents				
39	Aigua refrigeració				
40	Sello mecanic				
41	Manufr.				
42	Tipus Nº				
43	Classificació codi API				
44	Stuffing box packing				
45	Stuffing box pressure(eff.)		kg/cm ² g		
46	Lip Seal				
47	Casing and Covers				
48	Shaft				
49	Impeller				
50	Shaft sleeves				
51	Casing / Impeller Wear Rings				
52	E-motor				
53	Potencia instalació		kW		
54	Rot.freq.		48	s ⁻¹	
55	Turbine				
56	Connexions				
57	Hidrostatic test		kg/cm ² g		
58	NPSH test		2	m.w.c	
59					
60	Pes de la bomba		19	kg	
61	Pes conductor		kg		
62					
63					
64					
65					
66					
0					
REV.	DATE	PREP.	APPR.		



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química

5.9.3. Bomba P-105

La bomba P-105 s'encarrega de bombejar l'aigua àcida des de el separador C-102 fins al tanc T-101.

El procediment seguit per a la selecció de la bomba ha estat el mateix que el que s'explica a l'apartat 5.2.1. En aquest cas la bomba seleccionada ha estat dins la bomba SACI model NKM-G 32-200 de 1450rp, per bombejar $6.54 \text{ m}^3/\text{h}$ d'aigua àcida provinent del *bleacher* C-102 al tanc d'emmagatzematge T-101 amb un rendiment del 55%. La pressió a l'aspiració és de 0.96 bar i de 2.23 bar a la impulsió.

El resultats obtinguts es mostren a la fulla d'especificació que s'observa a continuació. Pel que fa a les gràfiques utilitzades es mostren a l'annex B.3.

Seguidament es mostra un petit esquema del tram d'aspiració i impulsió de la bomba P-105.

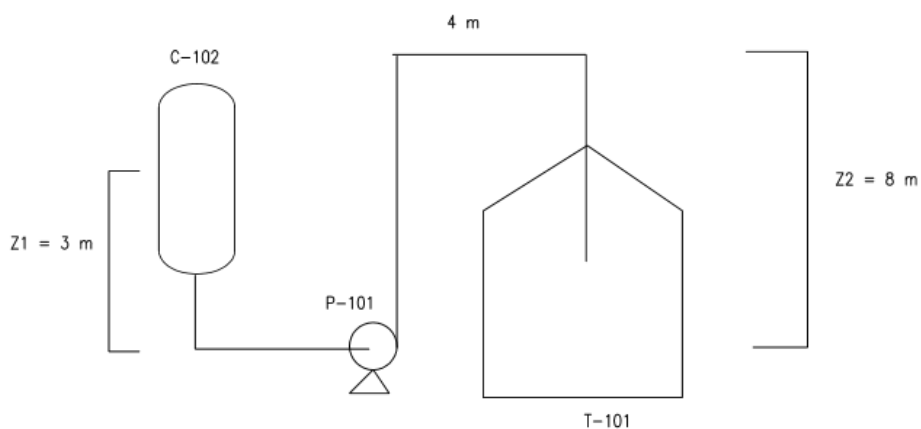
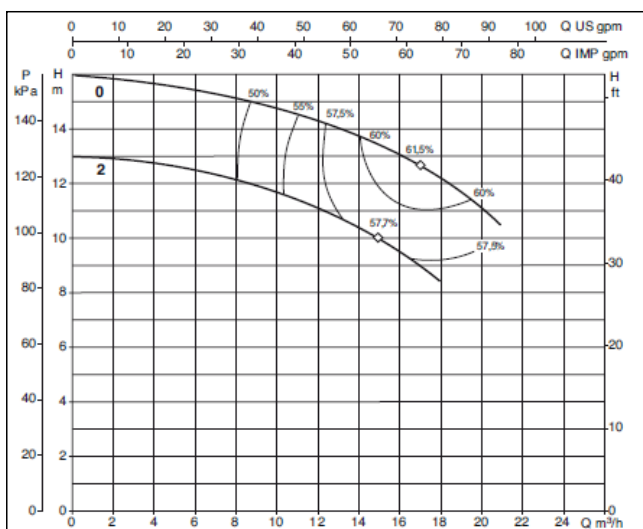


Figura 5.9.3.1 Esquema de la bomba P-105

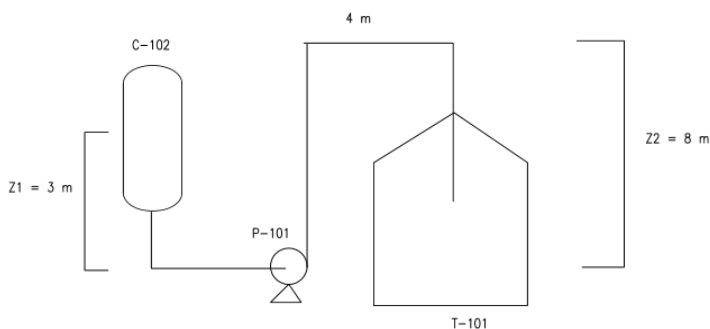
CENTRIFUGAL PUMP DATA SHEET

1	GENERAL	Fabricant : SACI			
2		Tipus Centrifuga	Model:	SACI 32/200	
3		Item No.: P-105	No. of pumps required: 1	Code:	
5	CONDICIONS D'OPERACIÓ	Liquid bombejat Aigua acidulada			
6		Temperatura de bombeig PT		30 °C	
7		Densitat a P T :	1010	kg/m ³	
8		Pressió de vapor P T	0.12	bara	
9		Viscositat a P T :	0.89	cP	
10		Capacitat			
11		Normal	5.46	m ³ /h	
12		Max.	6.55	m ³ /h	
13		Pressió succió (eff)	0.96	barg	
14		Pressió descarrega (eff)	2.23	barg	
15	Diferencia de pressió	1.27	bar		
16	Differential Head	12.9	m		
17	N.P.S.H. disponible	9.5	m.w.c		
18	DADES DISSENY	Temperatura de disseny		60 °C	
19		Max. Pressió de treball permesa		kg/cm ² g	
20		N.P.S.H.Req.(aigua)		0.8 m.w.c	
21		Rot.freq.		24 s ⁻¹	
22		Potència		0.3 kW	
23		Eficiència		55 %	
24		Min.Cont.flow		m ³ /h	
25	DETAJLS CONSTRUCCIÓ	Disposició		Horiz.	Vert
26		Diametre d'implementació		mm	
27		Número d'etapes		3	
28		Consum refrigeració		m ³ /s	
29		Aspectes			
30		Type			
31		Lubrication			
32		Coupl.			
33		Type			
34		Lubr.:			
35	Connexions	Mark	Nº	Dia.	Rating
36	Succió				
37	Descarrega				
38	Vents/Drains				
39	Aigua refrigeració				
40	SELLATGE D'EIXOS	Sello mecanic			
41		Manufr.			
42		Tipus Nº			
43		Classificació codi API			
44		Stuffing box packing			
45		Stuffing box pressure(eff.)		kg/cm ² g	
46	Lip Seal				
47	MATERIALS	Casing and Covers			
48		Shaft			
49		Impeller			
50		Shaft sleeves			
51		Casing / Impeller Wear Rings			
52	CONDUCTOR	E-motor			
53		Potencia instalació	1	kW	
54		Rot.freq.	48	s ⁻¹	
55		Turbine			
56		Connexions			
57	TESTS	Hidrostatic test		kg/cm ² g	
58		NPSH test		m.w.c	
59	MISC.				
60		Pes de la bomba		kg	
61		Pes conductor		kg	
62					
63	REMARKS				
64					
65					
66					
0	REV.	DATE	PREP.	APPR.	

Corva bomba



Esquema



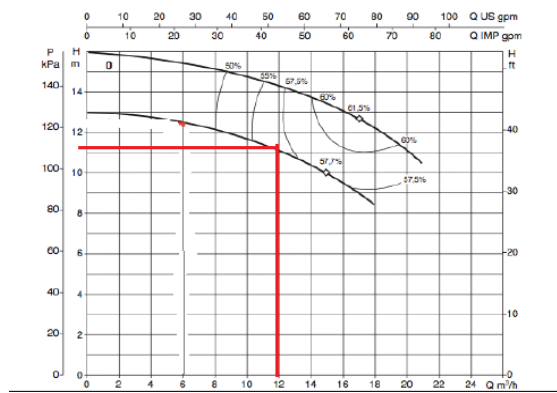
5.9.4.Bomba P-206

La bomba P-206 s'encarrega de bombejar el producte de fons del destil·lador de buit C-205. Seguidament es mostren les taules amb les dades necessàries del fluid i les característiques del sistema en el tram d'aspiració i d'impulsió.

CENTRIFUGAL PUMP DATA SHEET

1	GENERAL	Manufacturer :			
2		Type:		Model:	
3		Item No.:		No. of pumps required: 1	
4		Code:			
5	OPERATING CONDITIONS	Liquid pumped: Aigua àcida			
6		Pumping Temp.(P.T) :		55 °C	
7		Density at P.T. :		1019 kg/m ³	
8		Vapor Press. at P.T.:		0,11 bar	
9		Viscosity at P.T. :		0,6 mPa-s	
10		Capacity			
11		Normal		13,2 m ³ /h	
12		Max.		14 m ³ /h	
13		Suction Pressure (eff.) :		0,7 bar	
14		Discharge Pressure(eff.)		5,23 bar	
15	Differential Pressure		2,27 bar		
16	Differential Head		m.l.c.		
17	N.P.S.H.Avail.		11,7 m.w.c		
18	DESIGN DATA	Design Temperature		70 °C	
19		Max.Allow.working press.(eff)		3 bar	
20		N.P.S.H.Req.(water)		0,8 m.w.c	
21		Rot.freq.		s ⁻¹	
22		Power at Shaft		0,41 kW	
23		Efficiency		60 %	
24		Min.Cont.flow		m ³ /h	
25	CONSTRUCCION DETAIL	Arrangement		<input type="checkbox"/> Horiz. <input type="checkbox"/> Vert	
26		Impeller diameter		mm	
27		Number of Stages			
28		Cooling consumption:		m ³ /s	
29		Bearings			
30		Type			
31		Lubrication			
32		Coupl.			
33		Type			
34		Lubr.:			
35		Nozzles		Mark N° Dia. Rating	
36		Suction			
37		Discharge			
38	Vents/Drains				
39	Water Cooling				
40	SHAFT SEALING	Mechanical Seal			
41		Manufr.			
42		Type N°			
43		Classification code acc. API:			
44		Stuffing box packing			
45		Stuffing box pressure(eff.)		kg/cm ² g	
46	Lip Seal				
47	MATERIALS	Casing and Covers			
48		Shaft			
49		Impeller			
50		Shaft sleeves			
51		Casing / Impeller Wear Rings			
52	DRIVER	<input type="checkbox"/> E-motor			
53		Installed Power		kW	
54		Rot.freq.		s ⁻¹	
55		<input type="checkbox"/> Turbine			
56		Connection			
57	TESTS	Hidrostatic test		kg/cm ² g	
58		NPSH test		m.w.c	
59					
60	MISC.	Weight of Pump		kg	
61		Driver weight		kg	
62	REMARKS				
63					
64					
65					
66					
0	REV.	DATE	PREP.	APPR.	

Pump Curve



Gen.Arr.Drawing



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
 Departament d'Enginyeria Química

5.9.5. Bomba P-201

La bomba P-201 encarregada de bombejar el producte de fons provinent de la columna subazeotròpica, després d'haver-la estudiat amb detall amb el mateix procediment d'anàlisi que les altres bombes s'ha decidit que és totalment prescindible pel funcionament diari de la planta. Portant a terme els càlculs, es pot apreciar que dona valors negatius la instal·lació de la bomba, pel que és innecessaria.

Finalment, se li ha decidit donar un paper exclusiu en les posades en marxa, bombejant fluids entre columnes treballant a pressió atmosfèrica.

5.10. Compressors

Seguidament es mostra el procediment dut a terme per al disseny del compressor calculant quina és la potència necessària per a comprimir o expandir el gas desitjant a les condicions d'operació necessàries.

Primerament, s'ha de conèixer el cabal a comprimir en m^3/s per així poder estimar al gràfic l'eficiència polientròpica^(REF.2), E_p .

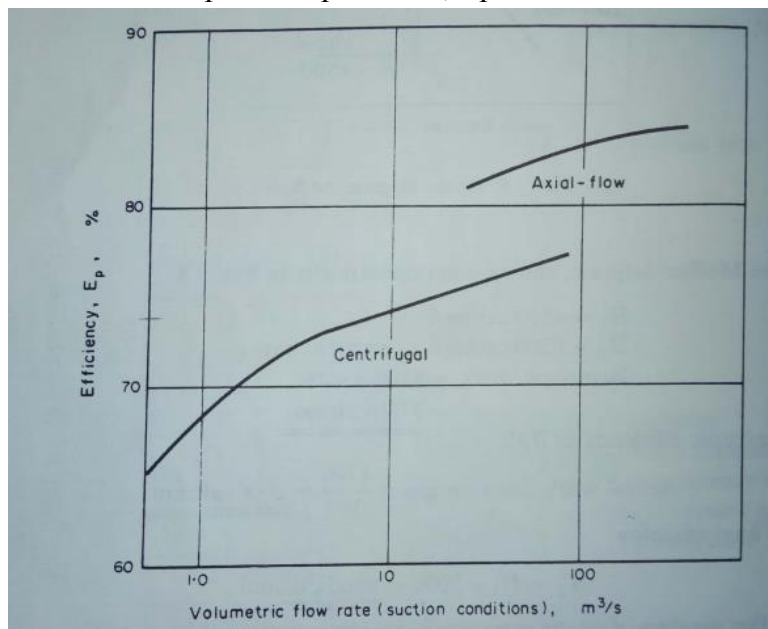


Figura 5.10.1. Relació del cabal amb l'eficiència polientròpica.

Quan l'eficiència polientròpica ja es coneguda es pot calcular el factor m que aquest dependrà de si és una expansió o compressió. Seguidament s'observen les equacions per las dos casos.

$$\text{Per compressió: } m = \frac{ZR}{C_p} \left(\frac{1}{E_p} + X \right) \quad (5.10.1)$$

$$\text{Per expansió: } m = \frac{ZR}{C_p} (E_p + X) \quad (5.10.2)$$

En el cas que les condicions d'operació es trobin allunyades de les crítiques, les dos equacions anteriors és redueixen a les que es mostren a continuació.

$$\text{Per compressió: } m = \frac{\gamma - 1}{\gamma E_p} \quad (5.10.3)$$

$$\text{Per expansió: } m = \frac{(\gamma - 1) E_p}{\gamma} \quad (5.10.4)$$

Un cop trobat el factor m ja es pot calcular quina serà la temperatura de sortida del compressor, T_2 .

$$T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^m \quad (5.10.5)$$

Així doncs, coneixent T_2 només és necessari calcular el factor n per així ja tenir totes les variables per calcular la potència del compressor amb les equacions que es mostren seguidament.

$$n = \frac{1}{1 - m} \quad (5.10.6)$$

$$W_{pol} = Z \cdot R \cdot T \cdot \left(\frac{n}{n-1}\right) \cdot \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1 \quad (5.10.7)$$

A continuació es calcula el treball actual requerit amb l'equació X.8.

$$Treball_{actual} requerit = \frac{W_{pol}}{E_p} \quad (5.10.8)$$

I finalment es calcula la potència amb la següent equació.

$$Potència = treball_{actual} requerit \cdot cabal \quad (5.10.9)$$

Seguidament si es calcula la potència hidràulica, que és 1.2 vegades la potència, es pot calcular la potència del motor. A partir del valor de la potència hidràulica s'obté el valor de l'eficiència en motors elèctrics, que després aquest valor és necessari per trobar la potència total del compressor mitjançant l'equació següent.

$$Potència = \frac{potència_{hidràulica}}{eficiència_{motor} elèctrics} \quad (5.10.10)$$

5.10.1. Compressor K102A/B

Aquest compressor consta de dos etapes amb la finalitat de produir un augment de pressió del producte. Pel que fa al factor de compressibilitat es considera que aquest gas és ideal i per tant el factor és de 1. A l'annex C.1 es mostren els resultats obtinguts per el procediment descrit anteriorment.

5.10.2. Soplant K-101

Aquest compressor és l'encarregat d'agafar l'aire atmosfèric comprimir-lo i proveir al procés d'oxigen per tal que es produeixin les reaccions principals en el reactor S-104 amb l'amoníac i l'oxigen com a reactius principals. A l'annex C.2 es mostren els resultats obtinguts per el procediment descrit anteriorment.

5.10.3. Soplant K-201

Aquest equip fa la funció de compressor d'aire secundari i consta d'una etapa amb la finalitat de produir un augment de pressió del producte. Pel que fa al factor de compressibilitat es considera que aquest gas és ideal i per tant el factor és de 1. En la taula que es mostra a continuació és mostren les condicions d'operació i el cabal al que han de treballar els dos compressors. A l'annex C.3 es mostren els resultats obtinguts per el procediment descrit anteriorment.

5.10.4. Compressor K-202

Els gasos resultants del condensador de buit E-203 surten cap a l'atmosfera mitjançant la impulsió d'aquest equip. En la taula que es mostra és mostren les condicions d'operació.

Taula 5.10.4 Valors inicials per al compressor K202

Variable	Valor
Cabal (kg/h)	5600
Densitat (kg/m ³)	1.056
T1 (K)	325
P1 (mbar)	4
P2 (bar)	1
Potència (kW)	2.2

No obstant, en l'estudi de l'equip E-203, s'estima que els gasos resultants pels tubs del bescanviador tornen tots cap al destil·lador de buit C-205. Així doncs, no s'ha pogut fer un càlcul real via simulació dels cabals que sortirien i en conseqüència, que alimentarien el K-202.

Així doncs, s'ha fet una estimació fent un percentatge del vapor que hi podria sortir, més de l'esperat, per tal de poder fer un càlcul aproximat de la potència de la bomba de buit. En qualsevol cas, seria necessari l'ús d'una planta pilot per determinar realment els gasos que s'expulsarien a atmosfera.

BLOWER DATA SHEET

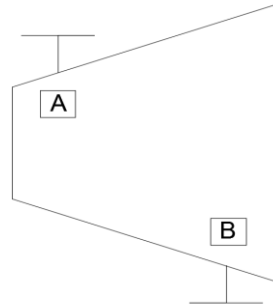
1		Item:	Compressor K-101				
2	GENERAL	Fabricant:					
3		Tipus:			Model:		
4		Nº Cases:					
5							
6	CONDICIONS D'OPERACIÓ	Gas:	Aire				
7		Densitat	1,15		kg/m ³		
8		Massa molecular mitjana	28,96		kg/kmol		
9		Valor k					
10		Factor de compressibilitat	0,999				
11		Aspiració					
12		Cabal	39,58		Nm ³ /h		
13		Cabal màssic	51146		kg/h		
14		Press	0,85		bara		
15		Temp.	20		°C		
16	Descàrrega						
17	Press	1,21		bara			
18	Temp.	62		°C			
19	Caiguda de pressió			mmca			
20							
21	CONDICIONS DE DISSENY	Codi					
22		Press. disseny	1,815		bar		
23		Temp. disseny	82		°C		
24		Densitat	1,15		kg/m ³		
25		Corrossió permesa	0		mm.		
26	Pressió de prova carcassa	2,6		bar			
27			Thick. / Dia.	Mat'l Class			
28	MATERIAL	Carcassa		mm			
29		Rotor:		mm			
30		Eix		mm			
31							
32	DETALLS	Connexions	Servei	Marca	Nº	Mida	Rating
33			Entrada aire	A		36°	
34			Sortida aire	B		36°	
35							
36							
37							
38							
39							
40		Direcció rotació CW-CCW					
41		Tipus de rodaments					
42		Tipus d'acoblament					
43	ELEC.MOTOR DRIVE	Dades Mecàniques:					
44			Potència requerida estimada		734	kW	
45			Tamany del motor proposat		927	kW	
46			Freqüència de rotació			s ⁻¹	
47			Rodaments:				
48			Dades Elèctriques:				
49			Volts:			V	
50			Fase				
51		Freqüència			Hz		
52		Nombre de pols					
53		Corrent de càrrega completa			A		
54							
0							
REV.	DATE	PREP.	APPR.				

ESQUEMA

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
 Departament d'Enginyeria Química

1		Item:	Compressor K-201				
2	GENERAL	Fabricant:					
3		Tipus:			Model:		
4		Nº Cases:					
5							
6	CONDICIONS D'OPERACIÓ	Gas:	Aire				
7		Densitat	1,15			kg/m ³	
8		Massa molecular mitjana	28,96			kg/kmol	
9		Factor de compressibilitat	0,999				
10		<u>Aspiració</u>					
11		Cabal	4783			Nm ³ /h	
12		Cabal massic	5500			kg/h	
13		Press	0,135			bara	
14		Temp.	20			°C	
15		<u>Descàrrega</u>					
16	Press	1,21			bara		
17	Temp.	108			°C		
18	Caigua de pressió				mmca		
19							
20	CONDICIONS DE DISSENY	Codi					
21		Press. disseny	1,815			bara	
22		Temp. disseny	130			°C	
23		Densitat	1,15			kg/m ³	
24		Corrosió permesa	0			mm.	
25	Pressió de prova carcassa	1,45			kg/cm ²		
26							
27	MATERIAL		Thick. / Dia.		Mat'l Class		
28		Carcassa		mm			
29		Rotor:		mm			
30		Eix		mm			
31							
32	DETALLS	Connexions	Service	Mark	Nº	Size	Rating
33			Aspiració	A			
34			Descàrrega	B			
35				C			
36				D			
37				E			
38				F			
39		G					
40		Direcció rotació CW-CCW					
41		Tipus de rodaments					
42		Tipus d'acoblament					
43	ELEC.MOTOR DRIVE	Dades Mecàniques:					
44		170	Potència requerida estimada			kW	
45		180	Tamany del motor proposat			kW	
46		1500	Freqüència de rotació			rpm	
47			Rodaments:				
48		Dades Elèctriques:					
49			Volts:			V	
50			Fase				
51			Freqüència			Hz	
52			Nombre de pols				
53		Corrent de càrrega completa			A		
54							
0							
REV.	DATE	PREP.	APPR.				

ESQUEMA



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
Departament d'Enginyeria Química

5.11. Separadors vessels

5.11.1. Calderí V-101

El calderí de vapor V-101 s'encarrega de subministrar al bescanviador E-103 la suficient energia per poder refredar de 475°C a 182°C. Aquest refredament es produeix a partir de vapor d'aigua a 7 barg i a 170°C. El bescanvi de calor es realitza d'aquesta forma ja que a l'entrada del bescanviador d'aigua desmineralitzada es troba en estat líquid i quan passa a través de la carcassa, 1/3 part del cabal es converteix en fase gas. Aquest canvi de fase produeix la suficient energia per refredar el corrent dels gasos de reacció.

5.11.1.1. Disseny funcional i geomètric

Així doncs, a partir de la calor produïda en el E-103, es pot calcular mitjançant un balanç d'energia quin és el cabal de vapor que es necessita. Per tant, la calor bescanviada és de 5043 KW, l'entalpia de vaporització és de 2066 KJ/kg i amb l'equació 5.11.1.1.1 és calcula el cabal vaporitzat.

$$Q = m \cdot \Delta H \quad (5.11.1.1.1)$$

El cabal vaporitzat és de 8787 kg/h, per tant, el cabal total d'entrada seran 3 vegades el vaporitzat, és a dir, 26362 kg/h i el cabal líquid serà de 17574 kg/h.

Al V-101 entra líquid i vapor, on el vapor produït per el refredament dels gasos de reacció és extret cap a la xarxa de vapor. Mentrestant es va introduint la mateixa quantitat d'aigua desmineralitzada per compensa els kg/h que s'han eliminat. D'aquesta forma el cabal d'entrada al bescanviador segueix sent de 26362 kg/h.

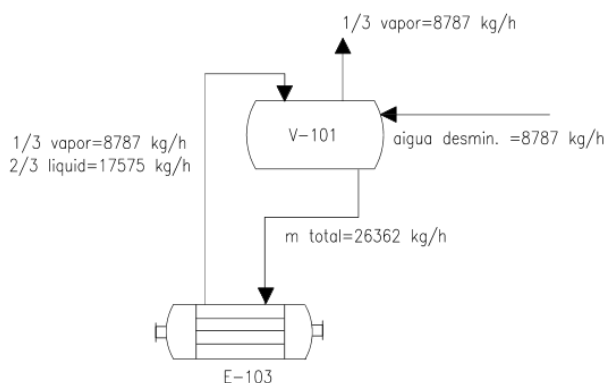


Figura 5.5.1.1.1. Esquema del funcionament del V-101

L'inventari de líquid és pren per la longitud H i es considera que aquest té un marge de 15 min a l'interior del separador. Tot seguit, es calcula el volum d'aquest.

$$V = \frac{m_{total} \cdot 15min}{\rho} \quad (5.11.1.1.2)$$

Un cop trobat el volum del calderí ja és pot trobar quin és el valor de l'inventari de líquid.

$$H = \frac{V}{LD} \quad (5.11.1.1.3)$$

On el valor de H val 858 mm. Un cop es coneix H ja es poden calcular les distàncies dels mesuradors que formen part del vessel. Per CA i CB es pren una altura de 25^(REF.3) mm i B es troba amb l'equació 5.11.1.1.4.

$$B = 225 + 0.667D \quad (5.11.1.1.4)$$

Tot seguit, coneixent H, CB, CA i B és pot trobar la distància del nivell màxim A i finalment trobar l'altura del nivell d'alarma alta, NA.

$$A = 0.2D$$

(5.11.1.1.5)

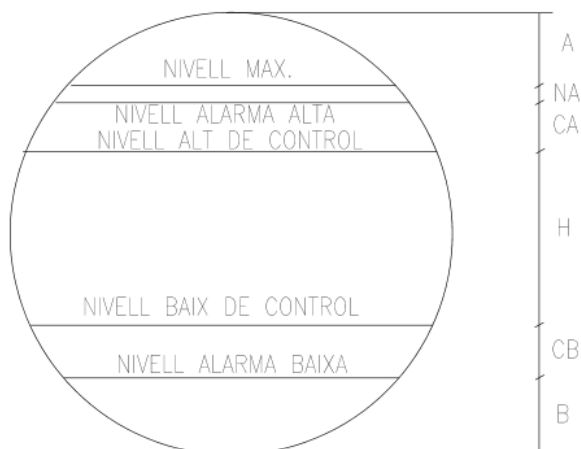


Figura 5.11.1.1.2 Disposició dels controls a l'interior del calderí

Així doncs, en la següent taula es mostren els valors per als controladors que formaran part del calderí.

Taula 5.11.1.1.1. Alçades per cada disposició de controlador i inventari de líquid del V-101

Ítem	Alçada (mm)
A	320
NA	40
CA	25
H	858
CB	25
B	332

5.11.1.2. Disseny mecànic

Per altra banda, també s'ha dut a terme el disseny mecànic del calderí del bescanviador E-103. Per conèixer el gruix de les parets s'ha seguit el procediment explicat a continuació.

Primer de tot s'ha de determinar la temperatura d'operació, T_t , de la columna que és la temperatura a la que es realitza el procés en el que participa el recipient a dissenyat i seguidament s'ha de calcular la temperatura de disseny, T_d , que és necessitarà per

determinar la resistència del material escollit. En l'equació 5.7.1.2 es mostra el càlcul per obtenir la temperatura de disseny.

$$T_d = T_t + 20^{\circ}C \quad (5.11.1.2.1)$$

Per continuar amb el càlcul del gruix és necessari saber si la columna és troba a pressió interna o externa. En aquest cas es troba a pressió interna ja que l'interior del recipient es troba a una pressió manomètrica superior que a l'exterior. A partir d'aquí es determina quina és la pressió d'operació de la columna, P_t , i es calcula la pressió de disseny de l'equip amb l'equació següent:

$$P_d = P_t + 10\%(o + 1bar, elquesiguimésgran) + Pcolumnadefluid \quad (5.7.1.2..2)$$

Per calcular el gruix de tot el recipient és realitzarà trobant el gruix del cilindre i de les dues tapes, cap i fons, que seran semiesfèriques. Seguidament, s'observen les equacions per trobar el gruix del cilindre i les tapes.

Equació pel gruix del cilindre:

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P} \quad (5.11.1.2.3)$$

Equació per el gruix de les tapes semiesfèriques

$$t = \frac{PR}{2SE-0.2P} \quad (5.11.1.2.4)$$

P equival a la pressió de disseny, R és el radi del cilindre, S és la resistència del material que per trobar-lo és necessita la temperatura de disseny de l'equip i finalment E és l'eficiència de la soldadura. A més a més al gruix obtingut se l'hi ha de sumar la corrosió permesa que en aquest cas és de 3 mm. En la taula següent es mostren les dades necessàries per realitzar el càlcul del gruix.

Taula 5.11.1.2 Dades necessàries per el càlcul del gruix

Pressió disseny	P	7 barg
Radi	R	800 mm
Tensió admissible	S	17500 psig
Eficiència soldadura	E	0,85
Corrosió permesa	CA	3 mm

Així doncs, s'ha obtingut 12.4 mm de gruix per a la part cilíndrica i 8.56 per a les tapes.

DRUM DATA SHEET

1	GENERAL	Fabricant								
2	GENERAL	Item:	V-101							
3	GENERAL	Descripció	Calderí del bescanviador E-103				Posició	X	Horiz.	Vertical
4	OPERATING	Producte	Aigua desmineralitzada a 6.9 bar							
5	OPERATING	Pressió operació (eff)					6.9	kg/cm ² g	<p>ESQUEMA SEPARADOR</p>	
6	OPERATING	Temperatura operació					170	°C		
7	OPERATING	Densitat líquid					897	kg/m ³		
8	DESIGN DATA	Pressió disseny (eff)					10	kg/cm ² g		
9	DESIGN DATA	Temperatura disseny					200	°C		
10	DESIGN DATA	Test hidrostàtic (eff)					14.3	kg/cm ² g		
11	DESIGN DATA	Corrosió permesa	Carcassa/ cap				3	mm		
12	DESIGN DATA	Joint Eff.	Carcassa/ cap				100%			
13	DESIGN DATA	Code:								
14	DESIGN DATA	Radiografiat		0.85						
15	DESIGN DATA	Stress Relieve:			Yes		No			
16	DESIGN DATA	Sísmic								
17	DESIGN DATA	Càrrega de vent						N/m ²		
18	DESIGN DATA	Hidrostàtic Test (eff.)						kg/cm ² g		
19	MATERIALS		Gruix	Tipus material						
20	MATERIALS	Carcassa	26	mm	Acer al carboni					
21	MATERIALS	Caps	17	mm	Acer al carboni					
22	MATERIALS	Revestiment		mm						
23	MATERIALS	Nozzle Necks								
24	MATERIALS	Brides								
25	CONSTRUCCIO		Dia.	L / H		Material				
26	CONSTRUCCIO	Carcassa	1600	mm	4800/858	mm				
27	CONSTRUCCIO	Caps	1600	mm	4800/858	mm				
28	CONSTRUCCIO	Aïllament			Si	X	No			
29	CONSTRUCCIO	Ignifugació			Si	X	No			
30	CONSTRUCCIO	Sandblast:			Si	X	No			
31	CONSTRUCCIO	Pintura			Si	X	No			
32	CONSTRUCCIO	Pes buit						kg		
33	CONSTRUCCIO	Pes ple d'aigua						kg		
34	CONNEXIONS		Servei	Marca	Nº	Mida	Rating			
35	CONNEXIONS	Entrada vapor d'aigua	A		1	3"	150#			
36	CONNEXIONS	PSV	B		1	2"	150#			
37	CONNEXIONS	Sortida vapor d'aigua 5 barg	C		1	8"	150#			
38	CONNEXIONS	Indicador de pressió	D		1	2"	150#			
39	CONNEXIONS	Entrada d'aigua desmineralitzada	F		1	2"	150#			
40	CONNEXIONS	Sortida vapor d'aigua	E		1	2"	150#			
41	CONNEXIONS	Mesurador de nivell	G		1	2"	150#			
42	CONNEXIONS									
43	CONNEXIONS									
44	CONNEXIONS									
45	CONNEXIONS									
46	CONNEXIONS									
47	CONNEXIONS									
48	CONNEXIONS									
49	CONNEXIONS									
0	REV.	DATE	30/08/2017		Núria Martin					
	REV.	DATE		PREP.		APPR.				
							UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Químic			

5.11.2.Separador d'aigua acidulada V-102

Pel disseny d'aquest equip es segueix el mateix criteri que s'ha adoptat en V-101 pel que fa al disseny geomètric, però amb la varietat que en aquest separador es requereix, per consideracions econòmiques, un recipient vertical.

$$v \leq 0.2 \sqrt{\frac{\rho_L - \rho_v}{\rho_v}} \text{ ft/s} \quad (5.11.2.1)$$

Tenint en compte que:

$$\rho_L = 990 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_v = 1.35 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 0.2 \sqrt{\frac{990 - 1.35}{1.35}} = 5.4 \text{ ft/s} = 1.65 \text{ m/s} \quad (5.11.2.2)$$

Aquesta velocitat exigeix un diàmetre de:

$$\pi \frac{D^2}{4} \cdot 1.65 = \frac{43366 \text{ kg/h}}{3600} \quad D = 2.62 \text{ m} \quad (5.11.2.3)$$

L'inventari de líquid serà seguint els criteris que s'han establert per V-101: 15 min de producte si s'alimenta a una altra unitat de procés, després:

$$15 \text{ min} \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot \frac{4893 \text{ kg/h}}{990 \text{ kg/m}^3} = 1.24 \text{ m}^3 \quad (5.11.2.4)$$

Aquest volum amb un diàmetre de 2.62 m suposa una alçada de:

$$\frac{2.62^2}{4} \cdot h = 0.74 \quad h = 0.43 \text{ m} \quad (5.11.2.5)$$


Així doncs, el disseny del V-102 serà el següent:

$$D = 2620 \text{ mm}$$

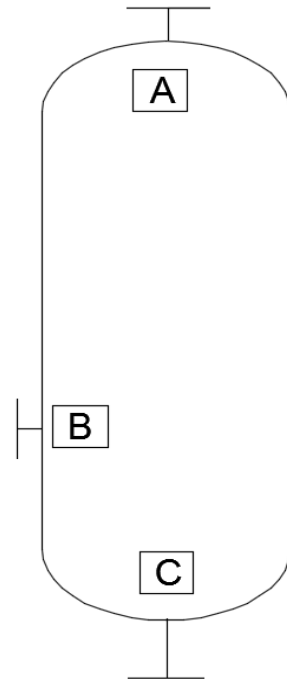
$$L = 3000 \text{ mm}$$

$$\pi \frac{2.62^2}{4} \cdot 3 + 2.62 \cdot 0.8 = 18.2 \text{ m}^3 \quad (5.11.2.6)$$

DRUM DATA SHEET

1	GENERAL	Fabricant								
2		Item:	V-102							
3		Descripció	Separador aigua acidulada				Posició	Horiz.	X	Vertical
4		Producte	Àcid nítric							
5	OPERACIÓ	Pressió operació (eff)				1,1	kg/cm ² g			
6		Temperatura operació				49	°C			
7		Densitat líquid				990	kg/m ³			
8	DADES DISSENY	Pressió disseny (eff)				2	kg/cm ² g			
9		Temperatura disseny				200	°C			
10		Hidrostatic Test (eff.)						kg/cm ² g		
11		Corrosió permeable	Carcassa/ cap				3	mm		
12		Joint Eff.	Carcassa/ cap							
13		Code:								
14		Radiografiat		0,85						
15		Stress Relieve:			Yes	No				
16		Sismic								
17		Càrrega de vent					N/m ²			
18		Hidrostatic Test (eff.)					kg/cm ² g			
19	MATERIALS			Gruix	Tipus material					
20		Carcassa		4 mm	AISI 316L					
21		Caps		3 mm	AISI 316L					
22		Revestiment		mm						
23		Nozzle Necks								
24	Brides									
25	CONSTRUCTION			Dia.	L / H	Material				
26		Carcassa		2100 mm	2575 mm					
27		Caps								
28		Aïllament				Si	No	Acer al carboni		
29		Ignifugació				Si	No			
30		Sandblast:				Si	No			
31		Pintura				Si	No			
32		Pes buit				110	kg			
33	Pes ple d'aigua				1100	kg				
34	N O Z Z L E S C H E D U L E		Servei	Marca	Nº	Mida	Valoració			
35			Condensat IN	A			150#			
36			Sortida a E-105	B			150#			
37		Sortida a C-102	C			150#				
38										
39										
40										
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
0										
REV.	DATA	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química						

DRUM SKETCH



NOTES:

5.11.3. Acumulador de reflux V-201

Una decisió que s'ha de tenir en compte a l'hora de fer el disseny és escollir entre un acumulador horitzontal o vertical. El disseny definitiu depèn de les consideracions econòmiques i de l'espai disponible. Els recipients verticals acostumen a utilitzar-se quan manegen gran quantitats de vapor y petites quantitats de líquid, ja que en ell es disposa de tota l'àrea transversal pel pas del vapor. Per altra banda, requereixen menys espai que els horitzontals.

Els dipòsits acostumen a dissenyar-se per relacions longitud/diàmetre de l'ordre de 3. Una pressió elevada té tendència a desplaçar la relació L/D més econòmica a valor mes elevats, mentre que una disminució de la pressió actua en sentit contrari.

Com a criteri orientatiu se sol agafar

$$2 < L/D < 3 \quad \text{per a pressions} < 7 \text{ bar}$$

$$3 < L/D < 5 \quad \text{per a pressions} > 7 \text{ bar}$$

Taula 5.11.3.1. Dades del procés.

Dades del procés	Valor
Cabal (kg/h)	26750
Temperatura (°C)	69
Densitat (kg/m ³)	1430

Per calcular el volum del *vessel* s'escull el *holdup* més gran d'entre els següents:

a) 15 minuts del cabal de producte líquid si alimenta a una altra unitat.

$$15 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot 26750 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1430 \text{ kg}} = 5,6 \text{ m}^3 \quad (5.11.3.1)$$

b) 5 minuts de cabal de reflux.

$$5 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot 16065 \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1430 \text{ kg}} = 0,94 \text{ m}^3 \quad (5.11.3.2)$$

Així doncs, per aquest cas es selecciona el un volum de 5,6 m³.

Per la primera aproximació s'escull D = 1,5m i per tant la longitud serà dues vegades i mitja més gran que el diàmetre, així doncs:

$$2,2 \cdot H \cdot 5,5 = 5,6 \text{ m}^3 \quad (5.11.3.3)$$

$$H = 0,46 \text{ m}$$

Com els controladors de nivell són normalitzats el valor calculat és aproximat ja que cal cercar-ne el normalitzat.

$$H = 0,5 \text{ m}$$

Tenint en compte els criteris constructius, les dimensions seran les que es veuen en la següent figura.

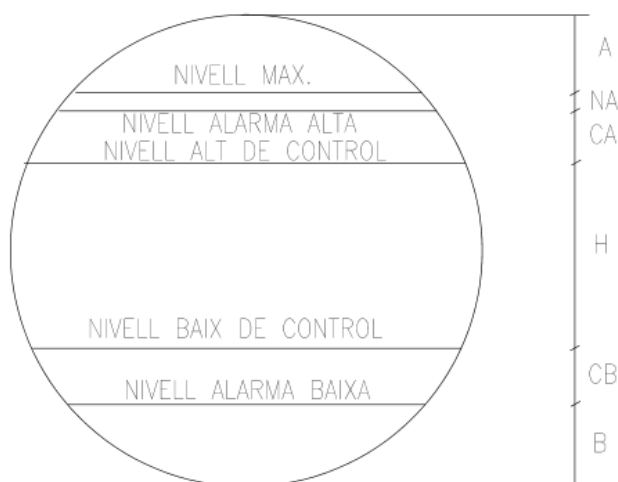


Figura 5.11.3.1 Disposició dels controls a l'interior de l'acumulador

5.11.3.1.Disseny mecànic

Tenint en compte que és un sistema que està al buit perquè són les condicions òptimes d'operació de la columna de destil·lació C-205, s'ha de tenir en compte a l'hora de fer el càlcul del gruix de l'acumulador de reflux tant per pressió externa, ja que la pressió ambient és superior a la interna del *vessel*, com per pressió interna ja que si es produís algun escenari dels descrits en el Hazop la pressió dins de l'acumulador podria arribar a ser la màxima pressió del sistema, i aquesta és la pressió de vapor de l'àcid nítric al 80% a 150°C que és de 6,9 bar.

Com el sistema està protegit per una PSV tarada a 3,5 bar, la pressió màxima que hauria de suportar el *vessel* seria també de 3,5.

5.11.3.1.1.Disseny per pressió interna

L'equip es divideix en dues parts, el cilindre i els caps. Per saber la fórmula que s'ha d'utilitzar per a cada part de l'equip és necessari escollir quins caps es faran servir en aquest equip. Per aquest disseny s'han utilitzat uns caps toricsfèrics.

Equació per calcular el gruix del cilindre:

$$t = \frac{PR}{SE-0,6P} + CA \tag{5.11.3.1.1.1}$$

Equació per calcular el gruix dels caps toricsfèrics:

$$t = \frac{0,885PL}{SE-0,1P} + CA \tag{5.11.3.1.1.2}$$

Taula 5.11.3.1.1.1 Dades de disseny.

Pressió disseny	P	3,5 barg
Radi	R	1100 mm
Radi interior de la corona	L	1100 mm
Tensió admissible	S	17500 psig
Eficiència soldadura	E	0,85

Per conèixer la tensió admissible cal seleccionar el material i saber la temperatura de disseny, per aquest disseny s'ha seleccionat el material SA-516 grau 70 a una temperatura de disseny de 155 °C que és la més desfavorable del sistema.

Els gruix per la part del cilindre és de 3,8mm i s'adopta un gruix normalitzat de 5mm, pel que fa al gruix de les tapes, és de 6,7mm i per tant s'adopta un gruix normalitzat de 8mm, aquests gruixos han estat calculats tenint en compte que la corrosió permesa és de 0mm ja que el material seleccionat és acer inoxidable.

5.11.4.Separador d'aigua V-202

La finalitat d'aquest separador és separar l'aigua formada per el refredament de l'aire procedent del compressor K-201, al bescanviador E-205. Aquesta procedeix de la humitat relativa que hi ha present en l'aire.

5.11.4.1.Disseny funcional

Aquest separador per a compressors ha estat dissenyat amb un *demister* ja que ajuda a la separació de l'aire amb l'aigua. Així doncs, amb l'equació següent es pot calcular la velocitat a la que entra el líquid.

$$v = 0.15 \sqrt{\frac{\rho_{liquid} - \rho_{vapor}}{\rho_{vapor}}} \quad (5.11.4.1.1)$$

El valor de la velocitat és de 4.33 ft/s que són 1.31 m/s. Tot seguit, amb el cabal màssic d'entrada al separador és pot conèixer quin és el cabal volumètric i així conèixer l'àrea del *botellón* dels compressors d'aire.

$$9381 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1h}{3600s} \cdot \frac{1.2kg}{m^3} = 2.17m^3/s \quad (5.11.4.1.2)$$

$$\frac{2.17m^3}{s} \cdot \frac{s}{1.31m} = 1.64m^2 \quad (5.11.4.1.3)$$

Així doncs, el vapor de l'àrea és de 1.64 m². Seguidament, ja es pot determinar el diàmetre i la longitud del separador amb l'equació X.X i s'obté que el diàmetre és de 1448 mm i la longitud és de 1800 mm.

$$A = \pi \cdot \frac{D^4}{4} \quad (5.11.4.1.4)$$

Finalment, es calcula el volum per així trobar l'inventari de líquid pertinent al V-202 on els valors són 2.96 m³ i 1137mm respectivament.

$$V = A \cdot L \quad (5.11.4.1.5)$$

$$H = \frac{V}{DL} \quad (5.11.4.1.6)$$

5.11.4.2.Disseny mecànic

Per altra banda, s'ha calculat el gruix de les parets que constitueixen el separador d'aigua. El procediment seguit per al càlcul ha estat el mateix que el que s'explica a l'apartat 5.11.1.2 del calderí V-101. Per determinar la tensió admissible cal seleccionar el material i saber la temperatura de disseny. En aquest cas s'ha seleccionat el material SA-516 grau 70 a una temperatura de disseny de 45°C.

Així doncs, s'ha obtingut un gruix per les parets de la part cilíndrica de 3.95 mm i per les tapes de cap i fons semiesfèriques de 3.56 mm.

DRUM DATA SHEET

1	GENERAL	Fabricant								
2	GENERAL	Item:	V-202							
3	GENERAL	Descripció	Separador de gotes sortida compressor K-201				Posició	Horiz.	X	Vertical
4	OPERACIÓ	Producte	Aire amb una humitat relativa del 60%							
5	OPERACIÓ	Pressió operació (eff)				1.1	kg/cm ² g			
6	OPERACIÓ	Temperatura operació				30	°C			
7	OPERACIÓ	Densitat líquid				1000	kg/m ³			
8	DADES DISSENY	Pressió disseny (eff)				3	kg/cm2g			
9		Temperatura disseny				200	°C			
10		Hidrostatic Test (eff.)						kg/cm2g		
11		Corrosió perme	Carcassa/ cap				3	mm		
12		Joint Eff.	Carcassa/ cap							
13		Code:								
14		Radiografiat		0.85						
15		Stress Relieve:			Yes		No			
16	Sismic									
17	Càrrega de vent						N/m ²			
18	Hidrostatic Test (eff.)						kg/cm2g			
19	MATERIALS		Gruix	Tipus material						
20		Carcassa	4	mm	AISI 316L					
21		Caps	3	mm	AISI 316L					
22		Revestiment		mm						
23		Nozzle Necks								
24	Brides									
25	CONSTRUCCIÓ		Dia.	L / H		Material				
26		Carcassa	1100	mm	1800/826	mm				
27		Caps								
28		Aïllament				Si	No	Acer al carboni		
29		Ignifugació				Si	No	Acer al carboni		
30		Sandblast:				Si	No	Acer al carboni		
31		Pintura				Si	No	Acer al carboni		
32		Pes buit				179	kg			
33		Pes ple d'aigua				1743	kg			
34			Servei	Marca	Nº	Mida	Valoració			
35		Sortida d'aire	A	1	16"	150#				
36		Entrada d'aire	B	1	16"	150#				
37		Sortida d'aigua	C	1	1 1/4"	150#				
38		Mesurador de nivell	D	1	2"	150#				
39		Mesurador de nivell	E	1	2"	150#				
40	CONNEXIONS									
41										
42										
43										
44										
45										
46										
47										
48										
49										
0		30/08/2017	Núria Martin							
REV.	DATA	PREP.		APPR.						

ESQUEMA SEPARADOR

NOTES:

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química

5.12. Blanquejadors

La funció de les columnes d'absorció nomenades blanquejadors és eliminar els gasos nitrosos del procés ja que aquests són els causant del color vermellós en les solucions que els contenen i per tant, el producte quedaria fora d'especificacions. Per aquest motiu, reben el nom de blanquejadors ja que la seva funció consisteix en eliminar el màxim d'òxids nitrosos del corrent d'entrada mitjançant una absorció amb aire.

5.12.2. Blanquejador C-102 ▲

Aquest blanquejador és l'encarregat d'extreure els òxids nitrosos del corrent líquid provinent del dipòsit V-102, que és on es separa la fase líquida de la fase gas provinent del tren de bescanviadors que refrigeren la sortida del reactor S-104. Durant la refrigeració d'aquest gasos en els bescanviadors E-102, E-103 i E-104 es produeixen unes reaccions secundàries que originen diòxid de nitrogen (NO_2) en petites quantitats. Aquestes petites quantitats dissoltes en la fase líquida d'aigua àcida són les que es volen recuperar mitjançant el blanquejador C-102. L'entrada d'aire secundari absorbeix el NO_2 dissolt i surt per cap de columna, mentre que, l'aigua amb petites traces d'àcid nítric surten per fons de columna i es duen a emmagatzematge al tanc T-101.

A continuació s'explica el procediment realitzat per al disseny amb *Aspen Plus* d'aquesta columna d'absorció.

Primerament cal definir els components presents en el sistema que s'estudia, és a dir, àcid nítric (HNO_3), aigua (H_2O), aire i finalment el diòxid de nitrogen (NO_2).

Tot seguit s'escull el tipus de columna i el mètode que s'utilitza per als components a tractar, com la majoria del cabal és aigua, s'utilitza NRTL ja que millora les prediccions en aigua. La columna utilitzada és del tipus RADFRAC.

A continuació es defineixen les entrades de la columna, és a dir, cabals d'entrada amb tots els seus components i la quantitat, temperatura i pressió. El cabal d'entrada d'aigua àcid nítric i diòxid de carboni ve fixat per les quantitats obtingudes en la reacció i posterior refredament, però l'entrada d'aire cal fixar-la.

Degut al desconeixement de la quantitat d'aire necessària per extreure tota la quantitat de diòxid de nitrogen desitjada es fixa un cabal molt elevat de 2000 kmol/h d'aire per comprovar que el sistema funciona correctament i no tenim cap error.

També cal fixar les variables dins de la columna, número de plats, fases presents, tipus de càlcul, presència de condensador i reboiler, en quines etapes s'alimenta cada corrent i per quines surten els productes i finalment la pressió. En la opció de nombre de plats de la columna també s'escull un nombre més elevat del que s'espera, és a dir, 30 plats.

Abans d'executar cal fixar-nos que per defecte aquesta columna sempre treballa com una destil·lació, per aquest motiu cal dirigir-se al bloc corresponent i canviar el tipus de separació per una absorció.

Un cop s'executa s'observa que les sortides són com s'esperaven, és a dir, el 99.9% del diòxid de nitrogen surt per cap de columna juntament amb l'aire i l'aigua àcida surt per fons de columna amb petites traces de diòxid de nitrogen i aire.

Ara ja es pot optimitzar el sistema. Així doncs, amb aquesta finalitat, es fixa una especificació dins del bloc, aquesta especificació és la de recuperar el 98% dels mols d'entrada de diòxid de carboni per cap de columna. Perquè el programa pugui realitzar

aquesta especificació cal seleccionar quina variable s'ha de manipular per aconseguir-ho. Dins del mateix bloc hi ha una opció que es diu *vary* on cal escollir quin tipus de variable es desitja modificar, en el cas d'estudi, la variable és cabal d'entrada d'aire, i entre quins valors es desitja variar. En aquest pas ja es pot acotar més la quantitat d'entrada d'aire per la qual cosa els valors a variar s'estableixen entre 100kmol/h i 800kmol/h. Es torna a executar mantenint el mateix nombre de plats que a l'inici.

S'observa com la quantitat d'aire necessària per extreure el 98% dels mols d'entrada de NO₂ està dins els rangs establerts i molt per sota dels 2000kmol/h fixats a l'inici.

Ara ja es poden optimitzar el nombre de plats, aquesta optimització s'ha fet de manera manual, per mitjà de prova i ajust. Com més plats hi ha és necessita menys quantitat d'aire per extreure la mateixa quantitat de diòxid de nitrogen. Així doncs, finalment s'han establert 10 etapes ja que és el nombre que millor ajusta la quantitat d'aire que entra sense haver de posar un nombre de plats molt elevat.

Finalment es dimensionen els plats mitjançant l'opció *Sizing and Rating* també dins el bloc en el que es treballa.

Finalment els resultats obtinguts es poden observar en la següent taula.7

Taula 5.12.1.1 Resultats obtinguts pel disseny de C-102 amb *Aspen*.

	Units	5	7	8	AIR
Phase:		Liquid	Vapor	Liquid	Vapor
Component Mole Flow					
NITRI-01	KMOL/HR	1,51	0,17	1,34	0,00
NITRO-02	KMOL/HR	0,84	0,82	0,02	0,00
WATER	KMOL/HR	294	12,01	282	0,00
AIR	KMOL/HR	0,00	657	0,45	657
Mole Flow	KMOL/HR	296,06	670	284	657
Mass Flow	KG/HR	5425	19285	5173	19033
Volume Flow	L/MIN	90,75	245232	85,10	246929
Temperature	C	30,00	17,40	8,84	25,00
Pressure	BAR	1,10	1,10	1,10	1,10
Vapor Fraction		0,00	1,00	0,00	1,00
Liquid Fraction		1,00	0,00	1,00	0,00
Solid Fraction		0,00	0,00	0,00	0,00
Molar Enthalpy	CAL/MOL	-67823	-1087	-68258	0,00
Mass Enthalpy	CAL/GM	-3701	-38	-3741	0,00
Enthalpy Flow	CAL/SEC	-5577700	-202240	-5375400	0,00

Planta de producció d'àcid nítric concentrat			101-151		
Molar Entropy	CAL/MOL-K	-38,67	-0,36	-39,79	-0,16
Mass Entropy	CAL/GM-K	-2,11	-0,01	-2,18	-0,01
Molar Density	MOL/CC	0,05	0,00	0,06	0,00
Mass Density	GM/CC	1,00	0,00	1,01	0,00
Average Molecular Weight		18,32	28,78	18,25	28,95

TOWER DATA SHEET

1	GENERAL	Manufacturer: Item: Columna C-102 Servei: Blanquejador d'aigua àcida Tipus: Columna de plats perforats																																																																																																																																		
2			CROQUIS COLUMNA																																																																																																																																	
3																																																																																																																																				
4	CONDICIONS D'OPERACIÓ	Producte: Aigua àcida amb traces de NO2 Temperatura: 30 °C Pressió: 1 Bar Densitat del líquid: 1007 kg/m³ Viscositat del líquid: 1 cP Nombre d'etapes: 10 Diàmetre intern columna: 1400 mm. Espaiat entre plats: 610 mm. ΔP màxima per plat: bar Àrea mínima: 0,15 m² Valves: Bubble Caps / Tray Perforacions / Tray: Plats perforats																																																																																																																																		
5																																																																																																																																				
6																																																																																																																																				
7																																																																																																																																				
8																																																																																																																																				
9																																																																																																																																				
10																																																																																																																																				
11																																																																																																																																				
12																																																																																																																																				
13																																																																																																																																				
14																																																																																																																																				
15																																																																																																																																				
16																																																																																																																																				
17																																																																																																																																				
18	DADES DE DISSENY	Pressió de disseny: 3,5 bar Temperatura de disseny: 100 °C Densitat del líquid: 1007 kg/m³ Rang de disseny: % Test hidrodinàmic: 5 bar Codi: ASME Corrosió permesa mm. Fons/cap: 1/1 mm. Eficàcia: 0,85 % Stress.Rel.: Yes No Radiografiat: X Yes No Sandblast: Yes X No Pintat: Yes X No Aïllament: Yes X No Protecció foc: Yes X No Protecció vent: N/m² Protecció per terratrèmol: Yes X No Pes buida: kg Pes plena d'aigua: kg																																																																																																																																		
19																																																																																																																																				
20																																																																																																																																				
21																																																																																																																																				
22																																																																																																																																				
23																																																																																																																																				
24																																																																																																																																				
25																																																																																																																																				
26																																																																																																																																				
27																																																																																																																																				
28																																																																																																																																				
29																																																																																																																																				
30																																																																																																																																				
31																																																																																																																																				
32																																																																																																																																				
33																																																																																																																																				
34																																																																																																																																				
35																																																																																																																																				
36	PLATS	Plat: n/m. Des de 1 fins 10 Diàmetre: 1400 mm Des de 1 fins 10 Espaiat: 610 mm Des de 1 fins 10 Material: AISI 304L Contact Device: Bubble Caps Valves X Perfor. Packing: Demister:																																																																																																																																		
37																																																																																																																																				
38																																																																																																																																				
39																																																																																																																																				
40																																																																																																																																				
41																																																																																																																																				
42																																																																																																																																				
43																																																																																																																																				
44																																																																																																																																				
45																																																																																																																																				
46																																																																																																																																				
47	ESPECIFICACIÓ DE MATERIALS	Shell-Top: Gruix. (mm.) Tipus de material Intermed: Fons: Head-Top: Intermed: Fons: Secció cònica: Cladding, Lining: NO																																																																																																																																		
48																																																																																																																																				
49																																																																																																																																				
50																																																																																																																																				
51																																																																																																																																				
52																																																																																																																																				
53																																																																																																																																				
54																																																																																																																																				
55																																																																																																																																				
56																																																																																																																																				
57																																																																																																																																				
58																																																																																																																																				
59	CONNEXIONS	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Servei</th> <th>Marca</th> <th>No.</th> <th>Mida</th> <th>Rating</th> <th>Servei</th> <th>Marca</th> <th>No.</th> <th>Mida</th> <th>Rating</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ENTRADA D'AIGUA ÀCIDA</td> <td>A</td> <td></td> <td>1 1/4"</td> <td></td> <td></td> <td>N</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ENTRADA D'AIRE</td> <td>B</td> <td></td> <td>16"</td> <td></td> <td></td> <td>P</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SORTIDA D'AIGUA ÀCIDA</td> <td>C</td> <td></td> <td>1 1/4"</td> <td></td> <td></td> <td>Q</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>SORTIDA DE NOZ TAIRE</td> <td>D</td> <td></td> <td>16"</td> <td></td> <td></td> <td>R</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NIVELL ALT</td> <td>E</td> <td></td> <td>2"</td> <td></td> <td></td> <td>S</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>NIVELL BAIX</td> <td>F</td> <td></td> <td>2"</td> <td></td> <td></td> <td>T</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>U</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>V</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>W</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Y</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Z</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Servei	Marca	No.	Mida	Rating	Servei	Marca	No.	Mida	Rating	ENTRADA D'AIGUA ÀCIDA	A		1 1/4"			N				ENTRADA D'AIRE	B		16"			P				SORTIDA D'AIGUA ÀCIDA	C		1 1/4"			Q				SORTIDA DE NOZ TAIRE	D		16"			R				NIVELL ALT	E		2"			S				NIVELL BAIX	F		2"			T										U										V										W										X										Y										Z			
Servei	Marca	No.	Mida	Rating	Servei	Marca	No.	Mida	Rating																																																																																																																											
ENTRADA D'AIGUA ÀCIDA	A		1 1/4"			N																																																																																																																														
ENTRADA D'AIRE	B		16"			P																																																																																																																														
SORTIDA D'AIGUA ÀCIDA	C		1 1/4"			Q																																																																																																																														
SORTIDA DE NOZ TAIRE	D		16"			R																																																																																																																														
NIVELL ALT	E		2"			S																																																																																																																														
NIVELL BAIX	F		2"			T																																																																																																																														
						U																																																																																																																														
						V																																																																																																																														
						W																																																																																																																														
						X																																																																																																																														
						Y																																																																																																																														
						Z																																																																																																																														
60																																																																																																																																				
61																																																																																																																																				
62																																																																																																																																				
63																																																																																																																																				
64																																																																																																																																				
65																																																																																																																																				
66																																																																																																																																				
67																																																																																																																																				
68																																																																																																																																				
69																																																																																																																																				
70																																																																																																																																				
71																																																																																																																																				
72	NOTES:																																																																																																																																			
73																																																																																																																																				
74																																																																																																																																				
75																																																																																																																																				
76																																																																																																																																				
77																																																																																																																																				
78																																																																																																																																				
79	0																																																																																																																																			
80	REV.	DATA	PREP.	APPR.	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química																																																																																																																															
81																																																																																																																																				

0
REV.

5.12.3. Blanquejador C-202

La funció del *bleacher* C-202 és eliminar els òxids nítrics que estan presents en el corrent de sortida per fons de la C-203 a més d'assegurar-se que el corrent d'àcid dèbil que s'emmagatzema al T-151 s'adeqüi amb els requisits de qualitat de ser àcid nítric al 58%.

Cal recalcar que en el balanç de matèria realitzat el corrent de sortida de la C-203 no conté gasos NO_x per aquest motiu no seria necessari aquest *bleacher*, però es sap que en la realitat sí que és necessari, per aquesta raó, a part del dimensionament, s'ha estudiat com varia l'entrada d'aire per poder eliminar diverses quantitats de gasos NO_x . El seu disseny s'ha realitzat mitjançant el programa *Aspen Plus* i a continuació es mostra el procediment següent.

Primer de tot s'han de definir les substàncies que formen part del sistema que s'estudia. En aquest cas són aire (N_2 i O_2), aigua (H_2O), òxid nítric (NO_2) i àcid nítric (HNO_3).

Seguidament, s'ha d'escollir quin és el mètode termodinàmic que s'ajusta més al sistema dissenyat. En aquest cas és NRTL ja que és el que millora les prediccions en fase líquida

Un cop establertes les propietats de les substàncies ja és pot començar amb la simulació de la columna. Per aquest tipus de separació s'ha escollit una columna de tipus RADFRAC i s'ha indicat que consisteix en una absorció, ja que sinó per defecte el programa diu que és una destil·lació. A més a més, ja es poden col·locar les entrades i sortides de la columna. A l'annex D es poden observar les figures D.1, D.2, D.3 on es mostra el procediment següent.

Tot seguit, s'introdueixen les característiques dels corrents d'entrada, és a dir, s'indiquen les condicions de temperatura i pressió a més d'identificar la substància que entra per cada corrent i en quina quantitat ho fa. Aquest pas es mostra a la figura D.4.

Com s'ha dit anteriorment, s'ha estudiat com varia el cabal d'aire que s'ha d'entrar depenent de la quantitat de gasos nítrics que entren pel corrent de sortida de la columna C-203. Així doncs, en el gràfic que és mostra a continuació és pot observar l'evolució dita.

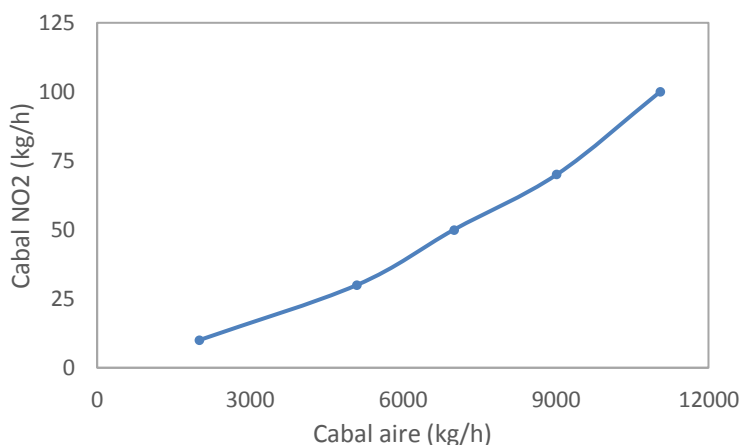


Figura 5.12.2.1 Quantitat d'aire segons la quantitat de NO₂ que es vol eliminar

Per l'obtenció d'aquests valors s'ha fixat que s'ha de recuperar el 98% de l'NO₂ entrat a la columna. El procediment per aquest requisit és el que s'explica a continuació:

1. Determinar quina és la variable i el corrent del qual s'ha d'ajustar
2. Definir el tipus d'especificació, en aquest cas és que es vol recuperar el 98% dels mols d'entrada.
3. Indicar quin és el component, en quin corrent és troba i en quin ha de sortir.

A les figures D.6, D.7, D.8 de l'annex D es mostra el procediment seguit mitjançant l'*Aspen Plus*.

A partir d'aquí, ja es pot valorar com varia la quantitat d'aire segons l'NO₂ que es vol eliminar.

Per fer el dimensionament del blanquejador s'ha agafat un valor mig de 50 kg/h d'NO₂ i així, s'obté que el número més òptim de plats és de 14.

A continuació, s'estableixen les propietats de la columna. Al ser una columna d'absorció no té ni condensador ni *reboiler* i la separació és dur a terme entre dos fases, líquida i vapor.

Tot seguit, s'ha d'indicar en quin plat hi ha l'alimentació líquida, la vapor i el mateix procediment per els corrents de sortida.

Finalment, s'indica quina és la pressió d'operació del separador que en aquest cas és de 1.2 bar. Aquests passos es mostren a les figures D.9, D.10, D.11 del mateix annex.

5.12.3.1.Resultats

Un cop realitzat el procediment explicat anteriorment, s'han obtingut els resultats següents per una columna d'absorció de 14 plats i de 500 mm.

Taula 5.12.2.1.1 Resultats obtinguts per a la columna C-202.

	Entrades		Sortides	
	Aire exterior	ProvinentC-203	Emmagatzematge	Recuperada
Aire	7000		0.7	6999
HNO ₃		9639	9637	0.2
H ₂ O	98	6880	6879	0.1
NO ₂		50	0.1	49
TOTAL	7098	16569	16517	7048

5.12.3.2.Càlcul del gruix

Per dur a terme el càlcul del gruix de les parets del bleacher, s'ha seguit el mateix procediment explicat a l'apartat 5.11.1.2 del calderí de vapor V-101. En la següent taula es mostren les dades necessàries per dur a terme el càlcul.

Taula 5.12.2.2. 1 Dades per el el càlcul del gruix.

Pressió disseny	P	2.5 barg
Radi	R	250 mm
Tensió admissible	S	17500 psig
Eficiència soldadura	E	0,85
Corrosió permesa	CA	3 mm

Per determinar la tensió admissible cal seleccionar el material i saber la temperatura de disseny. En aquest cas s'ha seleccionat el material SA-516 grau 70 a una temperatura de disseny de 80°C.

Així doncs, s'ha obtingut un gruix per la part cilíndrica de 3.44 mm i per les tapes de cap i fons de 3.31 mm.

5.12.3. Blanquejador C-204

La columna de destil·lació C-204 del procés té la funció de blanquejar l'àcid nítric concentrat abans de passar a la destil·lació final per arri bar a concentració del del 98.5%, que és la desitjada. Per la seva part, també es recuperen aquests òxids que se separen de la purificació per reconvertir-los de nou a àcid.

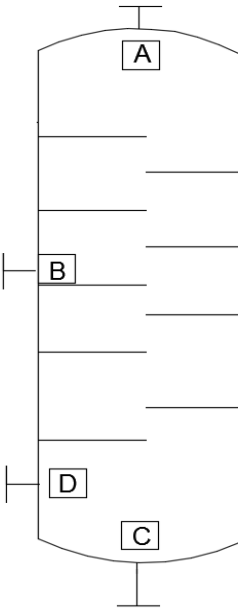
Amb el programari de simulació de disseny d'equips d'Aspen s'ha procedit a calcular els paràmetres de disseny de la columna, simplement a partir del balanç de matèria i d'energia. Amb l'esmentat programari s'ha utilitzat el model dels electròlits, aprofitant bibliografia ja existent i exemples proporcionats per professors del Departament d'Enginyeria Química de la URV; no obstant, en l'àmbit de l'absorció superazeotròpica els intents portats a terme per poder modelar una columna d'aquestes característiques han sigut insuficients.

Les simulacions portades a terme amb models d'electròlits amb la tecnologia Aspen Plus. És per això que algunes dades han sigut omeses en el full d'especificació i es recomanaria la presència d'una planta pilot si es volgués optar per tenir un disseny molt precís.

Taula 5.12.3.1 Disseny funcional de C-204

Variable	Valor
Diàmetre	0.72 m
Nombre de plats perforats	18
Longitud de columna	12.7 m

TOWER DATA SHEET

1	GENERAL	Manufacturer:										
2		Item:	Columna C-204									
3		Service:	Blanquejar àcid nítric d'òxids nítrisos									
4		Type:										
5	Condicions d'operació	Producte	Àcid nítric + Nox		CROQUIS COLUMNA							
6		Temperatura	75 °C									
7		Pressió	1.6 bar									
8		Densitat del líquid	kg/m3									
9		Viscositat del líquid	cP									
10		Nombre d'etapes	18									
11		Diàmetre intern columna	720 mm.									
12		Espaiament entre plats	225 mm.									
13		ΔP màxima per plat	- bar									
14		Àrea mínima	- m ²									
15	Vàlvules/Etapa											
16	Forats per plat	Plats perforats										
17												
18	Dades de disseny	Pressió de disseny	3.5 atm									
19		Temperatura de disseny	82.5 °C									
20		Densitat del líquid	kg/m3									
21		Rang de disseny	10 %									
22		Test hidrodinàmic	5 bar									
23		Codi:	ASME									
24		Corrosió permesa mm. Fons/cap	1 / 1 mm.									
25		Eficiència	85 %									
26		Stress.Rel.:	Yes	No								
27		Radiografiat	X Yes	No								
28		Sandblast:	Yes X	No								
29		Pintat:	Yes X	No								
30		Aïllament:	Yes X	No								
31		Protecció foc	Yes X	No								
32	Protecció vent	N/m ²										
33	Protecció per terratrèmol	Yes X	No									
34	Pes buida	kg										
35	Pes plena d'aigua	kg										
36	P l a t s	Plat núm.	Diàmetre	Espai	Material							
37		Des de	fins									
38		Des de	fins									
39		Des de	fins									
40		Des de	fins									
41		Contact Device:										
42			Bubble Caps									
43			Valves									
44			Perfor.									
45		Packing:										
46	Demister:											
47	E s c m p i a e o t c n e i s r i d a c e l a		Gruix. (mm.)	Tipus de material								
48		Shell-Top										
49		Intermed										
50		Fons			316 SS							
51												
52		Head-Top										
53		Intermed			316 SS							
54		Fons										
55												
56		Secció cònica										
57												
58	Cladding, Lining											
59	B O Q U I L L E S	Service	Mark	No.	Size	Rating	Service	Mark	No.	Size	Rating	
60		Sortida NO2	A	1	1 1/4"			N				
61		Entrada HNO3 80%	B	1	16"			P				
62		Sortida HNO3	C	1	1 1/4"			Q				
63		Entrada aire	D	1	16"			R				
64								S				
65								T				
66								U				
67								V				
68								W				
69							X					
70							Y					
71							Z					
72	NOTES:											
73												
74												
75												
76												
77												
78												
79	0											
80	REV.		DATA	PREP.	APPR.							
81												

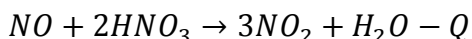


UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
 Departament d'Enginyeria Química

5.13. Columna d'oxidació C-101

La finalitat de la columna d'oxidació C-101, la qual és una absorció reactiva, és oxidar l'òxid de nitrogen (NO) a diòxid de nitrogen (NO₂) mitjançant àcid nítric dèbil al 58% provinent de la columna subazeotròpica C-203, per posteriorment enviar els gasos produïts en la C-101 a la columna superazeotròpica C-201 i transformar aquest NO₂ en àcid nítric mitjançant oxigen i aigua.

Així doncs, la reacció que succeeixen a l'interior de la columna és la següent:



(R.5.8.1)

A més a més, també succeeixen dues reaccions entre els electròlits de les substàncies. Aquestes es mostren a continuació:

**5.13.1. Disseny funcional**

Per al disseny funcional de la columna C-101 s'ha utilitzat el programa *Aspen Plus*, i s'ha seguit el mateix procediment que l'explicat en la columna C-203 en l'apartat 5.7.1.

Primerament s'ha seleccionat el mètode d'electròlits i seguidament s'ha definit el sistema. Tipus de columna a utilitzar, RADFRAC, s'han definit els corrents d'entrada, cabals de cada component, temperatures i pressions. Tot seguit s'han definit les variables de la columna, nombre de plats, els plats d'alimentació, els plats de sortida de producte, la fase en que es troben les entrades i sortides, la pressió i si s'utilitza reboiler i condensador.

Tot seguit cal indicar que es tracta d'una absorció ja que per defecte el programa tracta aquest tipus de columna com una destil·lació.

A continuació cal indicar que transcorren les reaccions descrites anteriorment i en quines etapes transcorren. S'han seleccionat les reaccions de tipus equilibri ja que tan sols es disposava de les constants d'equilibri de les reaccions i no es disposava de cap altra dada cinètica. Aquest fet ha sigut decisiu a l'hora de fer-ne el disseny ja que com es pot comprovar els resultats no han estat els esperats.

Taula 5.13.1 Resultats obtinguts per la C-101 mitjançant el simulador Aspen

	Units	4	6	9	10
Phase:		Vapor	Vapor	Liquid	Liquid
Component Mole Flow					
HNO ₃	kmol/hr	0	16	101	71
N ₂	kmol/hr	1396	1396	0	0
O ₂	kmol/hr	153	153	0	0
NO	kmol/hr	170	154	0	0
NO ₂	kmol/hr	0	45	0	2
H ₂ O	kmol/hr	0	82	348	300

Planta de producció d'àcid nítric concentrat				110-151	
H3O+	kmol/hr	0	0	61	42
NO3-	kmol/hr	0	0	61	42
OH-	kmol/hr	0	0	0	0
Component Mass Flow					
HNO3	kg/hr	0	1035	6337	4494
N2	kg/hr	39117	39117	0	0
O2	kg/hr	4895	4895	0	0
NO	kg/hr	5107	4635	0	0
NO2	kg/hr	0	2081	0	91
H2O	kg/hr	0	1483	6269	5405
H3O+	kg/hr	0	0	1154	799
NO3-	kg/hr	0	0	3760	2603
OH-	kg/hr	0	0	0	0
Mole Flow	kmol/hr	1720	1848	570	457
Mass Flow	kg/hr	49120	53247	17519	13392
Volume Flow	cum/hr	61935	49369	14	11
Temperature	c	160	48	58	48
Pressure	bar	1	1	1	1
Vapor Fraction		1	1	0	0
Liquid Fraction		0	0	1	1
Solid Fraction		0	0	0	0
Molar Enthalpy	kcal/mol	3	-1	-61	-62
Mass Enthalpy	kcal/kg	108	-24	-1991	-2113
Enthalpy Flow	gcal/hr	5	-1	-35	-28
Molar Entropy	cal/mol-k	4	1	-47	-46
Mass Entropy	cal/gm-k	0	0	-2	-2
Molar Density	kmol/cum	0	0	42	43
Mass Density	kg/cum	1	1	1289	1267
Average Molecular Weight		29	29	31	29

Com es pot observar en la taula anterior dels 58 mols de NO que s'esperava que reaccionessin per forma 173 mols de NO₂ tan sols han reaccionat 16 mols de NO formant 45 mols de NO₂. Aquests resultats disten molt dels esperats la qual cosa fa posar en dubte que les constants d'equilibri siguin les correctes.

Per tant, aquest disseny no és dona per bo ja que si tinguéssim en compte aquesta baixa conversió seria necessari una entrada d'amoniac i d'aire molt més elevada per tal d'aconseguir la quantitat de mols necessària de NO₂ per finalment satisfer la producció de 10575 kg/h d'àcid nítric al 98.5%.

Així doncs, és necessari una planta pilot per trobar valors més reals i cercar una bona cinètica per les reaccions que succeeixen en l'interior d'aquesta columna d'absorció.

El procediment seguit ha estat el mateix que per la columna C-203.

5.15. Columna superazeotròpica C-201 ▲

Amb el programari de simulació de disseny d'equips d'Aspen s'ha procedit a calcular els paràmetres de disseny de la columna, simplement a partir del balanç de matèria i d'energia. Amb l'esmentat software s'ha utilitzat el model dels electròlits, aprofitant bibliografia ja existent i exemples proporcionats per professors del Departament d'Enginyeria Química de la URV; no obstant, en l'àmbit de l'absorció superazeotròpica els intents portats a terme per poder modelar una columna d'aquestes característiques han sigut insuficients.

Les simulacions portades a terme amb models d'electròlits amb la tecnologia Aspen Plus no han convergit mai en la seva totalitat i han ofert resultats altament indesitjables. Únicament a partir del balanç de matèria i fixant entrades i sortides s'ha pogut obtenir uns resultats indicatius del que podria ser un disseny òptim per la columna.

És per això que aquestes dades han sigut omeses en el full d'especificació i es recomanaria la presència d'una planta pilot si es volgués optar per tenir un disseny molt precís.

Taula 5.15.1 Disseny estimat de C-201

Variable	Valor
Diàmetre	1.6 m
Nombre de plats	70
Espessor per dimensionar buit	12 mm

5.16. Columna d'absorció subazeotròpica C-203 ▲

La finalitat de la columna d'absorció reactiva subazeotròpica C-203 és absorbir els gasos nitrosos presents en la columna i eliminar-los enviant-los a cremar-se a la xemeneia. A més, la columna també disposa d'un serpentí amb el propòsit d'escalfar el corrent d'amoniac provinent del tanc esfèric T-151. Això és possible degut a que les reaccions que es produeixen a l'interior de la columna són molt exotèrmiques i s'aprofita l'energia produïda per aquest escalfament de la matèria primera, l'amoniac.

Així doncs, les reaccions que succeeixen a l'interior de la columna són les següents:



A més a més, també succeeixen dues reaccions entre els electròlits de les substàncies.

Aquestes es mostren a continuació:



5.16.1. Disseny funcional

Per al disseny funcional de la columna C-203 s'ha utilitzat el programa *Aspen Plus*. Seguidament s'explica el procediment dut a terme per al seu disseny.

Com es tracta d'una columna reactiva és necessari que cada component es descompongui en el seus ions. Per aquest motiu, el mètode que millora la interacció entre les substàncies que formen part de la separació és el ELECNRTL.

Seguidament, ja es poden escollir les substàncies que formen part en el sistema estudiat,

tenint en compte que també s'han d'escollir els ions compresos en les reaccions ja que reaccionen entre ells. A continuació, s'han de determinar les possibles reaccions que poden succeir a l'interior de la columna segons els ions seleccionats anteriorment. Aquests passos es mostren a l'annex E a les figures E.1, E.2, E.3, E.4

Un cop s'han definit les propietats ja es pot començar amb la simulació de l'absorció. Primerament s'ha de seleccionar el tipus de columna desitjada, en aquest cas s'ha agafat la de tipus RADFRAC i s'ha d'indicar que es tracta d'una absorció. Seguidament es defineixen els corrents d'entrades i sortides de la columna. Per facilitar el disseny, l'aprofitament de calor no és tindrà en compte fins que no convergeixi la columna.

Seguidament, es defineixen les variables de la columna indicant el número de plats, que al ser un absorció no té ni *reboiler* ni condensador i que consisteix en una separació azeotròpica.

També s'ha d'indicar en quin plat entra i surt cada corrent definint també l'estat en el que es troba cadascun d'ells i s'introdueix la pressió d'operació de la columna. Les imatges extretes de l'Aspen és mostren a les figures E.5, E.6, E.7, E.8.

Tot seguit, es defineixen les reaccions que succeiran a l'interior de la columna. Indicant el coeficients estequiòmètrics per a cada component. També s'ha de tenir en compte de definir les reaccions que es produiran entre els ions. A més, s'ha d'indicar en quins plats es produeixen les reaccions que en aquest cas, s'ha definit que aquestes es produeixen en tots els plats que formen la columna.

A continuació, s'introdueixen els valors de les constants cinètiques. Aquests han estat trobat bibliogràficament, però tot i així, es necessiten més dades cinètiques ja que en el cas que s'hagués pogut disposar d'elles la columna hagués convergit. Aquests passos es mostren a les figures E.9, E.10.

Finalment, cal dir que la columna no ha convergit degut a la falta de coneixement de la cinètica de les reaccions per tant, la solució més viable és fer el disseny mitjançant una planta pilot.

5.16. Columna destil·lació C-205 ▲

La columna de destil·lació C-205 del procés té la funció de concentrar l'àcid nítric superazeotrópic fins a una concentració del 98.5%, que és la desitjada.

Per tal de procedir a la determinació d'etapes d'equilibri per al seu disseny s'ha utilitzat el mètode McCabe – Thiele, a part de la simulació d'*Aspen*.

Els possibles problemes de corrosió de l'àcid nítric fort amb els inoxidable austenítics s'han solucionat afegint un cladding d'alumini a la torre de rectificació de la columna.

5.16.1. Balanç tèrmic i màssic

L'alimentació de la columna de destil·lació C-205 està formada pel producte sortint de C-204 a una temperatura de 40°C, és a dir:

Taula 5.16.1.1 Balanç tèrmic i màssic

Component	PM	$\frac{kg}{h}$	$\frac{kmol}{h}$
H_2O	18	6009	333.83
HNO_3	63	24066	382
Total		30075	715.83

L'alimentació a C-205 es portarà com a líquid saturat, aprofitant la calor del producte de fons del reboiler E-204. Per començar cal tenir en compte que la temperatura d'ebullició d'una solució d' HNO_3 al 80% és de 97.5°C.

La màxima temperatura a la que es podria arribar suposant una àrea infinita és:

$$19765.2 \frac{kg}{h} \cdot 0.7 \cdot (104 - x) = 30075 \frac{kg}{h} \cdot 0.80(x - 40)$$

$$(5.16.1.1)$$

$$x = 63.4^\circ C$$

Ara sí, amb aquestes condicions es pot procedir ja a portar a terme un balanç de matèria i d'energia en la columna C-205.

5.16.2. Bases de disseny

- La pressió d'operació de la columna és de 0.5 atm.
- Relació de reflux 1.2 la mínima.
- La concentració d' HNO_3 per cap de columna ha de ser del 98.5% per especificacions i per fons de columna ha de ser del 70%.
- Utilitzar el mètode de McCabe - Thiele.
- El component volàtil és l' HNO_3 i per aquest component estaran referides les concentracions.

5.16.3. Càlculs

L'alimentació està formada per 715.83 kmol/h d'una solució d' HNO_3 del 80% a 62°C; $x_f = 0.529$. El producte de cap de columna és HNO_3 del 98.5% en pes, després:

$$X_D = \frac{\frac{98.5}{63}}{\frac{98.5}{63} + \frac{1.5}{18}} = 0.949$$

(5.16.3.1)

El producte de fons:

$$X_B = \frac{\frac{70}{63}}{\frac{70}{63} + \frac{30}{18}} = 0.400$$

(5.16.3.2)

Així doncs, es podrà establir un balanç de matèria:

$$\begin{cases} F = B + D \\ F_{XF} = B_{XB} + D_{XD} \end{cases}$$

(5.16.3.3)

$$\begin{cases} 715.83 = B + D \\ 715.83 \cdot 0.529 = B \cdot 0.4 + D \cdot 0.949 \end{cases}$$

(5.16.3.4)

$$B = 547.6 \text{ kmol/h} \quad D = 168.2 \text{ kmol/h}$$

Càlcul de la recta d'alimentació:

$$\phi(\text{fracció líquida}) = \frac{H_{sat} - h}{H_{sat} - h_{liq}}$$

(5.16.3.5)

La temperatura de bombolla de l'alimentació és de 97.5°C. A aquesta temperatura la calor latent de l'HNO₃ del 80% és de 175 kcal/kg.

$$\begin{aligned} H_{sat} - h &= C p_F (T_b - T_f) + \lambda = 0.53 \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} (97.5 - 63.4) + 175 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \\ &= 193.8 \text{ kcal/kg} \end{aligned}$$

$$\phi = \frac{193.8}{175} = 1.108$$

(5.16.3.6)

Per tant, el pendent de la recta serà:

$$\phi = \frac{1.108}{1.108 - 1} = 10.2$$

(5.16.3.7)

Tenint en compte que es passa pel punt (0.529, 0.529):

$$\frac{y - 0.529}{x - 0.529} = 10.2 \quad y = 10.2x - 4.87$$

(5.16.3.8)

Posteriorment, per tal de calcular la relació de reflux de treball s'utilitzarà el mètode de McCabe-Thiele per calcular el reflux mínim. Posteriorment, amb la simulació es buscarà comparar resultats i es trobarà la tangent de la recta que passa pel punt (0.949, 0.949) i per la intersecció de la recta de l'alimentació amb la línia d'equilibri resultant:

$$\left(\frac{L}{V}\right)_{\text{mín}} = 0.563 \rightarrow \frac{L}{D} = \frac{1}{\frac{L}{V} - 1} = 1.288$$

(5.16.3.9)

La relació de reflux a utilitzar:

$$\frac{L}{D} = 1.2 \cdot 1.288 = 1.545 \rightarrow \frac{L}{V} = 0.607$$

(5.16.3.10)

L'equació de la recta superior d'operació que passa pel punt (0.949, 0.949) i té un pendent de 0.607 és:

$$\frac{y - 0.949}{x - 0.949} = 0.607 \quad y = 0.607x + 0.373$$

(5.16.3.11)

Posteriorment, es busca recta inferior d'operació calculant relació L'/V'. Cal tenir que la variable V es determina mitjançant balanç de matèria a la secció superior.

Amb la recta d'operació muntada de:

$$y = 2.125 - 0.379$$

(5.16.3.12)

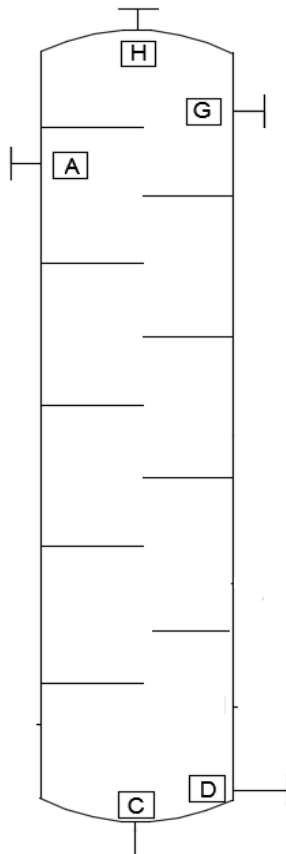
El nombre de plats teòrics es determinen gràficament amb el mencionat mètode de McCabe - Thiele obtenint un resultat de 44 plats ideals amb una alimentació entrant pel plat teòric número 5 començant a contar a partir de columna.

5.16.4.Simulació amb Aspen

Amb el programari de simulació de disseny d'equips d'Aspen es calcula els paràmetres de disseny de la columna. En els fulls d'especificació es mostren amb detall els principals paràmetres obtinguts pel disseny de la columna.

S'ha decidit optar per un disseny definitiu seguint el programari Aspen, tenint en compte la seva alta fiabilitat en modelització d'equips. Entre models Aspen i mètode McCabe - Thiele no s'ha apreciat grans canvis substancials en el disseny de la columna.

TOWER DATA SHEET

1	GENERAL	Manufacturer:															
2		Item:	Columna C-205														
3		Service:	Concentrar l'àcid nítric superazeotrópic														
4		Type:															
5	Condicions d'operació	Producte	Àcid nítric			CROQUIS COLUMNA 											
6		Temperatura	75 °C														
7		Pressió	0,5 atm														
8		Densitat del líquid	85 lb/ft3														
9		Viscositat del líquid	cP														
10		Nombre d'etapes	44														
11		Diametre intern columna	1200 mm.														
12		Espaiament entre plats	450 mm.														
13		ΔP màxima per plat	0,006 bar														
14		Àrea mínima	0,13 m ²														
15		Vàlvules/Etapa															
16	Forats per plat	Plats perforats															
17																	
18	Dades de disseny	Pressió de disseny	2,5 bar														
19		Temperatura de disseny	200 °C														
20		Densitat del líquid	85 lb/ft3														
21		Rang de disseny	%														
22		Test hidrodinàmic	5 bar														
23		Codi:	ASME														
24		Corrosió permesa mm. Fons/cap	1 / 1 mm.														
25		Eficiència	%														
26		Stress.Rel.:	Yes	No													
27		Radiografiat	X	Yes	No												
28		Sandblast:	Yes	X	No												
29		Pintat:	Yes	X	No												
30		Aïllament:	Yes	X	No												
31		Protecció foc	Yes	X	No												
32	Protecció vent				N/m ²												
33	Protecció per terratrèmol	Yes	X	No													
34	Pes buida				kg												
35	Pes plena d'aigua				kg												
36	P l a t s	Plat núm.	Diàmetre	Espai	Material												
37		Des de	fins														
38		Des de	fins														
39		Des de	fins														
40		Des de	fins														
41		Contact Device:															
42			Bubble Caps														
43			Valves														
44			Perfor.														
45		Packing:															
46	Demister:																
47	E s c m p i a e o t c n e i s r i d a c e l a	Gruix. (mm.)		Tipus de material													
48		Shell-Top															
49		Intermed															
50		Fons			316 SS												
51																	
52		Head-Top															
53		Intermed			316 SS												
54		Fons															
55																	
56		Secció cònica															
57																	
58	Cladding, Lining																
59		Service	Mark	No.	Size	Rating	Service	Mark	No.	Size	Rating						
60		Entrada nítric 80%	A	1	16"			N									
61		Sortida producte de fons	C	1	1 1/4"			P									
62		Entrada per fons del reboiler E-204	D	1	16"			Q									
63		Entrada de nítric 98.5%	G	1	1 1/4"			R									
64		Nítric al 98,5%	H		16"			S									
65								T									
66								U									
67								V									
68								W									
69								X									
70								Y									
71								Z									
72	NOTES:																
73																	
74																	
75																	
76																	
77																	
78																	
79	0																
80	REV.	DATA	PREP.	APPR.													
81																	



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
 Departament d'Enginyeria Química

5.17. Tancs API650

Tot seguit es mostra el procediment dut a terme pel dissenys dels tancs d'emmagatzematge d'aigua àcida (T-101), el d'àcid dèbil (T-251) i el d'àcid nítric concentrat (T-252) segons la normativa API STANDARD 650 ^(REF.4).

5.17.1. Disseny geomètric

Primerament s'ha determinat l'autonomia que és necessària per a cada tanc. Tot seguit mitjançant el cabal d'entrada al tanc, es calcula el volum necessari que ha de tenir.

$$Capacitat(m3) = Cabal \left(\frac{m3}{h} \right) \cdot \left(\frac{24h}{1dia} \right) \cdot autonomia(dies) \quad (5.17.1.1)$$

Tenint en compte que el volum màxim de líquid emmagatzemat no pot superar el 85% del volum total del tanc per seguretat, es calcula el volum mínim del que ha de disposar el tanc.

$$V_{minim}(m3) = \frac{Capacitat(m3)}{0.85} \quad (5.17.1.2)$$

Econòmicament, el tanc més òptim és aquell on l'altura és igual al diàmetre (H=D), per tant:

$$\begin{cases} V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot H \\ H = D \end{cases} \quad (5.17.1.3)$$

Finalment, un cop s'han obtingut els valors de l'altura, el diàmetre i tenint en compte que el nivell del tanc impedirà comptabilitzar tot el producte, s'arrodoneixen els valors obtinguts de forma que l'altura sigui una mica més gran que el diàmetre. Amb aquests nous valors es torna a calcular el volum del tanc el qual ha de ser major que el volum mínim.

5.17.2. Disseny mecànic

Com ja s'ha dit anteriorment s'utilitzarà el codi API650 per realitzar els càlculs mecànics del tanc.

Primerament cal decidir quin és el material més adient segons el producte a emmagatzemar. En aquest cas, s'utilitza el material ASTM A516M ja que és el que ofereix unes millors propietats per al disseny del tanc i s'ha extret de la taula 5.2.a- *Permissible Plate Materials and Allowable Stress* (SI) ^(REF.4).

Taula 5.17.1.1. Propietats del material escollit pel disseny ^(REF.4).

<i>Plate Specification</i>	<i>Grade</i>	<i>Minimum Yield Strength (MPa)</i>	<i>Minimum Tensile Strength (MPa)</i>	<i>Product Design Stress, Sd (MPa)</i>	<i>Hidrostatic Test Stress, St (MPa)</i>
A516M	485	260	485	173	195

Per calcular el gruix de les viroles s'ha utilitzat el mètode *1-Foot Method* ja que el diàmetre dels tancs no supera els 61m. Seguidament, es mostren les equacions utilitzades pel càlcul del gruix, de les quals s'ha d'escollir sempre el valor més alt.

$$t_d = \frac{4.9D(H-0.3)G}{Sd} + CA \quad (5.17.1.1)$$

$$t_t = \frac{4.9D(H-0.3)}{S_t} \quad (5.17.1.2)$$

On:

t_d és el gruix calculat de la virola, mm

t_t és el gruix de la virola segons per prova hidràulica, mm

D és el diàmetre del tanc, m

H és l'altura de líquid, m

G és la gravetat específica del líquid emmagatzemat, kg/dm³

CA és la corrosió permesa, mm

S_d és la tensió permesa per les condicions de disseny, MPa

S_t és la tensió permesa en les condicions de prova hidràulica, MPa

També, s'ha de tenir en compte l'altura de cada virola, que segons la normativa pot ser de 1800 mm o bé, de 2400mm. En aquest cas, s'han escollit de 2400 mm. S'ha considerat que la corrosió permesa es de 0.

Un cop s'han realitzat tots els càlculs i s'han obtingut els gruixos de les viroles segons l'altura de líquid, s'han cercat els valors de gruix normalitzats.

Segons el diàmetre del tanc hi ha un gruix mínim de virola. En la taula següent es poden observar els valors depenent del diàmetre.

Taula 5.17.2.1. Gruix mínim de virola

Diàmetre (m)	Gruix virola (mm)
<15	5
15 a <36	6
36 a 60	8
>60	10

5.17.3.T-151 tanc d'amoníac ▲

A l'annex F es mostren els procediments obtinguts per el tanc d'amoníac. Per tal de mantenir l'amoníac a les condicions d'emmagatzematge a pressió atmosfèrica i -35° C s'ha utilitzat un grup de fred. Seguidament es mostra el full d'especificacions.

5.17.4.T-101 tanc d'aigua àcida ▲

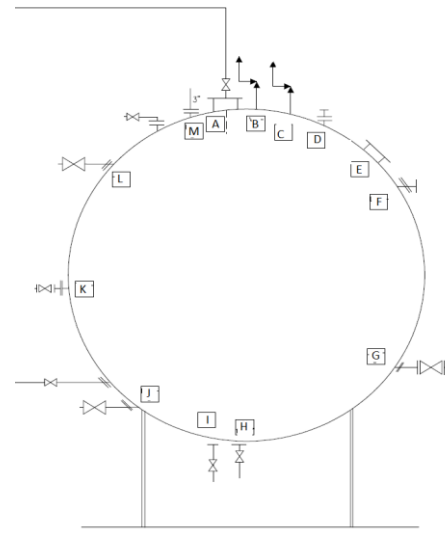
A l'annex F es mostren els resultats obtinguts per el tanc d'aigua àcida que emmagatzema el producte provinent del blanquejador C-102. Seguidament es mostra el full d'especificacions.

5.17.5.T-252 tanc d'àcid nítric concentrat ▲

A l'annex F es mostren els resultats obtinguts per el tanc d'emmagatzematge d'àcid nítric concentrat al 98.5% provinent de la columna de destil·lació al buit C-205. Seguidament es mostra el full d'especificacions.

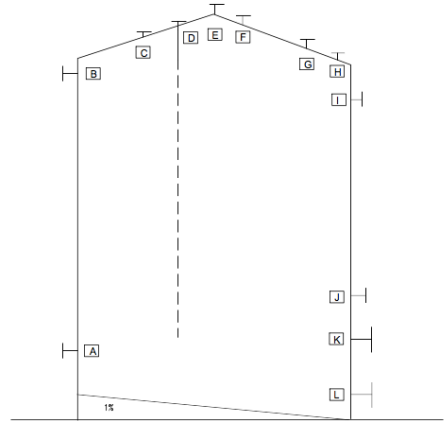
VERTICAL TANK DATA SHEET

1	GENERAL	Item: T-151				
2		Servei	Emmagatzematge d'amoniac			
3		Tipus sostre	Triangular			
4		Capacitat	20000 m3			
5	COND. OPERAC.	Pressió operació		1,01	kg/cm2 g	
6		Temperatura operació		-35	°C	
7		Densitat		0,86	kg/m ³	
8		Flux d'entrada		Inconstant	kg/h	
9		Flux sortida		3000	kg/h	
10	DADES DISSENY	Pressió disseny (eff)		14,00	mbar	
11		Buit (eff)		-7	mbar	
12		Temperatura disseny		5	°C	
13		Corrosió permesa		3	mm	
14		Courses:			Nº	
15		Joint Eff.		0,85		
16		Code:				
17		Radiografiat		Parcial	%	
18		Stress Relieve:	-	Parts:	No	
19		Aïllament	Si	Gruix (mm)	50	No
20		Ignifugació	Si			No
21		Sandblast:	Si	Grau		No
22		Pintura	Si	Parts:		No
23		Pes buit		39000000	kg	
24	Pes ple de producte		39017200	kg		
25	Pes ple d'aigua		39020000	kg		
26	Prova hidrostàtica (eff)			kg/cm2 g		
27	MATERIALS			Gruix	Tipus material	
28		Anell perimental				
29		Shell course	AISI 316L			
30		8	AISI 316L	4,5		
31		7	AISI 316L	9,5		
32		6	AISI 316L	14		
33		5	AISI 316L	19		
34		4	AISI 316L	24		
35		3	AISI 316L	29		
36		2	AISI 316L	34		
37	1	AISI 316L	39			
38	Sostre	-				
39	Fons	-				
40	TUBULADURES	Servei	Marca	No.	Dia.	Valoració
41		Transmissor de nivell (alt)	A	1	2"	
42		PSV26	B	1	2"	
43		PSV27	C	1	2"	
44		Transmissor de pressió	D	1	2"	
45		Boca d'home	E	1	30"	
46		Transmissor de nivell	F	1	2"	
47		Transmissor de nivell	G	1	2"	
48		Sortida cap a procés	H	1	1 1/4"	
49		Sortida per buidar el tanc	I	1	2"	
50		Transmissor de nivell	J	1	2"	
51	Transmissor de temperatura	K	1	2"		
52	Transmissor de nivell (alt)	L	1	2"		
53	Entrada de nitrogen	M	1	2"		
54	NOTES:					
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62	0					
63	REV.		DATA	PREP.	APPR.	
64						



VERTICAL TANK DATA SHEET

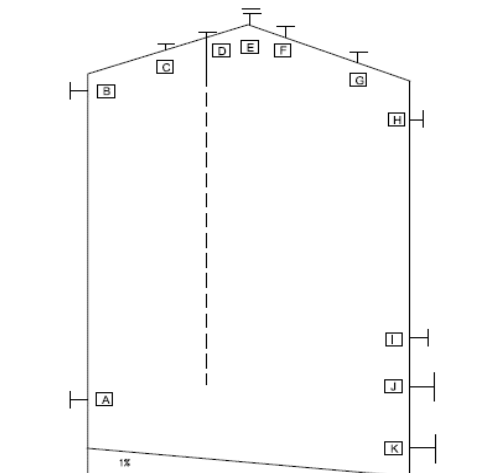
1		Item: T-151					
2	GENERAL	Servei	EMMAGATZEMATGE D'AIGUA ÀCIDA				
3		Tipus sostre	Triangular				
4		Capacitat	2000 m3				
5	COND. OPERAC.	Pressió operació	1 bar				
6		Temperatura operació	25 °C				
7		Densitat líquid	1000 kg/m ³				
8		Flux d'entrada	5,52 m ³ /h				
9		Flux sortida	m ³ /h				
10	DADES DISSENY	Pressió disseny (eff)	1,50 bar				
11		Buit (abs)	-150 mmbar				
12		Temperatura disseny	45 °C				
13		Corrosió permesa	0 mm				
14		Courses:	Nº				
15		Joint Eff.	0,85				
16		Code:					
17		Radiografiat	Parcial	%			
18		Stress Relieve:	-	Parts:			
19		Aïllament	NO	Gruix (mm)			
20		Ignifugació	NO				
21		Sandblast:		Grau			
22	Pintura	Sí	Parts:				
23	Pes buit	8210	kg				
24	Pes ple de producte	2000000	kg				
25	Pes ple d'aigua	1970000	kg				
26	Prova hidrostàtica (eff)		kg/cm ² g				
27	MATERIALS		Gruix	Tipus material			
28		Anell perimental			AISI 304		
29		Shell course					
30			7	6 mm	AISI 304		
31			6	6 mm	AISI 304		
32			5	6 mm	AISI 304		
33			4	6 mm	AISI 304		
34			3	6 mm	AISI 304		
35			2	6 mm	AISI 304		
36			1	6 mm	AISI 304		
37	Sostre			AISI 304			
38	Fons			AISI 304			
39	CONNEXIONS	Servei	Marca	No.	Dia.	Valoració	
40		Transmissor de nivell (baix)	A	1	2"		
41		Transmissor de nivell (alt)	B	1	2"		
42		Entrada de nitrogen	C	1	2"		
43		Entrada d'aigua àcida	D	1	1 1/4"		
44		PVRV	E	1	2"		
45		ERV	F	1	2"		
46		Transmissor de pressió	G	1	2"		
47		Sortida cap a ventteg	H	1	2"		
48		Transmissor de nivell per pressió diferencial	I	1	2"		
49	Transmissor de nivell per pressió diferencial	J	1	2"			
50	Boca d'home	K	1	30°			
51	Sortida per buidar el tanc	L	1	2"			
52	NOTES:						
53							
54							
55							
56							
57							
58							
59							
60							
61							
62	0						
63	REV.	DATA	PREP.	APPR.			
64							




UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
 Departament d'Enginyeria Química

VERTICAL TANK DATA SHEET

1	Item: T-252					
2	Servei Emmagatzematge d'àcid nítric 98.5% produït en 1 mes					
3	Tipus sostre Fix					
4	Capacitat 14850 m3					
5	COND. OPERAC.		Pressió operació	1.01	kg/cm2 g	
6			Temperatura operació	25	°C	
7			Densitat líquid	1500	kg/m ³	
8			Flux d'entrada	6.44	m3/h	
9			Flux sortida	6.44	m3/h	
10	DADES DISSENY		Pressió disseny (eff)	14.00	mbar	
11			Buit (eff)	-7	mbar	
12			Temperatura disseny	40	°C	
13			Corrosió permesa	3	mm	
14			Courses:		Nº	
15			Joint Eff.	0.85		
16			Code:			
17			Radiografiat	Parcial	%	
18			Stress Relieve:	-	Si Parts:	No
19			Aïllament	Si	Si Gruix (mm)	50
20	Ignifugació		Si	No		
21	Sandblast:		Si Grau	No		
22	Pintura	Si	Si Parts:	No		
23	Pes buit		34718813	kg		
24	Pes ple de producte		41971179	kg		
25	Pes ple d'aigua		39553724	kg		
26	Prova hidrostàtica (eff)			kg/cm2 g		
27			Gruix	Tipus material		
28	Anell perimental	AISI 316L				
29	Carcassa	AISI 316L				
30	8	AISI 316L	6			
31	7	AISI 316L	6			
32	6	AISI 316L	6			
33	5	AISI 316L	8			
34	4	AISI 316L	10			
35	3	AISI 316L	11			
36	2	AISI 316L	12.5			
37	1	AISI 316L	16			
38	Sostre	AISI 316L				
39	Fons	AISI 316L				
40	Servei		Marca	No.	Dia.	
41	Transmissor de nivell baix		A	1	2"	
42	Transmissor de nivell alt		B	1	2"	
43	Entrada de nitrogen		C	1	2"	
44	Entrada àcid nítric concentrat		D	1	2.5"	
45	PVRV (Pressure valve relief valve)		E	1	2"	
46	ERV (Emergency relieve valve)		F	1	2"	
47	Transmissor de pressió		G	1	2"	
48	Mesurador per pressió diferencial		H	1	2"	
49	Mesurador per pressió diferencial		I	1	2"	
50	Boca d'home		J	1	30"	
51	Sortida		K	1	2"	
55	NOTES:					
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62	Núria Martín		####			
63	REV.		DATA	PREP.	APPR.	
64						




UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGLI
 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
 Departament d'Enginyeria Química

6.MANUAL MEDIAMBIENTAL

Per tal de tenir un major grau de coneixença sobre l'impacte en el medi ambient que pot tenir una planta amb les característiques de la que s'està dissenyant, es porta a terme un estudi mediambiental. Aquest estudi consta d'una avaluació d'impacte ambiental (AIA) i d'un anàlisi del cicle de vida de la planta (ACV) i es fa d'acord amb el RD 1/2008, en el qual s'han d'incloure parts com la descripció del projecte, del medi i estudi d'alternatives, apartats que queden inclosos en punts anteriors del projecte.

6.1.Anàlisi d'impacte ambiental (AIA)

Com s'ha comentat en el punt anterior, una part imprescindible per dur a terme un estudi mediambiental és l'elaboració d'un AIA per valorar-ne la importància dels impactes en qüestió.

A continuació es mostra taula resum dels impactes de les diverses accions portades a terme. En l'Annex G. es mostra amb expés detall les definicions de cada un dels impactes.

6.2.Anàlisi del Cicle de Vida (ACV)

L'objectiu és portar a terme l'anàlisi del cicle de vida del procés de producció d'àcid nítric concentrat. La finalitat d'aquest estudi és detectar quines són les etapes, productes i processos que contribueixen a un impacte ambiental negatiu i en l'apartat final de conclusions enfocar àrees de millora per tal que el procés encara sigui molt més respectuós amb el medi ambient. En l'Annex G es detalla de forma extensa l'Anàlisi de Cicle de Vida portat a terme.

6.2.1. Taula resum d'impactes

Taula 6.2.1.1. Caracterització d'impactes de Tipus I a Tipus IV

	Tipus I		Tipus II				Tipus III			Tipus IV		
	Qualitat ambiental		Relació causa - efecte				Interrelacions acció/efecte			Moment manifestació		
	Positiu	Negatiu	Notable	Mínim	Directe	Indir.	Simple	Acum.	Sinèrgic	Curt termini	Mitjà termini	Llarg termini
Impacte acústic		X		X	X			X		X		
Impacte visual		X	X		X		X			X		
Emissió de gasos		X		X		X			X			X
Consum d'aigua		X		X	X		X			X		
Producció de pols		X		X	X		X			X		
Contaminació lumínica		X	X			X			X			X

Taula 6.2.1.2 Caracterització d'impactes de Tipus V a Tipus VIII

Tipus V		Tipus VI		Tipus VII		Tipus VIII			
Persistència		Reversibilitat		Recuperabilitat		Periodicitat			
Sí	No	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Continu	Discontinu	Periòdic	D'aparició irregular
X		X		X		X		X	
X		X		X		X		X	
X		X			X	X		X	
X		X		X		X		X	
	X	X		X		X		X	
X		X			X	X		X	

7. MANUAL DE SEGURETAT

7.1. Zones d'atmosferes explosives (ATEX) ▲

Segons la llei vigent es defineix com atmosfera explosiva a la mescla amb l'aire, en condicions atmosfèriques, de substàncies inflamables en forma de gasos, vapors, boires o pols, en les que, després d'una ignició, la combustió es propaga a la totalitat de la mescla no cremada.

Per tal de determinar les àrees en les que es poden formar atmosferes explosives s'ha seguit allò establert en l'article 7 del RD 681/2003 i classificar-les seguint el mencionat criteri.

S'ha determinat que el tanc d'emmagatzemament d'amoníac (T-151) es disposaran en la zona 0, àrea de treball en la que una atmosfera explosiva consistent en una mescla amb aire de substàncies inflamables en forma de gas, vapor o boira està present de manera permanent, per un període de temps prolongat, o amb freqüència. Ja que una fuga d'amoníac pot provocar una atmosfera explosiva consistent.

Per altra banda, s'ha establert com a zona 2 la resta de parts de la planta. Es defineix com a zona 2 tota aquella àrea de treball en la que no és probable, en condicions normals d'explotació, la formació d'una atmosfera explosiva consistent. Són substàncies que poden arribar a ser inflamables en forma de gas, vapor o boira però en la que, en cas de formar-se, l'anomenada atmosfera explosiva, sols roman durant breus períodes de temps.

Així doncs, i seguint el RD 681/2003, es disposaran els aparells de la categoria 1 en la zona 0, mentre que en la zona 2 els de categoria 3.

Segons s'indica en el ja esmentat apartat del RD 681/2003 totes les zones de risc d'atmosfera s'han de senyalitzar amb el cartell tal i com s'indica en la Figura 7.1.1.






Ha de tenir les lletres negres sobre un fons de color groc (que cobreixi com a mínim el 50% de la superfície de la senyal) i amb costats negres.

7.2. Seguretat ocupacional ▲

Una altre factor a nivell de seguretat molt important que s'ha de tenir en compte és la seguretat dels treballadors. Per tal de poder-la garantir s'han identificat tots els possibles riscos d'accidents que hi poden haver a la planta.

Un cop es coneixen, s'han d'instaurar les mesures preventives corresponents. Serà necessari utilitzar el Equips de Protecció Individual (EPIS) durant les hores de treball a l'empresa. En la següent taula es mostren els EPIS necessaris.

Taula 7.2.1 EPIS necessaris per als treballadors de l'empresa

EPIS	Descripció	Simbol
Ulleres de seguretat	Protecció als ulls davant de partícules voladores o esquitxades de productes químics	
Casc	Protecció davant de caigudes d'objectes o de caigudes de persones que es troben en nivells superiors al terra	
Calçat de seguretat	Protecció dels peus davant de possibles caigudes d'objectes	
Roba ignífuga	Eviten la formació de foc	
Proteccions auditives	Protecció de les orelles davant de les vibracions i sorolls que hi ha a l'interior de la planta	
Mòbils Ex per zones 2	Eviten la formació d'una espurna causada per la bateria del mòbil.	-

A més a més, l'empresa proporciona els manuals on s'hi mostren els procediments de treball per a cada equip, la descripció dels llocs de treball amb l'avaluació de riscos adient, manuals de treballs en altures i uns procediments d'operació.

7.3. HAZOP ▲

A l'annex es mostra l'anàlisi de riscos del procés de producció d'àcid nítric concentrat.

7.4 INDEX DOW

INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION



Diagrama "A"

	Localización	Fecha
Planta ACID NÍTRIC CONCENTRAT 98,5%	Unidad TANC D'AMONIAC T-151	A cargo de
MATERIALES Y PROCESOS		

Materiales

Catalizadores Disolventes

FACTOR MATERIAL (VER TABLA I, APENDICE A) →			4
1. RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (VER TABLA II)	Penalización	Penalización usada	
FACTOR BASE →	1,00	1,00	
A. Reacciones exotérmicas (Factor 0.30 a 1.25)	0,30 a 1,25	-	
B. Reacciones endotérmicas (Factor 0.20 a 0.40)	0,20 a 0,40	-	
C. Transferencia y manejo materiales (Factor 0.25 a 0.85)	0,25 a 1,05	0,85	
D. Unidades de proceso cerradas (Factor 0.30 a 0.90)	0,25 a 0,90	-	
E. Acceso	0,25 a 0,35	-	
F. Desagües (Factor 0.25 a 0.50)	0,25 a 0,50	0,5	
FACTOR DE RIESGOS GENERALES DEL PROCESO (F₁) →		2,35	
2. RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO			
FACTOR BASE →	1,00	1,00	
A. Temperatura del proceso (Usar sólo una)	0,20 a 0,80	-	
1. Superior al punto de inflamación	0,30		
2. Superior al punto de ebullición	0,60		
3. Superior al punto de autoignición	0,75		
B. Presión baja (Inferior a la atmosférica)	0,50	-	
C. Operación en o cerca condiciones inflamabilidad			
1. Líquidos inflamables almacenados en tanques en el exterior	0,50	0,5	
2. Alteración del proceso o fallo de purga	0,30		
3. Siempre en condiciones de inflamabilidad	0,80		
D. Explosión de polvo (Factor 0.25 a 2.00) (Ver Tabla III)	0,25 a 2,00	-	
E. Presión (Ver Figura 2)	0,15	0,15	
F. Temperatura baja (Factor 0.20 a 0.50)	0,20 a 0,30	0,20	
G. Cantidad de material inflamable	1,5	1,5	
1. Líquidos o gases en procesos (Ver Figura 3)			
2. Líquidos o gases almacenados (Ver Figura 4)			
3. Sólidos combustibles almacenados (Ver Figura 5)			
H. Corrosión y erosión (Factor 0.10 a 0.75)	0,10 a 0,75	0,20	
J. Fugas por uniones y empaquetaduras (Factor 0.10 a 1.50)	0,10 a 1,50	0,40	
K. Uso de calentadores con llama abierta (Ver Figura 6)	1,50	-	
L. Sistema intercambio térmico con aceite caliente (Factor 0.15 a 1.5) (Ver Tabla IV)	0,15 a 1,15	-	
M. Compresores, bombas y equipos rotativos	0,50	-	
FACTOR DE RIESGOS ESPECIALES DEL PROCESO (F₂) →		3,95	
FACTOR DE RIESGO DE LA UNIDAD (F₁ x F₂ = F₃) →		9,28	
INDICE DE INCENDIO Y EXPLOSION (F₃ x MF) = IIE →			37

DIAGRAMA B

FACTORES DE CONFIANZA PARA EL CONTROL DE PERDIDAS

1. Control de Procesos (C₁)

a) Energía de emergencia	0,97	e) Control con ordenador	0,89 a 0,98
b) Refrigeración	0,95 a 0,98	f) Gas inerte	0,90 a 0,94
c) Control de explosiones	0,75 a 0,96	g) Instrucciones de operación	0,86 a 0,99
d) Parada de emergencia	0,94 a 0,98	h) Recopilación reactividad química	0,85 a 0,96
C ₁ Total		8,395 *	

2. Aislamiento de Material (C₂)

a) Válvulas control remoto	0,94	c) Desagües	0,85 a 0,95
b) Depósitos de descarga	0,94 a 0,96	d) Enclavamiento	0,96
C ₂ Total		3,79 *	

3. Protección contra incendios (C₃)

a) Detección fugas	0,90 a 0,97	f) Sistemas de rociadores	0,60 a 0,96
b) Estructuras de acero	0,92 a 0,97	g) Cortinas de agua	0,95 a 0,97
c) Tanques enterrados	0,75 a 0,85	h) Espuma	0,87 a 0,98
d) Suministro agua	0,90 a 0,95	j) Extintores Manuales	0,92 a 0,97
e) Sistemas especiales	0,85	k) Protección de Cables	0,90 a 0,96
C ₃ Total		7,9 *	

C₁ x C₂ x C₃ = _____ Ver figura 9 para conversión al Factor de Bonificación Efectivo (A la línea D de más abajo)

RESUMEN DEL ANALISIS DE RIESGOS

A-1	IIE	_____	
A-2	Radio de exposición	_____	m
A-3	Valor del Area de exposición	_____	\$MM** _____
B.	Factor de Daño	_____	
C.	MPPD Básico (A - 3 x B)	_____	\$MM _____
D.	Factor de Bonificación efectivo	_____	
E.	MPPD Efectivo (C x D)	_____	\$MM _____
F.	Días Perdidos (MPDO)	_____	días

* Producto de todos los factores usados

** MM = Millón

8. MANUAL DE MANTENIMENT

Per tal d'analitzar el procés de producció de l'àcid nítric s'han determinat una sèrie d'objectius per tal de poder qualificar el manteniment com a efectiu:

- Reducció de la probabilitat de fallades que puguin afectar el medi ambient i la seguretat dels processos.
- Buscar l'augment de la fiabilitat i disponibilitat de les instal·lacions i equips.
- Optimitzar els costos de manteniment.

Tenint en compte els objectius que es volen assolir s'ha decidit adoptar una estratègia de manteniment tipus RCM (*RehabilityCenteredMaintenance*), en altres paraules, és un manteniment basat en la fiabilitat dels equips i es focalitzen els recursos en aquelles fallades més crítiques per la seguretat, medi ambient i productivitat de les instal·lacions.

8.3. Fases d'aplicació

Generalment per l'aplicació del RCM es segueixen els següents passos:

- 1) Separació d'àrees i sistemes.
- 2) Càlcul de la criticitat d'àrees o sistemes.
- 3) Elecció del nivell crític d'anàlisi.
- 4) Anàlisi de fallades funcionals crítiques.
- 5) Anàlisi de modes i causes de fallades tècniques crítiques
- 6) Definició de les tasques preventives.

8.2. Fases d'aplicació

L'objectiu d'aquesta fase és el de dividir la fàbrica o procés en diferents àrees o sistemes amb les majors dimensions possibles per posteriorment, en la següent fase discutir aquelles àrees no crítiques.

Taula 8.2.1. Separació per àrees

Nomenclatura	Sistema	Equips compresos
S001	Alimentació d'amoniac	T-151, S-102
S002	Sistema d'aire	S-101, K-101, S-103, E-205, K-201, S-201
S003	Sistema de reacció	E-102, E-103, E-104
S004	Sistema de compressió	K-102, E-106, E-105, C-201
S005	Sistema de baixa pressió	C-102, C-202, C-205
S006	Magatzem	T-101, T-251, T-252

8.3. Càlcul de la criticitat d'àrees

En aquesta fase s'analitza cada una de les àrees d'acord amb els següents criteris esmentats anteriorment: seguretat i medi ambient, disponibilitat i fiabilitat.

Valorant la probabilitat i conseqüències d'una fallada, determinant d'aquesta manera la criticitat dels sistemes. Per això s'utilitzen les taules i matrius descrites en les Taules 8.3.1, 8.3.2 i 8.3.3

Taula 8.3.1. Càlcul de la criticitat d'àrees

Efectes a les persones	Extensió dels danys	Impacte medi ambiental	Valor
Morts	Comunitats veïnes	Molt greu	10
Lesions serioses	Recinte de la fàbrica	Important	
Hospitalització		Difícil descontaminació	6
Accidents amb baixa	Extensió localitzada	Poc important	2
Lesions menors	No hi ha extensió	Menor	1

Taula 8.3.2. Probabilitat de fallada per la seguretat i medi ambient

Probabilitat de fallada	Valor
Improbable	1
Poc probable	2
Probable	6
Molt probable	10

Taula 8.3.3. Càlcul de la criticitat d'àrees. Criteri: fiabilitat i disponibilitat

		Disponibilitat		
		Impacte	Alt	Mitjà
Fiabilitat	Alt	10	8	6
	Mitjà	8	6	5
	Baix	6	4	2

Com es pot comprovar, la seguretat i el medi ambient es jerarquitzava seguint el criteri de multiplicar la probabilitat de la fallada pels efectes o impacte del mateix. En aquest cas s'ha optat per separar la criticitat depenent de la seguretat i medi ambient i la criticitat depenent de la fiabilitat i la disponibilitat. La valoració dels criteris de seguretat i medi ambient és prioritària per tal de determinar el grau de criticitat de les àrees.

8.4. Elecció del nivell crític d'anàlisi

Aquest és un pas recurrent, ja que en cada fase final d'anàlisi s'ha de fixar un valor per sota del qual, les àrees, sistemes, equips o modes de fallada són apartats del mètode RCM i per tant, separats dels programes de manteniment preventiu i les seves avaries, per la seva baixa criticitat, són resoltes de forma correctiva.

Taula 8.4.1 Càlcul de la criticitat de les àrees

Sistema	Seguretat i medi ambient			Disponibilitat i fiabilitat
	Conseqüències	Probabilitat	Valor	
S001	2	2	4	10
S002	2	6	12	10
S003	2	2	4	8
S004	2	6	12	8
S005	6	1	6	2
S006	6	2	12	2

En el cas de la planta de producció d'àcid nítric que s'està dissenyant, cap sistema podria ser descartat. Tenint en compte aquesta casuística s'analitzarà equip per equip sense fer excepcions en l'apartat 8.6.

8.5. Anàlisi de les fallades funcionals

Aquesta fase consisteix en descompondre els sistemes crítics en els seus equips i definir amb exactitud les funcions que tenen encomanades. Abans de tot, cal tenir en compte que els equips poden tenir tres classes de funcions:

- 1) Funció principal: aquella per la que l'equip en qüestió ha sigut dissenyat.
- 2) Funció secundària: aquella que no sent per la que s'ha dissenyat l'equip és necessària pel funcionament del mateix.
- 3) Funció de protecció: aquella necessària per protegir a persones i instal·lacions des del punt de vista de seguretat. Un exemple seria una carcassa de protecció per prevenir atrapaments en l'acoplament.

Conegudes les funcions de cada equip, s'han de determinar les fallades funcionals i els seus modes de detecció per posteriorment determinar la seva criticitat, utilitzant bàsicament els següents criteris:

- 1) Disponibilitat
- 2) Freqüència
- 3) Detectabilitat
- 4) Seguretat i medi ambient

Per això s'utilitzaran les Taules Els resultats pertinents s'incorporaran al full d'anàlisi de fallades funcionals, on s'afegeixen les mesures que s'han de prendre per prevenir les fallades funcionals considerades crítiques. Per la seva banda, les fallades per sota del límit fixat es deixaran per el manteniment correctiu.

8.6. Anàlisi de modes i causes de fallades tècniques

En aquesta fase de desenvolupament de l'estudi RCM es passa a valorar la forma o mode de fallada dels elements que componen els equips de la planta. Les fallades són en general les causes de les fallades funcionals. Els modes de fallada són la forma en què es manifesta la fallada tècnica.

El procés d'anàlisi de modes i causes de fallades tècniques són:

- 1) Descompondre l'equip corresponent en elements mantenibles.
- 2) Determinar els diferents modes de fallada per cada element.
- 3) Definir les diferents causes de mode de fallada.
- 4) Valorar la criticitat de cada causa de fallada.
- 5) Determinar les tasques de manteniment preventiu o modificatiu que elimini o redueixi la probabilitat de fallada.

Taula 8.6.1 Criticitat de les fallades en funció de la disponibilitat

Disponibilitat	Valor
Parada de planta superior a les 12 hores	4
Parada de planta de 6 a 12 hores	3
Parada de planta inferior a les 6 hores	2
Sense efecte (equips redundants)	1

Taula 8.6.2 Criticitat de les fallades en funció de la freqüència

Freqüència	Valor
Menor que cada 8,760 hores	4
Entre 8,760 hores i 17,520 hores	3
Entre 17,520 hores i 35,040 hores	2
Major que cada 35,040 hores	1

Taula 8.6.3 Criticitat de les fallades en funció de la detectabilitat

Detectabilitat	Valor
La fallada funcional és indetectable o la seva detecció no impedeix la indisponibilitat	2
La detecció de la fallada funcional és possible i es pot corregir sense provocar una parada de planta	1

Taula 8.6.4 Criticitat de les fallades en funció de seguretat i medi ambient

Efectes a les persones	Extensió dels danys	Impacte medi ambiental	Valor
Morts	Comunitats veïnes	Molt greu	9
Lesions serioses	Recinte de la fàbrica	Important	
Hospitalització		Difícil descontaminació	6
Accidents amb baixa	Extensió localitzada	Poc important	3
Lesions menors	No hi ha extensió	Menor	1

Tenint en compte els valors de criticitat estandarditzats, en les següents taules es mostren els anàlisis corresponents dels equips de la planta. Es mostra un exemple per cada tipus d'equip de la planta. La Taula 8.6.5 és un exemple en un bescanviador i en l'Annex H es mostren tots els exemples de forma detallada.

Taula 8.6.5 Taula d'anàlisi de fallades funcionals

Equip: Refredador de gasos E-102											
Criticitat											
Element	Mode	Causa	Efecte	D	F	C	S	Tot	Tasca	Freqüència	Cost
Carcassa	Pèrdua espessor	Corrosió sota aïllament	Fuga aigua exterior	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
		Corrosió per picadura	Fuga aigua exterior	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
Tubuladures costat aigua	Fallada junta	Error humà en muntatge	Fuga aigua exterior	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
		Material deteriorat	Fuga aigua exterior	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
Feix tubular	Pèrdua espessor	Corrosió sota dipòsit	Fuga aigua al HNO ₃	2	3	6	1	36	Control qualitat aigua	Setmanal	2.000
									Mesurar espessors residuals	Semestral	500

		Corrosió generalitzada	Fuga aigua al HNO ₃	2	3	6	1	36	Mesurar espessors residuals	Semestral	500
Capçal superior	Pèrdua espessor	Corrosió per HNO ₃	Fuga HNO ₃ exterior	2	2	2	3	24	Mesurar espessors residuals	Semestral	500
Con inferior	Pèrdua espessor	Corrosió per HNO ₃ diluït	Fuga HNO ₃ exterior	2	4	2	3	48	Substituir material del con inferior	Quan procedeixi	10.000
Tubuladures HNO ₃	Fallada en la junta	Error humà en el muntatge	Fuga aigua exterior	1	2	2	3	12	Inspecció de muntatge (supervisió)	Quan procedeixi	-
		Deteriorament material junta	Fuga aigua exterior	1	2	2	3	12	Inspecció visual	Bimensual	-

9.MANUAL D'OPERACIÓ

Tot seguit es descriuen els procediments d'operació per la posada en marxa dels principals equips de la planta.

9.1.1.1. Posada en marxa de les bombes P-101, P-102, P-103, P-104, P-105, P-106, P-201, P-202, P-203, P-205, P-206 i P-207

Primerament s'obre l'aspiració, comprovant que pel venteig surti líquid, la qual cosa indica que la bomba està plena de líquid i que no te aire en l'interior. S'arrenca el motor elèctric i s'obre la impulsió poc a poc comprovat que augmenta la pressió en la impulsió.

9.2.1.2. Posada de marxa dels compressors de lòbuls K-101 i K-201 I del compressor centrífug K-102 A/B

Primerament s'ha de comprobar l'estanqueïtat de l'equip. Tot seguit, s'obre la impulsió, es posa en marxa el motor elèctric i poc a poc s'obre l'aspiració. Finalment s'ha de comprobar que la pressió a la impulsió vagi augmentant fins al valor desitjat.

9.3.1.3. Posada de marxa dels compressors d'anell líquid K-202

S'obre l'entrada de líquid al compressor, un cop es rep la senyal conforme el conjunt (compressor-pota) ja ha assolit el nivell de líquid adequat, es posa la bomba en marxa mantenint el nivell dins el cojunt per tal que aquesta no treballi al buit. Tot seguit, s'obre la impulsió del compressor es posa en marxa el motor elèctric i s'obre poc a poc l'aspiració comprovant que augmenta la pressió en la impulsió.

9.4.1.4. Posada en marxa de les columnes d'absorció C-101, C-102, C-201, C-202, C-203, C-204

Un cop comprovada l'estanqueïtat dels equips, s'obren els corrents de líquid fins assolir el nivell màxim de líquid dins la columna. Tot seguit s'engega la bomba regulant el cabal d'entrada de líquid en la columna per així evitar que el nivell no baixi de forma sobtada i per tant, que la bomba cavitï per falta d'alimentació. Un cop els nivells s'estabilitzen amb els circuits plens (bombes en marxa) ja es pot obrir l'alimentació de gas i estabilitzar els paràmetres (temperatura, pressió, nivell) fins als desitjats.

9.5.1.5. Posada en marxa de la columna de destil·lació C-205

Després de comprobar previamente l'estanqueïtat de l'equip, s'obre l'alimentació a la columna, un cop assolit el màxim nivell es tanca l'entrada, però sempre mantenint el nivell dins la columna, i s'obre l'entrada de vapor al calderí, E-204, per escalfar la mescla. Quan aquesta s'evapora surt per cap de columna i es condensa en el E-203. La mescla condensada es diposita en l'acumulador de reflux V-201 amb la sortida tancada fins que no s'assoleix el nivell d'aquest. Un cop assolit el nivell de líquid en el *vessel* s'obre la sortida cap a la bomba P-207 i es posa en marxa la bomba. Quan aquesta ja està en marxa, es retorna tot el líquid a la columna (es posa la columna en reflux infinit) per així assolir la temperatura desitjada en la columna. Quan la temperatura es manté fixa al *set point* desitjat ja es pot obrir la sortida cap a emmagatzematge regulant el reflux.

10. ESTUDI ECONÒMIC

S'ha portat a terme un estudi econòmic amb la finalitat d'avaluar la viabilitat de portar a terme la inversió que requereix una planta de producció d'àcid nítric amb les característiques de la que s'està dissenyant.

Per portar a terme l'anàlisi de la inversió s'han utilitzat paràmetres bibliogràfics. No obstant això, els costos que s'estimen a la bibliografia indicada són de l'any 2001 i per tant, cal tenir en compte que els valors de costos que s'hi estimen difereixen substancialment respecte els actuals. És per això que amb el conegut com a índex CEPCI (Chemical Engineering Plant Cost Índex) de l'any 2014 es calculen els valors actuals. S'ha utilitzat el CEPCI d'aquest any degut a que no s'ha trobat cap valor més actual en la recerca bibliogràfica.

El valor de l'índex CEPCI esmentat és de 687.9^[REF.4] i és el que s'aplicarà en el càlcul del cost dels diferents equips.

10.1. Estimació del cost total de la planta

Un cop coneguts els corrents i equips que s'empren en el procés de producció d'acrilat de butil es pot procedir a l'estimació dels costos de la planta. L'expressió bibliogràfica emprada és la següent:

$$C_{BM} = C_p^0 \cdot F_{BM} = C_p^0 (B_1 + B_2 F_P F_M) \quad (10.1)$$

En l'expressió (10.1), C_{BM} és el cost *free on board* de cada equip, C_p^0 és el cost de compra dels equips construïts amb els materials més comuns i a pressió atmosfèric, B_1 , B_2 i F_M són valors constants que s'han extret bibliogràficament i es poden trobar a l'Annex.

Per últim, F_P és el factor de pressió dels equips. Per altra banda, F_M és el factor material dels equips.

10.1.1. Càlcul del factor de pressió i factor material

El F_P (Càlcul del factor de pressió) s'ha trobat a partir l'equació (10.2) i les constants C_1 , C_2 i C_3 s'han obtingut bibliogràficament^[REF.5] i es mostren en l'Annex A.4.

$$\log(F_P) = C_1 + C_2 \cdot \log(P) + C_3 \cdot (\log(P))^2 \quad (10.1.1.1)$$

Per altra banda, també s'ha portat a terme el càlcul del factor material per a cada un dels equips del procés. Com en els casos anteriors, els valors constants s'han extret bibliogràficament i es mostren en l'Annex A.5.

10.1.2. Càlcul del cost base dels equips

Per tal de calcular el cost base dels equips s'ha emprat l'equació bibliogràfica^[REF.2] (10.3):

$$\log(C_p^0) = K_1 + K_2 \cdot \log(A) + K_3 \cdot (\log(A))^2 \quad (10.1.1.2)$$

En aquesta equació els valors de les constants K_1 , K_2 , K_3 venen donades per dades bibliogràfiques que es poden trobar en l'Annex I. No obstant, el cost d'altres equips com els bescanviadors de calor o els reactors han sigut calculats per un mètode diferent basat en els estudis de bescanviadors i reactors portats a terme en el projecte. Cal tenir en compte que en l'expressió (10.3) el valor de la incògnita A ve donada pels límits bibliogràfics.

10.2. Inversió capital fix

Com s'explica anteriorment, a partir de l'equació (10.1) es pot obtenir un valor del sumatori de tots els C_{BM} . A partir dels càlculs portats a terme, el sumatori és de 8,300,000€. Cal tenir en compte que els valors obtinguts en les dades dels equips eren en US Dòlars però s'ha aplicat el canvi actual euro - dòlar^[4]. La Figura següent mostra una visió global de l'impacte que ha tingut cada tipus d'equipament de la planta en el valor final de la inversió de capital fix.

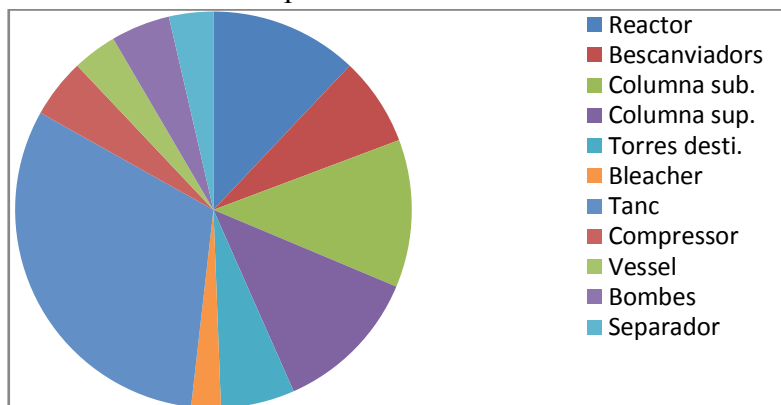


Figura 10.2.1. Impacte del cost de cada tipus d'equip en la inversió de capital fix
Finalment, per tal d'obtenir el cost total de mòdul s'empra l'equació (10.4).

$$C_{TM} = 1.18 \cdot C_{BM} \quad (10.2.1)$$

Un cop s'obté el valor del cost total de mòdul (C_{TM}), ja s'obté la inversió de capital fix (I_{FIX}) ja que en aquest cas els coneguts com a *Green Roots* (C_{GR}).

Aplicant l'equació anterior se n'extreu un valor de cost total de mòdul (C_{TM}) de 9,794,000.

10.3. Estimació costos fabricació

S'ha portat a terme un extens estudi sobre els costos que es deriven de l'activitat de la planta de l'empresa. És imprescindible analitzar amb detall els costos de fabricació per tal de poder aconseguir una estimació el més propera possible a la realitat de construir una planta d'aquest tipus. El valor total és un còmput dels costos de producció variables, els costos fixos de fabricació i les despeses generals.

Això representa una despesa anual de 13,293,000 M € que suposa el sumatori dels tres tipus de costos mencionats.

10.3.1. Costos de producció directes

Aquests costos són independents als canvis de la quantitat de producció. Aquests inclouen el cost de personal, els sous dels caps i supervisors, el subministrament d'operació, el manteniment de la planta, càrrecs de laboratori i patents i drets d'autor.

10.3.2. Costos indirectes de fabricació

Aquests costos simbolitzen les despeses d'explotació, les quals varien segons la producció. Estan inclosos aspectes com les taxes, assegurances i amortització, entre d'altres. En l'Annex A.6, juntament amb el càlcul dels costos de producció variables, s'inclou el càlcul dels costos fixos de fabricació que puguen fins a la quantitat de 9.25 M €. Un 54% d'aquests costos de producció són a causa de la despesa que suposa per l'empresa l'obtenció de matèries primeres. En l'Anàlisi de sensibilitat d'aquest treball

s'estudia els efectes col·laterals que pot provocar que l'empresa tingui una despesa tan elevada de matèries primeres.

10.3.3.Despeses generals

Representen la càrrega de capital que són necessàries per dur a terme les funcions de negoci. Inclouen l'administració, les vendes, les finances i les funcions de recerca i desenvolupament. El valor de costos generals ascendeix fins a la quantitat de 500,000 €.

10.4.Estudi de la viabilitat de la planta

Per poder engegar un projecte d'una magnitud com del que es vol tirar endavant, és imprescindible analitzar-ne seva viabilitat. Per poder portar a terme aquesta anàlisi s'ha emprat el mètode financer VAN (Valor Actual Net). En altres paraules, es buscarà el valor actual dels fluxos que el projecte va generant descomptats al cost d'oportunitat. S'ha estimat un cost d'oportunitat (variable k) del 10.5%^[x3]. Per trobar el valor VAN s'ha emprat l'equació (10.2.2) i un cop s'hagi obtingut, per analitzar-lo cal tenir en compte que un valor de $VAN \geq 0$ dóna llum verda per poder invertir en el projecte en qüestió. Per altra banda, un $VAN < 0$ desaconsella la inversió en el projecte.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i} \quad (10.2.2)$$

Un cop coneguda l'expressió (X.6), és necessari calcular els fluxos de caixa (CF), també coneguts com a *cash flow*. Aquests s'indiquen a continuació en l'expressió (X.7)

$$CF = Beneficidessprésd'impostos + Amortització - Inversiócapitalfix - Inversióworkingcapital \quad (10.2.3)$$

De l'expressió (10.2.3), els ingressos de l'empresa seran fruit de la venda del producte, en aquest cas l'àcid nítric concentrat. El preu actual de l'àcid nítric actualment ronda els 0.40 €/kg (0.47 \$/kg)^[REF.6].

No obstant, tenint en compte que és una empresa que està tirant endavant un projecte, per tal de ser competitiu en el mercat es buscarà vendre per sota del preu de mercat mencionat per tal de poder atraure potencials compradors, concretament en 354€/tona.

Als beneficis obtinguts se'ls ha aplicat una taxa impositora del 19.2% (taxa que paguen sobre els beneficis les empreses que no cotitzen en l'Ibex 35 segons l'Agència Tributària Espanyola)^[RED.7]

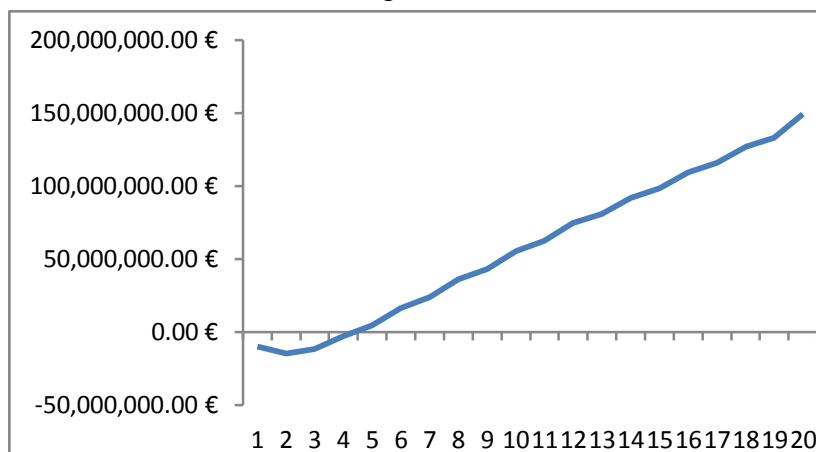
Per altra banda, el primer any de funcionament de posada en marxa (any 3) la planta treballa al 70%, l'any 4 la planta treballa al 85% de la seva capacitat i cada dos anys es programa durant un mes una parada de la planta que suposa un cost addicional de 4 milions d'euros a més d'una reducció dels ingressos equivalents al que s'ingressaria en un mes si la planta estigués en ple funcionament (segons els càlculs, cada dia que la planta està parada, l'empresa deixa d'ingressar 63,800€).

Aquestes variacions, com no pot ser d'una altra manera, es veuen reflectides tant en el compte de resultats de la Taula X.1. com en l'evolució del *cash flow* acumulat de la Figura 10.2.2. Per facilitar-ne la identificació, els anys en els que es porta a terme la parada es veuen marcats en un fons de color grisós.

A partir de les dades obtingudes dels fluxos de caixa (*cash flow*) i aplicant l'expressió següent ja es pot calcular el Valor Actual Net (VAN) i la seva respectiva Taxa Interna de Retorn (TIR). Els dos paràmetres es detallen a la Taula 10.2.2 Per trobar la Taxa Interna

de Rendibilitat (TIR) s'ha igualat l'expressió anterior de càlcul del VAN a 0 obtenint una taxa del 39.6%.

Taula 10.2 Valors dels diferents mètodes financers per analitzar una inversió



Mètode financer	Valor	Recomana la inversió?
VAN	43,187,073 €	Sí
TIR	39.6%	Sí

Observant els valors obtinguts, es pot concloure que invertir en el projecte de l'empresa és totalment rentable ja bé es miri pel mètode del VAN com pel mètode del TIR (cal tenir en compte que el cost d'oportunitat actualment està sobre el valor del 10.5%)^[REF. 5]

Per altra banda, la Figura 10.3. mostra l'evolució del *cash flow acumulat* respecte els anys previstos de funcionament de la planta. Com es pot comprovar, en aproximadament 4 anys es recuperaria la inversió.

11.BIBLIOGRAFIA

- (REF.1) Mecánica de fluidos aplicada, 4a edición, Robert L. Mott
- (REF.2) *Chemical Engineering, volume 6, University College Coulson&Richardson*
- (REF.3) Técnicas reduisa, SA A.Triviño y E. Richard, Març 1974
- (REF.4) W2_HI_Cost Estimating Relationship (CER) Application to Develop Cost Estimate Quickly from Historical (2015). Recuperat el 3 d'abril de 2016 de https://garudaaace2015.wordpress.com/2015/03/05/w2_hi_cost-estimating-relationship-cer-application-to-develop-cost-estimate-quickly-from-historical-data/
- (REF.5) Diario El Economista (2016). Recuperat el 4 d'abril de 2016 de <http://www.eleconomista.es/cruce/EURUSD>
- (REF.6) Otros recursos: Equip financier de DOW Chemicals.
- (REF.7) ICIS Indicative Chemical Prices A-Z (2016). Recuperat el 3 de novembre de 2015 de <http://www.icis.com/chemicals/channel-info-chemicals-a-z/>
- (REF.8) Informe anual de recaudación tributaria. Pagina 47, quadre 3.6, secció anàlisi per les empreses no grup. (2014) Recuperat el 2 de maig de 2016 de http://www.agenciatributaria.es/AEAT.internet/Inicio/La_Agencia_Tributaria/Memorias_y_estadisticas_tributarias/Estadisticas/Recaudacion_tributaria/Informes_anuales_de_Recaudacion_Tributaria/Ejercicio_2014/Ejercicio_2014.shtml
- (REF.9) Welded Tanks for Oil Storage, API STANDARD 650, TWELFTH EDITION, MARCH 13, AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE.
- (REF.10) Principios elementales de los procesos químicos, Segunda edición, Richard M. Felder and Ronald W. Rousseau.
- (REF.11) Fundamentos de termodinámica técnica, 2a edición/Correspondiente a la 4a edición original, Michael J. Moran and Howard N. Shapiro
- (REF.12) Instrumentación industrial, 4a edición, Antonio Creus.
- (REF.13) La contaminación atmosférica, Derek Elsom.
- (REF.14) Introducción a la termodinámica en Ingeniería Química, sexta edición, J.M. Smith and H.C. Van Ness and M.M. Abbott
- (REF.15) Operaciones unitarias ingeniería química, sexta edición, McCabe and Smith and Harriott.
- (REF.16) Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros, sexta edición, James F. Shackelford.
- (REF.17) Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas, tercera edición, H. Scott Fogler.

ANNEX

A. BSCANVIADORS E-102, E-103, E-104, E-107, E-201, E-202, E-203, E206

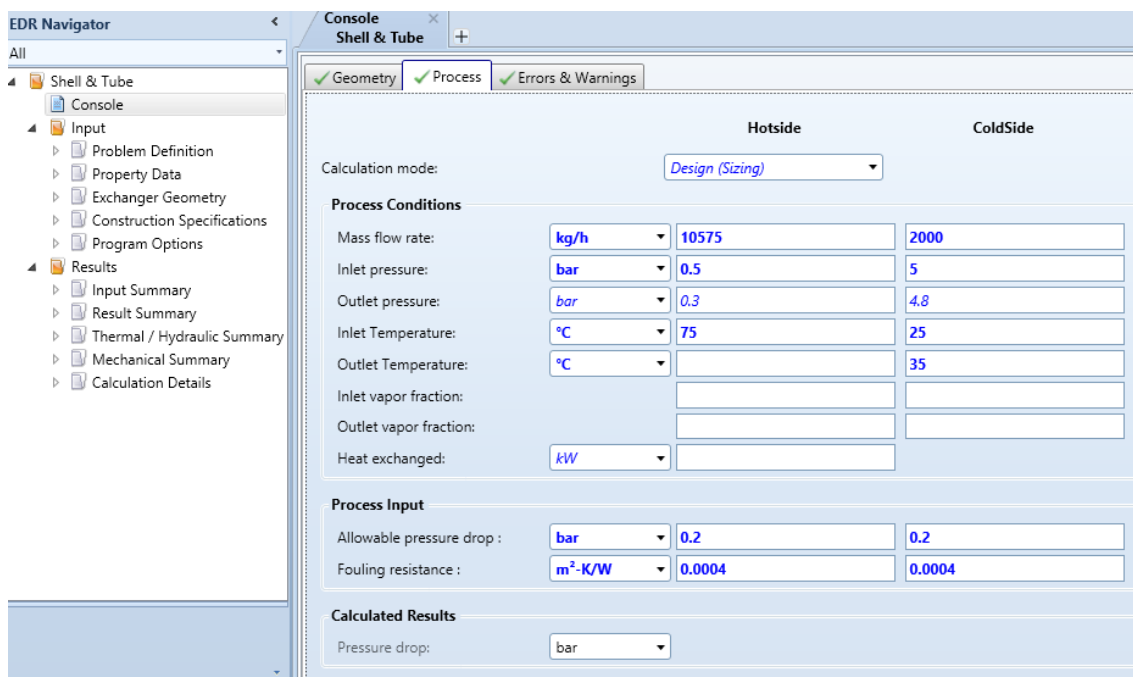


Figura A.1 Identificació de les condicions d'operació

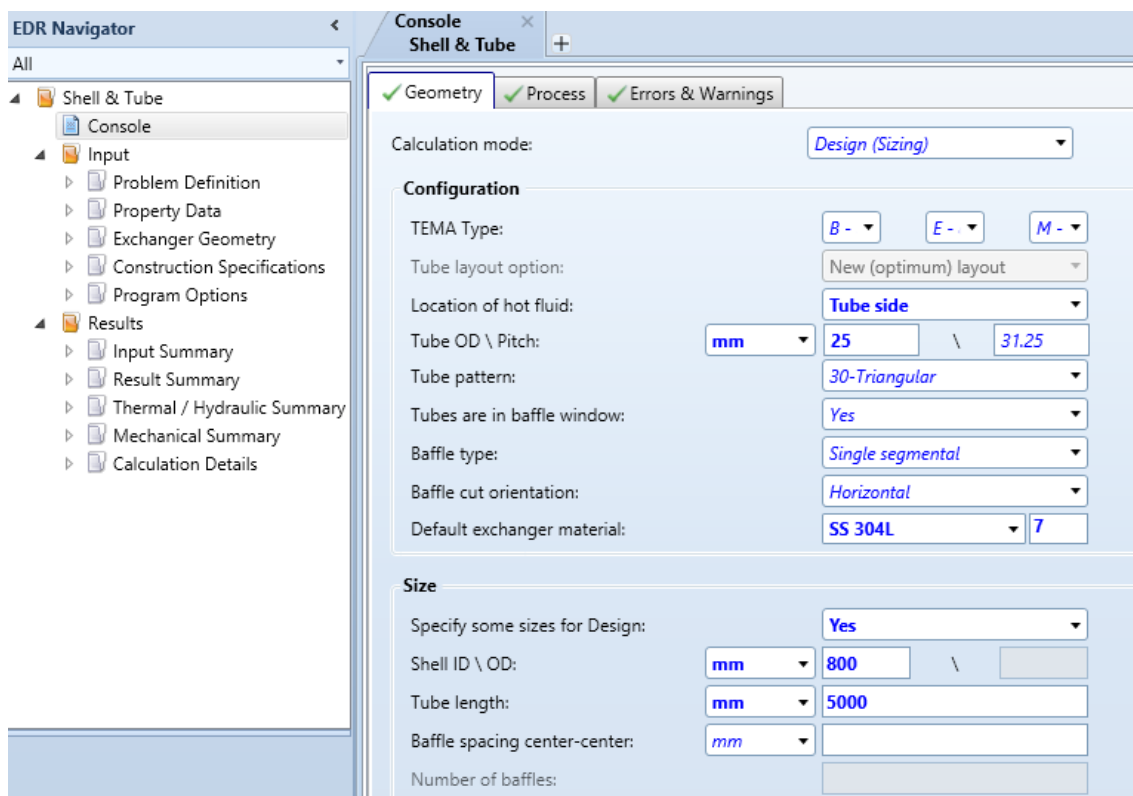
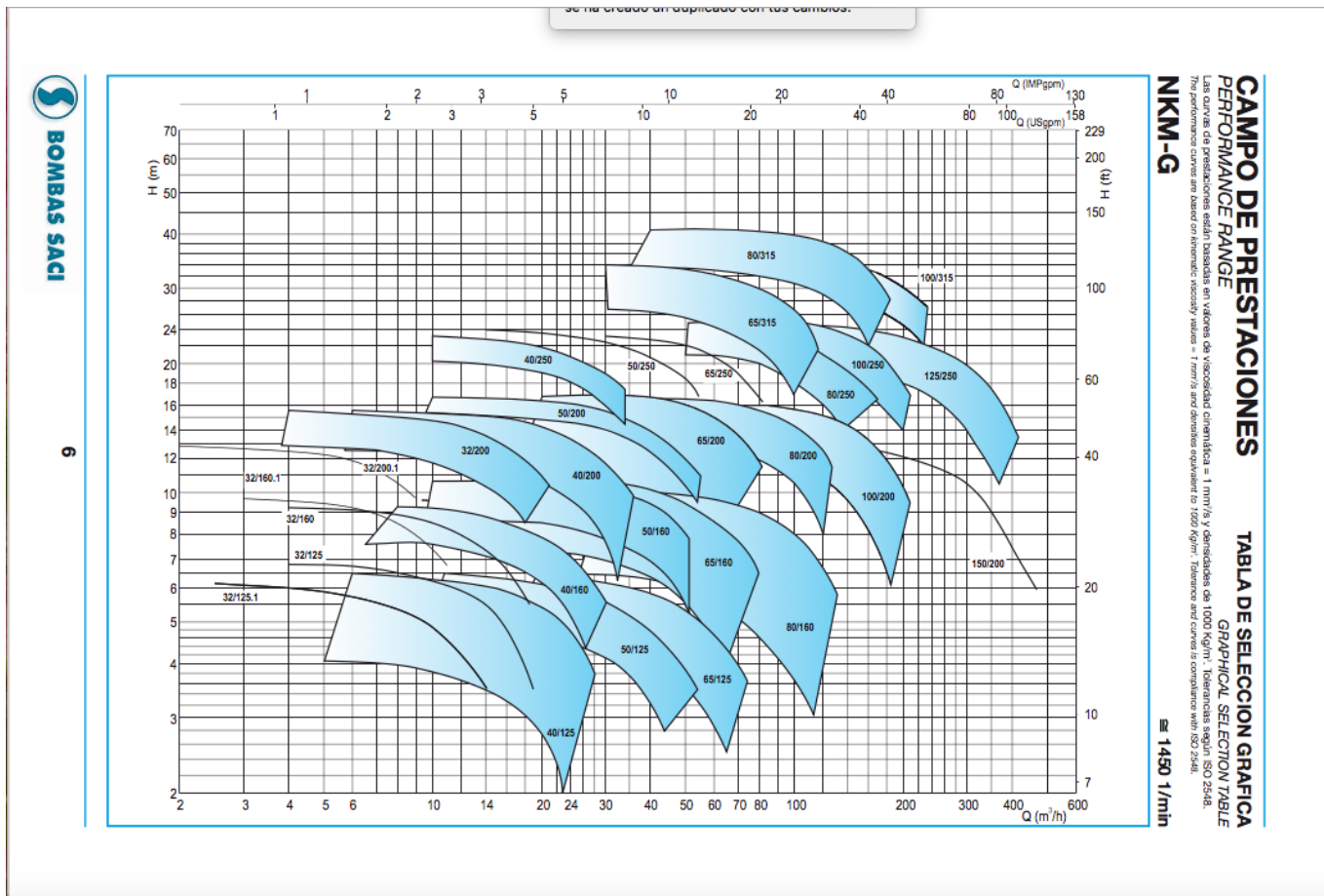


Figura A.2 Identificació de la geometria del bescanviado

B. SELECCIÓ BOMBES



B.1.P-104

Figura B.1.1 Corba per la selecció de la bomba

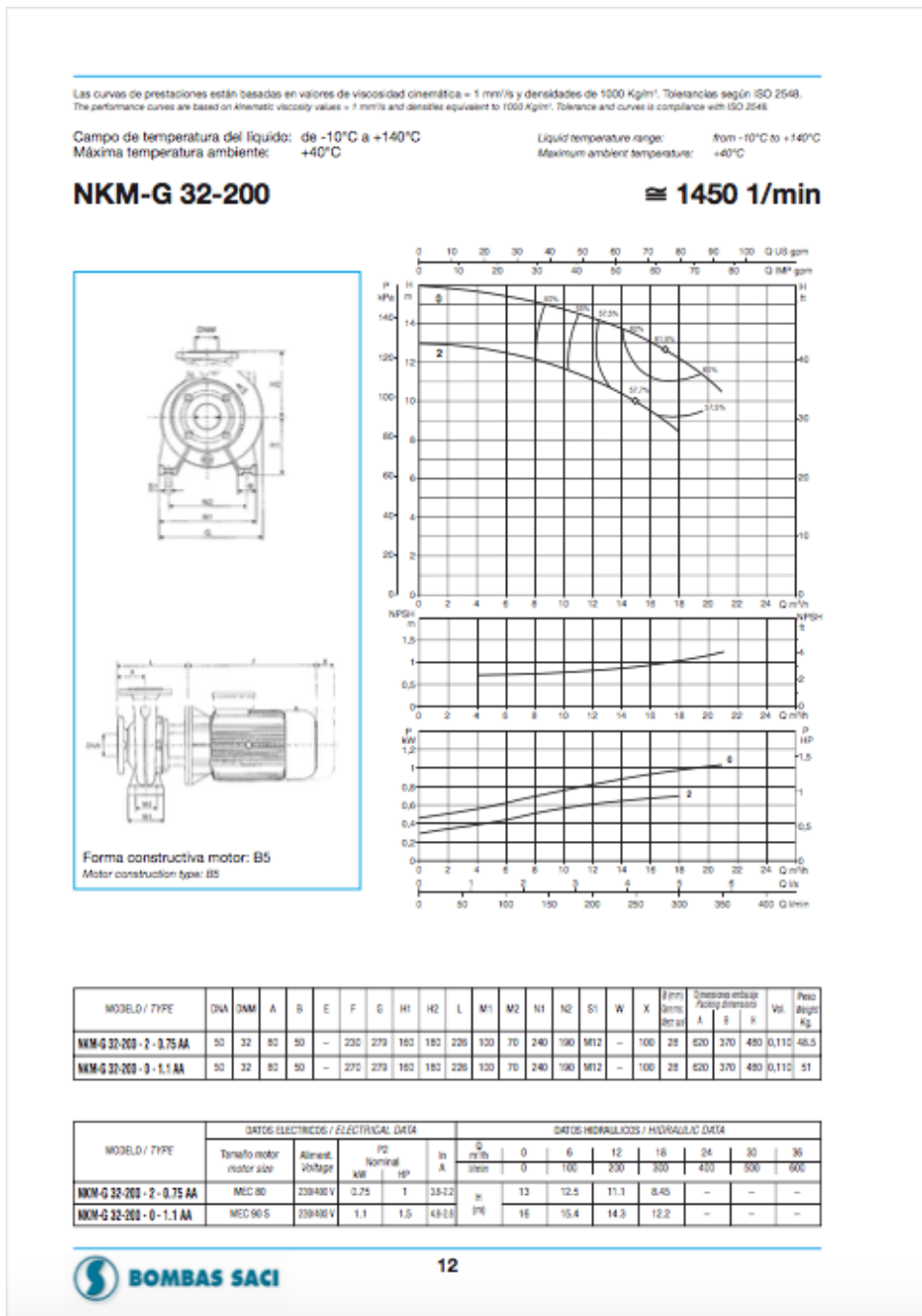


Figura B.1.2 Gràfics d'on s'extreuen les dades de la bomba

B.2.P-101

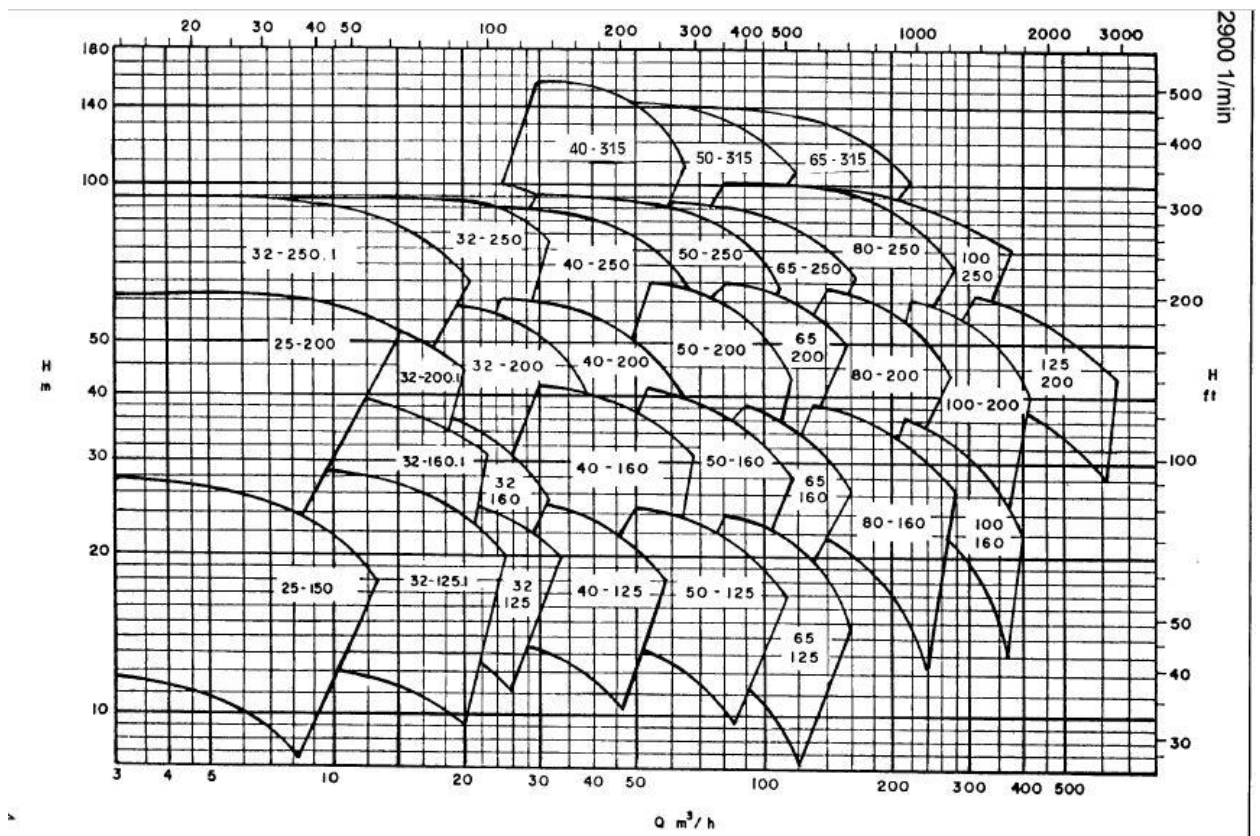


Figura B.2.1 Corba per la selecció de la bomba

B.3.P-105

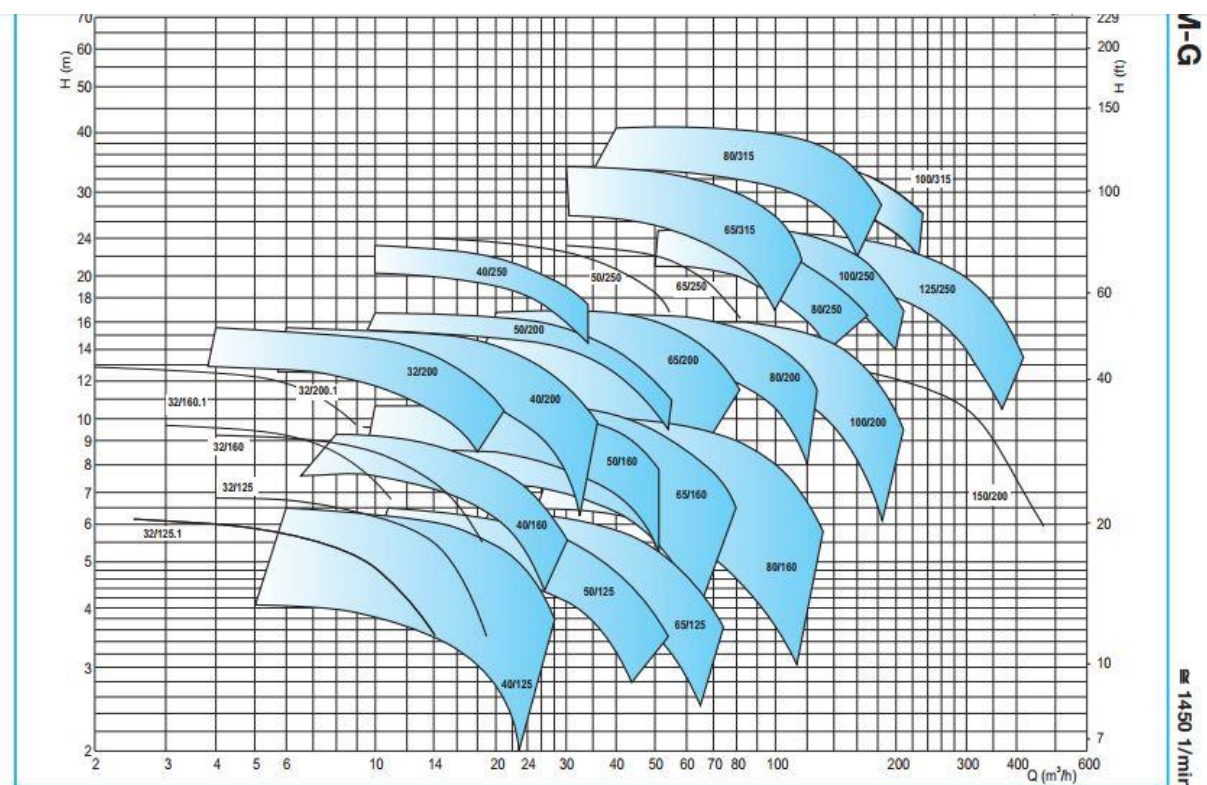


Figura B.3.1 Corba per la selecció de la bomba

Campo de temperatura del líquido: de -10°C a +140°C
 Máxima temperatura ambiente: +40°C

Liquid temperature range: from -10°C to +140°C
 Maximum ambient temperature: +40°C

NKM-G 32-200

≈ 1450 1/min

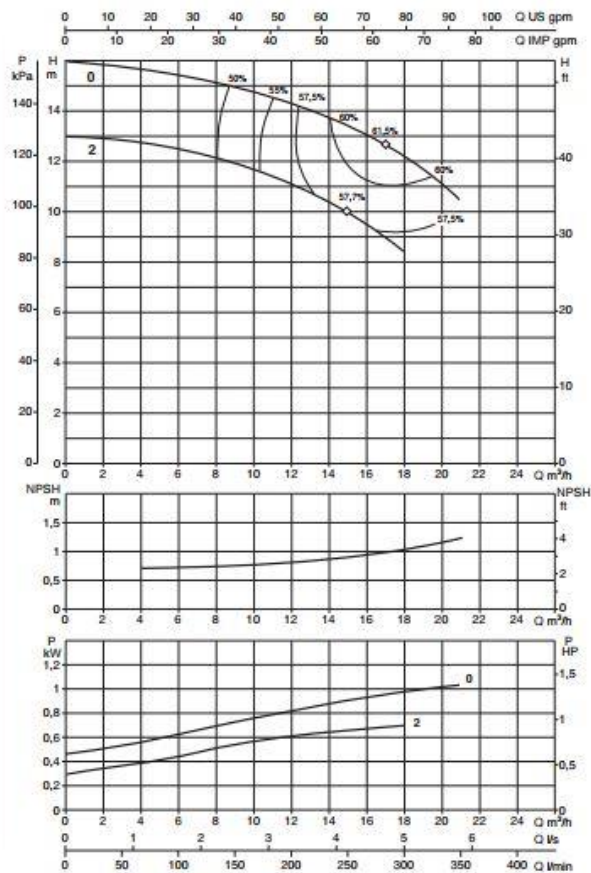
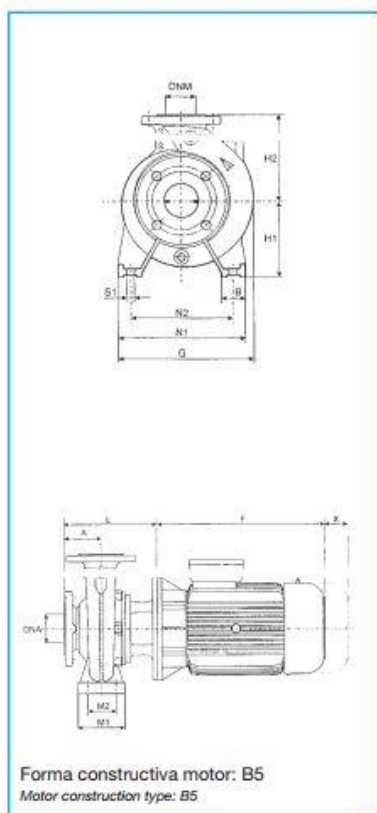


Figura B.2.2 Gràfics d'on s'extreuen les dades de la bomba

C. RESULTATS COMPRESSORS

C.1.1. Compressor K-102A/B

Taula C.1.1.1 Valors inicials per al compressor K-102A

Variable	Valor
Cabal (kg/s)	15.4
Densitat (kg/m ³)	10.4
T1 (K)	325
P1 (bar a)	2
P2 (bar a)	4.6

Taula C.1.1.2. Valors inicials per al compressor K-102B

Variable	Valor
Cabal (kg/s)	15.4
Densitat (kg/m ³)	10.4
T1 (K)	313
P1 (bar a)	4.6
P2 (bar a)	14

Amb les dades de les taules anteriors s'ha dut a terme el procediment explicat anteriorment i s'han obtingut els valors que es mostren en les següents taules.

Taula C.1.1.3. Resultats obtinguts per al compressor K-102A

Variable	Valor
Ep	0.68
m	0.428
T2 (K)	464
n	1.7
W polientròpic (KJ/kmol)	2703
Treball actual requerit (KJ/kmol)	3976
Potència (MW)	1.08
Potència hidràulica (MW)	1301
Eficiència motor (%)	97
Potència motor (KW)	1341

Taula C.1.1.4. Resultats obtinguts per al compressor K-102B

Variable	Valor
Ep	0.68
m	0.428
T2 (K)	504
n	1.75
W polientròpic (KJ/kmol)	3709
Treball actual requerit (KJ/kmol)	5454
Potència (MW)	1.49
Potència hidràulica (kW)	1785
Eficiència motor (%)	97
Potència motor (KW)	1840

C.1.2.Compressor K-101

Taula C.1.2.1. Valors inicials per al compressor K-101

Variable	Valor
Cabal (kg/s)	14.2
Densitat (kg/m ³)	1.31
T1 (K)	293
P1 (bar a)	0.75
P2 (bar a)	1.21

Amb les dades inicials del fluid a l'entrada i seguint el procediment explicat el l'apartat inicial s'han trobat els resultats següents:

Taula C.1.2.2. Resultats obtinguts per al compressor K-1021

Variable	Valor
Ep	0.74
m	0.393

T2 (K)	354
n	1.65
W polientròpic (KJ/kmol)	1280
Treball actual requerit (KJ/kmol)	1730
Potència (KW)	850
Potència hidràulica (kW)	1020
Eficiència motor (%)	95
Potència motor (KW)	1073

C.1.3.Compressor K-201

Taula C.1.3.1. Valors inicials per al compressor K201

Variable	Valor
Cabal (kg/h)	5600
Densitat (kg/m ³)	1.056
T1 (K)	293
P1 (mbar)	-135
P2 (mbar)	600

Amb les dades de les taules anteriors s'ha dut a terme el procediment explicat anteriorment i s'han obtingut els valors que es mostren a continuació.

Taula C.1.3.2. Resultats obtinguts per al compressor K201

Variable	Valor
Ep	0.68
m	0.428
T2 (K)	383
n	1.75
W polientròpic (KJ/kmol)	1705
Treball actual requerit (KJ/kmol)	2520
Potència (KW)	133

Eficiència motor (%)

92

Potència motor (KW)

180

D. BLANQUEJADORS

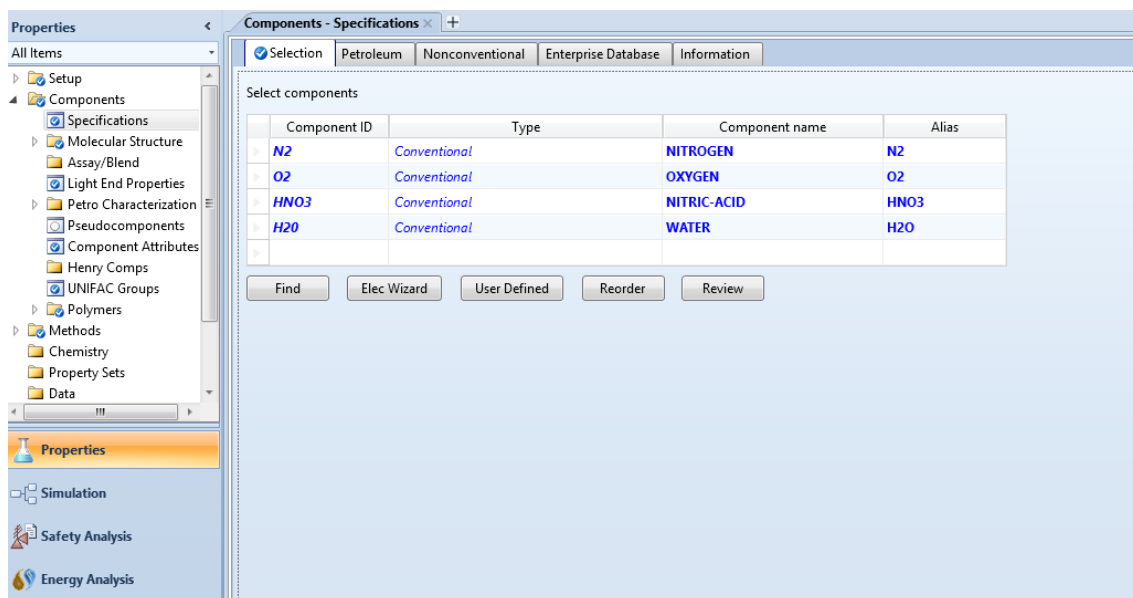


Figura D.1 Selecció de les substàncies

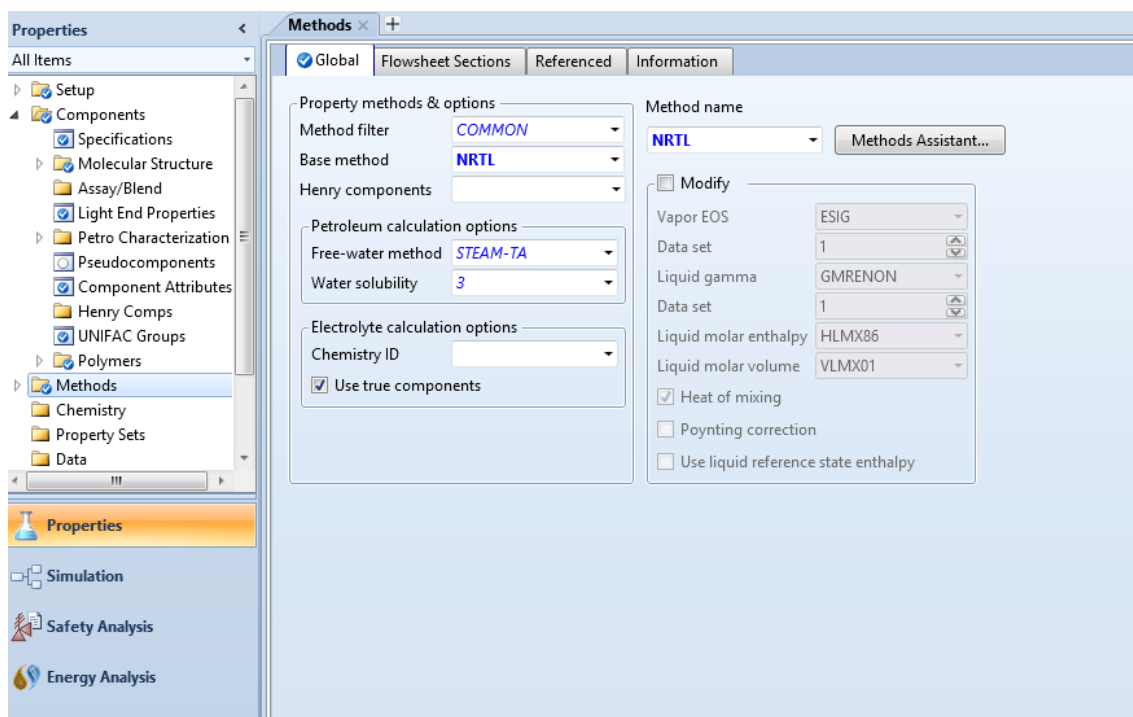


Figura D.2 Selecció del mètode termodinàmic

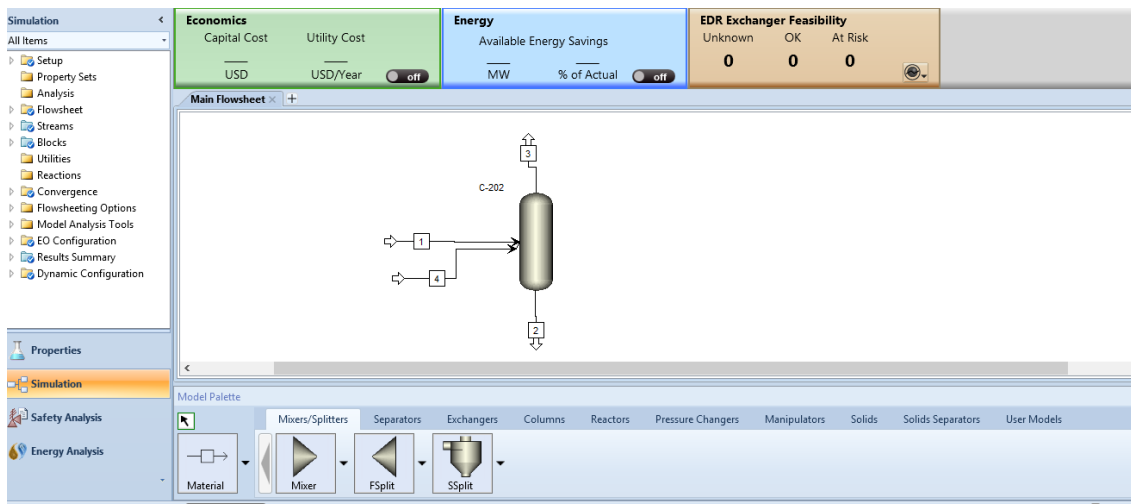
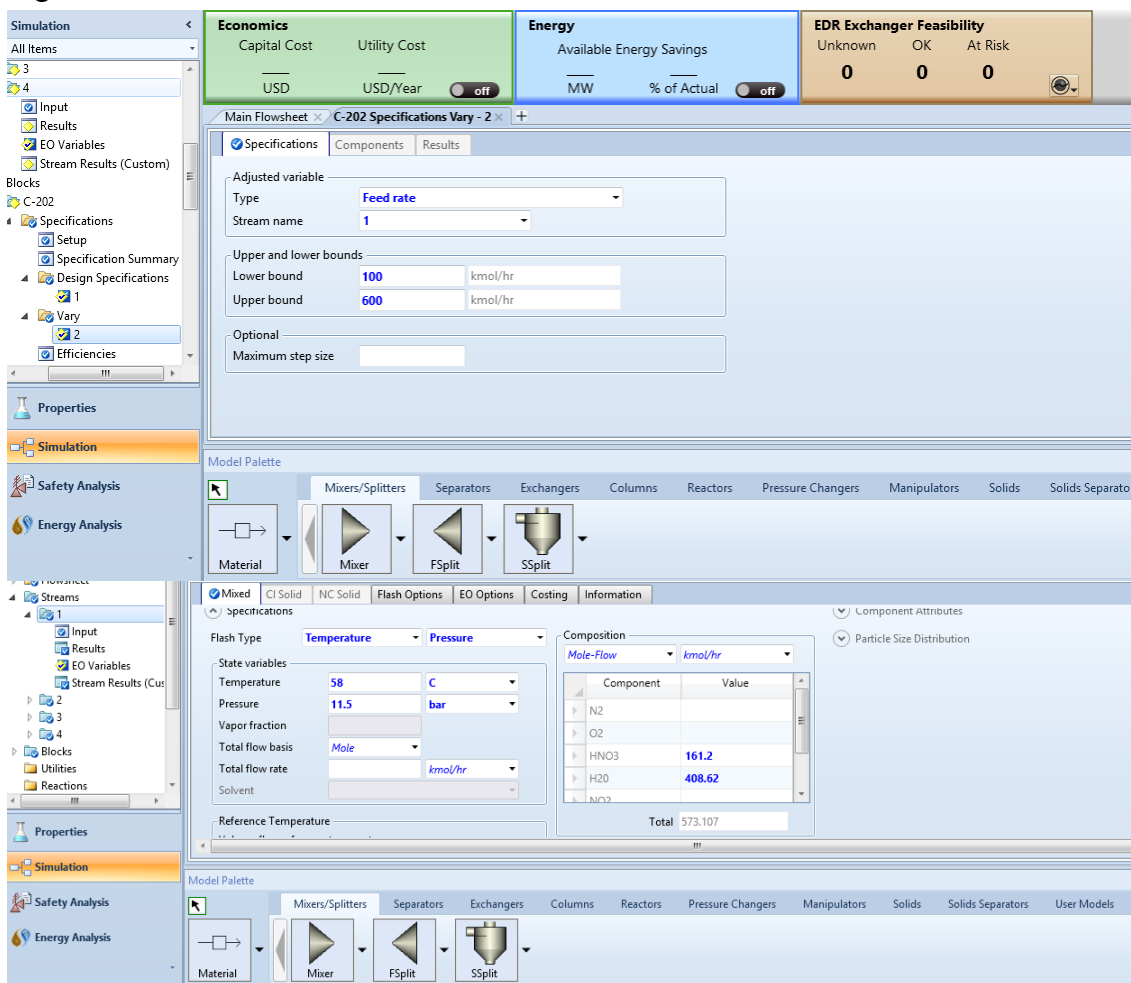


Figura D.3 Determinació del tipus de columna

Figura D.4 Determinació dels corrents d'entrada



D.5 Determinació de la variable a ajustar

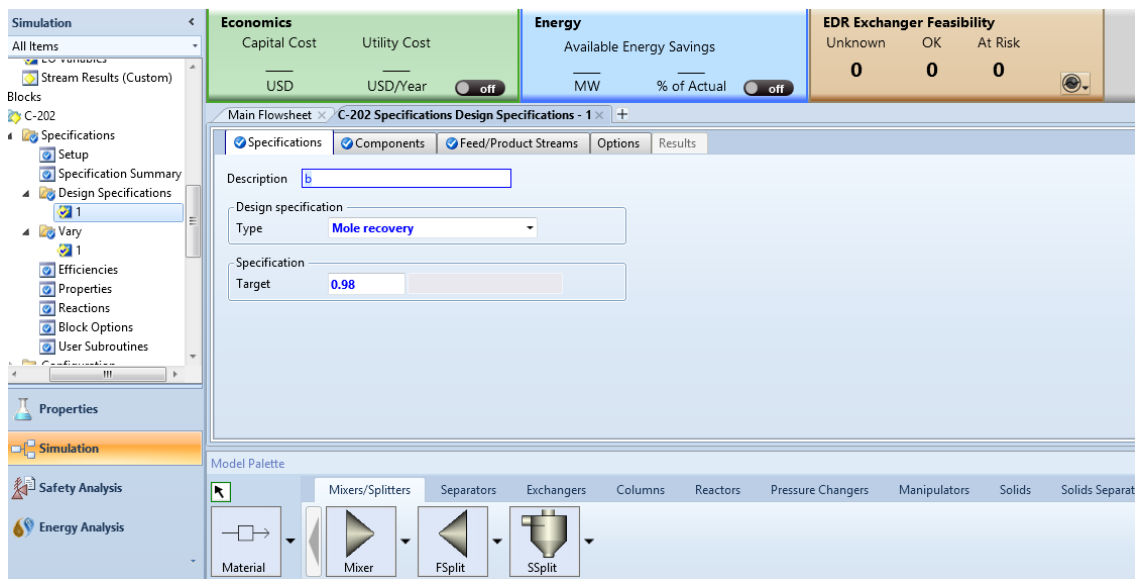


Figura D.6 Especificació del que es vol ajustar

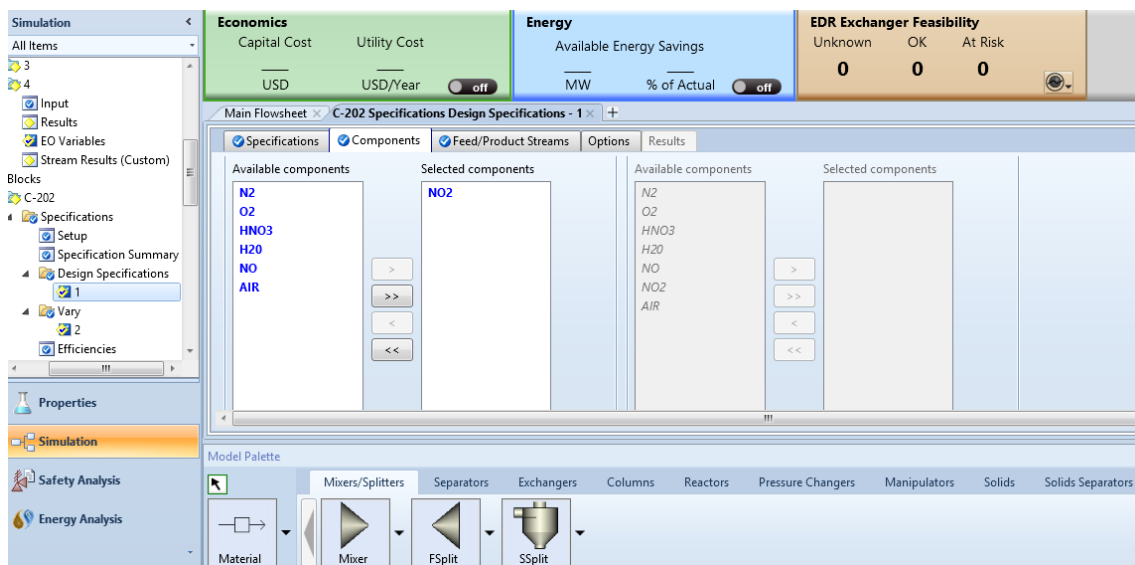


Figura D.7 Elecció de la substància a ajustar

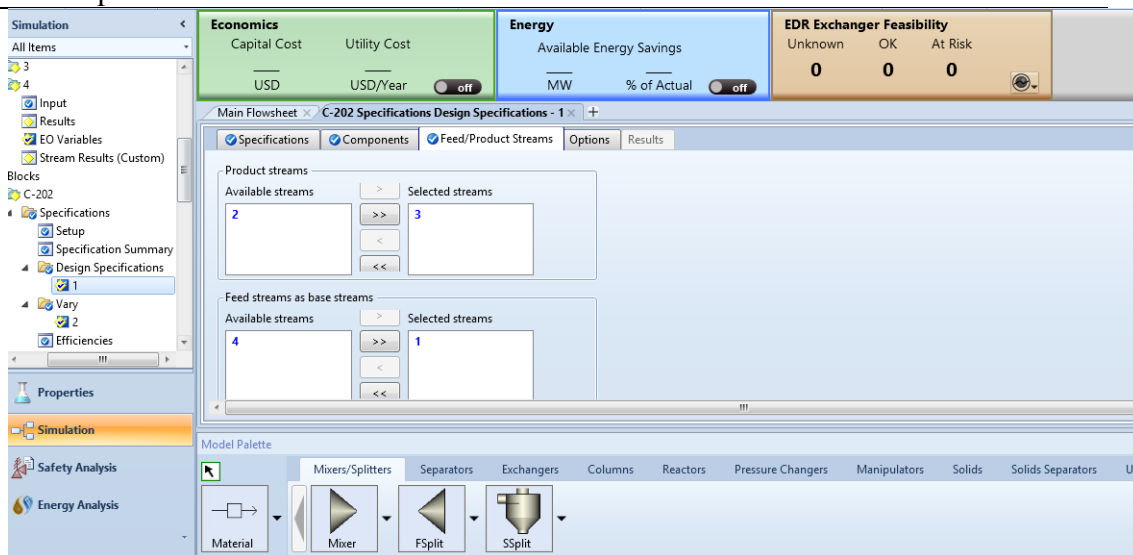


Figura D.8 Selecció del corrent d'entrada i sortida de l'NO₂ a controlar

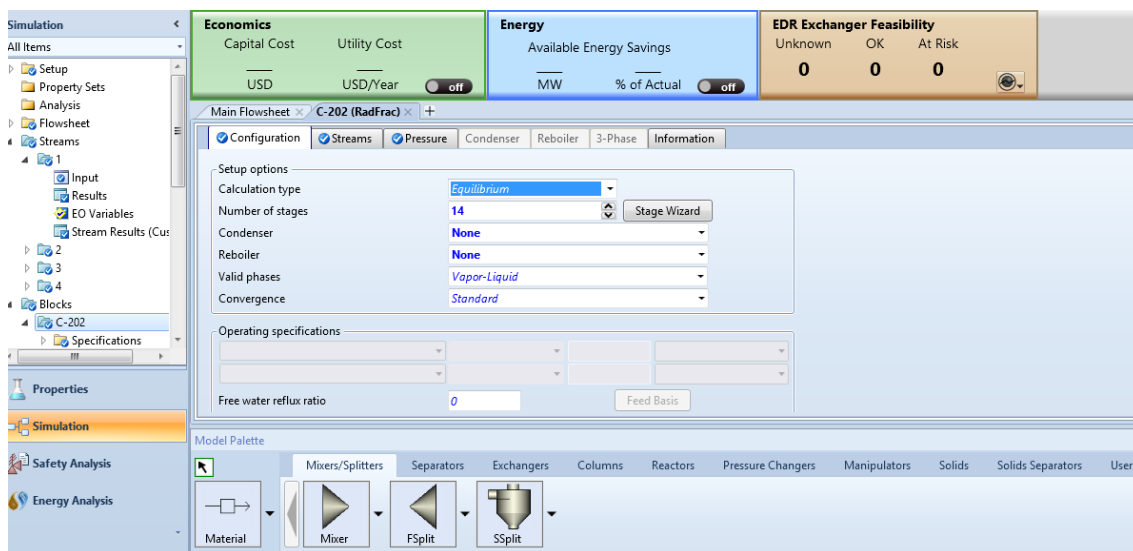


Figura D.9 Determinació de les propietats de la columna

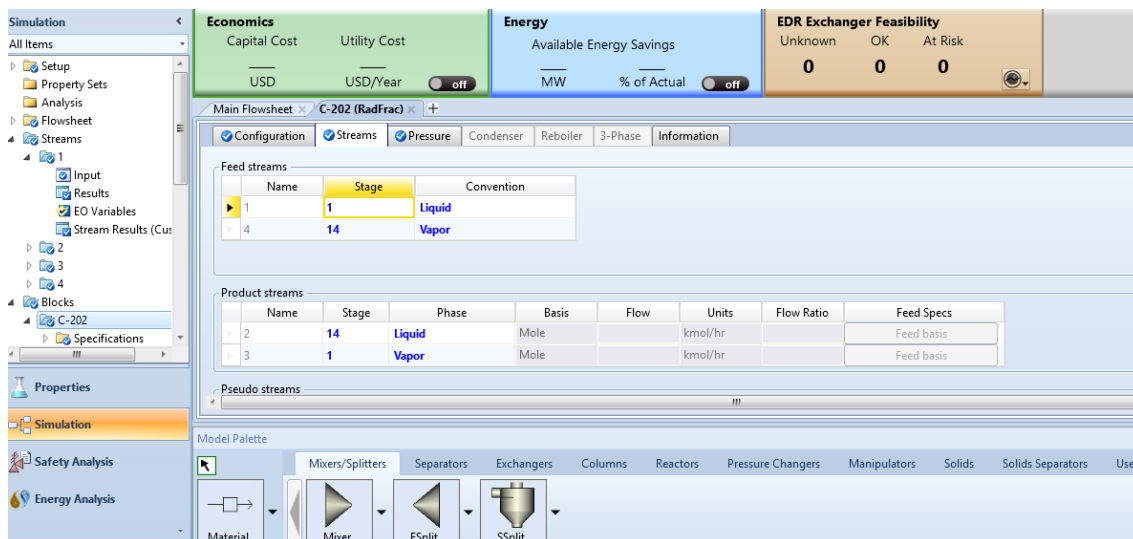


Figura D.10 Identificació de les entrades i sortides de la columna

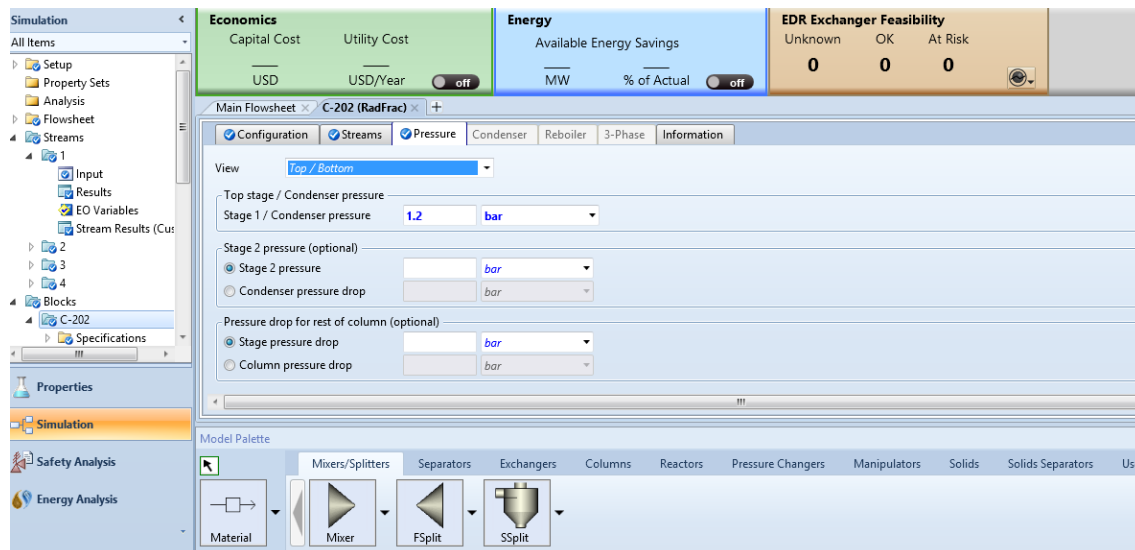


Figura D.11 Pressió d'operació del blanquejador

E.COLUMNA D'ABSROCIÓ SUBAZEOTRÒPICA C-203

Com es tracta d'una columna reactiva és necessari que cada component es descompongui en el seus ions. Per aquest motiu el mètode que millora la interacció entre les substàncies que formen part de la separació és el ELECNRTL.

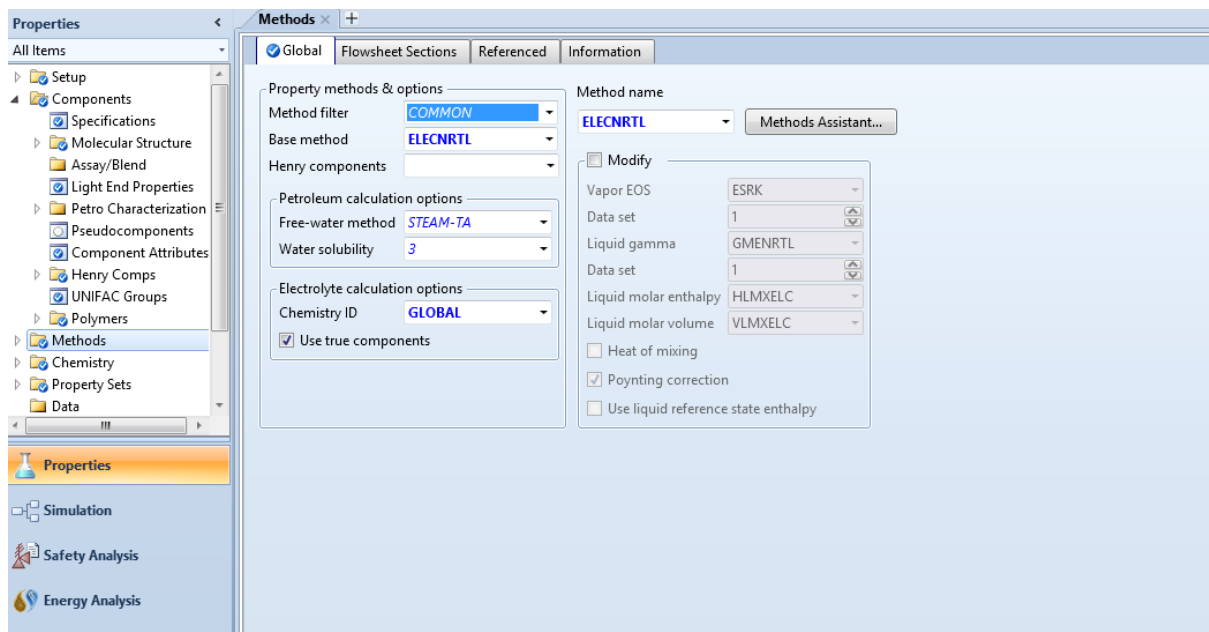


Figura 5.7.1.1 Selecció del mètode termodinàmic

Seguidament, ja es poden escollir les substàncies que formen part en l'absorció. Sempre tenint en compte que també s'han d'escollir els ions compresos en les reaccions ja que reaccionen entre ells.

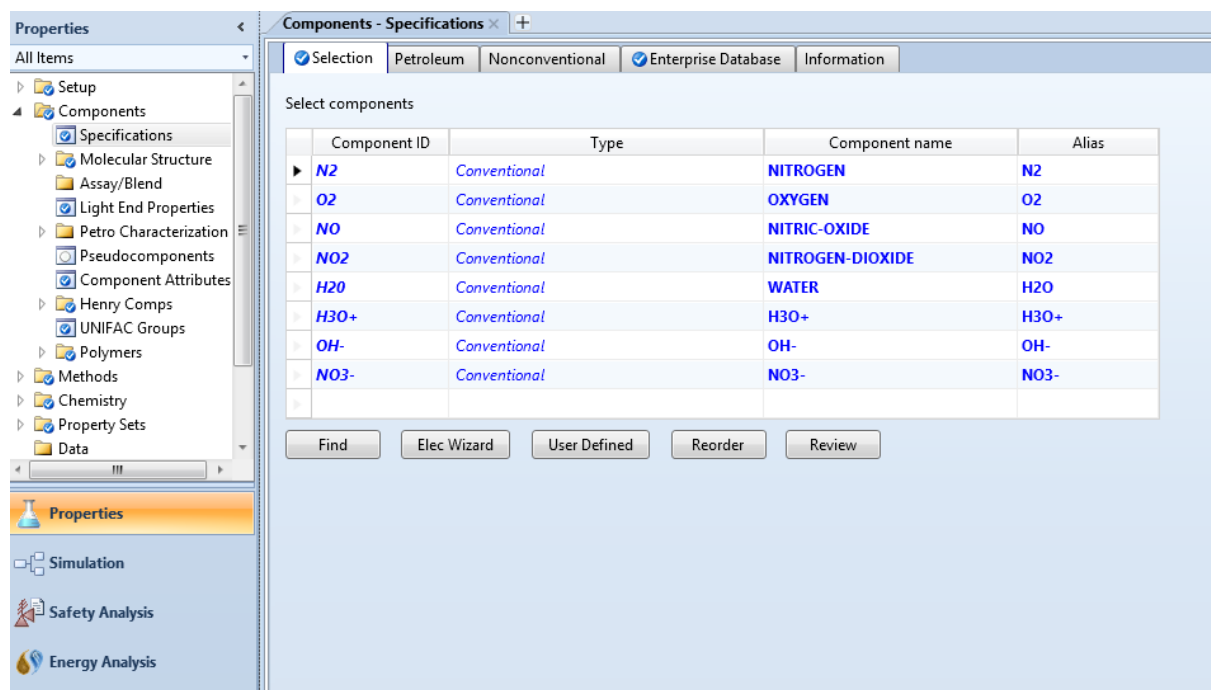


Figura 5.7.1.2 Selecció de les substàncies que intervien en l'absorció

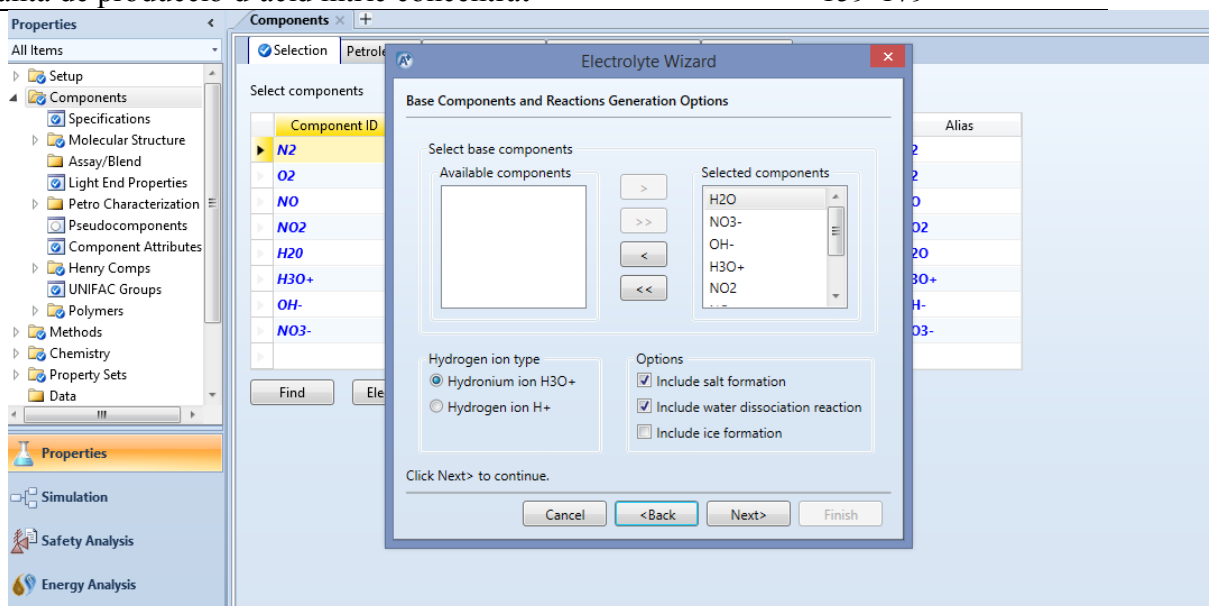


Figura 5.7.1.3 Identificació dels electròlits de les reaccions

Tot seguit, s'han de definir les possibles reaccions que poden succeir a l'interior de la columna segons els ions seleccionats anteriorment.

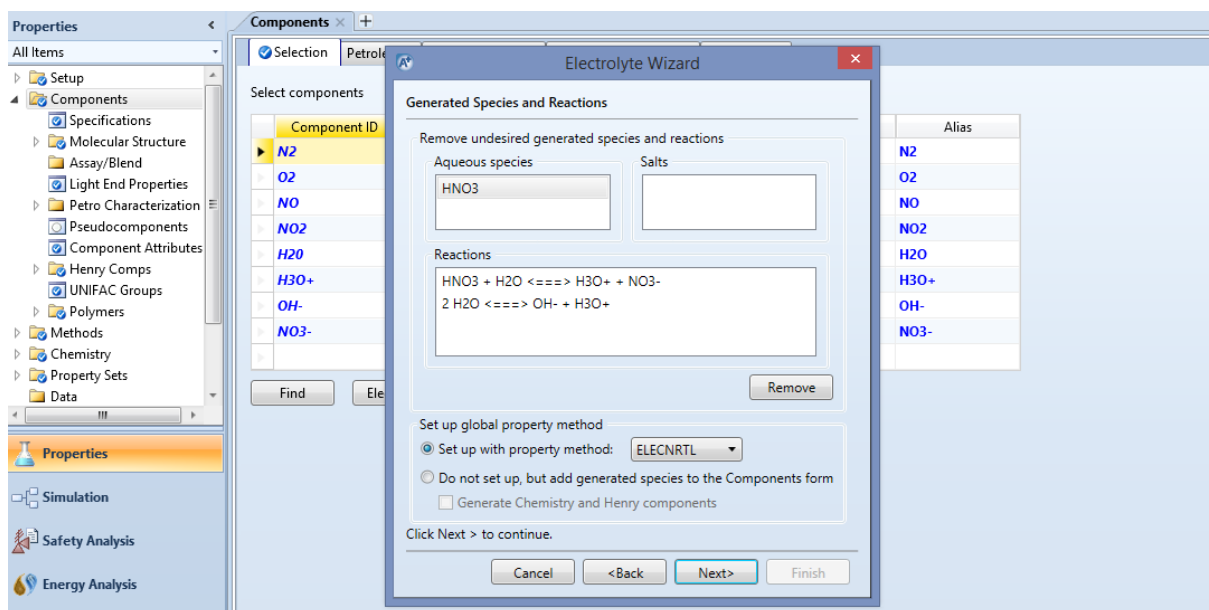


Figura 5.7.1.4 Identificació de les reaccions

Un cop s'han definit les propietats ja es pot començar amb la simulació de l'absorció. Primerament s'ha de seleccionar el tipus de columna desitjada, en aquest cas s'ha agafat la de tipus *Radfrac* i s'ha d'indicar que es tracta d'una absorció. Seguidament es defineixen els corrents d'entrades i sortides de la columna. Per facilitar el disseny, l'aprofitament de calor no és tindrà en compte fins que no convergeixi la columna.

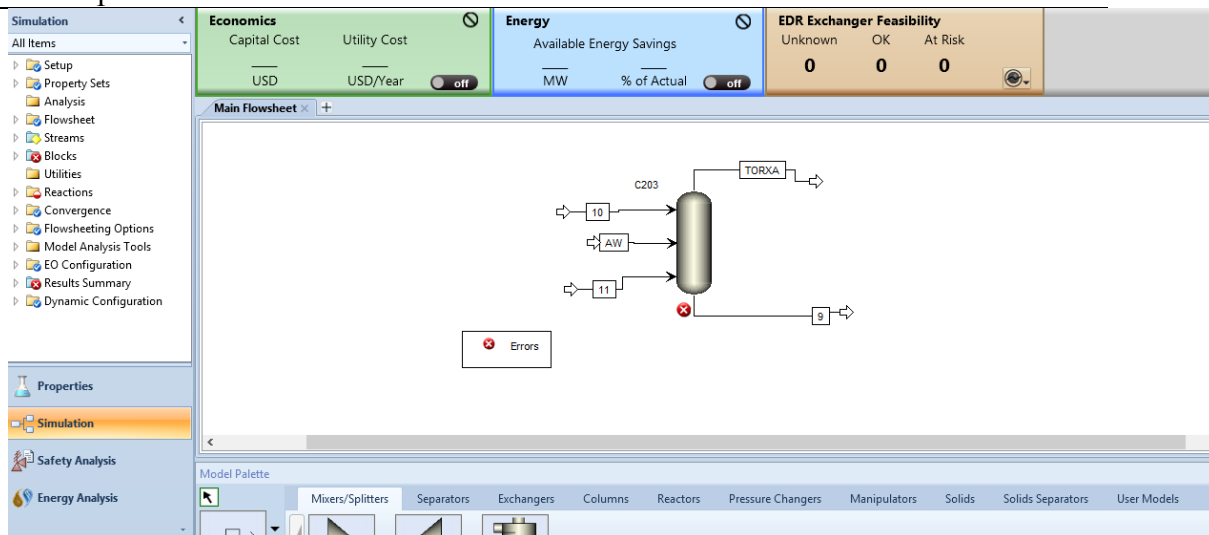


Figura 5.7.1.5 Selecció de la columna i dels corrents d'entrades i sortides

A continuació, es defineixen les variables de la columna indicant el número de plats, que al ser un absorció no té ni *reboiler* ni condensador i que consisteix en una separació azeotròpica.

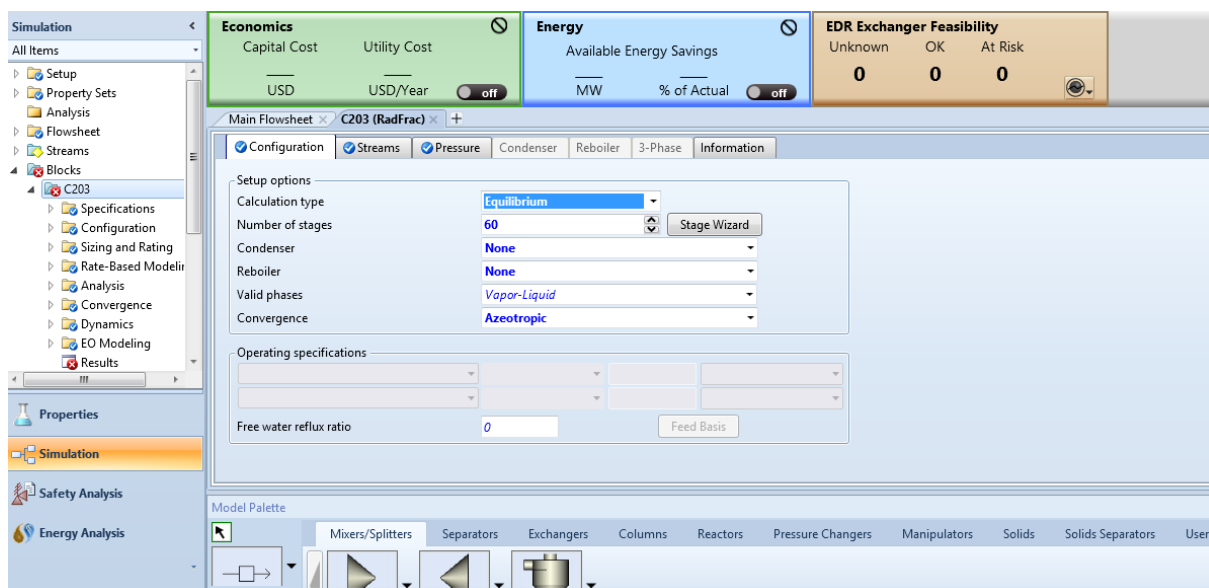


Figura 5.7.1.6 Identificació de les propietats de la columna

Seguidament s'indica en quin plat entra i surt cada corrent definint també l'estat en el que es troba cadascun d'ells.

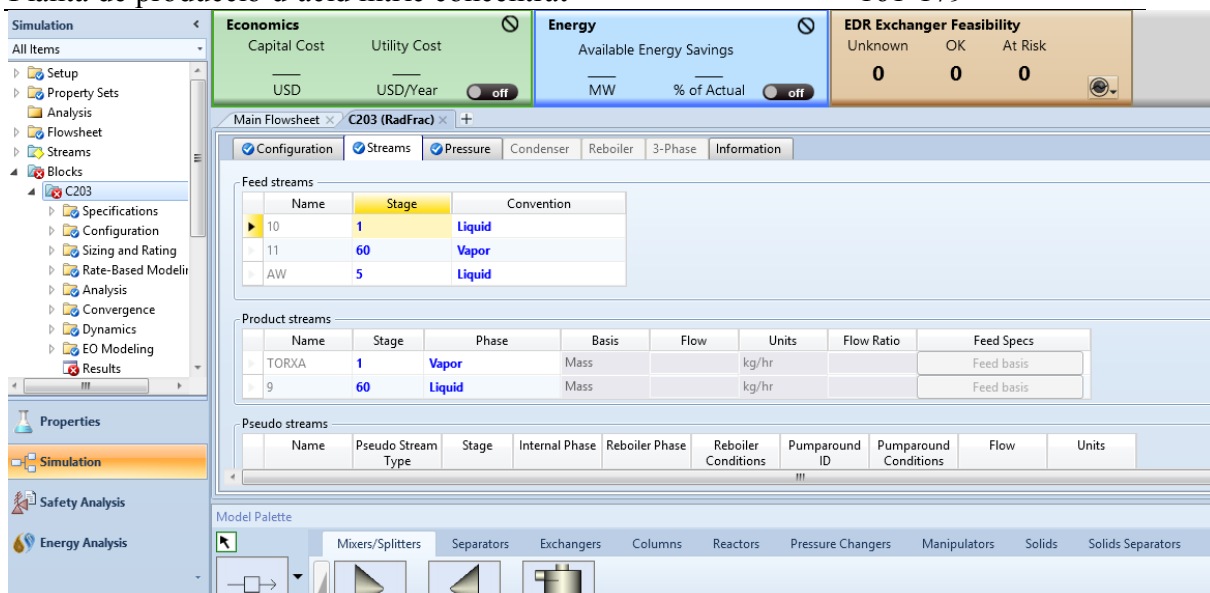


Figura 5.7.1.7. Identificació dels plats d'entrada i sortida juntament amb la fase en la que es troben els corrents

S'indica la pressió d'operació de la columna.

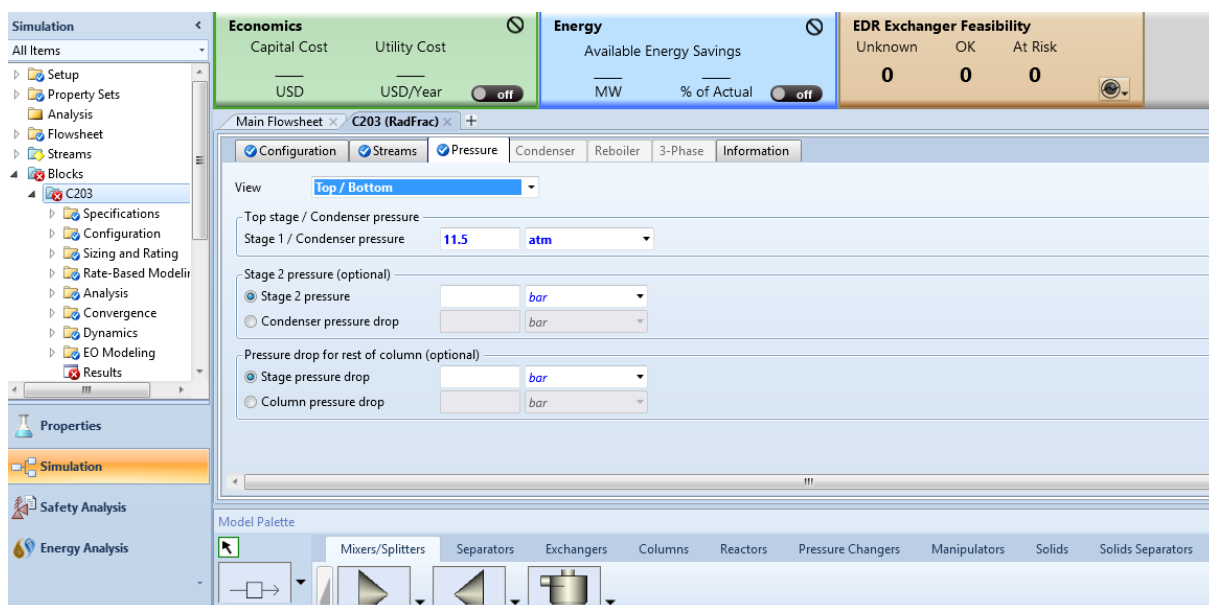


Figura 5.7.1.8 Definició de la pressió d'operació

Tot seguit, es defineixen les reaccions que succeiran a l'interior de la columna. Indicant el coeficients estequiòmètrics per a cada component. També s'ha de tenir en compte de definir les reaccions que es produiran entre els ions.

També s'ha d'indicar en quins plats es produeix la reacció que en aquest cas s'ha definit que les reaccions es produeixen en tots els plats que formen la columna.

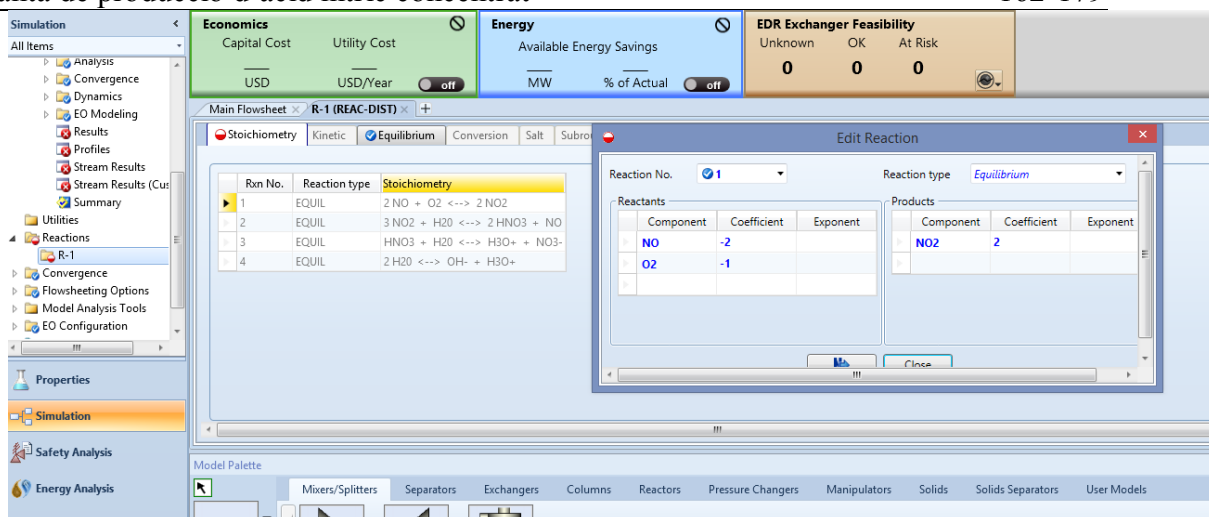


Figura 5.7.1.9 Identificació de les reaccions que succeeixen a l'interior de la columna

A continuació, s'introdueixen els valors de les constants cinètiques. Aquests han estat trobat bibliogràficament, però tot i així, es necessiten més dades cinètiques ja que en el cas que s'hagués pogut disposar d'elles la columna hagués convergit.

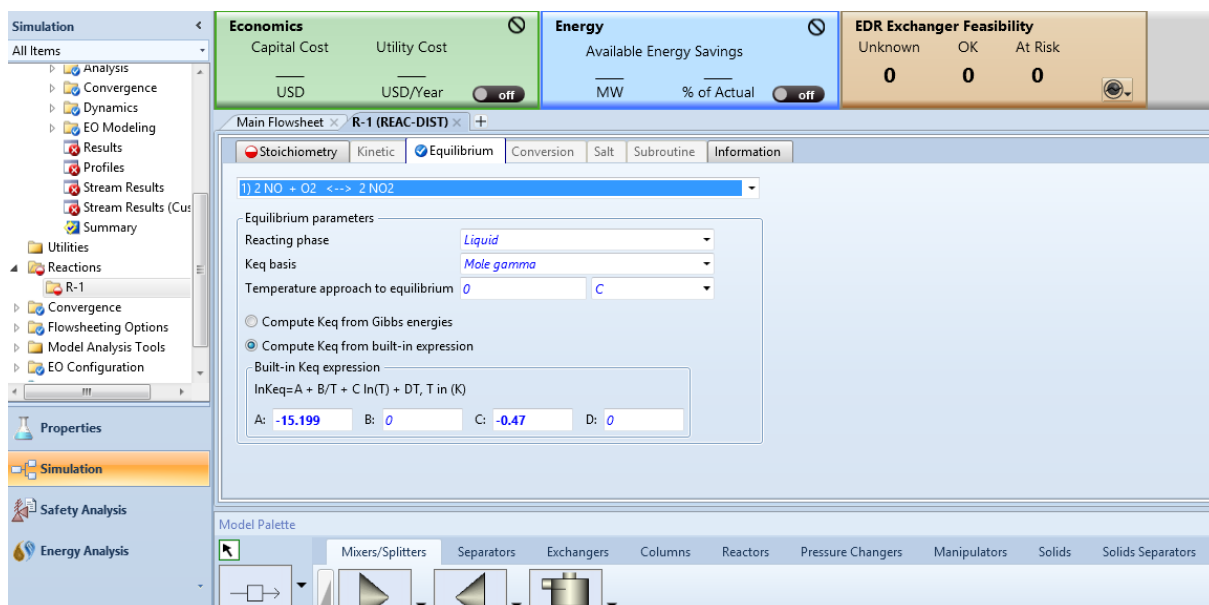


Figura 5.7.1.10 Introducció de les constants cinètiques de les reaccions

F. TANCS API620

F.1.T-101 tanc d'aigua àcida

Taula F.1.1. Dades del tanc d'aigua àcida

Variable	Valors
Cabal (m3/h)	5.52
G (kg/dm3)	1
Autonomia (dies)	10
Capacitat (m3)	1590
Volum mínim (m3)	1870
D (m)	13.5
H (m)	15
Volum (m3)	2000

Com es pot observar és compleix el requisit que el volum és més gran que el mínim.

Taula F.1.2 Resultats obtinguts per a cada virola del T-101

Num. virola	Altura virola (mm)	H liq (m)	td	tt	Gruix normalitzat (mm)
1	2400	15,0	5,62	1,80	6
2	2400	12,6	4,70	1,49	6
3	2400	10,2	3,79	1,18	6
4	2400	7,8	2,87	0,87	6
5	2400	5,4	1,95	0,56	6
6	2400	3,0	1,03	0,25	6
7	2400	0,6	0,11	0,00	6

F.2.T-252 tanc d'àcid nítric concentrat

Taula F.2.1. Dades del tanc d'aigua àcida

Variable	Valors
Cabal (m3/h)	6.44

G (kg/dm ³)	1.5
Autonomia (dies)	30
Capacitat (m ³)	4640
Volum mínim (m ³)	5450
D (m)	19
H (m)	20
Volum (m ³)	5670

Com es pot observar és compleix el requisit que el volum és més gran que el mínim.

Taula F.2.2 Resultats obtinguts per a cada virola del T-101

Num. virola	Altura virola (mm)	H liq (m)	td	tt	Gruix normalitzat (mm)
1	2400	20	14.1	10.6	16
2	2400	17.6	12.4	9.31	12.5
3	2400	15.2	10.7	8.02	11
4	2400	12.8	8.9	6.73	10
5	2400	10.4	7.23	5.44	8
6	2400	8	5.51	4.14	6
7	2400	5.6	3.80	2.85	6
8	2400	3.2	2.08	1.56	6

F.3. Tanc T-151

Taula F.3.1. Dades del tanc d'aigua àcida

Variable	Valors
Cabal (kg/h)	3000
G (kg/dm ³)	1.5

Planta de producció d'àcid nítric concentrat		165-179
Capacitat (m3)		14000
Volum mínim (m3)		7000
D (m)		30
H (m)		30
Volum (m3)		14100

Com es pot observar és compleix el requisit que el volum és més gran que el mínim.

Taula F.3.2 Resultats obtinguts per a cada virola del T-151

Num. virola	Altura virola (mm)	H liq (m)	td	tt	Gruix (mm)	normalitzat
1	2400	30	15.8	11.8	16	
2	2400	25.6	14.4	10.31	16	
3	2400	20.2	13.7	10.02	16	
4	2400	15.8	10.7	9.53	12.5	
5	2400	12.4	9.13	8.14	11	
6	2400	8	8.21	4.04	6	
7	2400	5.6	4.80	3.85	6	
8	2400	3.2	2.98	2.26	6	

G.MANUAL DE MEDI AMBIENT

Per tal de tenir un major grau de coneixença sobre l'impacte en el medi ambient que pot tenir una planta amb les característiques de la que s'està dissenyant, es porta a terme un estudi mediambiental. Aquest estudi consta d'una avaluació d'impacte ambiental

(AIA) i d'un anàlisi del cicle de vida de la planta (ACV) i es fa d'acord amb el RD 1/2008, en el qual s'han d'incloure parts com la descripció del projecte, del medi i estudi d'alternatives, apartats que queden inclosos en punts anteriors del projecte.

G.1. Anàlisi d'impacte ambiental (AIA)

Com s'ha comentat en el punt anterior, una part imprescindible per dur a terme un estudi mediambiental és l'elaboració d'un AIA per valorar-ne la importància dels impactes en qüestió.

A continuació es mostra taula resum dels impactes de les diverses accions portades a terme.

G.1.1. Detecció o identificació d'impactes

G.1.1.1. Fase de construcció

El fet que el projecte es basi en el disseny d'una planta que es trobi al costat de l'existent als mateixos terrenys de l'empresa actual, implica que la fase de construcció no sigui tant extensa com podria ser per una planta de les mateixes característiques en un terreny que fos totalment per edificar.

Així doncs, parts essencials en d'una fàbrica com ara oficines, laboratoris, tallers o parcs de vehicles i maquinària, no caldrà que tornin a ser construïdes amb l'impacte que això suposa.

Les accions que s'hauran de dur a terme en aquesta fase i els seus corresponents impactes són:

- **Explanació i moviment de terres:** en aquesta acció es realitzarà un desbrossament, excavació i ompliment de terra de la zona seleccionada, durant les quals es produirà pols i soroll.

- **Instal·lacions:** construcció i muntatge de les diferents estructures metàl·liques necessàries per a sostenir els equips i serveis. Es produirà soroll i pols.

- **Obres i feines auxiliars:** també es realitzarà la construcció de tancaments, camins de serveis secundaris i il·luminació. Es produirà pols durant la construcció.

G.1.1.2. Fase d'explotació

Aquesta fase de l'anàlisi d'impacte ambiental es centra en les accions i efectes que són susceptibles de provocar canvis en l'entorn, com ara:

- **Operació normal de planta:** durant el funcionament de la planta en condicions d'operació normals existeix un punt d'emissió, la xemeneia S-105. L'esmentada xemeneia emetrà gasos que contribueixen a l'efecte hivernacle.

- **Tasques de manteniment:** en el llarg de la vida útil d'una planta es realitzen múltiples tasques de manteniment, com ara neteges de canonades, equips i instal·lacions, on s'hi acostuma a gastar cabals d'aigua molt elevats.

- **Transport de matèries primeres:** tant els vaixells encarregats de transportar les matèries primeres com els camions produeixen gasos d'efecte hivernacle.

- **Presència d'edificis i elements industrials:** és un fet que implica un canvi en l'impacte visual en l'entorn. No obstant, en el següent apartat es valorarà si és realment substancial.

Per tal de resumir els punts esmentats anteriorment, es mostra a continuació en la Taula 6.1.1.2.1 una taula resum dels diferents impactes que es produeixen en l'entorn.

Taula 6.1.1.2.1 Impactes de les diverses accions portades a terme

	Impacte acústic	Emissió de gasos	Impacte visual	Consum d'aigua	Producció de pols	Contaminació lumínica
Fase de construcció						
Moviment de sòl	X				X	
Instal·lacions	X				X	
Obres					X	
Fase d'exploració						
Transport matèries		X				
Operació		X		X		
Manteniment				X		
Edificacions			X			X

G.1.1.3. Detecció o identificació d'impactes

A continuació es caracteritzen els diferents impactes de la construcció de la nova planta. Per tal de portar a terme aquesta tasca s'ha seguit estrictament el RD 1131/1988.

G.1.1.4. Impactes de tipus I, de variació de qualitat ambiental

- **Impacte positiu:** aquell tipus d'impacte que és acceptat tant per la comunitat tècnica com la científica, en el context d'un anàlisi complet dels costos i beneficis generats per les actuacions previstes.

- **Impacte negatiu:** és aquell que es tradueix en una pèrdua de valor natural, cultural, paisatgístic, de productivitat ecològica o en un augment dels perjudicis derivats de la contaminació.

En aquest cas s'han considerat tots els impactes com a negatius ja que tots ells es tradueixen en conseqüències no desitjables per l'entorn del Camp de Tarragona, on es situa la planta.

G.1.1.5. Impactes tipus II, de relació causa - efecte

En aquest apartat, existeixen dues classificacions. D'una banda es distingeix entre:

- **Efecte notable:** aquell que es manifesta com una modificació del medi, dels recursos naturals o dels seus processos fonamentals de funcionament i que produeix o pot produir en el futur repercussions apreciables en aquests.

- **Efecte mínim:** aquell del que pot demostrar-se que no és notable.

Per exemple, l'impacte visual seria un efecte notable, ja que la construcció de quatre columnes alteraria, tot i que en poca mesura, la vista panoràmica de l'emplaçament. D'altra banda, l'impacte acústic es podria classificar com a mínim, ja que el seu efecte sobre les persones i el medi afectat no és notable.

D'altra banda, es classifiquen també:

- **Efecte directe:** aquell que té una incidència immediata sobre algun aspecte ambiental determinat.

- **Efecte indirecte:** és aquell que suposa una incidència immediata respecte a la interdependència o, en general, respecte de la relació d'un sector ambiental amb un altre.

En aquest sentit, l'impacte visual i acústic serien un bon exemple d'efectes directes. En ambdós casos la seva incidència és immediata sobre un aspecte concret, les persones que s'hi veuen afectades, ja siguin els habitants de les zones residencials més properes o els propis treballadors de l'empresa.

G.1.1.6. Impactes tipus III, d'interrelacions d'accions i efectes

- **Efecte simple:** aquell que es manifesta sobre un sol component ambiental, on la forma d'actuació és individualitzada

- **Efecte acumulatiu:** aquell que al perllongar en el temps l'acció de l'agent inductor, incrementa progressivament la seva gravetat.

- **Efecte sinèrgic:** aquell que es produeix quan l'efecte conjunt de la presència simultània de diversos agents suposa una incidència ambiental més gran que l'efecte de la suma de les incidències individuals contemplades de forma aïllada.

En el marc d'efectes simples s'ha classificat l'impacte visual, entre d'altres.

Com a efecte acumulatiu, en canvi, es troba l'impacte acústic, ja que els possibles efectes derivats depenen de la intensitat del soroll i el temps d'exposició.

Per últim, com a exemple d'efecte sinèrgic es troba la contaminació lumínica. Aquest fenomen estaria, en part, relacionat amb l'augment d'emissions de CO₂, ja que degut a què per produir llum es necessita electricitat i per produir electricitat es necessiten, per exemple, centrals tèrmiques, aquest fet col·laboraria en l'augment de la contaminació ambiental.

G.1.1.7. Impactes tipus IV, moment de manifestació

- **Efecte a curt termini:** aquell que pot manifestar la seva incidència en un període de temps comprès en un cicle anual.

- **Efecte a mig termini:** aquell que pot manifestar la seva incidència abans de 5 anys.

- **Efecte a llarg termini:** aquell que pot manifestar la seva incidència en un període superior a 5 anys.

Tenint en compte de moment de manifestació, la producció de pols seria un efecte temporal, es contempla durant el procés de construcció, degut a l'explanació i moviment de terres i altres obres i feines auxiliars, i els seus efectes són immediats a la seva generació.

Per contra, els efectes derivats de l'emissió de gasos poden manifestar-se en un període superior a 5 anys, per tant, es classificaria com un efecte a llarg termini.

G.1.1.8. Impactes tipus V, de persistència

- **Efecte permanent:** aquell que suposa una alteració indefinida en el temps de factors d'acció predominant en l'estructura o en la funció dels sistemes de relacions ecològiques o ambientals presents al lloc.

- **Efecte temporal:** aquell que suposa una alteració no permanent en el temps, amb un període temporal de manifestació que pot ser estimat o determinat.

En aquest cas particular es troba, d'una banda, l'impacte visual com a efecte permanent, ja que l'alteració que provoca és indefinida en el temps, fins que l'empresa decideixi desmuntar la instal·lació. D'altra banda, la producció de pols com a efecte temporal, ja que només es contempla durant el procés de construcció, degut a l'explanació i moviment de terres i altres obres i feines auxiliars.

G.1.1.9. Impactes tipus VI, de reversibilitat

- **Efecte reversible:** aquell en què l'alteració que suposa pot ser assimilada per l'entorn de forma mesurable, a mig termini, a causa del funcionament dels processos naturals de la successió ecològica i dels mecanismes d'autodepuració del medi.

- **Efecte irreversible:** aquell que suposa la impossibilitat o la dificultat extrema de retornar a la situació anterior a l'acció que el produeix.

Per aquest cas, s'han catalogat els efectes com a reversibles, ja que tots podrien ser assimilats per l'entorn i en cap cas suposaria una dificultat extrema per retornar a la situació anterior.

G.1.1.10. Impacte tipus VII, de recuperabilitat

- **Efecte recuperable:** aquell en què l'alteració o pèrdua que suposa pot eliminar-se per l'acció natural o l'acció humana i així mateix, aquell en què l'alteració que suposa pot ser reemplaçable.

- **Efecte irrecuperable:** aquell en què l'alteració o pèrdua que suposa és impossible de reparar o restaurar, tant per l'acció natural com per l'acció de l'home.

En referència als efectes recuperables es troba el consum d'aigua, ja que després del seu ús industrial es pot tractar. D'altra banda, l'impacte visual és irrecuperable. L'estructura romandrà instal·lada per un temps indefinit, a més, quan l'empresa decideixi desmuntar-la, el paisatge mai quedarà tal i com estava abans de la construcció.

G.1.1.11. Impacte tipus VIII, de periodicitat

En aquest apartat, existeixen dues classificacions. D'una banda es distingeix entre:

- **Impacte continu:** aquell que es manifesta amb una alteració constant en el temps, acumulada o no.

- **Impacte discontinu:** aquell que es manifesta mitjançant alteracions irregulars o intermitents en la seva permanència.

En aquest cas, tots els impactes serien classificats com a continus, ja que tots són alteracions constants en el temps.

D'altra banda, es classifiquen també:

- **Impacte periòdic:** aquell que es manifesta com una forma d'actuació intermitent i contínua en el temps.

- **Impacte d'aparició irregular:** aquell que es manifesta de forma imprevisible en el temps, per circumstàncies no periòdiques ni contínues però de gravetat excepcional. Per exemple, si es parla de l'impacte acústic, aquest sorgirà de manera intermitent, ja que tindrà lloc quan es posin en marxa equips com el compressor i parará quan deixi de funcionar, però alhora també és continu en el temps.

G.1.1.12.Taula resum d'impactes

A continuació, en les Taules 6.1.2.9.1 i 6.1.2.9.2 es mostren a mode de resum la caracterització dels impactes esmentats anteriorment.

Taula G.1.1.12.1 Caracterització d'impactes de Tipus I a Tipus IV

	Tipus I		Tipus II				Tipus III			Tipus IV		
	Qualitat ambiental		Relació causa - efecte				Interrelacions acció/efecte			Moment manifestació		
	Positiu	Negatiu	Notable	Mínim	Directe	Indir.	Simple	Acum.	Sinèrgic	Curt termini	Mitjà termini	Llarg termini
Impacte acústic		X		X	X			X		X		
Impacte visual		X	X		X		X			X		
Emissió de gasos		X		X		X			X			X
Consum d'aigua		X		X	X		X			X		
Producció de pols		X		X	X		X			X		
Contaminació lumínica		X	X			X			X			X

Taula G.1.1.12.2 Caracterització d'impactes de Tipus V a Tipus VIII

	Tipus V		Tipus VI		Tipus VII		Tipus VIII			
	Persistència		Reversibilitat		Recuperabilitat		Periodicitat			
	Sí	No	Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Continu	Discontinu	Periòdic	D'aparició irregular
Impacte acústic	X		X		X		X		X	
Impacte visual	X		X		X		X		X	
Emissió de gasos	X		X			X	X		X	
Consum d'aigua	X		X		X		X		X	
Producció de pols		X	X		X		X		X	
Contaminació lumínica	X		X			X	X		X	

G.1.2. Avaluació i valoració dels impactes

Una vegada s'han analitzat els impactes amb els seus respectius efectes, s'ha de valorar tant qualitativament com quantitativament els mateixos segons possibilitats.

G.1.2.1. Mètode qualitatiu

Com a mètode qualitatiu s'ha considerat classificar la magnitud de l'impacte d'acord el RD 1131/1988. Es diferencia entre compatible, moderat, sever i crític.

L'impacte acústic i visual s'han considerat com a compatibles ja que una vegada finalitzada l'activitat, tenen una recuperació immediata i no requereixen de pràctiques correctores o protectores.

L'emissió de gasos i la contaminació lumínica requereixen l'adequació de mesures protectores o correctores i, tot i aquestes mesures, la seva recuperació exigeix un període llarg de temps i, per tant, es consideren com a sever.

El consum d'aigua i la producció de pols s'han considerat moderats, no requereixen de pràctiques correctores intensives i la consecució de les condicions ambientals inicials requereixen cert temps.

Per la seva part, no existeix cap magnitud superior al límit acceptable, per tant, cap impacte es classifica com a crític.

Tot seguit es mostra la Taula 6.1.3.1.1 que recull un resum de la classificació dels diferents impactes.

Taula 6.1.3.1.1 Classificació de la magnitud

	Impacte acústic	Impacte visual	Emissió de gasos	Consum d'aigua	Producció de pols	Contaminació lumínica
Compatible	X	X				
Moderat				X	X	
Sever			X			X
Crític						

Un cop avaluats tots els impactes concrets de les accions, s'ha valorat l'impacte global que presenta la realització del projecte. Tal i com es mostra en la taula anterior, cap dels diferents impactes es classifica com a crític. Així doncs, és un projecte perfectament assumible a nivell mediambiental.

G.1.2.2. Mètode quantitatiu

Com a mètode quantitatiu s'ha portat a terme la coneguda com matriu de Leopold. Cal tenir en compte que es tracta d'un mètode qualitatiu, basat en una matriu de relació causa - efecte, però en aquest cas s'ha decidit considerar-lo com a quantitatiu ja que s'han

d'assignar unes ponderacions que posteriorment seran decisives per poder determinar i extreure'n conclusions.

Es tracta d'un quadre de doble entrada. En una de les entrades es disposen les accions del projecte que poden causar impacte i en l'altra entrada es disposen els elements o factors ambientals rellevants, receptors dels efectes.

S'ha construït una matriu reduïda que conté només les accions i factors escollits com les més rellevants, 13 dels 88 factors i 12 de les 100 accions disponibles, marcant amb una línia diagonal cadascuna de les caselles d'intersecció que identifiquin un impacte.

A la meitat superior de la casella s'ha estimat la magnitud, que fa referència a la intensitat o dimensió de l'impacte, mentre que a la part inferior de la casella, s'ha estimat la importància, valor ponderat que dóna el pes relatiu de l'impacte potencial sobre la qualitat del medi i l'extensió o zona territorial afectada.

Aquests marcatges de les quadrícules es ponderen de 1 a 10, segons si l'impacte té menor o major impacte, respectivament. Cal tenir en compte que a la part que fa referència a la magnitud s'ha d'afegir el signe + o -, en funció si l'impacte és positiu o negatiu.

L'assignació de valors es fa d'acord amb el criteri de l'avaluador, cosa que fa que el resultat de la matriu estigui subjecte a un criteri no estandarditzat.

Els valors no són sumables, encara que la mitjana per files o columnes pot donar una idea de l'agressivitat d'una acció o afecció a un valor.

En la Taula 6.1.3.2.1 es mostra l'esmentada matriu amb els valors determinats. Posteriorment, es detallen les raons pels que s'ha decidit ponderar de la manera com s'ha fet.

Com es pot comprovar, tant en fase de construcció com en d'exploració apareixen els impactes que s'han tingut en compte per portar a terme la matriu.

Començant per la fase de construcció es troben les següents accions:

- **Alteracions de la coberta terrestre:** l'extensió que ocuparà l'ampliació per tal de fer el rentat del propilè és relativament petita, per tant, la coberta de sòl afectada serà poca i l'impacte sobre el sòl, s'ha quantificat com petit. Tot i això, els insectes que fins llavors es trobaven en aquell terreny veuran completament afectat el seu habitat fins al moment de construcció. Pel que fa a l'ús del territori, l'impacte serà petit, ja que es troba en una zona ja industrialitzada que no es veurà més que ampliada.

- **Pavimentació i recobriments de superfícies:** al recobrir la superfície de treball s'utilitzaran materials de construcció comuns, per tant hi haurà un impacte tot i que no molt significatiu. De la mateixa manera que en l'acció anterior, el sòl es veurà afectat, però en poca extensió, i s'impossibilitarà l'habitabilitat per a la majoria d'insectes.

- **Sorolls i vibracions:** la planta treballa amb diversos corrents gasosos i per tant és necessari l'ús d'un compressor. Aquest tipus d'aparells provoquen soroll i vibracions que poden afectar les aus del voltant i la salut dels treballadors i habitants propers. Els equips comprats tenen una emissió de sorolls reduïda, però tot i així els ocells i les persones es veuran afectats encara que sigui de forma lleu ja que cal tenir en compte que la planta es troba molt a prop del nucli de La Canonja i Bonavista.

- **Emplaçament industrial i edificis:** no es construiran instal·lacions industrials (no es requereixen nous edificis) que tinguin gran envergadura. Les vistes panoràmiques es veuran alterades mínimament per la construcció de les columnes, però sí la seguretat, ja que tota nova instal·lació química involucra un cert risc. Tot i això, la seguretat es veurà afectada mínimament ja que l'emplaçament és un complex químic que disposa de sistemes de seguretat molt fiables a més d'estar allunyat de nuclis urbans. Fins ara totes les magnituds dels impactes han estat negatives, però en aquesta acció tenim com a positiu la feina; la construcció de la instal·lació requerirà mà d'obra, tot i no ser una obra de gran envergadura.

A continuació es mostren les accions que es duran a terme en la fase d'explotació.

- **Emmagatzematge de productes:** els tancs seran de grans dimensions per assegurar l'abastiment de la planta, fet que alterarà la vista panoràmica i la seguretat; és un compost inflamable que en cas de fuga o explosió pot provocar danys greus en l'entorn. Tot i això, es troba a un lloc allunyat de nuclis urbans i amb mesures de protecció altes.

- **Operació i manteniment:** l'operació requerirà un consum d'aigua continental (provinent de rius) i quan aquesta s'hagi utilitzat, un descens de la seva qualitat, tot i que la planta disposa d'una estació de tractament d'aigües. Com a impacte més important, es troba l'emissió de gasos residuals un cop realitzada la combustió; emissió de traces de gasos d'efecte hivernacle (sempre dins els límits permesos) i d'altres compostos que poden alterar la qualitat de l'atmosfera. Tots aquests gasos s'emeten a una temperatura més elevada que l'ambient, fet que pot alterar lleugerament la temperatura de l'entorn més immediat. Tota operació té un cert risc, per aquest motiu la seguretat de l'entorn es veurà disminuïda.

- **Transport en vaixell:** la matèria primera serà transportada en vaixell des de Castelló fins al port de Tarragona. Aquest augment en el tràfic de vaixells (molt petit) implicarà certa emissió de gasos a l'atmosfera; també petit.

- **Possibles accidents:** aquí es troba la possibilitat d'accidents com són explosions i fuites de gasos, que en aquest cas, són inflamables. Si es presenta algun d'aquests escenaris pot afectar la qualitat de l'atmosfera més propera i la salut i seguretat de l'entorn (altres indústries) i fins i tot, la seguretat d'algun dels nuclis urbans més propers.

Pel que fa a la importància de cada un dels impactes, s'ha valorat com menys importants els impactes en la fauna, concretament insectes, i l'ús del territori; ja que el fet de trobar-se en un emplaçament ja industrialitzat l'impacte no és molt significatiu. De manera més significativa que els impactes anteriors, però amb un valor màxim de 4, s'ha valorat la importància dels impactes en la terra (ús de materials de construcció i dels sòl) i dels factors culturals/humans com les vistes panoràmiques i d'espais oberts.

Les espècies d'aus de la zona no són excepcional, per tant l'impacte no serà considerat com d'alta importància. Pel que fa a l'aigua, és un lloc on l'escassetat d'aquest recurs no és molt gran, però amb una visió global del món, es considerarà un bé que cal racionalitzar; la importància en l'impacte sobre l'aigua serà considerada mitjana.

Com a més significatiu, s'han considerat els factors humans de la salut i seguretat i la feina, que impacten de manera contundent en l'entorn més proper. Així com la qualitat de l'atmosfera.

Taula G.1.2.11 Matriu de Leopold

		Fase de construcció					Fase d'exploració						
		Alteració de la superfície terrestre	Reconstrucció de superfícies	Sorolls i vibracions	Emplaçaments industrials i edificis	Línies elèctriques	Voladures i perforacions	Emmagatzematge de productes	Transport en vaixell	Explosions	Fugues	Tractament de residus gasosos	Operació i manteniment
Terra	Ús de materials de construcció	-1/1											
	Sòl	-2/2	-2/2						-1/3				
Aigua	Continental												-3/6
	Qualitat												-2/5

Atmosfera	Temperatura				-1/5	-3/9	-3/9	-3/9	-4/8
	Qualitat								-1/3
Fauna	Ocells (aus)		-2/3	-4/3	-2/3				
	Insectes	-8/2	-8/2						
Factors humans	Ús del territori	-1/1							
	Paisatge	-5/3		-3/4	-1/3	-2/4			
	Espais oberts	-3/3							
	Salut i seguretat		-1/5	-1/7		-3/7	-3/7	-3/7	-1/6
	Feina			+1/7					

G.1.3.Mesures correctives

Les mesures correctores a aplicar tenen com a finalitat reduir o evitar l'impacte ambiental produït per una determinada actuació; en aquest cas, es tracta d'una indústria química.

De l'anàlisi dels impactes s'observa que sobre un mateix factor ambiental poden incidir diverses causes o agents, amb idèntiques conseqüències i que es poden minimitzar amb l'aplicació d'una mateixa mesura correctora, o bé un mateix agent o causa pot incidir sobre diversos factors ambientals, amb diferents conseqüències, i que poden corregir-se amb una sola acció.

G.1.3.1.Mesures correctives en la fase de construcció

G.1.3.1.1.Emissions atmosfèriques

Les mesures a aplicar per la prevenció de la generació de pols i altres emissions durant les obres són:

- Abans de l'inici de les obres, es delimitarà de manera clara tota l'àrea d'actuació, per tal de no afectar més superfície de la que és necessària.

- Programa de recs periòdics del terreny on es realitza la obra, realitzant-se quan entri la maquinària pels camins. Aquesta actuació serà portada a terme per evitar la presència d'excessiva pols.

- Limitació de la velocitat de la maquinària i els camions en la obra per tal de frenar l'emissió descontrolada. Paral·lelament, es comprovarà que la maquinària utilitzada en la obra disposi de la targeta de la inspecció tècnica de vehicles o altres que necessiten en regla assegurant-se així que els límits d'emissió són els indicats per la normativa vigent.

- Les operacions de excavacions, carga i descàrrega de materials susceptibles d'emetre pols es realitzarà en dies amb condicions atmosfèriques favorables. Per exemple, s'evitarà operar en dies on hi hagi una excessiva velocitat de vent.

G.1.3.1.2.Emissions de soroll

- Les maquinàries generadores de soroll s'utilitzarà en hores diürnes. Així s'evita molestar els nuclis urbans

- La maquinària que s'utilitzi a l'aire lliure haurà de complimentar el Reial Decret 524/2006, per tal de regular les emissions sonores generades.

G.1.3.1.3.Sòl

- Es delimitarà de manera clara tota l'àrea d'actuació, per tal de no afectar més superfície de la necessària.

- A nivell de correcció general, s'executaran les obres seguint criteris que respectin al medi i la edafologia del terreny.

- Es regenerarà i replantarà les àrees no utilitzades.

G.1.3.1.4.Hidrologia

- Vessament accidental de combustibles i olis procedents de la maquinària utilitzada. La neteja es realitzarà seguint la normativa de l'empresa.

- La neteja de la maquinària utilitzada es realitzarà en una zona protegida o delimitada pel seu posterior tractament.

- Disposició inadequada de residus perillosos o procedents de tasques de construcció que són arrossegats en cas de pluja o neteja inadequada. En cas de pluja, es disposarà de xarxes per pluvials.

- Dissenyar un sistema de neteja de les possibles fuites o vessaments d'aquest.

G.1.3.1.5. Vegetació, usos de sòl i paisatge

En la fase de construcció l'impacte visual, com altres no es veurà molt afectat ja que la zona de la construcció està integrat en un polígon industrial.

- Es senyalitzarà i s'utilitzarà elements protectors per tal de preservar la vegetació existent i paisatge existent.

- Es limitarà les velocitats per tal de generar la menor quantitat d'emissions possibles.

- Mesures de disseny de les vies, i altres elements per tal de minimitzar al màxim els residus generats.

G.1.3.1.6. Mesures correctives en la fase d'exploració

G.1.3.1.7. Emissions atmosfèriques i presència de substàncies perilloses

Les mesures a aplicar per la prevenció de la generació de pols i altres emissions durant la fase d'operació són:

- Les emissions puntuals de hidrocarburs són les procedents de les vàlvules de seguretat, es generarà en cas d'emergència, mal funcionament de l'equip, posada en marxa o parada del procés. En aquest cas els gasos es ventejaran cap a torxa.

Es realitzarà mesures de detecció (analitzadors de la qualitat de l'aire, operadors en cas de fuga de tolls, etc.), prevenció i control per tal d'evitar les emissions puntual .

- La propietat realitzarà un estudi que indica el RD 840/2015 de prevenció d'accidents greus, per demostrar que s'han pres totes les mesures necessàries per prevenir i minimitzar els riscos derivats a la producció de les substàncies.

- Protecció contra incendis de la planta: anirà equipada d'acord amb l'establert en el reglament de seguretat contra incendis en els establiments industrials, en funció del risc intrínsecs de les diferents zones.

G.1.3.1.8. Soroll

Durant la fase d'operació, el soroll i les vibracions generades procedents d'equips amb motors com bombes, compressors i operacions de manteniment, construcció d'andamis ,etc.

Tots els equips s'instal·laran de manera adequada per tal d'evitar la generació de soroll i la transmissió a altres equips.

Donat que el nivell de soroll màxim generat es troba minimitzat i la distància que hi ha a la ciutat és de l'ordre de kilòmetres, no es superarà els límits establerts de decibels.

G.1.3.1.9.Efluents de líquids i vessaments accidentals

- Durant la fase d'operació, la recollida d'aigües pluvials i de procés es realitzarà amb drenatges situats a les àrees de circulació, pavimentades amb la pendent corresponent a aquest drenatge.

- Els materials de les conduccions i accessoris hauran de ser adequats per resistir el possible atac químic dels productes que hauran de transportar.

- Les aigües sanitàries procedents de les persones que treballen a la planta i oficines són conduïdes a una línia de tractament, línia formada per un decantador, abans de ser abocar a la xarxa general sanitària de l'ajuntament.

G.2.Anàlisi del Cicle de Vida (ACV)

L'objectiu és portar a terme l'anàlisi del cicle de vida del procés de producció d'àcid nítric concentrat. La finalitat d'aquest estudi és detectar quines són les etapes, productes i processos que contribueixen a un impacte ambiental negatiu i en l'apartat final de conclusions enfocar àrees de millora per tal que el procés encara sigui molt més respectuós amb el medi ambient.

G.2.1.Objectiu

L'objectiu és portar a terme l'anàlisi del cicle de vida del procés de producció d'àcid nítric concentrat. La finalitat d'aquest estudi és detectar quines són les etapes, productes i processos que contribueixen a un impacte ambiental negatiu i en l'apartat final de conclusions enfocar àrees de millora per tal que el procés encara sigui molt més respectuós amb el medi ambient.

G.2.2.Abast del projecte

L'abast d'aquest projecte consisteix en el disseny (enginyeria bàsica i parcialment en detall) d'una nova planta de 250 t/dia d'àcid nítric concentrat (98.5% en pes).

La planta de producció d'àcid nítric actual té una capacitat de 120 t/dia i no produeix la quantitat necessària per poder abastir la demanda del client principal, el Ministeri de Defensa Espanyol. És per aquest motiu que es proposa la construcció d'una nova planta per tal d'aconseguir assolir la base anual de producció desitjada.

La construcció d'aquesta nova planta es durà a terme al Polígon Industrial Sud de Tarragona, just al costat de la planta NITROX. La implementació d'un nou procés Espindesa té com a funció suplementar l'antic procés Sabar . Els reactius principals són l'amoníac i aire, on l'amoníac serà subministrat via transport marítim.

G.2.3.Funció del sistema estudiat

La funció del sistema descriu les característiques d'operació d'aquest en el cas particular d'aquest estudi. El sistema estudiat compleix amb la funció de produir àcid nítric concentrat a partir d'amoníac necessitant també aire atmosfèric.

G.2.4.Unitat funcional

La unitat funcional a la qual anirà referenciada l'estudi és 1 kilogram d'amoníac. S'utilitzarà 1 kilogram d'amoníac com a base de càlcul per tal d'introduir els fluxos de matèria d'entrada i sortida de cada un dels subprocessos dins el procés principal de producció d'àcid nítric.

G.2.5.Límits del sistema

Pel que fa als límits del sistema s'ha decidit deixar fora l'anàlisi d'impacte fabricació dels additius pel producte final. No obstant, s'ha tingut en compte i així s'ha afegit al programari

GaBi les càrregues ambientals associades a la fabricació dels vehicles de transport, a les instal·lacions de generació d'energia elèctrica i de la matèria primera.

G.2.6.Dades utilitzades

Les dades de conversions que s'han manejat per poder portar a terme el balanç de matèria en aquest anàlisi són dades que han sigut facilitades per la planta NITROX. Per altra banda, en casos en què ha sigut impossible comptar amb les dades reals de la planta s'han buscat paràmetres de la bibliografia i de bases de dades. Per al cas del consum d'energia elèctrica i tèrmica, les dades utilitzades s'ha obtingut tant de la bibliografia com d'alguns càlculs propis amb l'objecte de tenir la dada més similar i versemblant al del consum energètic d'una planta d'aquestes característiques.

G.2.7.ANÀLISI D'INVENTARI (ICV)

L'anàlisi d'inventari és un procés quantitatiu dels inputs i outputs dels fluxos de matèria i energia d'una activitat duran el cicle de vida. Així doncs, es pot resumir com un balanç de matèria i energia del sistema estudiat tot i que també pot incloure utilització del sòl, radiacions, soroll, vibracions i biodiversitat afectada.

G.2.8.Descripció del procés

De forma sintetitzada, i per tal de resumir el procés, en la Figura 2.1 es mostra un esquema del procés.

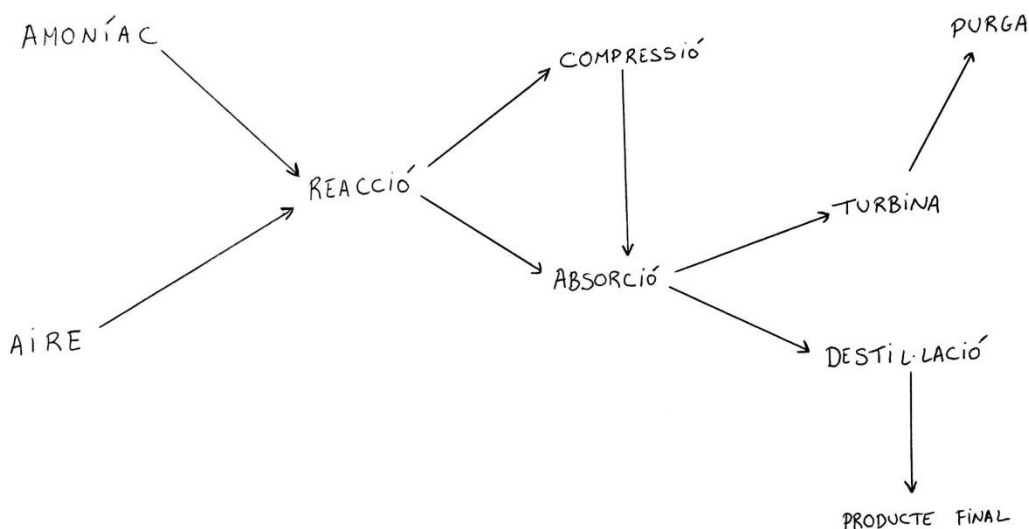


Figura G.1 Diagrama de blocs del procés

Com es pot veure a primer cop d'ull, de processos com ara la reacció, una part se'n va a absorció i l'altra a compressió, és a dir, succeeixen diversos processos a la vegada. No obstant, la taula de corrents mostrada en la Taula G.1 pot servir per deixar menys dubtes encara. Les dades de balanç de matèria i energia són les que s'han introduït en el programari GaBi per tal de portar a terme l'ACV corresponent. Aquestes dades estan extretes a partir del balanç de matèria que s'ha portat a terme abans de fer aquest anàlisi. Tot i això, com es pot comprovar, el

balanç està adaptat a aquest cas ja que la base de càlcul escollida és 1 kilogram d'amoniac, que és la unitat funcional de l'anàlisi.

Tenint en compte que la planta de producció d'àcid nítric que s'està estudiant treballa 330 dies l'any, extrapolant es pot obtenir de cara a l'inventari les quantitats d'aire, amoniac i energia elèctrica i tèrmica necessàries anuals per la planta.

Taula G.1 Taula de corrents del procés

	ETAPA DE REACCIÓ		ABSORCIÓNS REACTIVES		ETAPES DE COMPRESSIÓ		TURBINA		DESTIL·LACIÓ PRODUCTE FINAL		ANOTRXA/Purga		SOPLANTE AIRE
	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida	Entrada	Sortida	
NH ₃ (kg)	1,0												
HNO ₃ (kg)													
N ₂ (kg)	11,5	11,5	11,5		11,5	11,5	36,0	36,0			36,0	36,0	
O ₂ (kg)	3,5	1,2	1,2		1,2	1,2	1,1	1,1			1,1	1,1	
NO (kg)		1,7	1,7		1,7	1,7	0,1	0,1			0,1	0,1	
NO ₂ (kg)													
H ₂ O (kg)		1,6		2,0					2,0	0,1			
HNO ₃ (kg)		0,0		8,1					8,1	3,5			
ENERGIA TÈRMICA (MMBTU)	0,0		0,0		0,0		0,0		0,0				
ENERGIA ELÈCTRICA (kWh)	0,0		0,1		0,6		0,3		0,0				0,2

G.2.9.AVALUACIÓ DE L'IMPACTE DE CICLE DE VIDA

G.2.9.1. Metodologia emprada

Tenint en compte les metodologies per analitzar el cicle de vida que ofereix el programari GaBi Software del CRAI Sescelades, s'ha utilitzat el CML 2001. El CML 2001 és un mètode d'avaluació d'impacte que restringeix la modelització quantitativa de les primeres etapes de la cadena de causa-efecte per limitar les incerteses. Els resultats s'agrupen en categories de punt mitjà d'acord als mecanismes comuns (per exemple, el canvi climàtic) o agrupacions comunament acceptades (per exemple ecotoxicitat).

G.2.9.2. Categories d'impacte

A continuació de detallen les categories d'impacte utilitzades en l'avaluació de l'impacte del cicle de vida.

G.2.9.3. Global warming potential

Els factors de caracterització usats en aquesta categoria d'impacte són els potencials de escalfament global a 100 anys. Aquests potencials descriuen el forçament radiatiu dels diferents gasos d'efecte hivernacle en relació al forçament radiatiu del CO₂ en funció de les propietats d'absorció dels gasos i de les seves vides mitjanes.

Els factors de caracterització són del programari GaBi.

G.2.9.4. Acidificació

El fet de dipositar acidesa al sòl o a l'aigua té efectes negatius sobre els ecosistemes. El potencial d'acidificació s'avalua en relació a la producció d'ions H⁺ de cada substància, de manera que es fan servir factors de caracterització que relacionen la producció d'àcid nítric comparant amb la producció d'un kilogram de SO₂.

D'acord amb la metodologia, els factors d'emissió donen la quantitat de substància emesa per unitat funcional (en aquest cas 1 kg d'amoniac). No obstant això, cal involucrar les característiques espacials i temporals en aquests factors d'emissió, ja que cada procés pot relacionar-se amb una multiplicitat de llocs d'emissió.

G.2.9.5.Eutrofització

L'eutrofització es refereix a l'addició de nutrients al sòl o a l'aigua que condueix a un increment del creixement de biomassa i l'augment de la demanda d'oxigen durant la descomposició de la matèria orgànica formada. Els factors de caracterització usats es defineixen com el potencial d'un nutrient per formar matèria orgànica en relació al potencial del fòsfor.

El potencial d'eutrofització total es calcula multiplicant cada emissió pel seu factor de caracterització i sumant els resultats. El factor de caracterització està dins el programari GaBi també, com la resta.

G.2.9.6.Reducció capa d'ozó

De manera similar als potencials d'escalfament global, s'utilitzen aquí els Potencials de destrucció d'Ozó (ODPs) calculats per l'Organització Mundial de Meteorologia. Aquests potencials descriuen la destrucció d'ozó a l'estratosfera produïda per diversos compostos clorats o bromats en relació a la que produeix l'R11, una vegada que aquests compostos estan en equilibri en l'estratosfera. Per tant, l'R11 té un ODP de 1. A menys valor d'ODP millor el refrigerant és per la capa d'ozó i el medi ambient en general.

G.2.9.7.Abiotic depletion elements

Per mesurar aquest concepte el programari GaBi utilitza com a unitat els kilograms de Sb com a referència.

G.2.9.8.Ecotoxicitat aquàtica, marina i terrestre i toxicitat humana en l'aire

Cercant bibliogràficament sobre aquests dos aspectes, s'acostuma a tenir en consideració els següents aspectes a l'hora de desenvolupar els factors de caracterització:

- L'efecte de la substància (toxicitat intrínseca)
- La dispersió en el medi
- La influència en les condicions de base

La unitat referència per mesurar aquests dos aspectes és el kilogram de diclorobenzè.

G.2.9.9.Potencial de creació d'ozó fotoquímic

En atmosferes que contenen òxids de nitrogen (NO_x , un contaminant comú i que apareix en el procés de producció d'acid nítric) i compostos orgànics volàtils, l'ozó es pot crear en presència de llum solar.

Encara que l'ozó és fonamental en l'alta atmosfera de protecció contra la llum ultraviolada (UV), baix nivell d'ozó està implicat en els efectes tan diversos com danys als cultius i l'augment de la incidència de l'asma i altres malalties respiratòries. La formació fotoquímica d'ozó per a l'emissió de substàncies a l'atmosfera la calcula el programari GaBi i s'expressa utilitzant el kg d'etè equivalent (C_2H_4) com a unitat de referència.

G.2.10.Resultats

Per tal de poder quin és l'efecte dels productes i els processos que es porten a terme en la planta de producció d'acid nítric estudiada s'ha portat a terme el balanç amb el programari GaBi. El *plan* que s'ha portat a terme és el que es pot veure a continuació en la Figura X.1:

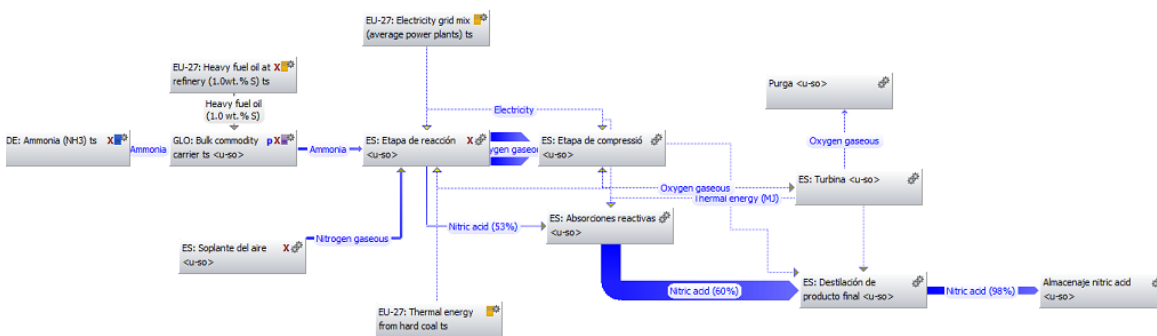



Figura G.2 Plan a partir del qual s'ha calculat el balanç

Per tal de procedir al càlcul del balanç simplement cal polsar el botó  del plan. Una vegada s'ha portat a terme el càlcul cal observar i analitzar els resultats obtinguts. En la Taula G.2 es mostra els valors totals per cada una de les categories d'impacte seleccionades.

S'ha intentat cercar bibliogràficament un anàlisi de cicle de vida d'una planta que utilitzés un mètode similar per tal de comparar valors però ha sigut impossible.

Taula G.2 Resultats

Categoria d'impacte	Unitat	Valor total
3. Global warming potential	kg CO ₂ eq.	3.60
Potencial d'acidificació	kg SO ₂ eq.	0.20
4. Eutrofització	kg fosfat eq.	0.05
Reducció capa d'ozó	kg R11 eq.	2.80 · 10 ⁻¹⁰
5. Abiotic depletion elements	kg Sb eq.	5.30 · 10 ⁻⁷
6. Abiotic depletion fossil	MJ	83.2
Human toxicity potential	kg DCB eq.	0.11
Marine aquatic ecotoxicity	kg DCB eq.	132
Photochem. ozone creation potencial	kg C ₂ H ₄ eq.	-
Terrestic ecotoxicity potencial	kg DCB eq.	1.20 · 10 ⁻³

Cal recordar una vegada més que els kilograms equivalents són sempre a partir d'1 kilogram d'amoníac. En altres paraules, observant la Taula 3.1 seria un error arribar a la conclusió que la planta genera 3.6 kg de CO₂ equivalent; realment es generen 3.6 kg de CO₂ equivalent per cada kilogram d'amoníac.

Dins d'aquests resultats es destaca que en la categoria d'impacte *Photochem. ozone creation potencial*, si bé en la Taula X.1 s'obvia el valor, realment té un valor negatiu (ja que en l'etapa de reacció el valor segons el programari GaBi és més negatiu que la suma dels valors dels diferents processos). El valor negatiu implica que el procés té un impacte positiu en el nostre entorn.

Per tal de poder fer un desglossament més precís de cada una de les categories i saber quins productes i/o processos són els que generen major impacte s'analitzen els gràfics del programari GaBi. S'han exportat les dades obtingudes al Microsoft Excel, per tal de poder veure d'una forma més gràfica els productes i processos responsables del valor total de l'impacte en qüestió. S'utilitzarà el mateix tipus de gràfic circular.

G.2.11. Global warming potencial

Com es pot comprovar en la Figura 3.2., si bé és cert que el valor GWP de l'amoníac és 0, la presència d'aquesta matèria primera en el procés fa que es dispari el valor de GWP en 100 anys. Aquest fet és degut a que l'amoníac utilitzat és produït mitjançant el conegut procés Haber-Bosch. Aquest procés industrial, que es porta a terme a altíssimes pressions, té un valor elevat de GWP en el seu total ^[1], cosa que provoca aquest valor. En la Figura X.2 es pot veure els percentatges dels productes i processos responsables del valor total de GWP del procés de producció d'acid nítric.

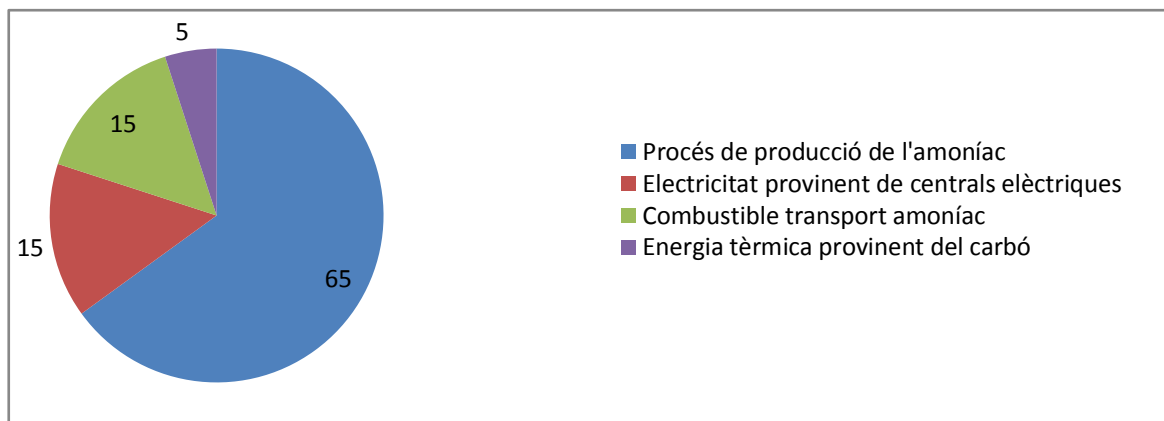


Figura 3.2 Desglossament del valor total de GWP

G.2.11.1.1. Potencial d'acidificació

En aquest cas, tenint en compte que una part del procés té un potencial d'acidificació negatiu (impacte positiu) es mostrarà en la Figura 3.3 un tipus de gràfic diferent extret directament del programari GaBi.

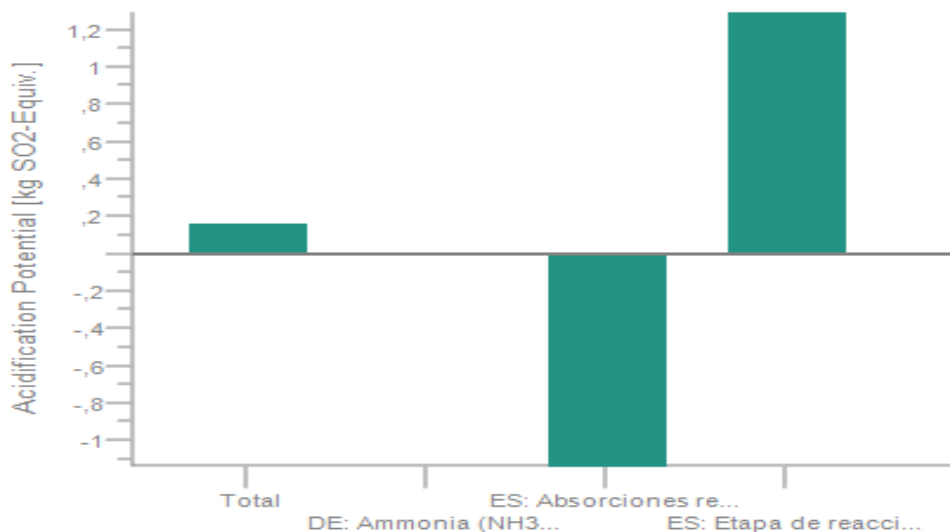


Figura 3.3 Valors del potencial d'acidificació de cada procés

Com es pot veure, les entrades i sortides que s'engloben en el procés conegut anomenat com d'absorcions reactives té un impacte positiu, possiblement el motiu és que l'àcid nítric poc concentrat entra dissolt en aigua i en surt amb més puresa, cosa que vol dir que hi ha menys quantitat d'aigua acidificada.

G.2.11.1.2.Eutrofització

La tendència del gràfic de barres que ofereix el balanç del programari GaBi és molt semblant amb els del procés d'acidificació: un part del procés total amb un potencial amb valor negatiu i amb un de valor positiu amb un valor absolut lleugerament superior que provoca que el valor total sigui positiu i en conseqüència, tingui un impacte negatiu.

G.2.11.1.3.Reducció de la capa d'ozó

En la Figura 3.4 es pot comprovar els percentatges dels productes i processos responsables del valor total d'ODP del procés de producció d'àcid nítric. En destaca clarament la producció d'energia elèctrica, que tot i que aquesta producció és externa, té un impacte en tots els processos de la planta.

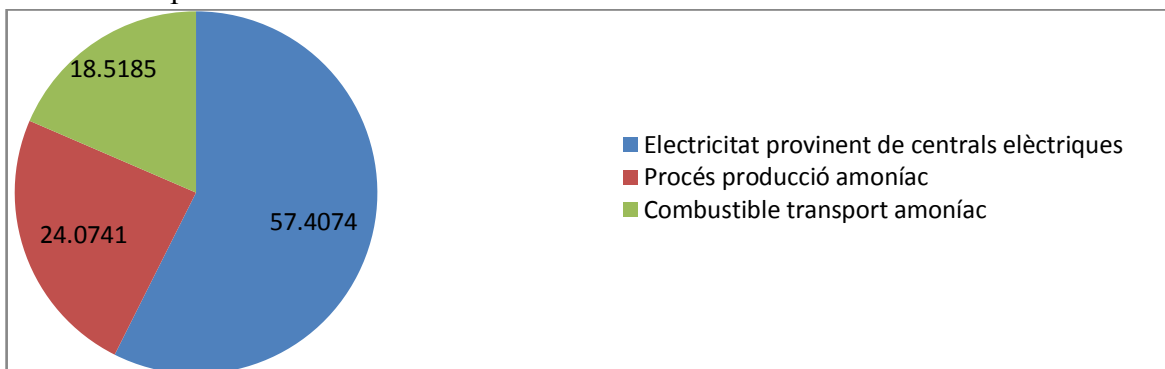


Figura 3.4 Desglossament del valor total d'ODP

No obstant, és important no perdre la perspectiva del valor total i remarcar que el valor total en kilograms de R11 equivalents és de $2.80 \cdot 10^{-10}$ (Taula 3.1), un nombre gairebé inexistent.

G.2.11.1.4.Abiotic depletion elements

En la Figura 3.5 es pot comprovar els percentatges dels productes i processos responsables del valor total d'ADP del procés de producció d'acid nítric. En destaca la producció d'amoníac, que com en el cas anterior, tot i que aquesta producció és externa, té un impacte. També té en comú amb el cas de la reducció de la capa d'ozó, el valor en comparació amb la unitat de referència és gairebé inexistent.

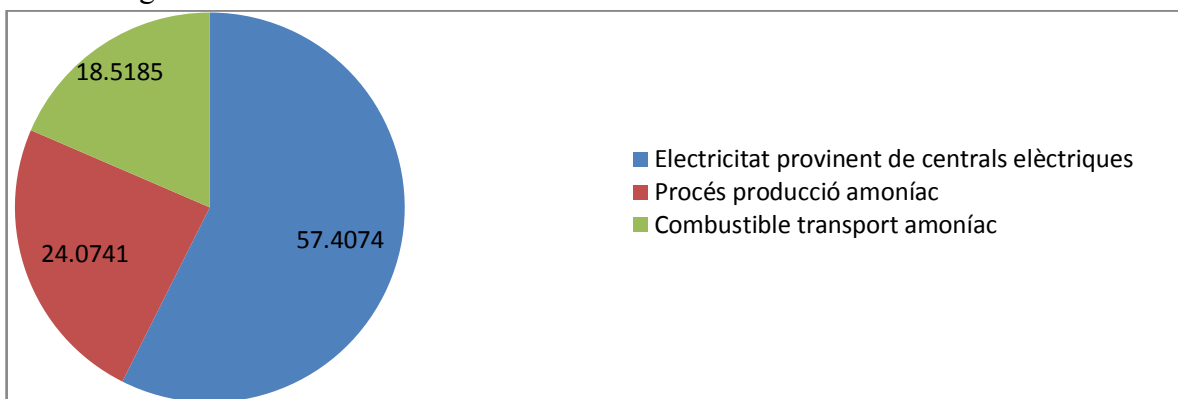


Figura 3.5 Desglossament del valor total d'ADP

G.2.11.1.5.Toxicitats

En aquest apartat s'analitza els diferents valors obtinguts en totes les categories d'impactes que fan referència a les toxicitats:

- *Human toxicity potential*
- *Marine aquatic ecotoxicity*
- *Terrestrial ecotoxicity potential*

S'ha decidit no analitzar la categoria *Freshwater aquatic ecotoxicity* tenint en compte que el programari GaBi no ha ofert cap valor per poder fer cap comparació amb la unitat de kilogram de producte de referència.

Dels valors finals obtinguts el que més crida l'atenció és la diferència entre kilograms equivalents de diclorobenzè d'una categoria d'impacte i una altra. És per això que en aquest cas, abans que fer un gràfic circular per veure quin pes té cada un dels productes pot ser més clarificador comparar els tres valors en una taula (Taula G.3) ja que la comparació en un gràfic provocaria que per exemple el *Terrestrial ecotoxicity potential* ni es veiés representat.

Taula G.3 Valors de les categories d'impacte que fan referència a la toxicitat

Categoria d'impacte	Unitat	Valor total
<i>Human toxicity potential</i>	kg DCB eq.	0.11
<i>Marine aquatic ecotoxicity potential</i>	kg DCB eq.	132
<i>Terrestrial ecotoxicity potential</i>	kg DCB eq.	$1.20 \cdot 10^{-3}$

Com s'aprecia a simple cop d'ull, l'impacte que té el MAETP és alarmantment superior a la resta. Com a possible motiu per explicar l'enorme diferència de valors en les categories és que l'amoníac arriba a la planta mitjançant vaixells de càrrega amb gran capacitat i que per conseqüència pesen moltes tones utilitzant fuel pesant amb un 1% en massa de sulfurs.

G.2.12. Valors ACV

La taula resum que es mostra a continuació (Taula 3.3) serveix per poder veure en un cop d'ull, sense entrar en impactes, els diferents resultats obtinguts del programari GaBi. Es valoren les entrades/sortides i s'agafa com a magnitud física la massa i els kilograms com a unitat.

Taula G.4 Valors ACV

Tipus de cabal	Valor
Productes dipositats	3.82
Emissions a l'aire atmosfèric	25.0
Emissions a <i>aigua dolça</i>	$3.06 \cdot 10^3$
Emissions a l'aigua marina	3.02
Emissions en sòl agrícola	-
Emissions en sòl industrial	$1.16 \cdot 10^{-5}$

El valor més alt, com es pot comprovar és el d'emissions en aigua dolça. Aquesta contaminació de l'aigua dolça consisteix principalment en aigües dels rius contaminades.

El principal origen d'aquestes emissions, com es pot comprovar en els gràfics de les categories d'impacte de l'apartat anterior, és el procés d'obtenció d'amoníac, el seu transport i l'energia elèctrica i tèrmica utilitzada ja que el procés d'obtenció d'àcid nítric per si sol només té com a emissió oxigen i nitrogen, ja que per exemple el 100% dels òxids de nitrogen, compostos susceptibles de ser perjudicials i que es formen en reaccions intermèdies, torna a reaccionar posteriorment per l'obtenció d'àcid nítric.

H. HAZOP

Paraula Guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Salvaguardas	Accions
Més	Nivell V-101	Parada bomba P-102	Possibilitat d'inundació V-101. Augment de la pressió per damunt de la de disseny i possible ruptura del dipòsit	- VC106 tancarà. - PSV4 obrirà	- Posar alarma nivell alt a LIT 106 - Dissenyar PSV4 per aquest cas
		Fallada LIT 106 (llegeix menys nivell del real)			
	Nivell V-102	Parada bomba P-104	Possibilitat d'inundació V-102. Augment de la pressió per damunt de la de disseny i possible ruptura del dipòsit		Posar alarma nivell alt a LIT 108
		Fallada controlador LIT 108 (llegeix menys nivell del real)			
	Nivell C-101	Fallada controlador LIT 200 (llegeix menys nivell del real)	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.	En cas que en menys de 20 minuts s'inundi la columna, el motor para el compressor K-102.	Posar alarma nivell alt LIT 200

		Fallada bomba P-106			
	Nivell C-102	Fallada controlador LIT 213	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.	En cas que en menys de 20 minuts s'inundi la columna, el motor para el compressor K-102.	Posar alarma nivell alt LIT 213
		Parada bomba P-105			
	Nivell T-101	Entrada contínua d'aigua acidulada	El tanc s'omple per complet. Possibilitat de ruptura catastròfica per sobrepressió.	-Vàlvula PVRV1 obrirà a 70 mbar de sobrepressió. - Tapa amb frontissa.	- Dissenyar PVRV per aquest cas. - Dissenyar tapa per aquest succés
	Nivell T-151	Entrada contínua d'amoníac	El tanc s'omple per complet. Possibilitat de ruptura catastròfica per sobrepressió.	- Vàlvula PSV26 obrirà.	Dissenyar PSV per aquest cas.

	Nivell C-201	Fallada controlador LIT 217 (llegeix menys nivell del real)	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.	VC223 tancarà	Posar alarma nivell alt LIT 217
	Nivell C-202	Fallada controlador LIT 214 (llegeix menys nivell del real)	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma nivell alt LIT 214
		Parada bomba P-203			
	Nivell C-203	Fallada controlador LIT 201 (llegeix menys nivell del real)	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.	VC200 tancarà	Posar alarma nivell alt LIT 201
		Parada bomba P-201			
	Nivell C-204	Fallada controlador LIT 218 (llegeix menor flux del real)	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.	VC217 tancarà	Posar alarma nivell alt LIT 218

		Parada bomba P-205			
Nivell C-205	Fallada controlador LIT 223 (llegeix menor flux del real)	Parada bomba P-206	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.	VC222 tancarà	Posar alarma nivell alt LIT 223
Nivell V-201	Fallada del controlador LIT 226 (llegeix menys nivell del real)	Parada bomba P-207	Possibilitat d'inundació V-101. Augment de la pressió per damunt de la de disseny i ruptura catastròfica de columna. Possibilitat d'explosió.	La vàlvula de seguretat PSV 18 obrirà per sobre de 3,5 bar	- Posar alarma nivell alt LIT 226 - Dissenyar PSV18 per aquest cas.
Nivell V-202	Fallada del controlador LIT 219 (llegeix menys nivell del real)		Possibilitat d'inundació V-202.		Posar alarma nivell alt LIT 219

	Nivell T-251	Entrada contínua d'àcid nítric dèbil.	El tanc s'omple per complet. Possibilitat de ruptura catastròfica per sobrepressió.	Vàlvula PVRV3 obrirà a 70 mbar de sobrepressió - Tapa amb frontissa	- Dissenyar PVRV per aquest cas. - Dissenyar tapa per aquest succés
	Nivell T-252	Entrada contínua d'àcid nítric concentrat.	El tanc s'omple per complet. Possibilitat de ruptura catastròfica per sobrepressió.	- Vàlvula PVRV4 obrirà a 70 mbar de sobrepressió - Tapa amb frontissa.	- Dissenyar PVRV per aquest cas. - Dissenyar tapa per aquest succés
Menys	Nivell V-101	Fallada del controlador LIT 106(Ilegeix més nivell del real)	Cavitació bomba centrífuga P-102 amb possible deteriorament de la tanca mecànica.		Posar alarma nivell baix LIT 106.

	Nivell V-102	Fallada del controlador LIT 108 (Ilegeix més nivell del real)	Cavitació bomba centrífuga P-104 amb possible deteriorament de la tanca mecànica.		Posar alarma nivell baix LIT 108.
	Nivell C-101	Fallada controlador LIT 200 (Ilegeix més nivell del real)	Possibilitat cavitació de P-106 amb deteriorament de tanca mecànica. Possibilitat de fuga de líquid a l'exterior amb possibilitat d'explosió.	Doble tanca mecànica o bomba encapsulada o bomba magnètica.	Posar alarma nivell baix LIT 200
	Nivell C-102	Fallada controlador LIT 213 (Ilegeix més nivell del real)	Possibilitat cavitació de P-105		Posar alarma nivell baix LIT 213

	Nivell T-151	Obertura vàlvula drenatge T-151	Sortida d'amoníac a l'exterior amb possibilitat d'explosió.		Procediment operatiu de no obrir drenatge
		Funcionament P-100 sense entrada d'amoníac	Possibilitat cavitació P-101	Tanca mecànica adequada	Posar alarma nivell baix LIT 113
	Nivell C-201	Fallada controlador LIT 217 (llegeix més nivell del real)			Posar alarma nivell baix LIT 217
	Nivell C-202	Fallada controlador LIT 214 (llegeix més nivell del real)	Possibilitat cavitació de P-203 amb deteriorament de tanca mecànica. Possibilitat de fuga de líquid a l'exterior amb possibilitat d'explosió.	Doble tanca mecànica o bomba encapsulada o bomba magnètica.	Posar alarma nivell baix LIT 214

	Nivell C-203	Fallada controlador LIT 201 (llegeix més nivell del real)	Possibilitat cavitació de P-201 amb deteriorament de tanca mecànica. Possibilitat de fuga de líquid a l'exterior amb possibilitat d'explosió.	Doble tanca mecànica o bomba encapsulada o bomba magnètica.	Posar alarma nivell baix LIT 201.
	Nivell C-204	Fallada controlador LIT 218 (llegeix més nivell del real)	Possibilitat cavitació de P-205 amb deteriorament de tanca mecànica. Possibilitat de fuga de líquid a l'exterior amb possibilitat d'explosió.	Doble tanca mecànica o bomba encapsulada o bomba magnètica.	Posar alarma nivell baix LIT 218

	Nivell C-205	Fallada controlador LIT 223 (llegeix més nivell del real)	<p>La ratio de recirculació del reboiler E-204 disminueix, amb la qual cosa hi haurà més lleugers en el fons.</p> <p>Possibilitat de cavitació de P-206 amb deteriorament de la tanca mecànica.</p> <p>Possibilitat de fuga de líquid a l'exterior amb possibilitat d'explosió.</p>	<p>La temperatura de fons disminuirà per la qual cosa VC214 obrirà amb possibilitat de goteig en els plats.</p>	Posar alarma de nivell baix LIT 223
--	--------------	--	---	---	-------------------------------------

	Nivell V-201	Fallada controlador LIT 226 (Ilegeix més nivell del real)	Cavitació bomba centrífuga P-207 amb possible deteriorament de la tanca mecànica amb fuga de producte a l'exterior. Possibilitat d'explosió.	Doble tanca mecànica o bomba encapsulada o bomba magnètica.	Posar alarma de nivell baix LIT 226
	Nivell V-202	Fallada controlador LIT 219 (Ilegeix més nivell del real)			Posar alarma de nivell baix LIT 219
No	Flux alimentació d'acid nítric 58% a cap de columna C-101	Fallada (tancament) VC201	Inestabilitat de la columna amb possibilitat de conicitat (coning) en els plats. No es produeix la reacció. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma cabal baix a FIT1

	Flux alimentació aigua àcida a cap de columna C-102	Fallada (tancament) VC108	Inestabilitat de la columna amb possibilitat de conicitat (coning) en els plats. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma cabal baix FIT2
	Flux alimentació aire a fons de columna C-102	Fallada (tancament) VC240	No s'extreuen els gasos NOx del corrent principal. Inestabilitat de la columna amb possibilitat de goteig en els plats. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma cabal baix FIT3

	Flux alimentació gasos de procés a fons de columna C-201	Fallada (tancament) VC216	No es produeix la reacció. Inestabilitat de la columna amb possibilitat de goteig en els plats. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma cabal baix FIT4
	Flux alimentació d'acid nítric 70% a cap de columna C-201	Fallada (tancament) VC223	No es produeix la reacció. Inestabilitat de la columna amb possibilitat de conicitat (coning) en els plats. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma cabal baix FIT5

	Flux alimentació aire a fons de columna C-202	Fallada (tancament) VC242	No s'extreuen els gasos NOx del corrent principal. Inestabilitat de la columna amb possibilitat de goteig en els plats. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma cabal baix FIT6
	Flux alimentació d'àcid nítric 25% a cap de columna C-203	Fallada (tancament) VC200	La veocitat de reacció augmenta amb la possibilitat d'augmentar lleugerament la temperatura. Inestabilitat de la columna amb possibilitat de conicitat (coning) en els plats. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma cabal baix FIT7

	Flux alimentació àcid nítric 80% a cap de columna C-204	Fallada (tancament) VC217	Inestabilitat de la columna amb possibilitat de conicitat (coning) en els plats. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma cabal baix FIT8
	Flux alimentació aire a fons de columna C-204	Fallada (tancament) VC242	No s'extreuen els gasos NOx del corrent principal. Inestabilitat de la columna amb possibilitat de goteig en els plats. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma cabal baix FIT9

	Flux alimentació C-205	Fallada (tancament) VC222	Inestabilitat de la columna amb possibilitat de conicitat (coning) en els plats. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma cabal baix FIT10
	Flux d'entrada a V-101	Fallada (tancament) VC106	No refrigeració del bescanviador E-103. No conseqüències de seguretat.		Posar alarma de cabal baix FIT11
	Flux d'entrada a V-102	Fallada (tancament) VC 100	No entrada de matèries primeres. No es produeixen les reaccions principals. No conseqüències de seguretat.		Posar alarma de baix cabal FIT12
		Parada de la bomba P-101			
		Fallada (tancament) VC 102			

		Parada del compressor K-101			
	Flux en V-202	Parada del compressor K-201	<p>No entrada d'aire a les columnes C-102, C-202 i C-204. No extracció dels gasos NOx dels corrents a tractar.</p> <p>Sense conseqüències de seguretat.</p>		Posar alarma de cabal baix FIT14
Més	Flux alimentació àcid nítric 58% cap de columna C-101	Fallada VC201 obre completament	<p>Inundació de la columna.</p> <p>Sense conseqüències de seguretat.</p>		Posar alarma nivell alt LIT200

	Flux alimentació aigua àcida a cap de columna C-102	Fallada VC108 obre completament	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma nivell alt LIT213
	Flux alimentació d'aire a fons de columna C-102	Fallada VC240 obre completament	Possible augment de la pressió en C-102 però no per sobre de la de disseny. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma de cabal alt FIT15

	Flux alimentació gasos de procés a fons de C-201	Fallada VC216 obre completament	Possible augment de la pressió en C-201. Sense conseqüències de seguretat.	Vàlvula VC220 obre	Posar alarma de pressió alta a C-201
	Flux alimentació d'acid nítric 70% a cap de C-201	Fallada VC223 obre completament	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma nivell alt a LIT217
	Flux alimentació d'aire a fons de columna C-202	Fallada VC242 obre completament	Possible augment de la pressió en C-202 però no per sobre de la de disseny. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma de cabal alt FIT16

	Flux alimentació àcid nítric 25% a C-203	Fallada VC200 obre completament	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma nivell alt a LIT201
	Flux alimentació C-204	Fallada VC217 obre completament	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma nivell baix LIT218
	Flux alimentació d'aire a fons de columna C-204	Fallada VC242 obre completament	Possible augment de la pressió en C-204 però no per sobre de la de disseny. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma de cabal alt FIT17

	Flux alimentació C-205	Fallada VC222 obre completament	Inundació de la columna. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma de nivell alt LIT 223
	Flux en V-101	Fallada VC106 obre completament	Possible augment de la pressió.	PSV4	Dissenyar PSV per aquest cas
	Flux en V-202	Fallada dels mesuradors de flux FIT240, 241 i 242, marquen menys flux del real i el compressor K-201 comprimeix més aire	Possible augment de la pressió, no per sobre de la de disseny. Sense conseqüències de seguretat.		

Invers	Flux invers	Parada K-102 A/B	Pèrdua d'integritat mecànica del compressor per bombeig i sortida de producte a l'exterior.	Sistema propi de recirculació	
Més	Més pressió en C-203	V220 tanca totalment	Augment de la pressió per sobre de la pressió de disseny, possibilitat d'explosió de C-203. Bombeig del K-102 A/B, pèrdua d'integritat mecànica del compressor i sortida de producte a l'exterior.	PSV 5 obre. Parada del compressor en zona de bombeig.	Dissenyar PSV per aquest cas

	Més pressió en C-205	Ruptura tubs E-204	Entrada de producte de 5 barg a C-205 amb possibilitat de ruptura catastròfica.	PSV18 obra a 3,5 barg.	Dissenyar PSV per aquest cas
		Fallada (tancament) vàlvula VC (aigua ref E203)	Augment de la pressió amb possible ruptura catastròfica de la columna.		
		Parada K-202	Es trenca el buit i augmenta la pressió. Possible ruptura catastròfica de la columna.		
	Més pressió en V-101	VC104 tanca totalment	Augment de la pressió per sobre de la de disseny amb possibilitat d'explosió de V-101	PSV 4 obra a X barg.	Dissenyar PSV per aquest cas

	Més pressió en V-201	VXXX tanca totalment	Augment de la pressió per sobre de la de disseny i possible ruptura catastròfica.	PSV XXX obra a 3,5 barg.	Dissenyar PSV per aquest cas
		Parada P-207	Inundació del V-201 i del E-103, amb la qual cosa els gasos de destil·lat no es condensen. Augment de la pressió per sobre de la de disseny i possible ruptura catastròfica		
	Més pressió en V-202	VXXX tanca totalment	Augment de la pressió però no per sobre de la de disseny. Sense conseqüències de seguretat.	VC 220 tanca	

Menys	Menys pressió en C-201	- VCXXX obre totalment - PIT XX marca més pressió de la real	Disminueix la velocitat de reacció. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma de baixa pressió a C-203.
	Més pressió en C-203	- VCXXX obre totalment - PIT XX marca més pressió de la real	Disminueix la velocitat de reacció. Sense conseqüències de seguretat.		Posar alarma de baixa pressió a C-203.
	Menys pressió en C-205	VXXX tanca totalment	No es produeix vapor en el <i>reboiler</i> E-204 amb possible inestabilitat de la columna. No conseqüències de seguretat.		

	Menys pressió en T-101	Pluja sobtada amb parets exposades al sol.	Col·lapse del tanc amb sortida de producte a l'exterior.	Vàlvula de sobrepressió-buit a -7mbar	Dissenyar vàlvula per aquest cas.
	Menys pressió en T-251	Pluja sobtada amb parets exposades al sol.	Col·lapse del tanc amb sortida de producte a l'exterior.	Vàlvula de sobrepressió-buit a -7mbar	Dissenyar vàlvula per aquest cas.
	Menys pressió en T-252	Pluja sobtada amb parets exposades al sol.	Col·lapse del tanc amb sortida de producte a l'exterior.	Vàlvula de sobrepressió-buit a -7mbar	Dissenyar vàlvula per aquest cas.
Més	Més temperatura en C-101, C-102, C-201, C-202, C-203, C204	No és rellevant			

	Més temperatura en C-205	VC steam obre completament	(veure més pressió en C-205)		
	Més temperatura en E-104	Tanca VXXX entrada d'aigua de refrigeració	Augment de la temperatura de l'aigua de refrigeració que entra per la carcassa i canvi d'estat a gas. Possibilitat d'explosió en el costat de la carcassa.	PSV XXX obra	Dissenyar PSV per aquest cas

	Més temperatura en E-106	Tanca VXXX entrada d'aigua de refrigeració	Augment de la temperatura de l'aigua de refrigeració que entra per la carcassa i canvi d'estat a gas. Possibilitat d'explosió en el costat de la carcassa.	PSV 1 obra	Dissenyar PSV per aquest cas
	Més temperatura en E-201	Tanca VXXX entrada d'aigua de refrigeració	Augment de la temperatura de l'aigua de refrigeració que entra per la carcassa i canvi d'estat a gas. Possibilitat d'explosió en el costat de la carcassa.	PSV 12 obra	Dissenyar PSV per aquest cas

	Més temperatura en E-203	Tanca VXXX entrada d'aigua de refrigeració	Augment de la temperatura de l'aigua de refrigeració que entra per la carcassa i canvi d'estat a gas. Possibilitat d'explosió en el costat de la carcassa.	PSV 19 obra	Dissenyar PSV per aquest cas
Menys	Temperatura en C-205	Veure fallada de vapor d'aigua en E204			
	Més temperatura en E-104	Obre completament VXXX entrada d'aigua de refrigeració	No conseqüències de seguretat.		

	Menys temperatura en E-106	Obre completament VXXX entrada d'aigua de refrigeració	No conseqüències de seguretat.		
	Menys temperatura en E-201	Obre completament VXXX entrada d'aigua de refrigeració	No conseqüències de seguretat.		
	Menys temperatura en E-203	Obre completament VXXX entrada d'aigua de refrigeració	No conseqüències de seguretat.		
No	No <i>utilities</i>	Fallada d'energia elèctrica	Parada bomba P-101	No alimentació d'amoníac al reactor. No es produeixen les reaccions principals.	

			Parada bomba P-102	Augment del nivell de V-101 i no refrigeració de E-103.	Veure més nivell de V-101.
			Parada bomba P-103	No alimentació d'aigua desmineralitzada a V-101. No refrigeració de E-103.	Veure no flux alimentació a V-101.
			Parada bomba P-104	Augment del nivell de V-102 i no alimentació a la columna C-102.	Veure més nivell a V-102 i no flux alimentació cap de columna C-102.
			Parada bomba P-105	Augment del nivell de la columna C-102 i no flux alimentació a T-101.	Veure més nivell en C-102 i no flux alimentació a T-101.

			Parada bomba P-106	Augment del nivell de la columna C-101 i no flux d'alimentació a cap de columna C-203.	Veure més nivell de la columna C-101 i no flux d'alimentació a cap de columna C-203.
			Parada bomba P-201	Possibles dificultats en la posada en marxa de la planta. Sense conseqüències de seguretat.	
			Parada bomba P-202	No entrada d'aigua acidulada a C-203. Sense conseqüències de seguretat.	

			Parada bomba P-203	Augment del nivell en C-203 i no flux d'alimentació a T-251.	Veure més nivell en C-203 i no flux d'alimentació a T-251.
			Parada bomba P-205	Augment del nivell en C-204 i no flux d'alimentació a C-205.	Veure més nivell en C-204 i no flux d'alimentació a C-205.
			Parada bomba P-206	Augment del nivell en C-205 i no flux d'alimentació a cap de columna C-201.	Veure més nivell en C-205 i no flux d'alimentació a cap de columna C-201.

			Parada bomba P-207	Inundació de V-201 i E-203 amb augment de la pressió en la columna C-205.	Veure més nivell en V-201 i més pressió en C-205.
				No reflux en la columna C-205 i no flux d'alimentació a T-252.	
			Parada compressor K-101	No alimentació d'aire al reactor, no es produexien les reaccions principals. No conseqüències de seguretat.	

			Parada compressor K-102 A/B	No s'assoleix la pressió en les columnes C-201 i C-203. Producte fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.	
			Parada compressor K-201	No alimentació d'aire a les columnes C-102, C-202 i C-204.	Veure no flux d'alimentació d'aire a C-102, C-202 i C-204.
			Parada bomba de buit K-202	Veure més pressió a C-205.	

		Fallada d'aigua de refrigeració	No alimentació d'aigua als bescanviadors E-104, E-106, E-201, E-203, E-206.	Veure més temperatura E-104, E-106, E-201, E-203, E-206.	Dissenyar PSV per expansió tèrmica
		Fallada vapor d'aigua	No alimentació de vapor a E-101	No s'assoleix la temperatura desitjada. No conseqüències de seguretat.	
			No alimentació de vapor a E-204	Veure menys pressió en C-205. No conseqüències de seguretat.	
		Fallada aire d'instrumentació	Posar quins obren i quins tanquen.	VC110	Tanca
				VC100	Tanca

				VC102	Tanca
				VC104	Obre
				VC106	Tanca
				VC107	Obre
				VC108	Obre
				VC103	Obre
				VC202	Tanca
				VC201	Tanca
				VC200	Obre

				VC204	Tanca
				VC208	Tanca
				VC213	Obre
				VC214	Obre
				VC215	Obre
				VC216	Obre
				VC217	Obre
				VC218	Obre
				VC220	Obre

				VC221	Obre
				VC240	Tanca
				VC241	Tanca
				VC242	Tanca
				VC219	Obre
				VC222	Obre
				VC223	Obre
				VC225	Obre
				VC226	Obre

				VC228	Obre
				VC229	Obre
				VC231	Tanca
				VC243	Tanca
				VC244	Obre

H.TAULES DE MANTENIMENT

A continuació es mostren les taules de manteniment detallades en les que s'explicita sobre cada tipus d'equip quin pla de manteniment s'hi segueix:

Taula H.1. Taules del manteniment de la planta

Equip: Refredador de gasos E-102											
Criticitat											
Element	Mode	Causa	Efecte	D	F	C	S	Tot	Tasca	Freqüència	Cost
Carcassa	Pèrdua espessor	Corrosió sota aïllament	Fuga aigua exterior	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
		Corrosió per picadura	Fuga aigua exterior	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
Tubuladures costat aigua	Fallada junta	Error humà en muntatge	Fuga aigua exterior	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		

		Material deteriorat	Fuga aigua exterior	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
Feix tubular	Pèrdua espessor	Corrosió sota dipòsit	Fuga aigua al HNO ₃	2	3	6	1	36	Control qualitat aigua	Setmanal	2.000
									Mesurar espessors residuals	Semestral	500
		Corrosió generalitzada	Fuga aigua al HNO ₃	2	3	6	1	36	Mesurar espessors residuals	Semestral	500
Capçal superior	Pèrdua espessor	Corrosió per HNO ₃	Fuga HNO ₃ exterior	2	2	2	3	24	Mesurar espessors residuals	Semestral	500

Con inferior	Pèrdua espessor	Corrosió per HNO ₃ diluït	Fuga HNO ₃ exterior	2	4	2	3	48	Substituir material del con inferior	Quan procedeixi	10.000
Tubuladures HNO ₃	Fallada en la junta	Error humà en el muntatge	Fuga aigua exterior	1	2	2	3	12	Inspecció de muntatge (supervisió)	Quan procedeixi	-
		Deteriorament material junta	Fuga aigua exterior	1	2	2	3	12	Inspecció visual	Bimensual	-

Taula H.2 Taula d'anàlisi de fallades funcionals

Equip: Bomba alimentació aigua a V-101					Sistema:							
Criticitat												
Element	Mode	Causa	Efecte	D	F	C	S	T	Tasca	Freqüència	Cost	
Motor	Avaria del motor	Corrosió sota aïllament	No hi ha bombeig, pel que es frena la producció.	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu			
		Corrosió per picadura		1	2	2	1	4	Manteniment correctiu			
	El variador es queda sense oli	Fuga d'oli										
		Fallada en el bombeig de lubricant		1	2	2	3	12	Engreix del motor	Setmanal	100	

	Gripatge	Mal muntatge		1	2	2	3	12	Monitorització de vibracions	Mensual	500
Sistema mesura de demanda	Desgast impulsors	Poc manteniment	Caudal incorrecte cap a V-101	1	2	2	3	12	Monitorització de vibracions	Mensual	500
	Mal funcionament sistema mesura de demanda	Error humà en muntatge	Parada parcial de la producció	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
		Material deteriorat		1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
Salta el tèrmic	Mal calibratge	Errada humana	Fuga a l'exterior	1	2	2	2	8	Monitorització de vibracions	Mensual	500
	Bobinatge cremat	Poc manteniment	No hi ha bombeig, pel que es frena la producció.	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		

	Motor escalfat	Fallada del ventilador	Augment de la temperatura fins parada bomba	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
Soroll excessiu	Eix doblegat	Poc manteniment	Pèrdua de capacitat de bombeig	1	2	2	2	8	Monitorització de vibracions	Mensual	500
	Rodaments en mal estat	Mala lubricació, rodaments secs		1	2	2	2	8			
	Fregaments entre rotor i estator	Es provoca fregaments amb el ventilador		1	2	2	2	8			

Taula H.3. Taula d'anàlisi de fallades funcionals

Equip: Compressor K-201					Sistema:							
Criticitat												
Element	Mode	Causa	Efecte	D	F	C	S	T	Tasca	Freqüència	Cost	
Compressor	Retorn de líquid	Rescalfament del gas	Ruptura mecànica	1	2	2	3	12	Lubricar parts mòbils	Bisetmanal	150	
	Arrancada inundada	El refrigerant líquid migra del sistema	Condensació de l'oli refrigerant	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu			

	Cop de líquid	Entra massa refrigerant líquid al compressor	El líquid es barreja amb l'oli lubricant i es forma escuma que provoca que ni líquid ni oli facin la seva funció.	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
	No lubricació	Falta de lubricant en alguna àrea	Reducció de la viscositat del lubricant amb pèrdua de característiques. Danys estructurals.	1	2	2	2	8	Lubricar parts mòbils	Bisetmanal	150

	Alta temperatura	Rescalfament de superfície de les bancades	Desgast intens, adherència de les parts i carbonització de l'oli	1	2	2	2	8	Termografia	Mensual	300
	Problema elèctric	Fallada d'alguna de les tres fases	Subtensió, i problemes de comandament elèctric	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		

Taula H.4. Taula d'anàlisi de fallades funcionals

Equip: Tanc aigua acidulada T-101					Sistema:						
Criticitat											
Element	Mode	Causa	Efecte	D	F	C	S	T	Tasca	Freqüència	Cost
Canonada	Canonada obstruïda	Acumulació de residu	No arriba fluid al tanc	1	1	1	1	1	Manteniment correctiu		
	Canonada foradada	Corrosió sota aïllament	Fuga aigua acidulada exterior	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
Paret	Pèrdua espessor	Corrosió per HNO ₃	Fuga HNO ₃ exterior	2	2	2	3	24	Mesurar espessors residuals	Semestral	500

Vàlvula drenatge	Vàlvula en mal estat	Desgast	Sense drenatge a les canonades en quan es talla la pressió	1	2	2	2	8	Tarar les vàlvules dels equips	Anual	200
Sistema de control	Mal funcionament	Mal calibratge	Es llegeixen nivells que no són els reals	1	2	2	1	4	Calibració d'instrument de mesura de procés	Anual	100

Taula H.5. Taula d'anàlisi de fallades funcionals

Equip: Columna de destil·lació C-205						Sistema:					
Criticitat											
Element	Mode	Causa	Efecte	D	F	C	S	T	Tasca	Freqüència	Cost
Carcassa	Pèrdua espessor	Corrosió sota aïllament	Fuga HNO ₃ exterior	2	2	2	3	24	Mesurar espessors residuals	Semestral	500
		Corrosió per picadura	Fuga HNO ₃ exterior	2	2	2	3	24	Mesurar espessors residuals	Semestral	500
		Corrosió per HNO ₃	Fuga HNO ₃ exterior	2	2	2	3	24	Mesurar espessors residuals	Semestral	500

Part superior	Pèrdua espessor	Corrosió per HNO ₃	Fuga HNO ₃ exterior	2	2	2	3	24	Mesurar espessors residuals	Semestral	500
Part inferior	Pèrdua espessor	Corrosió per HNO ₃	Fuga HNO ₃ exterior	2	2	2	3	24	Mesurar espessors residuals	Semestral	500
Circuit de vapor	Pèrdua de buit	Sobreescalfament	Augment de temperatura	1	2	2	1	4	Manteniment correctiu		
Columna	Problemes hidràulics	Sobrepessió	Contaminació de producte i explosió de columna	1	2	2	4	16	Prova hidràulica	Annual	3.000

I. ANÀLISI ECONÒMIC

I.1. Constants de Bare Mòdul

Com s'ha pogut veure en l'apartat d'avaluació econòmica de l'informe, per tal de poder portar a terme una estimació precisa dels costos dels equips de la planta, és necessari utilitzar paràmetres bibliogràfics. En la Taula I.1. figuren les constants B_1 i B_2 que s'utilitzen en l'equació de l'informe principal.

Taula I.1 Constants de *Bare Mòdul*

Equip	Descripció	B_1	B_2
Bescanviadors	Axial	2.29	1.36
Bombes	Centrífuga	3.3892	0.0536
Tancs	API – Paret Fixa	4.85	-0.397
Columna	Vertical	3.50	0.448
Flash	Tanc encamisat	3.87	0.333
Reactor	Encamisat no agitat	3.35	-0.276

I.2. Constants dels costos dels equips

En la Taula I.2. es detallen les constants K_1 , K_2 i K_3 emprades en l'equació de l'informe d'avaluació econòmica. Aquestes constants serviran per poder procedir al càlcul del cost base dels equips que posteriorment, com no pot ser d'altra manera, serà utilitzat el valor obtingut en l'equació (I.1) de l'informe d'avaluació econòmica per tal d'estimar el cost total de la planta, és a dir, en altres paraules, la coneguda com a inversió de capital fix.

Taula I.2 Constants dels costos dels equips

Equip	Descripció	K_1	K_2	K_3
Compressors	Axial	2.29	1.36	-0.103
Bombes	Centrífuga	3.3892	0.0536	0.1538
Tancs	API – Paret Fixa	4.85	-0.397	0.144

Columna	Vertical	3.50	0.448	0.107
Flash	Tanc encamisat	3.87	0.333	0.190
Reactor	Encamisat no agitat	3.35	-0.276	0.002

I.3. Constants pel càlcul del factor de pressió

Taula I.3. Constants per el càlcul del factor de pressió

Equip	C1	C2	C3
Bescanviador	0.607	-0.912	0.333
Bombes	-0.393	0.396	-0.003
Flash	-0.167	0.134	0.151

No apareixen més constants de la resta d'equipament de la planta perquè, o bé es suposa segons la bibliografia un factor de pressió (F_p) igual a 1 o bé s'ha calculat el cost mitjançant un altre mètode.

I.4. Constants pel càlcul del factor material

El factor de material s'ha calculat per a cada equip a partir dels gràfics de l'Annex A.7 del llibre Turton. En la següent Taula I.4 es mostra els valors concrets de les constants.

Taula I.4 Constants per el càlcul de F_{BM}

Equip	FM	B1	B2	FBM
Bescanviador	1.00	1.74	1.55	3.34
Compressor	1.00	1.74	1.55	3.29
Bombes	1.55	1.89	1.35	4.13
Tancs	-	-	-	8.00

Columna	-	-	-	8.83
Flash	-	-	-	4.80
Reactor	-	-	-	4.00