

Disseny bàsic del sistema de destil·lació d'una planta de producció de fenol

COLUMNA DE DISTRIBUCIÓ
T-201

LMMO Solutions S.L.

Identificació:
1515

Tutor:
José Antonio Borque
Integrants de l'equip:
Hocemedine Lakchouch
Iván Moldes
Carlos Murias
Francisco Ortiz
18/06/2015

INDEX

1.	INTRODUCCIÓ	8
2.	ABAST DEL PROJECTE	11
3.	DEFINICIÓ I DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE.....	12
3.1.	Antecedents	12
3.2.	Definició.....	12
3.3.	Diagrama de blocs.....	13
3.4.	Descripció	15
3.4.1.	Columna de acetona T-101	15
3.4.2.	Columna de distribució T-201	15
3.4.3.	Columna de cumè T-301.....	15
3.4.4.	Columna de fenol T-401	16
4.	DIAGRAMA DE GANTT.....	16
5.	DISTRIBUCIÓ DEL PROJECTE	18
6.	DEMANDES DEL CLIENT	20
7.	ESTUDI D'ALTERNATIVES	20
7.1.	Alternatives	20
7.1.1.	Alternativa 1: Seqüència de separació del Procés de Hock	20
7.1.2.	Alternativa 2: Seqüència de separació proposada per <i>LMMO Solutions S.L.</i>	22
7.2.	Alternativa seleccionada	23
8.	ESPECIFICACIONS DE L'ALIMENTACIÓ	23
8.1.	Alimentació a la columna de acetona T-101.....	23
8.2.	Alimentació a la columna de distribució T-201	24
8.3.	Alimentació a la columna de cumè T-301	24
8.4.	Alimentació a la columna de fenol T-401.....	25

9.	ESPECIFICACIÓ DELS PRODUCTES.....	25
9.1.	Especificació del sistema de destil·lació.....	25
10.	TEMPS D'OPERACIÓ I FACTOR DE SERVEI.....	26
11.	NORMES DE DISSENY.....	26
12.	SERVEIS DISPONIBLES.....	28
13.	PREU DE LES ENERGIES	29
13.1.1.	Preu de les matèries primeres.....	29
13.1.2.	Preu dels productes	29
14.	DADES DE L'EMPLAÇAMENT.....	30
14.1.	Introducció.....	30
14.2.	Estudi de mercat	30
14.3.	Estudi d'alternatives de la ubicació de la planta	31
14.4.	Conclusions	33
15.	PROCESS FLOW DIAGRAM (PFD).....	35
15.1.	Simbologia PFD	35
15.2.	PFD.....	37
16.	PLOT PLANT.....	39
17.	SIMBOLOGIA	41
18.	DISSENY BÀSIC.....	44
18.1.	Dimensionament de les canonades.....	44
18.2.	Control de la columna de distribució T-201.....	44
18.2.1.	P&ID + CONTROL	44
	Llistat de línies.....	46
	Llistat d'equips	47
	Llistat d'instrumentació	48
18.2.2.	Introducció	49

18.2.3.	Control del P&ID 2000: columna de distribució T-201.....	49
18.2.4.	Dimensionament de les vàlvules controladores	50
18.3.	Disseny d'equips	51
18.3.1.	Columna de distribució T-201	51
18.3.2.	<i>Reboiler</i> E-201	52
18.3.3.	Condensador C-201.....	53
18.3.4.	Dipòsit acumulador de condensat V-201	54
18.3.5.	Bomba P-201 A/B	55
18.3.6.	Bomba P-202 A/B	55
19.	FULLS D'ESPECIFICACIÓ	57
19.1.	Columna de distribució i equips associats	57
20.	ASPECTES AMBIENTALS AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS	66
20.1.	Identificació i avaluació de les emissions a l'aire, aigua i sòl	66
20.1.1.	Emissions atmosfèriques	66
20.1.2.	Emissions líquides	66
20.1.3.	Emissions sòlides	67
20.2.	Identificació i avaluació dels residus sòlids produïts	67
20.3.	Millors tècniques disponibles	69
21.	HAZOP COLUMNNA T-201	71
22.	CONTROL DEL SISTEMA DE DESTIL·LACIÓ	79
22.1.	Control de la planta	79
22.2.	Anàlisi de conflictes de l'estratègia de control	79
23.	PROTECCIÓ D'EQUIPS A SOBREPRESSIÓ	79
24.	ESTUDI ECONÒMIC	82
24.1.	Pressupost d'execució del projecte.....	82
24.2.	Compte de resultats	84

24.3.	Avaluació global de la inversió	84
25.	BIBLIOGRAFIA	87
•	Chemical Process Engineering: Design And Economics. Harry Silla.....	87
26.	DISSENY DE CANONADES.....	89
26.1.	Criteris per al dimensionament de les canonades	89
26.2.	Dimensionament.....	89
26.3.	Material.....	89
26.4.	Schedule	90
27.	DIMENSIONAMENT DE LES VÀLVULES CONTROLADORES	90
28.	CRITERI DE DISSENY DE LES COLUMNES	90
29.	CRITERI DE DIMENSIONAMENT DE LES COLUMNES	91
29.1.	Criteris de selecció	91
29.2.	Dimensionament dels plats.....	91
29.3.	Conclusions	92
30.	CRITERI DE DISSENY DELS <i>REBOILERS</i>	93
30.1.	<i>Reboiler</i> E-201.....	93
31.	CRITERI DE DISSENY DELS CONDENSADORS	93
32.	CRITERI DE DISSENY DEL DIPÒSIT ACUMULADOR DE CONDENSAT	94

NOMENCLATURA

Símbol	Descripció	Unitats
T_{OP}	Temperatura d'operació	° C
P_{OP}	Pressió d'operació	bar
P_{IN}	Pressió d'entrada	bar
P_{OUT}	Pressió de sortida	bar
P_D	Pressió de disseny	barg
FT	Transmissor de flux	-
PT	Transmissor de pressió	-
TT	Transmissor de temperatura	-
LT	Transmissor de nivell	-
PDI	Indicador de pressió diferencial	-
P_1	Pressió a l'aspiració	bar
ΔP	Caiguda de pressió	bar
C_v	Relació de la vàlvula en funció del grau d'obertura	-
Z_1	Altura inicial del fluid	m
Z_2	Altura final del fluid	m
$NPSH_d$	<i>Net Positive Suction Head</i>	m
H	Pèrdues per fricció	m

Q	Cabal volumètric	m^3/h
P	Potència	kW

INTRODUCCIÓ

1. **INTRODUCCIÓ**

El projecte es titula *Disseny bàsic del sistema de destil·lació d'una planta de producció de fenol*. El número localitzador del projecte és 1515. Aquest projecte té com a principal objectiu el disseny d'un tren de destil·lació format per 4 torres, amb els seus equips associats, per tal d'obtenir 289.000 T/any de fenol amb una puresa superior al 99%.

En aquest projecte de nou emplaçament, s'ha determinat la localització de la planta i estimat els preus de compra i operació dels equips necessaris per al sistema de destil·lació. També s'ha portat a terme l'enginyeria bàsica de disseny, amb els corresponents estudis ambientals, econòmics i de seguretat.

A més, es dóna una visió detallada del projecte i dels seus límits a través dels diferents plànols.

AGRAÏMENTS

Volem donar les gràcies als professors de la ETSEQ i de la Facultat de Química per l'atenció rebuda, pels dubtes que ens han resolt i per la seva disposició i paciència.

També donar les gràcies als nostres familiars per “aguantar-nos” durant els caps de setmana en els que ens hem reunit a casa.

I remarcar la paciència de tots els integrants, sense la qual no hagués estat possible aquest projecte.

ETAPA PRELIMINAR

2. ABAST DEL PROJECTE

Taula 2.1. Identificació i dades del projecte.

ID del projecte	1515
Empresa	<i>Technip Iberia S.A.</i>
Tutor de l'empresa	José Antonio Borque
Coordinador	Jordi Gavalda
Títol del projecte	Disseny bàsic del sistema de destil·lació d'una planta de producció de fenol

L'equip de *LMMO Solutions S.L.* està format per quatre integrants, on cadascú té definit un rol dins l'equip, i en conseqüència un camp de tasques i responsabilitats, tal i com es mostra en la taula 2.2.

Taula 2.2. Assignació de rols.

Integrant	Responsabilitat
Hocemedine Lakchouch	Responsable d'Enginyeria
Iván Moldes	Responsable de Procés
Carlos Murias	Responsable de Projecte
Francisco Ortiz	Responsable de Planta

L'objectiu principal del projecte és el disseny d'un sistema de destil·lació d'una planta de producció de fenol que utilitza el procés de *Hock*. La planta en qüestió es troba situada a Tarragona, i té una capacitat anual de 289.000 tones de fenol, amb una puresa comercial superior al 99%.

L'abast del projecte inclou el disseny i dimensionament de les columnes i dels seus equips associats: *reboiler*, condensador, bombes de reflux i fons, dipòsit acumulador de condensat i canonades. També s'inclouen els plànols, una avaluació econòmica, l'estratègia de control i instrumentació i l'informe de seguretat.

En el document present s'exclouen els resultats, els P&ID's, l'estratègia de control i instrumentació i l'informe de seguretat, de tots els equips que es troben fora del tren de destil·lació.

Després de realitzar un estudi d'alternatives es decideix escollir la configuració del sistema de destil·lació que compleixi els requeriments del client amb el cost més baix.

El benefici del projecte suposa l'estalvi en el cost del sistema de destil·lació, tant en el cost dels materials com en el cost energètic que s'ha de subministrar en l'operació del sistema de destil·lació.

La inversió inicial del projecte és de 70,8 MM€ i es recupera en un període de 11 anys. El valor actual net (VAN) als 11 anys de la implementació ascendeix a 399,8 MM€ amb una taxa interna de retorn (TIR) màxima de 11% per a un règim d'operació de 8000 hores.

3. **DEFINICIÓ I DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE**

3.1. **Antecedents**

Inicialment, el procés de *Hock* per l'obtenció del fenol, té una zona de reacció amb principalment dos reactors i una columna. Al primer reactor s'efectua l'oxidació del cumè (isopropilbenzè) amb aire per obtenir l'HPC (hidroperòxid de cumè). El corrent de sortida s'envia a una columna de recuperació per augmentar la concentració de l'HPC. Aquest HPC concentrat entra al segon reactor, on té lloc la descomposició en medi àcid utilitzant àcid sulfúric per a obtenir fenol i acetona com a productes. A més dels productes mencionats, s'obtenen quantitats importants d'aigua i AMS (α -metil estirè) com a subproductes de reacció i d'altres en menor proporció anomenats *coal tar*.

Després de la zona de reacció, arribem a la secció de destil·lació per separar productes, subproductes i reactius que hagin quedat sense reaccionar, que és l'abast d'aquest projecte.

3.2. **Definició**

El procés de destil·lació s'ha dut a terme segons l'alternativa 2 de l'apartat d'estudi d'alternatives 7. Aquest consta de les 4 columnes següents:

- Columna 1 (Columna de acetona).
- Columna 2 (Columna de distribució).
- Columna 3 (Columna de cumè).
- Columna 4 (Columna de fenol).

Un dels principals objectius del tren de destil·lació és obtenir un corrent de fenol d'alta puresa (>99%) per ser comercialitzat. L'acetona, que és l'altre producte, s'obté amb impureses, de manera que s'ha de tractar fora del tren de destil·lació abans de poder ser comercialitzada.

3.3. **Diagrama de blocs**

A continuació es mostra el diagrama de blocs que esquematitza les unitats principals del procés.

3.4. Descripció

La descripció es fa seguint la numeració del PFD, que es troba a l'apartat 15.

3.4.1. Columna de acetona T-101

Aquesta és la primera columna del sistema de destil·lació. L'alimentació prové de la zona de reacció especificada a l'apartat 8.1.

La finalitat d'aquesta columna és maximitzar l'obtenció d'acetona i aigua, degut a que aquesta última pel seu comportament polar podria ocasionar problemes de separació en les columnes posteriors. Aquest corrent contindrà inevitablement una tercera part del cumè que s'alimenta a la columna degut a que forma un azeòtrop amb l'aigua.

Per altra banda s'obté un corrent de fons que serà l'alimentació de la columna T-201. Aquest corrent conté la resta de productes, que són majoritàriament cumè, AMS, HPC i fenol.

3.4.2. Columna de distribució T-201

En aquesta segona columna del sistema de destil·lació, l'alimentació bé donada pel fons de la columna T-101 que es mostra en l'apartat 8.2. Es distribueix de manera que el fenol, present en major quantitat, surti per fons de columna per tal d'enviar-lo a la columna de purificació de fenol T-401. Aquest corrent de fenol conté també productes pesats, que són bàsicament quitrans, anomenats *coal tar*.

La corrent que surt per cap de columna conté principalment cumè, AMS, HPC i també un 6,5% del fenol alimentat, degut a l'azeòtrop que es forma entre el fenol i l'AMS. En l'alternativa seleccionada aquesta corrent s'envia a la zona de recuperació.

3.4.3. Columna de cumè T-301

L'alimentació de la columna, que es mostra a l'apartat 8.3, prové de la zona de recuperació. Està formada per cumè, HPC i un 6,5% de fenol que no s'ha pogut destil·lar en les

columnes anteriors degut a l'azeòtrop mencionat abans. El corrent que surt per cap de columna conté cumè i HPC, trobant-se aquest primer en major presència, i es recicla a la zona de reacció.

El corrent que s'obté de fons de columna, conté fenol amb una puresa del 99%, que es la puresa necessària per la posterior comercialització.

3.4.4. Columna de fenol T-401

L'alimentació d'aquesta columna T-401, que es mostra a l'apartat 8.4, correspon a la sortida de fons de la columna T-201 que conté el fenol i els compostos més pesats. L'objectiu principal d'aquesta columna és separar el fenol dels compostos pesats.

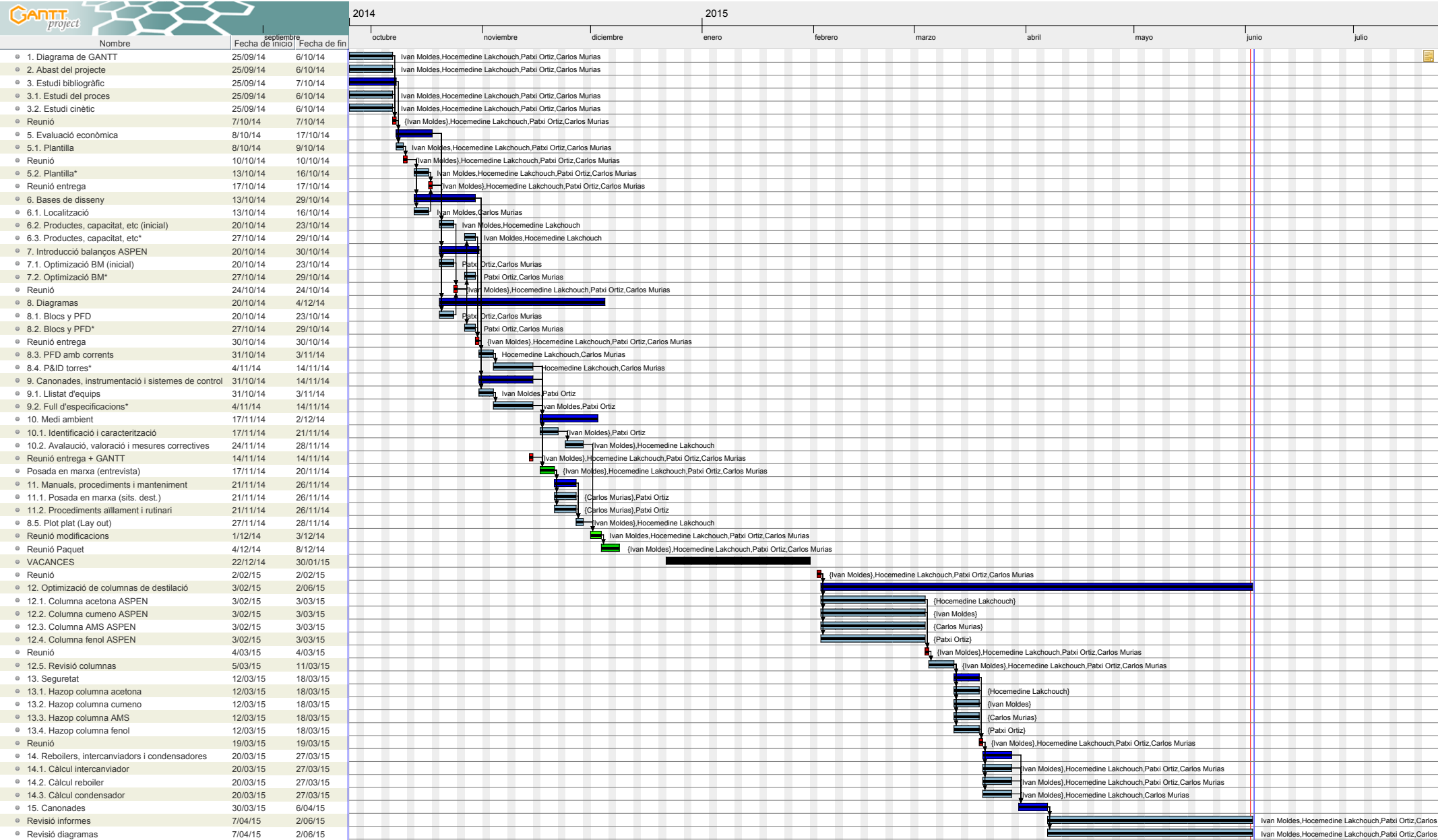
El corrent de fenol, que s'obté amb una puresa del 99,9 % per cap de columna, s'envia a emmagatzematge. Pel fons de columna s'obté un corrent amb els compostos pesats anomenats *coal tar*.

4. DIAGRAMA DE GANTT

Per organitzar el projecte i distribuir les tasques al llarg del temps s'ha utilitzat el diagrama de Gantt.

Aquest diagrama mostra la distribució temporal de les tasques per integrant previst a l'inici del projecte amb el temps real emprat en fer-ho.

Diagrama de Gantt



5. **DISTRIBUCIÓ DEL PROJECTE**

En el següent projecte es mostra una primera part anomenada “Part troncal” que conté els continguts comuns dels projectes de Hocemedime Lakchouch, Carlos Murias i Francisco Ortiz.

Per tal de realitzar el projecte s’ha subdividit en següents parts, que són:

- Part troncal.
 - Introducció
 - Etapa preliminar
 - Bases de disseny
 - Dades bàsiques per al desenvolupament de l’enginyeria
 - Bibliografia

Per tal de realitzar l’enginyeria bàsica del projecte de manera individual s’ha subdividit en diferents parts, que són:

- Part I. Plànols
- Part II. Columna de distribució
- Part III. Fulls d’especificació
- Part IV. Factors ambientals
- Part V. Seguretat Industrial
- Part VI. Estudi econòmic

Les parts generals del l’enginyeria bàsica del projecte son la I, IV i VI.

Les específiques són:

Part II, III i V: Iván Moldes

BASES DE DISSENY

6. **DEMANDES DEL CLIENT**

- Fer el disseny bàsic del sistema de destil·lació de fenol amb els seus equips associats.
- Obtenir una puresa de fenol superior al 99% per ser comercialitzada.
- La planta ha de produir 289.000 tones/any de fenol.

7. **ESTUDI D'ALTERNATIVES**

7.1. **Alternatives**

L'equip de *LMMO Solutions S.L.* ha realitzat un estudi d'alternatives per seleccionar la millor configuració del sistema de destil·lació d'una planta de producció de fenol utilitzant el procés de *Hock*.

Hi ha dos alternatives diferents. La primera alternativa es basa en utilitzar la configuració del procés de *Hock* com es va fer al 1952 a *Distillers Co.* a Gran Bretanya i a *The Hercules Powder Company* als Estats Units, que es detallarà en el següent apartat.

La segona alternativa es basa en la utilització de les 4 columnes sense arribar a aïllar l'AMS, de manera que aquest subproducte s'hidrogena per obtenir el cumè abans d'enviar-lo a la columna de cumè T-301.

7.1.1. **Alternativa 1: Seqüència de separació del Procés de Hock**

S'ha considerat la possibilitat d'utilitzar la configuració del procés de *Hock* de l'any 1952, que es basa en un sistema de destil·lació format per quatre torres obtenint la separació tal i com es mostra en la Figura 7.1.1.1.

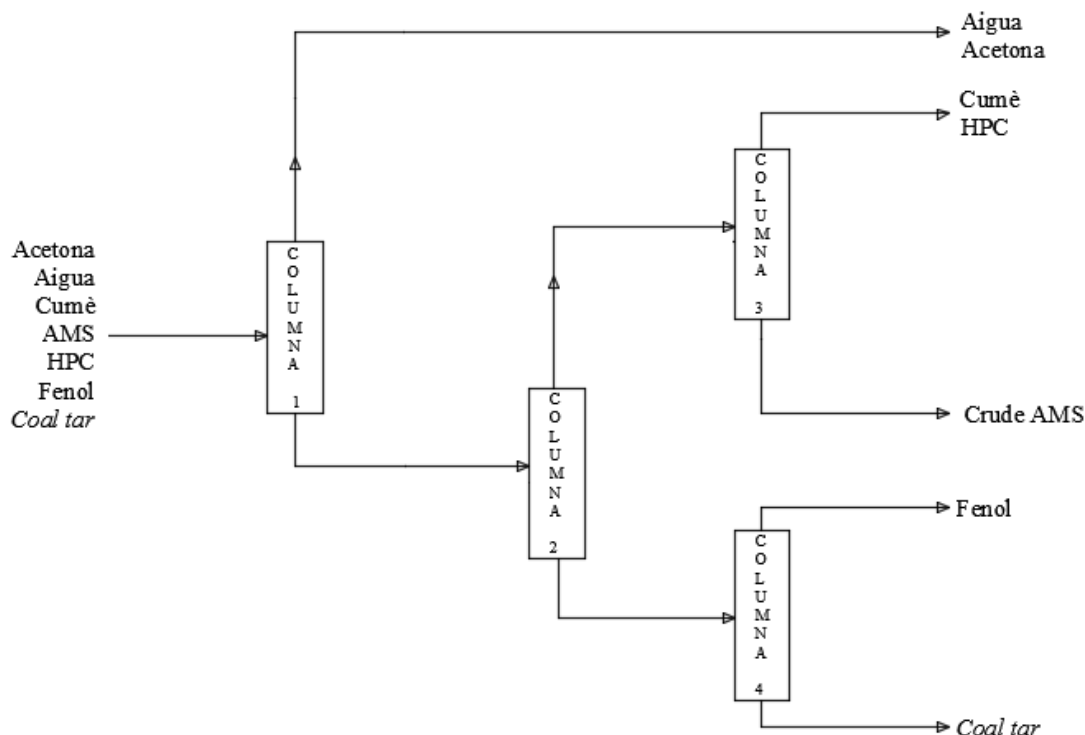


Figura 7.1.1.1. Diagrama de blocs del procés de Hock.

La primera columna separa per cap la acetona i l'aigua de la resta de compostos que entren al sistema de destil·lació. La segona columna distribueix els compostos més volàtils dels menys volàtils, on el clau pesat és el fenol.

A continuació, els compostos més volàtils de la segona columna, s'envien a la tercera columna de destil·lació on es separa l'HPC, el cumè i una part menor d'AMS per cap, i son enviats a un reactor d'hidrogenació on es transforma aquest AMS en cumè, per recircular-lo a la zona de reacció. El corrent de fons, anomenat *Crude AMS*, està format per AMS majoritàriament, i fenol. Aquest corrent de fons és difícil de separar degut a l'azeòtrop que hi ha entre aquests dos components, per tant s'envia a una zona de destil·lació azeotròpica, per recuperar el fenol, i obtenir AMS pur.

Pel que fa al corrent de fons de la segona columna, s'envia a la columna de fenol, on s'obté per fons un corrent amb tots els compostos més pesants que s'envien a tractament de quitrans. Per cap d'aquesta, s'obté el fenol com a producte amb la puresa desitjada.

7.1.2. Alternativa 2: Seqüència de separació proposada per LMMO Solutions S.L.

En aquesta alternativa, s'utilitza la mateixa configuració que en l'anterior en tres de les columnes del tren de destil·lació, que són la columna d'acetona, la de distribució i la de fenol; de manera que la diferència es troba en la columna 3 on té lloc la separació del cumè, la qual quedant modificada tal i com es mostra en la Figura 7.1.2.1.

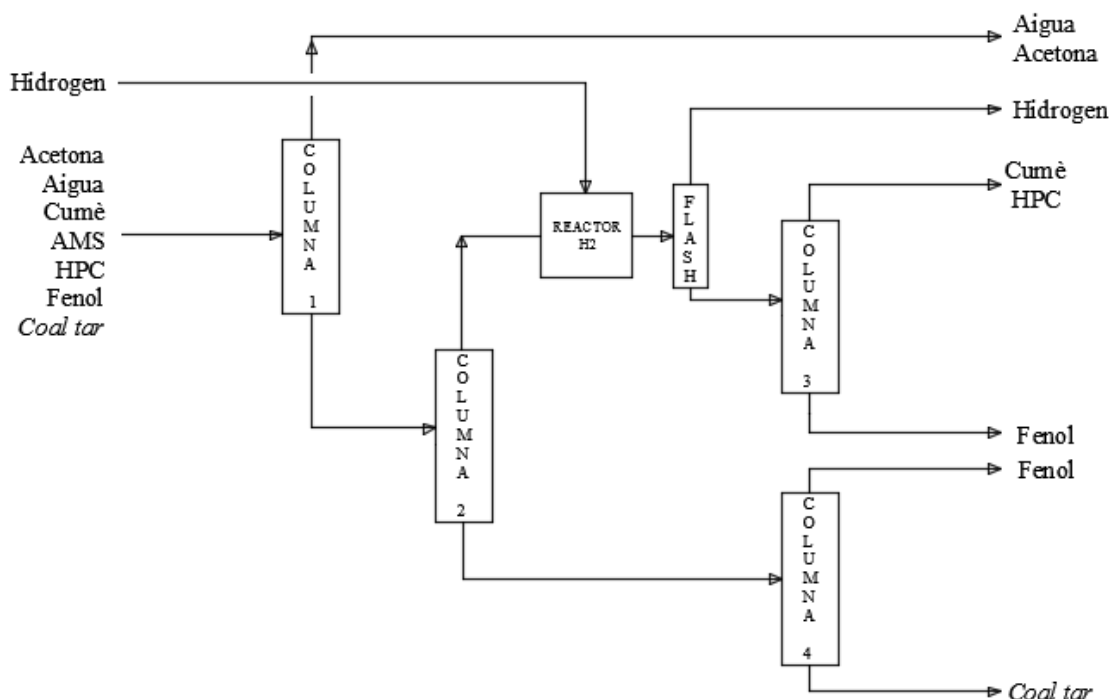


Figura 7.1.2.1. Diagrama de blocs del procés seleccionat per LMMO Solutions S.L.

Tal com es pot veure en el diagrama anterior, la diferència es troba a partir del corrent que surt per cap de la columna 2, formada principalment per AMS, cumè, HPC i una part de fenol que forma azeòtrop amb l'AMS. Aquest corrent s'envia a una zona de recuperació situada a una altra secció de la planta, per convertir l'AMS en cumè, de manera que desapareix l'azeòtrop al deixar d'estar present aquest compost. Cal esmentar que l'HPC i el fenol actuen com a inerts en aquest reactor.

El corrent que s'obté del reactor conté bàsicament cumè, HPC i el fenol que ara forma un azeòtrop amb el cumè. Posteriorment al reactor d'hidrogenació, es troba un separador *flash* que extreu l'hidrogen que no reacciona per cap.

Un cop extret l'hidrogen, el corrent s'envia a la columna 3 de cumè, on per cap de columna surt el cumè i l'HPC que es recircula a la zona de reacció, concretament al reactor d'oxidació, mentre que per fons de columna s'obté un corrent de fenol amb una puresa del 99%.

7.2. Alternativa seleccionada

Com ja s'ha esmentat, la columna d'acetona, de distribució i de fenol no canvien gaire segons l'alternativa. Per tant la diferència es genera principalment en la columna 3, la de cumè. S'ha determinat que la millor alternativa per produir fenol serà l'alternativa 2, ja que pel fet de fer reaccionar l'AMS convertint-lo en cumè abans d'alimentar-lo, l'azeòtrop que aquest formava amb el fenol desapareix fent possible la separació del fenol. Es recupera al 99,9% de puresa amb només les 4 columnes de destil·lació, sense entrar en el terreny de la destil·lació azeotròpica, que augmentaria el número total de columnes en planta.

Com es pot observar amb l'alternativa 2, el fenol s'obté per fons de la columna de cumè amb la puresa requerida pel client.

8. ESPECIFICACIONS DE L'ALIMENTACIÓ

8.1. Alimentació a la columna de acetona T-101

El corrent d'alimentació inicial que es mostra en la taula 8.1.1 ha estat facilitat per l'equip encarregat de la zona de reacció, per tant ve fixat per la zona prèvia al sistema de destil·lació.

Taula 8.1.1. Alimentació de la columna d'acetona T-101.

Component	Identificació	Cabal màssic (kg/h)
Acetona	ACETONE	22.079
Aigua	WATER	2.417
Òxid de mesitilè	MESIT-OX	77
Cumè	ISOPR-CU	5.405
α -metil estirè	AMS	13.404
Diacetona	DIACETO	232
Hidroperòxid de cumè	HPC	4.467
Fenol	FENOL	36.163
2-metil benzofurà	2-METHYL	644
P-cumil fenol	P-CUMYL	2.657

8.2. Alimentació a la columna de distribució T-201

L'alimentació d'aquest equip que es mostra en la taula 8.2.1, ve fixada per la columna d'acetona T-101.

Taula 8.2.1. Alimentació de la columna de distribució T-201.

Component	Identificació	Cabal màssic (kg/h)
Acetona	ACETONE	1
Aigua	WATER	0
Òxid de mesitilè	MESIT-OX	70
Cumè	ISOPR-CU	3.605
α -metil estirè	AMS	13.403
Diacetona	DIACETO	232
Hidroperòxid de cumè	HPC	4.467
Fenol	FENOL	36.162
2-metil benzofurà	2-METHYL	644
P-cumil fenol	P-CUMYL	2.657

8.3. Alimentació a la columna de cumè T-301

Aquest equip es troba en sèrie amb una zona de recuperació de cumè, per tant l'alimentació ve fixada pel procés previ. En la taula 8.3.1 es mostra l'alimentació.

Taula 8.3.1. Alimentació de la columna de cumè T-301. PART I.

Component	Identificació	Cabal màssic (kg/h)
Acetona	ACETONE	1
Aigua	WATER	0
Òxid de mesitilè	MESIT-OX	40
Cumè	ISOPR-CU	17.215
α -metil estirè	AMS	13

Taula 8.3.1. Alimentació de la columna de cumè T-301. PART II.

Component	Identificació	Cabal màssic (kg/h)
Diacetona	DIACETO	229
Hidroperòxid de cumè	HPC	4.467
Fenol	FENOL	2.350
2-metil benzofurà	2-METHYL	0
P-cumil fenol	P-CUMYL	0

8.4. Alimentació a la columna de fenol T-401

L'alimentació de la columna T-401 que es mostra en la taula 8.4.1, ve fixada per l'equip anterior que és la columna de distribució T-201.

Taula 8.4.1. Alimentació de la columna de fenol T-401.

Component	Identificació	Cabal màssic (kg/h)
Acetona	ACETONE	0
Aigua	WATER	0
Òxid de mesitilè	MESIT-OX	30
Cumè	ISOPR-CU	0
α -metil estirè	AMS	0
Diacetona	DIACETO	2
Hidroperòxid de cumè	HPC	0
Fenol	FENOL	33.812
2-metil benzofurà	2-METHYL	644
P-cumil fenol	P-CUMYL	2.657

9. ESPECIFICACIÓ DELS PRODUCTES

9.1. Especificació del sistema de destil·lació

- La columna d'acetona ha de destil·lar la màxima quantitat possible d'acetona i aigua per evitar la formació i la interacció d'azeòtrops amb l'aigua en la resta de columnes.

- La columna de distribució ha de separar el màxim possible els productes més volàtils dels menys volàtils, sent el clau lleuger l'HPC i el clau pesat el fenol.
- La columna de cumè ha de destil·lar el cumè amb les mínimes traces d'impureses de fenol per a recircular-lo a la zona de reacció i per fons treure el fenol amb una puresa del 99%.
- La columna de fenol ha de destil·lar el fenol amb una puresa del 99,9%.

10. TEMPS D'OPERACIÓ I FACTOR DE SERVEI

La planta ha de complir amb un factor de servei mínim de 0,6 els primers dos anys de funcionament de la planta. A partir del tercer any ha de complir amb un total de 8000 h/any, això implica que els primers dos anys la planta ha de complir amb el 60% de les hores anuals programades.

11. NORMES DE DISSENY

Durant el disseny de la planta s'utilitzarà la normativa següent:

- Bescanviadors de calor: Normativa TEMA i ASME.
- Columnes de destil·lació: Normativa ASME.
- Dipòsit d'acumulador de condensat: Normativa ASME.
- Canonades: Normativa ANSI/ASME B36.10M.
- Bombes centrífugues: API.

Concretament el pla 53A. Doble tanca mecànica utilitzada per a fluids bruts, abrasius o polimeritzants i per evitar fuites cap a l'exterior.

- Gestió de qualitat: ISO 9000.

DADES BÀSIQUES PER AL DESENVOLUPAMENT DE L'ENGINYERIA

12. SERVEIS DISPONIBLES

Els serveis i les propietats es mostren en les taules 12.1, 12.2, 12.3, 12.4 i 12.5:

Taula 12.1. Aigua de refrigeració.

Paràmetre	Unitat	Valor
Pressió subministrada	bar	3
Temperatura subministrada	°C	30
Temperatura màxima de retorn	°C	45

Taula 12.2. Vapor.

Tipus	Pressió (bar)	Temperatura (°C)
Vapor d'alta pressió	40,5	252
Vapor de mitja pressió	16,5	205

Taula 12.3. Subministrament elèctric.

Potència (HP)	Voltatge (V)	Funcionament
0-300	500	50 Hz/ 3 fases
>300	6.000	50 Hz / 3 fases

Taula 12.4. Oli tèrmic.

Tipus	Temperatura (°C)	Pressió (bar)
DowTherm A	400	2

Taula 12.5. Nitrogen per netejar.

Tipus	Puresa (%)	Pressió (bar)
Nitrogen	99,9	6,8

13. PREU DE LES ENERGIES

Seguidament en la taula 13.1 es mostren els preus de tots els tipus de energies utilitzades en la planta.

Taula 13.1. Preus de les energies.

Energies	Unitat	Preu
Vapor de mitja pressió	€/t	45,3
Vapor de alta pressió	€/t	51,2
DowTherm classe A	€/t	4,44
Electricitat	€/MW·h	112,6
Aigua de refrigeració	€/m ³	0,05
Nitrogen	€/t	8,25

13.1.1. Preu de les matèries primeres

A la taula 13.1.1.1 es presenten els preus de les matèries primeres utilitzades en la planta.

Taula 13.1.1.1. Preus de les matèries primeres.

Energies	Unitat	Preu
Cumè (99,8%)	€/kg	0,94
Hidrogen	€/kg	18,58

13.1.2. Preu dels productes

En la taula 13.1.2.1 es mostren els preus dels productes obtinguts en la planta:

Taula 13.1.2.1. Preus dels productes.

Energies	Unitat	Preu
Fenol (99,9%)	€/kg	1,3
Fenol (99%)	€/kg	1,1
Acetona (99,9%)	€/kg	1,4

14. DADES DE L'EMPLACAMENT

14.1. Introducció

S'ha realitzat un estudi de mercat per determinar la ubicació de la nova planta de fenol i acetona de *LMMO Solutions S.L.* S'han plantejat diverses ubicacions i valorat diversos motius que s'especifiquen a continuació.

14.2. Estudi de mercat

A l'hora de realitzar l'estudi de mercat, s'ha observat una demanda creixent de fenol i acetona a l'Europa Occidental, majoritàriament per a la producció de bisfenol A i resines fenòliques en el cas del fenol, i per a la producció de dissolvents i metil metacrilat en el cas de l'acetona.

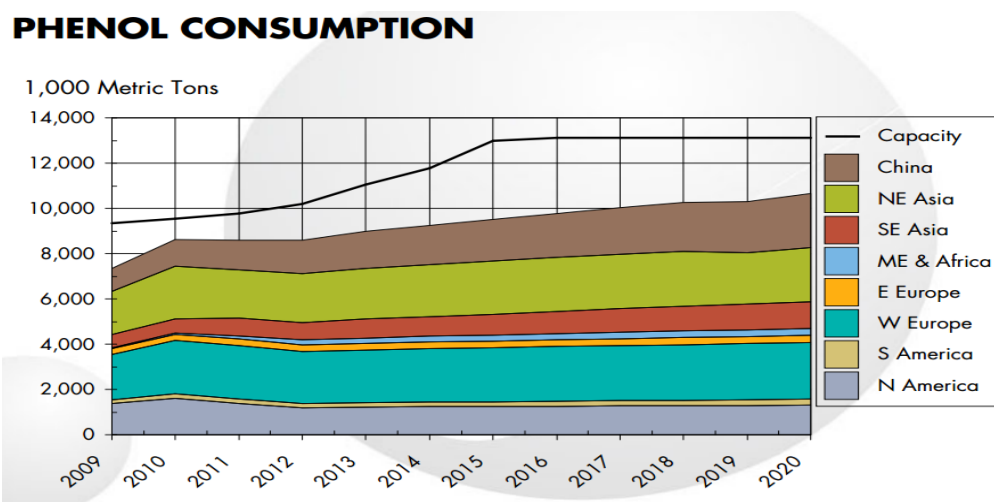


Figura 14.2.1. Previsió de la demanda mundial de fenol.

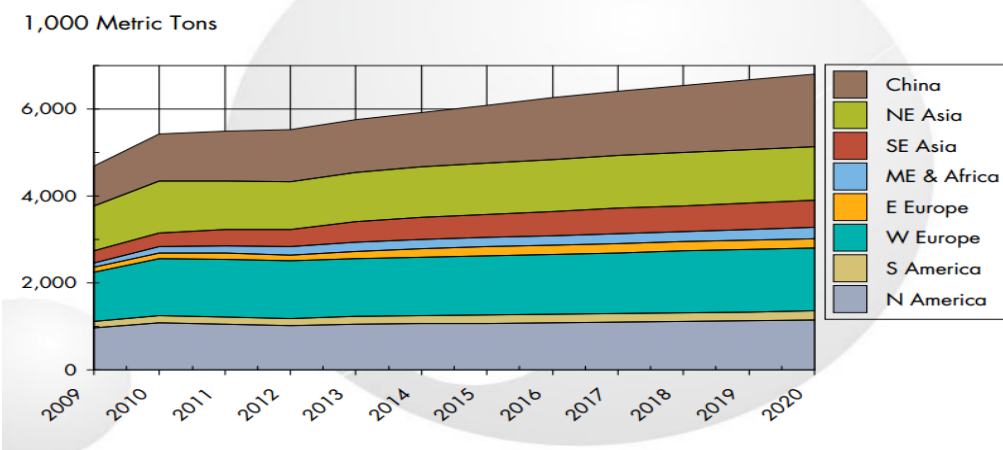
ACETONE CONSUMPTION

Figura 14.2.2. Previsió de la demanda mundial d'acetona

També s'ha observat que a la Península Ibèrica hi ha plantes on es produeix benzè i propilè, la matèria primera per a la fabricació de cumè per produir posteriorment fenol i acetona.

14.3. Estudi d'alternatives de la ubicació de la planta

S'han considerat diverses propostes per a la ubicació de la planta i finalment s'ha decidit situar-la a la Península Ibèrica, entre d'altres aspectes, pel seu bon clima, ubicació estratègica, costos raonables tant de mà d'obra com de les matèries primeres i gran experiència en el sector petroquímic.

Dins de la Península Ibèrica, s'ha considerat situar-la a les ciutats de Puertollano (Ciutat Reial), Langreo (Astúries), Huelva (Andalusia), Cartagena (Múrcia) i Tarragona on, finalment, s'ha determinat com la ubicació més adequada per a *LMMO Solutions S.L.* per raons que s'exposaran més endavant.



Figura 14.3.1. Ubicació de LMMO Solutions S.L. a la Península Ibèrica.

També s'ha valorat la possibilitat d'ubicar la planta a la Xina pel fet de tenir un baix cost tant de mà d'obra com de matèries primeres, però aquesta opció s'ha descartat finalment degut a la menor oferta de matèries primeres en la zona i els baixos estàndards de seguretat i qualitat dominants de la zona.

Tot i que les característiques d'ubicar la planta als diversos polígons espanyols nombrats anteriorment són bastant semblants amb les de l'elecció final, han sigut descartades algunes opcions per motius com ara la llunyania del mar, com és el cas de Puertollano; o de l'irregular clima i complicada orografia d'Astúries.

Tarragona disposa d'un dels clústers químics més importants de tot l'Estat Espanyol, entre d'altres motius, gràcies a les seves excel·lents comunicacions tant per mar (Port de Tarragona), aire (Aeroports de Barcelona i Reus), carreteres (autopista AP-7 i diverses autovies que comuniquen el territori) i ferrocarril (estació del Camp de Tarragona i estacions de distribució de mercaderies). També s'ha valorat la qualitat de les empreses de serveis ubicades a la zona, disponibilitat de professionals de qualitat, experiència de molts anys al sector i predisposició de les autoritats governamentals per a la instal·lació de noves indústries.



Figura 14.3.2. Ubicació de LMMO Solutions S.L. a Tarragona.

14.4. Conclusions

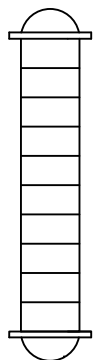
La planta de fenol i acetona de *LMMO Solutions S.L.* s'ha ubicat al Polígon Químic Sud de Tarragona, que pertany al municipi de la Canonja, a l'espai conegut com a "Polígon Entrevies".

ENGINYERIA BÀSICA. PART I: PLÀNOLS

15. PROCESS FLOW DIAGRAM (PFD)

15.1. Simbologia PFD

A continuació es mostra la simbologia del PFD.



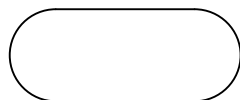
Columna de destil·lació (T)



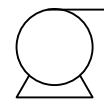
Condensador (C)



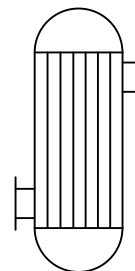
Reboiler (E)



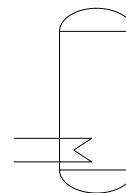
Dipòsit
d'acumulador de
condensat (V)



Bomba (P)



Reactor

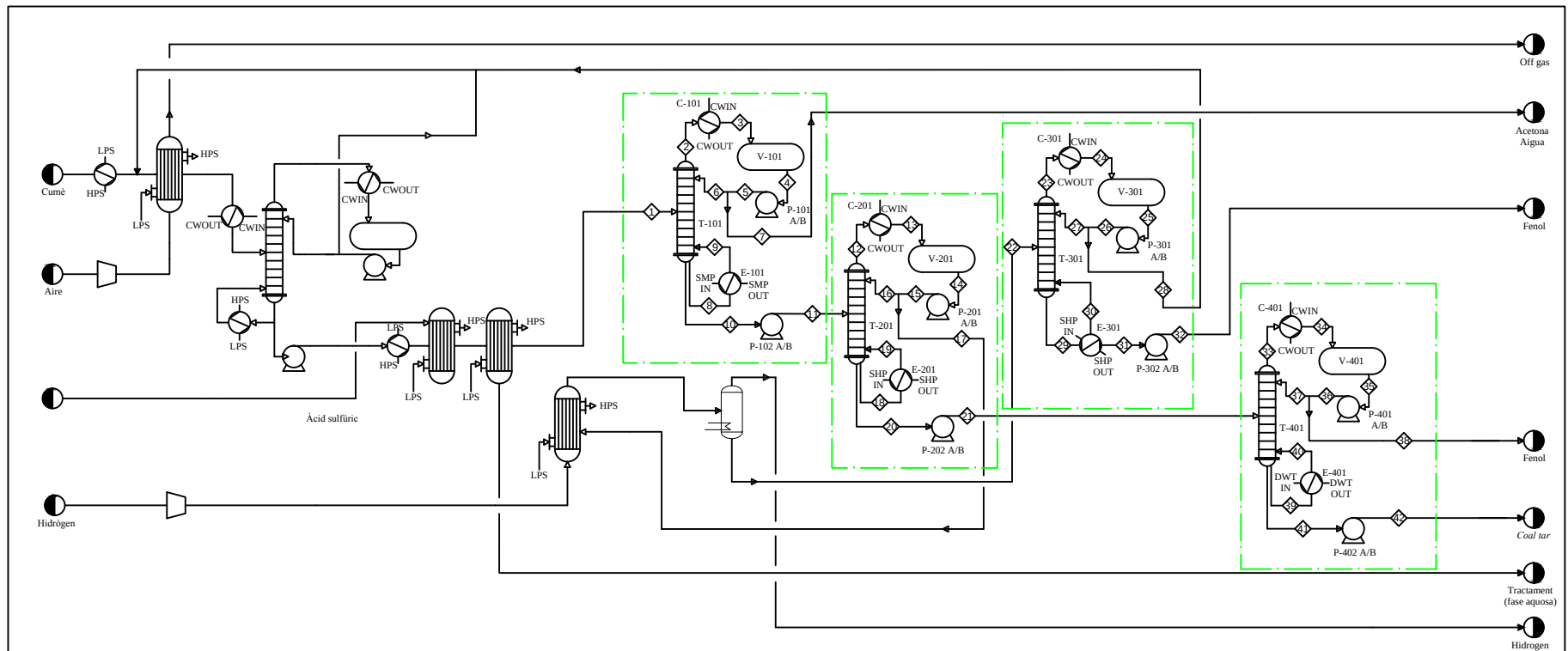


Flash

	Data	Nom		EQUIP 15	
Dibuixat	30/10/14	Husam		DISSENY SISTEMA DE DESTIL·LACIÓ DE FENOL	
Comprovat	31/05/15	Iván			
S.normes					
Escala	Simbologia PFD			Nº2	
				Sustitueix a	
				Sustituit per	

15.2. PFD

A continuació es mostra el diagrama de flux del procés amb el balanç de matèria. L'abast específic de cada integrant es mostra a l'apartat 5.



Mass Flow (kg/hr)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22*	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42			
ACETONE	22079	26144	26144	26144	26144	4065	22079	2	2	1	1	4	4	4	4	3	1	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
WATER	2417	2861	2861	2861	2861	445	2417	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
MEST-OX	77	8	8	8	8	1	7	224	224	70	70	255	255	255	255	215	40	257	257	30	30	40	271	271	271	271	231	40	0	0	0	0	0	195	195	195	195	165	30	0	0	0	0		
ISOPR-CU	5405	2131	2131	2131	2131	331	1800	11585	11585	3605	3605	23161	23161	23161	19555	3605	0	0	0	0	0	17215	117603	117603	117603	117603	100388	17215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
AME	13404	2	2	2	2	0	2	43068	43068	13403	13403	86099	86099	86099	86099	86099	72697	13403	0	0	0	13	92	92	92	92	78	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
DIACETO	232	0	0	0	0	0	0	744	744	232	232	1475	1475	1475	1475	1245	230	17	17	2	2	229	1427	1427	1427	1427	1218	209	1107	1086	21	21	13	13	13	13	11	2	0	0	0	0			
HFC	4467	0	0	0	0	0	0	14355	14355	4467	4467	28698	28698	28698	28698	24231	4467	0	0	0	0	4467	30518	30518	30518	30518	26051	4467	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FENOL	36163	1	1	1	1	1	0	116205	116205	36162	36162	15100	15100	15100	15100	12749	2351	290316	290316	33812	33812	2350	3	3	3	3	3	0	125886	123536	2350	2350	219705	219705	219705	185896	33809	416	416	3	3	0			
2-METHYL	644	0	0	0	0	0	0	2070	2070	644	644	0	0	0	0	0	0	5531	5531	644	644	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99153	99153	644	644	
P-CUMYL	2657	0	0	0	0	0	0	8539	8539	2657	2657	0	0	0	0	0	0	22815	22815	2657	2657	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	409074	409074	2657	2657
Total Flow (kg/hr)	87546	31148	31148	31148	31148	4843	26304	196793	196793	61241	61241	154792	154792	154792	154792	130697	24096	318936	318936	37145	37145	24316	149918	149918	149918	149918	127972	21945	126992	124622	2370	2370	219914	219914	219914	219914	186072	33841	308644	308644	3304	3304			
Temperature (°C)	100	73	62	62	62	62	62	182	185	182	182	172	168	168	168	168	203	205	203	203	90	166	155	155	155	155	155	210	211	211	211	190	187	187	187	187	187	283	330	283	283				
Pressure (bar)	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,3	1,3	1,9	1,7	1,9	1,5	1,9	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	2,3	2,1	2,1	2,1	1,3	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	2,1	1,9	2,1	2,1				
Vapor Frac	0,005	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,384	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0,352	0,000	0,000		
Liquid Frac	0,995	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,616	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,648	1,000	1,000	

*La corrent 22 conté 220 kg/h més degut a l'H2 reaccionat amb l'AMS

T	C	V	P	E
Torre de destil·lació	Condensador	Acumulador de condensat	Bomba hidràulica	Reboiler

	Data	Nom	EQUIP 15 DISSENY SISTEMA DE DESTIL·LACIÓ DE FENOL	
Dibuixat	30/10/14	Husam		
Comprovat	31/05/15	Iván		
S.normes				
Escola	PFD Planta de Fenol			Nº 3
				Sustitueix a
				Sustituit per

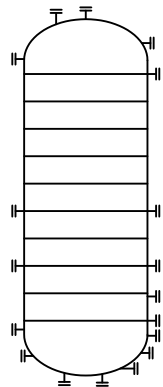
16. PLOT PLANT

A continuació es presenta la disposició dels equips a la planta. Es mostra una perspectiva aèria, on s'han fet les següents consideracions:

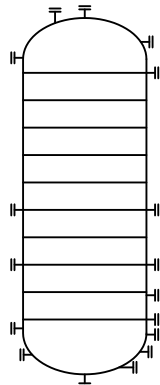
- Facilitat d'arribada, muntatge i desmuntatge dels equips amb major manteniment: les bombes.
- Les bombes es poden desmuntar de cara al carrer, per tal de tenir facilitat de maniobra (la grua encarregada de suportar el pes de l'equip).
- Les estructures (ponts, bastides on es troben certs dipòsits, etc.) tenen una alçada mínima de 5 metres per facilitar el pas de camions per sota.
- El paviment té una pendent del 3 % sempre de cara al drenatge.
- L'escala és de 1:150 en full DIN A3.

17. SIMBOLOGIA

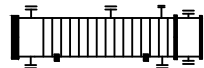
A continuació es mostra la simbologia utilitzada per als P&ID.



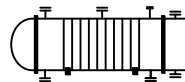
Columna de destil·lació (1, 2, 4)



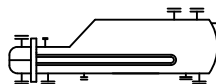
Columna de destil·lació (3)



Condensador AEL



Condensador AES



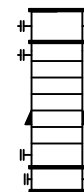
Reboiler Kettle BKU



Reboiler AES



Dipòsit acumulador de condensat



Reboiler AEL



Vòrtex breaker



Reducció i ampliació de canonada, respectivament



VA - Vàlvula automàtica de globus



VC - Vàlvula de comporta manual



PU - Purga



PU - Venteig



VCA - Vàlvula de comporta automàtica



VM - Vàlvula de mascle



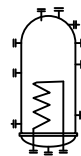
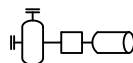
VR - Vàlvula anti-retorn



VD - Disc cec



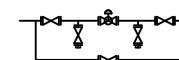
PSV - Vàlvula de seguretat



Bomba i doble tanca mecànica dels plans Api 53A

P-1001-8" Fenol- CS

Identificació de línia:
Producte-nombre de canonada-diàmetre nominal-carbon steel



Controladors amb el corresponent by-pass

	Data	Nom	EQUIP 15 DISSENY SISTEMA DE DESTIL·LACIÓ DE FENOL	
Dibuixat	31/05/15	Iván		
Comprovat	31/05/15	Carlos		
S.normes				
Esca	<i>Simbologia P&ID</i>			Nº5
				Sustitueix a
				Sustituït per

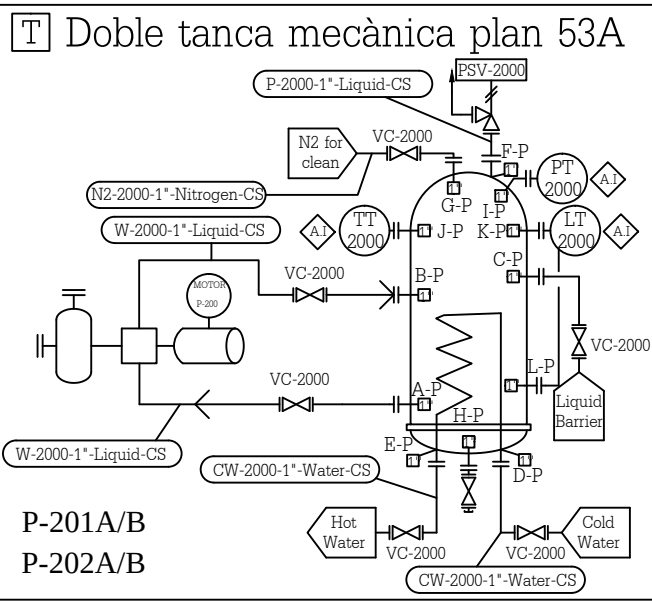
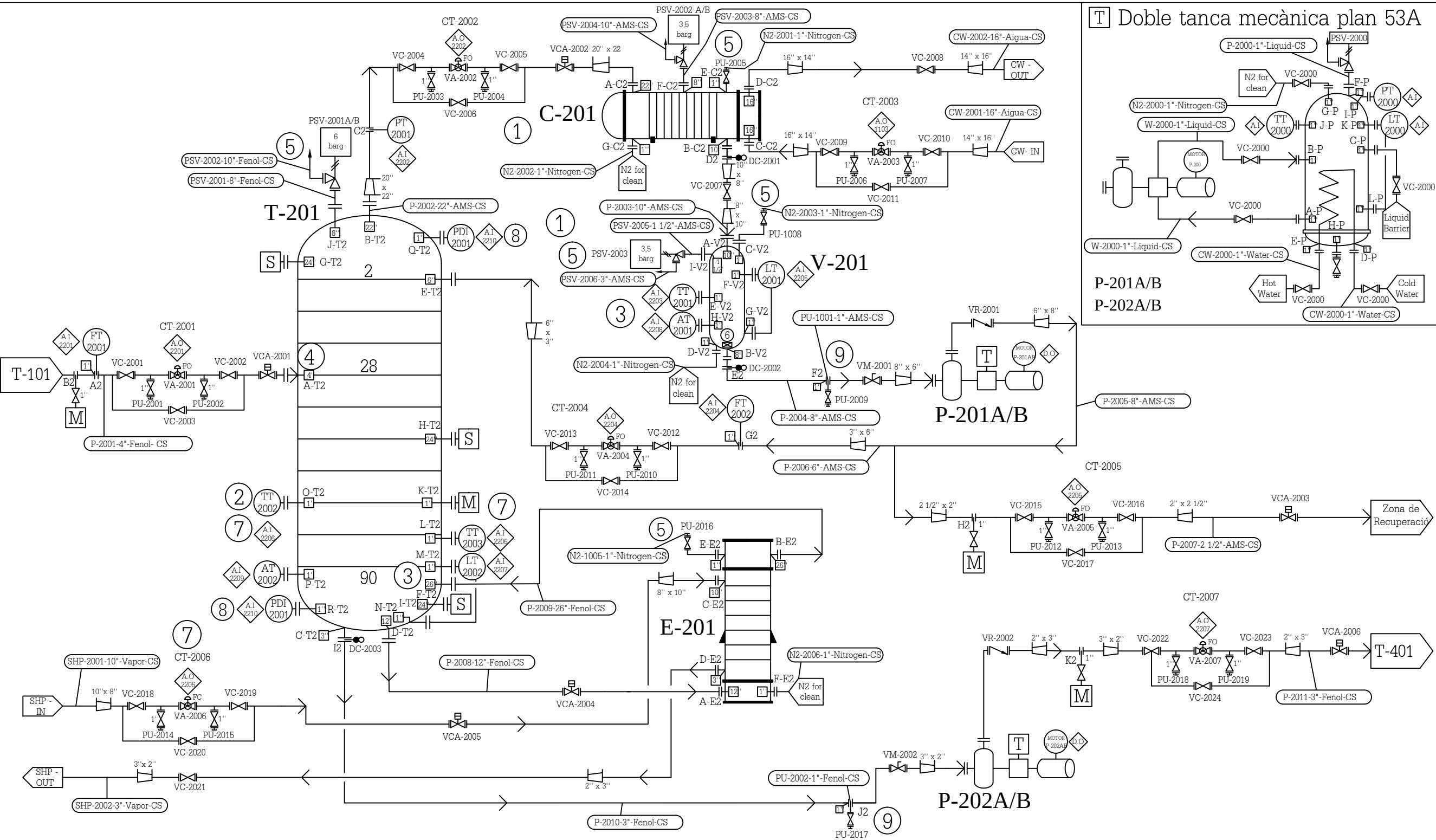
ENGINYERIA BÀSICA. PART II: COLUMNA DE DISTRIBUCCIÓ

18. DISSENY BÀSIC**18.1. Dimensionament de les canonades**

El criteri per dissenyar les canonades es mostra a l'apartat d'annexos 26. Els valors finals de diàmetre de les canonades es poden veure als llistat de línies, que es troben a l'apartat 18.2.1.1.

18.2. Control de la columna de distribució T-201**18.2.1. P&ID + CONTROL**

A continuació es presenta el diagrama d'instrumentació i el control de la columna de destil·lació de distribució T-201. El sistema de control s'explica a l'apartat 18.2.3.



- ① Diferències d'alçades
- ② Plat sensible
- ③ El més prop possible
- ④ Plat d'alimentació
- ⑤ Torxa
- ⑥ Vortex breaker
- ⑦ Control en cascada
- ⑧ Indicador de pressió diferencial
- ⑨ Drenatge
- T Doble tanca mecànica plan 53 A
- M Toma de mostres

[S] Boca d'home
 SHP - Stream High Pressure
 CW - Cold Water

	Data	Nom	EQUIP 15 DISSENY SISTEMA DE DESTIL·LACIÓ DE FENOL	
Dibuixat	1/03/15	Ivan		
Comprovat	31/05/15	Carlos		
S.normes				
Escala	P&ID + control 2000			Nº 7
				Sustitueix a
				Sustituit per

Llistat de línies

Taula 18.2.1.1.1. Llistat de línies del P&ID 2000. PART I.

P&ID	Línia	Tipus	Diàmetre (in)	T _{OP} (°C)	Schedule	P _{OP} (bar)
P&ID 2000	P-2001-4''- Fenol-CS	P	4	182	40	1,4
P&ID 2000	P-2002-22''- AMS-CS	P	22	172	10	1,3
P&ID 2000	P-2003-10''- AMS-CS	P	10	168	20	1,2
P&ID 2000	P-2004-8''- AMS-CS	P	8	168	20	1,2
P&ID 2000	P-2005-8''- AMS-CS	P	8	168	20	1,2
P&ID 2000	P-2006-6''- AMS-CS	P	6	168	40	1,3
P&ID 2000	P-2007-2 1/2''- AMS-CS	P	2 1/2	168	40	1,3
P&ID 2000	P-2008-12''- Fenol-CS	P	12	203	20	1,9
P&ID 2000	P-2009-26''- Fenol-CS	P	26	205	10	1,7
P&ID 2000	P-2010-3''- Fenol-CS	P	3	203	40	1,9
P&ID 2000	P-2011-3''- Fenol-CS	P	3	203	40	1,5
P&ID 2000	CW-2001-16''- Aigua-CS	CW	16	30	10	3
P&ID 2000	CW-2002-16''- Aigua-CS	CW	16	45	20	2,5
P&ID 2000	SHP-2001-10''- Vapor-CS	SHP	10	205	40	1,9
P&ID 2000	SHP-2002-3''- Vapor-CS-	SHP	3	203	40	1,7

Taula 19.2.1.1.1. Llistat de línies del P&ID 2000. PART II.

P&ID	Línia	Tipus	Diàmetre (in)	T _{OP} (°C)	Schedule	P _{OP} (bar)
P&ID 2000	N2-2001-1''- Nitrogen-CS-	N2	1	30	-	7
P&ID 2000	N2-2002-1''- Nitrogen-CS-	N2	1	30	-	7
P&ID 2000	N2-2003-1''- Nitrogen-CS-	N2	1	30	-	7
P&ID 2000	N2-2004-1''- Nitrogen-CS-	N2	1	30	-	7
P&ID 2000	N2-2005-1''- Nitrogen-CS-	N2	1	30	-	7
P&ID 2000	N2-2006-1''- Nitrogen-CS-	N2	1	30	-	7
P&ID 2000	PU-2001-1''-AMS- CS	PU	1	168	20	1,2
P&ID 2000	PU-2002-1''-Fenol- CS	PU	1	203	40	1,9

Llistat d'equips

Taula 18.2.1.2.1. Llistat d'equips del P&ID 2000. PART I.

Nom	Descripció	P&ID	P _{IN} (bar)	P _{OUT} (bar)	P _{OP} (bar)	P _D (barg)
T-201	Torre destil·lació	2000	-	-	1,27	6
E-201	Reboiler ¹	2000	1,9/40,1	1,73/40,0	1,9/40,1	43,5/43,5
C-201	Condensador ²	2000	3/1,27	2,5/1,19	3/1,27	3,5/3,5
V-201	Dipòsit acumulador de condensat	2000	-	-	1,2	Full vacuum/3,5

¹ En el reboiler la pressió i temperatura es llegeix: tub/carcassa.² En el condensador la pressió i temperatura es llegeix: tub/carcassa.

Taula 18.2.1.2.1. Llistat d'equips del P&ID 2000. PART II.

Nom	Descripció	P&ID	P _{IN} (bar)	P _{OUT} (bar)	P _{OP} (bar)	P _D (barg)
P-201 A/B	Bombes (top)	2000				
P-202 A/B	Bombes (bot)	2000				

Taula 18.2.1.2.2. Llistat d'equips del P&ID 2000.

Nom	Descripció	P&ID	T _{OP} (°C)	T _D (°C)	Potència (kW)	Material
T-201	Torre destil·lació	2000	208	228	-	SA-155-55
E-201	<i>Reboiler</i> ³	2000	203/252	280/280	-	Carbon steel
C-201	Condensador ⁴	2000	30/172	200/200	-	Carbon steel
V-201	Dipòsit acumulador de condensat	2000	168	188	-	SA-155-55
P-201 A/B	Bombes (top)	2000				
P-202 A/B	Bombes (bot)	2000				

Llistat d'instrumentació

Taula 18.2.1.3.1. Llistat d'instrumentació del P&ID 2000. PART I.

Identificació	P&ID	Descripció de l'instrument	Nom de línia o equip
FT-2001	2000	Mesurador de cabal	P-2001-4''-Fenol-CS
FT-2002	2000	Mesurador de cabal	P-2006-6''-AMS-CS
PT-2001	2000	Mesurador de pressió	P-2002-22''-AMS-CS

³ En el *reboiler* la pressió i temperatura es llegeix: tub/carcassa.⁴ En el condensador la pressió i la temperatura es llegeix: tub/carcassa.

Taula 18.2.1.3.1. Llistat d'instrumentació del P&ID 2000. PART II.

Identificació	P&ID	Descripció de l'instrument	Nom de línia o equip
PT-2001	2000	Mesurador de pressió	P-2002-22''-AMS-CS
TT-2001	2000	Mesurador de temperatura	V-201
TT-2002	2000	Mesurador de temperatura	T-201
TT-2003	2000	Mesurador de temperatura	T-201
LT-2001	2000	Mesurador de nivell	V-201
LT-2002	2000	Mesurador de nivell	T-201
AT-2001	2000	Mesurador de concentració	V-201
AT-2002	2000	Mesurador de concentració	T-201
PDI-2001	2000	Indicador de pressió diferencial	T-201

18.2.2. Introducció

A continuació s'explica l'estratègia de control relacionada amb la columna de distribució T-201. La seva funció és separar els compostos lleugers dels pesats.

18.2.3. Control del P&ID 2000: columna de distribució T-201

- **CT-2001:** aquesta vàlvula regula el cabal a partir de la diferència de pressió en el controlador VA-2001 amb sortida analògica AO-2201. El transmissor que utilitza és FT-2001 amb entrada digital AI-2201.

- **CT-2002:** aquesta vàlvula regula el cabal a partir de la diferència de pressió en el controlador VA-2002 amb sortida analògica AO-2202. El transmissor que utilitza és PT-2001 amb entrada digital AI-2202.
- **CT-2003:** aquesta vàlvula regula la temperatura del corrent d'entrada d'aigua freda del condensador C-201 mitjançant el controlador VA-2003 amb sortida analògica AO-2203. El transmissor que utilitza és el TT-2001 amb entrada digital AI-2203
- **CT-2004:** aquesta vàlvula regula el cabal de reflux a partir de la diferència de pressió en el controlador VA-2004 amb sortida analògica AO-2204. El transmissor que utilitza és FT-2002 amb entrada digital AI-2204.
- **CT-2005:** aquesta vàlvula garanteix el nivell del dipòsit d'acumulador de condensat V-201 mitjançant el controlador VA-2005 amb una sortida analògica AO-2205. El transmissor que utilitza és el LT-2001 amb entrada digital AI-2205, i aquest té alarma de nivell alt i baix.
- **CT-2006:** aquesta vàlvula regula el cabal d'entrada de vapor al *reboiler* E-201 a partir d'un control en cascada. Aquest està format per un mesurador de temperatura al plat sensible⁵ i al fons de columna, mitjançant el controlador VA-2006 que té una sortida analògica AO-2206. Els seus transmissors són TT-2002 i TT-2003 respectivament, amb entrada digital AI-2206. En aquest control s'inclou l'indicador de pressió diferencial PDI-2001, que en cas que la pressió superi el *set point*⁶ la vàlvula VA-2006 tanca.
- **CT-2007:** aquesta vàlvula garanteix el nivell de fons de columna mitjançant el controlador VA-2007 amb una sortida analògica AO-2207. El transmissor que utilitza és LT-2002 amb entrada digital AI-2207, i aquest té alarma de nivell alt i baix.

18.2.4. Dimensionament de les vàlvules controladores

El criteri per dimensionar les vàlvules de control es mostra a l'apartat 27 d'annexos. A la taula 18.2.4.1. es mostren els valors obtinguts de la C_v de les vàlvules.

⁵ Plat sensible: és el plat de la columna que amb una menor disminució de la temperatura té un major impacte sobre l'equilibri de la mescla.

⁶ El *set point* és el valor establert per l'obertura o tancament de la vàlvula.

Taula 18.2.4.1. Caiguda de pressió i C_v de les vàlvules controladores.

Vàlvula	Diàmetre canonada (in)	ΔP (kg/cm ²)	C_v
VA-2001	4	0,15	17
VA-2002	22	0,15	602
VA-2003	16	0,15	246
VA-2004	8	0,15	37
VA-2005	6	0,15	7
VA-2006	2 1/2	0,15	67
VA-2007	12	0,15	10

18.3. Disseny d'equips

18.3.1. Columna de distribució T-201

La columna de distribució T-201 ha de complir les característiques exposades a l'apartat 9.1. Per dissenyar i dimensionar la columna es segueixen el criteris explicats als apartats 28 i 29 d'annexos respectivament. Els resultats obtinguts es presenten a la taula 19.3.1.1.

Taula 18.3.1.1. Resultats de la columna de distribució T-201. PART I.

Paràmetre de la columna	Unitat	<i>Radfrac</i>
Nombre d'etapes ⁷	-	91
Eficiència de plat	%	75
Plat d'alimentació	-	28
Relació de reflux	-	5,42
Flux de destil·lat	kg/h	24.095
Temperatura destil·lat	° C	171,45

⁷ Inclou una etapa de reboiler i una etapa de condensador.

Taula 18.3.1.1. Resultats de la columna de distribució T-201. PART II.

Paràmetre de la columna	Unitat	Radfrac
Flux de fons	kg/h	37.145
Temperatura de fons	° C	203,39
Pressió de treball	bar	
Diàmetre de columna	m	3,65
Espai entre plat	m	0,6096
Alçada de plats ⁸	m	55,86
Alçada des d'últim plat fins al fons	m	1,219
Alçada total de la columna ⁹	m	59,64
Flux de <i>reboiler</i>	kg/h	318.936

18.3.2. Reboiler E-201

Per tal de dissenyar el *reboiler* E-201, s'utilitzen les dades obtingudes en la simulació de la columna corresponent, que es troben en el CD. Per dissenyar-lo es segueix el criteri establert a l'apartat 30 d'annexos.

Els resultats mostrats en la taula 18.3.2.1 són un resum orientatiu, el resultat detallat es troba al full d'especificacions a l'apartat 19.

Taula 18.3.2.1. Resultats del *reboiler* E-201. PART I.

Paràmetre	Unitat	Shell side		Tube side	
Fluid	-	Vapor		Fons columna T-201	
Flux màssic	kg/h	34.300		319.000	
Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor)	kg/h	0	34.300	319.000	0
Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor)	kg/h	34.300	0	197.000	122.000

⁸ Són 0,6096 m per plat, 1,219 m el de cap i fons de columna i 1 m per l'etapa d'alimentació.

⁹ Inclou 3,78 m de faldó.

Taula 18.3.2.1. Resultats del *reboiler* E-201. PART II.

Paràmetre	Unitat	Shell side		Tube side	
Temperatura (IN/OUT)	° C	252	250	203	205
Pressió (IN/OUT)	bar	40,1	40,0	1,90	1,73
Caiguda de pressió (permesa/calculada)	bat	0,51	0,1	0,18	0,17
Velocitat	m/s	3,28		20,7	
Fouling	m ² K/W	0,0001		0,0003	
Diàmetre extern tubs	mm	-		19,05	
Gruix tubs	mm	-		2,11	
Llargada tubs	mm	-		3.048	
Disposició tubs	-	-		Triangular 30 °	
Pitch	mm	-		23,81	
Nº tubs	-	-		2.316	
Diàmetre intern carcassa	mm	1.245		-	
Diàmetre extern carcassa	mm	1.302		-	
Disposició del bescanviador	-			Vertical	
Bescanvi de calor	kW			16.300	
Pes (buit, carcassa + tubs)	kg			31.810	
Cost bescanviador	€			184.114,5	

18.3.3. Condensador C-201

Per dissenyar el condensador C-201, s'utilitzen les dades obtingudes en la simulació de la columna corresponent, que es troben en el CD. Per dissenyar-lo es segueix el criteri establert a l'apartat 31 d'annexos.

Els resultats mostrats en la taula 18.3.3.1 són un resum orientatiu, el resultat detallat es troba al full d'especificacions a l'apartat 19.

Taula 18.3.3.1. Resultats del condensador C-201.

Paràmetre	Unitat	Shell side		Tube side	
Fluid	-	Cap columna T-201		Aigua refrigeració	
Flux màssic	kg/h	155.000		971.000	
Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor)	kg/h	0	155.000	971.000	0
Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor)	kg/h	155.000	0	971.000	0
Temperatura (IN/OUT)	° C	172	168	30	45
Pressió (IN/OUT)	bar	1,27	1,19	3	2,51
Caiguda de pressió (permesa/calculada)	bar	0,12	0,08	0,50	0,49
Velocitat	m/s	19,2		3,21	
Fouling	m²K/W	0,0002		0,0002	
Diàmetre extern tubs	mm	-		19,05	
Gruix tubs	mm	-		2,11	
Llargada tubs	mm	-		2.438	
Disposició tubs	-	-		Quadrada 90 °	
Pitch	mm	-		25,4	
Nº tubs	-	-		998	
Diàmetre intern carcassa	mm	1.040		-	
Diàmetre extern carcassa	mm	1.070		-	
Disposició del bescanviador	-	Horitzontal			
Bescanvi de calor	kW	15.900			
Pes (buit, carcassa + tubs)	kg	9.000			
Cost bescanviador	€	64.306,4			

18.3.4. Dipòsit acumulador de condensat V-201

El dipòsit acumulador de condensat V-201 es troba ubicat a la columna T-201 després del condensador C-201. Aquest dipòsit és cilíndric amb disposició vertical. El criteri de disseny es mostra a l'apartat 32 d'annexos, i el full d'especificació a l'apartat 22.

En la taula 18.3.4.1 s'observen les dimensions principals obtingudes del disseny.

Taula 18.3.4.1. Dimensions i condicions d'operació del dipòsit V-201.

Paràmetre	Unitat	Valor
Cabal	kg/h	155.000
Temps de residència	min	5,00
Volum del dipòsit	m ³	27,2
Longitud total del dipòsit	m	7,06
Radi del dipòsit	m	1,18
Temperatura de disseny	° C	188
Pressió de disseny	barg	Full vacuum / 3,5
Gruix dipòsit	mm	15,0

18.3.5. Bomba P-201 A/B

Aquesta bomba està situada a la línia P-2004-8''-AMS-CS. Serveix per impulsar el cabal del destil·lat de la columna T-201, el qual es dirigeix a reflux i a la columna T-301. Les característiques d'aquesta bomba es mostren a la taula 18.3.5.1.

Taula 18.3.5.1. Taula de resultats de la bomba P-201 A/B.

P ₁ (bar)	ΔP (bar)	z ₁ (m)	z ₂ (m)	NPSH _d (m)	H (m)	Q (m ³ /h)	P (kW)
1,19	1,0	5	59	10,1	0,39	195	31

18.3.6. Bomba P-202 A/B

Aquesta bomba està situada a la línia P-2010-3''-Fenol-CS. Serveix per impulsar el cabal de fons de la columna de distribució T-201, el qual es dirigeix a la columna de fenol T-401. Les característiques d'aquesta bomba es mostren a la taula 18.3.6.1.

Taula 18.3.6.1. Taula de resultats de la bomba P-202 A/B.

P ₁ (bar)	ΔP (bar)	z ₁ (m)	z ₂ (m)	NPSH _d (m)	H (m)	Q (m ³ /h)	P (kW)
1,9	1,0	0	41	5,5	1,7	41	8,1

ENGINYERIA BÀSICA. PART III: FULLS D'ESPECIFICACIONS

19. FULLS D'ESPECIFICACIÓ**19.1. Columna de distribució i equips associats**

Els fulls d'especificació de la columna de distribució i dels seus equips associats es mostren a continuació amb l'ordre següent:

- Columna T-201
- *Reboiler* E-201
- Condensador C-201
- Dipòsit acumulador de condensat V-201
- Bomba (cap) P-201 A/B
- Bomba (fons) P-202 A/B
- PSV-2001, PSV-2002 i PSV-2003

TOWER DATA SHEET

1	GENERAL		Manufacturer:					
2			Item:		T-201			
3			Service:					
4			Type:		Columna de distribución			
5	OPER. CONDIT.		Product					
6			Temper.		208 °C			
7			Pressure		1,27 bar			
8			Liquid Density		864 kg/m ³			
9			Liquid Viscosity		0,0002 Pa·s			
10			Tray Number (Top Tray=No.1)		89			
11			Tower Inside Diameter		3,66 m			
12			Tray Spacing		609,6 mm.			
13			Max. ΔP per Tray		0,007 bar			
14			Minimum Area/Downcomer		1,05 m ²			
15			Valves, Bubble Caps / Tray		Valves			
16			Perforations / Tray		Tray			
17								
18	DESIGN DATA		Des.Pr.		6,01 barg			
19			Des.Temp.		228 °C			
20			Liquid Density		864 kg/m ³			
21			Design Range					
22			Hydr. Test		7,81 barg			
23			Code:		ASME			
24			Corr.Allow.mm: Shell / Heads		2 / 2 mm.			
25			Joint Efficiency:		100 %			
26			Stress.Rel.:		Yes No			
27			Radiograph:		Yes No			
28			Sandblast:		Yes No			
29			Paint:		Yes No			
30			Insulation:		Yes No			
31	Fireproofing:		Yes No					
32	Wind Load:							
33	Seismic:		Yes No					
34	Wt.Empty:		76690 kg					
35	Wt.Full Water:		656691 kg					
36	INTERVALS		Tray No.		Diam.			
37			Thru		to			
38			Thru		to			
39			Thru		to			
40			Thru		to			
41			Contact Device:					
42			Bubble Caps		-			
43			Valves		Nutter float			
44			Perfor.		-			
45	Packing:		No					
46	Demister:		Si					
47	MATERIAL		Thick. (mm.)		Mat'l Class			
48			Cylindric		15		SA-515-55	
49			Top		15		SA-515-55	
50			Bottom		15		SA-515-55	
51								
52								
53								
54								
55								
56								
57								
58								
59								
60	NOZZLES		Service		Mark			
61			Entrada		A-T2		1	
62			Sortida de cap		B-T2		1	
63			Sortida de fons		C-T2		1	
64			Sortida de fons a reboiler		D-T2		1	
65			Entrada recirculació condensador		E-T2		1	
66			Entrada recirculació reboiler		F-T2		1	
67			Boca d'home		G-T2		1	
68			Boca d'home		H-T2		1	
69			Boca d'home		I-T2		1	
70								
71								
72	NOTES:							
73								
74								
75								
76								
77	Realitzat		01/05/2015		Francisco			
78	Comprovat		02/05/2015		Carlos			
79	O							
80	REV.		DATE		PREP.			
81					APPR.			

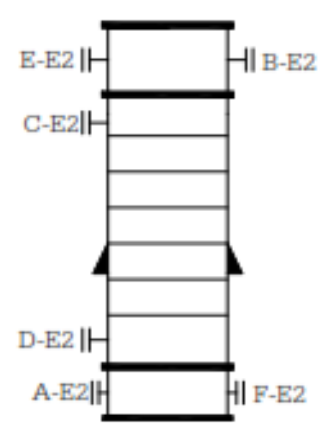
TOWER SKETCH



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

HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.: E-201									
2	Service: Termosifó de la columna T-201									
3	Type:	AEL	Position:	Vertical	Total surface / unit:	394	(m ²)			
4	No. Shell:	1								
5	PERFORMANCE OF UNIT									
6					Shell side		Tube side			
7					Inlet	Outlet	Inlet	Outlet		
8	Fluid name				Vapor Alta Pressió		Fons columna T-201			
9	Fluid total flow		kg/h		34300		319000			
10	Vapour		kg/h						122000	
11	Liquid		kg/h				319000		197000	
12	Steam		kg/h		34300		34300			
13	Water		kg/h							
14	Temperature		°C		252		250		203	
15	Density (L/V)		kg/m ³		/ 16,5		733 /		905 /	
16	Viscosity (L/V)		mPa*s		/ 0,0184		0,108 /		0,139 /	
17	Vapour molecular weight				18				94,6	
18	Specific heat (L/V)		kJ/(kg*K)		/ 1,97		7,26 /		2,53 /	
19	Thermal conductivity (L/V)		W/(m*K)		/ 0,0392		0,618 /		0,139 /	
20	Latent heat		kJ/kg		1710		1710		468	
21	Inlet pressure		bar		40.1		40		1.9	
22	Velocity		m/s		3.28				20.7	
23	Pressure drop (allowable / calculated)		bar		0.51		0.1		0.18	
24	Fouling resistance		m ² *K/W		0.0001				0.0003	
25	Heat exchanged:		(kW)						16300	
26	Heat transfer rate (kW/m².K)		Fouled: 1140				Clean: 2550			
27	CONSTRUCTION PER SHELL									
28	Codes:		Shell side		Tube side					
29	Design pressure	barg	43.5		43.5					
30	Design temperature	°C	280		280					
31	No. of passes		1		1					
32	Stress relief									
33	Radiograph.									
34	Corrosion allowance	mm	3		2					
35	Nozzles	Service	Mark	Dia. (in)	Rating					
36		Entrada	A-E1	10						
37		Sortida	B-E1	22						
38		Entrada SMP	C-E1	8						
39		Sortida SMP	D-E1	3						
40		PU-2016	E-E1	1						
41		N2 for clean	F-E1	1						
42										
43										
44										
45	MATERIALS									
46		Dia.	Thick. (mm.)	Spec. Mat.						
47	Shell:	1245	57	Carbon Steel						
48	Channel:			Carbon Steel						
49	Tubesheets:			Carbon Steel						
50	Baffles: n° / mat.			Carbon Steel						
51	Baffles spacing:		381 mm.							
52										
53	Tubes:									
54	N°	2316								
55	OD	19.05	inches							
56	SWG:	14								
57	Length	3048	mm							
58	Pitch:	23.81	mm	triangular						
59										
60										
61										
62										
63										
64	NOTES:									
65										
66										
67										
Realitzat		5/1/2015	Francisco							
Comprovat		5/1/2015	Carlos							
		DATE	Nom	APPR.						



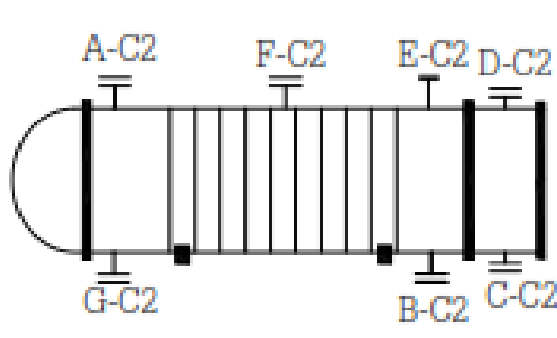
SKETCH



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

HEAT EXCHANGER DATA SHEET

1	ITEM No.: C-201				
2	Service: Condensador de columna T-201				
3	Type: AES	Position: Horizontal		Total surface / unit: 130	(m ²)
4	No. Shell: 1				
5	PERFORMANCE OF UNIT				
6			Shell side		Tube side
7			Inlet	Outlet	Inlet Outlet
8	Fluid name		Cap Columna T-201		Aigua Refrigeració
9	Fluid total flow		155000		971000
10	Vapour		kg/h	155000	0
11	Liquid		kg/h	0	155000
12	Steam		kg/h		
13	Water		kg/h		971000
14	Temperature		°C	172	168
15	Density (L/V)		kg/m ³	/ 4,14	793 /
16	Viscosity (L/V)		mPa*s	/ 0,0095	0,159 /
17	Vapour molecular weight			120	
18	Specific heat (L/V)		kJ/(kg*K)	/ 1,73	2,22 /
19	Thermal conductivity (L/V)		W/(m*K)	/ 0,0211	0,092 /
20	Latent heat		kJ/kg	364	360
21	Inlet pressure		bar	1,27	1,19
22	Velocity		m/s	19,2	3,21
23	Pressure drop (allowable / calculated)		bar	0,12	0,08
24	Fouling resistance		m ² *K/W	0,0002	0,0002
25	Heat exchanged:		(kW)	15900	
26	Heat transfer rate (kW/m ² .K)		Fouled: 1150	Clean: 2420	
27	CONSTRUCTION PER SHELL				
28	Codes:		Shell side	Tube side	
29	Design pressure	barg	3,5	3,5	
30	Design temperature	°C	200	200	
31	No. of passes		1	2	
32	Stress relief				
33	Radiograph.				
34	Corrosion allowance	mm	3	2	
35	Nozzles	Service	Mark	Dia. (in.)	Rating
36		Entrada	A-C1	22	
37		Sortida	B-C1	10	
38		Entrada CW	C-C1	16	
39		Sortida CW	D-C1	16	
40		PU-2005	E-C1	1	
41		PSV-2002 A/B	F-C1	8	
42		N2- for clean	G-C1	1	
43					
44					
45	MATERIALS				
46		Dia.	Thick. (mm.)	Spec. Mat.	
47	Shell:	1041	30	Carbon Steel	
48	Channel:			Carbon Steel	
49	Tubesheets:			Carbon Steel	
50	Baffles: n° / mat.			Carbon Steel	
51	Baffles spacing:	229	mm.		
52					
53	Tubes:				
54	N°	998			
55	OD	19,05	inches		
56	SWG:	14			
57	Length	2438	mm		
58	Pitch:	25,4	mm	Quadrat	
59					
60					
61					
62					
63					
64	NOTES:				
65					
66					
67					
Realitzat		01/05/2015	Francisco		
Comprovat		01/05/2015	Carlos		
		DATE	Nom	APPR.	



SKETCH

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química

Departament d'Enginyeria Química



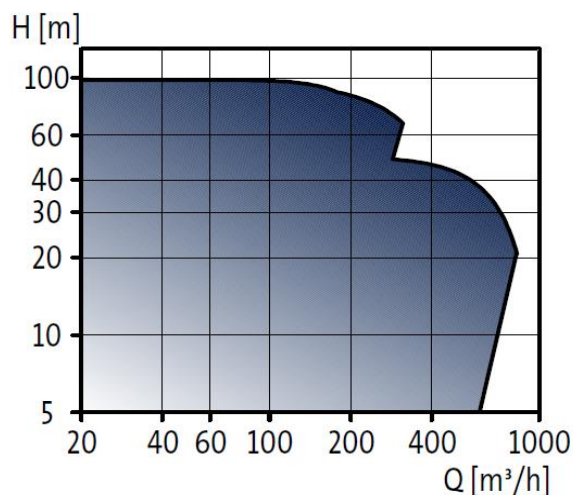
VERTICAL TANK DATA SHEET

[illegible]

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS		RUN:		1	SPARE:	1
2	SERVICE		P-201 A				
3							
4							
5	FLUID PUMPED		AMS				
6	OPER.TEMP		168		°C		
7	DENSITY		784		kg/m3		
8	VISCOSITY		0,159		cP		
9	VAPOR PRESS.		1,39		bar		
10	NORM.CAPACITY		195		m3/h		
11	MAX.CAPACITY		215		m3/h		
12							
13	SUCTION CONDITIONS						
14	TOTAL SUCT.PR.,		barg				
15	NPSH (m.w.c.)		10,1		m		
16							
17	DISCHARGE CONDITIONS						
18	LIQUID HEAD		0,27		barg		
19	TOTAL DISCH.PR,		6,60		barg		
20	DIFF.PRESSURE		6,33		bar		
21	DIFF.HEAD (m.w.c.)		82,3		m		
22	PUMP REQUIREMENTS						
23	TYPE PUMP		Centrifuga				
24	ESTIMATED EFF.		70		%		
25	ESTIMATED Rot.freq.		s-1				
26	ESTIMATED Power		48,1		kW		
27	TYPE DRIVER						
28	STEAM (abs.)				kg/cm²g		°C
29	ELECTRICITY		V:	380	PH: 50	Hz	
30							
31							
32	PUMP MATERIALS						
33	CASE		AISI 316L				
34	IMPELLER		AISI 316L				
35	SHAFT		Acero al Carbono				
36	SHAFT SLEEVE		Acero al Carbono				
37	SEAL/PACKING		AISI 316L				
38	PISTON						
39							
40	Nozzles	Mark	Nº		Dia.(in)	Rating	
41	Suction				6		
42	Discharge				6		
43	Realitzat	24/05/2015	Hocemedine				
44	Comprovat	25/05/2015	Iván				
45	0						
46	REV.	DATE	NOM			APPR.	
47							

Pump Curve



Gen.Arr.Drawin

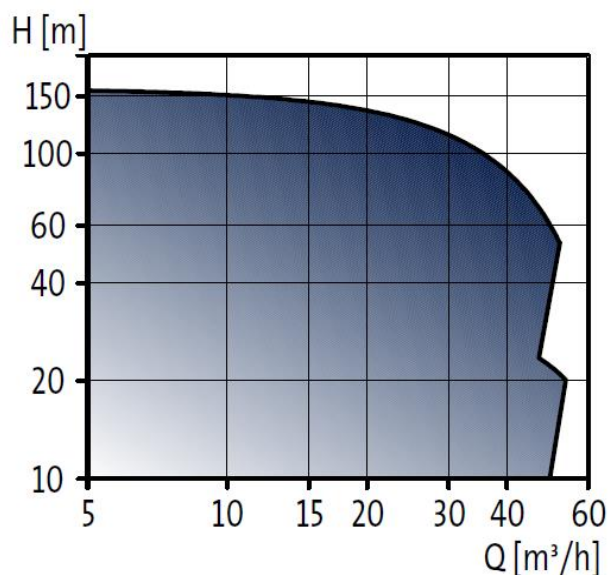


UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
Departament d'Enginyeria Química

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS		RUN:		1	SPARE:	1
2	SERVICE		P-202 A				
3							
4							
5	FLUID PUMPED		FENOL				
6	OPER.TEMP		203		°C		
7	DENSITY		905		kg/m3		
8	VISCOSITY		0,144		cP		
9	VAPOR PRESS.		1,68		bar		
10	NORM.CAPACITY		41,0		m3/h		
11	MAX.CAPACITY		45,1		m3/h		
12							
13	SUCTION CONDITIONS						
14	TOTAL SUCT.PR.,		barg				
15	NPSH (m.w.c.)		5,48		m		
16							
17	DISCHARGE CONDITIONS						
18	LIQUID HEAD		0,51		barg		
19	TOTAL DISCH.PR,		8,40		barg		
20	DIFF.PRESSURE		7,89		bar		
21	DIFF.HEAD (m.w.c.)		88,9		m		
22	PUMP REQUIREMENTS						
23	TYPE PUMP		Centrifuga				
24	ESTIMATED EFF.		70		%		
25	ESTIMATED Rot.freq.		s-1				
26	ESTIMATED Power		12,7		kW		
27	TYPE DRIVER						
28	STEAM (abs.)				kg/cm²g		°C
29	ELECTRICITY		V:	380	PH: 50	Hz	
30							
31							
32	PUMP MATERIALS						
33	CASE		AISI 316L				
34	IMPELLER		AISI 316L				
35	SHAFT		Acero al Carbono				
36	SHAFT SLEEVE		Acero al Carbono				
37	SEAL/PACKING		AISI 316L				
38	PISTON						
39							
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia.(in)	Rating		
41	Suction			2			
42	Discharge			2			
43	Realitzat	24/05/2015	Hocemedine				
44	Comprovat	25/05/2015	Iván				
45	0						
46	REV.	DATE	NOM			APPR.	
47							

Pump Curve



Gen.Arr.Drawin



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

RELIEF VALVES

REVISION DATE

ITEM No.		1		2		3
TAG No.		PSV-2001 A/B		PSV-2002 A/B		PSV-2003
VALVE SERVICE		GAS		GAS		GAS
		COLUMNNA		CONDENSADOR		DIPOSIT
				CARCASSA		
MANUFACTURER		NACIONAL		NACIONAL		NACIONAL
TYPE No.		3-5211		3-5211		3-5211
NUMBER VALVES REQ'D		2		2		1
NORMAL SYSTEM PRESS., BAR		1,27		1,27		1,19
NORMAL SYSTEM TEMP., °C		172,4		72,6		168
GOVERNING UPSET CONDITION						
ACCUMULATION, PERCENT		16		16		10
VALVE SIZING CONDITIONS	FLOWING FLUID	TOP T-201		TOP T-201		CONDENSATE
	FLOW QUANTITY, M3/H	23091		23091		560
	FLOW SPECIFIC GRAVITY	3,38		3,38		3,512605042
	FLOW TEMP., °C	193,5		193,5		188
	FLOW VISCOSITY, cSt	2,75		2,75		2,28
	SET PRESSURE, BARG	6,01		3,50		3,50
	ACCUM. INLET PRESSURE, BAR	1,9716		1,57		1,36
	BACK PRESS., BARG	2,50		2,50		2,50
	REQ'D ORIFICE AREA, CM2	106,0		178,7		5,03

CONSTRUCTION	SIZE/RATING	NOMINAL SIZE INS.					
		ORIFICE AREA, CM2/VALVE		167,7		179,8	5,06
		TOTAL ACTUAL AREA, CM2		167,7		179,8	5,06
		BODY CONN. & RATING -	INLET	8-150		8-150	1 1/2-150
			OUTLET	10-150		10-150	3-150
	MAT'L	BODY		A216WCB		A216WCB	A216WCB
		BONNET		AC/CS		AC/CS	AC/CS
		SPRING		AC/CS		AC/CS	AC/CS
	ACCESSORIES	RADIATING BONNET		NO		NO	NO
		STYLE TOP		NO		NO	NO
		LIFTING GEAR - REG./PACKED		NO		NO	NO
		TEST ROD		NO		NO	NO

REMARKS:

ASME Sec. VIII, Division 1, 3 and RP 520, Part 1, both stipulate a 10% accumulation above the MAWP for a single relief valve and a 16% accumulation above the MAWP for multiple relief valves. The primary relief valve must be set at or below the MAWP. Supplemental relief valves should have staged pressures. The highest pressure may be set no higher than 105% above the MAWP.

FACTORS AMBIENTALS. PART IV

20. ASPECTES AMBIENTALS AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS

20.1. Identificació i avaluació de les emissions a l'aire, aigua i sòl

20.1.1. Emissions atmosfèriques

Per conèixer els valors límits d'emissió (VLE) de cadascun dels contaminants que es generen en la combustió en equips auxiliars com forns i calderes, es comprova tota la legislació vigent. Els paràmetres a limitar són els SO₂, NO_x i partícules sòlides, que d'acord amb la Directiva 2010/75/UE, els rangs varien en funció del combustible utilitzat:

- SO₂: 35 mg/Nm³
- NO_x: 100 mg/Nm³
- Partícules sòlides: 5 mg/Nm³

En el cas de la nostra planta, s'utilitza només gas natural com a combustible ja que és més net que el fuel oil o el gasoil, i les emissions de matèria particulada són mínimes i legalment no es requereix el seu mesurament.

A més, les emissions de CO₂ i de tots els GEH es controlen d'acord a la metodologia establida en l'autorització que atorguen les autoritats competents a la nostra instal·lació.

Altres contaminants són els compostos orgànics volàtils (COV) que conté l'aire que s'utilitza en el procés. Per reduir l'emissió al màxim, es recuperen aquests compostos, per mitjà de condensadors i cambres de carbó actiu, i es retornen al procés per reutilitzar-los.

20.1.2. Emissions líquides

Les aigües residuals generades pel procés de producció i les aigües de les pluges caigudes en el terreny pavimentat ocupat per la planta, son recollides i enviades a una planta depuradora pel seu tractament. Els paràmetres que es controlen en aquestes aigües són: el COT, els fenols, olis i greixos i els SST. Segons l'Agència Catalana de l'Aigua, els límits d'emissió d'abocaments al mar són:

-
- COT o TOC: 300 mg/l
 - Fenols: 2 mg/l
 - Olis i greixos: 50 mg/l
 - MES (Matèries en suspensió, ídem SST): 250 mg/l

Un altre residu líquid important són els olis lubricants utilitzats en equips rotatius de la planta, com ara en les bombes centrífugues, els quals son enviats a un gestor autoritzat per ser tractats adequadament.

20.1.3. Emissions sòlides

Dins del residus sòlids produïts en la planta podem distingir diferents tipus. Els principals, classificats com a peril·losos i que es generen com a conseqüència d'activitats (de manteniment, reparació i condicionament) de les instal·lacions de la planta, inclouen:

- el carbó actiu esgotat,
- les resines esgotades,
- les terres contaminades i els sòlids de neteja d'equips.

Alguns dels generats com a conseqüència d'altres activitats complementàries al procés de fabricació, són:

- els llots de les plantes d'efluents,
- ferralla.

En el següent apartat 20.2 es classifiquen els residus sòlids produïts.

20.2. Identificació i avaluació dels residus sòlids produïts

A continuació es classifiquen els residus sòlids d'acord amb el Catàleg de Residus de Catalunya, indicant el gestor autoritzat que es farà càrrec:

Carbó actiu esgotat

Tipus de residu: materials adsorbents, carbó actiu

Codi de residu: 070401

Classificació: especial

Tractament i disposició del rebuig: T13, deposició de residus especials

Instal·lacions per a la gestió del residu: Atlas Gestión Medioambiental, SA.

Codi de gestor: E-01.89. Can Palà, s/n (08719) Castellolí

Resines esgotades

Tipus de residu: resines de bescanvi iònic

Codi de residu: 070502

Classificació: inert

Tractament i disposició del rebuig: T11, deposició de residus inerts

Instal·lacions per a la gestió del residu: Contenedores Reus, S.A. (CORSÀ).

Codi de gestor: E-42.91. Camí del mas del Blasi, Pda. Mas Calvó, s/n, 43206, Reus

Terres contaminades

Tipus de residu: terres contaminades amb compostos orgànics (hidrocarburs,...)

Codi de residu: 160401

Classificació: no especial

Tractament i disposició del rebuig: T33, estabilització

Instal·lacions per a la gestió del residu: Integració i Gestió de Residus, S.L.

Codi de gestor: E-1275.11. Ctra. N-340, km. 1156 (43110) Tarragona

Sòlids de neteja d'equips

Tipus de residu: sediments de neteja de tancs de combustible

Codi de residu: 150303

Classificació: especial

Tractament i disposició del rebuig: T21, incineració de residus no halogenats

Instal·lacions per a la gestió del residu: Incineradora de Tarragona (Explotador SIRUSA)

Codi de gestor: E-64.94. Pol. Ind. Riu Clar C/ Coure, Parc.300

(43006) Tarragona

Llots de les plantes d'efluents

Tipus de residu: llots de tractament d'efluents (depuradores i pretractaments)

Codi de residu: 070290

Classificació: no especial

Tractament i disposició del rebuig: T33, estabilització

Instal·lacions per a la gestió del residu: Integració i Gestió de Residus, S.L.

Codi de gestor: E-1275.11. Ctra. N-340, km. 1156 (43110) Tarragona

Ferralla

Tipus de residu: trossos, retalls, granalla, llimadures, ferralla i partícules metàl·liques

Codi de residu: 120101

Classificació: inert

Tractament i disposició del rebuig: T11, deposició de residus inerts

Instal·lacions per a la gestió del residu: Contenedores Reus, S.A. (CORSÀ).

Codi de gestor: E-42.91. Camí del mas del Blasi, Pda. Mas Calvó, s/n, 43206, Reus

20.3. Millors tècniques disponibles

Les millors tècniques disponibles utilitzades determinen, junt amb altres factors, els límits d'emissió de substàncies contaminants. Tenen a veure amb conceptes de control i millora de l'eficiència d'equips crítics, com ara forns i calderes, o reactors.

Algunes de les MTD utilitzades, cedides pel Registre Estatal d'Emissions i Fonts Contaminants (E-PRTR), són:

- Aplicar control avançat de procés que pot incloure la mesura continua en línia de les prestacions (equips i processos), i contrast amb els objectius.
- Evitar la contaminació del sòl prevenint els vessaments d'hidrocarburs.
- Programa de detecció i reparació de fuites (LDAR).
- Utilitzar combustibles amb baix contingut de Nitrogen.

Reduir al màxim el volum i el grau de contaminació de les aigües residuals.

SEGURETAT INDUSTRIAL. PART V

21. HAZOP COLUMNA T-201

S'ha considerat per l'estudi HAZOP les desviacions que afecten amb major incidència a la seguretat de la columna T-201.

Taula 21.1. HAZOP de la columna de distribució T-201.

P. GUIA	DESVIACIÓ	POSSIBLES CAUSES	CONSEQÜÈNCIES	RESPOSTA SISTEMA	ACCIONS A EMPRENDRE
més	més nivell a T-201	Error de lectura de LT-2002 (llegeix menys nivell del normal)	Possible ruptura catastròfica amb sortida de producte inflamable a l'exterior		Ficar mesurador de pressió diferencial entre fons i cap de columna amb alarma
		Fallada bomba P-202 A/B	Idem	PSV-2001 Obre	
més	més nivell a V-201	Error de lectura de LT-2001 (llegeix menys nivell del normal)	Idem		
		Fallada bomba P-201 A/B	Idem	PSV-2003 Obre	

menys	menys nivell a T-201	Error de lectura de LT-2002 (llegeix més nivell del normal)	Cavitació de la bomba P-202 A/B amb possible sortida de productes inflamables a l'exterior		Utilitzar bomba amb doble tanca mecànica
menys	menys nivell a V-201	Error de lectura de LT-2001 (llegeix més nivell del normal)	Cavitació de la bomba P-201 A/B amb possible sortida de productes inflamables a l'exterior		Idem
no	no flux a l'alimentació de T-201	Vàlvula VA-2001 queda totalment tancada	Sense conseqüències per la seguretat	VA-2001 tanca per intentar mantenir el nivell	
	no flux de reflux a T-201	Vàlvula VA-2004 queda totalment tancada	Sense conseqüències per la seguretat		

	no flux al corrent de destil·lat de T-201	Vàlvula VA-2005 queda totalment tancada	Possible ruptura catastròfica de la T-201, C-201 i V-201 amb sortida de productes a l'exterior	PSV-2001 obre PSV-2002 obre PSV-2003 obre	
	no flux de producte de fons de T-201	Vàlvula VA-2007 queda totalment tancada	La bomba P-202A/B treballaria a <i>shut off</i> amb escalfament del fluid i possible sortida de productes a l'exterior		
més	més flux a l'alimentació de T-201	Vàlvula VA-2001 queda totalment oberta	Sense conseqüències per la seguretat		
	més flux al corrent de	Vàlvula VA-2005 queda totalment oberta	Cavitació de la bomba P-201 A/B amb possible sortida de		Utilitzar bomba amb doble tanca mecànica

	destil·lat de T-201		productes inflamables a l'exterior		
	més flux de reflux de T-201	Valvula VA-2004 queda totalment oberta	Idem		Idem
	més flux de vapor d'aigua a E-201	Vàlvula VA-2006 queda totalment oberta	No conseqüències per la seguretat	PSV-2001 obre	
revers	flux revers a T-201		No aplica		
més	més pressió a T-201	Ruptura de tub de <i>reboiler</i> E-201	Entrada de vapor directe a la columna, augment de la pressió i pèrdua de la integritat mecànica amb sortida	PSV-2001 obre	Parada de producció per la reparació del feix de tubs del <i>reboiler</i> o substitució del feix.

			d'inflamables a l'exterior		
		Foc extern	Ruptura catastròfica de T-201 i els equips associats, amb sortida d'inflamables a l'exterior Explosió	PSV-2001 obre PSV-2003 obre	
		Fallada bomba P-201 A/B	Lleuger augment de la temperatura i pressió de T-201 Sense conseqüències de seguretat		Canvi a P-201 A/B
		Vàlvula VA-2003 queda totalment tancada	Augment de la pressió amb possible ruptura de T-201 i C-201 amb	PSV-2001 obre PSV-2002 obre	

			sortida d'inflamables a l'exterior		
		Vàlvula VA-2002 queda totalment tancada	Augment de la pressió amb possible ruptura de T-201 amb sortida d'inflamables a l'exterior	PSV-2001 obre	Es recomana la instal·lació d'un enclavament al corrent de vapor
menys	menys pressió a T-201		No aplica		
més	més temperatura a T-201	Ruptura del tub de <i>reboiler</i> E-201	Veure "més pressió" a T-201 per la mateixa causa	PSV-2001 obre	Veure "més pressió" a T-201 per la mateixa causa
menys	menys temperatura a T-201	Error en el <i>reboiler</i> E-201	Sense conseqüències per la seguretat		

		Vàlvula VA-2003 queda totalment oberta	Idem		
<i>as well as</i>	corrosió	Corrosió sota de la columna T-201	Deteriorament del sistema de canonades i del fons de la columna T-201		Supervisió periòdica
	<i>miss operation</i>	P/T inadequades Concentració/fase inadequada	Variació de producció Sense conseqüències per la seguretat		Posar alarmes P/T nivell alt
<i>no utilities</i>	vapor	Fallada del reboiler E-201	Composició inadequada a T-201 Sense conseqüències de seguretat		Reparar <i>reboiler</i> E-201
	electricitat	Sobrecàrrega	Sense conseqüències de seguretat		

		Baixada de tensió	Sense conseqüències de seguretat		
	aigua refrigeració	Ruptura de la línia d'aigua de refrigeració	Veure "més pressió a T-201" per bloqueig de VA-2003	PSV-2001 obre PSV-2002 obre	
	aire d'instruments	Error en el Compressor d'aire d'instruments	Possible ruptura catastròfica dels equips amb sortida de productes inflamables a l'exterior		Totes les vàlvules automàtiques seran <i>Fail Open</i> , excepte la vàlvula VA-2006, del vapor, que serà <i>Fail Close</i>

22. CONTROL DEL SISTEMA DE DESTIL·LACIÓ

22.1. Control de la planta

El control del sistema de destil·lació funciona de la següent manera.

- Un mesurador realitza una mesura i l'envia a la *junction box*¹⁰. Aquesta és una entrada (INPUT) que pot ser analògica (valor concret) o digital (0 o 1).
- A la *junction box* s'envia un senyal cap a blocs *weidmuller*¹¹ i d'aquests cap al programa d'anàlisi.
- El programa d'anàlisi realitza dos anàlisi de la mateixa senyal, la *fox* i la *doc*, on totes dues comparen i envien una senyal única cap a la *junction box*.
- La *junction box* envia un senyal al controlador. Aquesta senyal és una de sortida (OUTPUT) que pot ser analògica o digital.
- La vàlvula actua.

Cal destacar que l'entrada i la sortida són sempre respecte a la *junction box*, això vol dir que un controlador sempre rep la comanda i per tant, és una sortida. En canvi, un transmissor és una entrada.

22.2. Anàlisi de conflictes de l'estratègia de control

Alhora d'analitzar el control del conjunt del sistema de destil·lació s'haurà d'eliminar els possibles conflictes. Com en el cas de les vàlvules automàtiques controladores d'alimentació a les columnes que s'eliminen ja que es controla amb la sortida de l'equip anterior.

23. PROTECCIÓ D'EQUIPS A SOBREPRESSIÓ

Les vàlvules de seguretat s'han dissenyat seguint la normativa de catàleg Crosby i la normativa exposada pel catàleg de vàlvules Nacional.

¹⁰ *Junction box*: caixes de connexió en camp.

¹¹ Blocs *weidmuller*: converteixen les senyals per a poder ser utilitzades pels ordenadors.

S'han estudiat els escenaris més restrictius per a cada equip del sistema de destil·lació. Aquests són tancament de vàlvula de cap en el cas de les columnes, tall de l'aigua de refrigeració en el cas dels condensadors i foc extern en el cas dels dipòsits.

Es suposa que els valors de la contra pressió és de 2,5 barg, perquè en cas de que totes les PSV obrissin al mateix temps la pressió d'un equip faria de contra per a les altres. Els resultats es mostren en la taula 23.1.

Taula 23.1. Resultats de les vàlvules de seguretat (PSV).

Nom	P&ID	Descripció	P ¹²	Pd ¹³	S (%) ¹⁴	Or ¹⁵	A ¹⁶
PSV							
2001 A/B	2000	PSV columna T-201	6,01	7,62	10	T	167,7
2002 A/B	2000	PSV condensador C- 201	3,50	4,86	10	T2	179,8
2003	2000	PSV dipòsit V- 201	3,50	4,86	10	H	5,06

¹² P = Pressió de tret (barg).

¹³ Pd = Pressió de descàrrega (bar).

¹⁴ S = Sobrepressió.

¹⁵ Or = Tipus d'orifici.

¹⁶ A = àrea (cm²).

AVALUACIÓ ECONÒMICA. PART VI

24. ESTUDI ECONÒMIC

S'ha realitzat l'estudi de la viabilitat del projecte. Amb aquest objectiu s'han estimat els costos fixes i variables, la inversió inicial i s'han calculat els fluxos de caixa i el VAN i el TIR en un període de 11 anys.

24.1. Pressupost d'execució del projecte

De la taula 24.1.1. a la 24.1.5. es mostren els costos dels equips principals dels equips del sistema de destil·lació.

Taula 24.1.1. Cost de les columnes de destil·lació.

Equip	Unitats	Cost (MM\$)
T-101	1	0,4
T-201	1	1,57
T-301	1	2,91
T-401	1	2,13
TOTAL	-	7,01

Taula 24.1.2. Cost dels dipòsits d'acumulació de condensat.

Equip	Unitats	Cost (MM\$)
V-101	1	0,005
V-201	1	0,02
V-301	1	0,02
V-401	1	0,035
TOTAL	-	0,08

Taula 24.1.3. Cost de les bombes. PART I.

Equip	Unitats	Cost (MM\$)
P-101	2	0,08
P-102	2	0,09
P-201	2	0,135
P-202	2	0,09
P-301	2	0,17
P-302	2	0,075

Taula 24.1.3. Cost de les bombes. PART II.

Equip	Unitats	Cost (MM\$)
P-401	2	0,17
P-402	2	0,075
TOTAL	-	0,885

Taula 24.1.4. Cost dels bescanviadors.

Equip	Unitats	Cost (MM\$)
C-101	1	0,068
C-201	1	0,064
C-301	1	0,064
C-401	1	0,125
E-101	1	0,17
E-201	1	0,18
E-301	1	0,14
E-401	1	0,19
TOTAL	-	1,01

Taula 24.1.5. Cost total dels equips.

Equip	Cost (MM\$)
Columnnes	7,01
Dipòsits	0,08
Bombes	0,89
Bescanviadors	1,01
TOTAL	8,99

El cost total del sistema de destil·lació s'ha estimat a partir del cost dels equips, el terreny i la construcció, tot això dividit per un factor de 0,3. Per tant, el cost d'inversió és de **70,8 MM\$**.

24.2. Compte de resultats

En aquest apartat es mostren els resultats del cost de les *utilities*, personal, energies i matèries primeres. Aquests s'han suposat fixes, per tant no s'han calculat els costos variables.

A la taula 24.2.1. es mostren els costos fixos estimats per any sense aplicar el factor.

Taula 24.2.1. Costos fixes.

Costos	Valor (MM\$)/any
Cost <i>utilities</i>	63,6
Cost mà d'obra	4,2
Cost energies	1,54
Cost d'operació	258
TOTAL (amb factor)	431,6

24.3. Avaluació global de la inversió

S'inicia l'estudi amb la determinació del *cash flow* i del *payback*.

A la figura 24.3.1. es mostra el diagrama de *cash flow* acumulat. Així doncs, als 11 anys d'operació de la planta el valor acumulat és de 559,6 MM€.

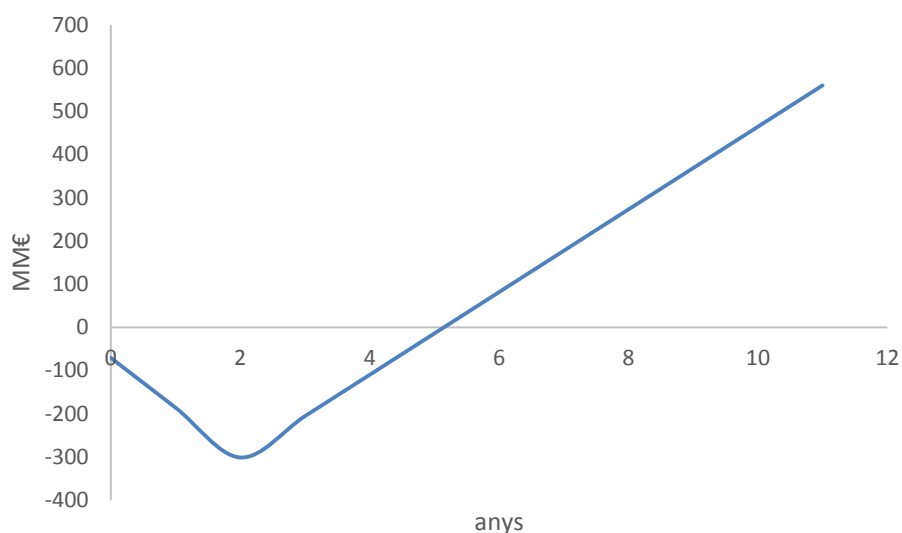


Figura 30.3.1 Diagrama del cash flow acumulat.

A la figura 24.3.1 s'observa que el *payback* es situa als 5 anys un cop iniciada la producció.

Per tal d'avaluar la viabilitat del projecte s'ha utilitzat el valor actual net (VAN) i la taxa de rendibilitat interna (TIR). El VAN s'ha calculat amb una taxa de rendibilitat del 0,05%.

A la taula 24.3.1. es mostren els resultats obtinguts de VAN i TIR.

Taula 24.3.1. Resultats del VAN i el TIR.

	Unitats	Valor
VAN	MM\$	399,8
TIR	%	11

BIBLIOGRAFIA

25. **BIBLIOGRAFIA**

Llibres:

- Distillation Design, *Henry Z. Kister, McGraw-Hill, Inc.*.
- Encyclopedia of industrial chemistry, *Ullmann's. Sixth Edition.*
- Pressure vessel handbook- *Megyesy, 11th Edition.*
- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, *40 Volume Set, 7th Edition.*
- Fundamentals of Heat Exchanger Design. Ramesh K. Shah, Dusan P. Sekulic
Editorial John Wiley & Sons, 2003
- Chemical Process Engineering: Design And Economics. Harry Silla

Web:

http://cpmaindia.com/pdf/apice2013_chen_xiaojue.pdf

<http://www.feique.org/radiografia-economica-del-sector-quimico.html>

<http://www.feique.org/prensa/noticias/213-el-cluster-quimico-de-tarragona-sera-una-realidad-antes-de-finalizar-2013.html>

http://www.engineeringtoolbox.com/steel-plates-weight-d_1561.html

Otros:

- NIST & DECHEMA Base Data from Aspen Plus®
- Catàleg de bombes Grundfos

ANNEXOS

26. DISSENY DE CANONADES

26.1. Criteris per al dimensionament de les canonades

Per tal d'evitar una pèrdua de càrrega elevada s'ha determinat que les velocitats màximes pels fluids siguin les següents:

1. 3 m/s pels líquids.
2. 30 m/s pels gasos.
3. Pels cabals mixtes es calcula de manera ponderada mitjançant la fracció de vapor.

26.2. Dimensionament

S'ha determinat el diàmetre intern de les canonades a partir de l'equació 1.

$$Q = v \cdot A \quad (1)$$

On Q és el cabal volumètric en m^3/s , v la velocitat en m/s i A l'àrea en m^2 .

El cabal s'extreu del balanç de matèria i les densitats del programa *Aspen Plus*[®]. Per tant mitjançant l'equació 2 amb el flux màssic dividit de la densitat s'obté el flux volumètric.

$$Q = \frac{\dot{m}}{\rho} \quad (2)$$

On $\dot{m}$ és el flux màssic en kg/s i ρ en kg/m^3 .

26.3. Material

El material de construcció de les canonades és acer al carboni. Basant-se en l'experiència del polígon industrial de Tarragona, zona pròxima on es situa la planta, s'ha determinat que l'ambient marí no és una font preocupant de corrosió.

El material seleccionat és el SA-106, que és un aliatge de carboni i manganés. Segons el codi ASME té una tensió admissible de 103,4 MPa en un rang de temperatura dels -29 °C fins als 343 °C, a partir dels 343 °C comença a disminuir la seva resistència.

26.4. Schedule

Un cop determinat el diàmetre intern mínim necessari per a les canonades de tot el sistema de destil·lació, s'ha determinat el gruix d'aquesta, és a dir, el Schedule mitjançant l'equació 3 per a que suporti una pressió i una temperatura determinada.

$$N^{\circ} Schedule = 1000 \cdot \frac{P}{S} \quad (3)$$

On P és la pressió interna en psi i S la tensió admissible a la temperatura de treball en psi.

27. DIMENSIONAMENT DE LES VÀLVULES CONTROLADORES

El dimensionament de les vàlvules controladores s'ha determinat el diàmetre de l'orifici de la vàlvula que permeti que la obertura d'aquesta es trobi entre un 30% i un 70% durant el mínim i màxim cabal. S'ha calculat mitjançant l'equació 4.

$$C_v = Q \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{\Delta P}} \quad (4)$$

On Q és el cabal volumètric en galons per minut, primer de tot és necessari determinar les densitats dels corrents implicats. És per això que s'utilitza el programa *Aspen Plus V.8.4*[®], el qual dona la informació precisa de la densitat en funció de la temperatura i la pressió.

A continuació, s'estipula de manera aproximada que la caiguda de pressió en totes les vàlvules serà de 0,15 kg/cm².

28. CRITERI DE DISSENY DE LES COLUMNES

Per al disseny de les columnes s'han utilitzat dos models de càlculs anomenats model *Short-cut* o DSTWU i el model rigorós o *Rafdrac*, mitjançant el programa *AspenPlus V.8.4*[®].

El DSTWU proporciona les dades bàsiques per a poder realitzar un model més correcte com: nombre d'etapes, etapa d'alimentació, temperatures i flux màssic de destil·lat i de fons.

Una vegada obtingudes les dades del model utilitzat del model *Short-cut* s'utilitzen en el model rigorós on varien lleugerament, però la major utilitat del model rigorós es poder introduir els paràmetres variables com el reflux per aconseguir complir les especificacions.

Per altra banda s'obté també informació bàsica pel disseny del *reboiler* i del condensador de la mateixa. Aquestes dades són orientatives i canviaran de cara al disseny real.

29. **CRITERI DE DIMENSIONAMENT DE LES COLUMNES**

29.1. **Criteris de selecció**

Quasi qualsevol separació es pot portar a terme amb rebliment o amb plats. Tenint en compte eficiència, cost i capacitat, els criteris per escollir la destil·lació amb plats i no amb rebliment són les següents:

- El rebliment té una baixa eficiència amb altes velocitats de fluid.
- La neteja dels plats és més fàcil que la del rebliment en columnes de gran diàmetre.
- Les columnes de plats poden treballar amb cabals de líquid més elevats.
- La integració d'un equip addicional dins de la columna, en cas de necessitar-lo, seria molt més complicada amb rebliment que amb plats.
- Una manera de permetre incerteses en el disseny i variacions en l'alimentació és la instal·lació de punts d'alimentació alternatius. En el cas del rebliment cada punt d'alimentació alternatiu requereix un costós equip de distribució.
- El pes en buit de la columna seria major en el cas de tenir rebliment en el seu interior.

Les columnes de rebliment amb un diàmetre elevat són propenses a problemes greus de distribució de flux; problemes que es disminueixen utilitzant plats.

29.2. **Dimensionament dels plats**

Per tal d'obtenir el diàmetre interior de la columna s'ha realitzat un estudi amb diferents tipus de plats, considerant un factor d'inundació màxim per plat de 0,7, un factor d'àrea de desguàs de 0,1 i una distància entre plats de 0,6096 m. Els factors d'inundació, àrea de desguàs i distància entre plats s'han considerat constants per a totes les columnes.

S'han tingut en compte 4 variables: el tipus de plat, el mètode de càlcul utilitzat¹⁷, el nombre de passos (amb un valor de 1 a 4) i la possible variació de la producció anual. Seguidament es mostra els tipus de plats i mètodes de càlcul possibles.

Tipus de plats estudiats:

- *Bubble cap*
- *Sieve*
- *Glitsch Ballast*
- *Koch Flexitray*
- *Nutter Float valve*

Tipus de mètodes de càlcul utilitzats:

- FAIR (per a *Sieve* i *Bubble cap*)
- FAIR72 (per a *Sieve* i *Bubble cap*)
- STO72 (per a *Sieve* i *Bubble cap*)
- GLITSCH (només per a *Glitsch Ballast*)
- KOCH (només per *Koch Flexitray*)
- NUTTER (només per *Nutter Float valve*)
- KISTER (només per *Sieve*)

Els valors de diàmetre més petits s'obtenen amb els plats *Nutter Float valve* i *Sieve*. Tots els valors obtinguts es troben en el CD adjunt amb el projecte.

29.3. **Conclusions**

Pels criteris anteriorment esmentats d'eficàcia, cost i capacitat, s'ha escollit la destil·lació amb plats.

En cas de producció variable el tipus de plat escollit i recomanat és el *Nutter Float valve*, amb un sol pas, ja que en aquest cas no afecta al diàmetre de la columna i és la opció més econòmica. Aquest és el que s'ajusta millor a la situació de variació de producció anual pel fet de ser un plat de vàlvules i no perforat.

¹⁷ No tots els mètodes de càlcul d'inundació dels plats serveixen per a tots els tipus de plats.

En cas de producció fixa hi ha la opció d'escollir el tipus de plat Sieve (plat perforat), calculat amb el mètode STO72, amb 4 passos.

30. **CRITERI DE DISSENY DELS REBOILERS**

El programa utilitzat pel disseny del *reboiler* és l'*Aspen Exchanger Design & Rating*.

El criteri de disseny per al *reboiler* es mostra a continuació:

30.1. **Reboiler E-201**

- El fluid calent, vapor d'aigua, circula per la carcassa.
- El fluid fred, producte de fons de columna, circula pels tubs.
- El *reboiler* serà un termosifó vertical, estil A.E.L.
- El tipus de distribució del feix de tubs és triangular 30 °.
- El fouling es suposa que és de $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pel producte de fons de columna.
- La caiguda de pressió permesa és de 0,51 i 0,18 bar per carcassa i tubs respectivament.
- S'ha determinat que el vapor condensa totalment per tal d'establir el cabal del mateix.
- El material de construcció és acer al carboni.

31. **CRITERI DE DISSENY DELS CONDENSADORS**

El programa utilitzat pel disseny dels condensadors és l'*Aspen Exchanger Design and Rating*.

Els criteris de disseny són:

- El fluid calent, vapor de procés, circula per la carcassa.
- El fluid fred, aigua de torre, circula pels tubs.
- Quan la ΔT entre les temperatures d'entrada és menor a 56°C, seran A.E.L. horitzontals, i per a ΔT majors a 83°C, seran A.E.S. horitzontals.
- El tipus de distribució del feix de tubs és quadrada 90 °.
- El fouling es suposa de $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ pel producte de cap de columna.

- La caiguda de pressió màxima permesa s'ha suposat de 0,12 bar per carcassa i 0,5 bar per tubs.
- S'ha determinat que el vapor es condensa totalment per tal d'establir el cabal d'aigua de torre.
- El material de construcció ha estat acer al carboni.

32. CRITERI DE DISSENY DEL DIPÒSIT ACUMULADOR DE CONDENSAT

El criteri de disseny pels dipòsits acumuladors de condensat es mostren en els següents subapartats:

- El disseny s'ha fet segons la normativa ASME i a pressió externa. També s'ha fet inicialment a pressió interna de 3,5 barg, per saber el sobregruix que suposa el disseny a buit total.
- L'orientació és vertical per tenir major altura de líquid a l'aspiració de les bombes de reflux.
- El cap superior és semiesfèric, i l'inferior és semi el·líptic 2:1.
- El temps de residència és de 5 minuts, i el tanc en operació normal es manté un 60% ple.
- La relació altura-diàmetre és de 3.
- Tot el dipòsit es dissenya amb el mateix gruix, que és el major obtingut de les tres parts.
- Les soldadures estan totalment radiografiades.
- El sobregruix per corrosió és de 2 mm.
- El material de construcció és acer al carboni SA-515-55.

L'aïllament del tanc és de llana de vidre, el gruix mínim del qual és de 100 mm.