
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 acetona T-101.....	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 1000: columna de acetona T-101	49
18.2.4.	Dimensionament de les vàlvules controladores	50
18.3.	Disseny d'equips	51
18.3.1.	Columna d'acetona T-101	51
18.3.2.	<i>Reboiler</i> E-101	52
18.3.3.	Condensador C-101	53
18.3.4.	Dipòsit acumulador de condensat V-101	55
18.3.5.	Bomba P-101 A/B	55
18.3.6.	Bomba P-102 A/B	56
19.	FULLS D'ESPECIFICACIÓ	58
19.1.	Columna d'acetona i equips associats	58
20.	ASPECTES AMBIENTALS AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS	67
20.1.	Identificació i avaluació de les emissions a l'aire, aigua i sòl	67
20.1.1.	Emissions atmosfèriques	67
20.1.2.	Emissions líquides	67
20.1.3.	Emissions sòlides	68
20.2.	Identificació i avaluació dels residus sòlids produïts	68
20.3.	Millors tècniques disponibles	70
21.	HAZOP COLUMNA T-101	72
22.	CONTROL DEL SISTEMA DE DESTIL·LACIÓ	80
22.1.	Control de la planta	80
22.2.	Anàlisi de conflictes de l'estratègia de control	80
23.	PROTECCIÓ D'EQUIPS A SOBREPRESSIÓ	80
24.	ESTUDI ECONÒMIC	83
24.1.	Pressupost d'execució del projecte	83
24.2.	Compte de resultats	85

24.3.	Avaluació global de la inversió	85
25.	BIBLIOGRAFIA	88
•	Chemical Process Engineering: Design And Economics. Harry Silla.....	88
26.	DISSENY DE CANONADES.....	90
26.1.	Criteris per al dimensionament de les canonades	90
26.2.	Dimensionament.....	90
26.3.	Material.....	90
26.4.	Schedule	91
27.	DIMENSIONAMENT DE LES VÀLVULES CONTROLADORES	91
28.	CRITERI DE DISSENY DE LES COLUMNES	91
29.	CRITERI DE DIMENSIONAMENT DE LES COLUMNES	92
29.1.	Criteris de selecció	92
29.2.	Dimensionament dels plats.....	92
29.3.	Conclusions	93
30.	CRITERI DE DISSENY DELS <i>REBOILERS</i>	94
30.1.	<i>Reboiler</i> E-101.....	94
31.	CRITERI DE DISSENY DELS CONDENSADORS	94
32.	CRITERI DE DISSENY DEL DIPÒSIT ACUMULADOR DE CONDENSAT	95

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 Gavaldà
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 pureza (>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.

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 d’acetona
- 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: Hocemedine Lakchouch

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.

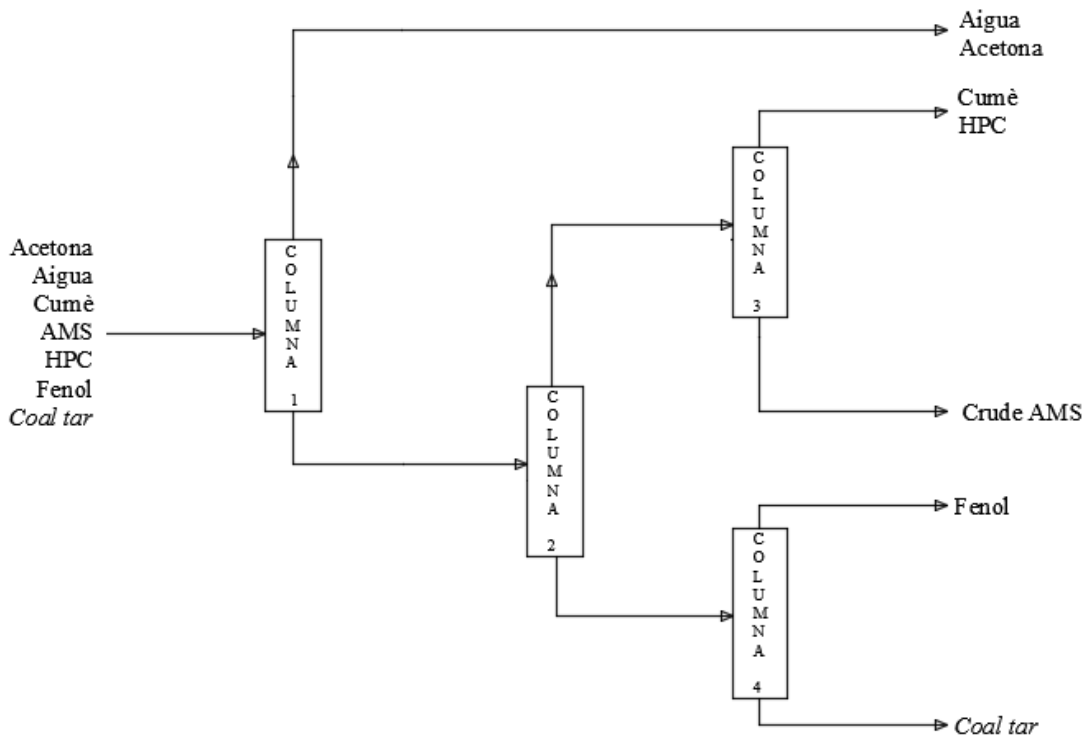


Figura 7.1.1.1. Diagrama de blocs del procés de Hock.

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.

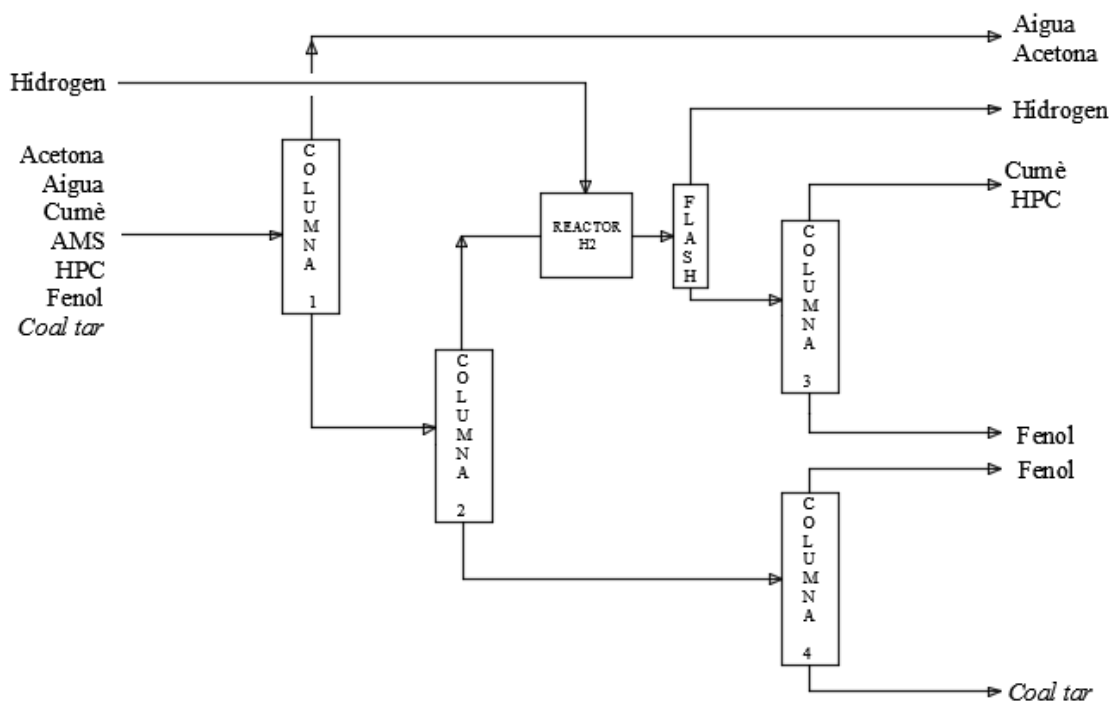


Figura 7.1.2.1. Diagrama de blocs del procés seleccionat per LMMO Solutions S.L.

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 el 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.

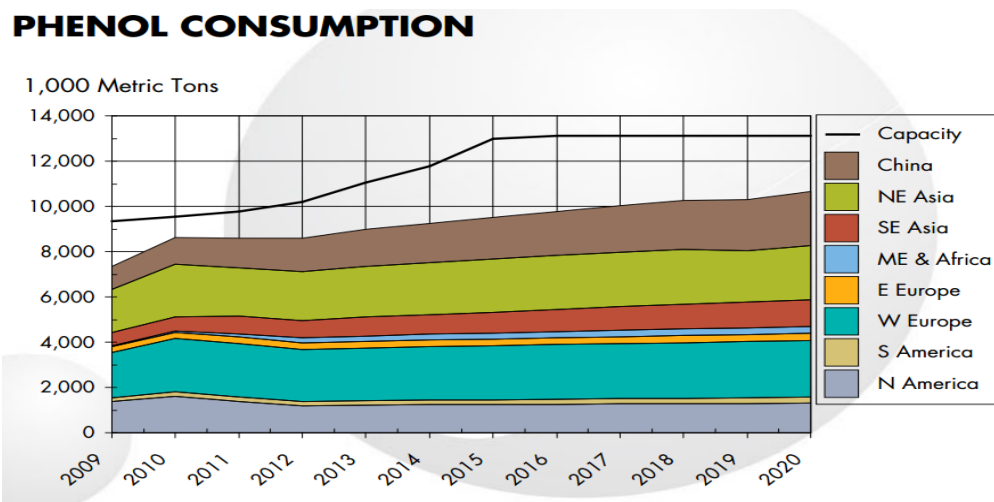


Figura 14.2.1. Previsió de la demanda mundial de fenol.

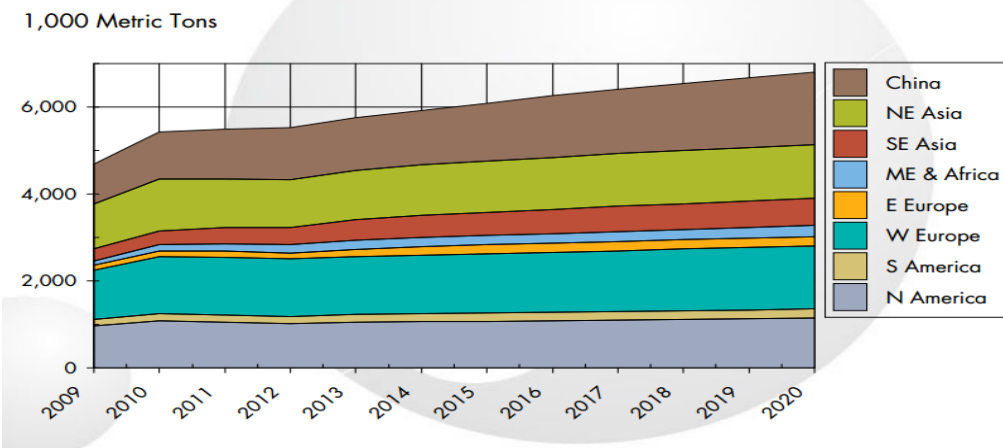
ACETONE CONSUMPTION

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.

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.

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.

ENGINYERIA BÀSICA. PART II:
COLUMNA D'ACETONA

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 llistats de línies, que es troben a l'apartat 18.2.1.1.

18.2. Control de la columna de acetona T-101**18.2.1. P&ID + CONTROL**

A continuació es presenta el diagrama d'instrumentació i control de la columna de destil·lació d'acetona, T-101. El sistema de control s'explica a l'apartat 18.2.3.

Llistat de línies

Taula 18.2.1.1.1. Llistat de línies del P&ID 1000. PART I.

P&ID	Línia	Tipus	Diàmetre (in)	Top (°C)	Schedule	Pop (bar)
P&ID 1000	P-1001-8''-Fenol- CS	P	8	100	20	1,3
P&ID 1000	P-1002-18''- Acetona-CS	P	18	72	10	1,3
P&ID 1000	P-1003-6''- Acetona-CS	P	6	62	40	1,2
P&ID 1000	P-1004-3''- Acetona-CS	P	3	62	40	1,2
P&ID 1000	P-1005-3''- Acetona-CS	P	3	62	40	1,2
P&ID 1000	P-1006-1 1/4''- Acetona-CS	P	1 1/4	62	40	1,3
P&ID 1000	P-1007-3''- Acetona-CS	P	3	62	40	1,3
P&ID 1000	P-1008-10''- Fenol-CS	P	10	182	20	1,5
P&ID 1000	P-1009-22''- Fenol-CS	P	22	185	10	1,4
P&ID 1000	P-1010-4''-Fenol- CS	P	4	182	40	1,5
P&ID 1000	P-1011-4''-Fenol- CS	P	4	182	40	1,4
P&ID 1000	CW-1001-10''- Aigua-CS	CW	10	30	20	3
P&ID 1000	CW-1002-10''- Aigua-CS	CW	10	45	20	2,7
P&ID 1000	SMP-1001-10''- Vapor-CS	SMP	10	205	20	16
P&ID 1000	SMP-1002-3''- Vapor-CS	SMP	3	203	40	16

Taula 18.2.1.1.1. Llistat de línies del P&ID 1000. PART II.

P&ID	Línia	Tipus	Diàmetre (in)	T _{OP} (°C)	Schedule	P _{OP} (bar)
P&ID 1000	N2-1001-1''- Nitrogen-CS	N2	1	30	-	7
P&ID 1000	N2-1002-1''- Nitrogen-CS	N2	1	30	-	7
P&ID 1000	N2-1003-1''- Nitrogen-CS	N2	1	30	-	7
P&ID 1000	N2-1004-1''- Nitrogen-CS	N2	1	30	-	7
P&ID 1000	N2-1005-1''- Nitrogen-CS	N2	1	30	-	7
P&ID 1000	N2-1006-1''- Nitrogen-CS	N2	1	30	-	7
P&ID 1000	PU-1001-1''- Acetona-CS	PU	1	62	40	1,2
P&ID 1000	PU-1002-1''- Fenol-CS	PU	1	182	40	1,5

Llistat d'equips

Taula 18.2.1.2.1. Llistat d'equips del P&ID 1000. PART I.

Nom	Descripció	P&ID	P _{IN} (bar)	P _{OUT} (bar)	P _{OP} (bar)	P _D (barg)
T-101	Torre destil·lació	1000	-	-	1,26	3,5
E-101	<i>Reboiler</i> ¹	1000	1,55/16,5	1,43/16,4	1,55/16,5	17,5/17,5
C-101	Condensador ²	1000	3/1,3	2,8/1,2	3/1,3	3,5/3,5
V-101	Dipòsit acumulador de condensat	1000	-	-	1,2	<i>Full</i> <i>vacuum/3,5</i>

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 1000. PART II.

Nom	Descripció	P&ID	P _{IN} (bar)	P _{OUT} (bar)	P _{OP} (bar)	P _D (barg)
P-101 A/B	Bombes (cap)	1000				
P-102 A/B	Bombes (fons)	1000				

Taula 18.2.1.2.2. Llistat d'equips del P&ID 1000.

Nom	Descripció	P&ID	T _{OP} (°C)	T _D (°C)	Potència (kW)	Material
T-101	Torre destil·lació	1000	185	205	-	SA-515-55
E-101	<i>Reboiler</i> ³	1000	182/205	230/230	-	Carbon steel
C-101	Condensador ⁴	1000	30/73	100/100	-	Carbon steel
V-101	Dipòsit acumulador de condensat	1000	62	82	-	SA-515-55
P-101 A/B	Bombes (cap)	1000			2,8	AISI 316L
P-102 A/B	Bombes (fons)	1000			7,8	AISI 316L

Llistat d'instrumentació

Taula 18.2.1.3.1. Llistat d'instrumentació del P&ID 1000 PART I.

Identificació	P&ID	Descripció de l'instrument	Nom de línia o equip
FT-1001	1000	Mesurador de cabal	P-1001-8''-Fenol-CS
FT-1002	1000	Mesurador de cabal	P-1006-1 1/4''-Acetona-CS

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

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

Taula 18.2.1.3.1. Llistat d'instrumentació del P&ID 1000 PART II.

Identificació	P&ID	Descripció de l'instrument	Nom de línia o equip
PT-1001	1000	Mesurador de pressió	P-1002-18''- Acetona-CS
TT-1001	1000	Mesurador de temperatura	V-101
TT-1002	1000	Mesurador de temperatura	T-101
TT-1003	1000	Mesurador de temperatura	T-101
LT-1001	1000	Mesurador de nivell	V-101
LT-1002	1000	Mesurador de nivell	T-101
AT-1001	1000	Mesurador de concentració	V-101
AT-1002	1000	Mesurador de concentració	T-101
PDI-1001	1000	Mesurador de pressió	T-101

18.2.2. Introducció

A continuació s'explica l'estratègia de control relacionada amb la columna d'acetona T-101. La seva funció es separar l'acetona i l'aigua, que són els compostos més volàtils de la resta de compostos. També es separa l'aigua degut a que per la seva polaritat perjudica en les posteriors columnes de destil·lació.

18.2.3. Control del P&ID 1000: columna de acetona T-101

- **CT-1001:** aquesta vàlvula regula el cabal a partir de la diferència de pressió en el controlador VA-1001 amb sortida analògica AO-1101. El transmissor que utilitza és FT-1001 amb entrada digital AI-1101.

- **CT-1002:** aquesta vàlvula regula el cabal a partir de la diferència de pressió en el controlador VA-1002 amb sortida analògica AO-1102. El transmissor que utilitza és PT-1001 amb entrada digital AI-1102.
- **CT-1003:** aquesta vàlvula regula la temperatura del corrent d'entrada d'aigua freda del condensador C-101 mitjançant el controlador VA-1003 amb sortida analògica AO-1103. El transmissor que utilitza és el TT-1001 amb entrada digital AI-1103
- **CT-1004:** aquesta vàlvula regula el cabal de reflux a partir de la diferència de pressió en el controlador VA-1004 amb sortida analògica AO-1104. El transmissor que utilitza és FT-1002 amb entrada digital AI-1104.
- **CT-1005:** aquesta vàlvula garanteix el nivell del dipòsit d'acumulador de condensat V-101 mitjançant el controlador VA-1005 amb una sortida analògica AO-1105. El transmissor que utilitza és el LT-1001 amb entrada digital AI-1105, i aquest té alarma de nivell alt i baix.
- **CT-1006:** aquesta vàlvula regula el cabal d'entrada de vapor al *reboiler* E-101 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-1006 que té una sortida analògica AO-1106. Els seus transmissors són TT-1002 i TT-1003 respectivament, amb entrada digital AI-1106. En aquest control s'inclou l'indicador de pressió diferencial PDI-1001, que en cas que la pressió superi el *set point*⁶ la vàlvula VA-1006 tanca.
- **CT-1007:** aquesta vàlvula garanteix el nivell de fons de columna mitjançant el controlador VA-1007 amb una sortida analògica AO-1107. El transmissor que utilitza és LT-1002 amb entrada digital AI-1107, 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-1001	8	0,15	35
VA-1002	18	0,15	175
VA-1003	10	0,15	97
VA-1004	3	0,15	1
VA-1005	1 1/4	0,15	8
VA-1006	3	0,15	50
VA-1007	10	0,15	17

18.3. Disseny d'equips

18.3.1. Columna d'acetona T-101

La columna d'acetona T-101 ha de complir les característiques exposades a l'apartat 9.1. Per dissenyar i dimensionar la columna es segueixen els criteris explicats als apartats 28 i 29 d'annexos respectivament. Els resultats obtinguts es presenten a la taula 18.3.1.1.

Taula 18.3.1.1. Resultats de la columna d'acetona T-101. PART I.

Paràmetre de la columna	Unitat	Radfrac
Nombre d'etapes ⁷	-	28
Eficiència de plat	%	75
Plat d'alimentació	-	16
Relació de reflux	-	0,1841
Flux de destil·lat	kg/h	26.304
Temperatura destil·lat	° C	64,29

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

Taula 18.3.1.1. Resultats de la columna de acetona T-101. PART II.

Paràmetre de la columna	Unitat	Radfrac
Flux de fons	kg/h	61.241
Temperatura de fons	° C	181,81
Pressió de treball	bar	1,25
Diàmetre de columna	m	2,75
Espai entre plat	m	0,6096
Alçada de plats ⁸	m	17,45
Alçada des d'últim plat fins al fons	m	1,219
Alçada total de la columna ⁹	m	22,1
Flux de <i>reboiler</i>	kg/h	196.792

18.3.2. Reboiler E-101

Per tal de dissenyar el *reboiler* E-101, 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 22.

Taula 18.3.2.1. Resultat del *reboiler* E-101. PART I.

Paràmetre	Unitat	Shell side		Tube side	
Fluid	-	Vapor		Fons columna T-101	
Flux màssic	kg/h	17.100		197.000	
Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor)	kg/h	0	17.100	197.000	0
Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor)	kg/h	17.100	0	121.000	76.000

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 4,65 m d'alçada de faldó.

Taula 18.3.2.1. Resultat del *reboiler* E-101. PART II.

Paràmetre	Unitat	Shell side		Tube side	
Temperatura (IN/OUT)	° C	205	203	182	185
Pressió (IN/OUT)	bar	16,5	16,4	1,55	1,43
Caiguda de pressió (permesa/calculada)	bar	0,27	0,1	0,17	0,12
Velocitat	m/s	2,28		10,5	
Fouling	m ² K/W	0,0001		0,0003	
Diàmetre extern tubs	mm	-		19,05	
Gruix tubs	mm	-		2,11	
Llargada tubs	mm	-		3.658	
Disposició tubs	-	-		Triangular 30 °	
Pitch	mm	-		23,81	
Nº tubs	-	-		2.937	
Diàmetre intern carcassa	mm	1.397		-	
Diàmetre extern carcassa	mm	1.426		-	
Disposició del bescanviador	-			Vertical	
Bescanvi de calor	kW			9.180	
Pes (buit, carcassa + tubs)	kg			32.000	
Cost bescanviador	€			170.342,7	

18.3.3. Condensador C-101

Per dissenyar el condensador C-101, 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 22.

Taula 18.3.3.1. Resultats del condensador C-101.

Paràmetre	Unitat	Shell side		Tube side	
Fluid	-	Cap columna T-101		Aigua refrigeració	
Flux màssic	kg/h	31.100		382.000	
Flux màssic de entrada (Líquid/Vapor)	kg/h	0	31.100	382.000	0
Flux màssic de sortida (Líquid/Vapor)	kg/h	31.100	0	382.000	0
Temperatura (IN/OUT)	° C	72,6	61,9	30	45
Pressió (IN/OUT)	bar	1,26	1,24	3	2,75
Caiguda de pressió (permesa/calculada)	bar	0,12	0,020	0,50	0,25
Velocitat	m/s	9,31		1,43	
Fouling	m ² K/W	0,0002		0,0002	
Diàmetre extern tubs	mm	-		19,05	
Gruix tubs	mm	-		2,11	
Llargada tubs	mm	-		6.096	
Disposició tubs	-	-		Quadrada 90 °	
Pitch	mm	-		25,4	
Nº tubs	-	-		849	
Diàmetre intern carcassa	mm	925		-	
Diàmetre extern carcassa	mm	949		-	
Disposició del bescanviador	-	Horitzontal			
Bescanvi de calor	kW	6.200			
Pes (buit, carcassa + tubs)	kg	13.790			
Cost bescanviador	€	68.101,8			

18.3.4. Dipòsit acumulador de condensat V-101

El dipòsit acumulador de condensat V-101 es troba ubicat a la columna T-101 després del condensador C-101. 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-101.

Paràmetre	Unitat	Valor
Cabal	kg/h	31.200
Temps de residència	min	5,00
Volum del dipòsit	m ³	5,66
Longitud total del dipòsit	m	4,14
Radi del dipòsit	m	0,690
Temperatura de disseny	° C	81,9
Pressió de disseny	barg	<i>Full vacuum / 3,5</i>
Gruix dipòsit	mm	10,0

18.3.5. Bomba P-101 A/B

Aquesta bomba està situada a la línia P-1004-3''-Acetona-CS. Serveix per impulsar el cabal de destil·lat de la columna T-101, el qual es dirigeix a reflux i a sortida de producte. 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-101 A/B.

P ₁ (bar)	ΔP (bar)	z ₁ (m)	z ₂ (m)	NPSH _a (m)	H (m)	Q (m ³ /h)	P (kW)
1,23	1,0	5	21,5	7,22	2,23	40,75	3,2

18.3.6. Bomba P-102 A/B

Aquesta bomba està situada a la línia P-1010-4''-Fenol-CS. Serveix per impulsar el cabal de fons de la columna d'acetona T-101, el qual es dirigeix a la columna de distribució T-201. 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-102 A/B.

P₁ (bar)	ΔP (bar)	z₁ (m)	z₂ (m)	NPSH_d (m)	H (m)	Q (m³/h)	P (kW)
1,4	1,0	0	42,7	4,33	1,36	71,63	7,8

ENGINYERIA BÀSICA. PART III

FULLS D'ESPECIFICACIONS

19. FULLS D'ESPECIFICACIÓ**19.1. Columna d'acetona i equips associats**

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

- Columna T-101
- *Reboiler* E-101
- Condensador C-101
- Dipòsit acumulador de condensat V-101
- Bomba (cap) P-101 A/B
- Bomba (fons) P-102 A/B
- PSV-1001, PSV-1002 i PSV-1003

**FACTORS AMBIENTALS. PART
VII:**

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 23.2 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. (CORSA).

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. (CORSA).

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-101

S'ha considerat per l'estudi HAZOP les desviacions que afecten amb major incidència a la seguretat de la columna T-101.

Taula 21.1. HAZOP de la columna d'acetona T-101.

P. GUIA	DESVIACIÓ	POSSIBLES CAUSES	CONSEQUÈNCIES	RESPOSTA SISTEMA	ACCIONS A EMPRENDRE
més	més nivell a T-101	Error de lectura de LT-1002 (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-102 A/B	Idem	PSV-1001 Obre	
més	més nivell a V-101	Error de lectura de LT-1001 (llegeix menys nivell del normal)	Idem		
		Fallada bomba P-101 A/B	Idem	PSV-1003 Obre	

menys	menys nivell a T-101	Error de lectura de LT-1002 (llegeix més nivell del normal)	Cavitació de la bomba P-102 A/B amb possible sortida de productes inflamables a l'exterior		Utilitzar bomba amb doble tanca mecànica
menys	menys nivell a V-101	Error de lectura de LT-1001 (llegeix més nivell del normal)	Cavitació de la bomba P-101 A/B amb possible sortida de productes inflamables a l'exterior		Idem
no	no flux a l'alimentació de T-101	Vàlvula VA-1001 queda totalment tancada	Sense conseqüències per la seguretat	VA-1001 tanca per intentar mantenir el nivell	
	no flux de reflux a T-101	Vàlvula VA-1004 queda totalment tancada	Sense conseqüències per la seguretat		

	no flux al corrent de destil·lat de T-101	Vàlvula VA-1005 queda totalment tancada	Possible ruptura catastròfica de la T-101, C-101 i V-101 amb sortida de productes a l'exterior	PSV-1001 obre PSV-1002 obre PSV-1003 obre	
	no flux de producte de fons de T-101	Vàlvula VA-1007 queda totalment tancada	La bomba P-102A/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-101	Vàlvula VA-1001 queda totalment oberta	Sense conseqüències per la seguretat		
	més flux al corrent de	Vàlvula VA-1005 queda totalment oberta	Cavitació de la bomba P-101 A/B amb possible sortida de		Utilitzar bomba amb doble tanca mecànica

	destil·lat de T-101		productes inflamables a l'exterior		
	més flux de reflux de T-101	Valvula VA-1004 queda totalment oberta	Idem		Idem
	més flux de vapor d'aigua a E-101	Vàlvula VA-1006 queda totalment oberta	No conseqüències per la seguretat	PSV-1001 obre	
revers	flux revers a T-101		No aplica		
més	més pressió a T-101	Ruptura de tub de <i>reboiler</i> E-101	Entrada de vapor directe a la columna, augment de la pressió i pèrdua de la integritat mecànica amb sortida	PSV-1001 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-101 i els equips associats, amb sortida d'inflamables a l'exterior Explosió	PSV-1001 obre PSV-1003 obre	
		Fallada bomba P-101 A/B	Lleuger augment de la temperatura i pressió de T-101 Sense conseqüències de seguretat		Canvi a P-101 A/B
		Vàlvula VA-1003 queda totalment tancada	Augment de la pressió amb possible ruptura de T-101 i C-101 amb	PSV-1001 obre PSV-1002 obre	

			sortida d'inflamables a l'exterior		
		Vàlvula VA-1002 queda totalment tancada	Augment de la pressió amb possible ruptura de T-101 amb sortida d'inflamables a l'exterior	PSV-1001 obre	Es recomana la instal·lació d'un enclavament al corrent de vapor
menys	menys pressió a T-101		No aplica		
més	més temperatura a T-101	Ruptura del tub de <i>reboiler</i> E-101	Veure "més pressió" a T-101 per la mateixa causa	PSV-1001 obre	Veure "més pressió" a T-101 per la mateixa causa
menys	menys temperatura a T-101	Error en el <i>reboiler</i> E-101	Sense conseqüències per la seguretat		

		Vàlvula VA-1003 queda totalment oberta	Idem		
<i>as well as</i>	corrosió	Corrosió sota de la columna T-101	Deteriorament del sistema de canonades i del fons de la columna T-101		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-101	Composició inadequada a T-101 Sense conseqüències de seguretat		Reparar <i>reboiler</i> E-101
	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-101" per bloqueig de VA-1003	PSV-1001 obre PSV-1002 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-1006, 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 29.1.

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

Nom	P&ID	Descripció	P¹²	Pd¹³	S (%)¹⁴	Or¹⁵	A¹⁶
PSV							
1001	1000	PSV columna T-101	3,50	4,86	10	R	103,2
1002	1000	PSV condensador C- 101	3,50	4,86	10	R	103,2
1003	1000	PSV dipòsit V- 101	3,5	4,86	10	G	3,25

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 fixes 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€.

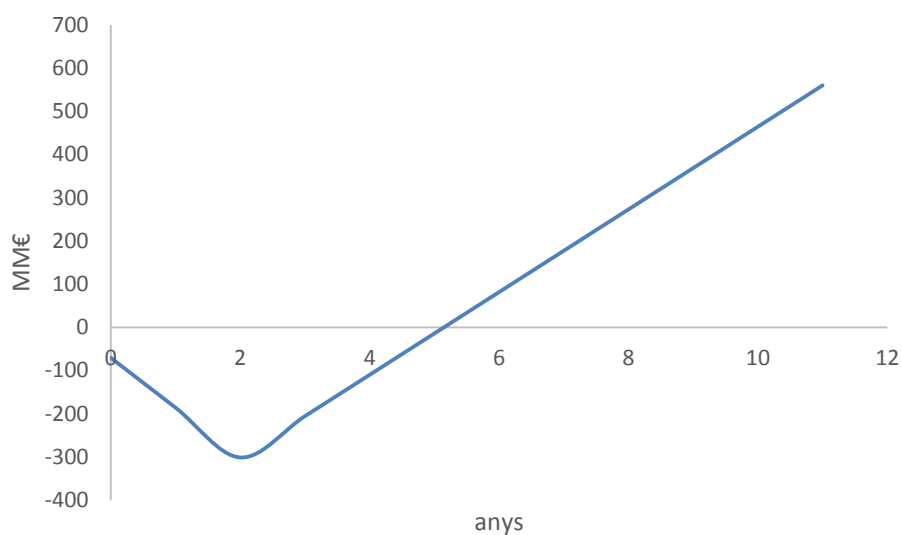


Figura 30.3.1 Diagrama del cash flow acumulat.

A la figura 30.3.1 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 $-29\text{ }^\circ\text{C}$ fins als $343\text{ }^\circ\text{C}$, a partir dels $343\text{ }^\circ\text{C}$ 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.

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

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 dóna 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 dels *reboilers* és l'*Aspen Exchanger Design & Rating*.

Els criteris de disseny per a cada *reboiler* es mostren en els següents subapartats.

30.1. **Reboiler E-101**

- 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 0,27 i 0,17 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.