



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI



DISSENY D'UNA PLANTA DE RECUPERACIÓ DE MONÒMERS DE LA PLANTA DE POLIOLS POLIMÈRICS

Treball de fi de grau

Identificador:TFGGEQ_2022
Membres: Arnau Larroca Padrol
Marc Solanas Martín
Tutor: Luca Sanminiatielli
Grau: Enginyeria química

Departament d'Enginyeria Química. Universitat Rovira i Virgili.

Vist i plau pel lliurament i defensa del TFG del grau d'Enginyeria Química.

TÍTOL DEL TFGEQ: DISSENY D'UNA PLANTA DE RECUPERACIÓ DE
MONÒMERS DE LA PLANTA DE POLIS POLIMÈRICS

SUBTÍTOL TREBALL DE FI DE GRAU

AUTOR: ARNAU LAPROCA PADROL, MARC SOLANAS MARTÍN

CURS ACADÈMIC: 4º GRAU ENGINYERIA QUÍMICA

VIST I PLAU DEL TUTOR ACADÈMIC

En/Na LUCA SANMINIATELLI

en la seva capacitat de tutor acadèmic fa constar que considera que el TFGEQ

☒ és adequat i en conseqüència recomana la seva defensa

☐ no en recomana la defensa per presentar les mancances exposades en el document annex

Signatura:



Data:

26/06/2020

DECLARACIÓ D'ABSÈNCIA DE CONFLICTES DE CONFIDENCIALITAT

En/Na LUCA SANMINIATELLI, en la seva capacitat de supervisor extern^(*) del treball fa constar que ha revisat el contingut del TFGEQ i que no conté cap informació que pugui ser considerada com confidencial per part de l'empresa REPSOL

^(*) Cas que el TFGEQ no sigui extern serà el professor tutor qui emplenarà aquesta secció

Signatura:



Data:

26/06/2020

Índex

Índex	2
1. Introducció.....	4
1.1. Agraïments.....	4
1.2. Resum executiu	5
2. Etapa preliminar.....	6
2.1. Descripció del procés	6
2.2. Abast	6
2.3. Antecedents.....	7
2.4. Estudi d'alternatives.....	7
2.4.1. Stripper i columna de destil·lació	8
2.4.2. Flash i columna de destil·lació	20
2.4.3. Balanç econòmic	34
2.4.4. Elecció final	36
2.5. Planificació.....	37
3. Bases per al desenvolupament del projecte	40
3.1. Bases de disseny.....	40
3.1.1. Especificacions alimentació i sortida de cabal mínim i requerit.....	40
3.1.2. Especificacions valor màxim i mínim de temperatura de disseny.....	40
3.1.3. Especificacions possible polimerització	40
3.1.4. Especificacions de treball de la planta.....	40
3.2. Dades bàsiques per l'enginyeria.....	41
3.2.1. Serveis disponibles.....	41
3.2.2. Preus de les energies	42
3.2.3. Informació del emplaçament.....	42
3.2.4. Normes i codis de disseny oficials	43
4. Desenvolupament de l'enginyeria bàsica	45
4.1. Diagrames del Procés	45
4.2. Disseny de canonades.....	52
4.2.1. Canonades amb protecció personal	52
4.2.2. Càlcul del aïllament tèrmic	53
4.2.3. Llistat de canonades	54
4.3. Disseny d'instrumentació i control	56
4.3.1. Disseny d'instal·lacions.....	56
4.3.1. Control de les instal·lacions	59
4.3.2. Sistema de control de la planta	59
4.3.3. Fitxes vàlvules del procés	63
4.3.4. Fitxa vàlvules seguretat	64
4.3.5. Fitxa vàlvula automàtica	65
4.3.6. Fitxa vàlvula manual i purga	66
4.3.7. Fitxa vàlvula regulació.....	67
4.4. Disseny d'equips.....	68
4.4.1. Tanc TK-100	68
4.4.2. Columna Flash C-100	71
4.4.3. Bescanviador de calor E-100.....	73
4.4.4. Bescanviador de calor E-101.....	75
4.4.5. Bombes del procés.....	77
4.4.6. Decantador D-100.....	83
4.5. Descripcions.....	86

4.5.1. Descripció funcional	86
4.5.2. Descripció de la instal·lació	87
5. Simulació del procés	88
6. Estudi de seguretat	90
6.1. Salvaguardes	90
6.2. Hazop.....	90
7. Estudi medioambiental	99
8. Manual de manteniment	100
8.1. Elecció del pla de manteniment	100
8.1.1. Classificació d'equips.....	100
8.1.2. Recopilació d'informació.....	100
8.1.3. Selecció de la política de manteniment	101
8.2. Manteniment equips dinàmics.....	102
8.2.1. Manteniment bombes centrífugues P-100, P-101, i P-102.....	102
8.3. Manteniment equips estàtics.....	102
8.3.1. Tanc d'emmagatzematge TK-100.....	102
8.3.2. Manteniment ejector X-100.....	103
8.3.3. Intercanviadors de calor E-100 i E-101.....	103
8.3.4. Manteniment columna flash C-100.....	104
8.3.5. Manteniment decantador D-100	105
9. Manual d'operació.....	106
9.1. Instal·lació.....	106
9.2. Verificacions preliminars a la posada en marxa.....	106
9.3. Instruccions d'encès	107
9.4. Normal funcionament.....	107
9.5. Parada de la planta.....	107
10. Balanç econòmic	108
11. Conclusions.....	110
12. Bibliografia	111
Annexos	113
A.1 Planificació.....	114
A.2 Llistes instrumentació	115
A.3 Fitxa de seguretat	124

1. INTRODUCCIÓ

Títol	Disseny d'una planta de recuperació de monòmer de la unitat de Poliols Polimèrics		
Identificador	TFG_2022		
Tutor	Luca Sanminiatielli		
Data d'entrega	29/06/2020	Localització	Tarragona
Autors	Arnau Larroca Padrol	(color vermell)	
	Marc Solanas Martín	(color blau)	

1.1. Agraïments

Volíem donar les gràcies als nostres pares que ens han donat suport incondicional durant tots els anys de realització del grau, sense oblidar-nos de tots els companys i professors que han tingut a bé tant d'acompanyar-nos com d'ensenyar-nos. Per últim, i no per això menys important, volem agrair al nostre tutor, Luca Sanminiatielli, el seguiment que ha fet del projecte.

1.2. Resum executiu

L'empresa REPSOL disposa d'una planta de producció de Poliols Polimèrics que genera un corrent residual format per aigua i restes de monòmer no reaccionat (acrilonitril i estirè). Actualment, aquest efluent no s'aprofita i es crema íntegrament degut a la toxicitat del monòmer, cosa que suposa un gran impacte ambiental així com una pèrdua de beneficis.

El projecte desenvolupat consisteix en l'aprofitament de part del monòmer contingut en el corrent residual mitjançant una destil·lació Flash a pressió de buit de 0,02 kg/cm² absoluts. Tot i que una petita quantitat del acrilonitril desitjat es perd mesclat amb aigua i part del estirè pel fons de la columna flash, aquesta permet reduir la quantitat d'aigua del corrent obtenint-ne un altre amb una concentració major de monòmer absorbida pel cap de la columna gràcies al sistema de buit.

El fet de reduir la quantitat d'aigua facilita que l'acrilonitril es pugui separar en un decantador a pressió atmosfèrica. En aquest cas, la diferència de densitats dels líquids fa que l'acrilonitril es situï a la posició més elevada i que sobreixi.

Tant el corrent aquós obtingut en el fons de la columna com el del procés de decantació, són enviats al procés crematori existent, que es troba fora dels límits del projecte, amb una notable reducció del seu contingut en monòmer. Tot aquest procés es capaç de recuperar el 85% del acrilonitril alimentat inicialment.

La font d'ingressos del projecte n'és alhora el seu èxit, i resideix en el mateix aprofitament de l'acrilonitril. El fet de poder recuperar l'acrilonitril per ser enviat de nou al seu origen on s'utilitzarà per produir Poliols Polimèrics produeix un benefici econòmic de $2,36 \cdot 10^5$ €/any i un estalvi mediambiental de $7,2 \cdot 10^3$ €/any.

Econòmicament redueix les pèrdues de producte que suposa no recuperar un monòmer que podria ser utilitzat per a produir més producte. Mediambientalment es redueix un 85,45% l'emissió de CO₂ en comparació al que suposava cremar tot el corrent residual.

Es necessiten $3,49 \cdot 10^5$ € per a la implantació de la planta dissenyada, que serà recuperada en un període de 1,3 anys. L'estudi econòmic revela un VAN de $1,15 \cdot 10^6$ i una TIR de 78%, confirmant així la viabilitat del projecte.

2. ETAPA PRELIMINAR

2.1. Descripció del procés

Aquest projecte té com a objectiu la recuperació d'acrilonitril d'una corrent aquosa que actualment no s'aprofita. Per poder separar el producte desitjat de la resta cal contemplar diferents tipus de configuracions, concretament s'escullen diferents columnes de destil·lació que s'han dividit amb 3 casos que s'esmentaran a continuació.

- Columna destil·lació de convencional.
- Columna *FLASH*.
- Columna *STRIPPER*.

Per a poder escollir correctament quina seria la millor configuració, es parteix de les dades facilitades per l'empresa REPSOL sobre la corrent aquosa, amb la composició del corrent i el seu cabal màxim. A continuació, es mostra el procediment seguit:

Primerament es parteix d'un esquema de la possible disposició dels equips en l'espai per tal de poder tenir una primera visió de com dissenyar la planta de recuperació de monòmer i estudiar els possibles escenaris de seguretat realitzats amb les diferents configuracions mencionades anteriorment.

Seguidament un cop es tenen les configuracions es passa a la simulació dels equips, començant per la columna de destil·lació convencional i seguidament el *FLASH* on es comparen seguidament tant pel seu rendiment, com econòmicament. El cas de la columna *STRIPPER* es descarta al ser inviable econòmicament.

2.2. Abast

La finalitat del projecte es dissenyar un planta de recuperació de monòmer d'una planta de producció de poliols polimèrics. La planta s'ubicarà en el *site* de Repsol Química a Tarragona. Totes les plantes ubicades en aquest emplaçament ocupen més de 500 hectàrees. El complex es troba totalment immers en compromisos per tal de aconseguir un producte de qualitat i sostenible fins al punt de tindre un pla de sostenibilitat pioner al sector químic de Tarragona.

El projecte consisteix en la recuperació del acrilonitril (ACN) i estirè (SM) monòmers a partir dels quals es produeixen els poliols esmentats anteriorment. Aquests monòmers es troben en una corrent aquosa residual d'un procés anterior que es fan arribar a un tanc pulmó assegurant així un cabal de 2200 kg/h en unes condicions de 30°C i 1 bar. La necessitat d'aquest projecte sorgeix de que actualment aquest corrent s'envia a cremar, es a dir, no s'aprofita de manera que s'està perdent producte. La solució proposada presenta una destil·lació flash per tal de separar un 85,45% de monòmer que arriba mesclat en l'aigua podent així retornar-lo al procés anterior.

Queda inclòs dins del projecte la realització dels diagrames requerits, el disseny dels equips, instruments i canonades (a excepció del ejector i les brides), a més del manual d'operació i de manteniment, l'estudi de seguretat i mediambiental respectivament i un estudi econòmic del projecte. Queda fora del projecte el disseny dels serveis o *utilities* de la planta.

Després d'haver realitzat l'avaluació econòmica del procés, s'ha determinat que la inversió inicial es de $3,49 \cdot 10^5$ €, que inclou tots els equips, els instruments i el seu muntatge. Es preveu una recuperació de la inversió inicial amb un període 1,3 anys, degut a que es recupera només tenint en compte l'acrilonitril ja que l'estirè monòmer es troba quantitats molt petites. El seu valor actual net (VAN) és de $1,15 \cdot 10^6$ i una taxa interna de retorn (TIR) de 78%, on es remarca que és una gran oportunitat d'inversió, ja que és superior al valor recomanat del 30%.

2.3. Antecedents

Repsol es una empresa capaç de tractar el petroli cru fins al punt d'obtenir productes de gran interès, com poden ser naftes, GLP, querosè, gasoils, fueloil, o asfalt (Ref. 1-2).

Una secció important són els poliols, els poliols són alcohols amb més d'un grup hidroxil i constitueixen una de les matèries primes per a la fabricació de poliuretà. Els poliuretans posseeixen un ampli rang d'aplicacions industrials i de consum bàsic, es un material plàstic que es presenta tant rígid com flexible. Concretament Repsol fabrica un ampli ventall de poliols polièter sota la marca Alcupol, que es poden agrupar en tres seccions:

- Poliols polièter per escumes flexibles: són escumes que s'adapten a les diferents necessitats i aplicacions de confort com poden ser els matalassos i sofàs, o bé seients d'automòbil i reposacaps, altrament també s'utilitzen per a peces d'insonorització.
- Poliols polièter per escumes rígides: les seves propietats aïllants augmenten l'eficiència energètica dels edificis i electrodomèstics, reduint les emissions de CO₂ a l'atmosfera. Les seves aplicacions més destacables són els aïllants per la construcció, i l'aïllant per neveres, o congeladors.
- Poliols CASE per recobriments i adhesius segellants: aquestes sigles corresponen al anglès *Coatings Adhesives Sealants Elastomers*, aquests estan presents en materials de recobriments de vehicles, adhesius, vernissos, cables, parets, carreteres etc. Són un aïllant segur i efectiu amb una durabilitat excel·lent.

2.4. Estudi d'alternatives

En aquest apartat es mostren les alternatives de procés estudiades. Per fer-ho s'ha realitzat un estudi de seguretat preliminar acompanyat d'un diagrama de control bàsic, un estudi econòmic per conèixer la seva viabilitat vers altres tipus de processos, i una seva simulació en el programari Aspen Hysys. Les dues opcions estudiades són:

- Equip Stripper seguit d'una columna de destil·lació.
- Destil·lació Flash seguida d'una columna de destil·lació.

Les dues opcions precisen d'un tanc pulmó previ a les separacions, ja que el producte que arriba no es constant degut a que el procés anterior es discontinu. D'aquesta manera s'assegura que sempre es disposarà de producte per funcionar.

A continuació es presenta la discussió de les dues alternatives.

2.4.1. Stripper i columna de destil·lació

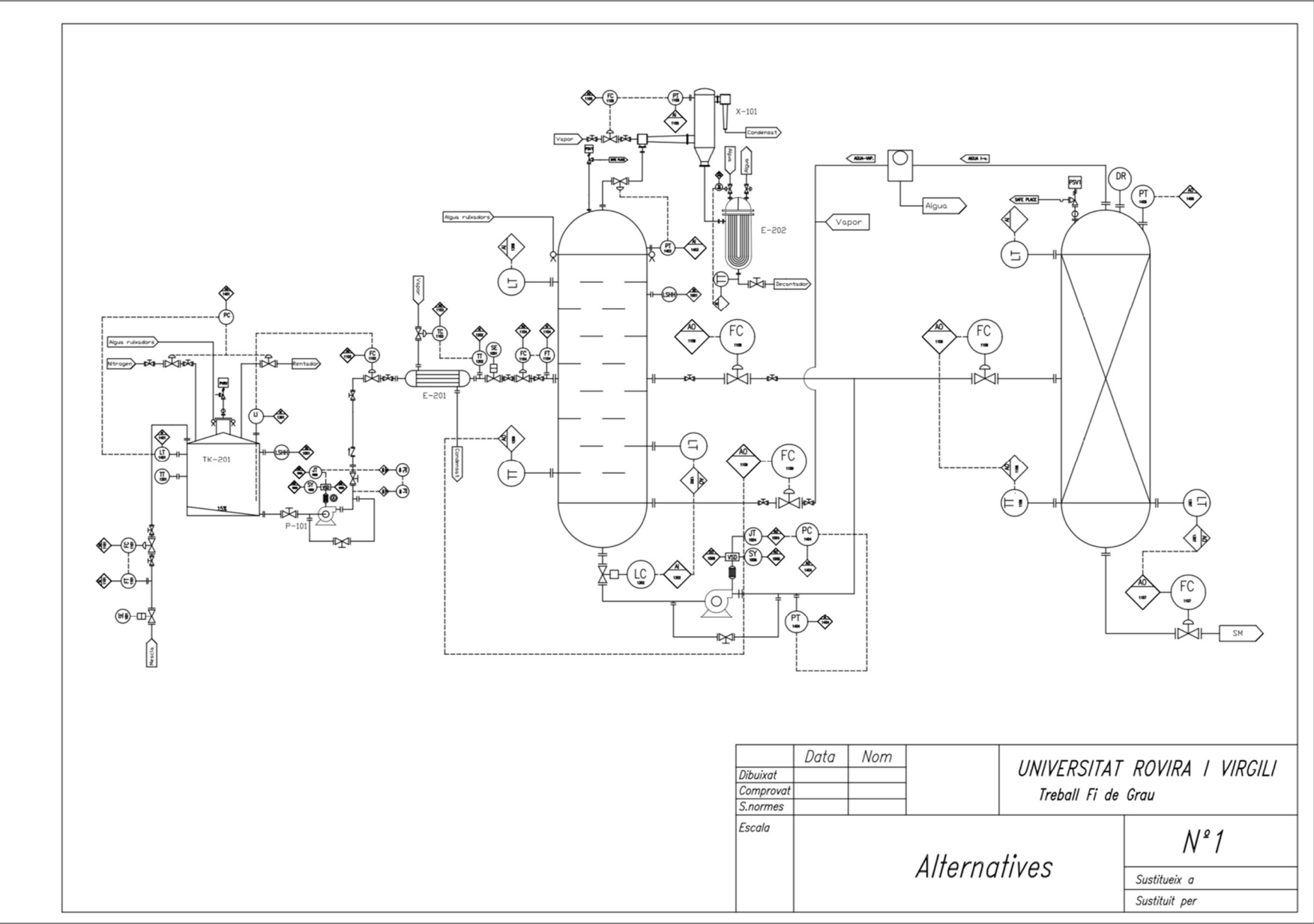
Aquesta opció consisteix en un stripping i una columna de destil·lació convencional de manera que es pugui aprofitar el vapor extret de la columna de destil·lació i realitzar un estalvi d'energia considerat.

Primerament s'inicia amb una columna stripper o d'arrossegament de vapor, que consta d'una injecció de vapor pel fons de la columna a una temperatura d'uns 100°C (punt ebullició aigua al ser més econòmic com a producte obtingut de la segona columna del procés), i al cap de columna anirà disminuint la temperatura de la columna, per on sortirà com a vapor l'acrilonitril a uns 77-78°C i pel fons de la columna una mescla d'aigua i estirè monòmer.

Per tal de poder alimentar de vapor la primera columna, es posa una columna de destil·lació de destil·lació convencional a la segona amb un previ intercanviador de calor de manera de poder escalfar abans el producte per fer més fàcil el canvi de fase i que entri sobre 90°C la mescla a l'interior de la columna de destil·lació, per on s'obtindria una temperatura de 100°C per on al cap sortiria el vapor d'aigua cap al stripper i pel fons de la columna l'estirè monòmer amb una petita quantitat d'aigua dissolta però irrellevant.

2.4.1.1. Diagrama del procés proposat

Per tal de poder realitzar un estudi de seguretat s'ha elaborat un diagrama incloent els equips i controladors que s'ha cregut que farien falta en el cas que es portés a terme.



2.4.1.2. Estudi de seguretat

Nº	Paraula guia	Desviació	Causes	Escenari	Conseqüències	Salvaguardes	C	F	R	Recomanacions	C	F	R
1	Més	Nivell tanc	Fallada del indicador nivell 1301	Possible inundació del tanc, si el FC no es capaç d'alleugerar l'excés de pressió, pot acabar amb ruptura catastròfica	Persones i instal·lacions	Alarma alt nivell i enclavament	3	-1	B	Accionar alarma alt nivell	3	-5	D
2	Menys	Nivell tanc	Fallada del indicador nivell 1301	El tanc s'anirà buidant de manera que pot cavitat la bomba, deteriorament del tancament mecànic i fuga del producte cap a l'exterior	Instal·lacions i persones	Alarma baix nivell i tanca doble a la bomba	2	-1	C	Accionar alarma baix nivell	1	-1	D
3	No	Flux alimentació al tanc	Alimentació entrada tancada 1101	Mateixes causes nivell baix tanc	Instal·lacions i persones	Alarma baix nivell i tanca doble a la bomba	2	-1	C	Accionar alarma baix nivell	1	-1	D
4		Flux corrent de sortida del tanc	Fallada vàlvula sortida tanc i control FC 1102	Possible cavitació de la bomba amb deteriorament del tancament mecànic i fuga del producte cap a l'exterior	Persones i instal·lacions	Alarma vàlvula tancada	3	-1	B	Accionament sensor vàlvula manual tancada	3	-5	D
5		Flux de nitrogen	Fallada vàlvula de tancament 1401	Augment de nivell del tanc amb possibilitat d'augment de pressió a l'interior del tanc, possible ruptura	Instal·lacions i persones	Alarma alt nivell i enclavament	3	-1	B	Accionar alarma alta pressió	3	-5	D
6		Flux aigua ruixadors	Es trenca la canonada	No es disposa en cas d'accident i es produeix una ruptura amb fuga del tanc	Persones i instal·lacions	Acció operador	3	-1	B	Alarma baix cabal	3	-5	D

TFGEG_2022

17	Menys	Pressió tanc	Fallada control FC sortida 1102	Igual succés 4
18			Fallada control PC 1401	Igual succés 5
19	Més	Temperatura tanc	Fallada FC sortida 1102	Igual succés 8
20		Temperatura tanc	Foc extern	Igual succés 13
21	Menys	Temperatura tanc	Falla FC sortida 1102	Igual succés 11
22	Un altra	Composició alimentació	Fallada procés anterior que no conté la composició requerida	No conseqüències de seguretat
23		Fase alimentació	Fallada procés anterior que no compleix les especificacions	Veure més pressió i més temperatura a l'entrada
24	No	Utilities	Fallada energia elèctrica	Parada bomba, igual que succés 1
25		Utilities	Aire instrumentació	Fallada sistemes de control de les vàlvules, condicions de treball no òptimes (no conseqüències de seguretat)

26		Utilities	Aigua ruixadors	Veure no flux aigua ruixadors															
27	As well as	Corrosió tanc	Corrosió sota aïllament	Fuita producte cap a l'exterior															
28		Erosió tubs nitrogen	Trencament tub nitrogen (veure no flux de nitrogen)	No conseqüències de seguretat															
29	Més	Nivell columna	Fallo control nivell LT (llegeix menys del nivell real) 1302	Inundació de la columna	No conseqüències de seguretat														
30	Menys	Nivell columna	Fallo control nivell LT (llegeix més del nivell real) 1302	Possibilitat de cavitació de la bomba amb deteriorament del tancament mecànic i fuga del producte cap a l'exterior. Possible explosió	Persones, Instal·lacions i Medi ambient	Posar doble tanca mecànica o bomba encapsulada	2	-1	C	Disseny amb doble tanca	1	-1	D						
31	No	Flux alimentació columna	Fallo control i vàlvula FC 1104	Inestabilitat de la columna amb possible deformació dels plats a l'interior	No conseqüències de seguretat														
32		Flux recirculació a columna	Fallo FC 1108 i accionament a vàlvula	Augmenta temperatura al cap de la columna	No conseqüències de seguretat														
33		Flux sortida columna	Fallo LC i tancament de la vàlvula 1302	La bomba cavita amb una descàrrega buida. Possible explosió de la bomba	Persones, Instal·lacions i Medi ambient	Posar doble tanca mecànica o bomba encapsulada	2	-1	C	Disseny amb doble tanca	1	-1	D						
34	Menys	Flux a l'alimentació	Fallo FC 1104	Igual succés 32															

35		Flux recirculació a la columna	Fallo FC 1108	Igual succés 32															
36		Flux pesats a segona columna	Fallo LC 1302	Igual succés 32															
37	Més	Flux a l'alimentació	La vàlvula de control FC 1104 està totalment oberta	Disminueix la capacitat de separació del cap de la columna. Inundació de baixants i goteig dels plats	No conseqüències de seguretat														
38		Flux a la recirculació	La vàlvula de control FC 1108 està totalment oberta	Augmenta la capacitat a l'interior amb possible degoteig de condensat	No conseqüències de seguretat														
39		Flux sortida columna	Falla control LC 1302 vàlvula totalment oberta	Buidat de la columna, producte fora d'especificacions	No conseqüències de seguretat														
40	Invers	Flux invers	No aplica																
41	Més	Pressió columna	Foc	Evaporació de la fase líquida de la columna. Ruptura de l'equip amb possible fuga cap a l'exterior	Persones, instal·lacions i Medi ambient	Posar PSV	4	-2	B		Disseny amb PSV	4	-6	D					
42			Falla aigua refrigeració del condensador Vàlvules manuals	No condensació ACN amb possible explosió	Persones, instal·lacions i Medi ambient	Posar PSV i instal·lar bucle	4	-1	A		Disseny amb PSV	4	-5	C					

43			Falla recirculació producte 1108	Lleuger augment de la pressió	No conseqüències de seguretat														
44	Menys	Pressió columna	Fallo entrada producte 1104		No conseqüències de seguretat														
45	Més	Temperatura columna	Fallo aigua refrigeració intercanviador ACN 1105	Igual succés 41															
46	Menys	Temperatura columna	Ruptura tub intercanviador de condensació del ACN	Entra aigua refrigeració al sistema	No conseqüències de seguretat														
47	Un altra	Composició a la columna	Més quantitat ACN		No conseqüències de seguretat														
48		Fase a la columna	No contempla	No aplica															
49	As well as	Corrosió	Sota aïllament	Fuga producte a l'exterior	Persones i medi ambient	Programar inspeccions amb vigor	2	-1	C	Pensar en possibles corrosions	2	-2	C						
50	No	Utilities	Fallo energia elèctrica	Parada bomba sortida columna	No conseqüències de seguretat														
51			Fallo aigua refrigeració	Fallada del intercanviador de calor amb possible entrada de líquid a la sortida d'acrilonitril	No conseqüències de seguretat														

63		Flux aigua bescanviador	Fallada sistema control TC1103	ruptures i fuites ca a l'exterior Augment de pressió part tubs amb possible ruptura tubs	Persones i instal·lacions	Posar alarma sobrepressió interior i psv	4	-1	B	Calibrar PSV	4	-9	D
64	Més	Pressió ejector	Fallada instrument 1105	Augment de pressió a dins de l'equip amb possible ruptura i fuga cap a l'exterior	Persones i instal·lacions	PSV	3	-1	B	Calibrar PSV	3	-5	D
65		Pressió E-202	Fallada sistema control TC1103	Augment pressió al interior del equip amb possible ruptura i fuga cap a l'exterior	Persones i instal·lacions	PSV	3	-1	B	Calibrar PSV	3	-5	D
66	Menys	Pressió ejector	Fallada instrument 1105	Disminueix pressió interior cap perill producte fora especificacions									
67		Pressió E-202	Fallada sistema control TC1103	Disminució pressió interior amb producte fora d'especificacions									
68	Més	Temperatura ejector	Igual que succés 61										
69		Temperatura E-202	Igual que succés 62										
70	Menys	Temperatura ejector	Igual que succés 58										
71		Temperatura E-202	Igual que succés 59										

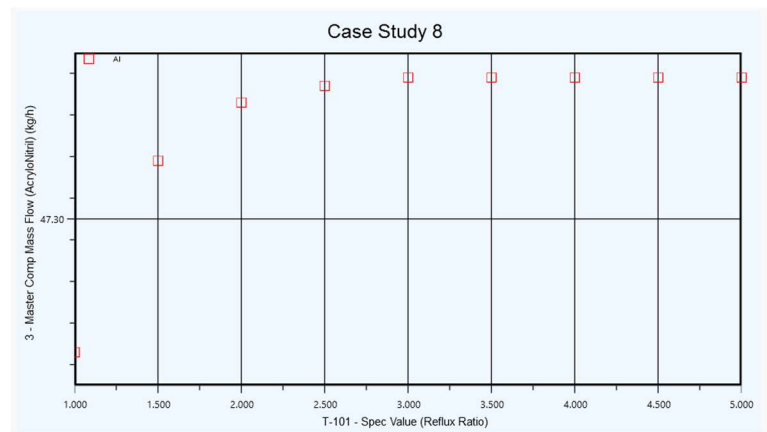


Figura 2.4.3 Rati de vapor

Per fixar un rati de reflux a la columna es va realitzar un estudi comparant-o amb el ACN recuperat. El valor final es 2,5 ja que es allà un la corba s'estabilitza. Per altra banda el rati de vapor va quedar fixat en 100 kg/h ja que es el mínim que es requereix un cop triat el valor del reflux.

Per últim es va optimitzar el E-200 tenint en compte que el seu corrent de sortida havia d'estar en unes condicions de 30°C, 1 atm i amb una fracció de vapor igual a 0.

Els resultats obtinguts un cop aplicats els paràmetres anteriors es mostren a les següents figures:

	Mass Flows	Liquid Phase	Aqueous Phase
H2O	52,5605	3,4720	49,0884
AcryloNitril	47,3016	39,1984	8,1032
Styrene	0,1389	0,1386	0,0003
Total	100,00089 kg/h		

Figura 2.4.4 Resultats Corrent cap de columna

	Mass Flows	Aqueous Phase
H2O	2099,9989	2099,9989
AcryloNitril	0,0002	0,0002
Styrene	0,0000	0,0000
Total	2099,99911 kg/h	

Figura 2.4.5 Resultats Fons de Columna

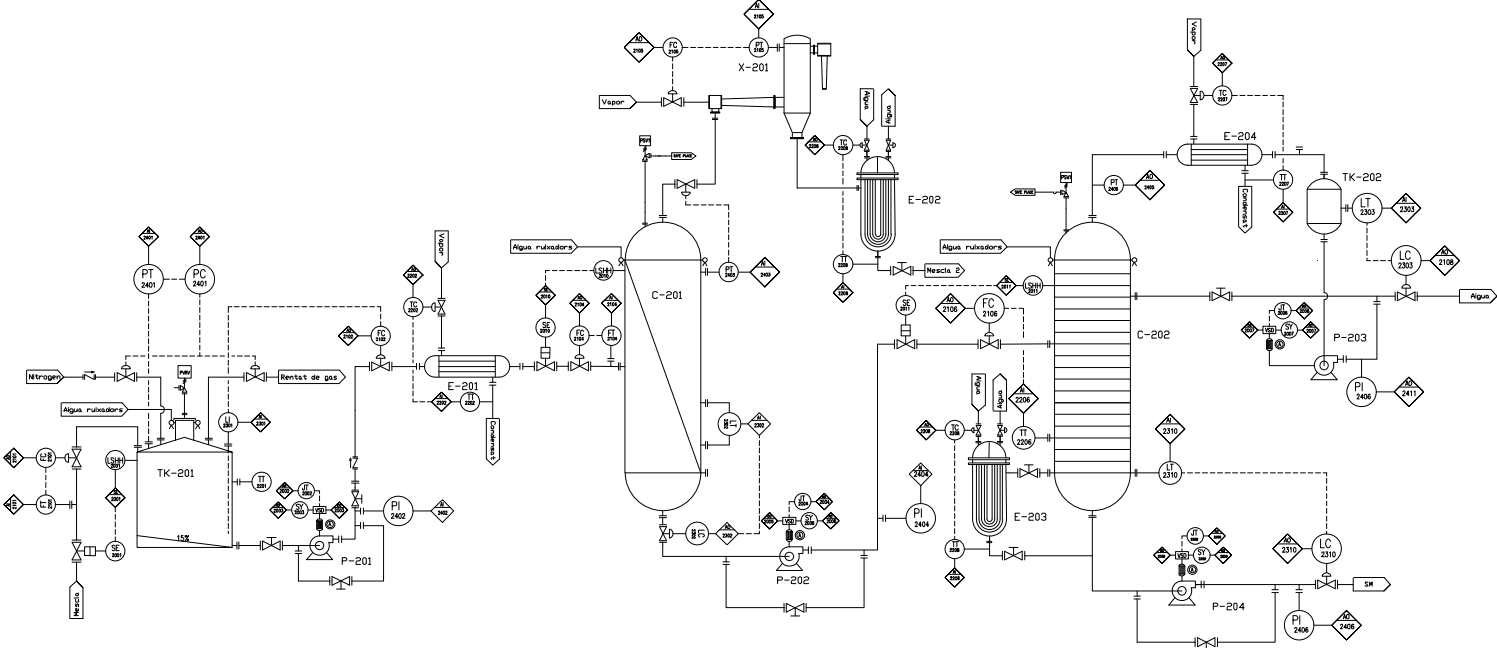
2.4.2. Flash i columna de destil·lació

En aquest cas es proposa substituir el *Stripper* proposat anteriorment per una destil·lació Flash. La destil·lació Flash consisteix en la vaporització d'una fracció definida del líquid, de manera que el vapor que s'ha format es troba en equilibri amb el líquid residual, separant el vapor del líquid i el condensat.

La destil·lació es duu a terme proporcionant energia a una mescla de diversos líquids, dels quals s'evaporen més ràpidament aquells que tinguin una pressió de vapor més alta. Als vapors sortints dels equips se'ls haurà d'eliminar el calor d'evaporació per transformar-los a fase líquida. Per realitzar l'evaporació cal pre-escalfar la mescla líquida fins a la seva temperatura d'ebullició.

2.4.2.1. Diagrama del procés proposat

Per tal de poder realitzar un estudi de seguretat s'ha elaborat un diagrama incloent els equips i controladors que s'ha cregut que farien falta en el cas que es portés a terme.



	Data	Nom	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Treball Fi de Grau	
Dibuixat				
Comprovat				
S.normes				
Escala	Alternatives			Nº 1
				Sustitueix a
				Sustituit per

2.4.2.2. Estudi de seguretat

Nº	Paraula Guia	Desviació	Causes	Escenari	Conseqüències	Salvaguardes	C	F	R	Recomanacions	C	F	R
1	Més	Nivell en TK-201	Falla LI 2301 (llegeix menys nivell del real)	Possible inundació del tanc. Si FC no pot alleujar el producte possible augment de pressió per sobre de disseny.	Instal·lacions malmeses	Vàlvula de seguretat al fons del tanc	3	-1	B	Alarma d'alt nivell en LI 2301	3	-5	D
2			Falla FC 2102 (tanca)	Igual que succés 1									
3	Menys	Nivell en TK-201	Falla LI 2301 (llegeix més nivell del real)	El tanc es va buidant. Possible cavitació de P-201 amb deteriorament del tancament magnètic i possible fuga de producte	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2	-1	C	Alarma de baix nivell en LI 2301	1	-1	D
4	No	Flux alimentació a TK-201	Falla FC 2101 (tanca)	El tanc es va buidant. Possible cavitació de P-201 amb deteriorament del tancament magnètic i possible fuga de producte	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2	-1	D	Alarma de baix nivell en LI 2301	1	-1	D
5		Flux de sortida a planta	Falla FC 2102 (tanca)	Augment del nivell de la columna. Possible augment de pressió per sobre de la de disseny, fuga de producte.	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	3	-1	B	Alarma baix flux FC 2102	3	-5	D
6		Flux alimentació Nitrogen	Falla PC 2401 (tanca)	Disminució de la pressió amb possible atmosfera explosiva	Instal·lacions malmeses	Tanca FC per augmentar pressió	3	-1	D	Alarma baixa pressió	3	-5	D

7	Menys	Flux alimentació a TK-201	Falla FC 2101 (tanca)	El tanc tardarà més temps en omplir-se	NO conseqüències				
8		Flux de sortida a planta	Falla FC 2102(llegeix més cabal del real)	Menys cabal de mescla a planta	NO conseqüències				
9			Falla P-201 (defecte mecànic o falta d'Energia)	Igual que succés 8					
10	Més	Flux alimentació Nitrogen	Falla PC 2401 (llegeix més del real)	La pressió del tanc augmenta lleugerament	NO conseqüències				
11		Flux d'alimentació a TK-201	Falla FC 2101 (tanca)	El tanc s'omplirà més aviat, possible augment de pressió	NO conseqüències				
12		Flux de sortida a planta	Falla FC 2102(llegeix més cabal del real)	El nivell del tanc baixa, augment de pressió, és possible que la bomba operi a mes cabal del dissenyat	NO conseqüències				
13	Invers	Flux invers	No és possible						
14	Més	Pressió en TK-201	Foc extern	Evaporació de la fase líquida. Possible ruptura catastròfica.	Perill per persones	Obre PSV. Obren ruixadors	4 -2	B Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4 -6 D
15			Falla PC 2401 (obre)	Augment de la pressió amb possibilitat de atmosfera explosiva.	Perill per persones	Obre PSV	3 -1	B Alarma alta Pressió en PC 2401. Dissenyar PSV per aquest cas	3 -5 D
16			Falla PC 2402 (obre)	Igual que succés 14					

17	Menys	Pressió en TK-201	Falla PC 2401 (obre)	Augment de la possibilitat d'atmosfera explosiva al interior	Perill per persones	Tanca FC per augmentar la pressió	3 -1	B	Alarma baixa pressió PC 2401	3 -5	D
18			Falla PC 2402 (obre)	Igual que succés 5							
19	Més	Temperatura en TK-201	Falla FC 2102 (tanca)	Puja nivell de tanc	NO conseqüències						
20			Foc extern	Igual que succés 13							
21	Menys	Temperatura en TK-201	Falla FC 2102 (obre)	Igual que succés 11							
22	Un altra	Composició d'alimentació a TK-201	Fallada en el procés anterior	Producte fora d'especificació	Contemplat en node anterior, del procés previ						
23		Fase a TK-201	Fallada en el procés anterior	Igual que succés 18	Contemplat en node anterior, del procés previ						
24	As well as	Erosió/corrosió a TK-201	Corrosió sota aïllament	Fuita de producte tòxic i inflamable amb possible ruptura i explosió o incendi	Instal·lacions malmeses	Programa d'inspecció en vigor	2 -1	C		2 -5	D
25	No	Utilities	Fallada d'Energia elèctrica	Parada de P-201, ídem més nivell en TK-201							
26			Fallada aigua ruixadors	No reserves d'aigua, en cas d'incendi no tenim salvaguarda. Ídem no flux ruixadors							
27		Contenció	Tanca vint-i-nou nitrogen	Si queda la bomba en marxa amb les entrades tallades el tanc es buidarà i la bomba	Instal·lacions malmeses	Enclavament de seguretat SE 2001			PLC independent		

28	Més	Nivell de fons en C-101	Falla LC 2302 (llegeix menys nivell del real)	cavitarà. Possible arrugat del tanc Inundació de C-201, sense conseqüències		Enclavament SE 2010			Alarma d'alt nivell LC 2302			
29		Nivell en E-202	Falla TC 2208 (llegeix menys temperatura del real)	Possible inundació del E-202.	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	3	-1	B Alarma d'alt nivell TC 2208	3	-5	D
30	Menys	Nivell de fons en C-101	Falla LC 2302 (llegeix més nivell del real)	La recirculació del reboiler E-202 disminueix, hi haurà més lleugers al fons. Possible cavitació de P-202 amb deteriorament del tancament mecànic i fuga de producte	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2	-1	D Alarma de baix nivell LC 2302	1	-1	D
31		Nivell en E-202	Falla TC 2208 (llegeix més temperatura del real)	Cavitació de P-202. Possible deteriorament del tancament mecànic amb fuga de producte.	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2	-1	D Alarma de baix nivell TC 2208	1	-1	D
32	No	Flux alimentació a C-101	Falla FC 2104 (tanca)	Inestabilitat de la columna	NO conseqüències							
33		Flux destil·lat a decantació	Falla LC 2302 (tanca)	Possible inundació en E-202. Possible augment de pressió per damunt de la de disseny	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	3	-1	B Alarma alt nivell LC 2302. Dissenyar PSV per aquest cas	3	-5	D

34	Menys	Flux alimentació a C-201	Falla FC 2104 (tanca)	Major temperatura al cap de columna i producte fora d'especificació	NO conseqüències					Alarma baix cabal			
35		Flux de destil·lat a decantació	Falla PT 2403	Igual que succés 34									
36	Més	Flux en alimentació C-201	Falla FC 2104 (obre)	Disminueix la capacitat de separació	NO conseqüències								
37		Flux de destil·lat a decantació	Falla PT 2403	Igual que succés 31									
38	Més	Pressió en C-201	Foc extern	Evaporació de la fase líquida. Ruptura de la columna amb possible explosió	Perill per persones	Obre PSV	4	-2	B	Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4	-6	D
39			Falla aigua refrigeració E-202	Augment de pressió per no condensar amb possible ruptura	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	4	-1	A	dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4	-5	C
40			Ruptura de tubs E-202	Entrada d'aigua de refrigeració al sistema, possible augment de pressió	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	4	-4	C	Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4	-8	D
41			Falla PT 2403	Lleuger augment de pressió	NO conseqüències								
42	Menys	Pressió en C-201	Falla FC 2104 (obre)	NO conseqüències					Alarma baixa pressió FC 2104				
43	Més	Temperatura en C-201	Ruptura de tubs E-201	Igual que succés 38									
44			Falla aigua refrigeració E-202	Igual que succés 38									

45	Menys	Temperatura en C-201	Falla PT 2403		NO conseqüències						
46			Ruptura tubs E-202	Entrada d'aigua de refrigeració al sistema	NO conseqüències						
47	Un altra	Composició alimentació a C-201	Major quantitat de ACN i SM		NO conseqüències						
48		Fase en C-201	Ruptura tub E-201	Igual que succés 38							
49	As well as	Corrosió/erosió en C-201	Corrosió sota aïllament	Fuga de producte per brides	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Programa d'inspecció en vigor	2	-1	C		2 -2 C
50	No	Utilities	Falla energia elèctrica	Parada de P-202, igual que succés 29, o possible inundació de C-201	NO conseqüències						
51			Falla aigua refrigeració E-202	No condensació i augment de pressió	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	4	-1	A	Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4 -5 C
52			Falla aire d'instruments	FC 2104 tanca							
53				LC 2303 obre							
54				PT 2403 tanca							
55	Més	Nivell de fons en C202	Falla LT 2310 (llegeix menys del real)	Inundació de C-202	NO conseqüències	Enclavament SE 2011					
56		Nivell en TK-202	Falla LT 2303 (llegeix menys del real) o P-203	Possible inundació del tanc. Si FC 2108 no pot alleujar el producte l'augment de pressió pot derivar en ruptura de la columna	Instal·lacions malmeses	Obre FC 2108 i PSV	3	-1	B	Alarma alt nivell LT 2303. Dissenyar PSV per aquest cas	3 -5 D

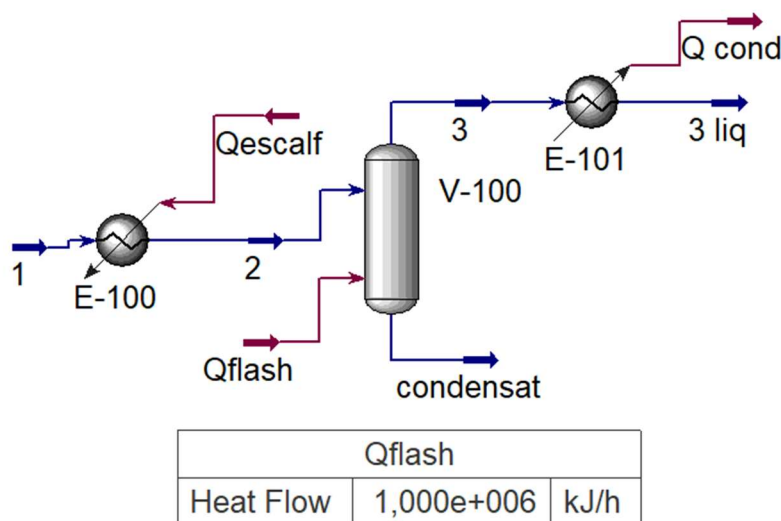
57	Menys	Nivell de fons en C-202	Falla LT 2310 (llegeix més del real)	La recirculació del reboiler E-203 disminueix, haurà més lleugers al fons. Possible cavitació de P-204 amb deteriorament del doble tancament magnètic i fuga de producte	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2 -1	D Alarma baix nivell LT 2310	1 -1	D
58		Nivell en TK-202	Falla LT 2303 (llegeix més del real)	Cavitació de P-204. Possible deteriorament del tancament mecànic amb possible fuga de producte	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2 -1	D Alarma baix nivell LT 2303	1 -1	D
59	No	Flux alimentació en C-202	Falla FC 2106 (tanca)	Inestabilitat de la columna amb possible conicitat en els plats	NO conseqüències					
60		Flux en el reflux de C-202	Falla FC 2109 (tanca)	Major temperatura al cap de columna i producte fora d'especificació	NO conseqüències					
61		Flux destil·lat	Falla LT 2303 (no llegeix)	Possible inundació en TK-202. Si FC 2108 no pot alleujar tot el producte, augment de pressió per damunt de la de disseny i ruptura de columna	Instal·lacions malmeses	FC 2108 obre, PSV obre	3 -1	B Alarma alt nivell LT 2303. Dissenyar PSV per aquest cas	3 -5	D
62		Flux de pesats	Falla LC 2310 (tanca)	P-204 treballa a shut off amb possible ruptura de tubs de E-203. Escalfament del	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	No necessari	2 -1	C Col·locar orifici restricció per cabal mínim	2 -2	C

				líquid arribant a evaporació i possible fuga de producte		
63	Menys	Flux alimentació a C-202	Falla FC 2106 (llegeix més del real)	Igual que succés 60		Alarma baix cabal FC 2106
64		Flux en reflux de C-202	Falla FC 2109 (llegeix més del real)	Igual que succés 60		Alarma baix cabal FC 2109
65		Flux destil·lat	Falla LC 2303	Igual que succés 60		Alarma alt nivell LC 2303
66		Flux de pesats	Falla LC 2310	Igual que succés 60		Alarma alt nivell LC 2310
67	Més	Flux alimentació a C-202	Falla FC 2106 (obre)	Disminueix la capacitat de separació. Inundació de baixants i goteig	NO conseqüències	Alarma alt flux FC 2106
68		Flux en reflux de C-202	Falla FC 2109 (obre)	Disminueix temperatura en cap de columna, possible inundació de baixants i goteig	NO conseqüències	Alarma alt flux FC 2109
69		Flux destil·lat	Falla LT (obre)	Disminueix la pressió en columna	NO conseqüències	
70		Flux de pesats	Falla LC 2310 (obre)	Buidat de fons amb possible escapament de gas. Producte fora d'especificació	NO conseqüències	
71		Flux de vapor d'aigua a E-203	Falla TC 2208 (obre)	Augment de la tasa de recirculació del reboiler amb possible arrossegament en els plats i inundació de columna	NO conseqüències	Alarma alt flux TC 2208. Alarma alta temperatura

72	Menys	Pressió en C-202	Falla FC 2106 (obre)		NO conseqüències						
73	Més	Pressió en C-202	Foc extern	Evaporació de la fase líquida de C-202. Ruptura de la columna	Perill per persones	Obre PSV	4	-2	B Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4	-6 D
74			Falla aigua refrigeració E-204	Augment de la pressió per no condensar amb possible ruptura	Perill per persones	Obre PSV i FC 2108	4	-1	B Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4	-5 D
75			Falla P-203	Igual que succés 56							
76			Ruptura tubs E-203	Possible augment de pressió en funció de la capacitat de condensació. Possible ruptura	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	4	-4	C Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4	-8 D
77			Falla FC 2109 (tanca)	Lleuger augment de pressió	NO conseqüències						
78			Falla FC 2108 (tanca)	Pèrdua de capacitat de condensació i augment de pressió amb possible explosió	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	4	-1	A Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4	-5 C
79	Menys	Temperatura en C-202	Falla FC 2108 (obre)	Si disminueix la pressió en cap de columna disminueix la temperatura	NO conseqüències						
80			Ruptura tub E-203	Entrada d'aigua de refrigeració al sistema	NO conseqüències						
81	Més	Temperatura en C-202	Ruptura tub E-204	Igual que succés 76							
82			Ruptura tub E-203	Igual que succés 76							
83	Un altra	Composició en	Major quantitat de ACN i SM	Producte fora d'especificació	NO conseqüències						

2.4.2.3. Resultats simulació

Després de fer l'estudi de seguretat es va procedir a realitzar la simulació. Aquesta s'ha fet seguint el mateix criteri que en l'alternativa anterior. D'aquesta manera s'ha arribat al procés següent:



3 liq		
Temperature	30,00	C
Vapour Fraction	0,0000	

Figura 2.4.6 Esquema de la simulació

Només s'ha arribat a simular l'equip Flash ja que igual que en la simulació de la primera alternativa gairebé tot el producte es recupera per cap de columna i no es rentable afegir una segona per separa una quantitat tant pertita d'entre l'aigua que es recull per fons.

La optimització es va fer seguint els següents estudis:

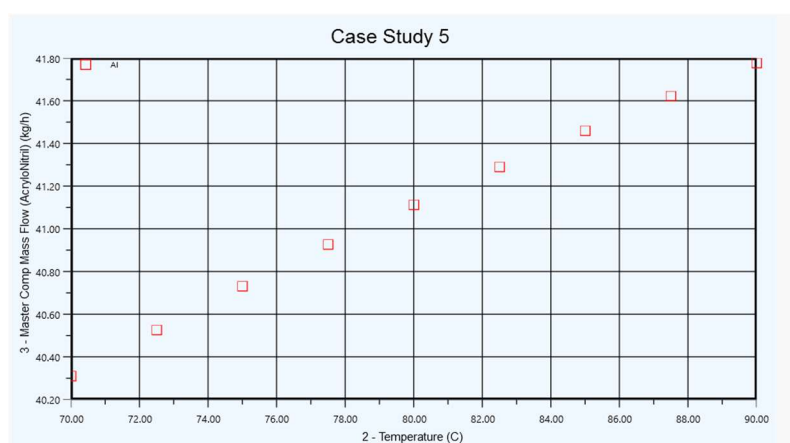


Figura 2.4.7 Estudi temperatura

En primer lloc s'ha optimitzat la temperatura d'entrada al Flash, aquesta s'ha comparat en funció del producte que es recupera. Com es pot veure en la taula següent un increment de 2,5°C

suposa solament 0,1kg/h més de ACN mentre que l'aigua augmenta 10kg/h, degut a aquest motiu es manté la temperatura d'entrada a 70°C.

Taula 2.4.1 Resultat Estudi temperatura

Cas	T (°C) de 2	ACN kg/h	SM kg/h	H ₂ O kg/h
Case 1	70	40,311	0,139	311,218
Case 2	72,5	40,527	0,139	321,172
Case 3	75	40,732	0,139	331,137
Case 4	77,5	40,927	0,139	341,106
Case 5	80	41,113	0,139	351,076
Case 6	82,5	41,291	0,139	361,053
Case 7	85	41,460	0,139	371,039
Case 8	87,5	41,622	0,139	381,024
Case 9	90	41,777	0,139	391,018

En el següent estudi s'ha vist que augmentant l'energia aportada al Flash es pot arribar a recuperar tot el ACN, però per contrapartida l'aigua arrossegada es dispara.

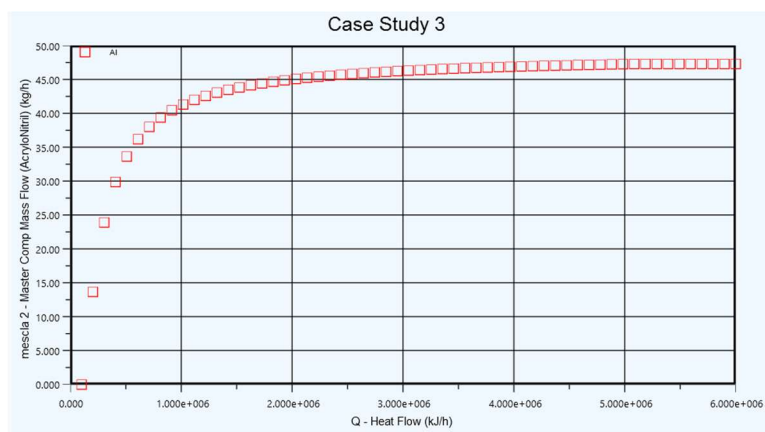


Figura 2.4.8 ACN recuperat

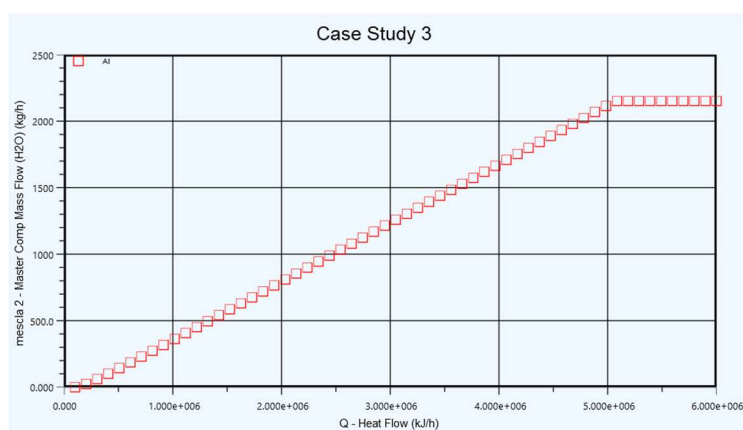


Figura 2.4.9 Aigua arrossegada

Observant les figures anteriors on es comprova com augmenta el consum d'aigua, el punt òptim d'energia aplicar es troba a la zona on es comença a estabilitzar la corba del ACN. Posat

que el valor d'ACN recuperat a partir dels 70°C d'entrada del estudi anterior es troba dins d'aquesta zona l'energia es marca en 10^6 kJ/h.

Finalment el condensador E-101 s'optimitza fixant que el seu corrent de sortida ha d'estar a 30°C, 1 atm i amb un 0% de vapor.

Els resultats dels corrents de sortida de procés obtinguts un cop aplicats els paràmetres optimitzats anteriorment són els següents:

	Mass Flows	Aqueous Phase	Vapour Phase
H2O	316,5439	316,5439	0,0000
AcryloNitril	40,4278	40,4278	0,0000
Styrene	0,1385	0,1385	0,0000

Total 357,11024 kg/h

Figura 2.4.10 Resultat cap de Flash

	Mass Flows	Vapour Phase	Aqueous Phase
H2O	1836,0155	0,0000	1836,0155
AcryloNitril	6,8740	0,0000	6,8740
Styrene	0,0003	0,0000	0,0003

Total 1842,88976 kg/h

Figura 2.4.11 Resultat Fons de Flash

2.4.3. Balanç econòmic

Per dur a terme el balanç econòmic s'han contemplat diverses alternatives de cara a la possible realització del projecte, tant en el flash com a la columna de destil·lació. Primerament, es parteix dels rendiments de cadascuna de les alternatives, degut que es un dels factors més rellevants a tenir en compte, al tenir un major rendiment la columna de destil·lació respecte al flash, es pot considerar la millor proposta cara a la producció, però amb l'elevat cost de

l'electricitat es considera inviable la realització de la columna de destil·lació convencional degut a que com es contemplarà no realitza cap benefici (Ref. 3-7).

Taula 2.4.2 Preu productes columna Destil·lació

Producte	€/t	t/any	€/any	m ³ /any
ACN	800	414,35	$3,31 \cdot 10^5$	335,62
SM	844	1,93	$1,62 \cdot 10^3$	1,75
Desitjat		416,28	$3,33 \cdot 10^5$	337,37
Aigua	0,56	18855,72	10559,20	18855,72
Total			$3,44 \cdot 10^5$	19193,10

Taula 2.4.3 Preu productes columna Flash

Producte	€/t	t/any	€/any	m ³ /any
ACN	800	354,15	$2,83 \cdot 10^5$	286,86
SM	844	1,21	$1,02 \cdot 10^3$	1,10
Desitjat		3128,33	$2,84 \cdot 10^5$	
Aigua	0,56	2772,98	1552,87	2772,978
Total		3128,34	$2,86 \cdot 10^5$	3060,94

Degut a que el cost de la separació del producte desitjat pel cap de la columna de destil·lació, es 10 vegades major que l'opció del flash, el petit increment de rendiment de la columna de destil·lació no es suficient per poder afrontar l'elevat cost de l'electricitat generat per la columna de destil·lació convencional.

Taula 2.4.4 Taula cost energia destil·lació.

Electricitat	Valor	Unitats
Potència màxima	$23,55 \cdot 10^6$	kw/h
Preu tarifa	0,04	€/kwh
Preu final	$10,36 \cdot 10^5$	€/any

Taula 2.4.5 Taula cost energia flash.

Electricitat	Valor	Unitats
Potència màxima	$22,97 \cdot 10^5$	kw/h
Preu tarifa	0,04	€/kwh
Preu final	$10,10 \cdot 10^4$	€/any

Una vegada comparats els valors de rendiment de la producció de producte desitjat i el seu cost energètic que comporta l'obtenció del producte es realitza la comparació del valor actual net (equació 2.4.1) i de la taxa interna de retorn (equació 2.4.2) amb cadascuna de les opcions proposades:

$$VAN = -D_0 + \frac{F_1}{(1+i)} \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (2.4.1)$$

$$0 = -D_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} \quad (2.4.2)$$

Taula 2.4.6 Valor de cash flow, VAN i TIR de la columna de destil·lació.

	Any 0	Any 1	Any 2	Any 3	Any 4	Any 5	Any 6
FNC (€)	-	$-7,65 \cdot 10^5$	-	-	-	-	-
	$5,00 \cdot 10^5$		$7,65 \cdot 10^5$	$7,65 \cdot 10^5$	$7,65 \cdot 10^5$	$7,65 \cdot 10^5$	$7,65 \cdot 10^5$
	(any 0)						
VAN	-						
	$4,34 \cdot 10^6$						
TIR	-						

Taula 2.4.7 Valor de VAN i TIR de la columna flash.

	Any 0	Any 1	Any 2	Any 3	Any 4	Any 5	Any 6
FNC (€)	-	$2,12 \cdot 10^5$	$2,12 \cdot 10^5$	$2,12 \cdot 10^5$	$2,12 \cdot 10^5$	$2,12 \cdot 10^5$	$2,12 \cdot 10^5$
	$3,27 \cdot 10^5$						
	(any 0)						
VAN	$9,73 \cdot 10^5$						
TIR	64%						

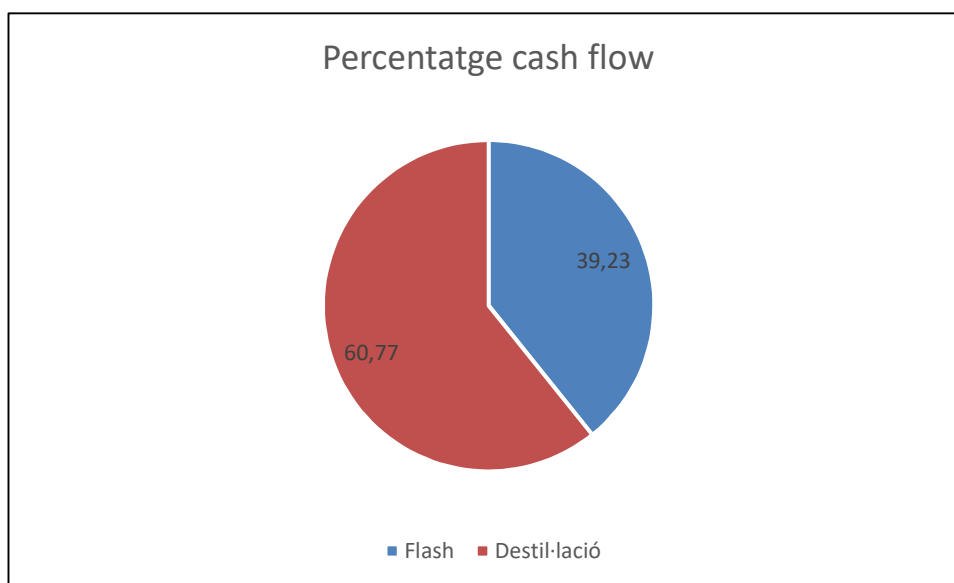


Figura 2.4.12 Cash flow

S'observa que a la columna de destil·lació l'elevat cost de l'energia no permet cap benefici com s'ha mencionat anteriorment inclús donant un VAN negatiu de manera que ja no es pot realitzar el càlcul del seu TIR. D'altra banda a la columna flash els resultats obtinguts són completament favorables, tant en amortització com el VAN o el TIR, com s'observa a la figura 2.4.12, s'observa que el cash flow a invertir a la columna de destil·lació és molt superior al flash, de manera que afavoreix a que el seu VAN i TIR siguin inferiors, de manera que la millor opció d'inversió és el flash amb una inversió inicial de $8,14 \cdot 10^5$ € amortitzada amb 4 anys i una taxa interna de retorn del 64% on es recomana fortament la seva inversió.

2.4.4. Elecció final

Un cop valorades les opcions plantejades es pren com a elecció final per a poder separar l'acrilonitril de la mescla la columna flash, tant per a la part d'eficiència com per a la part

econòmica. Pel que fa a l'eficiència es contempla que a la columna flash s'extreu molta menys aigua que a la columna de destil·lació convencional de manera que resultarà molt més senzill separar després l'aigua acumulada, a banda de que el seu cost energètic és molt més superior a la columna de destil·lació que al flash. Tenint en compte la part econòmica, a la columna de destil·lació és molt més elevat el cost dels equips que a la columna flash i no s'obtingria cap mena de benefici amb l'elevat cost dels equips necessaris per a la columna de destil·lació, com s'observa la figura 2.4.13.

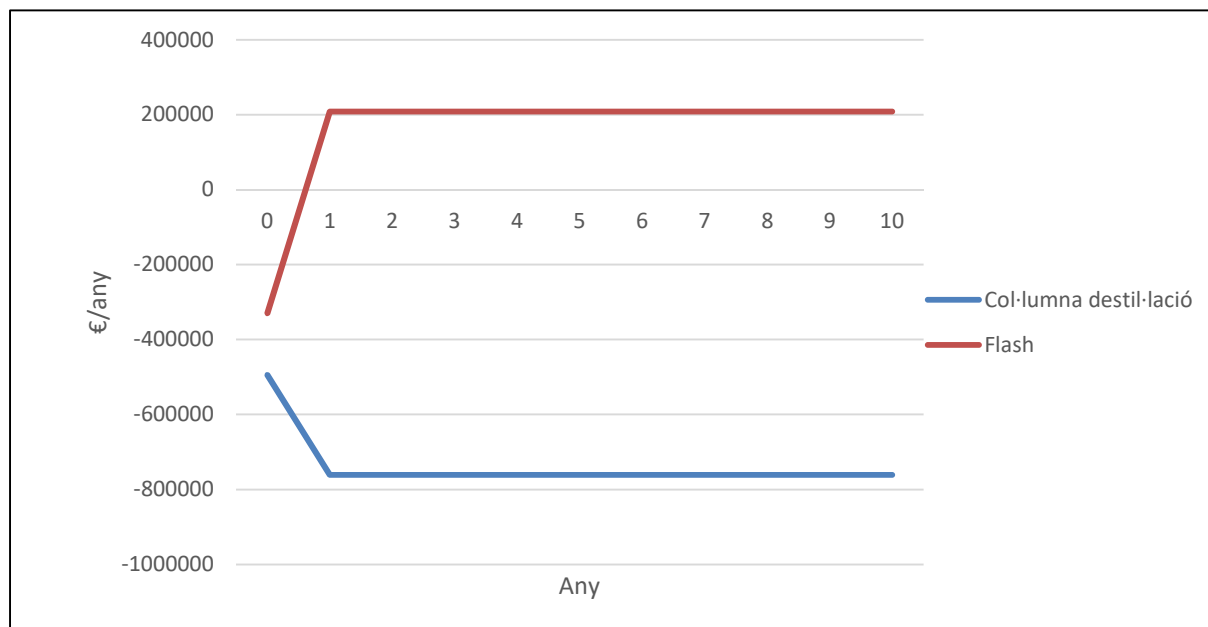


Figura 2.4.13 Comparativa econòmica columnes.

De tal manera que les instal·lacions es puguin realitzar, es necessari instal·lar una columna flash encara que només es recuperi el 85,46% de l'acrilonitril que hi ha a la mescla front al 99,99% de la destil·lació convencional, però degut amb aquest cas si es volgués obtenir més acrilonitril no seria tan pur degut a que hi hauria més aigua dissolta i comportaria un augment d'energia per a obtenir el producte. Per aquesta qüestió, obtenir la puresa de 85,46%, és la més adequada tant per raons energètiques com de puresa per al producte desitjat.

2.5. Planificació

Seguidament es presenta la planificació inicial realitzada amb un diagrama de Gantt. En ella es van marcar una sèrie de compromisos que consisteixen en petites entregues de seguiment per al tutor.

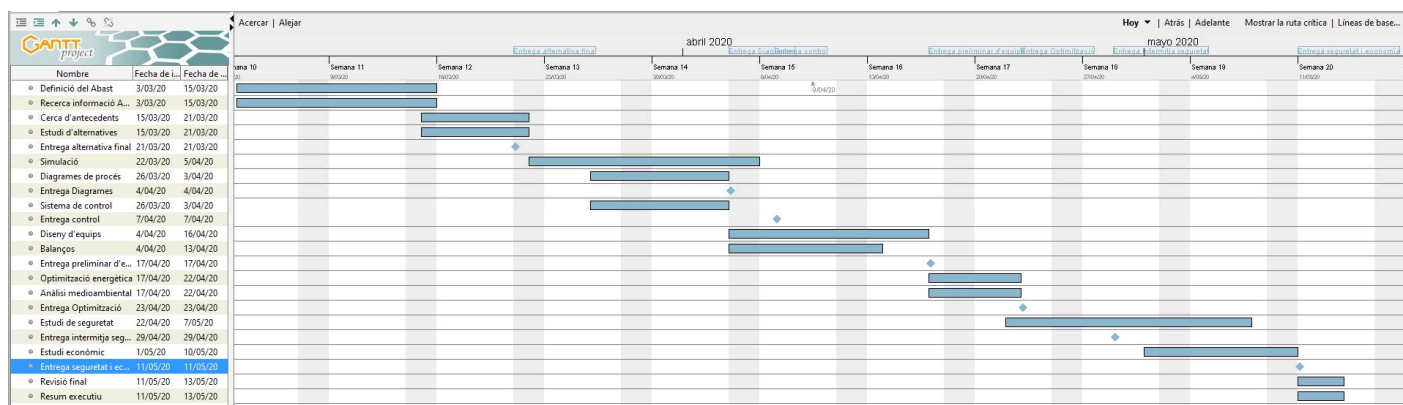


Figura 2.5.1 Diagrama de Gantt 1

En vista de la situació excepcional provocada pel confinament del COVID-19, es va plantejar una reorganització de prioritats per tal de poder seguir avançant amb el projecte.

En la imatge següent apareixen una sèrie de tasques en color groc. Aquestes són tasques proposades per poder seguir treballant mentrestant no es troba solució a necessitats que abans eren prioritàries, com era la simulació.

Es va decidir donar prioritat a la realització de diagrames de les alternatives i el seu control on posteriorment es procedirà a realitzar l'anàlisi de seguretat per tal d'intentar determinar la millor o si més no poder descartar alguna.

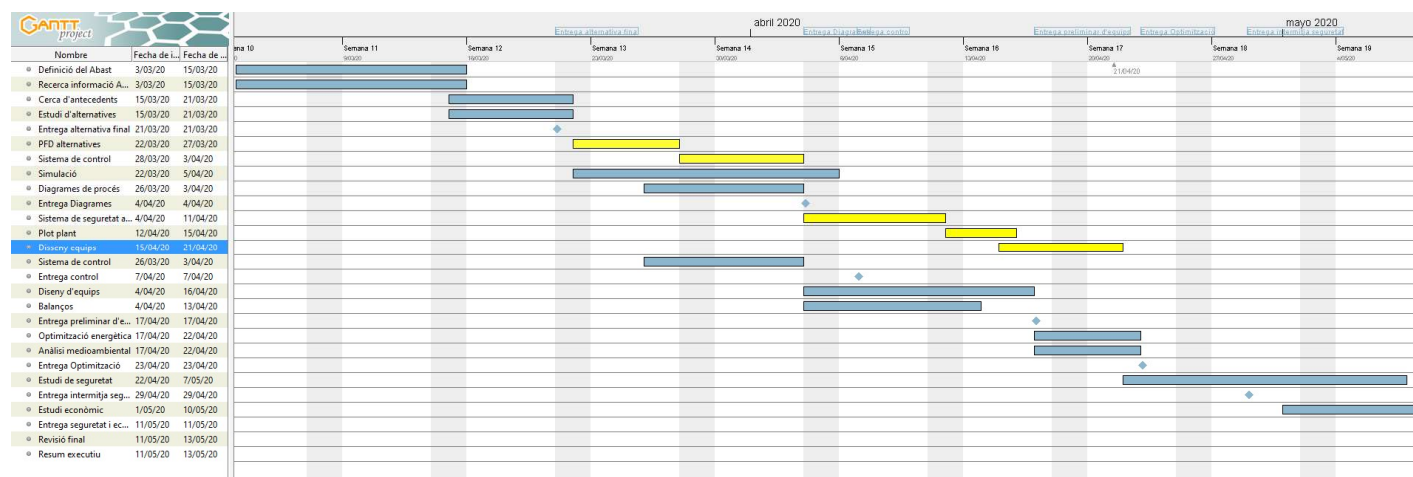


Figura 2.5.2 Diagrama de Gantt 2

A continuació es presenta la planificació un cop ja es va poder accedir a la simulació. Així doncs s'ha reestructurat el diagrama de Gantt situant les tasques que es van veure afectades per la situació excepcional.

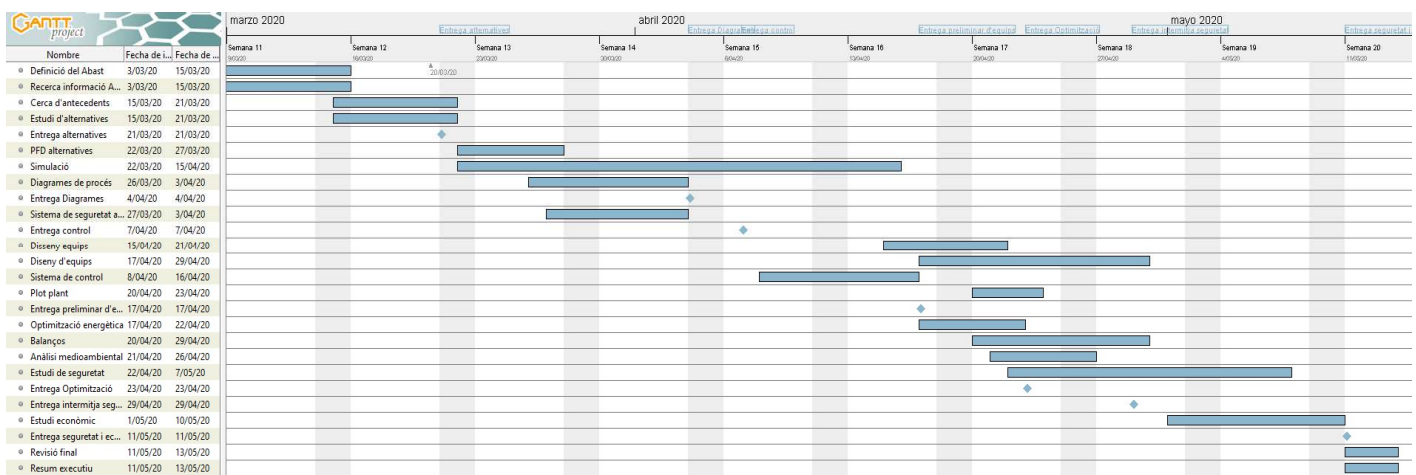


Figura 2.5.3 Diagrama de Gantt 3

Finalment es presenta la planificació final, aquesta es va haver de realitzar a partir de l'anterior degut a retards en el desenvolupament de les simulacions i la substitució de algunes tasques per altres. Al annex A.1 es troba la imatge següent completa.

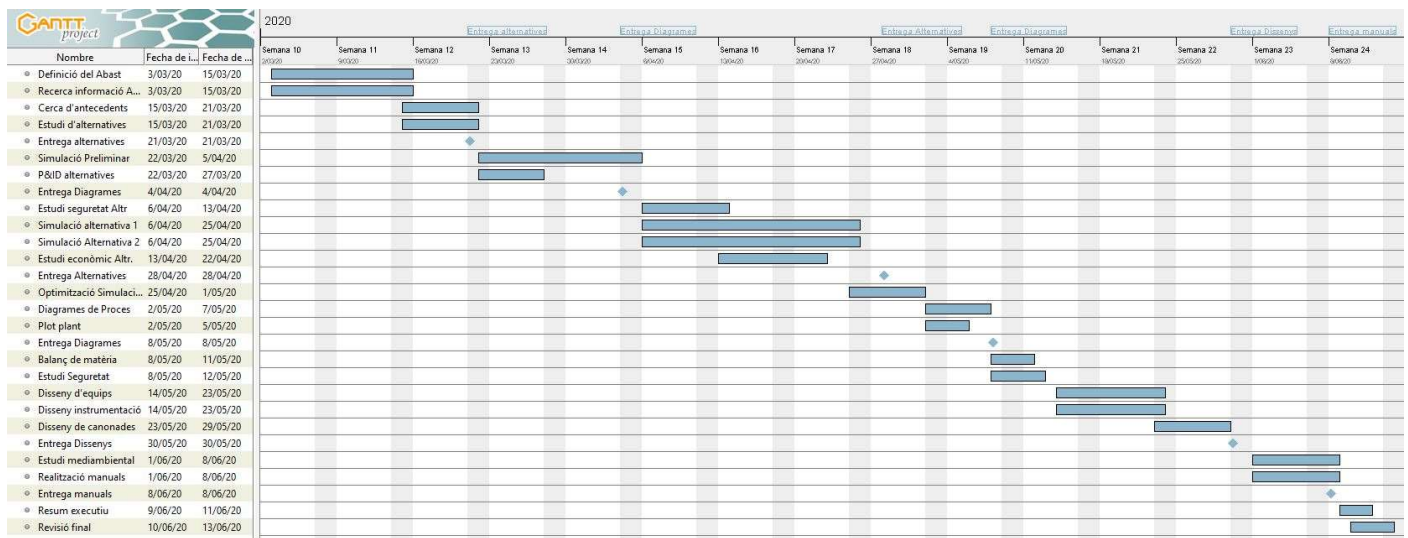


Figura 2.5.4 Diagrama de Gantt 4

3. BASES PER AL DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE

3.1. Bases de disseny

3.1.1. Especificacions alimentació i sortida de cabal mínim i requerit

Per tal de poder garantir un caudal d'alimentació constant, es disposa d'un tanc pulmó instal·lat abans de l'entrada de la columna, per tal de poder garantir un cabal constant de 2200 kg/h de la corrent aquosa provinent de la planta de producció de poliols polimèrics. A la sortida, com es desitja la màxima conversió possible d'acrilonitril s'estima una conversió elevada degut a que els punts d'operació són acceptables per les condicions de treball obtingudes.

3.1.2. Especificacions valor màxim i mínim de temperatura de disseny

La mescla aquosa entra dins del tanc a una temperatura de 30°C on seguidament passa a un bescanviador de calor on la mescla aquosa surt a 70°C sent tot líquid abans d'entrar a la columna i poder separar l'acrilonitril pel cap de columna realitzant pressió de buit.

3.1.3. Especificacions possible polimerització

Al tenir dos components com l'acrilonitril i l'estirè monòmer, existeix la possibilitat que polimeritzin a l'interior del sistema i puguin provocar la destrossa d'algun equip o alguna causa amb conseqüències desastroses per a la seguretat de la planta, de manera que el procés es realitza a unes condicions de treball òptimes per tal d'evitar aquest possible escenari.

Degut a que el producte final desitjat es l'acrilonitril es tindrà un interès especial en ell (Ref. 8), sobretot tenint en compte que la reacció de polimerització es altament exotèrmica on el calor alliberat pot conduir fins a una polimerització addicional que s'accelera fins perdre el control.

L'acrilonitril monòmer pot vaporitzar-se a temperatures elevades i causar suficient pressió per a trencar els recipients d'emmagatzematge. Poden produir-se condicions perilloses per qualsevol de les següents situacions:

- Contacte amb catalitzadors lliures com peròxids i hidroperòxids.
- Mescla amb material bàsic o alcalí com l'hidròxid de sodi.
- Mescla amb catalitzadors àcids de Lewis, com el trifluorur de bor, tetraclorur de titani i borohidru de sodi.
- Contacte amb àcids minerals o orgànics forts.
- Exposició a radiació d'alta energia com la llum UV, raig X, y raig gamma.

Per evitar qualsevol dels successos anteriors, es durà a terme un emmagatzematge de l'acrilonitril inhibit.

3.1.4. Especificacions de treball de la planta

La producció de la recuperació d'acrilonitril, es basa amb recuperar la màxima quantitat possible de l'Acrilonitril entrat, treballant les 24 hores al dia, el total ascendeix a 8034 hores l'any. Per determinar aquest valor s'ha tingut en compte una fiabilitat de la planta del 95%, de manera que el 5% restant estarà parada, i 2 mesos d'inspecció legal cada 5 anys que equivalen a 12 dies l'any.

Taula 3.1.1 Hores de funcionament

Paràmetre	Hores
Hores anuals totals	8760
Percentatge fiabilitat	438
Inspecció legal	288
Hores de funcionament	8034

Es requereix d'un tanc d'emmagatzematge previ abans de l'entrada de producte a la planta de recuperació, per tal de tenir sempre mescla aquosa per a poder recuperar.

El tanc d'emmagatzematge previ a la producció s'ha dimensionat per a que es pugui seguir produint fins a 4 hores sense rebre producte.

3.2. Dades bàsiques per l'enginyeria

3.2.1. Serveis disponibles

3.2.1.1. Vapor d'aigua

Taula 3.2.1 Vapor disponible a la planta

Servei	Cabal Nm ³ /h	Pressió kg/cm ²	Temperatura °C
Vapor de mitja pressió	No limitat	18,0 19,0 16,0 21,0	209 212 203 225
Vapor de baixa pressió	No limitat	5,0 6,0 4,0 8,0	158 165 151 180
Vapor de molt baixa pressió	No limitat	1,8 2,5 1,4 3,0	131 138 126 155

3.2.1.2. Xarxa de condensats

Taula 3.2.2 Condensat disponible

Servei	Valor	Unitat
Condensat	No limitat	m ³ /h
	4	kg/cm ²

3.2.1.3. Energia elèctrica

Taula 3.2.3 Energia elèctrica disponible

Servei	Valor	Unitat
Electricitat	Potencial	380 V
	Potència màxima	160 kW
	Freqüència	50 Hz

3.2.1.4. Aigües de servei

Taula 3.2.4 Aigua de servei disponible

Servei	Valor	Total (h)
Aigua freda	No limitat	Nm ³ /h

Pressió	1,01	barg
Temperatura	4	°C

3.2.1.5. Aire d'instrumentació

Taula 3.2.5 Aire disponible

Servei		Valor	Total (h)
Aire d'instruments	Cabal	No limitat	Nm ³ /h
	Pressió	4	barg
	Temperatura	Ambient	°C

3.2.1.6. Nitrogen

Taula 3.2.6 Nitrogen disponible

Servei		Valor	Total (h)
Nitrogen	Cabal	No limitat	Nm ³ /h
	Pressió	5	barg
	Temperatura	Ambient	°C

3.2.2. Preus de les energies

Taula 3.2.7 Preus d'energies

Servei	Unitat	Preu (€)
Aigua bruta	m ³	0,62
Aigua desgasificada	m ³	4,95
Aigua desmineralitzada	m ³	1,49
Aigua pretractada	m ³	0,69
Aigua refrigeració	m ³	0,62
Condensat	m ³	3,63
Vapor d'alta	tona	30,03
Vapor de mitja	tona	24,09
Vapor de baixa	tona	17,93
Electricitat	kW-h	0,04
Aire d'instrumentació	Nm ³	0,02
Nitrogen	Nm ³	0,08

Els preus s'han ajustat segons el IPC per indústria a data de gener de 2020 (Ref. 9).

3.2.3. Informació del emplaçament

3.2.3.1. Climatologia

Taula 3.2.8 Dades climatològiques

Dada climatològica	Valor	Unitat
Temperatura mitjana	15,97	°C
Temperatura màxima	19,70	°C
Temperatura mínima	12,60	°C
Humitat relativa mitjana	73,34	%
Ratxa màxima del vent (10 m)	45.70	km/h-292°
Pressió atmosfèrica mitjana	1019.80	hPa
Irradiació solar global	7,60	MJ/m ²

3.2.3.2. Localització geogràfica

S'ha decidit ubicar la planta de producció al polígon industria de la Pobla de Mafumet, concretament a (41.190460, 1.224547) ocupant una extensió de 150 hectàrees.

3.2.4. Normes i codis de disseny oficials

3.2.4.1. Recipients

Pel disseny d'equipaments de procés s'empren els següents codis de disseny:

- Estàndard EN-13445 (harmonitzat a la directiva 2014/68/UE) per recipients de procés a pressió.
- Codi TEMA per a bescanviadors de calor
- Codi API 650 i 620 per tancs atmosfèrics i de baixa pressió respectivament.

3.2.4.2. Canonades

- Canonades: Codi ASME/ANSI B-31.1, B31.3, B-31.4; estàndard EN-13480
- Aïllant: Codi UNE-EN 1403:2017; Productes aïllants tèrmics per a equips en edificació i instal·lacions Industriales. Productes manufacturats de llana mineral

3.2.4.3. Equips dinàmics

- Codi ANSI/ASME B73.1 per a bombes centrífugues de disseny horitzontal, monoetapa, aspiració axial, descarrega per línia de centres.

3.2.4.4. Instrumentació

- Codi ANSI / ISA S 5.1 - 1984 (R1992) per la realització del P&ID

3.2.4.5. Electricitat

- Reglament d'Eficiència Energètica de Enllumenat Exterior (REAE) i les seves instruccions tècniques EA-01 a EA-07

4. DESENVOLUPAMENT DE L'ENGINYERIA BÀSICA

Durant aquest bloc del projecte es duran a terme tots els diagrames requerits, que posteriorment permeten realitzar el disseny d'instrumentació, equips i canonades.

Tot i ser enginyeria bàsica aquest apartat es imprescindible per realitzar els blocs que el succeeixen ja que els seus resultats es veuen afectats directament en funció dels obtinguts en aquest.

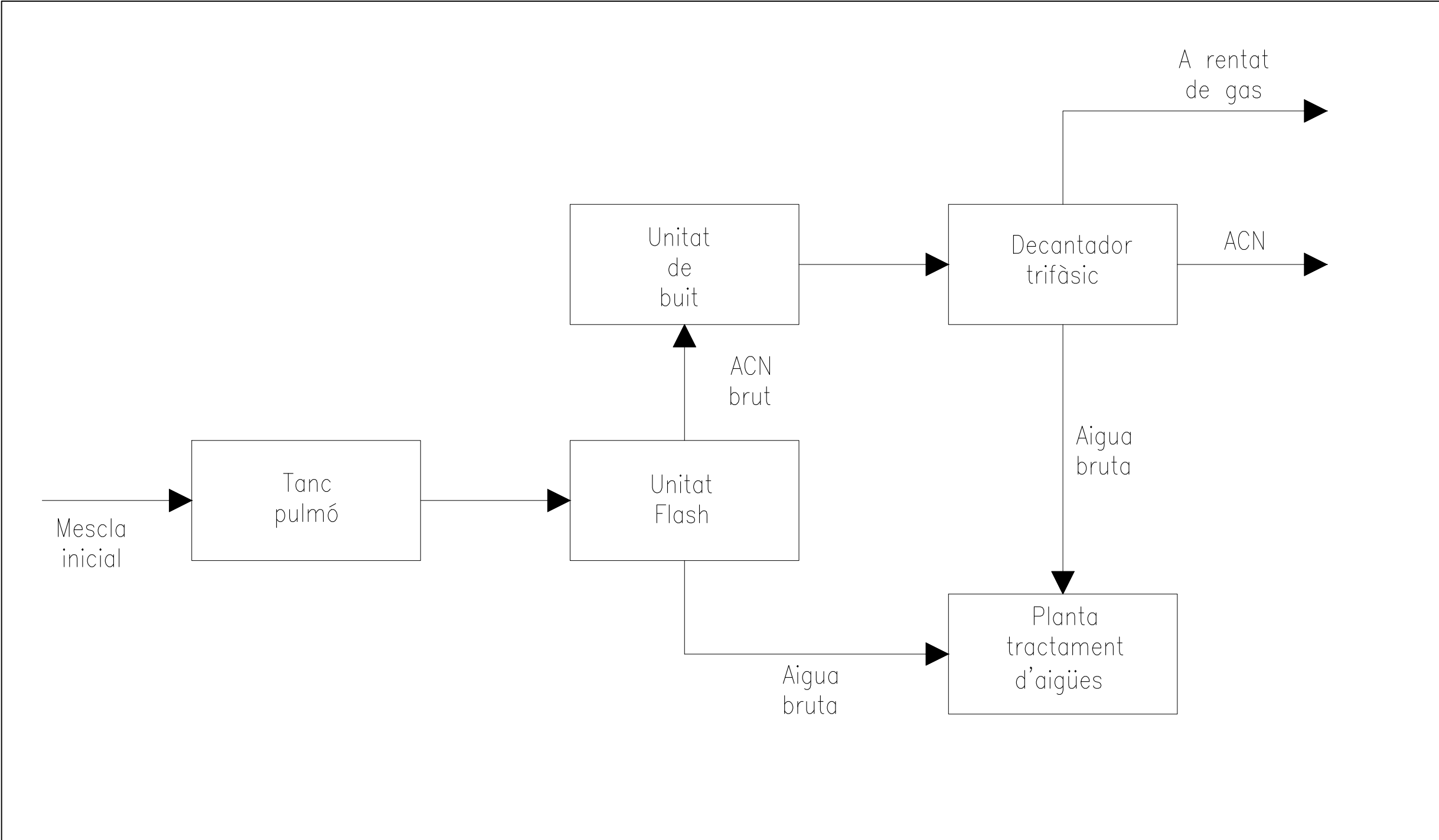
4.1. Diagrames del Procés

En aquest apartat es presenten tots els diagrames referents a la planta de producció dissenyada.

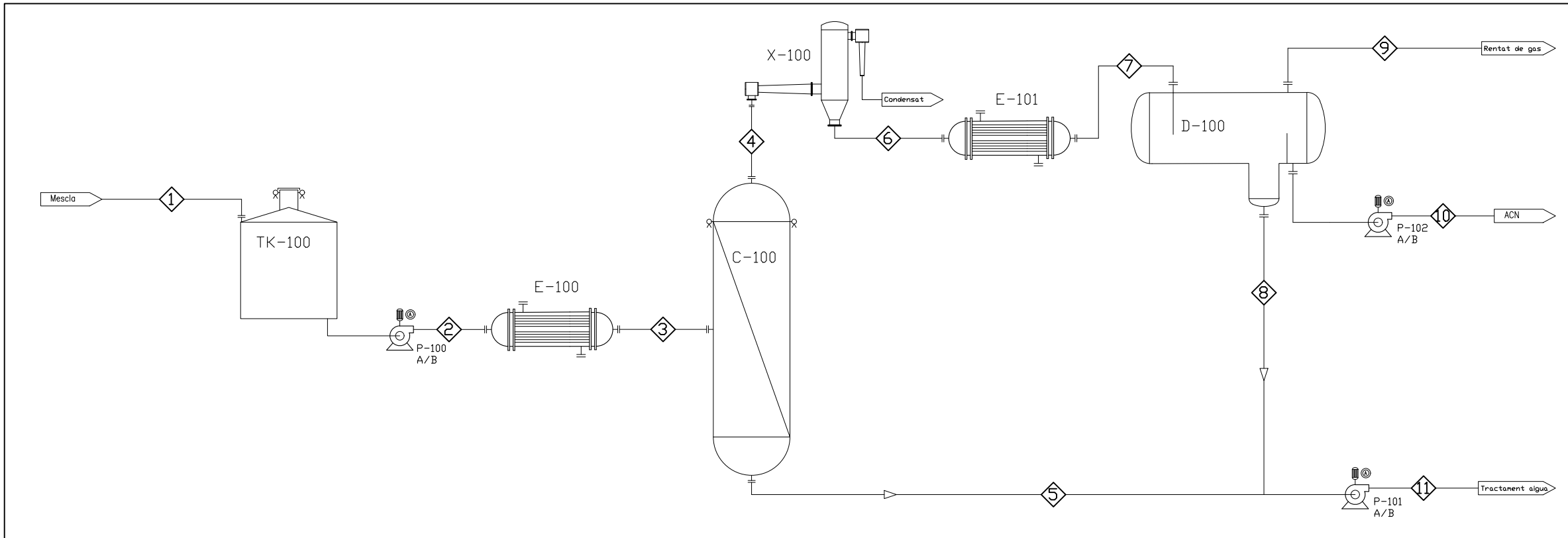
En primer lloc es troba el diagrama de blocs la funció del qual es donar una idea general de quin es el procés i com funciona. Seguit del diagrama de blocs es mostra el PFD que inclou el balanç de matèria del procés i presenta els equips i línies de procés que en prenen part.

A continuació es troba el P&ID, es tracta del tercer diagrama de procés i el més complet. Aquest mostra totes les línies que prenen part, tant les de procés com les de les *utilities*. A més de mostrar els equips del procés, presenta també totes les vàlvules i equips de control requerits.

En segon lloc es presenten dos diagrames que tenen l'objectiu de mostrar la distribució espacial del procés. Aquests són el Layout i el Plot Plant. A diferència dels diagrames anteriors, aquests permeten determinar la envergadura i l'espai que es requereix per implantar la instal·lació.

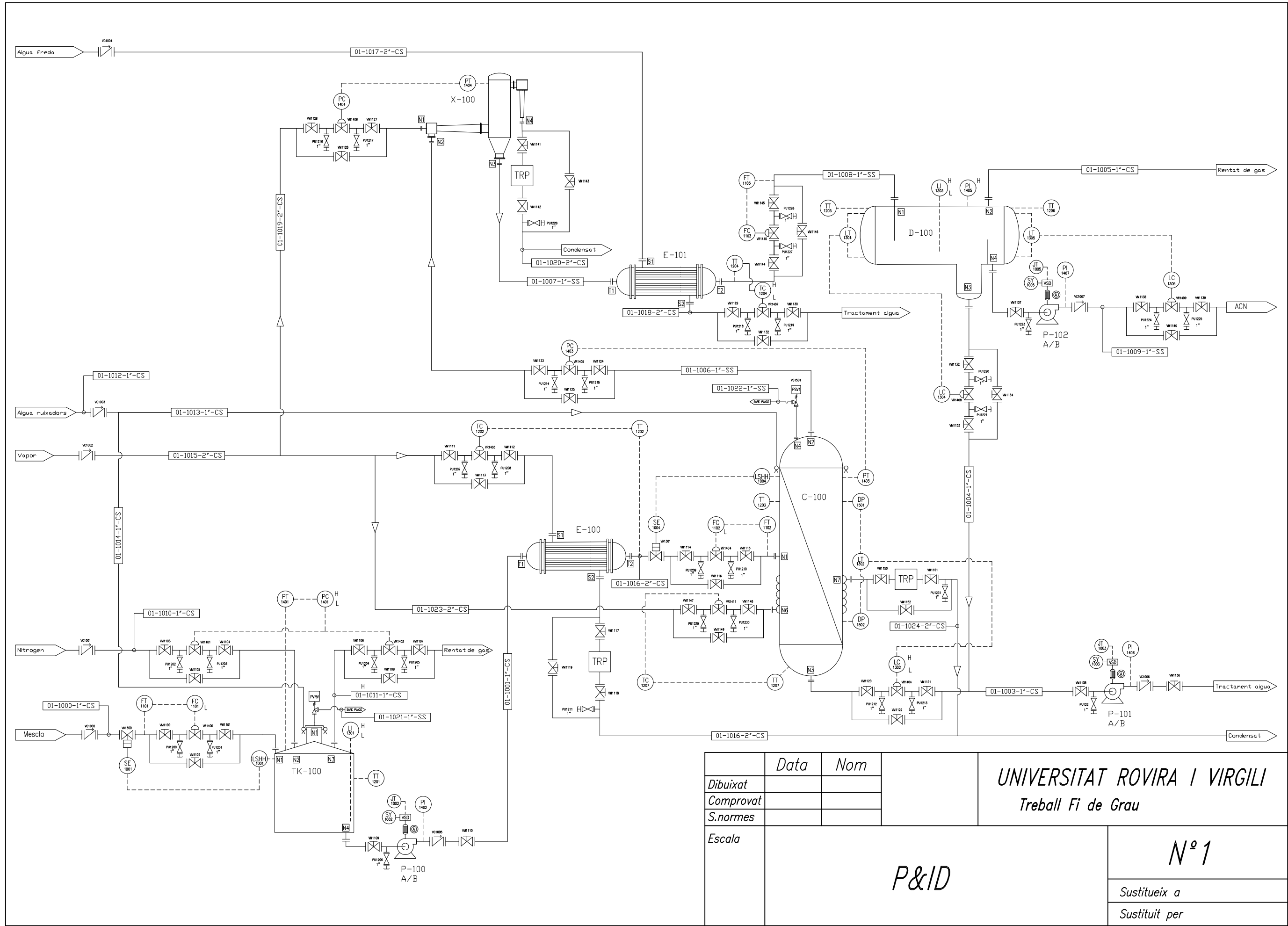


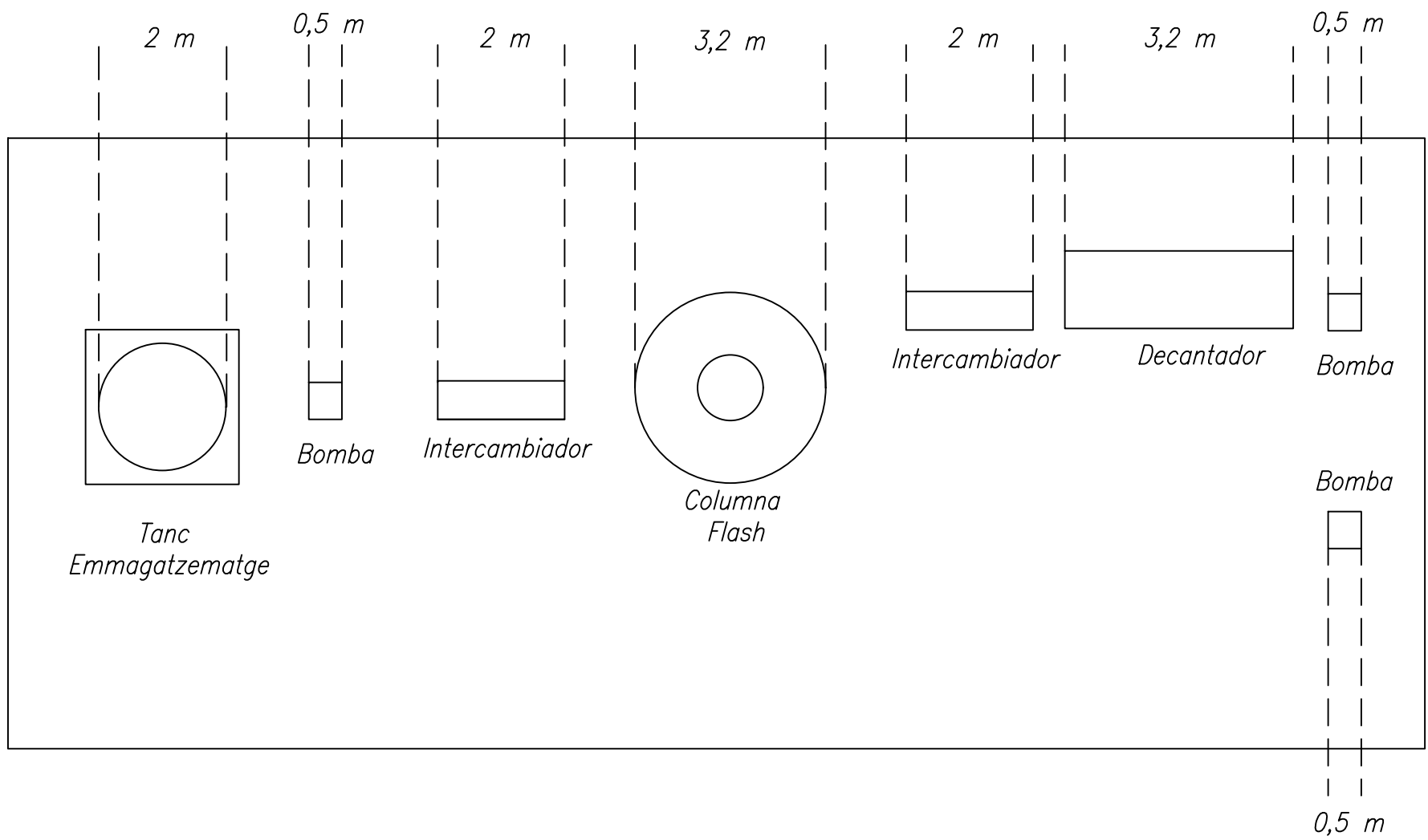
	Data	Nom		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI	
Dibuixat				Treball Fi de Grau	
Comprovat					
S.normes					
Escala	Diagrama de blocs			Nº 1	
				Sustitueix a	
				Sustituit per	



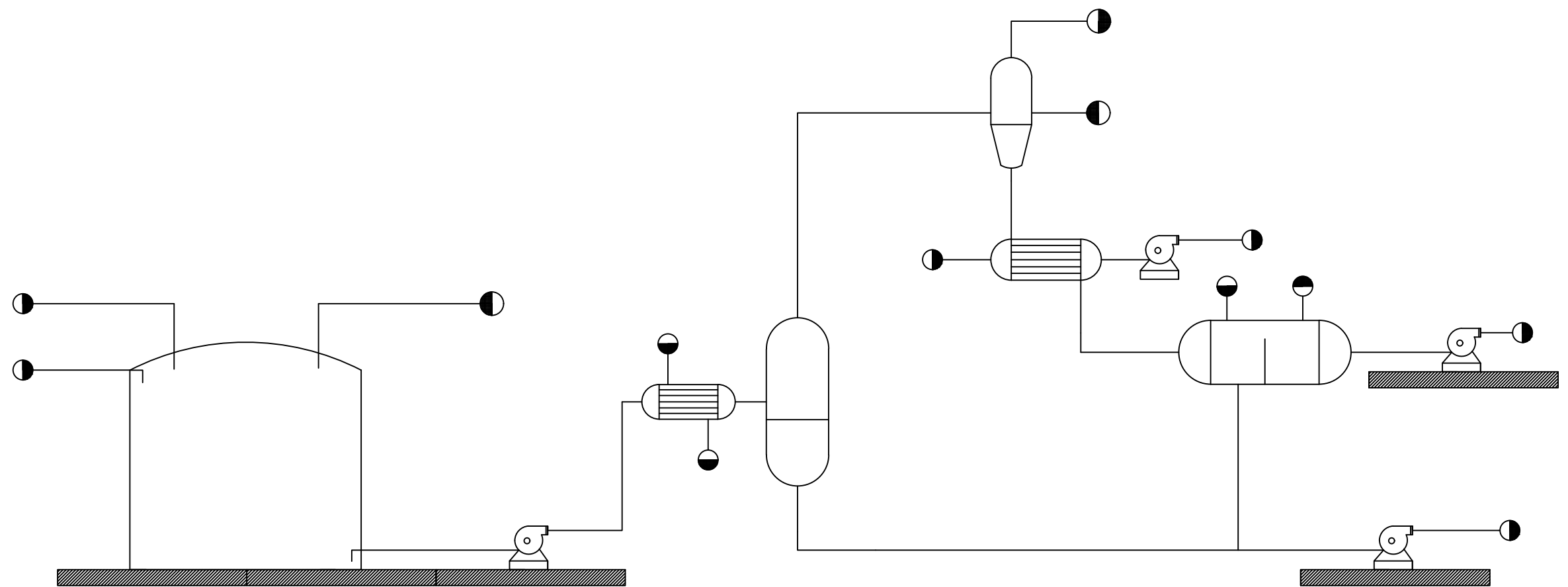
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Acrilonitril (kg/h)	47,300	47,300	47,300	40,426	6,875	40,426	40,426	1,011	—	39,416	7,886
Estirè (kg/h)	0,220	0,220	0,220	0,139	0,000	0,139	0,139	0,139	—	—	0,139
Aigua (kg/h)	2152,480	2152,480	2152,480	316,516	1836,043	316,516	316,516	316,516	—	—	2152,559
Total (kg/h)	2200,000	2200,000	2200,000	357,081	1842,919	357,081	357,081	317,665	—	39,416	2160,584
Pressió (kg/cm2)	1,033	1,050	1,020	0,020	1,020	1,040	1,033	1,020	—	1,050	1,050
Temperaura (°C)	30	30	70	92,42	98,49	92,42	30	30	—	30	88,41

	Data	Nom	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Treball Fi de Grau
Dibuixat			
Comprovat			
S.normes			
Escala	PFD		Nº 1
			Sustitueix a
			Sustituit per





	<i>Data</i>	<i>Nom</i>		<i>UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI</i> <i>Treball Fi de Grau</i>
<i>Dibuixat</i>				
<i>Comprovat</i>				
<i>S.normes</i>				
<i>Escala</i>	<i>Plot plant</i>			<i>Nº 1</i>
				<i>Sustitueix a</i>
				<i>Sustituit per</i>



	Data	Nom		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Treball Fi de Grau
Dibuixat				
Comprovat				
S.normes				
Escala	Layout			Nº 1
				Sustitueix a
				Sustituit per

4.2. Disseny de canonades

En aquest apartat s'han dissenyat les canonades de la instal·lació per poder determinar el seu gruix (Ref. 10). S'han dimensionat tant les canonades que formen part del procés productiu directament com les de les *utilities*.

El material seleccionat ha sigut acer al carboni per aquelles línies on l'acrilonitril es troba en un percentatge menor i per tant l'aigua n'és el component majoritari. En canvi, allà on l'acrilonitril es troba en major percentatge el material emprat és acer inoxidable.

Per tal de poder determinar el diàmetre de les canonades s'ha fixat una velocitat de fluid de 2 m/s, i s'ha utilitzat l'equació 4.2 per determinar el diàmetre requerit en funció del cabal.

$$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = s(m^2) \times velocitat \left(\frac{m}{s} \right) \quad (4.2)$$

D'entre les canonades dissenyades es poden distingir 3 seccions:

- Canonades a menys de 60°C i que per tant no requereixen protecció tèrmica.
- Canonades a més de 60°C que es protegiran amb protecció personal per seguretat.
- Canonades a més de 60°C en les que s'inclourà aïllament tèrmic per no perdre calor alhora que per motius de seguretat.

Les funcions que compleix l'aïllament i que el fan vital en una planta de producció són:

- Disminució de la despesa energètica.
- Disminució de l'impacte ambiental, menors emissions de CO₂
- Control de les temperatures superficials (protecció personal i equips).
- Millora de l'eficiència econòmica en instal·lacions industrials.
- Protecció contra incendis i explosions.
- Prevenció de la corrosió.

4.2.1. Canonades amb protecció personal

Seguidament a la taula 4.2.1 es presenten les canonades que requereixen de protecció personal. Es tracta de totes aquelles línies que sobrepassen els 60°C i que per tant representen un perill per al personal de planta, tot i que al no ser necessari mantenir la seva elevada temperatura per al procés s'ha decidit protegir-les amb reixats.

Taula 4.2.1 Canonades amb protecció personal

Canonada	Temperatura (°C)
01-1003-1"-CS	88,41
01-1006-1"-SS	92,42
01-1007-1"-SS	92,42
01-1016-1"-CS	76,89
01-1020-1"-CS	70,00
01-1022-1"-SS	90,00
01-1023-2"-CS	70,00

4.2.2. Càlcul del aïllament tèrmic

A continuació es mostrarà com s'ha arribat a determinar el gruix d'aïllant necessari per aquells corrents que si es necessari mantenir la seva temperatura.

El material emprat es llana de roca, aquest material està format per fibres amb aglomerats resistents a alta temperatura, no es combustible i no absorbeix aigua. Aquesta última característica ha sigut determinant ja que l'aigua es molt present en el procés dissenyat.

Per tal de trobar les dimensions normalitzades un cop calculat el gruix requerit s'ha utilitzat el catàleg de l'empresa Rockwool amb el tipus coquilla 850 (Ref .11).

Un cop determinat el tipus d'aïllant es presenta el procediment seguit per a calcular-lo. A la figura 4.2.1 es mostra una explicació gràfica de com és el transport de calor.

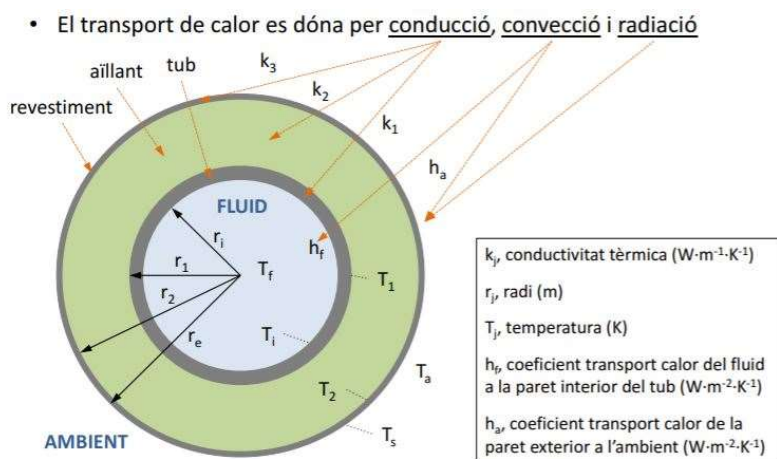


Figura 4.2.1 Transport de calor al aïllant

On:

- T_f , temperatura del fluid en Kelvin.
- T_a , temperatura ambient en Kelvin.
- T_s , temperatura de la superfície en Kelvin.
- r_1 , radi interior de la canonada en metres.
- r_i , radi interior del tub en metres.
- h_a , coeficient de transferència de calor entre la paret i l'exterior en $\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$.
- k_1 , conductivitat tèrmica del material de canonada $\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$.
- k_2 , conductivitat tèrmica del material d'aïllament $\text{W}/\text{m}^2 \text{ K}$.

Les dades utilitzades per dur a terme el càlcul es mostren a la taula 4.2.2.

Taula 4.2.2 Paràmetres de càlcul del aïllant

Paràmetre	Valor	Unitats
h_a	20	W/m ² K
T_a	298	K
T_s	313	K
k_1	36	W/m K
k_2	0,045	W/m K

Per determinar el gruix es fa servir la següent expressió donada per l'equació 4.2.1.

$$T_s = \frac{(T_f - T_a)}{r_e h_a \left(\frac{1}{r_i h_f} + \frac{\ln \frac{r_1}{r_i}}{k_1} + \frac{\ln \frac{r_2}{r_1}}{k_2} + \frac{\ln \frac{r_e}{r_2}}{k_3} + \frac{1}{r_e h_a} \right)} + T_a \quad (4.2.1)$$

Es poden fer aproximacions referents a:

- Coeficient de transport intern h_f , normalment es menysprea el terme $1/(r_i h_f)$ i es considera $T_i = T_f$.
- Es pot menysprear el terme de conducció a través del recobriment extern, considerant que $r_e = r_2$ i que $\ln(r_e/r_2)/k_3 = 0$
- Conductivitat tèrmica del aïllant, aquesta depèn de la temperatura i en aquest cas no pot passar de 60°C.

Aïllant r_2 de l'equació 4.2.1 s'obté l'expressió reflectida en l'equació 4.2.2 que permet determinar el radi exterior del aïllant i posteriorment el gruix.

$$r_2 = r_1 e^{k_2 \frac{(T_s - T_a)}{(T_s - T_a) \cdot r_e h_a} - \frac{\ln \left(\frac{r_1}{r_i} \right)}{k_1} - \frac{1}{r_a \cdot h_a}} \quad (4.2.2)$$

Finalment, els resultats es presenten a la taula 4.2.3.

Taula 4.2.3 Resultats càlcul del gruix d'aïllant

Canonada	Radi extern amb aïllament (mm)	Gruix de l'aïllament (mm)	Gruix definitiu (mm)
01-1002-1"-CS	95,86	79,16	80
01-1015-1"-CS	62,02	31,86	40
01-1019-1"-CS	62,02	31,86	40
01-1022-2"-CS	62,02	33,86	40

4.2.3. Llistat de canonades

En aquest apartat es mostra la llista de totes les canonades del procés.

EMPRESA		LLISTAT DE CANONADES DEL PROCÉS													Àrea: -	Codi doc: 1	REALITZ: -	Revisió: 1
		Disseny d'una planta de recuperació de monòmers de la unitat de políols polimèrics													Proj. Nº: 001	Data: 05/2020	APROB: -	Full: 1 De: 1
DIAGRAMA	LÍNIA N	Ø (POLZADES)	NOM DE LA LÍNIA			AILLAMENT		RECORREGUT		SCHEDULE	MATERIAL	DIAMETRE INTERN (mm)	DIAMETRE EXTERN (mm)	DADES D'OPERACIÓ			DADES DE DISSENY	
			NOM DEL FLUID	SIGLA DEL FLUID	FASE	TIPUS	GRUIX (mm)	DE	FINS					PRESSIÓ (BAR)	TEMP. (°C)	CAUDAL (m³/h)	PRESSIÓ (BAR)	TEMP. (°C)
P&ID-100	01-1000-1"-CS	1	H2O+ACN+SM	M	L	-	-	Entrada	TK-100	SCH 40	ASTM A-134	26,64	33,40	1,01	30	2,216	3,0	50
P&ID-100	01-1001-1"-CS	1	H2O+ACN+SM	M	L	-	-	TK-100	E-100	SCH 40	ASTM A-134	26,64	33,40	1,03	30	2,216	3,0	50
P&ID-100	01-1002-1"-CS	1	H2O+ACN+SM	M	L	Coquilla 850	80	E-100	C-100	SCH 40	ASTM A-134	26,64	33,40	1,00	70	2,216	3,0	90
P&ID-100	01-1003-1"-CS	1	H2O+ACN+SM	T	L	-	-	C-100 (fons)	Sortida	SCH 40	ASTM A-134	26,64	33,40	1,03	88,41	2,167	3,0	108,41
P&ID-100	01-1004-1"-CS	1	H2O+ACN+SM	B	L	-	-	D-100	01-1003-1"-CS	SCH 40	ASTM A-134	26,64	33,40	1,00	30	0,318	3,0	50
P&ID-100	01-1005-1"-CS	1	-	NNF	L	-	-	D-100	Sortida	SCH 40	ASTM A-134	26,64	33,40	1,00	30	-	3,0	50
P&ID-100	01-1006-1"-SS	1	H2O+ACN+SM	D	G	-	-	C-100 (cap)	X-100	SCH 40	ASTM A-304	26,64	33,40	0,02	92,42	0,368	2,0	112,42
P&ID-100	01-1007-1"-SS	1	H2O+ACN+SM	D	G	-	-	X-100	E-101	SCH 40	ASTM A-304	26,64	33,40	1,00	92,42	0,368	3,0	112,42
P&ID-100	01-1008-1"-SS	1	H2O+ACN+SM	D	L	-	-	E-101	D-100	SCH 40	ASTM A-304	26,64	33,40	1,01	30	0,368	3,0	50
P&ID-100	01-1009-1"-SS	1	ACN	P	L	-	-	D-100	Sortida	SCH 40	ASTM A-304	26,64	33,40	1,03	30	0,049	3,0	50
P&ID-100	01-1010-1"-CS	1	Nitrogen	N	G	-	-	Serveis	TK-100	SCH 40	ASTM A-134	26,64	33,40	5,00	25	1,000	7,0	45
P&ID-100	01-1011-1"-CS	1	Nitrogen	N	G	-	-	TK-100	Sortida	SCH 40	ASTM A-134	26,64	33,40	5,00	25	1,000	7,0	45
P&ID-100	01-1012-1"-CS	2	Aigua Ruixadors	A	L	-	-	Entrada	01-1013-1"-CS	SCH 40	ASTM A-134	52,50	60,33	1,00	25	-	3,0	45
P&ID-100	01-1013-1"-CS	2	Aigua Ruixadors	A	L	-	-	01-1012-1"-CS	C-100	SCH 40	ASTM A-134	52,50	60,33	1,00	25	-	3,0	45
P&ID-100	01-1014-1"-CS	2	Aigua Ruixadors	A	L	-	-	01-1012-1"-CS	TK-100	SCH 40	ASTM A-134	52,50	60,33	1,00	25	-	3,0	45
P&ID-100	01-1015-1"-CS	2	Vapor	V	G	Coquilla 850	40	Entrada	E-100	SCH 40	ASTM A-134	52,50	60,33	2,45	138	0,165	2,5	158
P&ID-100	01-1016-1"-CS	2	Condensat	C	L	-	-	E-100	Sortida	SCH 40	ASTM A-134	52,50	60,33	2,45	76,89	0,165	2,4	96,89
P&ID-100	01-1017-1"-CS	2	Aigua freda	AF	L	-	-	Entrada	E-101	SCH 40	ASTM A-134	52,50	60,33	1,01	4	5,300	3,0	24
P&ID-100	01-1018-1"-CS	2	Aigua	AF	L	-	-	E-101	Sortida	SCH 40	ASTM A-134	52,50	60,33	1,01	44,82	5,300	3,0	64,82
P&ID-100	01-1019-1"-CS	2	Vapor	V	G	Coquilla 850	40	01-1015-1"-CS	X-100	SCH 40	ASTM A-134	52,50	60,33	2,45	138	-	4,5	158
P&ID-100	01-1020-1"-CS	2	Condensat	C	L	-	-	X-100	Sortida	SCH 40	ASTM A-134	52,50	60,33	1,00	70	-	3,0	90
P&ID-100	01-1021-1"-SS	1	Expulsat	E	L/G	-	-	TK-100	Safe place	SCH 40	ASTM A-304	26,64	33,40	1,00	30	-	3,0	50
P&ID-100	01-1022-1"-SS	1	Expulsat	E	L/G	-	-	C-100	Safe place	SCH 40	ASTM A-304	26,64	33,40	0,01	90	-	2,0	110
P&ID-100	01-1023-1"-SS	2	Entrada camisa	V	G	Coquilla 850	40	01-1015-1"-CS	Camisa C-100	SCH 40	ASTM A-134	52,50	33,40	2,45	138	-	4,5	158
P&ID-100	01-1024-1"-SS	2	Sortida camisa	C	L	-	-	Camisa C-100	01-1016-1"-CS	SCH 40	ASTM A-134	52,50	33,40	1,00	70	-	3,0	90

Figura 4.2.2 Llistat de canonades

4.3. Disseny d'instrumentació i control

Dins d'aquest apartat es tractarà tant el sistema d'instrumentació de la planta com el seu control, a part de com es classifiquen cadascun dels diferents tipus. Primerament es comença pel disseny d'instal·lacions amb una descripció.

4.3.1. Disseny d'instal·lacions

En aquest apartat es tractaran tots els sistemes de control i sensors que hi ha a la planta de recuperació de monòmers, tant els rellevants com els irrellevants. Degut a l'elevat nombre de vàlvules es realitza en dos grups: les automàtiques i les reguladores per tal d'evitar problemes i errors a l'hora del muntatge.

4.3.1.1. Vàlvules control en línia

Primerament es parteix del valor de diàmetre nominal de la canonada de les instal·lacions d'1" i es cerquen possibles vàlvules comercials com és el cas de la casa Schuf amb el model de vàlvula 50 R, per tal de poder regular els fluxos. Es tracta d'una vàlvula de control de globus, muntada amb Y amb un sallat d'alta resistència exempt de possibles fugues a l'exterior. Com es mostra al P&ID, cada vàlvula de control en línia consta també de 3 vàlvules manuals, en cas d'emergència per a poder realitzar un by-pass, a la casa comercial Saidi hi ha el model wafer kk1 de bola, ideal per a poder aïllar el producte i poder realitzar el by-pass o tasques de manteniment a aquella línia, ja que el segellat és completament estanc (Ref. 12-13).

4.3.1.2. Vàlvules check

Per a la decisió de la vàlvula anti-retorn, degut a que el diàmetre nominal és molt petit, la més idònia és la roscada de l'empresa cast flow, que consta d'una bola oscil·lant que realitza un complet aïllament encara que representi un desgast de la bola que ho retè, però el fluid del seu interior conté una gran quantitat d'aigua i el fa menys perillós. (Ref. 14)

4.3.1.3. Vàlvules automàtiques

Per al cas de les vàlvules automàtiques, són vàlvules d'aïllament amb el pas del fluid completament nul, de manera que s'elegeix una vàlvula de la casa comercial schuf model Trueplug 11 TP que consta d'una maniobra ràpida i senzilla, fàcil de mantenir i amb molt poques possibilitats de fugues degut a que no comporta cap fregament del metall, ideal per aquest cas (Ref. 15).

4.3.1.4. Vàlvules de purga

Per a poder purgar cadascuna de les línies per assegurar que tot el fluid de pas està lliure d'aire, es fa servir una vàlvula de bola de la casa Saidi amb el model wafer kk1, ideal per a realitzar la purga i evitar fugues cap al exterior (Ref. 13).

4.3.1.5. Sensors de nivell

Per a l'apartat dels sensors de nivell al constar de dos tipus completament diferents, es realitzaran per als dos equips per separat, tant per al tanc com per a la columna.

- **Sensor tanc**

Per al sensor del tanc, s'elegeix un radar per a una major precisió del contingut de l'interior del tanc d'emmagatzematge, la casa comercial és burkert de model 8137 amb un diàmetre de 4 cm. El sensor produeix una lectura del nivell del tanc de tota la mescla, per a tenir una major precisió del nivell interior (Ref. 14).

- **Sensor columna**

A la columna de destil·lació, cal instal·lar un nivell de diferència de pressió hidrostàtica, ja que es molt complicat sinó saber el nivell, una casa comercial que el facilita és hypersens amb el sensor de nivell HS-25, ja que amb la diferència de pressions es pot arribar a saber el volum exacte del interior de la columna (Ref. 15)

- **Sensor decantador**

Per a la mesura del nivell del decantador que va al mig (1303), serà de radar guiat de la casa comercial Emerson, amb el model series 3300 que facilita la lectura del nivell en tot l'equip, col·locat al centre de l'equip a la part superior (Ref. 14).

Per a la mesura del nivell pel control de la vàlvula de buidat de fons l'aigua sobrant, es fa servir un sensor de nivell directe de la casa comercial wika amb un indicador magnètic model BNA, de manera que es sàpiga en tot moment el nivell a l'hora de drenar el decantador (Ref. 16)

4.3.1.6. PVRV

A l'estimació de la PVRV, es realitza a través del tanc d'emmagatzematge de manera que no pugui ni explotar ni arrugar-se per una baixada de pressió, la PVRV és de la casa comercial Emerson on el valor màxim és de 14 bar i un diàmetre de 1,5×2 polzades, però es pot tarar al valor que es pot tara al valor que es desitgi (Ref. 17).

4.3.1.7. PSV

Per a l'estimació de la vàlvula de seguretat de la columna de destil·lació, es disposa d'una vàlvula de seguretat que només actua en cas de sobrepressió, de manera que la columna pot aguantar fins a pressions molt baixes, la PSV és de la casa comercial LESER amb el model 444 ANSI que s'obre a 16 bars, amb un diàmetre de 1", suficient per a un equip que acostuma a treballar a pressions inferiors a l'atmosfèrica (Ref. 18).

4.3.1.8. Trampa Vapor

Per a l'equip de vuit i per a la camisa de refrigeració de la columna flash, a l'hora d'eliminar el vapor, s'utilitza una trampa de vapor de la casa comercial Spiraxsarco, model UTD 52, on es pot observar que és de 1" l'adequat per a poder fer servir a les instal·lacions amb la mateixa línia sense modificar-la (Ref. 19).

4.3.1.9. Sensor de pressió

Per a elegir un sensor de pressió, estem a les mateixes condicions que al sensor de nivell, a l'estar amb dos equips completament diferents, el seu rang de mesura no és el mateix per als dos equips, ja que el flash treballa quasi al vuit, per això es distingeixen dos sensor:

- **Sensor pressió flash**

A l'equip de la columna flash, al treballar a unes condicions de pressió molt baixes, és necessari treballar amb una cèl·lula ceràmica capacitiva, per a obtenir una millor lectura de la pressió al seu interior. L'instrument en concret, és de la casa comercial IFM amb el model PN7093, ja que llegeix valors de pressió des de el zero absolut, fins a 25 bars de pressió i conté dos sortides digitals amb senyal analògica del seu valor (Ref. 20).

- **Sensor pressió tanc i decantador**

Per al tanc, el sistema a utilitzar és de la mateixa casa comercial però amb el model PI2717, que permet una lectura de 0,1-1,6 bars, ideal per al fluid inicial ja que arriba en condicions normals de pressió i temperatura, i es vol controlar que no s'arrugui el tanc ni que es trenqui per sobrepressió (Ref. 21).

4.3.1.10. Sensor de temperatura

El sensor de temperatura escollit per a la instal·lació, serà el mateix per a tots els equips, ja que s'evitaran confusions i el rang a mesurar entra dins del rang de mesura del sensor. La casa comercial és l'empresa Endress+Hauser, amb els 2 models de sondes compactes i els modulars per a la indústria, de manera que on hi hagi molt poc espai es col·loquin les sondes (Ref. 22).

4.3.1.11. Purgador de vapor

Per a purgar el sistema de vapor s'utilitza un sistema de purga amb el nom de purgador de boia tancada Sarco FT 14 especial per a línies de vapor, on si es realitzés la purga amb un vàlvula normal podria donar lloc a fuites, ja que no es l'adequada per a sistemes de vapor (Ref. 23).

4.3.1. Control de les instal·lacions

De cara al control de cadascun dels sensors i els actuadors que estan vinculats consten dels diferents tipus, tots de la casa comercial Siemens (Ref. 24), per al bon control de les instal·lacions i per a regular cadascuna de les diferents variables de control.

4.3.1.1. Control flux

Per al control del flux es selecciona un controlador FCT070 d'efecte Coriolis, per a obtenir una major precisió a l'hora de realitzar un bon control del flux en to moment de la planta, com a actuator es confia amb la companyia emerson amb els actuadors pneumàtics 657, que proporcionen un bon control sobre la vàlvula per poder regular el flux.

4.3.1.2. Control nivell

Per al control de nivell, es basa amb controls de nivell de capacitància per a un bon control continu del seu nivell ja que un altre seria amb una actuació més lenta.

4.3.1.3. Control de la pressió

Per controlar la pressió del sistema es confia amb el controlador SIPART PS2, que té un rang ampli de funcions, tant per a sistemes amb obertura ràpida com obertura més progressiva, es pot regularitzar i es realitzen tests parcials.

4.3.1.4. Control de la temperatura

La temperatura es controla confiant en el mateix sistema SIPART PS2, però amb el control de temperatura que realitza els controls específics per a la bona regulació de la temperatura.

Per a la part del control de la planta on també es realitza un anàlisi per punts, on s'avalua els diferents sensors i transmissors que s'utilitzen en cada sector de la planta amb el seu controlador adequat per a cada cas.

4.3.2. Sistema de control de la planta

Dins d'aquest apartat es parla del sistema de control de la planta, on es veu quina es l'estratègia de control utilitzada, i les seves entrades que afecten a la planta.

La planta de recuperació d'acrilonitril monòmer consta de 5 entrades formades per aigua freda, que va al sistema de refrigeració del bescanviador E-101 per a refredar el producte una vegada tractat, sempre sota el control del TC 1204, que regula l'entrada d'aigua de refrigeració amb la temperatura del producte tractat a la sortida del bescanviador. L'altre entrada, és de l'aigua dels ruixadors on van al sistema de seguretat de la columna flash en cas de tenir un possible incident.

L'entrada del sistema de vapor, va cap al bescanviador de calor E-100 i al ejector X-100, sempre controlat pel controlador TC 1202 per la cas del bescanviador, que regula d'entrada de vapor a través de la mescla a la sortida del bescanviador de calor. A la figura 4.3.1 es mostra el control descrit del bescanviador E-101 i l'ejector X-100.

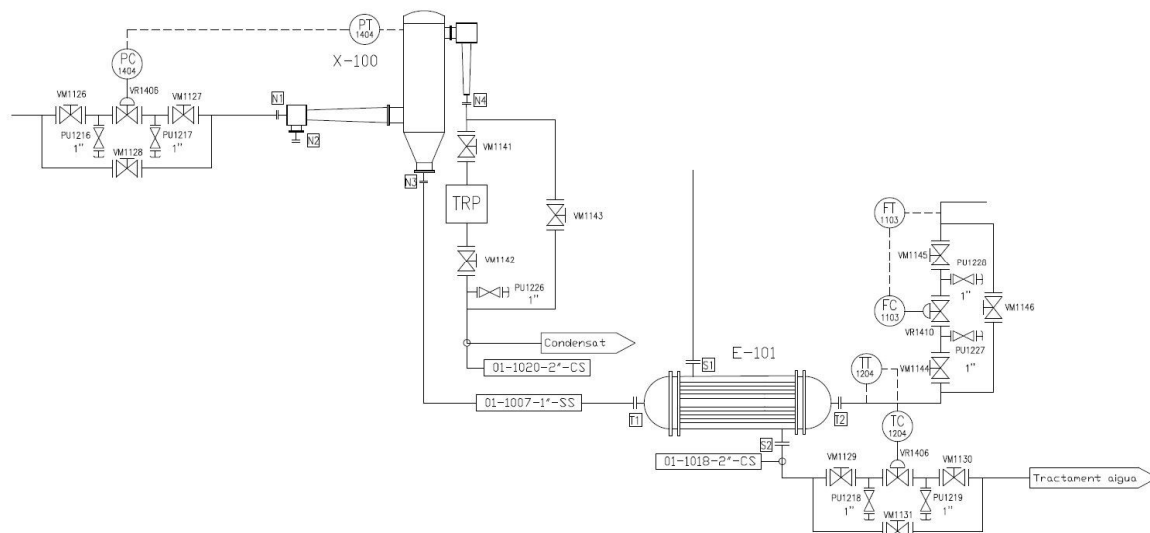


Figura 4.3.1. Control E-101 i X-100

L'entrada de nitrogen com a sistema de venteig es realitza a partir del sistema de control PC 1401, a partir de la diferència de pressions que hi han entre l'entrada i la sortida de nitrogen, amb les dues vàlvules de regulació VR 1401 i VR 1402. I per al cas de l'ejector un sensor de pressió el PT 1404, per a poder regular el bon funcionament del sistema de buit.

Per a l'entrada de producte de la mescla el sistema de control és molt més complex, de manera que consta a l'entrada d'un sistema de seguretat amb una vàlvula automàtica en el cas de que hi hagués un sobre-ompliment del tanc, es tanqués l'entrada de la mescla al tanc per evitar un possible dany estructural. Just al costat de la vàlvula automàtica, hi ha una vàlvula de regulació on el flux es regula amb el controlador FC 1101, de manera que es reguli l'entrada al tanc TK-100. El tanc d'emmagatzematge, consta de sensors de nivell i de temperatura per tal de poder garantir el bon funcionament de l'equip. Tot el seu control es pot observar a la figura 4.3.2.

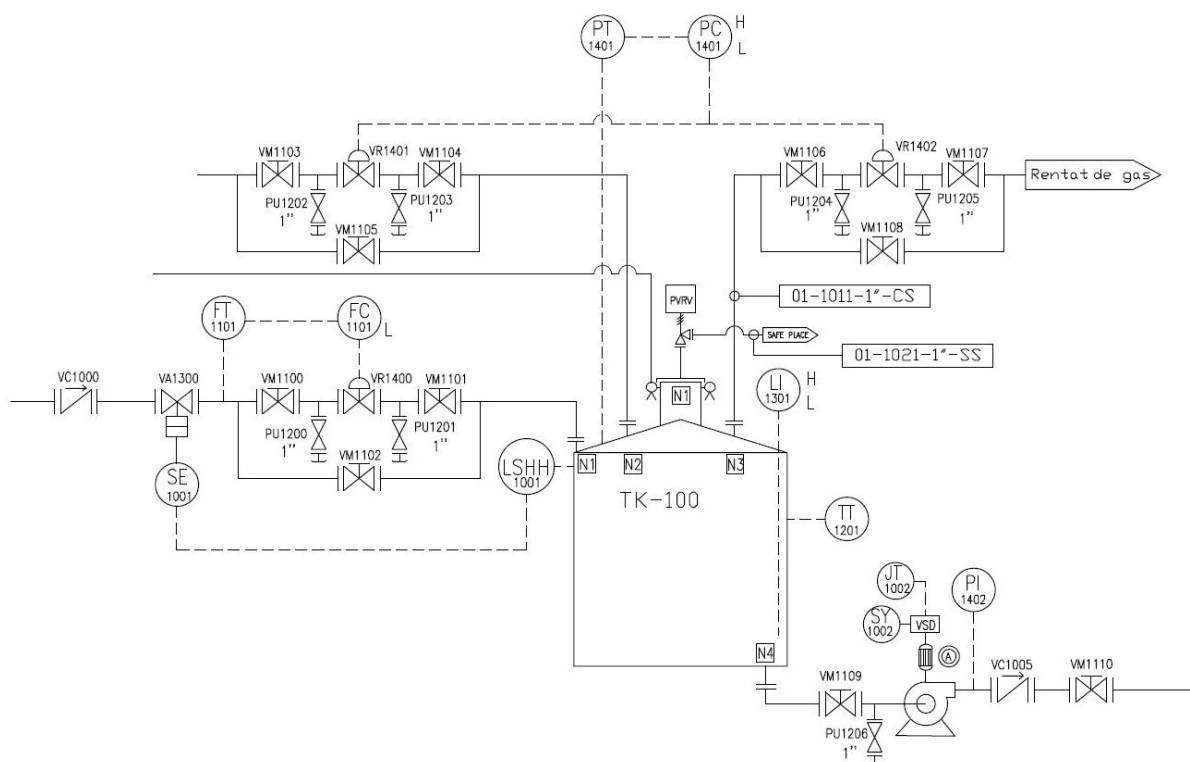


Figura 4.3.2 Control TK-100

Una vegada el producte ha passat pel tanc d'emmagatzematge, és impulsat per la bomba P-100 (A/B) per a que pugui accedir als altres equips com el bescanviador de calor E-100, que calenta la mescla com s'ha mencionat anteriorment. Justa abans d'entrar a la columna flash, consta del mateix sistema de seguretat amb una vàlvula automàtica per a evitar un possible incident de sobre-ompliment de la columna amb l'enclavament de seguretat 1004, accionat per la vàlvula automàtica SE 1301.

Per a poder regular el control de flux de l'entrada a la columna, es disposa d'un controlador de flux FC 1102, que consta d'una vàlvula de regulació (VR 1404) per a regular el seu flux. Una vegada a la columna, consta dels diferents instruments per a un bon funcionament: sensors de pressió diferencial lligats al LT 1302 per a poder saber quin és el nivell òptim de la columna, i un sensor de pressió per a poder realitzar el buit i extreure l'acrilonitril i l'estirè pel cap de la columna. Per a poder mantenir la temperatura a la columna de 98,49°C, es fa servir un encamisat al voltant de la columna flash amb vapor de servei, controlat pel sistema TC 1203 per a mantenir sempre les condicions de temperatura adequades al seu interior.

Per al buidat del fons de la columna es disposa del sistema de mesura de nivell amb pressió diferencial mencionat anteriorment, que realitza el buidat pel fons de la columna i va cap el sistema de tractament que queda for a de l'abast del projecte, amb una bomba (P-101) per a poder impulsar el producte a tractar, amb una petita quantitat d'aigua que prové del decantador que es mencionarà a continuació. Tot aquesta part del procés es mostra a la figura 4.3.3.

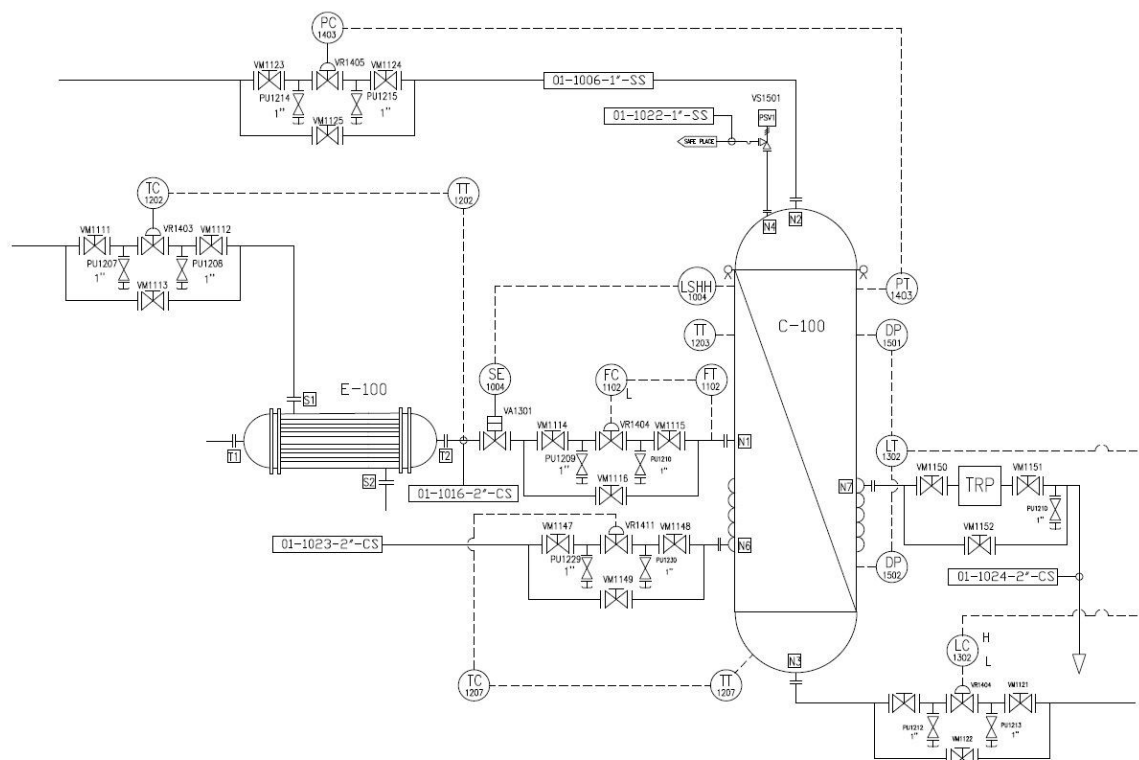


Figura 4.3.3 Control E-100 i C-100

El sistema de buit de la planta, consta de l'ejector per tal de poder realitzar el buit a la columna amb una entrada de vapor mencionada anteriorment, a la sortida es dirigeix cap a el bescanviador de calor E-101 per tal de poder condensar la mescla que surt del ejector, controlat pel sistema de refrigeració mencionat anteriorment amb el controlador TC 1204, on posteriorment, es regula el flux a partir del regulador FC 1103 on es realitza la regulació del flux òptim per evitar un sobre-ompliment del decantador.

Al sistema de decantació es vol separar l'aigua arrossegada del procés de separació flash al buit i obtenir el producte desitjat (acrilonitril). El decantador consta d'una sèrie de sensors per garantir el bon funcionament de l'equip com poden ser sensors de nivell, pressió i temperatura per tal d'evitar possibles escenaris d'augment del nivell del decantador o el cas contrari que pot arribar al deteriorament del tancament de la comba P-102 fent que acabi cavitant i produir una fuga cap a l'exterior.

Per al drenatge de l'equip, consta de dues sortides, la d'orgànic que es controla amb el sensor de nivell del decantador LT 1304 i el de la sortida de producte desitjat, que primer passa per una bomba d'impulsió (P-102) per a poder extreure l'acrilonitril i l'estirè i portar-lo de nou a la planta per a poder aprofitar aquests producte, regulats a través del sistema de control LT 1305, per a poder realitzar el drenatge del decantador. Tot i així es col·loca el sensor de nivell LT 1303 per a saber el nivell d'interfase. El sistema de buit es pot observar a la figura 4.3.3. Pel que fa al control del decantador, aquest es troba reflectit a la figura 4.3.4.

4.3.4. Fitxa vàlvules seguretat

RELIEF VALVES					
REVISION DATE		21/06/2020			
ITEM No.					
TAG No.		100-PVRV-	100-PVRV-	100-PSV-	
VALVE SERVICE		LIQUID	LIQUID	STEAM	
		HE LLVGO	HE LLVGO	STRAINER	
				REFLUX	
				LLVGO	
MANUFACTURER		NACIONAL	NACIONAL	NACIONAL	
TYPE No.		-	-	-	
NUMBER VALVES REQ'D		1	-	1	
NORMAL SYSTEM PRESS., KG/CM2		1,00	1,00	0,02	
NORMAL SYSTEM TEMP., °C		30	30	90	
GOVERNING UPSET CONDITION					
ACCUMULATION, PERCENT		25	25	-	
VALVE SIZING CONDITIONS	FLOWING FLUID	LLVGO	LLVGO	LP STEAM	
	FLOW QUANTITY, M3/H	2,02	2,02	-	
	FLOW SPECIFIC GRAVITY	0,001	0,001	0,001	
	FLOW TEMP., °C	30	30	90	
	FLOW VISCOSITY, cSt	-	-	-	
	SET PRESSURE, KG/CM2	2	0,5	1,02	
	ACCUM. INLET PRESSURE	-	-	-	
	BACK PRESS., KG/CM2 G	2	0,5	1,02	
	REQ'D ORIFICE AREA, CM2				
CONSTRUCTION	SIZE/RATING	NOMINAL SIZE INS.	-	-	-
		ORIFICE AREA, CM2/VALV	9,7	9,650	4,160
		TOTAL ACTUAL AREA, CM	9,7	9,650	4,160
		BODY CONN INLET	3-150	1-150	1-150
		OUTLET	4-150	2-150	2-150
	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./PAO	NO	NO	NO
		TEST ROD	NO	NO	NO
REMARKS:					

4.3.5. Fitxa vàlvula automàtica

1 GENERAL DATA									
2 TAG		VA 1300		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW					
3 SERVICE		MESCLA		DN & RATING		25		150 #	
4 LINE/EQUIPMENT		1"-MATERIAL		MTL & SCHEDULE		SA 106		40	
5 DIAGRAM		PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-		1,73	
6 AREA CLASSIFICATION				EEx REGULATION		EEx IIC T5 / T6			
7 PROCESS DATA									
8 FLOW	PHASE	LVGO	Liquid	Data	UI	Min.	Normal	Max.	
9 Cpl/Cv	Z	1.155	7.35e-4	Inlet Flow cu m/s		1.25	1.6	2	
10 D or SG	Viscosity Pa.s	0.884	1.30 · 10 ⁻³	Inlet Pressure bar		1.013	1.013	1.013	
11 P crit. bar	T crit. K	9.46	IGUAL OTRA	Pressure Drop bar		0.25	0.25	0.25	
12 TIGHTNESS				T operation K		303	303	303	
13 FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		0.09	0.09	0.09	
14 OTHERS				Cv calculated (Kj/Kg)		66,1	66,1	66,1	
15				Cv required					
16				Opening			80%		
17 BODY, INTERNAL AND ACTUATOR									
18 BODY, BIRETTA AND PACKING		INTERNAL							
19 Body Type	Sphere	Types (1)	STD	Escape Types					
20 Vapor Mantle	-	Row	-	Noise (dB)					
21 DN & Rating	25 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance	SA 216 WCB				
22 Line Connection	Flange	Holder	-	MTL Holder	AISI 316				
23 MTL Body & Casing	SA 216 WCB	Nominal Cv	-	MTL Actuator	AISI 316				
24 MTL Body Line	AISI 216	Character	-	MTL Nozzle	AISI 316				
25 MTL Outlet Line	SA 216	PNEUMATIC ACTUATOR							
26 Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang					
27 Biretta Type	AISI 216	Type	TRUE PLUG	Wheel					
28 Packing	SA 216 WCB	Air	-	Travel Limit mm	51.0				
29 Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System					
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA									
31 POSITIONATOR AND FILTER		SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)				
32 Positioner Type	Digital	Valve Type	ES Lineal	Sensors Type					
33 SMART Capacity		Feed		Service					
34 PST/Regulation		Reset Type		Assembly & Connec.					
35 Electrical Connection		Electrical Connec.		EEx Protection					
36 Pneumatic Connection		Pneumatic Connec.		NOTES AND ACCESSORIES					
37 EEx Protection	EEx IIC T6	EEx Protection	EEx IIC T5						
38 Filter	-	SIL (s/IEC 61508)	IP 65						
39 PRODUCT DATA (3)				PURCHASE DATA					
40 Valve	PF51.1-ES	Actuator	Serie 657	Requisition					
41 Positionator	Digital			Manufacturer	SCHUF				
42 Solenoid	ES Lineal			Supplier					
43 Travel End									
44 GENERAL NOTES									
45									
46									
47									
48									
49									
JOB NO.		CHARGE NO.							
M/S NO.		P.O.NO.							
NO. UNITS									
DR. BY		DATE:							
CK. BY		DATE:							
REV	BY	OK	DATE						
				100-FCV-41					
				SHEET No. 5					

4.3.6. Fitxa vàlvula manual i purga

1 GENERAL DATA													
2 TAG		VM-1106 STALLATION LINE AND APPLICABLE LAW											
3 SERVICE		MESCLA		DN & RATING		25		150 #					
4 LINE/EQUIPMENT		1"-MATERIAL		MTL & SCHEDULE		MATERIAL TUB		40					
5 DIAGRAM		PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-		1.7					
6 AREA CLASSIFICATION				EEx REGULATION		EEx IIC T5 / T6							
7 PROCESS DATA													
8 FLOW		PHASE		LVGO		Liquid		Data		UI		Min Normal Max	
9 Cp/Cv		Z		1		7.35 · 10 ⁻⁴		Inlet Flow cu m/s		1		1.6	
10 D or SG		Viscosity Pa·s		1		??		Inlet Pressure bar		1		1	
11 P crit. bar		T crit. K		3.93		SUPOSO		673		Pressure Drop bar		0 0.3	
12 TIGHTNESS								T operation K		##		303	
13 FIRE SECURITY DIST.								Vapor Pres. bar		0		0.1	
14 OTHERS								Cv calculated (Kj/Kg °C)		66		66	
15								Cv required					
16								Opening				30%	
17 VAL AND ACTUATOR													
18 BODY, BIRETTA AND PACKING INTERNAL													
19 Body Type		Sphere		Types (1)		STD		Escape Types					
20 Vapor Mantle		-		Row		-		Noise (dB)					
21 DN & Rating		25 & 150 #		Guidance		-		MTL Guidance					
22 Line Connection		Flange		Holder		-		MTL Holder					
23 MTL Body & Casing		1.4408 EN 10213-4		Nominal Cv		-		MTL Actuator					
24 MTL Body Line		1.4408 EN 10213-4		Character		-		MTL Nozzle					
25 MTL Outlet Line		1.4408 EN 10213-4		MANUAL ACTUATOR									
26 Flow tends to		-		Service		-		Feed Rang					
27 Biretta Type		1.4408 EN 10213-4		Type		BALL		Wheel					
28 Packing		1.4408 EN 10213-4		Air		-		Travel Limit mm					
29 Shutting Bellow		-		Max. ΔP (2) bar		-		XLOCK System					
30 AND PURCHASE DATA													
31 ACTOR AND FILTER		SOLENOID VALVE (3)		TRAVEL ENDS (3)									
32 Positioner Type		Manual		Valve Type		ET Lineal		Sensors Type					
33 SMART Capacity				Feed				Service					
34 PST/Regulation				Reset Type				Assembly & Connec.					
35 Electrical Connection				Electrical Connec.				EEx Protection					
36 Pneumatic Connection				Pneumatic Connec.				NOTES AND ACCESSORIES					
37 EEx Protection		EEx IIC T6		EEx Protection		EEx IIC T5							
38 Filter		-		SIL (s IEC 61508) IP 65									
39 UCT DATA (3)													
40 Valve		PF51.1 ES		Actuator		Serie 300		Requisition					
41 Positionator		Manual						Manufacturer		SAIDI			
42 Solenoid		-						Supplier					
43 Travel End													
44 GENERAL NOTES													
45													
46													
47													
48													
49													
JOB NO.		CHARGE NO.											
M/S NO.		P.O. NO.											
NO. UNITS													
DR. BY		DATE											
CK. BY		DATE											
REV		BY		OK		DATE							
								100-FCV-45					
								SHEET No. 6					

4.3.7. Fitxa vàlvula regulació

1 GENERAL DATA									
2 TAG		VR-1400		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW					
3 SERVICE		MESCLA		DN & RATING		25		150 #	
4 LINE EQUIPMENT		1"-MATERIAL		MTL & SCHEDULE		Material rub		40	
5 DIAGRAM		PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-		1,73	
6 AREA CLASSIFICATION				EEx REGULATION		Elegir			
7 PROCESS DATA									
8 FLOW	PHASE	LVGO	Liquid	Data	UI	Mín	Normal	Max	
9 Cv/Cv	Z	1,155	7,35 · 10 ⁻⁴	Inlet Flow	cu m/s	1,25	1,6	2	
10 D or SG	Viscosity	Pa s	1	FALTA	Inlet Pressure	bar	1,013	1,013	1,013
11 P crit.	bar	T crit.	K	93 (suposo esta	533	Pressure Drop	bar	0,25	0,25
12 TIGHTNESS				T operation		K	303	303	303
13 FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres.		bar	0,09	0,09	0,09
14 OTHERS				Cv calculated (K _v /K _s)			66,1	66,1	66,1
15				Cv required					
16				Opening			70%		
17 BODY, INTERNAL AND ACTUATOR									
18 BODY, BIRETTA AND PACKING									
19 BODY TYPE									
Sphere		Types (1)		STD		Escape Types		-	
Vapor Mantle		-		Row		Noise (dB)		-	
DN & Rating		25 & 150 #		Guidance		-		MTL Guidance	
Line Connection		Flange		Holder		-		SA 216 WCB	
MTL Body & Casing		SA 216 WCB		Nominal Cv		-		MTL Holder	
MTL Body Line		TUBO		Character		-		MTL Actuator	
MTL Outlet Line		TUBO		-		-		MTL Nozzle	
25 PNEUMATIC ACTUATOR									
Flow tends to		-		Service		-		Feed/Rang	
Biretta Type		A 216 WCB		Type		Globe		Wheel	
Packing		SA 216 WCB		Air		-		Travel Limit	
Shutting Bellow		-		Max. ΔP (2)		bar		mm	
								29,0	
								XLOCK System	
								-	
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA									
31 POSITIONATOR AND FILTER									
32 POSITIONER TYPE									
Digital		Valve Type		ET Lineal		Sensors Type			
SMART Capacity		Feed				Service			
PST Regulation		Reset Type				Assembly & Connec.			
Electrical Connection		Electrical Connec.				EEx Protection			
Pneumatic Connection		Pneumatic Connec.				NOTES AND ACCESSORIES			
EEx Protection		EEx IIC T6		EEx Protection		EEx IIC T5			
Filter		-		SIL (s/IEC 61508)		IP 65			
39 PRODUCT DATA (3)									
Valve		PF51.1 ET		Actuator		Serie 657		Requisition	
Positionator		Digital						Manufacturer	
Solenoid		ET Lineal						Supplier	
Travel End								SCHUF	
44 GENERAL NOTES									
45									
46									
47									
48									
49									
JOB NO.		CHARGE NO.							
M'S NO.		P.O.NO.							
NO UNITS									
DR. BY		DATE:							
CK. BY		DATE:							
REV		BY		OK		DATE			
								100-FCV-46	
								SHEET No. 7	

4.4. Disseny d'equips

En aquest apartat es presenten els equips de procés dissenyats i el procediment seguit.

4.4.1. Tanc TK-100

La planta de producció disposa d'un tanc pulmó previ al procés productiu. Això es deu a la necessitat d'assegurar una alimentació contínua sense dependre de l'activitat d'altres processos anteriors. Per tant, la finalitat d'aquet tanc es emmagatzemar un volum màxim de 10 m^3 d'una mescla formada per aigua, acrilonitril, i estirè (Ref. 25).

4.4.1.1. Disseny TK-100

Aquest tanc s'ha dissenyat seguint la norma API 650 per a tancs atmosfèrics degut a que no es troba sotmès a pressió elevada. A continuació es mostren els paràmetres inicials a partir dels quals s'ha dimensionat l'equip:

Taula 4.4.1 Paràmetres pel disseny del tanc

Paràmetre	Valor	Unitat
Diàmetre	204	cm
Altura	306	cm
CA (corrosió admissible)	0,16	cm
Material	A 283	
Esforç de disseny (Sd)	1410	kg/cm ²
Esforç de prova hidrostàtica (St)	1580	kg/cm ²
Fluid	Aigua, ACN, i SM	
Densitat relativa (G)	$9,99 \times 10^{-1}$	
Densitat mescla	998,9	kg/m ³
Densitat aigua	1000	kg/m ³

En aquest cas, el material triat es el acer A-283 grau C. Aquest tipus de placa es va dissenyar per cobrir propòsits generals, es molt versàtil ja que permet ser utilitzat en tota l'estructura (paret, sostre, fons. etc.).

El gruix de la paret del cos requerit per resistir la càrrega hidrostàtica serà major que el calculat per condicions de disseny o per condicions de prova hidrostàtica, però mai serà menor al valor mostrat el la taula següent:

Taula 4.4.2 Gruix mínim del cos

Diàmetre nominal (m)	Gruix mínim (mm)
<15,24	4,76
15,24<36,576	6,35
36,576<60,96	7,93
>60,96	9,52

Tenint en compte el diàmetre del tanc, el gruix mínim aplicable serà de 4,76 mm.

Per calcular el gruix s'ha utilitzat les equacions 4.4.1 per al gruix del cos i l'equació 4.4.2 per al gruix de prova hidrostàtica.

$$t_d \equiv \frac{0,0005 \times D(H-30,48) \times G}{S_d} + CA \quad (4.4.1)$$

$$t_t \equiv \frac{0,0005 \times D(H-30,48) \times G}{S_t} + CA \quad (4.4.2)$$

Respecte al fons del tanc, el seu gruix es calcula mitjançant l'equació 4.4.3.

Taula 4.4.3 Gruix mínim fons

Gruix mínim (mm)	Esforç Calculat per Prova Hidrostàtica (kg/cm2)		
	<1989	<2109	<2320<2530
t<19,05	6,35	6,35	8,73
9,05<25,4	6,35	7,14	11,11
25,4<31,75	6,35	8,73	14,28
31,75<38,1	7,93	11,11	17,46
38,1<44,45	8,73	12,70	19,05

$$S_h \equiv \frac{0,0005 \times D(H-30,48) \times G}{t} + CA \quad (4.4.3)$$

El sostre triat per aquesta ocasió ha sigut de tipus cònic autosoportat. Es tracta d'un tipus de sostre sense cap element estructural i únicament suportat en la seva perifèria per un perfil de coronament. Aquest tipus de sostre es el més utilitzat per tancs de poca capacitat i requereix d'un gruix mínim de 4,76 mm. Els sostres cònics autosoportats tenen un pendent màxim de 37° i mínim de 9,5° respecte la horitzontal, el gruix es calcula amb l'equació 4.4.4.

$$T \equiv \frac{D}{4800 \times \sin \theta} + CA \quad (4.4.4)$$

4.4.2. Columna Flash C-100

L'equip Flash exerceix una funció de vital importància en el procés productiu ja que es on es separa el monòmer desitjat principalment (ACN) d'una gran quantitat d'aigua. Aquesta operació es duu a terme a una pressió de buit aconseguida gràcies a la instal·lació d'un ejector, per mantenir la temperatura d'operació requerida es disposa d'un encamisat que es val de vapor per realitzar la seva funció calefactant. Aquest ejector es capaç de crear el buit i per tant succionar producte mitjançant vapor.

Aquest equip s'ha dissenyat mitjançant el programari *Aspen Hysys*.

4.4.2.1. Disseny C-100

Tot i que l'equip s'ha dissenyat virtualment, sí que s'ha fet un càlcul del pes del equip sense cap producte al seu interior i el pes si es trobés ple d'aigua. El procediment mostrat a continuació s'ha seguit per a tots els equips que ho requerien.

Taula 4.4.4 Valors inicials Flash

Paràmetre	Valor	Unitat
Densitat acer	7850	kg/m ³
D	3200,00	mm
L	9599,80	mm
L/D	2,99	
L caps	0,8001	m

A partir dels valors anteriors s'han trobat les àrees de cada secció que junt amb el gruix permet trobar el pes.

Taula 4.4.5 Pes Flash buit

Part	Gruix (mm)	Àrea (m ²)	Volum (m ³)	Densitat (kg/m ³)	Pes (kg)
Cos	4,76	96,51	0,459	7850	3606,11
Sostre	4,76	16,08	0,077	7850	601,03
Fons	4,76	16,08	0,077	7850	601,03
Total					4808,17

Seguidament es calcula el volum si l'equip es trobés ple d'aigua.

Taula 4.4.6 Volum Flash ple d'aigua

Paràmetre	Valor	Unitat
Volum recipient	77,21	m ³
Densitat aigua	1000,00	kg/m ³
Pes total	77206,17	kg

El material triat per a la construcció de l'equip Flash es el acer AISI 304. Es tracta d'un material amb bona processabilitat, soldabilitat, resistència a la corrosió, resistent al calor, i disposa de bones propietats mecàniques. Es un dels materials més usuals en la indústria química.

4.4.2.2. Full d'especificació C-100

1	GENERAL	Manufacturer:									
2		Item:	C-100								
3		Service:	Columna destil·lació								
4		Type:	Flash								
5	OPER. CONDIT.	Product									
6		Temper.	98,49	°C							
7		Pressure	0,02	kg/cm ² g							
8		Liquid Density	967,6	kg/m ³							
9		Liquid Viscosity	0,4227	cP							
10		Tray Number (Bottom Tray=No.1)									
11		Tower Inside Diameter	3200	mm.							
12		Tray Spacing									
13		Max. ΔP per Tray									
14		Minimum Area/Downcomer	8,04	m ²							
15		Valves, Bubble Caps / Tray									
16		Perforations / Tray									
17											
18	DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)	1,02	kg/cm ² g							
19		Des.Temp.	118,49	°C							
20		Liquid Density	967,6	kg/m ³							
21		Design Range									
22		Hydr.Test									
23		Code:	ASME (Aspen Hysys)								
24		Corr.Allow/mm: Shell / Heads	3,175	/ mm.							
25		Joint Efficiency:	100	%							
26		Stress.Rel.:	x	Yes No							
27		Radiograph:	x	Yes No							
28		Sandblast:	Yes x	No							
29		Paint:	Yes x	No							
30		Insulation:	Yes x	No							
31		Fireproofing:	x	Yes No							
32		Wind Load:									
33		Seismic:	Yes x	No							
34		Wt.Empty:	4908	kg							
35		Wt.Full Water:	77206,17	kg							
36	INTERNAL	Tray No.	Diam.	Spacing							
37		Thru	to								
38		Thru	to								
39		Thru	to								
40		Thru	to								
41		Contact Device:									
42											
43			Bubble Caps								
44			Valves								
45			Perfor.								
46		Packing:									
47		Demister:									
48	MAPECIFIC	Shell-Top	Thick. (mm.)	Matl Class							
49		Intermed	6,35	AISI 304							
50		Bottom									
51											
52		Head-Top	6,35	AISI 304							
53		Intermed									
54		Bottom									
55											
56		Cone Section									
57											
58		Cladding, Lining									
59	NOZZLE	Service	Mark	No.	Size	Rating	Service	Mark	No.	Size	Rating
60		Entrada producte	N	N1	2 in	150 #RF		N			
61		Sortida producte per cap	P	N2	2 in	150 #RF		P			
62		Sortida producte per fons	Q	N3	2 in	150 #RF		Q			
63		PSV	R	N4	1 in	150 #RF		R			
64		Boca d'home	S	N5	20 in	150 #RF		S			
65		Entrada camisa calefactora	T	N6	3 in	150 #RF		T			
66		Sortida camisa calefactora	U	N7	3 in	150 #RF		U			
67			V					V			
68			W					W			
69			X					X			
70			Y					Y			
71			Z					Z			
72	NOTES:										
73	Aquest equip s'ha dissenyat amb el programa Aspen Hysys										
74											
75											
76											
77											
78											
79	0										
80	REV.	DATE	PREP.	APPR.							
81											

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

4.4.3. Bescanviador de calor E-100

Aquest projecte disposa de dos equips de bescanvi ca calor, el E-100 i el E-101. El E-100 té la funció de pre-escalfar la mescla provinent del tanc TK-100 abans d'entrar al separador Flash. Es tracta d'un intercanviador de carcassa i tubs convencional que utilitza vapor subministrat pels serveis disponibles a la planta per escalfar el producte.

4.4.3.1. Disseny E-100

El disseny del equip s'ha realitzat amb el programa *Aspen Exchanger Design and Rating* que permet simular d'una manera molt acurada l'equip alhora que permet dimensionar-lo.

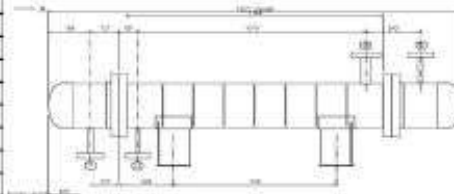
Els paràmetres inicials a partir dels quals s'ha fet la simulació corresponent es mostren a la taula 4.4.7.

Taula 4.4.7 Valors inicials E-100

Paràmetre	Fluid Calent	Fluid fred
Costat	Carcassa	Tubs
Fluid	Vapor	Aigua, ACN, i SM
Cabal d'entrada (kg/h)	-	2200
Temperatura d'entrada (°C)	138	30
Fracció de vapor	1	0
Pressió (kg/cm ²)	2,5	1,03

4.4.3.2. Full d'especificació E-100

1	ITEM No.: E-100			
2	Service: Heater			
3	Type: BEM	Position: Horizontal	Total surface / unit:	2,4 (m ²)
4	No. Shell: 1			
5	PERFORMANCE OF UNIT			
6		Shell side		Tube side
7		Inlet	Outlet	Inlet Outlet
8	Fluid name	Vapor		Mescla
9	Fluid total flow	165		2200
10	Vapour			
11	Liquid	0	165	2200 2200
12	Steam	165	0	
13	Water			
14	Temperature	138 78,89		
15	Density (L/V)	1,29/- -/975,53		-/992,07 -/997,35
16	Viscosity (L/V)	0,013/- -/0,3717		-/0,793 -/0,388
17	Vapour molecular weight	18,01		
18	Specific heat (L/V)	0,5154/- -/1,0001		-/0,991 -/0,9908
19	Thermal conductivity (L/V)	0,024/- -/0,568		-/0,514 -/0,556
20	Latent heat	519,71		
21	Inlet pressure	2,5		1,03
22	Velocity (allowable / calculated)	2,11 4,91		0,1 0,1
23	Pressure drop (allowable / calculated)	0,24 0,018		0,2 0,038
24	Fouling resistance	0,0001		0,00013
25	Heat exchanged:			95088
26	Heat transfer rate (kcal/h.m ² .°C)	Fouled: 569,5 Clean: 569,5		
27	CONSTRUCTION PER SHELL			
28	Codes:	Shell side	Tube side	
29	Design pressure kg/cm ²	3,059	3,059	
30	Design temperature °C	175	105	
31	No. of passes	1	1	
32	Stress relief			
33	Radiograph.	Per punts	Per punts	
34	Corrosion allowance mm	3,18	3,18	
35		Service	Mark	Dia. Rating
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45	MATERIALS		SKETCH	
46		Dia. Thick. (mm. Spec. Mat		
47	Shell:	205 7,04	CS	
48	Channel:		CS	
49	Tubesheets:		CS	
50	Baffles: n° / mat.	7	CS	
51	Baffles spacing:	135 mm.		
52				
53	Tubes:			
54	N°	35		
55	OD	19,05 inches		
56	BWG:			
57	Length	1200 mm.		
58	Pitch:	23,81 mm 30-triangular		
59				
60				
61				
62				
63				
64	NOTES:			
65	Aquest equip s'ha dissenyat amb el programa			
66	Aspen Exchanger Design and rating			
67				
68				
69				
70				
71	REV.	DATE	PREP.	APPR.



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

4.4.4. Bescanviador de calor E-101

Aquest equip es té l'objectiu de refredar el producte extret pel cap de la columna flash abans de ser enviat al decantador final. De la mateixa manera que el E-100 es tracta d'un intercanviador de carcassa i tubs amb la diferència que utilitza aigua freda dels serveis de la planta per refredar el producte.

4.4.4.1. Disseny E-101

El disseny del equip també s'ha realitzat amb el programa *Aspen Exchanger Design and Rating* que permet simular d'una manera molt acurada l'equip alhora que permet dimensionar-lo.

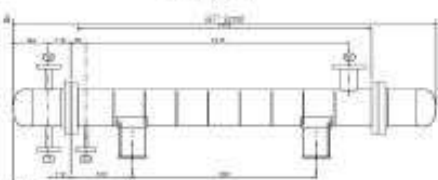
Els paràmetres inicials a partir dels quals s'ha fet la simulació corresponent es mostren a la taula 4.4.8.

Taula 4.4.8 Valors inicials E-101

Paràmetre	Fluid Calent	Fluid fred
Costat	Carcassa	Tubs
Fluid	Aigua, ACN, i SM	Aigua freda
Cabal d'entrada (kg/h)	357	-
Temperatura d'entrada (°C)	92,42	4
Fracció de vapor	1	0
Pressió (kg/cm ²)	1,04	2,04

4.4.4.2. Full d'especificació E-101

1	ITEM No.: E-101				
2	Service: Condensador				
3	Type: BEM	Position: Horizontal		Total surface / unit: 3	(m ²)
4	No. Shell:				
5	PERFORMANCE OF UNIT				
6			Shell side		Tube side
7			Inlet	Outlet	Inlet Outlet
8	Fluid name		Mescla		Aigua freda
9	Fluid total flow	kg/h	357		5209
10	Vapour	kg/h	357	0	0 0
11	Liquid	kg/h	0	357	5209 5209
12	Steam	kg/h			
13	Water	kg/h			
14	Temperature	°C	92,62	32,71	4 44,82
15	Density (L/V)	kg/m ³	0,8/-	-/991,4	-/997,95 -/994,64
16	Viscosity (L/V)	cP	0,0122/-	-/0,7487	-/1,563 -/0,568
17	Vapour molecular weight		18,27		
18	Specific heat (L/V)	kcal/kg.°C	0,4926/-	-/0,9909	-/1,0032 -/0,9997
19	Thermal conductivity (L/V)	kcal/h.m.°C	0,021/-	-/517	-/0,462 -/0,539
20	Latent heat	kcal/kg	529,6		
21	Inlet pressure	kg/cm ² (g)	1,04		2,04
22	Velocity (allowable / calculated)	m/s	5,35	13,29	1,05 1,05
23	Pressure drop (allowable / calculated)	kg/cm ²	0,102	0,015	0,408 0,135
24	Fouling resistance	h.m ² .°C/kcal	0,00012		0,00012
25	Heat exchanged:	(kcal/h)	212949		
26	Heat transfer rate (kcal/h.m ² .°C)	Fouled: 1224,1	Clean: 1814,1		
27	CONSTRUCTION PER SHELL				
28	Codes:	Shell side	Tube side		
29	Design pressure kg/cm ²	3,059	3,059		
30	Design temperature °C	130	80		
31	No. of passes	1	4		
32	Stress relief				
33	Radiograph	Per punts	Per punts		
34	Corrosion allowance mm	3,18	3,18		
35	Nozzles	Service	Mark	Dia.	Rating
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45	MATERIALS				
46		Dia.	Thick. (mm)	Spec. Mat.	
47	Shell:	205	7,04	CS	
48	Channel:			CS	
49	Tube sheets:			CS	
50	Baffles: n° / mat.		8	CS	
51	Baffles spacing:	191,48 mm.			
52					
53	Tubes:				
54	N°	32			
55	OD	19,05 inches			
56	BWG:				
57	Length	1850 mm.			
58	Pitch:	23,81	30-triangular		
59					
60					
61					
62					
63					
64	NOTES:				
65	Aquest equip s'ha dissenyat amb el programa				
66	Aspen Exchanger Design and rating				
67					
68					
69					
70					
71	REV.	DATE	PREP.	APPR.	





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

4.4.5. Bombes del procés

El procés proposat disposa de tres bombes centrífugues: P-100, P-101, i P-102. Degut a que les seves característiques són semblants, s'ha triat el mateix equip per a les tres situacions estudiades. S'ha decidit utilitzar bombes centrífugues ja que els líquids a bombejar són de baixa viscositat. Els materials triats per aquests equips són els que venen recomanats pel fabricant.

S'ha decidit instal·lar 2 bombes en paral·lel A/B per a cadascuna de les situacions permetent seguir treballant en el cas que s'hagin de fer reparacions a l'equip, ja que l'acrilonitril suposa un alt risc per a la seguretat en cas de fuga pels treballadors i la instal·lació.

Les bombes dissenyades incorporen un variador de freqüència per al control del flux(Ref. 26), això permet que hi hagi un estalvi energètic significatiu ja que la capacitat de bombeig s'ajusta exactament als requisits del procés. Energèticament el seu benefici tal i com es mostra a la figura 4.4.1 al reduir la velocitat un 20%, el flux es redueix un 20% també però el consum energètic es redueix un 50%.

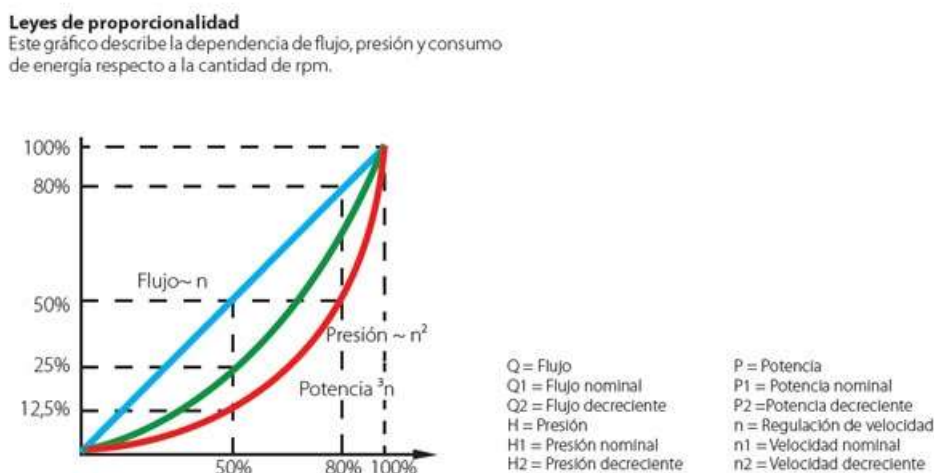


Figura 4.4.1 Lleis de proporcionalitat. Font: *Revista Electro Industria*

A demés, la instal·lació del variador de freqüència millora la regulació ja que permet obtenir un amplíssim control variable de flux i pressió. Regula ràpidament la velocitat de la bomba, de manera que s'adapta a les noves condicions del sistema.

4.4.5.1. Disseny bombes

En aquest apartat es troben les equacions que s'han utilitzat per a les tres bombes.

Inicialment s'utilitza el balanç d'energia mecànica per poder determinar la altura de la bomba. Els paràmetres inicials de cada cas són els següents:

Taula 4.4.9 Valors inicials bombes

Paràmetre	P-100	P-101	P-102	Unitats
Pressió 1 (p1)	101300	101000	100000	Pa
Pressió 2 (p2)	200000	200000	200000	Pa

Densitat (ρ)	998,9	810	948	kg/m ³
Gravetat (g)	9,8	9,8	9,8	m/s ²
Velocitat 1 (v1)	1,25	1,25	1,25	m/s
Velocitat 2	2	2	2	m/s
Alçada 1 (z1)	1	1	1	m
Alçada 2 (z2)	6	3	6	m
Longitud (L)	6	6	6	m
Diàmetre (D)	0,0381	0,0381	0,0381	m
Cabal (Q)	6,16E-04	1,582E-06	1,7766E-07	m ³ /s

$$\left(\frac{p_1}{\rho_1} + \frac{v_1^2}{2} + g \cdot z_1\right) + W_{bomba} = \left(\frac{p_2}{\rho_2} + \frac{v_2^2}{2} + g \cdot z_2\right) + W_{turbina} + W_{fricció} \quad (4.4.5)$$

$$H = \frac{p_1 - p_2}{\rho \cdot g} + \frac{1}{2 \cdot g} (v_2^2 - v_1^2) + (z_2 - z_1) + \left[f \cdot \left(\frac{L}{D} + \sum \frac{L_e}{D} \right) + \sum K_j \right] \cdot \frac{8}{\pi^2 \cdot D^4 \cdot g} \cdot Q^2 \quad (4.4.6)$$

Cal apreciar que el càlcul del factor de fricció es realitza mitjançant l'equació 4.4.7 que alhora requereix del nombre de Reynolds trobat amb l'equació 4.4.8.

$$f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right)^2 \right]} \quad (4.4.7)$$

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \quad (4.4.8)$$

Un cop trobat el valor H de cada bomba es procedeix a determinar el rendiment mitjançant el gràfic de la corba de la bomba.

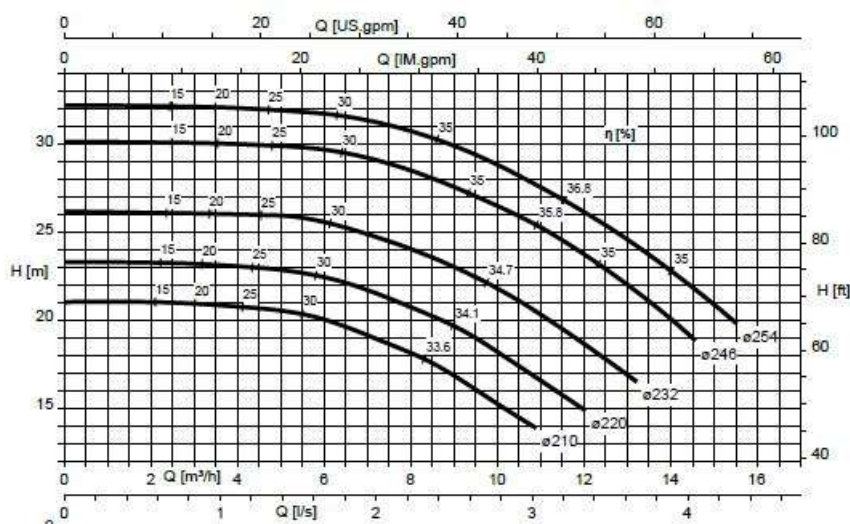


Figura 4.4.2 Corba de la bomba

Seguidament es calcula el NPSH per a les bombes, per tal de que la bomba no caviți es imprescindible que es compleixi la següent condició:

$$\text{NPSH}_D > \text{NPSH}_r$$

El NPSH_r s'obté a partir d'un gràfic proporcionat pel fabricant de les bombes que es mostra a la figura 4.4.3.

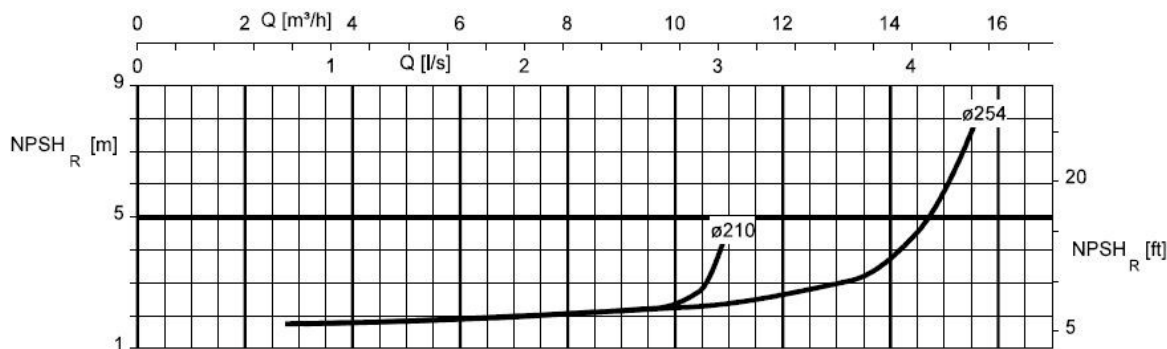


Figura 4.4.3 NPSH requerit

Al seu torn, el NPSH_D es determina de la forma descrita a continuació:

$$\text{NPSH}_D = \frac{p_i - \Delta p_B - p_v}{\rho \cdot g} + \frac{v_e^2}{2 \cdot g} \quad (4.4.9)$$

$$\Delta p_B = \rho \cdot g \quad (4.4.10)$$

Pressió d'ompliment p_i

Pressió de vapor del fluid. P_v

Velocitat de la aspiració v_e .

Finalment, es calcula la potència necessària. A l'equació 4.4.11 es mostra la potència teòrica, mentre que a la 4.4.12 es troba la potència real necessària.

$$P_b = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (4.4.11)$$

$$P_B = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_B} \quad (4.4.12)$$

1	Nº OF PUMPS		RUN: A SPARE B	
2	SERVICE			
3				
4				
5	FLUID PUMPED		Aigua, ACN, i SM	
6	OPER. TEMP		88,4 °C	
7	DENSITY		810 kg/m3	
8	VISCOSITY		0,366 cP	
9	VAPOR PRESS.		0,9 bar	
10	NORM. CAPACITY		0,0056 m3/h	
11	MAX. CAPACITY		5 m3/h	
12				
13	SUCTION CONDITIONS			
14	TOTAL SUCT.PR.,		1,033	kg/cm²g
15	NPSH (m.w.c.)		10,6	m
16				
17	DISCHARGE CONDITIONS			
18	LIQUID HEAD		1,033	kg/cm²g
19	TOTAL DISCH.PR.,		2,04	kg/cm²g
20	DIFF.PRESSURE		1,007	kg/cm²
21	DIFF.HEAD (m.w.c.)		23,4	m
22	PUMP REQUIREMENTS			
23	TYPE PUMP		Centrifuga	
24	ESTIMATED EFF.		15	%
25	ESTIMATED Rot.frec		1750	rpm
26	ESTIMATED Power		0,58	kW
27	TYPE DRIVER		Radial	
28	STEAM (abs.)		kg/cm²g	°C
29	ELECTRICITY		V: 380	PH: 50 Hz
30				
31				
32	PUMP MATERIALS			
33	CASE		Molten Iron	
34	IMPELLER		Molten Iron	
35	SHAFT		SAE 1045	
36	SHAFT SLEEVE		SAE 1045	
37	SEAL/PACKING		BVPFF	
38	PISTON			
39				
40	Nozzles	Mark	Nº	Dia. Rating
41	Suction			2 in 150 #RF
42	Discharge			2 in 150 #RF
43	Notes:	Aquesta bomba disposa de variador de		
44		freqüència		
45	0			
46	REV.	DATE	PREP.	APPR.
47				

Pump Curve

The graph displays head (H) on the y-axis (ranging from 15 to 50 meters and 40 to 100 feet) against flow rate (Q) on the x-axis (ranging from 0 to 16 m³/h, 0 to 40 l/s, and 0 to 60 US gpm). Several performance curves are shown, labeled with model numbers: a216, a232, a246, a251, a255, a256, a257, a258, a259, a260, a261, a262, a263, a264, a265, a266, a267, a268, a269, a270, a271, a272, a273, a274, a275, a276, a277, a278, a279, a280, a281, a282, a283, a284, a285, a286, a287, a288, a289, a290, a291, a292, a293, a294, a295, a296, a297, a298, a299, a300.

Gen. Arr. Drawin

The drawing shows a side view of the pump assembly. Key dimensions include: L (total length), W (width), H (height), m1 (motor base height), m2 (pump body height), m3 (pump body width), m4 (motor base width), q (pump body depth), a (discharge flange diameter), and b (suction flange diameter). The drawing also shows the motor, pump body, and various connection points.

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

1	Nº OF PUMPS	RUN: A	SPARE B
2	SERVICE		
3			
4			
5	FLUID PUMPED	Aigua, ACN, i SM	
6	OPER. TEMP	30	°C
7	DENSITY	998,9	kg/m ³
8	VISCOSITY	0,325	cP
9	VAPOR PRESS.	0,9	bar
10	NORM. CAPACITY	0,00064	m ³ /h
11	MAX. CAPACITY	5	m ³ /h
12			
13	SUCTION CONDITIONS		
14	TOTAL SUCT. PR.	1,033	kg/cm ² g
15	NPSH (m.w.c.)	8,86	m
16			
17	DISCHARGE CONDITIONS		
18	LIQUID HEAD	1,033	kg/cm ² g
19	TOTAL DISCH. PR.	1,05	kg/cm ² g
20	DIFF. PRESSURE	0,017	kg/cm ²
21	DIFF. HEAD (m.w.c.)	25,89	m
22	PUMP REQUIREMENTS		
23	TYPE PUMP	Centrifuga	
24	ESTIMATED EFF.	15	%
25	ESTIMATED Rot. freq.	1750	rpm
26	ESTIMATED Power	0,58	kW
27	TYPE DRIVER	Radial	
28	STEAM (abs.)		kg/cm ² g °C
29	ELECTRICITY	V: 380 PH: 50	Hz
30			
31			
32	PUMP MATERIALS		
33	CASE	Molten Iron	
34	IMPELLER	Molten Iron	
35	SHAFT	SAE 1045	
36	SHAFT SLEEVE	SAE 1045	
37	SEAL/PACKING	BVPFF	
38	PISTON		
39			
40	Nozzles	Mark	Nº
41	Suction		2 in 150 #RF
42	Discharge		2 in 150 #RF
43	Notes:	Aquesta bomba disposa de variador de	
44		freqüència	
45	0		
46	REV.	DATE	PREP. APPR.
47			

Pump Curve

Gen. Arr. Drawin

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

4.4.6. Decantador D-100

Aquest equip té com a objectiu separar l'acrilonitril provinent del producte de cap de columna flash que es troba mesclat amb una petita quantitat d'aigua. La seva eficiència es màxima ja que és capaç de recuperar tot el ACN amb l'excepció d'un 2,5% del alimentat que es troba diluït en l'aigua i no es pot decantar. Cal afegir que l'equip disposa de tres sortides, una pel ACN, una altra per l'aigua bruta, i una tercera per vapors tot i que en condicions normals del procés aquesta no presenta cap cabal notable.

4.4.6.1. Disseny D-100

Els paràmetres inicials per al dimensionat del equip són els següents, tot i que els resultats finals es presentaran en unitats del sistema internacional aquestes es mostren en unitats angleses ja que el mètode utilitzat ho requeria (Ref. 27).

Taula 4.4.10 Paràmetres inicials decantador

Corrent	Paràmetre	Valor	Unitat
Corrent Aigua bruta	Cabal	700,3	lb/h
	Densitat	62,61	lb/ft ³
	Viscositat	0,8275	cP
	MM	18,06	
	Q _H	3,11 · 10 ⁻³	ft ³ /s
	u _H	5,56 · 10 ⁻⁴	lb/ft · s
Corrent ACN	Cabal	89,9	lb/h
	Densitat	49,41	lb/ft ³
	Viscositat	0,321	cP
	MM	53,06	
	Q _L	5,05 · 10 ⁻⁴	ft ³ /s
	u _L	2,16 · 10 ⁻⁴	lb/ft · s
Condicions d'entrada	P	1,033	kg/cm ²
	T	30	°C

Inicialment es necessari determinar la fase contínua mitjançant l'equació 4.4.13 Abans però es defineix una mida de gota de 0,0005 ft.

$$\theta = \frac{Q_L}{Q_H} \times \left(\frac{\rho_L \times u_H}{\rho_H \times u_L} \right) = 0,33 \quad (4.4.13)$$

El valor obtingut es troba entre 0,3 i 0,5 cosa que representa un possible fase lleugera una mica dispersa. Seguidament es pot calcular la velocitat dl fluid a decantar:

$$V_d = \frac{MM_L \times d^2 \times (\rho_L - \rho_H)}{MM_H \times u_H} = -0.012 \text{ ft/s} \quad (4.4.14)$$

El signe negatiu del resultat anterior evidencia que el ACN que es vol decantar puja enlloc d'assentar-se.

Per determinar les principals dimensions s'han utilitzat les equacions següents, assumint que $L/D=5$.

$$D = \frac{1}{2} \left(\frac{Q_H}{V_d} \right)^{0.5} \quad (4.4.15)$$

$$I = 2(r^2 - h^2)^{0.5} \quad (4.4.16)$$

$$A_I = I \times L \quad (4.4.17)$$

$$A_L = \frac{1}{2} \pi r^2 - h(r^2 - h^2)^{0.5} - r^2 \sin^{-1}(h/r) \quad (4.4.18)$$

$$A_H = \pi r^2 - A_L \quad (4.4.19)$$

$$h = 4 \times \frac{A_L}{I+P} \quad (4.4.20)$$

$$P = 2r \cos^{-1} \left(\frac{h}{r} \right) \quad (4.4.21)$$

A la figura següent es presenta un esquema de les dimensions d'un decantador per gravetat.

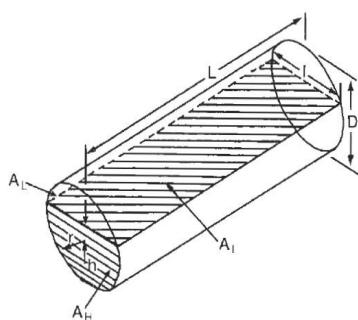


Figura 4.4.4 Dimensions decantador

Els resultats obtinguts es presenten a la taula mostrada a continuació.

Taula 4.4.11 Resultats decantador

Paràmetre	Valor	Unitat
D	0,64	m
L	3,22	m
I	0,29	m
AI	0,93	m ²
AL	0,04	m ²
AH	0,28	m ²
h	0,24	m
P	0,14	m

4.4.6.2. Full d'especificacions D-100

1	GENERAL	Manufacturer:				
2		Item: D-100				
3		Description: Decantador			Position: ☒ Horiz. ☐ Vertical	
4	OPERATING	Product: Destil·lat flash				
5		Operating Pressure (eff.)			1,03	kg/cm ² g
6		Operating Temperature			30	°C
7		Liquid Density				kg/m ³
8	DESIGN DATA	Design Pressure (eff.)			2,06	kg/cm ² g
9		Design Temperature			50	°C
10		Hydrostatic Test (eff.)				kg/cm ² g
11		Corr. Allow.	Shell / Heads	1,6	mm	
12		Joint Eff.	Shell / Heads	100		
13		Code: API				
14		Radiograph: Per punts				
15		Stress Relieve:		☐ Yes ☒ No	☒ x	
16		Seismic:				
17		Wind Load:				N/m ²
18		Hydrostatic Test (eff.)				kg/cm ² g
19	MATERIALS	Thickness		Mat'l Class		
20		Shell	mm	AISI 304		
21		Heads	mm	AISI 304		
22		Lining	mm	AISI 304		
23		Nozzle Necks		AISI 304		
24		Flanges		AISI 304		
25	CONSTRUCTION		Dia.	L / H	Material	
26		Shell	mm	643,34	5	AISI 304
27		Heads				
28		Insulation:		☒ Yes ☐ No	☒ x	
29		Fireproofing:		☒ Yes ☐ No	☒ x	
30		Sandblast:		☒ Yes ☐ No	☒ x	
31		Paint:		☒ Yes ☐ No	☒ x	
32		Wt. Empty:			292 kg	
33		Wt. Full Water:			1046 kg	
34	N	Service	Mark	Nº	Size	Rating
35	O	Entrada producte	A	N1		150 #RF
36	Z	Sortida rentat de gas	B	N2		150 #RF
37	Z	Sortida aigua residual	C	N3		150 #RF
38	L	Sortida Acrilonitril	D	N4		150 #RF
39	E		E			
40			F			
41	S		G			
42	C		H			
43	H		I			
44	E		J			
45	D					
46	U					
47	L					
48	E					
49						
0						
REV.	DATE	PREP.	APPR.			

DRUM SKETCH

NOTES:

El gruix calculat es el màxim necessari.

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química

4.5. Descripcions

4.5.1. Descripció funcional

Seguidament es procedeix a explicar detalladament el funcionament del procés dissenyat on es recupera l'acrilonitril d'un corrent aquós provinent de la planta de producció de Poliols Polimèrics.

Per fer-ho possible es duu a terme una destil·lació i una decantació posterior del que s'obté l'acrilonitril desitjat que serà retornat a la planta anterior. Per poder realitzar aquest procés es necessari un tanc pulmó que permeti assegurar un cabal constant de 2200 kg/h, això es deu a que el procés anterior del qual procedeix el corrent a separar sofrir variacions o incidències en la producció fora dels límits d'aquest projecte.

El procés es pot dividir en dues etapes. En primera instància l'emmagatzematge i posterior impulsio del producte cap a la separació, aquesta inclou el preescalfament de la mescla abans de la destil·lació. En segona instància, la separació on es troba la columna de destil·lació i el decantador.

La primera etapa s'inicia amb un tanc d'emmagatzematge, TK-100, de 10 m³, aquest manté la mescla inicial a una temperatura de 30°C i pressió atmosfèrica i conté un 97,84 % d'aigua, un 2,15 % d'acrilonitril i un 0,01 % de estirè. Ja que el monòmer dissolt el l'aigua suposa un alt risc de seguretat, el tanc disposa d'una aportació de nitrogen per tal d'inertitzar el recipient i evitar que es volatilitzï el monòmer, també disposa d'un sistema de ruixadors contra incendis i una cubeta de contenció amb el mateix volum màxim que el tanc (el marcat per el sensor LSHH 1001).

L'evacuació de producte del tanc cap al procés es realitza amb una bomba centrífuga P-100, així es fa arribar el corrent al bescanviador de calor E-100. Aquest es un bescanviador de carcassa i tubs que fa passar el corrent de procés pel costat tubs i incrementa la seva temperatura fins als 70°C utilitzant vapor a 138°C i 2,5 kg/cm². Per evitar que es perdi vapor s'ha instal·lat una trampa de vapor per millorar la seva operativitat, d'aquesta manera es pretén aprofitar al màxim el vapor per al intercanvi de calor.

La segona etapa rep el corrent a 70°C que s'introdueix en un equip de separació flash C-100, on es aconsegueix separar un gran percentatge d'aigua amb petites quantitats de monòmer que s'extreu pel fons de la columna de manera que pel cap d'aquesta s'obté un corrent amb una concentració de monòmer més elevada. En el cas de possibles escenaris de foc extern o incendis es disposa d'uns ruixadors per assegurar l'equip.

La destil·lació flash es durà a terme a 98,49°C de manera que requereix d'un encamisat que es capaç de mantenir aquesta temperatura mitjançant vapor, i una pressió de buit de 0,02 kg/cm² absoluts. Per poder aplicar aquesta pressió es disposa d'un sistema d'ejector de vapor X-100 capaç d'absorbir el producte i conduir-lo cap al següent equip.

La mescla absorbida es condensa en un altre bescanviador, el E-101 de carcassa i tubs amb el producte per carcassa afavorint així la condensació. Aquest es capaç de refredar els 92,42°C de la mescla en fase gas fins als 30°C de manera que s'obté un corrent líquid, per poder condensar s'utilitza aigua freda a 4°C provinent de la xarxa de serveis disponible. El corrent ja

condensat arriba al decantador D-100, equip on es produeix una operació unitària de separació per gravetat produït gràcies a la diferència de densitats entre els components del corrent.

Finalment, el corrent d'acrilonitril obtingut de la decantació es reenvia per a la seva reutilització ja fora del límit del procés utilitzant la bomba centrífuga P-102. Altrament, el corrent d'aigua i estirè amb un 2,5 % del acrilonitril total diluït s'uneix al del fons de columna i s'envia fora de la planta pel seu tractament mitjançant la bomba centrífuga P-101.

4.5.2. Descripció de la instal·lació

La instal·lació dissenyada té com a objectiu recuperar el màxim de monòmer possible, per fer-ho disposa d'un corrent líquid residual com a matèria prima format per una mescla d'aigua, acrilonitril i estirè provinent d'una planta producció de poliols polimèrics. El procés consta de dues etapes: l'emmagatzematge de matèria prima i la separació del monòmer.

Es disposa d'un tanc pulmó TK-100 que permet assegurar una alimentació constant a la planta. Seguit d'aquest es troba una bomba centrífuga, la P-100 que bombeja el fluid fins al bescanviador de calor E-100 que pre-escalfa la mescla abans d'arribar a la destil·lació que es realitza amb l'equip C-100 que es un separador flash.

Arribat aquest punt es disposa de dos camins, per una banda el producte de cap de columna es pot extreure gràcies al buit proporcionat pel ejector X-100, aquest producte es refreda en el bescanviador E-101 per tal de poder ser decantat dins del decantador D-100. Finalment el fluid es bombejat per la bomba centrífuga P-102 per al seu ús a la planta de producció de poliols polimèrics.

Per altra banda, el fluid obtingut pel fons de columna es bombejat junt amb el decantat no desitjat fins fora de la instal·lació gràcies a la bomba centrífuga P-101.

5. SIMULACIÓ DEL PROCÉS

En aquest apartat es presenta el resultat obtingut de la simulació del procés. Aquesta s'ha realitzat a partir de les dades recollides en la simulació de l'alternativa que finalment s'ha escollit per realitzar el projecte.

A diferència de l'opció feta quan es tractava d'una alternativa, en aquest cas s'han afegit la majoria dels equips que conformen la planta. A la figura 5.1 es troba l'esquema resultant.

En ella s'inclouen a més dels esquema del procés unes taules dels corrents més representatius. D'entre aquests corrents cal destacar que el corrent de ACN final que correspon a la sortida del procés no concorda amb el valor obtingut en el balanç de matèria del apartat 4.2 (junt amb el diagrama PFD), això es deu a que no ha sigut possible simular el decantador desitjat. Degut a això s'ha pres la decisió de seguir amb els resultats del balanç de matèria ja que són els que corresponen al equip desitjat, del qual se'n coneix el funcionament.

A la taula 5.1 es mostra la comparativa del resultat obtingut amb el balanç de matèria i amb la simulació respectivament, d'aquesta manera es pot observar millor la diferència entre ells.

Taula 5.1 Comparativa resultats del decantador

Paràmetre	Resultat balanç de matèria		Resultat simulació	
	Sortida Aigua	Sortida ACN	Sortida Aigua	Sortida ACN
Acrilonitril (kg/h)	1,01	39,42	36,21	4,22
Estirè (kg/h)	0,14	-	0,01	0,13
Aigua (kg/h)	316,52	-	316,21	0,31
Total (kg/h)	317,67	39,42	352,42	4,66
Pressió (kg/cm ²)	1,02	1,05	1,02	1,05
Temperatura (°C)	30	30	30	30

Tal i com es pot observar a la figura 5.1 l'únic equip que no s'ha inclòs a la simulació és l'ejector de vapor que permet fer el buit a la columna flash. Aquesta situació es deu a que per una banda l'ejector va quedar fora del abast del projecte, a més que no era possible simular-lo.

6. ESTUDI DE SEGURETAT

L'estudi de seguretat de la planta es realitza seguint el sistema de la matriu de riscos semi quantitativa mostrada a la figura 6.1, amb 5 nivells diferents i quatre graus d'afectació, en funció de cada possible escenari que pugui ocórrer. Una vegada seleccionat cadascun dels diferents graus d'afectació, es busquen els possibles graus de salvaguarda, utilitzant la mateixa matriu de riscos, però enfocada cap a la salvaguarda, dins dels límits del projecte, degut a que la sortida dels productes queda fora de l'abast del projecte. A la sortida del fons de la columna, s'ha instal·lat un aïllant tèrmic per a la protecció dels treballadors, degut a que va a una temperatura superior a la de seguretat i per qüestions de seguretat s'aïlla de l'exterior.

Consecuencia Frecuencia (Año ⁻¹)	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5
10 ⁰					
10 ⁻¹					A
10 ⁻²				B	
10 ⁻³			C		
10 ⁻⁴		D			
10 ⁻⁵					
10 ⁻⁶					

Figura 6.1 Taula anàlisis riscos semi quantitativa

A l'hora de la realització del estudi de seguretat Hazop no només s'han contemplat els diferents equips, sinó també els productes que porten dins de cadascun d'ells com poden ser l'aigua, l'acrilonitril i l'estirè monòmer. Per a una millor precisió s'ha utilitzat les fitxes de seguretat de cada compost en concret, ja que es tracten de substàncies volàtils i tòxiques. La fitxa de seguretat del Acrilonitril es troba al annex A.3.

6.1. Salvaguardes

Com a salvaguardes a emprar, s'han utilitzats diferents sistemes, com poden ser enclavaments (taula 6.1.1), PSV, PVRV, ruixadors... de manera que puguin salvar les instal·lacions i evitar un mal major, com pot ser la ruptura d'un equip o un mal als operaris de les instal·lacions.

Taula 6.1.1 Llistat d'enclavaments

Enclavament	Direcció	Vàlvula actuació
LSHH 1001	Cap al tanc	SE 1001
LSHH 1004	Cap al flash	SE 1004

6.2. Hazop

Nº	Paraula Guia	Desviació	Causas	Escenari	Conseqüències	Salvaguardes	C	F	R	Recomanacions	C	F	R
1	Més	Nivell en TK-100	Falla LI 1301 (llegeix menys nivell del real)	Possible inundació del tanc. Si FC no pot alleujar el producte possible augment de pressió per sobre de disseny.	Instal·lacions malmeses	Vàlvula de seguretat al fons del tanc	3	-1	B	Alarma d'alt nivell en LI 1301	3	-5	D
2			Falla FC 1101 (tanca)	Igual que succés 1									
3	Menys	Nivell en TK-100	Falla LI 1301 (llegeix més nivell del real)	El tanc es va buidant. Possible cavitació de P-100 amb deteriorament del tancament magnètic i possible fuga de producte	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2	-1	C	Alarma de baix nivell en LI 1301	1	-1	D
4	No	Flux alimentació a TK-100	Falla FC 1101 (tanca)	El tanc es va buidant. Possible cavitació de P-100 amb deteriorament del tancament magnètic i possible fuga de producte	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2	-1	D	Alarma de baix nivell en LI 1301	1	-1	D
5		Flux de sortida a planta	Falla FC 1101 (tanca)	Augment del nivell de la columna. Possible augment de pressió per sobre de la de disseny, fuga de producte.	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	3	-1	B	Alarma baix flux FC 1101	3	-5	D
6		Flux alimentació Nitrogen	Falla PC 1401 (tanca)	Disminució de la pressió amb possible atmosfera explosiva	Instal·lacions malmeses	Tanca FC per augmentar pressió	3	-1	D	Alarma baixa pressió PC 1401	3	-5	D
7	Menys	Flux d'alimentació a TK-100	Falla FC 1101 (tanca)	El tanc tardarà més temps en omplir-se	NO conseqüències								
8		Flux de sortida a planta	Falla FC 1102 (llegeix més cabal del real)	Menys cabal de mescla a planta	NO conseqüències								
9			Falla P-100 (defecte mecànic o falta d'Energia)	Igual que succés 8									

10	Més	Flux alimentació Nitrogen	Falla PC 1401 (llegeix més del real)	La pressió del tanc augmenta lleugerament	NO conseqüències									
11		Flux d'alimentació a TK-100	Falla FC 1101 (tanca)	El tanc s'omplirà més aviat, possible augment de pressió	NO conseqüències									
12	Invers	Flux invers	No és possible											
13	Més	Pressió en TK-100	Foc extern	Evaporació de la fase líquida. Possible ruptura catastròfica.	Perill per persones	Obre PSV. Obren ruixadors	4	-2	B	Disenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4	-6	D	
14			Falla PC 1401 (obre)	Augment de la pressió amb possibilitat de atmosfera explosiva.	Perill per persones	Obre PSV	3	-1	B	Alarma alta presió en PC 1401. Disenyar PSV per aquest cas	3	-5	D	
15			Falla PC 1402 (obre)	Igual que succés 13										
16	Menys	Pressió en TK-100	Falla PC 1401 (obre)	Augment de la possibilitat d'atmosfera explosiva al interior	Perill per persones	Tanca FC per augmentar la pressió	3	-1	B	Alarma baixa pressió PC 1401	3	-5	D	
17			Falla PC 1402 (obre)	Igual que succés 5										
18	Més	Temperatura en TK-100	Foc extern	Igual que succés 12										
19	Menys	Temperatura en TK-100	No es contempla											
20	Un altra	Composició d'alimentació a TK-100	Fallada en el procés anterior	Producte fora d'especificació	Contemplat en node anterior, del procés previ									
21		Fase a TK-100	Fallada en el procés anterior	Igual que succés 17	Contemplat en node anterior, del procés previ									

22	As well as	Erosió/corrosió a TK-100	Corrosió sota aïllament	Fuita de producte tòxic i inflamable amb possible ruptura i explosió o incendi	Instal·lacions malmeses	Programa d'inspecció en vigor	2	-1	C			2	-5	D
23	No	Utilities	Fallada d'Energia elèctrica	Parada de P-100, ídem més nivell en TK-100										
24			Fallada aigua ruixadors	No reserves d'aigua, en cas d'incendi no tenim salvaguarda. Ídem no flux ruixadors										
25		Contenció	Tanca venteig nitrogen	Si queda la bomba en marxa amb les entrades tallades el tanc es buidarà i la bomba cavitatarà. Possible arrugat del tanc	Instal·lacions malmeses	Enclavament de seguretat SE 1001				PLC independent				
26	Més	Nivell de fons en C-100	Falla LC 1302 (llegeix menys nivell del real)	Inundació de C-100, sense conseqüències		Enclavament SE 1004				Alarma d'alt nivell LC 1302				
27		Nivell en E-101	Falla TC 1204 (llegeix menys temperatura del real)	Possible inundació del E-101.	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	3	-1	B	Alarma alta temperatura TC 1204		3	-5	D
28	Menys	Nivell de fons en C-100	Falla LC 1302 (llegeix més nivell del real)	La recirculació del reboiler E-101 disminueix, hi haurà més lleugers al fons. Possible cavitació de P-101 amb deteriorament del tancament mecànic i fuga de producte	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2	-1	D	Alarma de baix nivell LC 1302		1	-1	D
29		Nivell en E-101	Falla TC 1204 (llegeix més temperatura del real)	Cavitació de P-101. Possible deteriorament del tancament mecànic amb fuga de producte.	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2	-1	D	Alarma de baixa temperatura TC 1204		1	-1	D
30	No	Flux d'alimentació a C-100	Falla FC 1102 (tanca)	Inestabilitat de la columna	NO conseqüències									

31		Flux destil·lat a decantació	Falla LC 1302 (tanca)	Possible inundació en E-101. Possible augment de pressió per damunt de la de disseny	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	3 -1	B	Alarma alt nivell LC 1302. Dissenyar PSV per aquest cas	3 -5	D
32	Menys	Flux alimentació a C-100	Falla FC 1102 (tanca)	Major temperatura al cap de columna i producte fora d'especificació	NO conseqüències				Alarma baix cabal		
33		Flux de destil·lat a decantació	Falla PT 1403	Igual que succés 32							
34	Més	Flux en alimentació C-100	Falla FC 1102 (obre)	Disminueix la capacitat de separació	NO conseqüències						
35		Flux de destil·lat a decantació	Falla PT 1403	Igual que succés 29							
36	Més	Pressió en C-100	Foc extern	Evaporació de la fase líquida. Ruptura de la columna amb possible explosió	Perill per persones	Obre PSV	4 -2	B	Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4 -6	D
37			Falla PT 1403	Lleuger augment de pressió, producte fora especificacions, surt tot l'orgànic pel fons.	NO conseqüències						
38	Menys	Pressió en C-100	Falla FC 1102 (obre)		NO conseqüències				Alarma baix flux FC 1102		
39	Més	Temperatura en C-100	Ruptura de tubs E-100	Igual que succés 36							
40			Falla aigua refrigeració E-101	Igual que succés 36							
41	Menys	Temperatura en C-100	Falla PT 1403		NO conseqüències						
42		Temperatura E-100	No conseqüències seguretat	Producte fora d'especificació							

43	Un altra	Composició d'alimentació a C-100	Major quantitat de ACN i SM		NO conseqüències														
44		Fase en C-100	Ruptura tub E-100	Igual que succés 36															
45	As well as	Corrosió/erosió en C-100	Corrosió sota aïllament	Fuga de producte per brides	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Programa d'inspecció en vigor	2	-1	C					2	-2	C			
46	No	Utilities	Falla energia elèctrica	Parada de P-101, igual que succés 27, o possible inundació de C-100	NO conseqüències														
47			Falla aigua refrigeració E-101	No condensació i augment de pressió	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	4	-1	A	Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas				4	-5	C			
48			Falla aire d'instruments	FC 1102 tanca															
49				PT 1403 tanca															
50	Més	Nivell X-100	no és possible																
51		Nivell en E-101	Falla TT 1204, llegeix més del real	Possible inundació del intercanviador i ruptura	Instal·lacions malmeses	actua PSV	3	-1	B	Alarma alta pressió PC 1403				3	-5	D			
52	Menys	Nivell en X-100	no és possible																
53		Nivell en E-101	Falla TT 1204, llegeix menys del real	Producte fora d'especificació															
54	No	Flux d'alimentació en x-100	no és possible	Producte fora especificacions	NO conseqüències														
55		Flux en el E-101	Producte fora especificacions																

56	Menys	Flux d'alimentació en x-100	no és possible	Producte fora especificacions	NO conseqüències														
57		Flux en el E-101	Producte fora especificacions		NO conseqüències														
58	Més	Flux d'alimentació en X-100	no és possible	Producte fora especificacions	NO conseqüències														
59		Flux en el E-101	Producte fora especificacions		NO conseqüències														
60	Menys	Pressió en X-100	Falla TP 1404		NO conseqüències														
61	Més	Pressió en X-100	Foc extern	Evaporació de la fase líquida i augmenta la pressió	Perill per persones	Obre PSV	4	-2	B	Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4	-6	D						
62			Falla PT-1404	Augment de la pressió amb producte fora especificació, possible ruptura	Perill per persones	Obre PSV	4	-1	B	Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4	-5	D						
63		Pressió E-101	Foc extern	Augment de pressió al interior amb possible ruptura del equip	Perill per persones	Obre PSV	4	-2	B	Obre PSV	4	-6	D						
64			Ruptura tubs	Possible augment de pressió amb ruptura de l'equip	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	4	-1	B	Dissenyar PSV	4	-8	D						
65			Falla aigua refrigeració E-101	Augment de pressió per no condensar amb possible ruptura	Instal·lacions malmeses	Obre PSV	4	-1	A	Dissenyar PSV i ruixadors per aquest cas	4	-5	C						
66	Menys	Temperatura en X-100	No és possible		NO conseqüències														
67		Temperatura en E-101	Fallada aigua refrigeració	No conseqüències de seguretat	NO conseqüències														
68	Més	Temperatura en X-100	Producte fora especificacions		NO conseqüències														
69		Temperatura en E-101	Falla sistema TT-1204, producte		NO conseqüències														

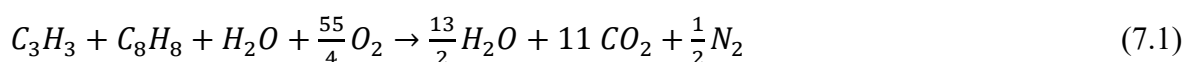
70	Un altra	Composició en alimentació a X-100	fora especificacions Major quantitat de ACN i SM	Producte fora d'especificació	NO conseqüències										
71		Composició en alimentació a X-100	Producte fora especificacions		NO conseqüències										
72	As well as	Utilities	Falla energia elèctrica	Parada P-101, igual que succés 51											
73			Falla aire d'instruments	FC 1102 tanca											
74	Més	Nivell D-100	Apareix orgànic al decantador de gasos	Parada del C-100 i la bomba	NO conseqüències										
75	Menys	Nivell D-100	Possible cavitació bomba	Buidat del decantador amb possible cavitació de la bomba P-102	Medi ambient, degut a la toxicitat del producte	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2	-1	C	Alarma baix nivell LC 1305	1	-1	D		
76		Nivell D-100	Fallo sensor nivell 1303.	Llegeix més nivell del real amb buidat de fons i possible cavitació de la bomba P-102	Instal·lacions	Doble tancament a la bomba	2	-1	C	Alarma baix nivell LC 1305	1	-1	D		
77	NO	Flux alimentació D-100	Fallada sistema E-101	Al no tenir flux en a l'equip, possible cavitació de la bomba i el producte fora d'especificació	Instal·lacions malmeses	Doble tancament mecànic, bomba encapsulada, o d'arrossegament magnètic	2	-1	C	Alarma baix nivell LC 1305	1	-1	D		
78	Menys	Flux alimentació D-100	Fallada del sistema E-101	Baixa el flux de sortida de l'equip, possible cavitació bomba. Igual succés D74											
79	Més	Flux alimentació D-100	Problemes a l'equip E-101, possible ruptura	Inundació del decantador, producte fora especificació											

			del intercanviador o fallada del sistema de control
80	Menys	Pressió D-100	No conseqüències seguretat
81	Més	Pressió D-100	No conseqüències seguretat
82	Menys	Temperatura D-100	Producte fora especificacions
83	Més	Temperatura D-100	Producte fora especificacions

7. ESTUDI MEDIOAMBIENTAL

En aquest apartat, es valorarà l'estudi mediambiental de la planta de recuperació de monòmer amb el cas de que no es realitzés el canvi (recuperar el producte desitjat), i es continués cremant tot el producte que no aprofitarien.

Sense realitzar el canvi es cremarien 2,2 t/h amb un cost de $7,65 \cdot 10^4$ €/any amb cremar tot el producte que no utilitzaven i tractaven com a residu, actualment el cost seria de $7 \cdot 10^4$ €/any, ja que només seria de la crema de l'aigua amb petites quantitats de monòmer dissolts a l'aigua, on representa un estalvi de $7,2 \cdot 10^3$ €/any, on es valora a la avaluació econòmica aquest impacte. La reacció que ocorre ve donada per l'equació 7.1.



De cara a l'estimació dels quilograms de CO₂ equivalent emesa per a la combustió de la part que no es recupera (s'assumeix una combustió completa), es realitza un anàlisi abans de la modificació de la planta i un cop muntada, per tal de valorar l'impacte que comporta la crema d'aquest producte. Abans de recuperar l'acrilonitril, s'obtenia 431 kg de CO₂ equivalent per a la crema de la mescla d'acrilonitril, estirè monòmer i aigua, un valor molt elevat per a l'indústria, ja que és cada hora, i amb la planta de recuperació d'acrilonitril i estirè monòmer, emet uns 62,7 kg de CO₂ equivalent, valors molt inferiors als obtinguts anteriorment, on no s'aprofitava l'acrilonitril ni l'estirè monòmer.

Taula 7.1 Comparativa emissions CO₂

Període	Kg/h de CO ₂
Abans del canvi	431
Després el canvi	62,7

Com s'observa a la taula, abans de que s'instal·lés la planta de recuperació de producte, es cremava quasi una tona a l'hora de producte, obtenint com a resultat restes de CO₂ molt elevades, una vegada s'ha instal·lat la planta es redueix la contaminació fins a un 85,45% del que es produïa anteriorment, cremant el 100% del producte.

8. MANUAL DE MANTENIMENT

El primer pas abans de decidir com s'han de gestionar els treballs de manteniment es establir la política de manteniment. La política o estratègia de manteniment consisteix en definir els objectius tècnic-econòmics del servei així com els mètodes a implantar i els medis necessaris per assolir-los. Els objectius fixats són els següents:

- Garantir la seguretat
- Assegurar un rendiment o producció
- Maximitzar la productivitat del personal
- Maximitzar els treballs programats

Un cop definits els objectius, es necessari establir el mètode o tipus de manteniment a aplicar. Aquest depèn de múltiples factors com el nivell crític de cada equip, la seva naturalesa, la dificultat per a realitzar manteniment, el seu cost, o la seva influència sobre la seguretat de les persones, medi ambient o les instal·lacions.

8.1. Elecció del pla de manteniment

L'elecció del pla de manteniment es pot resumir en les diferents etapes que es presenten a continuació.

8.1.1. Classificació d'equips

El primer pas es disposar d'un inventari que reculli els equips clarament identificats i classificats, de manera que es classifiquin segons siguin estàtics o dinàmics i una assignació del seu nivell crític en una escala de 1 a 5 sent el 5 el més crític. La taula 8.1.1 mostra el resultat obtingut.

Taula 8.1.1 Classificació dels equips

Equip	Tipus	Nivell crític	Descripció
TK-100	Estàtic	1	Tanc pulmó
E-100	Estàtic	3	Bescanviador de calor
E-101	Estàtic	3	Bescanviador de calor
C-100	Estàtic	5	Columna Flash
D-100	Estàtic	4	Decantador
X-100	Estàtic	2	Ejector de vapor
P-100	Dinàmic	2	Bomba centrífuga
P-101	Dinàmic	2	Bomba centrífuga
P-102	Dinàmic	2	Bomba centrífuga

8.1.2. Recopilació d'informació

Es tracta de recollir tota la informació disponible dels equips a mantenir. Per fer-ho, s'han utilitzat les dades obtingudes en el seu disseny, realitzat a l'apartat 4.4 d'aquest informe. De manera complementària, s'utilitzen els successos determinats en l'estudi de seguretat de la planta de l'apartat 6 de l'informe.

8.1.3. Selecció de la política de manteniment

Existeixen múltiples mètodes per determinar la política de manteniment, en aquest cas, s'ha seleccionat un mètode gràfic basat en el tipus de fallada i la possibilitat de vigilància. El gràfic triat es pot observar a la figura 8.1.1.

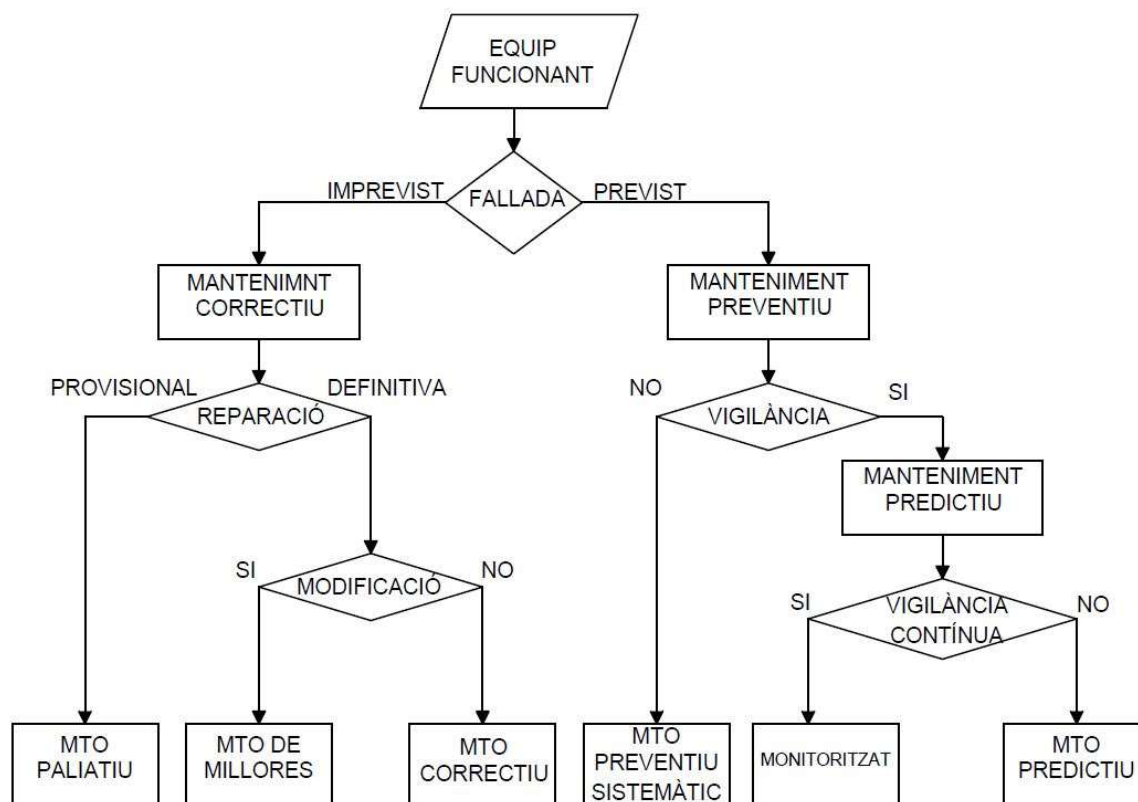


Figura 8.1.1 Gràfic selectiu de manteniment

Com es pot observar a la figura 8.1.1 existeixen 2 grans estratègies de manteniment, el correctiu i el preventiu.

El manteniment correctiu resol una averia o fallada que ja s'ha produït a l'equip. Consisteix en reparar l'equip a la seva condició operativa inicial. Aquest manteniment més costos ja que no es realitza cap acció fins que l'equip ha fallat, per tant, no garanteix un bon funcionament dels equips.

El manteniment preventiu està enfocat a garantir el bon funcionament dels equips a partir d'un pla de treball que eviti que es produeixin averies. Aquest és el manteniment més eficient per garantir el bon estat dels equips amb el menor cost. Es realitza de forma rutinària amb el fi d'allargar al màxim la vida útil dels equips. L'objectiu es reduir o evitar que es produeixin averies importants, les quals suposen una gran despesa i deixen l'equip fora de servei durant un temps no planificat, afectant així al rendiment dels altres elements del procés.

Finalment, es decideix implementar un programa de manteniment preventiu amb la finalitat de poder solucionar els possibles problemes ocasionats, ja que no consta de vigilància constant dels equips. Aquest consisteix en un conjunt d'activitats de seguiment i diagnòstic continu que

permeten una intervenció correctora immediata com a conseqüència de la detecció d'algun símptoma de fallada.

8.2. Manteniment equips dinàmics

Seguidament, es mostraran les accions de manteniment a realitzar sobre els equips dinàmics del procés, es a dir, les bombes i l'ejector.

8.2.1. Manteniment bombes centrífugues P-100, P-101, i P-102

L'objectiu principal es la detecció de fallades a través de vigilància contínua per a solucionar-ho de forma immediata sempre que sigui possible (Ref. 28). La seva freqüència de revisió serà de 1 any. Les inspeccions a realitzar cobreixen les tasques següents:

- Inspecció visual per a la detecció de fugues a l'eix de tancament (reajustament de la empaquetadora si es possible).
- Control del nivell d'oli en el cos del rodament.
- Inspecció de soroll i vibracions excessives en el cos del coixinet, l'acoblament de la bomba i el motor d'acondiciament.
- Inspecció visual del correcte estat general de les connexions elèctriques.
- Inspecció visual de l'estat de la bancada

Pel que fa a peces de recanvi, es determina que són crítiques i d'existència obligatòria:

- Un cos de rodament complet.
- Element d'acoblament flexible .
- Segells mecànics.
- Element d'estanqueïtat de les juntes dinàmiques.
- Jocs de juntes utilitzades.

8.3. Manteniment equips estàtics

A continuació, es presenta el manteniment dels equips estàtics. Queden inclosos el tanc d'emmagatzematge, la columna flash, els intercanviadors de calor, i el decantador.

8.3.1. Tanc d'emmagatzematge TK-100

Per realitzar el manteniment d'un tanc d'emmagatzematge es imprescindible realitzar inspeccions periòdiques. Aquestes consisteixen en monitorar les condicions del equip per determinar les possibles fallades dels materials i accessoris (Ref. 29). Es duran a terme dos tipus d'inspecció, una d'externa que es pot dur a terme sense necessitat de deixar l'equip fora de servei i una d'interna que sí requereix la no operativitat del equip.

La inspecció externa comprèn un monitoratge visual rutinari partint de la base del tanc. La primera revisió es realitzarà al cap de 5 anys i les posteriors cada 2 anys.

- Inspecció rutinària. Permet revisar petites fugues, distorsions del cos del tanc, signes d'assentament, corrosió, condicions dels ciments, capes de pintura i accessoris.

- Inspecció programada. Permet determinar les condicions del exterior de la paret del tanc o del sostre, la corrosió i connexions mecàniques.

La inspecció interna ha de ser realitzada per un inspector autoritzat API, aquest ha de conduir la inspecció visual. La freqüència de revisió serà de 5 anys. La inspecció presenta tres objectius principals que es mostren a continuació:

- Assegurar que no existeixen fugues en el fons del tanc i que no està severament afectat per corrosió.
- Avaluar el gruix del fons i les parets del tanc mitjançant un assaig no destructiu per ultrasons.
- Identificar i avaluar assentaments en el fons del tanc.

8.3.2. Manteniment ejector X-100

Es tracta d'un equip de disseny senzill, tenen una alta fiabilitat i necessiten poc manteniment (no necessiten lubricació) degut a que funcionen sense peces mòbils com vàlvules o pistons (Ref. 30). D'aquesta manera, es mantindrà una revisió general del equip i es disposarà d'un kit de manteniment específic.

El kit de manteniment requerit conté elements per a substituir la junta filtrant i el Venturi. Els elements inclosos són els següents:

- Ejector complet
- Tovera
- Collaret
- Junta filtrant
- Junes tòriques
- Bola del ejector

8.3.3. Intercanviadors de calor E-100 i E-101

La realització periòdica d'inspeccions visuals externes, monitorat del seu funcionament i programes de neteja adequats asseguraren el bon funcionament dels intercanviadors al llarg de la seva vida útil (Ref. 31).

La realització d'aquests controls i inspeccions es realitzarà durant les parades de la planta i sempre i quan es detecti un augment notable de pèrdua de pressió o una reducció de la capacitat de treball.

Els intercanviadors de calor han de ser inspeccionats tant interna com externament. El funcionament incorrecte d'intercanviadors de calor pot estar lligat a causes com les que es mostren a continuació:

- Embrutiment excessiu.
- Corrosió de la carcassa, distribuïdor, o feix de tubs.
- Disminució de gruixos degut a corrosió.

La inspecció exterior consistirà en una inspecció visual de les zones sotmeses a majors esforços i major corrosió en una comprovació dels gruixos per ultrasons. Aquesta inspecció no requereix deixar fora de servei l'equip.

La inspecció interior consistirà en una inspecció visual de totes les parts sotmeses a pressió, prestant especial atenció a la pèrdua de pressió produïda al costat dels tubs i carcassa. Dins d'aquesta inspecció es realitzaria un control del gruix de la carcassa i el distribuïdor mitjançant un mesurador ultrasònic, i un examen visual intern dels tubs del feix mitjançant un baroscopi.

En el cas que la inspecció interior no sigui possible, es durà a terme una inspecció per radiografia per a la localització de possibles fugues en els tubs.

Les superfícies d'intercanvi de calor s'hauran de mantindre netes per assegurar un funcionament satisfactori. Els intercanviadors es poden netejar mitjançant mètodes químics o mecànics, a continuació es descriuen diferents procediments que es poden dur a terme:

- Físics: netejadors de tipus turbina per brutícies a l'interior dels tubs, raspalls helicoïdals de filferro per a l'extracció de incrustacions o altres deposicions.
- Químics: neteja per aigua o vapor a alta pressió. també es poden utilitzar inhibidors per eliminar incrustacions de les parets dels tubs o la carcassa, o una mescla d'àcids dèbils amb inhibidors de corrosió per garantir la eliminació de l'oxidació i la protecció de les parets i del equip.

8.3.4. Manteniment columna flash C-100

La solució proposada pel manteniment de la columna de destil·lació flash C-100 es un sistema d'inspecció utilitzant radiació gamma (Ref. 32). El sistema entrega la següent informació:

- Perfil de densitat a l'interior de la columna de destil·lació que permet distingir l'altura de líquids.
- Dades per a la determinació dels llocs amb danys estructurals a l'interior o exterior de la columna. Aquests danys poden causar un mal funcionament, una disminució del rendiment o eficiència de l'equip, i fugues de producte que podrien danyar el personal de la planta.
- Informació per poder determinar un problema mecànic o operacional que està ocasionant el mal funcionament i conseqüentment una disminució de l'eficiència.
- Detectar possibles malformacions a l'interior de la columna, com pot ser que es desacobli les parts interiors de la columna.
- Deteriorament de les juntes de l'entrada del flash amb possible fuga cap a l'exterior del producte principal.

Ja que es tracta d'un equip vital es determinen possibles reparacions puntuals per poder continuar amb la producció, i evitar així una parada completa de la producció:

- En cas de possibles desprendiments de la paret de la columna, es pot procedir a la tècnica de plaquejat per evitar fuites cap a l'exterior y continuar amb la producció de manera provisional.

- Per resoldre els problemes estructurals es realitza una primera inspecció i posteriorment la seva reparació, amb el re-posicionament de l'estructura de l'interior de l'equip.
- En cas d'una reducció de l'eficiència pel perfil de densitats, es realitza una substitució de la font energètica i resoldre el problema.
- Solucionar el problema mecànic a partir de soldadures dins de l'equip sempre que estigui supervisat per evitar un possible problema per a la seguretat, i cobrint les possibles fuites a l'exterior.
- Per a solucionar el problema de les juntes es realitza una aturada momentània de l'entrada de producte i es canvien les juntes per unes de noves.

8.3.5. Manteniment decantador D-100

Aquest equip es tracta d'un recipient amb unes condicions similars a les del tanc TK-100, per això es realitzaran inspeccions semblants a les del tanc.

La inspecció externa es pot realitzar sense deixar fora de servei l'equip. La seva freqüència de realització serà de 2 anys. Es basa en dues accions:

- Inspecció rutinària. El seu objectiu es revisar fugues, distorsions del cos de l'equip, signes d'assentament dels suports, corrosió generalitzada, capes de pintura i accessoris.
- Inspecció programada. Permet determinar les condicions del exterior de la paret cilíndrica del decantador o dels capçals.

La inspecció interna serà realitzada cada 5 anys. Aquesta presenta dos objectius principals que es mostren a continuació:

- Assegurar que no existeixen fugues a l'interior del decantador i que no està severament afectat per corrosió.
- Prendre mesures per avaluar el gruix de les parets cilíndriques mitjançant ultrasons.

9. MANUAL D'OPERACIÓ

Dins d'aquest manual s'expliquen els procediments a seguir a la instal·lació, la posada en marxa, instruccions d'encès, funcionament i parada de la planta de recuperació d'acrilonitril monòmer. Les instruccions estan enfocades cap al personal de la planta i manteniment, els quals s'han de saber per al bon funcionament de la planta.

9.1. Instal·lació

La instal·lació dels equips, tubs i cablejat, es duran a terme segons les prescripcions de la legislació espanyola, per tal d'evitar problemes davant un possible incident. Per a la realització del muntatge dels equips per a l'extracció del producte desitjat, es seguirà el següent procediment:

- Cadascun dels embalatges dels equips i instruments, es disposaran dins d'un dipòsit d'acord amb les instruccions corresponents.
- Amb el cas que hi hagués algun problema en acoblar alguna de les parts dels equips o instrumentació, amb cas de tenir algun dubte consultar amb els administradors.

Després de la instal·lació correcta de tots els equips i la verificació de totes les connexions, caldrà realitzar les diferents feines per a preservar les instal·lacions, abans de la seva posada en marxa:

- Les connexions, han d'estar protegides amb silicones i segellades.
- Tots els components elèctrics han d'estar protegits per una capa de polietilè.
- Les brides han d'estar lubricades per tal d'evitar gripament, cal que les brides es revisin amb un inhibidor d'òxid i tancar-les amb un sallant (segell) fins que es posi en funcionament, sobretot les dels equips dels bescanviadors E-100 i E101 ja que són dels més senzills a l'hora de seu muntatge.

9.2. Verificacions preliminars a la posada en marxa

Després del muntatge de la instal·lació, cal realitzar algunes verificacions abans de la posada en marxa. Primer cal verificar el P&ID per a que els operaris es familiaritzin amb els equips. Amb segon lloc, cal realitzar verificacions mecàniques abans de la corresponent posada en marxa.

- Assegurar que tots els operaris estan fora de la zona de perill de la planta i que les alimentacions estiguin disponibles, el tanc pulmó (TK-100) ha d'estar completament buit.
- Començar l'alimentació del vapor de servei per als bescanviadors E-100 i E-101, purgant les línies i fent que s'escalfin els tubs, repetint les purgues dels sistemes de servei.
- Activar les entrades de vapor de servei als bescanviadors de calor E-100 i E-101 i deixar passar el vapor fins que l'equip arribi a les condicions de treball desitjades.
- Fer pujar la pressió del vapor d'instrumentació fins al valor desitjat i deixa'l reposar 5 minuts abans que la mescla passi per l'equip.
- Provar els diferents sistemes de control de la planta.

- Efectuar regulació sistemes de servei de la planta (totes les línies de vapor i aigua de servei).
- Introduir gas inert a el sistema de inertització del tanc (ruixadors), per tal d'evitar possibles problemes, comprovar que el control dels ruixadors funcioni.
- Posar en funcionament els equips excepte la columna C-100 i l'ejector X-100.

9.3. Instruccions d'encès

Amb aquest apartat s'explicarà com funciona la planta de recuperació d'acrilonitril i estirè monòmer seguint els següents passos:

- Tancament de les vàlvules de sortida de producte de la columna flash C-100.
- Obrir el drenatge de la línia i assegurar que la línia hi hagi fluid de la mescla amb el tanc pulmó TK-100 omplert.
- Tancar el drenatge de la línia i la vàlvula del vapor.
- Proveir d'energia el panel de control de la planta per tal de poder realitzar el bon funcionament de la planta.
- Obrir la vàlvula d'obertura de la mescla per a poder realitzar el funcionament adequat i la seva recuperació per a que entri la mescla cap al primer bescanviador E-100 cap al flash C-100.

9.4. Normal funcionament

Per tal de que el funcionament de la planta de recuperació de monòmer sigui la més eficient possible, cada 5 mesos cal realitzar una tasca de manteniment de la planta, de manera que es realitzi la recuperació d'acrilonitril i estirè s'han de realitzar els diferents passos;

Una vegada la mescla ha entrat al tanc, es posa al bescanviador i passa al flash una vegada ha assolit la temperatura adequada, quan s'arriba a la pressió desitjada i es pot separar els diferents productes separats, s'extreu pel cap de columna l'acrilonitril i l'estirè monòmer on passa al sistema de buit (ejector), i seguidament es passa per un bescanviador i després al decantador per a poder separar l'orgànic.

9.5. Parada de la planta

Per a l'apagat normal de la instal·lació, cal realitzar els següents passos:

- Assegurar que la línia de serveis està completament lliure, tant a l'entrada de producte a la sortida del tanc TK-100 com a la sortida del decantador D-100.
- Parar els pilots d'actuació de les línies de servei del nitrogen, aigua dels ruixadors i aigua de servei i del producte mescla de la sortida del TK-100.
- Detenir les línies de vapor a través de les vàlvules manuals.
- Tancar les vàlvules d'actuació de la regulació del producte.
- Tancar l'interruptor general.

10. BALANÇ ECONÒMIC

Amb l'objectiu de considerar la implementació de la planta es realitza una valoració de com afectarà la inversió de la nova planta al llarg del temps i quin és el capital inicial a invertir a la planta de recuperació d'acrilonitril, a banda dels diferents càlculs realitzats per a obtenir-ho.

Partint de l'estalvi degut a la recuperació de l'acrilonitril, aquest comporta un benefici de $2,84 \cdot 10^5$ € l'any sense tindre en compte tota la maquinària ni els diferents instruments dels que consta la planta de recuperació de monòmer. De cara a l'estimació econòmica, s'ha hagut de tindre en compte tant el cost energètic pel funcionament de la planta com els preus dels productes obtinguts que es mostren a les taules 10.1 i 10.2 respectivament.

Taula 10.1 Cost energètic de la planta.

Paràmetre	Valor	Unitat
Potència màxima	$22,97 \cdot 10^5$	Kw/h
Preu tarifa	0,04	€/kwh
Preu final	$10,10 \cdot 10^4$	€/any

Taula 10.2 Preus productes de la planta.

Producte	€/t	t/any	€/any	m ³ /any
ACN	800	354,15	$2,83 \cdot 10^5$	286,86
SM	844	1,21	$1,02 \cdot 10^3$	1,10
Aigua	0,56	2772,98	1552,87	2772,978
Total		3128,34	$2,86 \cdot 10^5$	3060,94

A l'hora de realitzar els càlculs per a la inversió inicial i el benefici anual es realitza el càlcul de l'amortització de la planta amb els diferents equips, instruments, obra i instal·lacions ja muntat, suposant que la vida útil dels equips és d'uns 10-20 anys. Una vegada trobats els valors dels costos i els beneficis que es poden obtenir es procedeix a calcular el VAN i la TIR es parteix de les equacions 10.1 i 10.2 que es mostren a continuació:

$$VAN = -D_0 + \frac{F_1}{(1+i)} \dots + \frac{F_n}{(1+i)^n} \quad (10.1)$$

$$0 = -D_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} \quad (10.2)$$

Taula 10.3 Taula VAN i TIR.

Cash flow (€/any)	7850,3	2198,1	3532,6	785,0	392,5	785,0	157,0
FNC (€)	$-3,0 \cdot 10^5$	$2,36 \cdot 10^5$	$2,36 \cdot 10^5$	$2,36 \cdot 10^5$	$2,36 \cdot 10^5$	$2,36 \cdot 10^5$	$2,36 \cdot 10^5$
(any 0)							
VAN	$1,15 \cdot 10^6$						
TIR	78%						

Com es veu a la taula 10.3, es veu reflectit que al primer any no hi haurà cap mena de beneficis, degut a que comporta una inversió inicial de $3,49 \cdot 10^5$ €, una inversió relativament baixa degut a que es recupera gran part de l'acrilonitril i disminueix les emissions de CO₂ que es cremaven abans, es pretén recuperar la inversió inicial amb un període de temps inferior als 1,3 anys, presenta un VAN i una TIR de $1,15 \cdot 10^6$ i 78% respectivament on es recomana fortament invertir ja que la TIR és superior al 30% recomanat per a realitzar una inversió.

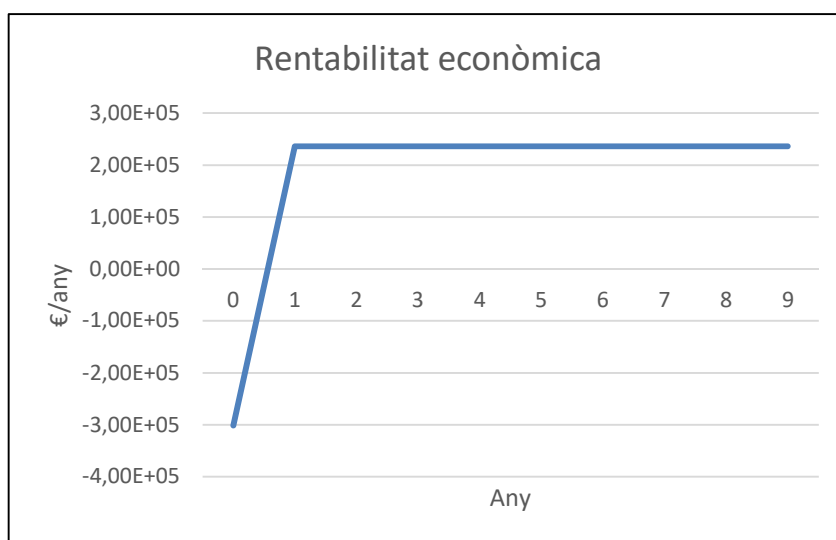


Figura 10.1 Representació de la inversió i benefici.

11. CONCLUSIONS

A partir de les dades principals facilitades per l'empresa, s'han realitzat els càlculs de manera que es pugui realitzar una bona elecció sobre quin equip cal seleccionar per a un bon funcionament de la planta de recuperació de monòmer.

En primer lloc s'ha realitzat la simulació dels dos tipus de columnes per a separar el producte desitjat (la columna flash i la columna de destil·lació convencional), amb la seva corresponent composició seleccionant la columna flash.

Tot i que si només es tingués en compte el percentatge de monòmer recuperat l'opció ideal seria la destil·lació convencional amb un 99,99% recuperat vers al 85,46% del flash, un cop estudiada la viabilitat econòmica la destil·lació flash resulta més òptima ja que l'altra columna no suposa un increment de benefici suficient en relació al seu elevat cost com per invertir-hi.

En segon lloc es va treballar en l'opció de instal·lar una segona columna per poder separar l'estirè monòmer, però degut a l'elevat cost contra una petita producció no s'ha arribat a realitzar, de manera que el projecte va quedar fixat en una sola columna flash.

En tercer lloc es troba l'avaluació econòmica de la planta on es té amb compte tota mena de valors i el període de temps amb que es recupera la inversió inicial degut a que es recupera amb un període de temps de 1,3 anys un període molt curt i que la seva taxa interna de retorn del 78%, es recomana a realitzar la inversió per tal de recuperar l'acrilonitril de manera eficient.

En última instància es té en compte l'apartat de l'estudi mediambiental, on s'observa que amb la implementació de la planta de recuperació de monòmer es redueixen les emissions de CO₂ fins a un 85,46% respecte de la crema de producte amb l'aigua de la mescla original del procés.

12. BIBLIOGRAFIA

1. <https://www.repsol.com/es/productos-y-servicios/quimica/productos/polioles/index.cshtml> (consultat 4/03/2020)
2. https://tarragona.repsol.es/es/index.cshtml?_ga=2.134173006.1350859012.1583748666-1066097120.1583748666 (consultat 4/03/2020)
3. <http://www.matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html> (consultat 15/04/2020)
4. <http://www.mhhe.com/engcs/chemical/peters/data/ce.html> (consultat 15/04/2020)
5. <http://valoracionmaquinaria.com/tasacion-maquinaria.html> (consultat 15/04/2020)
6. [http://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/IA%20-%20PROY%20-%20Tema3%20-%20Estimaciones%20Economicas%20\(1\).pdf](http://www.cartagena99.com/recursos/alumnos/apuntes/IA%20-%20PROY%20-%20Tema3%20-%20Estimaciones%20Economicas%20(1).pdf) (consultat 15/04/2020)
7. https://sitasaonline.es/index.php?option=com_content&view=article&id=300019&Itemid=180&idart=39002709&camino (consultat 15/04/2020)
8. *Guidelines for the Distribution of Acrylonitrile*. Revision 5, March 2014. Acrylonitrile Cefic Sector Group. (consultat 10/06/2020)
9. <https://www.ine.es/daco/daco42/daco421/ipc0120.pdf> (consultat 14/04/2020)
10. *Piping Handbook*. Revision 7, Mohinder L. Nayyar. Mc Graw Hill (consultat 24/05/2020)
11. *Rockwool firesafe insulation*, catalogo para la industria (consultat 24/05/2020)
12. <http://www.schuf.com/pdf/control-valve-flyer> (consultat 16/05/2020)
13. https://www.sumindustria.es/content/catalog/productos/pdf/sumindustria_Saidi_CatalogoCrane.pdf (consultat 16/05/2020)
14. <http://castflow.com/library/castflow%20valves%202014-0.pdf> (consultat 16/05/2020)
15. https://www.hypersens.eu/?gclid=CjwKCAjwwYP2BRBGEiwAkoBpAjpW4wwrgV86nM8aBKsVv3TQThf4jFn9vHQRPHBkAr-orsYfTu6CIhoC_OUQAvD_BwE (consultat 16/05/2020)
16. https://www.wika.es/bna_es_es.WIKA (consultat 16/05/2020)
17. table 6 2 -pressure-relief-valve-engineering-handbook-en-us-3923290 (consultat 16/05/2020)
18. <http://www.bvalve.es/wp-content/uploads/2013/05/leserhp1safetyvalves1.pdf> (consultat 16/05/2020)

19. <https://authoring.spiraxsarco.com/-/media/spiraxsarco/opco/ar/valuable-content/catalogo-arg-b01.ashx?la=es-ar&rev=24825ade0c27400a95224a324f0eda1f> (consultat 18/05/2020)
20. <https://www.ifm.com/es/es/product/PN7093> (consultat 18/05/2020)
21. <https://www.ifm.com/ar/es/product/PI2717> (consultat 18/05/2020)
22. https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/7865/FA00006Tes_Temperatura_1413_0715.pdf (consultat 18/05/2020)
23. <https://www.vicalsa.com/wp-content/uploads/2017/09/Catalogo-VALSUM.pdf> (consultat 18/05/2020)
24. <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/process-instrumentation/positioners.html> (consultat 18/05/2020)
25. <http://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Dise%C3%B1o+y+c%C3%A1lculo+de+tanques+de+almacenamiento.pdf/cf73a420-13f2-248f-034a-d413cb8a3924> (consultat 17/05/2020)
26. <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2516&ni=por-que-utilizar-un-convertidor-de-frecuencia-para-controlar-ventiladores-y-bombas> (consultat 19/05/2020)
27. *Process design for Chemical and Petrochemical Plants, Volume 1, Third Edition, Ernest E. Ludwig.* (consultat 20/05/2020)
28. <https://mantenimiento.win/mantenimiento-a-bombas-centrifugas/> (consultat 21/05/2020)
29. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/458/1/CD-0862.pdf> (consultat 21/05/2020)
30. <https://www.xylem.com/es-do/products-services/parts-supplies/Genuine-Godwin-Parts/ejector-service-kit> (consultat 3/06/2020)
31. <https://addi.ehu.es/bitstream/handle/10810/23425/MdM%20EG-E02AB.pdf?sequence=13&isAllowed=y> (consultat 3/06/2020)
32. <file:///C:/Users/x/Downloads/SISTEMA%20DE%20INSPECCION%20DE%20COLUMNAS%20DE%20DESTILACION%20UTILIZANDO%20RADIACION%20GAMMA.pdf> (consultat 4/06/2020)

ANNEXOS

A.1 PLANIFICACIÓ

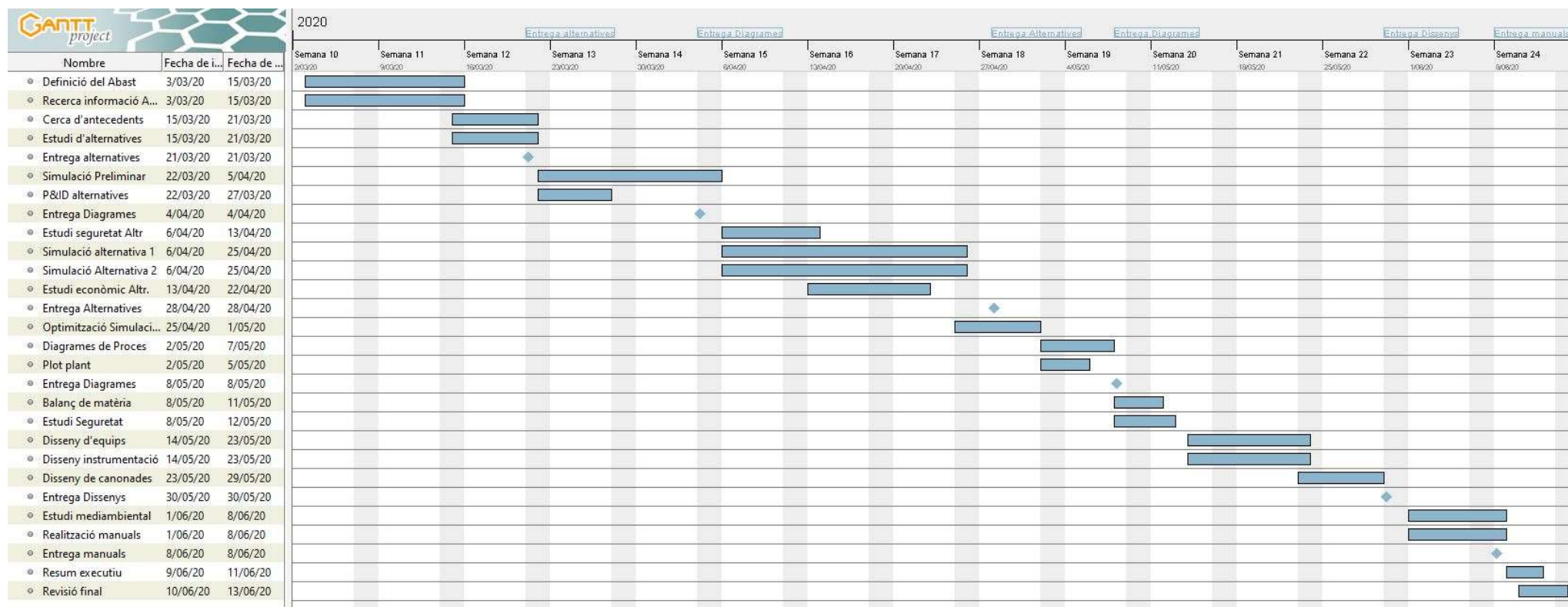


Figura A.1.1 Planificació definitiva

A.2 LLISTES INSTRUMENTACIÓ

Taula A.2.1 Llistat de vàlvules

Número	Descripció	Producte	Línia	Material	Estat	T operació (°C)	T disseny (°C)	P operació (atm)	P disseny (atm)	Manual o automàtica
VA 1300	Vàlvula aïllament	Mescla	01-1000- 1"-CS	SS	Líquid	30	256	1	15	Automàtica
VM 1100	Vàlvula bola	Mescla	01-1000- 1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VM 1101	Vàlvula bola	Mescla	01-1000- 1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VM 1102	Vàlvula bola	Mescla	01-1000- 1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
PU 1200	Vàlvula Purga	Mescla	01-1000- 1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
PU 1201	Vàlvula Purga	Mescla	01-1000- 1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VR 1400	Vàlvula globus	Mescla	01-1000- 1"-CS	SS	Líquid	30	260	1	16	Automàtica
VC 1000	Vàlvula antiretorn	Mescla	01-1000- 1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	10	Manual
VC 1001	Vàlvula antiretorn	Nitrogen	01-1010- 1"-CS	SS	Gas	25	200	5	10	Manual
VC 1002	Vàlvula antiretorn	Vapor aigua	01-1015- 2"-CS	SS	Gas	138	200	2,4	10	Manual
VC 1003	Vàlvula antiretorn	Aigua	01-1013- 1"-CS	SS	Líquid	25	200	1	10	Manual
VC 1004	Vàlvula antiretorn	Aigua	01-1017- 2"-CS	SS	Líquid	4	200	2	10	Manual

VM 1103	Vàlvula bola	Nitrogen	01-1010-1"-CS	SS	Gas	25	200	5	16	Manual
VM 1104	Vàlvula bola	Nitrogen	01-1010-1"-CS	SS	Gas	25	200	5	16	Manual
VM 1105	Vàlvula bola	Nitrogen	01-1010-1"-CS	SS	Gas	25	200	5	16	Manual
VR 1401	Vàlvula globus	Nitrogen	01-1010-1"-CS	SS	Gas	25	260	5	16	Automàtica
PU 1202	Vàlvula purga	Nitrogen	01-1010-1"-CS	SS	Gas	25	200	5	16	Manual
PU 1203	Vàlvula purga	Nitrogen	01-1010-1"-CS	SS	Gas	25	200	5	16	Manual
VM 1106	Vàlvula bola	Nitrogen	01-1011-1"-CS	SS	Gas	30	200	1	16	Manual
VM 1107	Vàlvula bola	Nitrogen	01-1011-1"-CS	SS	Gas	30	200	1	16	Manual
VM 1108	Vàlvula bola	Nitrogen	01-1011-1"-CS	SS	Gas	30	200	1	16	Manual
PU 1204	Vàlvula purga	Nitrogen	01-1011-1"-CS	SS	Gas	30	200	1	16	Manual
PU 1205	Vàlvula purga	Nitrogen	01-1011-1"-CS	SS	Gas	30	200	1	16	Manual
VR 1402	Vàlvula globus	Nitrogen	01-1011-1"-CSPI	SS	Gas	30	260	1	16	Automàtica
VM 1109	Vàlvula bola	Mescla	01-1001-1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VC 1005	Vàlvula antiretorn	Mescla	01-1001-1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	10	Manual
VM 1110	Vàlvula bola	Mescla	01-1001-1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual

VM 1111	Vàlvula bola	Vapor	01-1015-2"-CS	SS	Gas	138	200	2,4	16	Manual
VM 1112	Vàlvula bola	Vapor	01-1015-2"-CS	SS	Gas	138	200	2,4	16	Manual
VM 1113	Vàlvula bola	Vapor	01-1015-2"-CS	SS	Gas	138	200	2,4	16	Manual
VR 1403	Vàlvula globus	Vapor	01-1015-2"-CS	SS	Gas	138	260	2,4	16	Automàtica
PU 1207	Vàlvula purga vapor	Vapor	01-1015-2"-CS	GG-40	Gas	138	250	2,4	14	Manual
PU 1208	Vàlvula purga vapor	Vapor	01-1015-2"-CS	GG-40	Gas	138	250	2,4	14	Manual
VM 1114	Vàlvula bola	Mescla	01-1016-2"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
VM 1115	Vàlvula bola	Mescla	01-1016-2"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
VM 1116	Vàlvula bola	Mescla	01-1016-2"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
VR 1404	Vàlvula globus	Mescla	01-1016-2"-CS	SS	Líquid	70	260	1	16	Automàtica
PU 1209	Vàlvula purga	Mescla	01-1016-2"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
PU 1210	Vàlvula purga	Mescla	01-1016-2"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
VM 1117	Vàlvula bola	Condensat	01-1016-2"-CS	SS	Líquid	76,9	200	2,2	16	Manual
VM 1118	Vàlvula bola	Condensat	01-1016-2"-CS	SS	Líquid	76,9	200	2,2	16	Manual

VM 1119	Vàlvula bola	Condensat	01-1016-2"-CS	SS	Líquid	76,9	200	2,2	16	Manual
PU 1211	Vàlvula purga	Condensat	01-1016-2"-CS	SS	Líquid	76,9	200	2,2	16	Manual
VM 1120	Vàlvula bola	Residu condensat columna	01-1003-1"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
VM 1121	Vàlvula bola	Residu condensat columna	01-1003-1"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
VM 1122	Vàlvula bola	Residu condensat columna	01-1003-1"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
PU 1212	Vàlvula purga	Residu condensat columna	01-1003-1"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
PU 1213	Vàlvula purga	Residu condensat columna	01-1003-1"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
VR 1404	Vàlvula globus	Residu condensat columna	01-1003-1"-CS	SS	Líquid	70	260	1	16	Automàtica
VM 1123	Vàlvula bola	ACN per tractar	01-1006-1"-SS	SS	Gas	92,4	200	0,02	16	Manual
VM 1124	Vàlvula bola	ACN per tractar	01-1006-1"-SS	SS	Gas	92,4	200	0,02	16	Manual
VM 1125	Vàlvula bola	ACN per tractar	01-1006-1"-SS	SS	Gas	92,4	200	0,02	16	Manual
PU 1214	Vàlvula purga vapor	ACN per tractar	01-1006-1"-SS	GG-40	Gas	92,4	250	0,02	14	Manual

PU 1215	Vàlvula purga vapor	ACN per tractar	01-1006- 1"-SS	GG-40	Gas	92,4	250	0,02	14	Manual
VR 1405	Vàlvula globus	ACN per tractar	01-1006- 1"-SS	SS	Gas	92,4	260	0,02	16	Automàtica
VM 1126	Vàlvula bola	Vapor aigua	01-1019- 2"-CS	SS	Gas	138	200	2,5	16	Manual
VM 1127	Vàlvula bola	Vapor aigua	01-1019- 2"-CS	SS	Gas	138	200	2,5	16	Manual
VM 1128	Vàlvula bola	Vapor aigua	01-1019- 2"-CS	SS	Gas	138	200	2,5	16	Manual
PU 1216	Vàlvula purga	Vapor aigua	01-1019- 2"-CS	GG-40	Gas	138	200	2,5	16	Manual
PU 1217	Vàlvula purga	Vapor aigua	01-1019- 2"-CS	GG-40	Gas	138	200	2,5	16	Manual
VR 1406	Vàlvula globus	Vapor aigua	01-1019- 2"-CS	SS	Gas	138	260	2,5	16	Automàtica
VM 1129	Vàlvula bola	Aigua refrigeració	01-1017- 2"-CS	SS	Líquid	4	200	2,04	16	Manual
VM 1130	Vàlvula bola	Aigua refrigeració	01-1017- 2"-CS	SS	Líquid	4	200	2,04	16	Manual
VM 1131	Vàlvula bola	Aigua refrigeració	01-1017- 2"-CS	SS	Líquid	4	200	2,04	16	Manual
PU 1218	Vàlvula purga	Aigua refrigeració	01-1017- 2"-CS	SS	Líquid	4	200	2,04	16	Manual
PU 1219	Vàlvula purga	Aigua refrigeració	01-1017- 2"-CS	SS	Líquid	4	200	2,04	16	Manual
VR 1407	Vàlvula globus	Aigua refrigeració	01-1017- 2"-CS	SS	Líquid	4	260	2,04	16	Automàtica

VM 1132	Vàlvula bola	Aigua sortida decantador	01-1004-1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VM 1133	Vàlvula bola	Aigua sortida decantador	01-1004-1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VM 1134	Vàlvula bola	Aigua sortida decantador	01-1004-1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
PU 1220	Vàlvula purga	Aigua sortida decantador	01-1004-1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
PU 1221	Vàlvula purga	Aigua sortida decantador	01-1004-1"-CS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VR 1408	Vàlvula globus	Aigua sortida decantador	01-1004-1"-CS	SS	Líquid	30	260	1	16	Automàtica
VM 1135	Vàlvula bola	Aigua per a tractar	01-1003-1"-CS	SS	Líquid	88,41	200	1	16	Manual
VM 1136	Vàlvula bola	Aigua per a tractar	01-1003-1"-CS	SS	Líquid	88,41	200	1	16	Manual
PU 1222	Vàlvula purga	Aigua per a tractar	01-1003-1"-CS	SS	Líquid	88,41	200	1	16	Manual
VC 1006	Vàlvula antiretorn	Aigua per a tractar	01-1003-1"-CS	SS	Líquid	88,41	200	1	10	Manual
VM 1137	Vàlvula bola	ACN i SM	01-1009-1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VM 1138	Vàlvula bola	ACN i SM	01-1009-1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual

VM 1139	Vàlvula bola	ACN i SM	01-1009-1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VM 1140	Vàlvula bola	ACN i SM	01-1009-1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VC 1007	Vàlvula antiretorn	ACN i SM	01-1009-1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	10	Manual
PU 1224	Vàlvula purga	ACN i SM	01-1009-1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
PU 1225	Vàlvula purga	ACN i SM	01-1009-1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VR 1409	Vàlvula globus	ACN i SM	01-1009-1"-SS	SS	Líquid	30	260	1	16	Automàtica
VA 1301	Vàlvula automàtica	Mescla	01-1016-2"-CS	SS	Líquid	70	256	1	15	Automàtica
VM 1141	Vàlvula bola	Condensat ejector	01-1020-2"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
VM 1142	Vàlvula bola	Condensat ejector	01-1020-2"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
VM 1143	Vàlvula bola	Condensat ejector	01-1020-2"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
PU 1226	Vàlvula purga	Condensat ejector	01-1020-2"-CS	SS	Líquid	70	200	1	16	Manual
VM 1144	Vàlvula bola	ACN i SM	01-1008-1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VM 1145	Vàlvula bola	ACN i SM	01-1008-1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VM 1146	Vàlvula bola	ACN i SM	01-1008-1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
PU1227	Vàlvula purga	ACN i SM	01-1008-1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual

PU1228	Vàlvula purga	ACN i SM	01-1008- 1"-SS	SS	Líquid	30	200	1	16	Manual
VR 1410	Vàlvula globus	ACN i SM	01-1008- 1"-SS	SS	Líquid	30	260	1	16	Automàtica
VM 1147	Vàlvula bola	Vapor	01-1015- 2"-CS	SS	Gas	138	200	2,4	16	Manual
VM 1148	Vàlvula bola	Vapor	01-1015- 2"-CS	SS	Gas	138	200	2,4	16	Manual
VM 1149	Vàlvula bola	Vapor	01-1015- 2"-CS	SS	Gas	138	200	2,4	16	Manual
VR 1411	Vàlvula globus	Vapor	01-1015- 2"-CS	SS	Gas	138	260	2,4	16	Automàtica
PU 1229	Vàlvula purga vapor	Vapor	01-1015- 2"-CS	GG-40	Gas	138	250	2,4	14	Manual
PU 1230	Vàlvula purga vapor	Vapor	01-1015- 2"-CS	GG-40	Gas	138	250	2,4	14	Manual
VM 1150	Vàlvula bola	Vapor	01-1015- 2"-CS	SS	Gas	70	200	2,2	16	Manual
VM 1151	Vàlvula bola	Vapor	01-1015- 2"-CS	SS	Gas	70	200	2,2	16	Manual
VM 1152	Vàlvula bola	Vapor	01-1015- 2"-CS	SS	Gas	70	200	2,2	16	Manual
PU 1231	Vàlvula purga vapor	Vapor	01-1015- 2"-CS	GG-40	Gas	70	250	2,2	14	Manual

Taula A.2.2 Llistat de sensors

Nom	Línia o equip	Tipus
FT 1101	01-1000-1"-CS	Transmissor de flux
LI 1301	TK-100	Indicador de nivell
TT 1201	TK-100	Transmissor de temperatura
PI 1402	01-1001-1"-CS	Indicador de pressió
TT 1202	01-1002-1"-CS	Transmissor de temperatura
FT 1102	01-1002-1"-CS	Transmissor de flux
TT 1203	C-100	Transmissor de temperatura
DP 1501	C-100	Sensor de pressió hidrostàtica
DP 1502	C-100	Sensor de pressió hidrostàtica
LT 1302	C-100	Transmissor de nivell
PI 1406	01-1003-1"-CS	Indicador de pressió
PT 1403	C-100	Transmissor de pressió
PT 1404	X-100	Transmissor de pressió
TT 1204	01-1008-1"-SS	Transmissor de temperatura
TT 1205	D-100	Transmissor de temperatura
LT 1304	D-100	Transmissor de nivell
LI 1303	D-100	Indicador de nivell
PI 1405	D-100	Indicador de pressió
TT 1206	D-100	Transmissor de temperatura
LT 1305	D-100	Transmissor de nivell
PI 1407	01-1009-1"-SS	Indicador de pressió
TT 1207	C-100	Transmissor de temperatura
FT 1103	01-1008-1"-SS	Transmissor de flux

A.3 FITXA DE SEGURETAT

ACRILONITRILO	ICSC: 0092
Cianoetileno 2-Propenonitrilo Cianuro de vinilo	Marzo 2001
CAS: 107-13-1	
Nº ONU: 1093	
CE: 203-466-5	

	PELIGROS	PREVENCIÓN	LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO Y EXPLOSIÓN	Altamente inflamable. En caso de incendio se desprenden humos (o gases) tóxicos e irritantes. Las mezclas vapor/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión en contacto con bases fuertes o ácidos fuertes.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con bases fuertes o ácidos fuertes. Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	Usar agua pulverizada, polvo, espuma resistente al alcohol, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

¡EVITAR TODO CONTACTO! ¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!			
	SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS
Inhalación	Vértigo. Dolor de cabeza. Náuseas. Jadeo. Vómitos. Debilidad. Convulsiones. Opresión en el pecho.	Usar sistema cerrado o ventilación.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica. Ver Notas.
Piel	¡PUEDE ABSORBERSE! Enrojecimiento. Dolor. Ampollas. Además ver Inhalación.	Guantes de protección. Traje de protección.	Aclarar con agua abundante durante 15 minutos como mínimo, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Utilizar gafas de protección de montura integral o protección ocular en combinación con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Dolor abdominal. Vómitos. Además ver Inhalación.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo. Lavarse las manos antes de comer.	Enjuagar la boca. Dar a beber una papilla de carbón activado en agua. Provocar el vómito (¡ÚNICAMENTE EN PERSONAS CONSCIENTES!). Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	CLASIFICACIÓN Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro! ¡Consultar a un experto! Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. Ventilar. NO verterlo en el alcantarillado. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes tapados. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte. A continuación, almacenar y eliminar el residuo conforme a la normativa local.	Conforme a los criterios del GHS de la ONU Transporte Clasificación ONU Clase de Peligro ONU: 3; Peligro Secundario ONU: 6.1; Grupo de Embalaje/Envase ONU: I
ALMACENAMIENTO	
A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, bases fuertes y alimentos y piensos. Fresco. Mantener en la oscuridad. Ventilación a ras del suelo. Almacenar solamente si está estabilizado.	
ENVASADO	
Envase irrompible. Colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. No transportar con alimentos y piensos.	



Organización
Internacional
del Trabajo



Organización
Mundial de la Salud

La información original ha sido preparada en inglés por un grupo internacional de expertos en nombre de la OIT y la OMS, con la asistencia financiera de la Comisión Europea.
© OIT y OMS 2018



European
Commission

ACRILONITRILO

ICSC: 0092

INFORMACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

Estado físico; aspecto	Fórmula:	C ₃ H ₃ N	/	CH ₂ =CH-CN
LÍQUIDO INCOLORO O AMARILLO PÁLIDO DE OLOR ACRE.	Masa molecular:			53.1
	Punto de ebullición:			77°C
	Punto de fusión:			-84°C
Peligros físicos El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante.	Densidad relativa (agua = 1):			0.8
	Solubilidad en agua, g/100ml a 20°C:			7
	Presión de vapor, kPa a 20°C:			11.0
	Densidad relativa de vapor (aire = 1):			1.8
	Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1):			1.05
Peligros químicos La sustancia polimeriza por calentamiento intenso y bajo la influencia de la luz y bases. Esto genera peligro de incendio o explosión. Se descompone por calentamiento. Esto produce humos tóxicos incluyendo cianuro de hidrógeno y óxidos de nitrógeno. Reacciona violentamente con ácidos fuertes y oxidantes fuertes. Ataca los plásticos y el caucho.	Punto de inflamación:			-1°C c.c.
	Temperatura de autoignición:			481°C
	Límites de explosividad, % en volumen en el aire:			3.0-17.0
	Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow:			0.25

EXPOSICIÓN Y EFECTOS SOBRE LA SALUD

Vías de exposición	Riesgo de inhalación
La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor, a través de la piel y por ingestión. Efectos de exposición de corta duración La sustancia y el vapor irritan los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La exposición muy por encima del LEP podría causar la muerte. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata. Ver Notas. Se recomienda vigilancia médica.	Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire. Efectos de exposición prolongada o repetida El contacto prolongado o repetido puede producir sensibilización de la piel. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central y al hígado. Esta sustancia es posiblemente carcinógena para los seres humanos.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN LABORAL

TLV: 2 ppm como TWA; (piel); A3 (cancerígeno animal).
 MAK: cancerígeno: categoría 2; sensibilización cutánea (SH); absorción dérmica (H)

MEDIO AMBIENTE

La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.

NOTAS

Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. La exposición a la sustancia dará lugar a formación de cianuro. Ver FISQ 0671.
 En caso de envenenamiento con esta sustancia es necesario realizar un tratamiento específico; así como disponer de los medios adecuados junto a las instrucciones correspondientes. La alerta por el olor cuando se supera el límite de exposición es insuficiente. Enjuagar la ropa contaminada con agua abundante (peligro de incendio).

INFORMACIÓN ADICIONAL

- Límites de exposición profesional (INSHT 2011):
 VLA-ED: 2 ppm; 4,4 mg/m³
 C1B (Sustancia carcinogénica de categoría 1B).
 Notas: vía dérmica. Sensibilizante. Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, la comercialización o el uso especificadas en el Reglamento REACH.
 - N° de índice (clasificación y etiquetado armonizados conforme al Reglamento CLP de la UE): 608-003-00-4
 - **Clasificación** **UE**
 Pictograma: F, T, N; R: 45-11-23/24/25-37/38-41-43-51/53; S: 9-16-53-45-61; Nota: D, E



La calidad y exactitud de la traducción o el posible uso que se haga de esta información no es responsabilidad de la OIT, la OMS ni la Comisión Europea.
 © Versión en español, INSST, 2018