



PROJECTE FI DE GRAU TFGEQ 1709

DISSENY PRELIMINAR D'UNA UNITAT D'ISOMERITZACIÓ DE NAFTA LLEUGERA



ISOM

- Responsable del Procés: Jordi Añó Martínez
- Responsable de Planta: Albert González Llorens
- Responsable del Projecte: Erick Guzmán Guzmán
- Responsable d'Enginyeria: Joan Montiel Fernández

Data de lliurament: 5 de juny del 2016

ABAST

El projecte següent presenta l'estudi dels diferents esquemes de procés possibles i també el disseny, a nivell d'enginyeria, com la simulació i l'estudi energètic de l'alternativa seleccionada. Consisteix en una planta d'isomerització de nafta lleugera (NL), ubicada a la refineria de Repsol Petróleo a Tarragona amb una capacitat de producció de 26 tones/h de nafta estabilitzada. Es vol estudiar si es possible assolir un nivell d'octanatge més elevat de l'isomerat. L'anàlisi econòmic estima un VAN 6.91 M€ i una TIR del 21%, amb una vida útil estimada de 30 anys i una inversió inicial de 18 M€.

Índex

1. Introducció	6
2. Etapa preliminar	7
2.1. Definició i descripció del projecte	7
2.2. Selecció del procés	7
2.2.1. Tipus de processos d'isomerització	7
2.2.2. Estudi alternatives amb Hysys 8.8	9
2.3. Simulació amb columna DIH (desisohexanitzadora) i recicle	9
2.3.1. Zona de pretractament	10
2.3.2. Zona de reacció	10
2.3.3. Zona de separació	11
2.3.4. Columna estabilitzadora	11
2.3.5. Columna DIH	13
2.4. Simulació amb columna DIP	14
2.4.1. Columna DIP	14
2.4.2. Columna estabilitzadora	15
2.5. Simulació amb tamisos moleculars i recicle	15
2.5.1. 618-C-5	16
2.5.2. Tamisos moleculars	16
2.5.3. Columna 618-C-8	16
2.5.4. Selecció alternativa	17
2.6. Planificació del projecte	18
3. Bases de disseny	21
3.1. Especificacions alimentacions i productes	21
3.2. Capacitat operativa	22
3.3. Factor de servei	23
3.3.1. Nombre de torns	23
3.4. Projecte civil	24
3.5. Normes i codis de disseny	24
3.5.1. Normes oficials en Espanya i Catalunya aplicat al projecte	24
3.5.2. Normes oficials de disseny d'equips	26
3.5.3. Bombes	26
3.5.4. Recipients a pressió	27
3.5.5. Bescanviadors de calor	27
3.6. Especificació del serveis utilitzats en planta	27
3.7. Localització	28
4. Enginyeria bàsica	29

4.1. Elaboració de diagrames	29
4.1.1. Diagrames de blocs	29
4.1.2. Diagrama de procés.....	30
4.1.3. Diagrama simulació HYSYS	31
4.1.4. Diagrama de control.....	34
4.1.5. Diagrama de canonades i instrumentació (P&ID)	35
4.1.6. Simbologia del procés.....	44
4.2. Descripcions.....	45
4.2.1. Descripció funcional del procés DIH.....	45
4.2.1.1. Pretractament de la càrrega	45
4.2.1.2. Secció de reacció.....	46
4.2.1.3. Secció estabilitzadora.....	46
4.2.1.4. Secció de fraccionament	47
4.2.2. Disseny del reactor.....	48
4.2.2.1. Esquema de les reaccions.....	48
4.2.2.2. Cinètica	50
4.2.2.3. Catalitzador i tipus de reactor	51
4.2.2.4. Paràmetres finals del reactor	52
4.2.3. Disseny assecadors d'hidrogen	53
4.2.3.1. Equilibri d'adsorció: aigua-tamisos moleculars 3A i 13X.....	53
4.2.3.2. Dimensionament de la columna d'adsorció	55
4.2.3.3. Regeneració.....	56
4.2.4. Disseny assecadors de nafta.....	56
4.2.5. Adsorció n-parafines amb tamisos moleculars	57
4.2.5.1. Equilibri d'adsorció: normal parafines-tamisos moleculars 5A	57
4.2.5.2. Dimensionament de la columna d'adsorció	58
4.2.5.3. Regeneració.....	58
4.2.6. Descripció calibratge reactors i optimització de la simulació.....	59
4.2.6.1. Calibratge dels reactors	59
4.2.6.2. Optimització de la temperatura d'entrada del reactor	60
4.2.6.3. Optimització del cabal de l'entrada d'hidrogen	62
4.2.6.4. Optimització del cabal de recicle	63
4.2.7. Disseny dels bescanviadors.....	64
4.2.7.1. Bescanviador 618-E-1	65
4.2.7.2. Bescanviador 618-E-2.....	66
4.2.7.3. Bescanviador 618-E-3.....	66
4.2.7.4. Bescanviador 618-E-4.....	66

4.2.7.5. Bullidor 618-E-5	67
4.2.7.6. Bescanviador 618-E-6.....	68
4.2.7.7. Bullidor 618-E-7	68
4.2.8. Descripció de les estratègies de control	69
4.2.8.1. Control de la columnes d'assecatge	69
4.2.8.2. Control de composició a l'entrada del reactor	69
4.2.8.3. Control dels reactor	69
4.2.8.4. Control de la estabilitzadora 618-C-3 i 618-C-4.....	70
4.3. Selecció del material i dimensió del equips de planta.....	71
4.3.1. Selecció del material de construcció dels recipients a pressió.....	71
4.4. Dimensió de canonades, bombes i vàlvules	72
4.4.1. Aspectes a considerar per realitzar el disseny de les canonades	73
4.4.2. Bombes.....	73
4.4.2.1. Selecció de les bombes.....	73
4.4.2.2. Càlcul de l'NPSHd.....	74
4.4.3. Vàlvules	74
4.4.3.1. Càlcul de la Cv i selecció de les vàlvules	74
4.5. Llistat d'equips.....	76
4.6. Llistat de vàlvules	77
4.7. Llistat de canonades	78
4.8. Fulls d'especificacions	80
4.8.1. Reactors.....	80
4.8.2. Columna estabilitzadora.....	81
4.8.3. Columna desisohexanizadora.....	82
4.8.4. Assecadors.....	83
4.8.5. Tamisos moleculars.....	85
4.8.6. Bescanviadors	86
4.8.7. Bombes.....	93
4.8.8. Vàlvules	100
5. Seguretat.....	110
5.1. Anàlisi de risc HaZop.....	110
5.1.1. Paraules guia	110
5.1.2. Paràmetres de procés a analitzar	110
5.1.3. Fases de l'aplicació d'un estudi HAZOP a un procés.....	111
5.1.4. Taules d'estudi per cada nus	112
5.2. Equips de seguretat	135
5.2.1. Sistema contra incendi	135

Sistema de diluvi deluge	135
5.3. Plans d'emergència	135
6. Mediambient	136
6.1. Dades meteorològiques	136
6.2. Emissions Aire	136
6.3. Tractaments dels efluents aquosos de la planta	139
7. Manteniment	140
7.1. Manteniment sistemàtic	140
7.2. Manteniment predictiu	140
7.3. Manteniment correctiu	141
7.4. Pla d'inspeccions	141
8. Elaboració de manuals	142
8.1. Posada en marxa zona de separació	142
8.2. Posada en marxa zona de reacció.....	142
8.3. Aturada de la unitat de reacció.....	143
8.4. Aturada de la unitat de separació	143
9. Avaluació econòmica.....	144
9.1. Valor Actual Net.....	144
9.1.1. Preus de matèries primeres, serveis i productes.....	145
9.1.2. Preus dels equips instal·lats en planta.....	146
9.2. Taxa interna de rendibilitat	147
10. Bibliografia	148
A.1. Característiques del procés.....	151
A.1.1. Catalitzador	151
A.1.2. Altres reaccions.....	152
A.2. Balanç de matèria.....	153
A.3. Balanç d'energia mecànica	154
A.4. Balanç d'energia.....	155
A.5. Resultats	155
C.1. Càlculs generals reactor 618-R-1-A/B	157
C.1.1. Càlcul de gruixos.....	158
C.1.2. Càlcul del pes buit i ple del recipient	160
C.2. Càlculs generals Assecadors	161
C.2.1. Càlcul de gruixos.....	162
C.2.2. Càlcul del pes buit i ple dels recipients	163
C.3. Càlculs generals Estabilitzadora.....	163
C.3.1. Càlcul de gruixos.....	165

C.3.2. Càlcul del pes buit i ple de la columna.....	166
C.4. Càlculs generals DIH.....	167
C.4.1. Càlcul de gruixos.....	168
C.4.2. Càlcul del pes buit i ple de la columna.....	169
E.1. Selecció de l'aïllament.....	171
E.2. Mesures de prevenció de corrosió sota aïllament implantades.....	171
E.3. Càlcul del gruix d'aïllament	171
F.1. Càlcul de l'espessor mínim.....	172
F.2. Càlcul de l'espessor requerit.....	173
F.3. Necessitat d'aïllament i càlcul	173
G.1. Disseny de bombes.....	175
G.2. Disseny de vàlvules.....	175
H.1. Columna estabilitzadora.....	176
H.2. Columna DIH.....	177

1. **INTRODUCCIÓ**

L'informe següent conté el disseny preliminar d'una unitat d'isomerització de nafta lleugera. La nafta lleugera isomeritzada és un producte amb molta demanda que s'utilitza principalment per al *blending* de les benzines. Finalment, després de realitzar un estudi de mercat de les diferents alternatives, s'ha decidit utilitzar l'alternativa amb DIH i recirculació descrita més endavant. La tecnologia triada pertany a la companyia *UOP*.

2. ETAPA PRELIMINAR

2.1. Definició i descripció del projecte

En el projecte s'estudiaran 3 alternatives que puguin processar una alimentació de nafta lleugera de 272000 tones/any. Aquestes 3 alternatives es simular amb el programari Aspen Hysys per determinar-ne la opció més adient. Es considera producte la nafta isomeritzada que presenti un octanatge de 84 o superior.

Un cop seleccionada la millor alternativa s'efectuarà l'enginyeria bàsica i alguns aspectes d'enginyeria de detall de diferents equips presents en la planta com els reactors d'isomerització, la columna estabilitzadora, la columna DIH (desisohexanitadora), els tamisos moleculars, els bescanviadors de carcassa i tubs, el calderí, els aeris i les bombes. També es durà a terme el disseny i descripció detallada del procés i del sistema de control, l'elaboració de plànols (blocs, PFD i P&ID), l'elaboració de llistats de canonades, vàlvules (de seguretat i control) i instrumentació, l'elaboració dels manuals d'operació i finalment l'estudi econòmic, de seguretat i d'impacte ambiental.

2.2. Selecció del procés

2.2.1. Tipus de processos d'isomerització

En l'actualitat existeixen diferents tipus de configuracions i processos d'isomerització. Es poden diferenciar si es tracten de processos d'un sol pas o amb recirculació, com també el tipus de catalitzador utilitzat. Així doncs, els processos es poden separar de dues maneres:

- Un únic pas: Aquesta forma de dissenyar el procés, no aplica recirculació dels hidrocarburs no isomeritzats. Després de la columna estabilitzadora, les nafes són directament enviades a la producció de benzina. Aquest mètode demana d'una inversió menor, però per altra banda no arriba a nivells d'octanatge tant elevats com en les altres alternatives.
- Amb recirculació: Com el nom indica, aquest disseny del procés té en compte equips i corrents que permeten una recirculació dels compostos no isomeritzats per tal

d'obtenir una conversió més elevada reactius. En aquest cas, es poden trobar tres alternatives diferents:

DIH: En aquest procés part de les parafines pesades que surten pel fons de la columna estabilitzadora són retornades al reactor, aquest mètode però, acaba deixant parafines no isomeritzades en la barreja amb el producte.

IPSORB: En aquest mètode, es fan servir uns tamisos moleculars que absorbeixen les parafines no isomeritzades, i posteriorment són retornades al reactor. Aquest sistema de recuperació de n-parafines és la més econòmica disponible avui en dia.

HEXORB: La diferencia entre aquest sistema i l'anterior és simplement que permet obtenir un nombre d'octanatge més elevat (arriba fins a 92) per a processos on els compostos son una barreja de n-pentans i n-hexans.

Tot seguit, es mostren un parell de figures on es pot comparar la viabilitat entre els quatre tipus de processos: un pas, DIH, IPSORB i HEXORB.

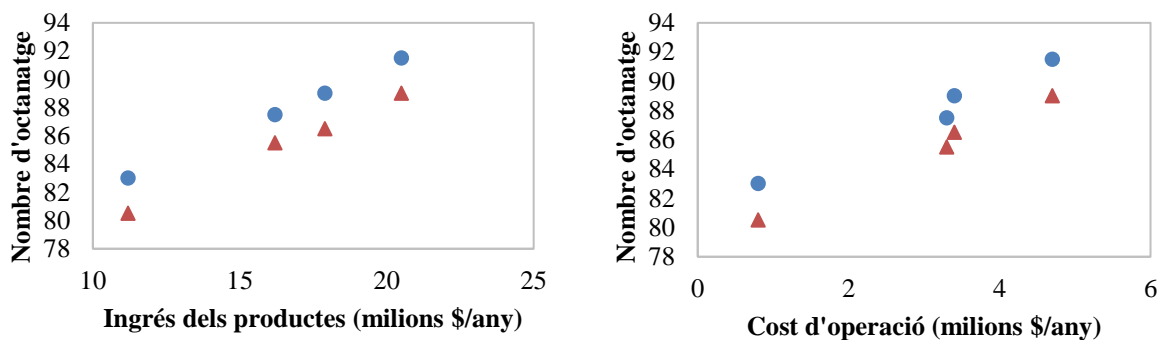


Figura 2.1. Cost d'operació i ingressos obtinguts per als quatre processos diferents, d'esquerra a dreta corresponen a: procés d'un sol pas, DIH, IPSORB, HEXORB. En la figura, els punts representen el "Research Octane Number" (RON), i els triangles representen "Motor Octane Number" (MON).

Per tant s'ha decidit estudiar el procés d'un pas i dos amb recicle, un amb tamisos moleculars IPSORB i l'altre sense tamisos, només amb la DIH. Dos processos similars en cost d'operació i beneficis.

2.2.2. Estudi alternatives amb Hysys 8.8

S'han realitzat les tres simulacions de procés amb el programari Aspen Hysys per poder comparar quina és l'alternativa més sostenible.

L'Aspen Hysys és un dels programes més reconeguts per realitzar simulacions de procés, sobretot si es tracten temes relacionats amb el petroli, com en aquest treball. En aquest cas concret, el programa inclou una característica per tal de poder incloure el model cinètic del procés (amb les diferents reaccions químiques i la seva estequiometria) juntament amb una unitat d'operació específica (la unitat d'isomerització corresponent al reactor de procés) i un model termodinàmic adequat per hidrocarburs com el SRK.

Les simulacions estudiades presenten diferents estratègies en la part de separació i són les següents:

- Simulació amb columna DIH (desisohexanitzadora) i recicle.
- Simulació amb columna DIP (desisopentanitzadora).
- Simulació amb tamisos moleculars i recicle.

Per realitzar les tres simulacions s'ha començat per la simulació amb columna DIH i recicle. Aquesta planta està operativa en el complex petroquímic de Tarragona en la planta de "Repsol Petróleo" de la Pobla de Mafumet. Aquest fet és molt important perquè es disposen de dades reals per tal de poder calibrar els reactors, explicada en el punt 4.2.6.1, i obtenir una molt bona aproximació a la realitat de l'activitat del catalitzador. Un cop realitzada aquesta simulació s'han introduït les dades de obtingudes del calibratge del reactor en les altres simulacions.

A continuació s'explica en detall com s'han realitzat les simulacions.

2.3. Simulació amb columna DIH (desisohexanitzadora) i recicle

Aquesta és la primera simulació realitzada ja que permetrà calibrar els reactors per ajustar els resultats als obtinguts al laboratori de la planta.

Primerament es carrega l'arxiu "Catrefisom.cml" al simulador per tal de que inclogui el model cinètic i termodinàmic, en aquest cas SRK. També s'especifica l'hidrogen com a incondensable i que s'utilitzi el model Henry en aquest component.

S'hi poden diferenciar tres seccions, la de pretractament, la de reacció i la de separació.

2.3.1. Zona de pretractament

Hi ha dos corrents d'entrada al procés: la nafta lleugera i hidrogen. La nafta lleugera és una mescla de diferents hidrocarburs que provenen de la unitat reformat catalític.

La part més important de la zona de pretractament són els assecadors 618-C-1 i 618-C-2 ja que seran els encarregats de eliminar qualsevol petita impuresa d'humitat que presenti el corrent d'entrada de nafta o hidrogen. És molt important que l'entrada d'aigua al procés sigui 0 ja que, com s'explica en A.1 és un verí permanent del catalitzador i a més d'activador per al catalitzador s'utilitza HCl mitjançant la descomposició de percloroetilè que, juntament amb l'aigua, podria provocar greus problemes de corrosió. S'han dissenyat com a "splitters" on l'únic component a separar és l'aigua. Un disseny més acurat d'aquests equips es pot trobar en 4.2.3 i 4.2.4.

En aquesta zona també s'hi troben les bombes 618-P-1 i 618-P-2 que s'encarregaran de augmentar el la pressió fins la d'operació dels equips posteriors. En les bombes simulades es considera que tenen una eficiència del 75%. En l'informe 4.4.2. es detallen les característiques de totes les bombes utilitzades en el procés.

2.3.2. Zona de reacció

Els corrents procedents de l'alimentació fresca es mesclen i entren a la zona de reacció. Per tal de preescalfar el corrent d'entrada al reactor, es fa passar per un tren d'intercanviadors. L'objectiu és estalviar el màxim de vapor possible, així doncs el corrent 9 es fa passar per el bescanviador 618-E-3 on s'escalfa amb la sortida del segon reactor, després pel bescanviador 618-E-2 on s'escalfa amb la sortida del primer reactor i finalment per arribar a la temperatura d'operació de 144°C es fa passar per un últim bescanviador 618-E-1, operat amb vapor de baixa pressió. L'explicació del disseny dels bescanviadors es troba en 4.2.7 i les fitxes d'especificació en 4.8.6.

En la realitat en aquests bescanviadors s'injecta el percloroetilè perquè el catalitzador treballi en medi àcid però no es té en compte en la simulació perquè és molt poca quantitat i el model cinètic ja contempla la seva funció sense incloure'l.

Hi ha dos reactors connectats en sèrie:

-El cinètic el qual té l'objectiu d'obtenir la màxima conversió (per això el corrent d'entrada presenta una temperatura més elevada).

-El termodinàmic serà el segon i el corrent d'entrada presentarà una temperatura més baixa que l'anterior. Això és així perquè les reaccions d'equilibri es veuen desplaçades cap als reactius a temperatures més elevades, per tant, a més baixes temperatures l'equilibri es desplaça cap als productes obtenint un major rendiment en total.

Els reactors d'isomerització es dissenyen amb la unitat ISOM que ja porta incorporat el model cinètic amb les reaccions, la estequiometria, el factor preexponencial i l'energia d'activació de cada una d'elles. Incorpora 20 reaccions de les quals 7 són reversibles i 13 irreversibles. També s'introdueix la geometria (que és igual per als dos reactors perquè puguin funcionar com a cinètic o termodinàmic) amb la llargada i diàmetre juntament amb la càrrega de catalitzador mitjançant la fracció de buit i la densitat de catalitzador. Aquestes característiques són proporcionades per l'empresa i és primordial que siguin les mateixes per poder a dur a terme el calibratge. Es tracta de reactors adiabàtics on la temperatura anirà en augment al llarg del reactor degut a, principalment, la reacció d'hidrogenació del benzè, una reacció molt exotèrmica que allibera molta calor.

El funcionament i disseny detallat dels reactors es troba en 4.2.2, A.1 i C.1.

2.3.3. Zona de separació

En la zona de separació l'objectiu es purificar el producte i deixar-lo en condicions de especificació de producte amb el màxim octanatge possible. Per assolir l'objectiu es disposen de dues columnes, la estabilitzadora que serà l'encarregada de separar els isopentans i els incondensables i la columna DIH, una columna fraccionadora que separarà diferents components. La simulació de la columna estabilitzadora i DIH es poden veure en els annexos H.1 i H.2 respectivament.

2.3.4. Columna estabilitzadora

L'objectiu de la columna estabilitzadora és separar els components incondensables i lleugers dels isopentans i la resta de components. Així doncs presenta un corrent d'entrada, el

18, i tres corrents de sortida: el 19 per incondensables, el 20 per isopentans i el 21 per la resta de components. És molt important que pel corrent d'incondensables es separi també el clor procedent del promotor de la reacció, ja que pot provocar problemes greus de corrosió com ja s'ha comentat.

El corrent 19 tindrà una composició rica en hidrogen i s'enviarà a la columna de rentat de gasos (que no ha estat simulada), el corrent 20 s'enviarà a emmagatzematge ja que presentarà una composició rica en isopentans i un octanatge de 89 i el corrent 21 s'enviarà a la columna DIH per poder-ne separar els components.

La columna disposa de 30 plats i l'alimentació en el plat 15. Per simular la columna s'han fixat 3 variables, la temperatura del condensador, la sortida de destil·lat (corrent 20) i la fracció de butans permesa en la sortida de fons (corrent 21).

El corrent que surt pel cap de columna es porta a un intercanviador que baixarà la temperatura i després s'introduirà en un condensador parcial que serà l'encarregat de separar els components incondensables i més volàtils (amb poc octanatge) dels isopentans. Així doncs, la temperatura d'operació del condensador parcial serà una variable de vital importància per assolir aquest objectiu, a més temperatura més pur serà el component de sortida en isopentans però més se'n perdran per corrent de lleugers i com més baixa sigui la temperatura més isopentà es recuperarà pel corrent de pesats però no serà tant pur ja que presentarà altres components lleugers de baix octanatge com n-butans. La composició d'aquest corrent també es veu afectada per la sortida de destil·lat, llavors aquests dos paràmetres s'han ajustat en 55 kg/mol la sortida de destil·lat i en 38°C la temperatura ja que amb aquesta configuració es recupera molt isopentà amb una puresa acceptable en el corrent 20.

L'altra variable ajustada es la composició de butans en el fons de columna pobres en octanatge, l'objectiu és que la composició sigui la mínima però vigilant el reflux: a menys composició la separació serà major i per assolir-la s'exigirà més a la columna i necessitarà un major reflux per operar, això pot ocasionar un augment en els costos d'operació no desitjats. El valor s'ha fixat en 0.00005 el que ocasionarà un reflux de 4.

La pressió d'operació de la columna s'haurà de fixar per tal de que la temperatura de cap no sigui molt baixa. Això és així perquè s'utilitzaran aerorefrigerants per condensar la mescla i necessiten un marge de temperatura per operar en bones condicions. S'ha fixat en 1130 kPa.

2.3.5. Columna DIH

L'objectiu de la columna DIH és separar els diferents productes i reactius que es recircularan.

Presenta un corrent d'entrada i 4 sortides: la sortida de cap de columna d'on s'extraurà el isomerat lleuger compost principalment d'isopentans, la sortida del plat 9 compost principalment per 22DMC4 i 23DMC4 amb un alt nombre d'octanatge, el plat 69 que tindrà una composició rica en metilpentans que es recircularan a l'entrada del reactor perquè acabin de reaccionar obtenint així un millor rendiment global del procés i el corrent de fons de columna compost de components pesats amb un baix octanatge els quals s'enviaran a una altra unitat per aprofitar-los.

La columna disposa de 80 plats i l'alimentació és en el plat 25. És una columna fraccionadora i per tal que no augmenti molt el reflux i augmentin els costos d'operació necessita d'aquestes 80 etapes.

Primer es fixen les pressions d'operació per tal que el condensador pugui operar a una temperatura de fluid calent que presenti un marge suficient perquè l'operació de l'aerogenerador sigui factible.

Les 4 variables de disseny són el cabal de recicle (per tant el cabal de sortida en el plat 69), temperatura del bullidor, octanatge de l'isomerat pesat i la fracció d'isopentans en la sortida d'isomerat lleuger.

El valor d'octanatge de l'isomerat lleuger hauria de ser el valor més alt possible dintre dels marges de producció. Si se li exigeix un octanatge superior el cabal de producte disminuirà però el preu de venda augmentarà també, si es fixa un valor d'octanatge inferior (no menys de 85) el cabal de producte augmentarà però el preu específic del producte disminuirà. Llavors l'objectiu és obtenir el valor d'octanatge més alt possible amb la mínima pèrdua de producció. En aquest cas se li exigeix un octanatge de 87.

La temperatura del bullidor (juntament amb la pressió) determinarà la composició de sortida per fons de columna. Per aquest corrent interessa que surtin tots els components pesats que presentin un baix octanatge (principalment heptà i hexà), tenint en compte que com més baixa sigui la temperatura el corrent tindrà una composició més elevada en components no pesats que interessa treure per alguna altra sortida. Al final es va decidir que operaria a 105°C que permet extreure tots els components pesats sense perdre gaire massa dels altres components.

El cabal de recicle és una variable fonamental no només per la columna sinó per tot el procés. Un cabal de recicle major en principi farà que el rendiment global del procés augmenti

ja que s'aprofita més la matèria prima, tot i així un cabal de recicle superior ocasiona una velocitat de pas per reactor superior, per tant un temps de residència menor, aquest fet podria ocasionar que la reacció no s'acabés de completar i que el rendiment per reactor disminuís. Això faria que els cabals fossin superiors (si el volgues arribar a l'octanatge) ocasionant uns majors costos d'operació o que, directament, no fos possible arribar a l'octanatge especificat.

La composició de l'isomerat lleuger s'ha fixat en 0.72 d'isopentans així s'assegura que presenti un mínim d'octanatge i s'evita que part dels isopentans no passin a l'isomerat pesat fent-lo més volàtil i no compleixi les condicions d'enviament per vaixell.

2.4. Simulació amb columna DIP

La diferència principal d'aquest procés respecte el que incorpora la columna DIH i recicle es que presenta una columna de separació (columna DIP) abans de la reacció per recuperar els pentans i els isopentans i no utilitza recicle. Això farà que, en principi, obtingui un menor rendiment i no pugui assolir l'octanatge que ofereix el procés amb DIH i recicle això si, rebaixant els costos d'operació a causa de que els cabals del procés, en general, són menors.

El producte entra per la zona de pretractament que serà la mateixa que la que s'explica en el punt 2.3.1, després la mescla es fa entrar a la columna DIP.

El corrent que surt del fons de la columna DIP s'introduirà als reactors. Aquests reactors seran els mateixos que els dissenyats en el procés amb DIH i recicle, i s'introduiran els paràmetres de calibratge obtinguts per ser consistents i poder compara les dues alternatives.

2.4.1. Columna DIP

L'objectiu de la columna DIP és extreure els normal pentans i el isopentans abans de que entrin al reactor.

La pressió d'operació vindrà donada pel cap de columna, la temperatura d'aquest haurà de ser suficientment alta com per poder condensar el corrent utilitzant un aerorefrigerant.

Les variables d'operació són la sortida de destil·lat i el reflux de la columna.

Pel destil·lat s'aproxima a un valor pròxim però inferior als components de l'entrada que es volen recuperar, llavors si es vol més o menys puresa d'aquests components s'augmenta o

es disminueix el reflux, tenint en compte que els costos d'operació disminueixen quan disminueix el valor del reflux.

2.4.2. Columna estabilitzadora

L'objectiu de la columna estabilitzadora és separar el producte dels gasos incondensables i butans (amb baix octanatge) i dels compostos pesats amb baix octanatge. Per fer això disposa de tres sortides: incondensables i butans (gas del condensador parcial al cap de columna), producte (líquid del condensador parcial) i compostos pesats (fons de columna).

Les variables de disseny d'aquesta columna són la temperatura d'operació del condensador parcial i el flux i l'octanatge del destil·lat.

L'objectiu es treure el màxim de producte amb un octanatge el més alt possible per això es fixa la sortida de destil·lat segons l'entrada dels components que es volen recuperar (22DMC4, 23DMC4 i isopentans), a continuació s'estableix l'octanatge amb el que s'extraurà fixant-se amb un valor de 80. Aquest valor es més baix que en la DIH de la primera alternativa però no es pot augmentar molt ja que al exigir-li més a la columna el reflux s'incrementa molt fet que provocarà uns costos d'operació més alts.

La temperatura d'operació del condensador parcial es fixa per tal que els butans amb un valor baix d'octanatge no condensin i se'n vagin amb la fase vapor, tenint en compte que no es perdin molts isopentans.

2.5. Simulació amb tamisos moleculars i recycle

La principal diferència amb l'alternativa de la DIP es que incorpora tamisos moleculars per tal de recuperar els metilpentans no reaccionats i que es reciclen altre cop als reactors.

La zona de pretractament i reacció serà igual que per a les altres alternatives.

2.5.1. 618-C-5

La columna 618-C-5 presentarà 2 entrades, l'entrada de nafta lleugera fresca i el recicle dels reactius recuperats en els tamisos molecular. L'objectiu d'aquesta columna es separar els isopentans dels reactius.

Les variables que es controlaran d'aquesta columna són la sortida gas del condensador parcial i reflux.

El corrent de cap de columna haurà de sortir en forma vapor ja que es necessita així per fer-lo passar pel tamís molecular i es produeixi la des adsorció. És important que tingui un cabal suficient com perquè la des adsorció sigui efectiva.

El reflux s'ha ajustat per modificar la puresa de sortida del corrent. És important que la major part dels reactius se separin i surtin pel fons de columna.

2.5.2. Tamisos moleculars

Els tamisos moleculars s'han modelat com a "splitters". S'ha realitzat la configuració per tal que els reactius adsorbts en el tamís 618-C-2 passin al tamís 618-C-1 per tal de simular que el que un adsorbeix del corrent l'altre ho allibera al corrent. Aquest corrent no estarà present en la realitat, només s'ha creat per raons de simulació, sense aquest corrent s'haurien hagut de dissenyar els tamisos amb el mòdul de Dynamics de l'Aspen, fet que hauria provocat un augment considerable de la complexitat de la simulació, per això es va descartar.

Un disseny més acurat dels tamisos es pot trobar en el punt 4.2.5.

2.5.3. Columna 618-C-8

Aquesta columna serà l'encarregada de separar els gasos incondensables i butans amb baix octanatge en part gasosa del condensador parcial, en la part líquida sortirà producte i pel fons de columna sortiran els components pesats juntament amb reactius no reaccionats.

Els paràmetres de disseny són la composició de normal butà en el fons de columna, la temperatura del condensador parcial i la sortida de destil·lat.

Per la sortida de destil·lat s'ha mirat la composició del cabal d'entrada a la columna i s'ha intentat ajustar el valor per tal de que s'emporti el major nombre de normal butans possible. Prenent un valor de 15 kmol/h de destil·lat vapor.

Per la temperatura del condensador parcial s'ha triat una temperatura que permetés recuperar el màxim d'isopentans possible tenint el corrent de sortida la mínima composició en butans.

El valor de composició de sortida de butans pel fons de columna s'ha establert en un valor molt baix, això farà que el reflux augmenti però d'aquesta manera no presentarà butans en la composició que reduirien l'índex d'octà.

2.5.4. Selecció alternativa

Havent realitzat les tres simulacions de cada alternativa estudiada es comparen les produccions i la qualitat de producte de cada procés. Les dades obtingudes es descriuen en la taula 2.1.

Dels tres mètodes estudiats, s'ha decidit descartar el mètode l'alternativa de la columna DIP sense recicle ja que no arriba a l'especificació del producte (l'octanatge de l'isomerat pesat no és suficient). Respecte a l'alternativa amb tamisos moleculars s'ha vist que l'octanatge obtingut és el més alt de les tres opcions, tot i així es requereix un nombre elevat d'equips de separació per la seva implantació en planta, fet que provocarà un augment considerable del capital d'inversió inicial, que no compensarà la diferència d'octanatge obtingut respecte l'alternativa de la columna DIH amb recicle.

Per tant, es decideix pel mètode amb DIH. Aquest mètode, encara que s'obté un nombre d'octanatge menor, comparat amb el procés , s'ha escollit per tres raons: obté els pràcticament els mateixos resultats de producció però amb una etapa de separació menys, és una de les millors tècniques disponibles (MTD) i la seva viabilitat ha estat demostrada a l'empresa.

Taula 2.1. Produccions i índex d'octà per a cada procés simulat.

Alternativa	Isomerat lleuger		Isomerat pesat	
	Producció (kg/h)	Índex d'octà	Producció (kg/h)	Índex d'octà
DIP	7,200	89.9	17,600	80
DIH amb recicle	13,200	85.9	12,700	87
Tamisos moleculars	420	94	25,600	84.9

Tarea

2

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
Reunió inicial projecte <i>Veure agenda</i>	13/10/16	13/10/16
Estudi de viabilitat	14/10/16	5/11/16
Definició de necessitats <i>Examinar el ambient socioeconòmic que s'envolta i determinar si hi ha una necessitat evident per a la millora del procediment del procés que es vol estudiar.</i>	14/10/16	17/10/16
Definició del problema	14/10/16	17/10/16
Recerca d'informació <i>- Enfocar el problema de manera sistemàtica, plantejant-se preguntes com: ¿Quina informació cal? ¿Amb quin objectiu?. ¿On es pot trobar?. ¿Fins quan?. - Recerca de dades que poden ser útils per a les etapes posteriors del projecte.</i>	18/10/16	28/10/16
Equips	18/10/16	28/10/16
Cinètica de reaccions	18/10/16	28/10/16
Matèries primeres i productes	18/10/16	28/10/16
Diferents processos	18/10/16	28/10/16
Emissions	18/10/16	28/10/16
Generació de les possibles solucions <i>Se estableix un seguit de passos:</i> <i>Preparació: Aquesta preparació prèvia consisteix en experiències tingudes en estudis realitzats o en informació adquirida en la recerca d'informació.</i> <i>Incubació: Analitzar l'informació obtinguda.</i> <i>Il·luminació: Trobar la solució que es presenta en un moment inesperat.</i> <i>Verificació: Comprobar que la idea o concepte es vàlid per portar-se a terme.</i>	18/10/16	28/10/16
Avaluació física <i>Com per exemple:</i> <i>¿Es possible la realització des del punt de vista estructural? ¿Existeixen els materials necessaris per construir la solució? Si no existeix, ¿ es pot crear o fabricar? ¿Està dins dels límits acceptables?</i>	18/10/16	28/10/16
Avaluació econòmica preliminar	29/10/16	5/11/16

Tarea

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
Projecte preliminar	7/11/16	8/04/17
Selecció de la solució més viable	7/11/16	22/11/16
Diagrams preliminars	7/11/16	7/04/17
BFD de les alternatives	7/11/16	22/11/16
PFD de les alternatives	7/11/16	22/11/16
PFD	14/11/16	7/04/17
P&ID	14/11/16	7/04/17
Simulació del procés	7/11/16	18/03/17
Alternatives de solució generades	7/11/16	22/11/16
Definició del sistema	7/11/16	22/11/16
Formulació del model	7/11/16	22/11/16
Validació del model	7/11/16	22/11/16
Simulació del model	7/11/16	22/11/16
Anàlisi de la simulació	7/11/16	22/11/16
Simulació II	23/11/16	18/03/17
<i>Es realitza un cop s'hagi triat la alternativa més atractiva per portar a terme el projecte.</i>		
Càlculs	7/11/16	20/03/17
Balanços de Matèria	7/11/16	20/03/17
Balanços Energia	7/11/16	20/03/17
Tamissos Moleculars	7/11/16	20/03/17
Bescanviadors	7/11/16	20/03/17
Columnes	7/11/16	20/03/17
Reactors	7/11/16	20/03/17
Línies de procés	7/11/16	20/03/17
Bombes	7/11/16	20/03/17
Instrumentació	7/11/16	20/03/17
Compressor/Turbina	7/11/16	20/03/17
Utilities	7/11/16	20/03/17
Seguretat del procés	7/11/16	20/03/17

Tarea

4

Nombre	Fecha de inicio	Fecha de fin
Estudi seguretat del procés	7/11/16	20/03/17
Hazop	7/11/16	20/03/17
Elaboració de manuals	20/03/17	8/04/17
Manual d'operacions	20/03/17	8/04/17
Manual Posta en Marxa	20/03/17	8/04/17
Manual Parada	20/03/17	8/04/17
Manual Manteniment	20/03/17	8/04/17
Manual Medi Ambient	20/03/17	8/04/17
Estudi d'impacte ambiental	20/03/17	8/04/17
Anàlisi de sensibilitat	20/03/17	8/04/17
Optimització del procés	20/03/17	8/04/17
Disseny final / detallat	10/04/17	31/05/17
Llistats/ Fulls d'especificació	10/04/17	24/04/17
Llistats d'equips	10/04/17	24/04/17
Llistats línies	10/04/17	24/04/17
Llistat Vàlvules Control	10/04/17	24/04/17
Fulls especificació Equips Estàtics	10/04/17	24/04/17
Fulls especificació Equips Dinàmics	10/04/17	24/04/17
Diagrames	10/04/17	24/04/17
BFD	10/04/17	24/04/17
PFD	10/04/17	24/04/17
P&ID	10/04/17	24/04/17
Avaluació econòmica completa	25/04/17	10/05/17
Informes	11/05/17	31/05/17
Reunions periòdiques	13/10/16	2/06/17

Les reunions es realitzen setmanalment per tenir una millora contínua del projecte.

Dia de reunions: Divendres

Veure el fitxer adjunt de les reunions AGENDA SETMANAL GRUP 9_ Planta d'Isomerització de Nafta Lleugera.

3. BASES DE DISSENY

3.1. Especificacions alimentacions i productes

La matèria prima utilitzada en la unitat d'isomerització és una mescla d'hidrocarburs de diferents propietats que procedeix de diferents unitats del complex. La planta, com s'ha esmentat anteriorment tracta els residus generats en el procés. La composició de les matèries primes pot variar segons la càrrega inicial al complex. A continuació es mostra la composició inicial d'entrada a la unitat i la mescla a l'entrada al primer reactor.

Taula 3.1. Composició massica de la matèria prima a l'entrada.

Compostos	Entrada reactors	Hidrogen	Nafta lleugera	Recicle
H₂	0.0031	0.3221	0	0
P1	0.0012	0.1190	0	0
P2	0.0017	0.1741	0	0
P3	0.0019	0.1995	0	0
iP4	0.0009	0.0736	0.0003	0
nP4	0.0033	0.1052	0.0037	0
iP5	0.1499	0	0.2489	0
nP5	0.1338	0	0.2221	0
5N5	0.0150	0	0.0249	0.0001
22DMC4	0.0298	0	0.0187	0.0477
23DMC4	0.0566	0	0.0249	0.1001
2MC5	0.2513	0	0.1599	0.3988
3MC5	0.1553	0	0.0975	0.2484
NP6	0.1109	0	0.1155	0.1065
5N6	0.0507	0	0.0515	0.0507
A6	0.0110	0	0.0182	0.0001
6N6	0.0212	0	0.0086	0.0413
nP7	0.0001	0	0	0.0004
6N7	0.0023	0	0	0.0059

El producte obtingut en la unitat d'isomerització és una mescla d'hidrocarburs de diferents propietats que s'apliquen diferents *blendings* per obtenir gasolina en els isomerats o s'envien a altres unitats en el producte de fons de la DIH.

Taula 3.2. Composició massica del producte estabilitzat.

Compostos	Producte final	Producte final	Producte final	Producte final
	IL	IP	Fons DIH	Estabilitzadora
H₂	0	0	0	0.0002
P1	0	0	0	0.0007
P2	0	0	0	0.0052
P3	0	0	0	0.0322
iP4	0.0001	0	0	0.0950
nP4	0.0002	0	0	0.0590
iP5	0.7200	0.1091	0	0.7344
nP5	0.2114	0.0918	0	0.0656
5N5	0.0139	0.0491	0	0.0016
22DMC4	0.0531	0.5492	0.0008	0.0048
23DMC4	0.0007	0.0596	0.0160	0.0003
2MC5	0.0007	0.1176	0.0985	0.0008
3MC5	0.0001	0.0226	0.1477	0.0002
NP6	0	0.0006	0.2397	0
5N6	0	0.0003	0.1514	0
A6	0	0	0.0002	0
6N6	0	0	0.2670	0
nP7	0	0	0.0044	0
6N7	0	0	0.0743	0

3.2. Capacitat operativa

La planta s'ha dissenyat per tal que pugui absorbir i aprofitar tota la nafta que li proporciona la unitat anterior en el procés de la refinaria. D'aquesta manera la producció ha vingut fixada per aquest motiu. Tot i així presenta uns rangs d'operativitat mínims i màxims de la zona de reacció i separació segons el llicenciant de la UOP. D'aquesta manera és fixa un cabal mínim de 42 T/h i un cabal de disseny de 69 T/h en l'entrada a reactors (contant els cabals

d'alimentació de nafta fresca i recicle). En aquest cas s'ha determinat el punt òptim d'operació en 20 T/h de cabal de recicle amb una entrada de 271,500 T/any de nafta fresca.

L'isomerat produït es separa en lleuger i pesat per tal de poder tenir la possibilitat de transportar amb vaixell l'isomerat pesat ja que presenta una volatilitat més baixa que l'isomerat lleuger. L'isomerat lleuger també es pot transportar líquid amb vaixell però requereix un vaixell preparat perquè l'emmagatzemi a pressions més elevades i és significativament més costós.

3.3. Factor de servei

Degut a que la planta es troba situada a Tarragona, els seus treballadors es veuran afectats pel XVIII Conveni General de la Indústria Química i tindran una jornada laboral anual màxima de 1752 hores de treball efectiu en els anys 2016 i 2017.

El procés es realitza de forma contínua, ja que la planta operarà les 24 hores al dia els 365 dies de l'any per tant es necessitaran cobrir unes 8760 hores a l'any. D'acord al Conveni General de la Indústria Química, les hores que pot treballar un treballador per any són 1752, per tant, es requeriran 5 operaris per cada lloc de treball.

$$\frac{8760 \text{ hores}}{\text{any}} \cdot \frac{1752 \text{ hores}}{\text{operador}} = \frac{5 \text{ operadors}}{\text{any}} \quad (3.1)$$

Com que s'ha de tenir en compte que alguna persona pot presentar la baixa per malaltia o indisposició i per tenir més flexibilitat s'ha determinat en 6 els operaris que s'hauran de contractar.

3.3.1. Nombre de torns

El nombre de torns és de tres, el qual consisteix en treballar cicles curts alternant els torns de matí, tarda i nit amb descansos, per poder-se recuperar fàcilment de la jornada laboral i disposar de més temps.

3.4. Projecte civil

En termes generals per realitzar la construcció de la unitat d'isomerització s'ha de realitzar una neteja, anivellament i compactació del terreny. El tipus d'estructura de la cimentació és majoritàriament pivotant, ja que hi ha molts equips que requereixen d'una base més sòlida i segura. A més, el projecte es tracta d'una modificació del procés existent treballant amb tamisos moleculars. La incorporació dels tamisos moleculars anirà col·locada en un sector dins el *site* que està condicionat, i es disposa dels elements de construcció necessaris pel funcionament correcte com oficines, sala de control, tallers, etc.

3.5. Normes i codis de disseny

3.5.1. Normes oficials en Espanya i Catalunya aplicat al projecte

Les normes oficials que regulen les activitats que es duran a terme en el desenvolupament del projecte es mostren en la següent taula:

Taula 3.3. Normatives oficials a aplicar en la construcció i posta en marxa del projecte.

Descripció	Font	Data
Directiva 2004/101/CE. El qual estableix un règim pel comerç de drets d'emissió de gasos d'efecte hivernacle en la comunitat Europea respecte als mecanismes de projectes del protocol de Kyoto.	Parlamento Europeo y del Consejo	27 d'octubre de 2004
Directiva 2015/1480/CE. S'estableix les normes relatives als mètodes de referència, validació de dades i ubicació dels punts de mostreig per avaluar la qualitat de l'aire.	Parlamento Europeo y del Consejo	28 d'agost de 2015
Directiva 1999/31/CE. Relacionat amb el vessament dels residus.	Parlamento Europeo y del Consejo	28 d'abril de 1999
Directiva 2012/18/UE. Relatiu al control dels riscos inherents als accidents greus en els que intervenen substàncies perilloses.	Parlamento Europeo y del Consejo	4 de juliol de 2012

Directiva 97/23/CE. Relatiu a l'aproximació de les legislacions dels estats membres sobre equips a pressió.	Parlamento Europeo y del Consejo	9 de juliol de 1997
Real Decret 1196/2003. S'aprova la directriu bàsica de protecció civil pel control i planificació davant el risc d'accidents greus en les que intervinguin substàncies perilloses.	BOE	9 d'octubre de 2003
Real Decret 604/2006. S'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció.	BOE	19 de maig de 2006
Real Decret 286/2006. Relacionat amb la protecció dels treballadors davant a riscos derivats de l'exposició al soroll en cadascun dels llocs de treball.	BOE	11 de març de 2006
Real Decret 2267/2004. Relacionat amb la seguretat contra incendis en els establiments industrials.	BOE	11 de desembre de 2004
Real Decret 751/2011. Relacionat amb la instrucció d'acer estructural.	BOE	27 de maig de 2011
Real Decret 1247/2008. Relacionat amb la instrucció de formigó estructural.	BOE	18 de juliol de 2008
Real Decret 956/2008. Relacionat amb la instrucció per la recepció de ciment.	BOE	6 de juny de 2011
Real Decret 1802/2008. Es modifica el reglament sobre la notificació de substàncies noves i classificació, envasat i etiquetatge de substàncies perilloses, aprovat del RD 363/1995, de 10 de març, amb la finalitat d'adaptar les seves disposicions al reglament (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo.	BOE	3 de novembre de 2008

3.5.2. Normes oficials de disseny d'equips

En el disseny dels equips s'ha tindre en compte aspectes rellevants per la seguretat i la protecció ambiental. Per tant, tots el equips de procés estàtics, dinàmics i equips auxiliars han de complir com a mínim els requisits establerts pel llicenciant de la tecnologia, la normativa pròpia per dur a terme el treball i els requeriments de disseny establerts pel fabricant dels equips amb l'objectiu de garantir un disseny òptim, la correcta fabricació i la fiabilitat en l'operació d'aquest.

Taula 3.4. Normes generals i codis de disseny emprats en el projecte.

Norma	Relatiu a
ANSI B31.3	Chemical Plant and Petroleum Refinery Piping (Canonades)
API 610	Bombes
TEMA R	Serveis de Refineria (Bescanviadors de calor)
API 520	Vàlvules de seguretat
API 521	Vàlvules de seguretat
ASME, Sessió VIII Divisió I	Reglament d'aparells a pressió (Disseny de recipients a pressió)
ASTM A53	Canonada d'acer pel transport d'hidrocarburs per serveis generals
ASTM A106 Gr B.	Canonada d'acer pel transport d'hidrocarburs per fluids a temperatures mitjanes i elevades.

3.5.3. Bombes

Totes les bombes seran subministrades amb un sistema de lubricació amb oli. A més, totes les bombes tindran una vàlvula *check* per a una operació segura en la impulsió o una vàlvula de bloqueig (*ABV*) en aspiració i impulsió.

3.5.4. Recipients a pressió

Tots els recipients a pressió tindran un estampat *ASME*, incloent vàlvules de seguretat.

Tots els recipients a pressió hauran de resistir tots els esforços mecànics que són causats pels següents factors o condicions: transport, instal·lació, pes del bescanviador en operació i ple d'aigua, cargues addicionals originades pel pes d'altres equips instal·lats damunt el recipients (Bescanviadors de calor, instruments, vàlvules, canonades, plataformes, etc.), proves, efectes de temperatura, operacions de posada en marxa, parada i emergència, i inspeccions periòdiques.

3.5.5. Bescanviadors de calor

Tots els bescanviadors de calor es protegiran amb un dispositiu de seguretat individual o per circuits d'acord amb el requeriment del sistema. Tots els bescanviadors de calor requereixen un estampat *ASME*, incloent vàlvules de seguretat quan apliqui.

Tots el bescanviadors tindran connexions per mesuradors de temperatura i pressió segons les normes TEMA classe "R". També, s'ha considerat la instal·lació de testimonis de corrosió.

3.6. Especificació del serveis utilitzats en planta

Productes utilitzats

- **Additius:** Productes utilitzats en el procés per disminuir corrosions, formacions de polímers, controlar el pH, etc. Molt important en el tractament de les aigües i condensats.
- **Percloroetilè:** Promotor del catalitzador.

Sistema de seguretat

Torxa: L'objectiu del sistema de torxa es recollir totes les purgues que es produeixen a planta i evitar atmosferes explosives entre altres. Els gasos dels hidrocarburs són cremats a la torxa.

Torre de refrigeració

Són estructures per refrigerar l'aigua procedent del procés i tornar-la un cop s'ha refredat.

Aire d'instruments.

Aquest servei s'utilitza per accionar els mecanismes neumàtics dels sistemes de controls.

Nitrogen.

Aquest gas inert s'utilitza per inertitzar els diferents tancs, equips, canonades de la planta. La pressió que té la línia és de 7 kg/cm².

Sistemes de vapor.

La planta disposa de xarxes de vapor a diferents nivells de pressió i temperatura. En el procés s'utilitza vapor de baixa.

- Vapor de baixa pressió (SL) : 155 °C i 4.5 bar

3.7. Localització

L'empresa estarà situada a l'àrea de Tarragona en el clúster químic, logístic, i científic de ChemMed Tarragona. Concretament, la planta es construirà en el polígon de la Pobla de Mafumet on ja està instal·lada una refineria.

L'àrea de Tarragona disposa d'unes instal·lacions logístiques notables com són el Port de Tarragona, un dels més importants del país, ferrocarril amb trens d'alta velocitat i l'Autopista AP-7 que va de nord a sud del país i connecta amb les principals autopistes i vies de comunicació de l'interior de la península ibèrica i França.

L'empresa espera que el clúster disposi de tots els factors necessaris per al seu desenvolupament.

4. ENGINYERIA BÀSICA

4.1. Elaboració de diagrames

4.1.1. Diagrames de blocs

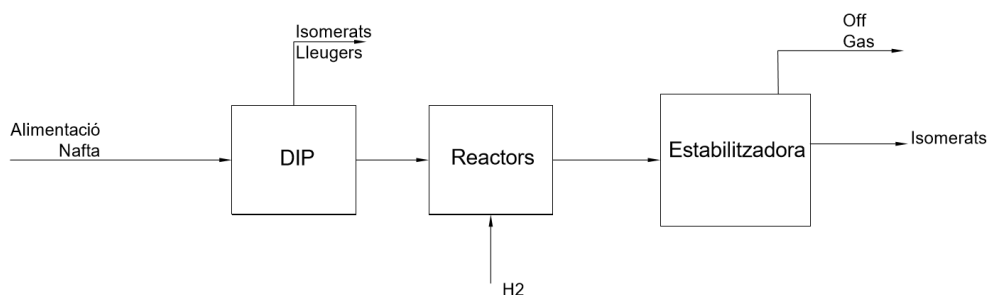


Figura 4.1. Diagrama de blocs del procés DIP.

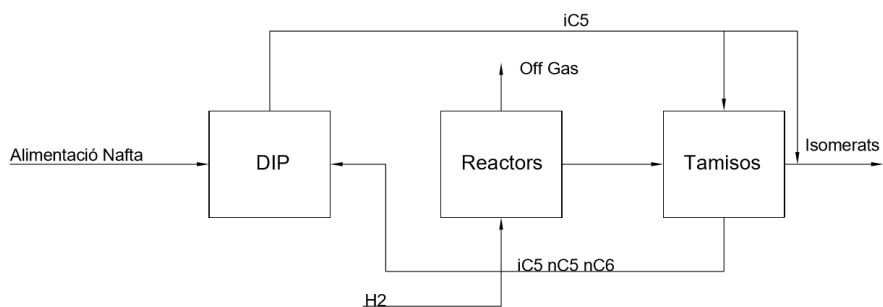


Figura 4.2. Diagrama de blocs del procés IPSORB.

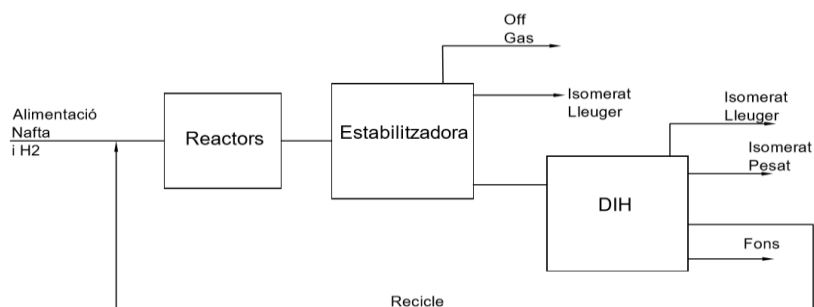


Figura 4.3. Diagrama de blocs del procés DIH.

4.1.3. Diagrama simulació HYSYS

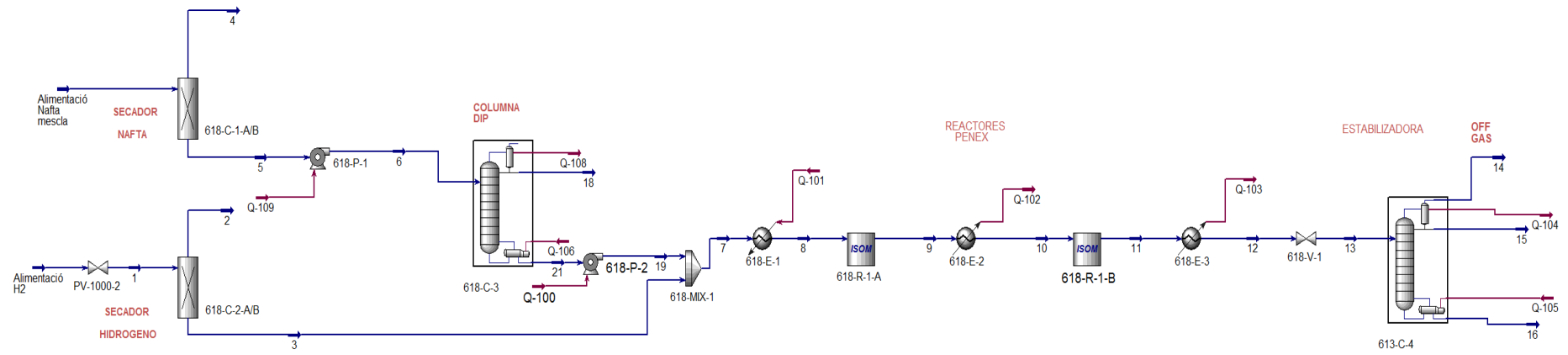


Figura 4.4. Diagrama de blocs del procés DIP.

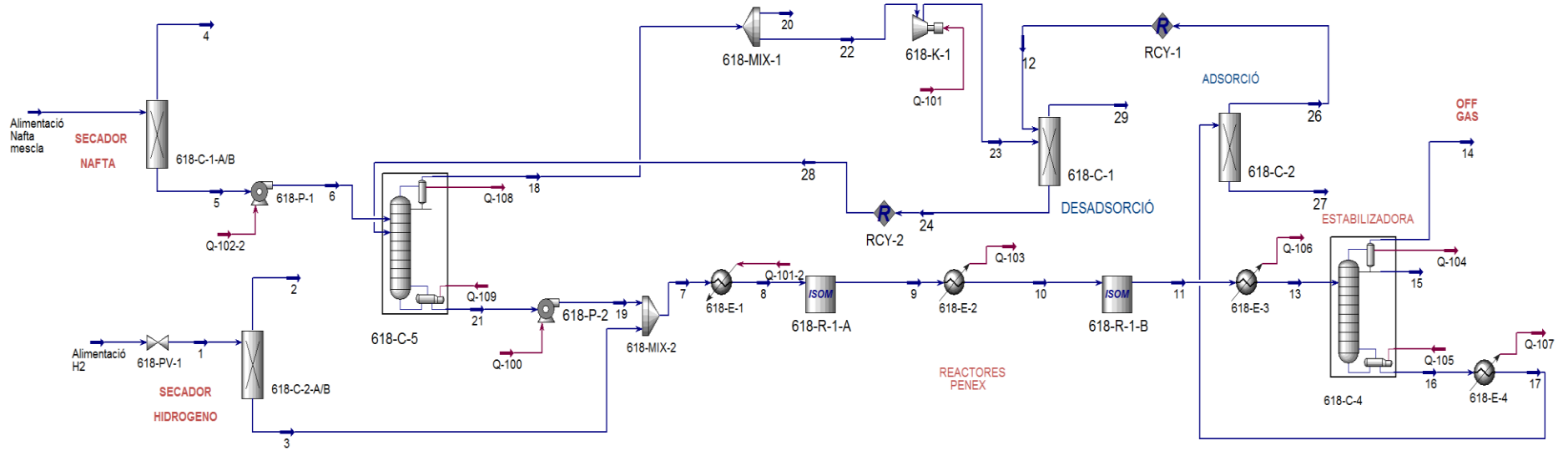


Figura 4.5. Diagrama de simulació del procés IPSORB.

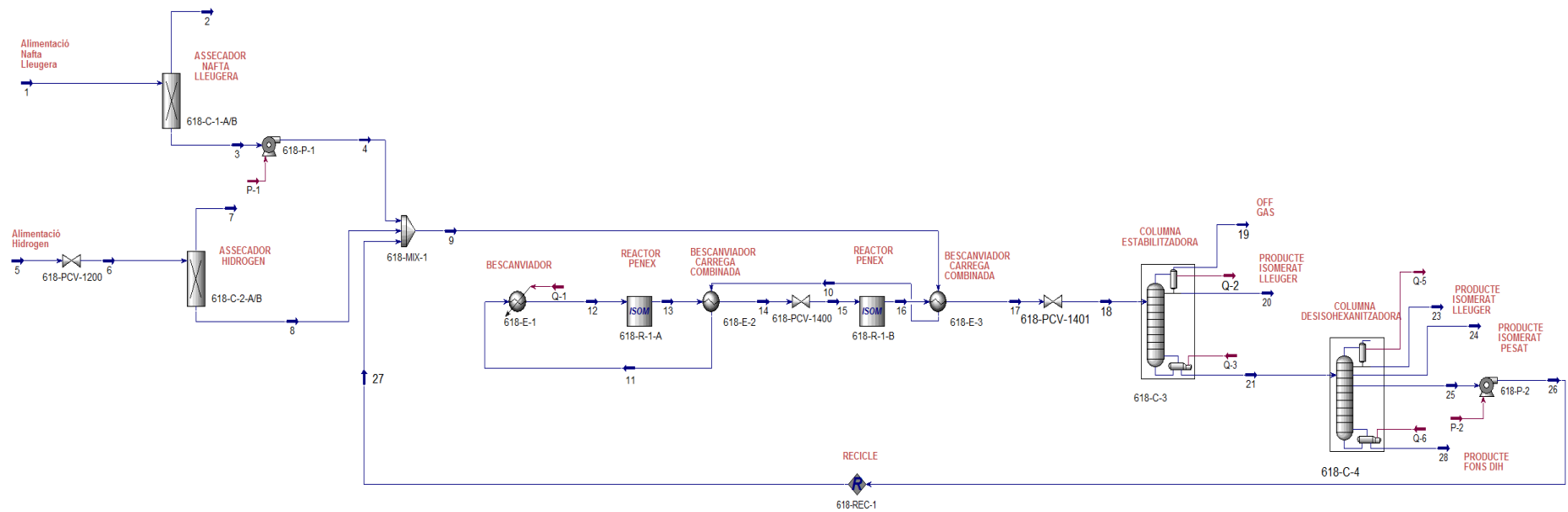
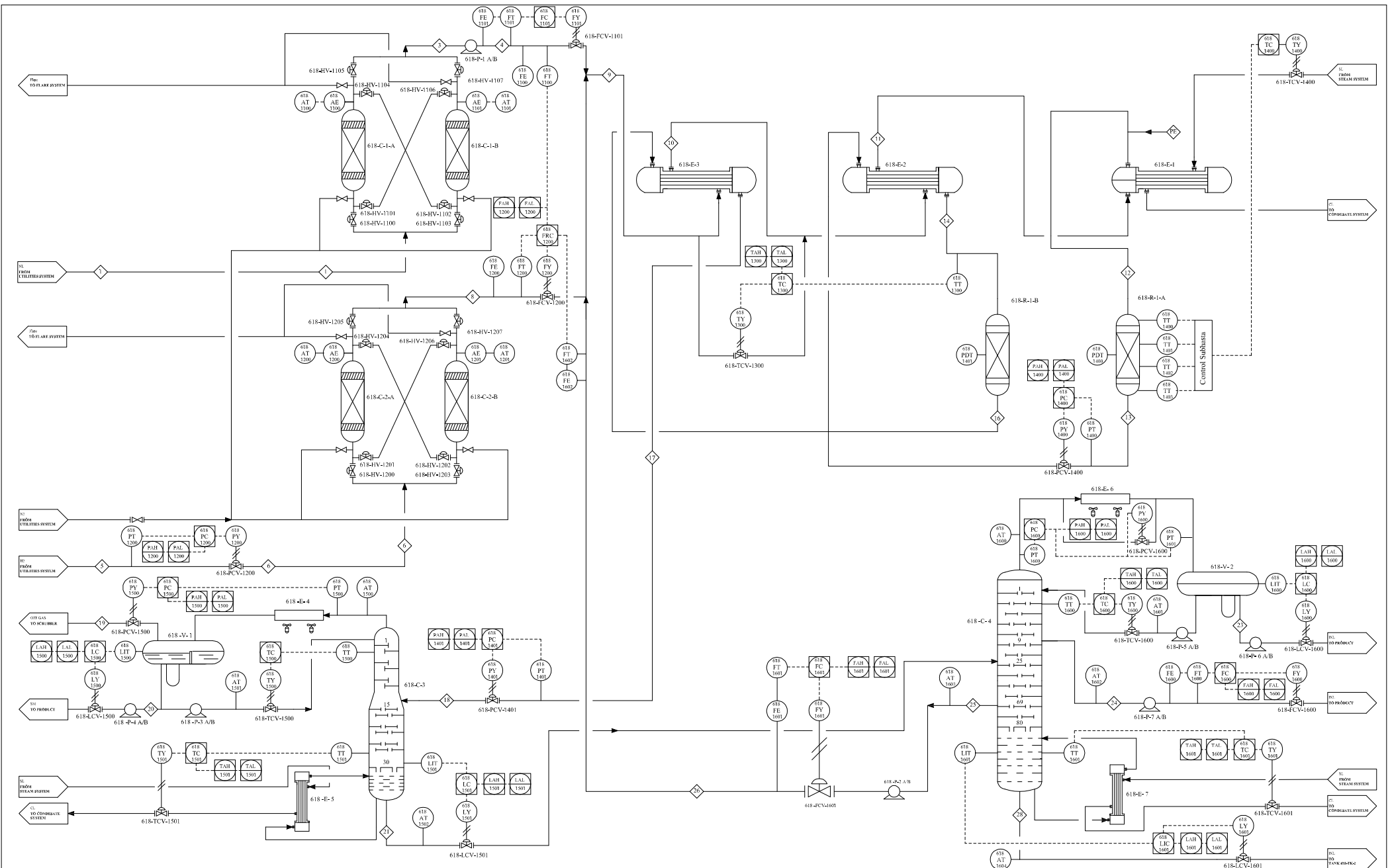


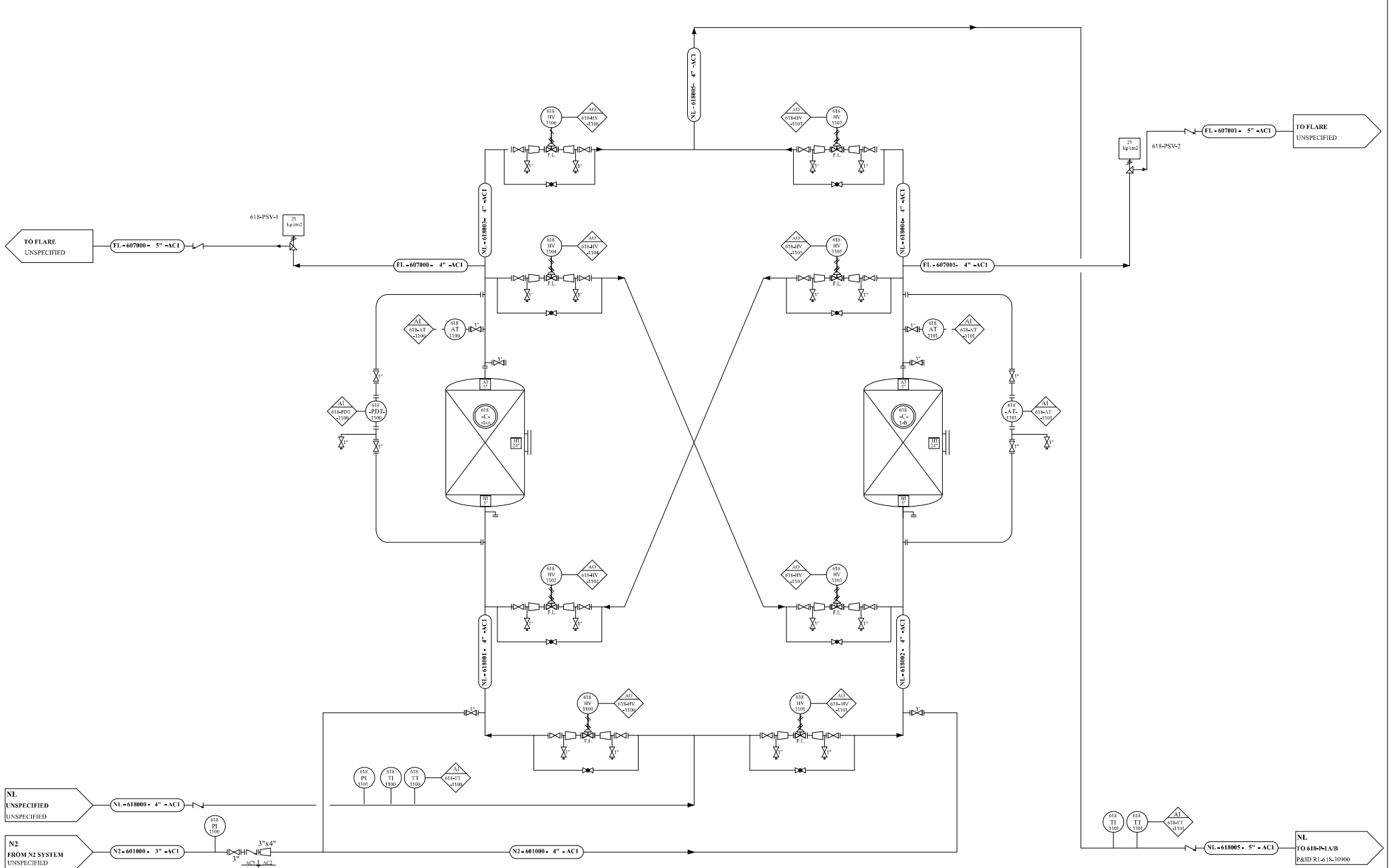
Figura 4.6. Diagrama de simulació del procés DIH.



REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	DESIGNED	DATE	ISOM		SPAIN
1	REVISION GENERAL	J.M.	E.G.	J.M.	18/11/16							E. GUZMÁN	15/11/2017	ISOM		
2	PUESTO AL DIA	E.G.	J.M.		21/11/16							E. GUZMÁN	29/11/2017	ISOM		
2	PUESTO AL DIA	E.G.			11/09/17									ISOM		

PROJECT NUMBER	SCALE	REV. T
A1100	NOT TO SCALE	1


UNITAT D'ISOMERITZACIÓ		PROCES CONTROL DIAGRAM	
		REFINERY ISOMERIZATION UNIT	
PROJECT NUMBER		SCALE	
A1100		NOT TO SCALE	



REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE
1	REVISION GENERAL	A.G.			12/03/17						
2	PUESTO AL DIA	A.G.	E.G.		28/03/17						
3	PUESTO AL DIA	E.G.			30/04/17						

DESIGNED	DATE	BY	CHK	APP	DATE
A. GONZÁLEZ	10/03/2017				
A. GONZÁLEZ	12/03/2017				
E. GUZMÁN	28/03/2017				

PROJECT NUMBER	SCALE	PROJECT NAME	REV
A1100	NOT TO SCALE	R-1-618-20100	1



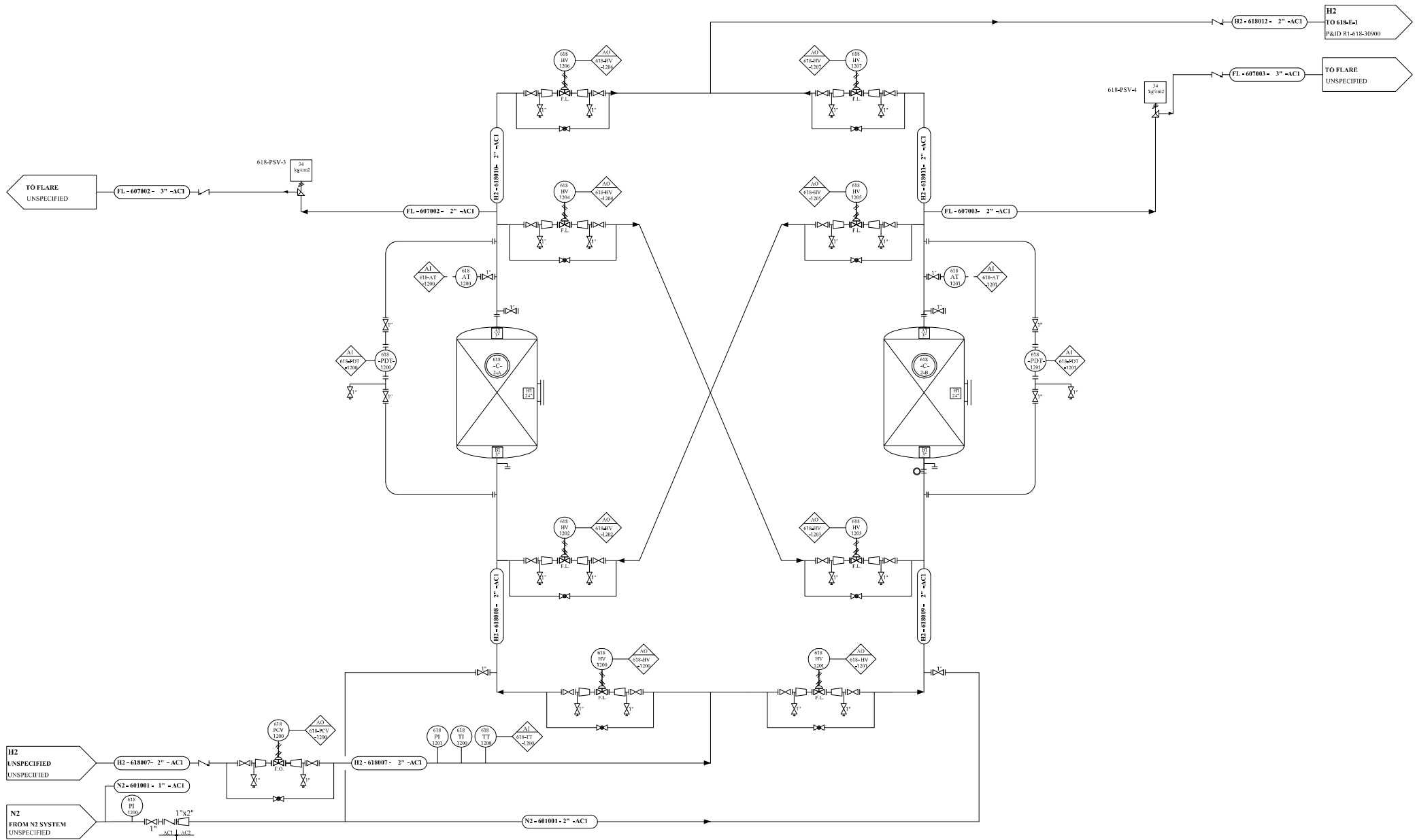
ISOM
TARRAGONA


ISOM

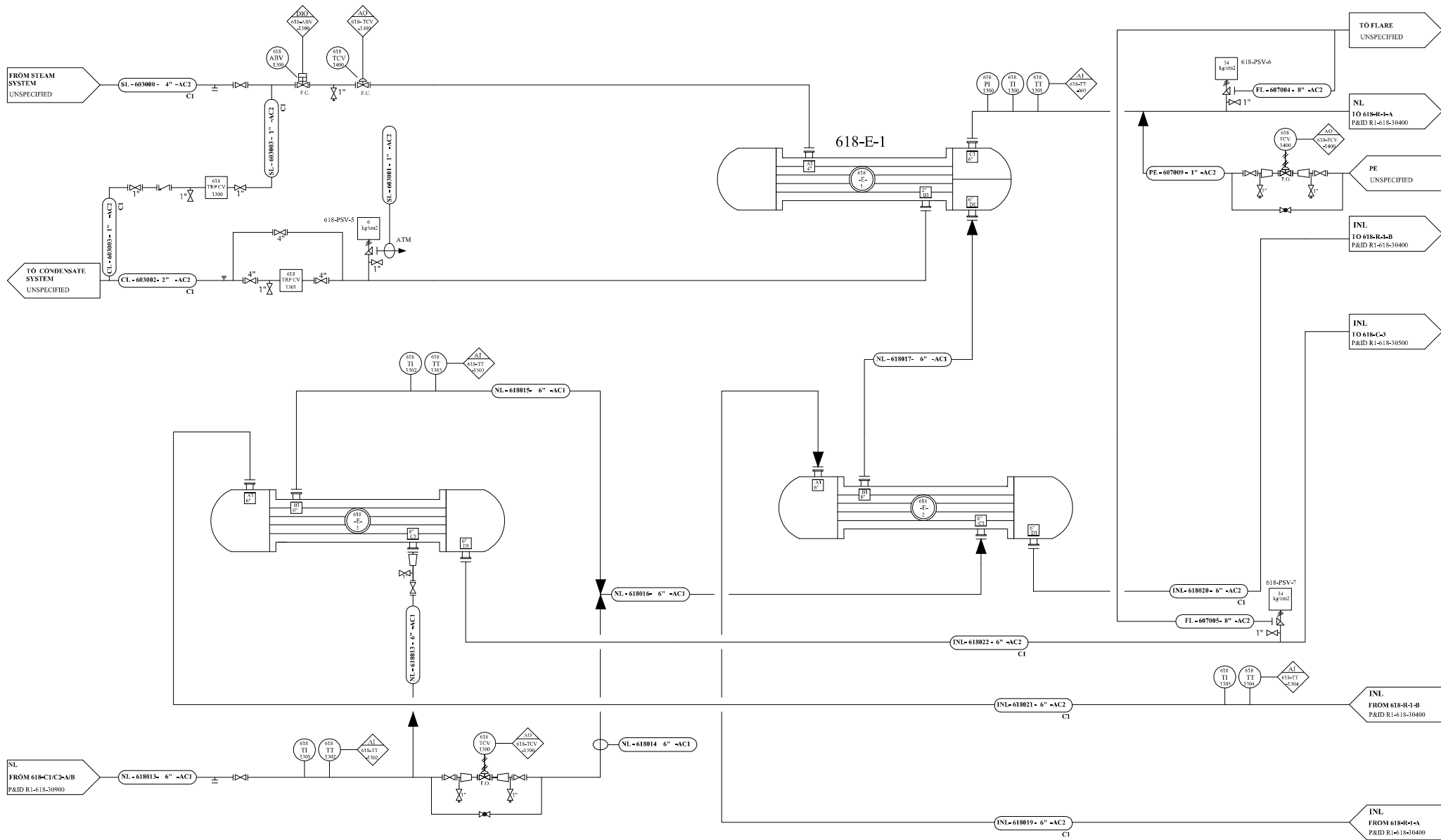
PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
DRYERS
C-1-A, C-1-B

UNITAT D'ISOMERITZACIÓ

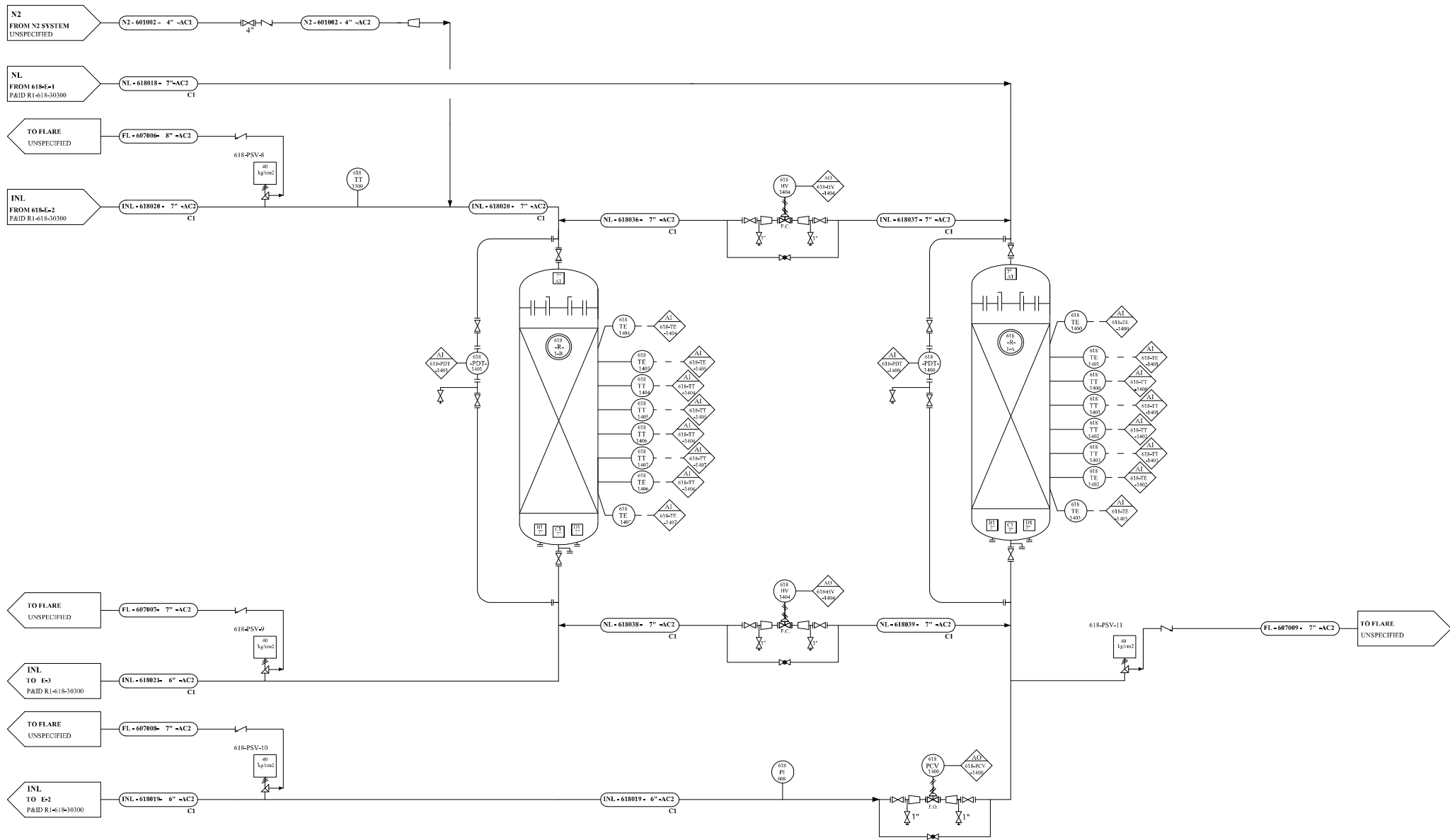
P&ID R1-618-20100



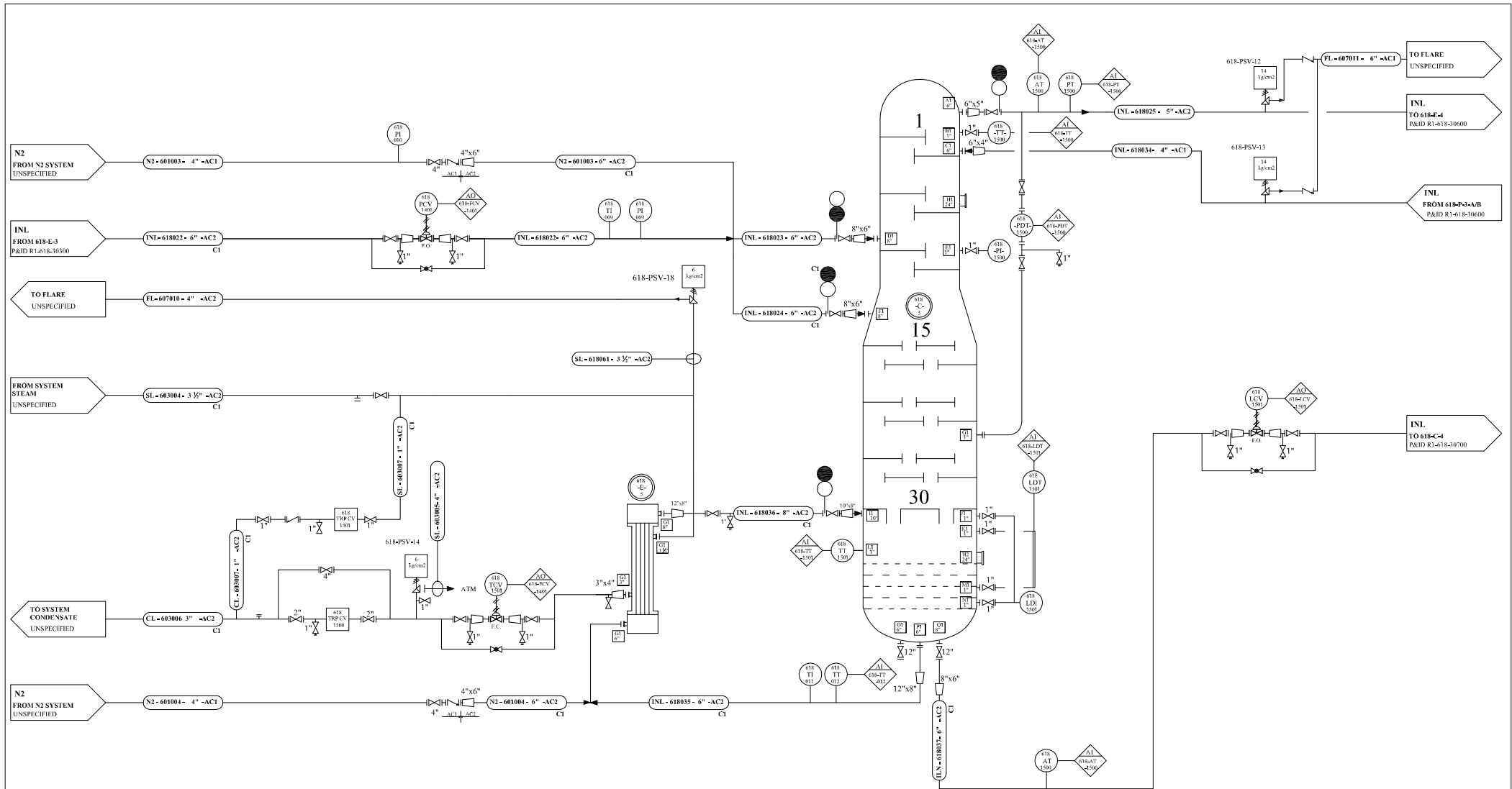
REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	DESIGNED	DATE	 ISOM <small>TARRAGONA</small>		ISOM	SPAIN
1	REVISION GENERAL	A.G.			12/03/17							A. GONZÁLEZ	10/03/2017	<small>UNITAT D'ISOMERITZACIÓ</small>		PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM	
2	PUESTO AL DIA	A.G.	E.G.		28/03/17							A. GONZÁLEZ	12/03/2017			DRYERS	
3	PUESTO AL DIA	E.G.			30/04/17							E. GUZMÁN	28/03/2017			C-2-A, C-2-B	
														PROJECT NUMBER	SCALE		REV
														A1100	NOT TO SCALE	R-1-618-30200	1




REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	DESIGNED	DATE	ISOM TARRAGONA		SPAIN
1	REVISION GENERAL	J.M.	E.G.		10/05/17							E. GUZMÁN	10/05/2017	UNITAT D'ISOMERITZACIÓ		
2	PUESTO AL DIA	E.G.	A.G.		19/05/17							A. GONZALEZ	21/05/2017	PROCES CONTROL DIAGRAM		
														E-1, E-2, E-3		
														PROJECT NUMBER	SCALE	REV
														A1100	NOT TO SCALE	1



REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	DESIGNED	DATE	ISOM TARRAGONA		REV
1	REVISION GENERAL	A.G.			20/03/17							A. GONZALEZ	13/03/2017	 ISOM UNITAT D'ISOMERITZACIÓ PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM HYDROGENATION REACTORS C-1-A & C-1-B	SPAIN	1
2	PUESTO AL DIA	A.G.	E.G.	15/04/17								20/03/2017				
												15/04/2017				
												PROJECT NUMBER	SCALE			
												A1100	NOT TO SCALE	R-1-618-20400		



REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	DESIGNED	DATE	PROJECT NUMBER	SCALE	PROJECT NUMBER	SCALE	PROJECT NUMBER	SCALE
1	REVISION GENERAL	J.M.	E.G.		18/11/16							E. GUZMÁN	15/11/2017	A1100	NOT TO SCALE	R1-618-20500	NOT TO SCALE	A1100	NOT TO SCALE
2	PUERTO AL DIA	J.M.	E.G.	J.M.	21/11/16							E. GUZMÁN	29/11/2017						
3	REVISION GENERAL	E.G.	D.M.		22/11/16							D. MONTANER	22/11/2017						
4	PUERTO AL DIA	E.G.	J.A.		06/12/16							A. CABELLO	14/12/2017						
5	REVISION GENERAL	J.A.	E.G.		09/12/16														

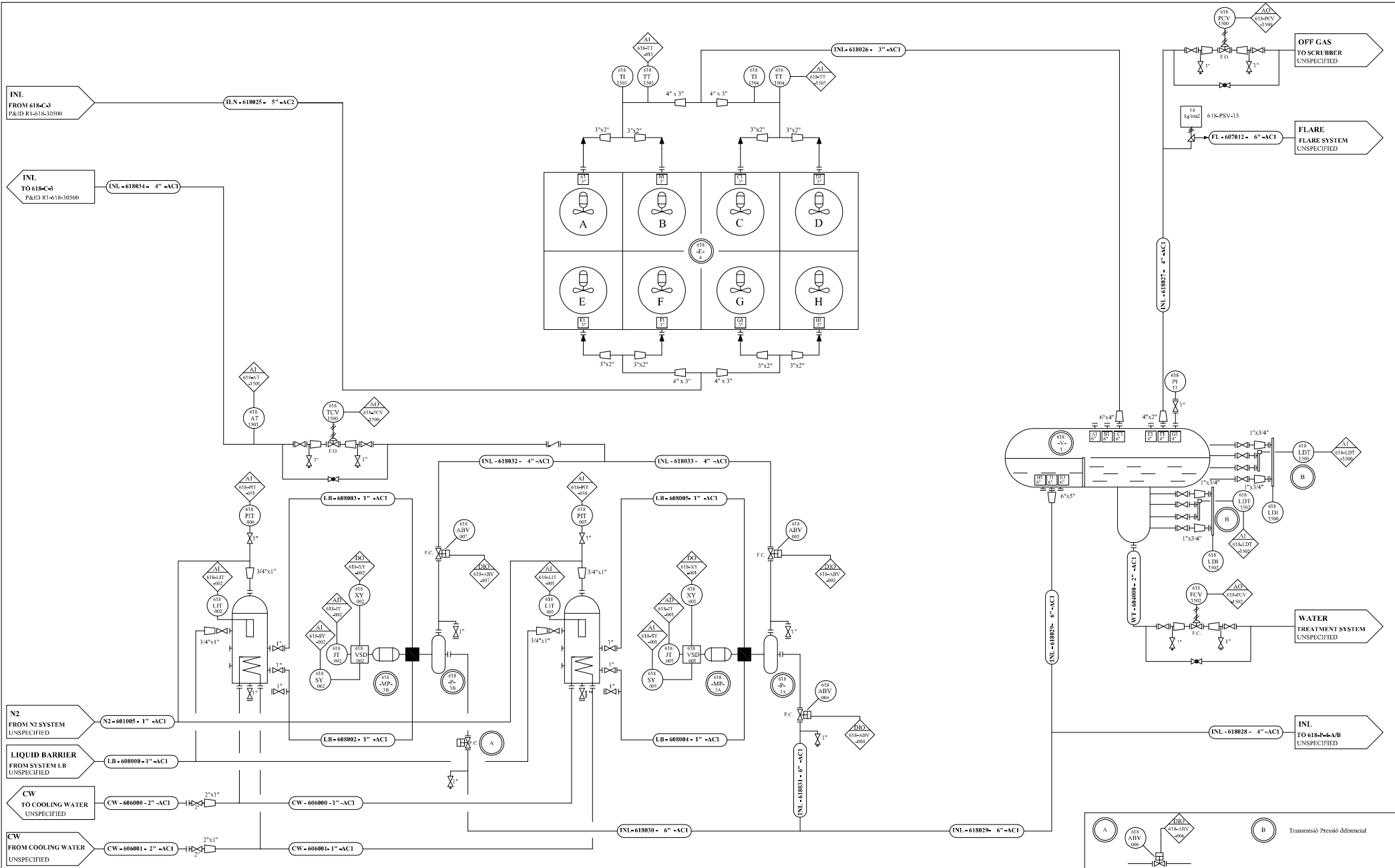

ISOM
 TARRAGONA

ISOM
 UNITAT D'INSTRUMENTACIÓ

PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM
STRIPPER
C-3, E-5

PROJECT NUMBER: A1100
 SCALE: NOT TO SCALE
 PROJECT NUMBER: R1-618-20500
 SCALE: NOT TO SCALE
 PROJECT NUMBER: A1100
 SCALE: NOT TO SCALE

REV 01



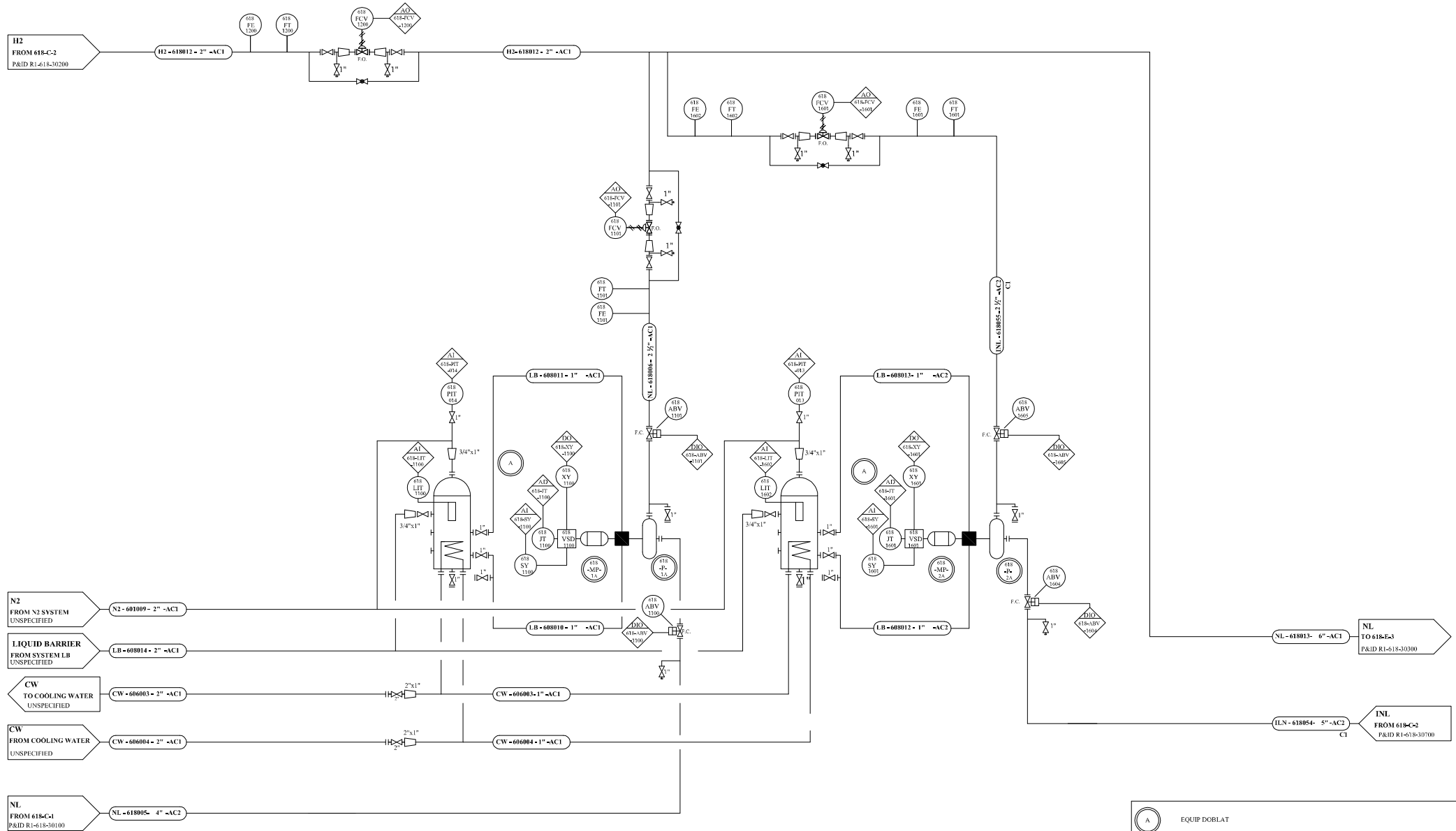
REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	DESIGNED	DATE	PROJECT NUMBER	SCALE	PROJECT	REV
1	REVISION GENERAL	J.M.	E.G.		18/11/16							E. GUZMÁN	15/11/2017	A1100	NOT TO SCALE	R-1-618-20600	01
2	PUERTO AL DIA	J.M.	E.G.	J.M.	21/11/16							E. GUZMÁN	29/11/2017				
3	REVISION GENERAL	E.G.	D.M.		22/11/16							D. MONTANER	22/11/2017				
4	PUERTO AL DIA	E.G.	D.M.		06/12/16							A. CABELLO	14/12/2017				
5	REVISION GENERAL	J.A.	E.G.		09/12/16												
6	REVISION GENERAL	E.G./M	A.C.	A.C.	14/12/16												
7	PUERTO AL DIA	E.G.			06/01/17												

ISOM
TARRAGONA

ISOM
UNITAT D'ISOMERITZACIÓ

PIPING & INSTRUMENTATION DIAGRAM
REFRIGERATION
V-1, E-4, P-3 A/B

Transmissió Pressió diferencial



- N2 FROM N2 SYSTEM UNSPECIFIED
N2-601009- 2\"/>
- LIQUID BARRIER FROM SYSTEM LB UNSPECIFIED
LB-608014- 2\"/>
- CW TO COOLING WATER UNSPECIFIED
CW-606003- 2\"/>
- CW FROM COOLING WATER UNSPECIFIED
CW-606004- 2\"/>
- NL FROM 618-C1 P&ID R1-618-30100
NL-618005- 4\"/>

- NL TO 618-E-4 P&ID R1-618-30300
NL-618013- 6\"/>
- INL FROM 618-C2 P&ID R1-618-30700
INL-618054- 5\"/>

(A) EQUIP DOBLAT

REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	DESIGNED	DATE	PROJECT NUMBER	SCALE	PROJECT	REV
1	REVISION GENERAL	J.M.	E.G.		18/11/16							E. GUZMÁN	15/11/2017	A1100	NOT TO SCALE	R1-618-30900	01
2	PUERTO AL DIA	E.G.	J.M.		21/11/16							E. GUZMÁN	29/11/2017				
3	REVISION GENERAL	E.G.	D.M.		22/11/16							D. MONTANER	22/11/2017				
4	PUERTO AL DIA	E.G.			06/12/16							A. CABELLO	14/12/2017				
5	REVISION GENERAL	J.A.	E.G.		09/12/16												
6	REVISION GENERAL	E.G./M	A.C.	A.C.	14/12/16												
1	PUERTO AL DIA	E.G.	E.G.		06/01/17												

ISOM
TARRAGONA

ISOM

UNITAT D'INSTRUMENTACIÓ

PIPING & INSTRUMENT DIAGRAM

RECICLE

P-1, P-2

PROJECT NUMBER: A1100

SCALE: NOT TO SCALE

PROJECT: R1-618-30900

REV: 01

4.2. Descripcions

4.2.1. Descripció funcional del procés DIH

4.2.1.1. Pretractament de la càrrega

Les matèries primeres que s'utilitzen en la isomerització són l'hidrogen (H_2) i la nafta lleugera (NL) les quals procedeixen d'una altra unitat. La nafta lleugera es condueix a l'àrea d'assecat a una temperatura de $45^\circ C$ i 6bar, on prèviament aquesta es dessulfura per tal de protegir els reactors d'isomerització d'una excessiva quantitat de sofre. L'objectiu és produir un corrent sec a la sortida dels assecadors 618-C-1-A i 618-C-1-B, ja que l'aigua actua com a verí permanent al catalitzador a més d'evitar la corrosió tal com es descriu en l'apartat A.1. Tot seguit la nafta lleugera s'envia a les bombes 618-P-1-A/B obtenint a la sortida una pressió de 33bar.

El servei d'hidrogen està disponible a unes condicions de $28^\circ C$ i 35bar. La vàlvula 618-PCV-1200 disminueix la pressió fins a 33bar a una temperatura de $28^\circ C$, a fi de subministrar l' H_2 a les condicions d'operació del reactor. La càrrega d'hidrogen pot tenir una certa quantitat d'aigua; i per tal d'evitar l'entrada d'aquesta al procés, en especial a la unitat de reacció, s'utilitzen dos equips d'assecat 618-C-2-A i 618-C-2-B. El flux que s'ha d'assecar es conduït de baix a dalt. Els assecadors tant de la nafta com de l'hidrogen, treballen en sèrie perquè si només treballessin amb un únic assecador en funcionament, hi hauria la possibilitat d'entrada d'aigua dins el procés. El mateix succeiria si aquests treballessin en paral·lel. El fet de treballar en sèrie garanteix que si el primer assecador s'esgota i no adsorbeix les molècules d'aigua, el segon es trobarà en perfectes condicions d'operació. Per tant l'esgotat es regeneraria i el segon assecador passaria a ocupar la posició de primer assecador. Un cop regenerat l'assecador esgotat ocuparia la posició de segon assecador, així repetint el procediment successivament.

Finalment totes dues corrents, la d'hidrogen i la de nafta lleugera ja assecades, s'ajunten amb el corrent de recicla que prové de la columna DIH, obtenint així una mescla de nafta lleugera, hidrogen i nafta lleugera isomeritzada amb baix octanatge amb una pressió de 33bar i una temperatura de $64^\circ C$.

4.2.1.2. Secció de reacció

El corrent que surt de la secció de pretractament s'escalfa fins a una temperatura de 144°C, passant per un seguit de bescanviadors, 618-E-3 i 618-E-2 que utilitzen el corrent de sortida dels reactors per escalfar la càrrega i finalment el bescanviador 618-E-1, el qual utilitza vapor de baixa pressió. Prèviament a l'entrada del reactor, es realitza una injecció de percloroetilè. La càrrega combinada es condueix a l'entrada del primer reactor 618-R-1 juntament amb el percloroetilè que funciona com a promotor del catalitzador, el qual modifica les propietats del suport i la fase activa. El catalitzador utilitzat és Pt/Al₂O₃ el que permet obtenir una alta conversió de les parafines tal i com es mostra en l'apartat 4.2.2.3. En el primer reactor és on es concentra la major activitat catalítica de la reacció. Els n-pentà i n-hexà es transformen en els seus respectius isòmers augmentant la temperatura del reactor fins a 162°C. Un cop ja reaccionades totes les espècies fins pràcticament assolir l'equilibri, la sortida del primer reactor es refreda a 120°C utilitzant el bescanviador 618-E-2 refredant el corrent amb la càrrega combinada de la secció de pretractament. En el segon reactor 618-R-2, acaben de reaccionar les espècies sota unes condicions de temperatura menors desplaçant l'equilibri cap als productes isomeritzats. La temperatura augmenta fins a 125°C. L'efluent del segon reactor es refreda amb la sortida de la càrrega combinada del bescanviador 618-E-2 fins a 115°C en el bescanviador 618-E-1 abans d'entrar a la columna estabilitzadora 618-C-3.

4.2.1.3. Secció estabilitzadora

El propòsit d'aquesta columna es separar qualsevol hidrogen dissolt, HCl i gasos de Hidrocracking (C1, C2 i C3) dels isòmers, que presenti el corrent d'alimentació. La columna estabilitzadora disposa de 30 plats on l'alimentació es realitza pel plat 15 a una pressió de 12bar i a una temperatura de 115°C.

Els hidrocarburs lleugers de cap de columna a una temperatura de 100°C i 11.5bar es dirigeixen als aeris 618-E-4 per refredar-se fins a 38°C. Aquesta columna treballa a reflux parcial, on part del líquid condensat de l'acumulador 618-V-1 es retorna cap a la columna mitjançant les bombes 618-P-3-A/B i part d'aquest líquid condensat es destina com a producte final a la zona d'emmagatzematge mitjançant les bombes 618-P-4-A/B. El gasos *off gas* de l'acumulador són rentats en l'*scrubber* amb una solució de sosa càustica per tal d'alliberar les

traces d'àcid clorhídric que pot contenir. L'aigua que surt de l'acumulador 618-V-1 es tracta al sistema de tractament d'aigües.

El corrent de fons de columna surt a una temperatura de 152°C i una pressió de 11.8bar i conté les n-parafines i isòmers que s'envien a la desisohexanitzadora (DIH) 618-C-4. El líquid de fons de columna es torna a escalfar amb vapor de baixa en el reboiler 618-E-5 on la quantitat d'entrada de calor s'ajusta per mantenir suficient reflux per separar adequadament la mescla d'hidrocarburs lleugers i les traces d'HCl de les n-parafines i els isòmers.

Un altra característica de la columna es que la meitat superior es més estreta que la meitat inferior degut a la menor quantitat de tràfic vapor /líquid que es produeix.

4.2.1.4. Secció de fraccionament

La columna desisohexanitzadora té com a objectiu recuperar pentans i hexans del producte final. S'extreu un corrent lateral, compost principalment de metil pentans, 2,3-dimetilbutà i n-hexà que es recicla de nou a la zona de reacció. Al corrent, que es recicla a una pressió de 33bar mitjançant les bombes 618-P-2-A/B, se li pot augmentar l'octanatge de 80 a 87 de MON.

La columna desisohexanitzadora disposa de 80 plats i treballa per cap de columna a 1.3bar i per fons a 2.6bar.

El vapor de cap de columna es condensa en l'aeri 618-E-6 a una temperatura de 38°C i el líquid s'acumula en el recipient 618-V-2. Una part del líquid de l'acumulador es bombeja al plat 1 del cap de columna mitjançant les bombes 618-P-5-A/B i l'altra sortida forma part del producte d'isòmers lleugers compost principalment de n-pentans i i-pentans, el qual es bombejat mitjançant les bombes 618-P-6-A/B cap a *blending* o emmagatzematge.

Els isòmers pesats amb un alt índex d'octanatge de MON 87 estan compostos principalment per 2,2-dimetilbutà, i-pentà i 2,3-dimetilbutà. Els isòmers pesats s'extreuen per una extracció lateral mitjançant les bombes 618-P-7-A/B, aquests tenen dos possibles destinacions, el *blending* de benzina i emmagatzematge. A més, tots dos isòmers tenen la possibilitat de ser enviats als tancs d'olefines si es troben fora d'especificació.

Per tant el producte de cap es fixa per dos variables independents:

- 1- La composició de pentà es fixa per la composició de la matèria prima, i els i-pentans s'ajusta pel grau d'isomerització de C5 en els reactors. L'octanatge dels isòmers lleugers es veu millorat maximitzant la relació IC5/C5P en el producte de cap. Donat que els

pentans en el producte son processats una única vegada com més gran sigui la concentració a la entrada als assecadors s'obtindrà menor octanatge al producte.

- 2- Tenir una major quantitat de 2-metilpentà i 3-metilpentà al cap de columna vol dir els compostos tenen un menor nombre d'octanatge i que per la seva separació es requereixen més etapes de separació, més reflux al cap de columna i més quantitat de recirculació als reactors.

El corrent de fons de columna DIH a una temperatura de 105°C i a una pressió de 2.6bar, conté els hexans i els compostos pesats que s'envien a una altra unitat. La columna es torna a escalfar amb vapor de baixa en el reboiler 618-E-7 on la quantitat d'entrada de calor s'ajusta per mantenir suficient reflux per separar adequadament la mescla d'hidrocarburs pesats dels isòmers amb un alt índex d'octanatge.

4.2.2. Disseny del reactor

L'Empresa *Isom* a l'hora de dissenyar el reactor ha realitzat un estudi de les reaccions i la cinètica així com les condicions d'operació i el catalitzador que s'utilitza per tal d'aconseguir la millor forma de realitzar el procés. Els càlculs de disseny es mostren en l'annex A.

4.2.2.1. Esquema de les reaccions

A la figura 4.7 es mostra l'esquema del mecanisme de reacció [1]. Aquest mecanisme es troba incorporat dins del simulador d'*Aspen Hysys Petroleum Refining* el qual disposa d'un reactor amb un model cinètic integrat per les reaccions d'isomerització, saturació del benzè, obertura de l'anell i hidrocracking. El model consta de 20 reaccions on la gran majoria són irreversibles excepte les d'isomerització i saturació del benzè [1].

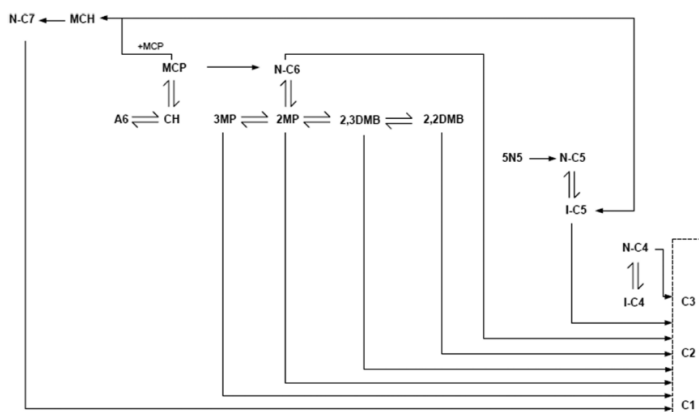
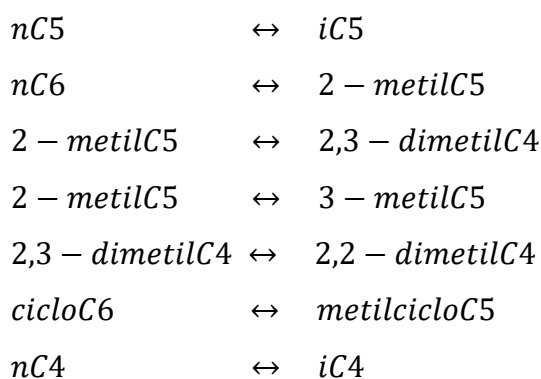


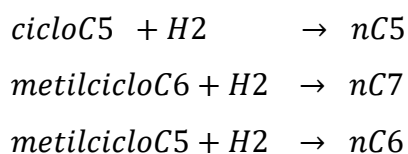
Figura 4.7. Mecanisme de reacció del procés proposat per Said M.M, Ahmed T.S, & Moustafa.

Les reaccions que inclou el model cinètic es mostra a continuació:

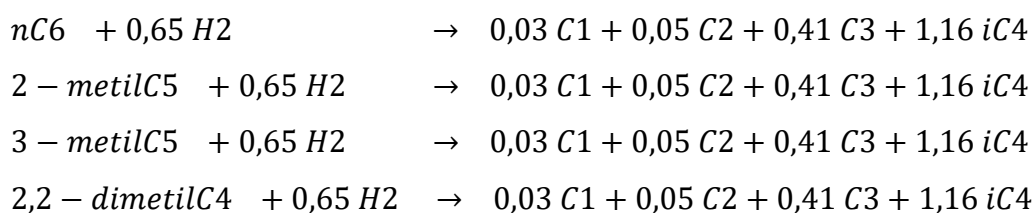
- **Reaccions d'isomerització**

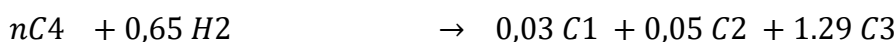
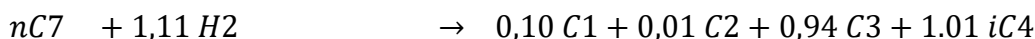
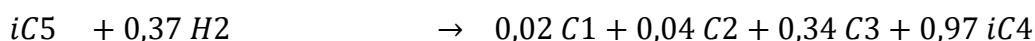
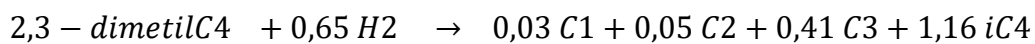


- **Reaccions d'obertura de l'anell**

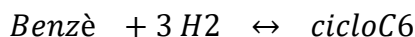


- **Reaccions de cracking**

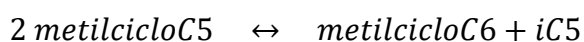




- **Reacció d'hidrogenació del benzè**



- **Altres reaccions**



4.2.2.2. Cinètica

Les expressions de la cinètica escollida, es basa en una adaptació del model proposat per la bibliografia [2][3][4], es mostren a la Taula 4.1. En l'estudi, les condicions d'operació especificades són les utilitzades en planta, treballant a diferents rangs de temperatura per tal d'obtenir un alt rendiment d'isomerització ja que es troba limitada per la cinètica i termodinàmica tal com es mostra a la figura 4.8.

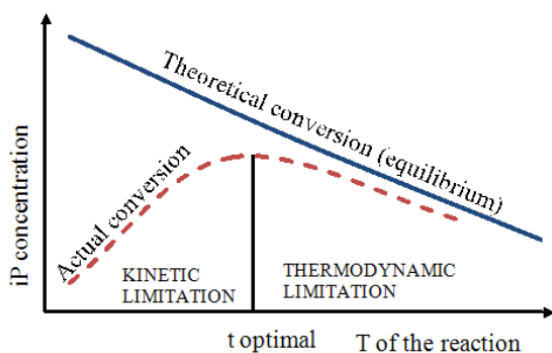


Figura 4.8. Dependència de la conversió de n-parafina respecte la temperatura de reacció [5].

Taula 4.1. Cinètica de la reacció segons els tipus de reacció [2][3][4].

Tipus de reacció	Expressió cinètica
Reaccions d'isomerització	$r = \frac{a_{global} a_{tipus} A_0 e^{-\frac{Ea}{RT}} \left(\frac{P_A - P_B}{k_{AB}} \right)}{\tau}$
Reaccions d'hidrogenació del benzè	$r = \frac{a_{global} a_{tipus} A_0 e^{-\frac{Ea}{RT}} \left(P_A P_{H_2}^3 - \left(\frac{P_B}{k_{AB}} \right) \right)}{\tau}$
Reaccions d'apertura d'anells	$r = \frac{a_{global} a_{tipus} A_0 e^{-\frac{Ea}{RT}} (P_A)}{\tau}$
Reaccions de cracking	$r = \frac{a_{global} a_{tipus} A_0 e^{-\frac{Ea}{RT}} (P_A)}{\tau}$
Altres reaccions	$r = \frac{a_{global} a_{tipus} A_0 e^{-\frac{Ea}{RT}} (P_A^2 P_{H_2})}{\tau}$

Els paràmetres a_{global} , a_{tipus} , A_0 i Ea utilitzats s'han extret a partir de la calibratge de les diferents reaccions que es donen lloc dins del reactor a partir de les dades reals de planta, es descriu amb més detall a l'apartat 4.2.6.1. El paràmetre τ és el terme d'adsorció degut a la funció acida segueix la expressió que es mostra a continuació [2]. Els paràmetres de disseny es troben adjunts en l'arxiu del programari *SCILAB*.

$$\tau = (P_H + K_{C6^-} P_{C6^-} + K_{P7} P_{P7} + K_{N7} P_{N7} + K_{TOL} P_{TOL})$$

El paràmetre k_{AB} és el terme de la constant d'equilibri, per tal de calcular aquest valor s'ha seguit la següent expressió:

$$k_{AB} = e^{A + \frac{B}{T}}$$

4.2.2.3. Catalitzador i tipus de reactor

El tipus de reactor utilitzat a la unitat d'isomerització és un reactor PBR monotubular. Segons la bibliografia [5] [6], els catalitzador utilitzats són d'alúmina clorada que ofereixen una millor activitat i rendiment, l'inconvenient es que són sensibles a l'aigua per tant s'ha

d'assegurar un bon funcionament dels assecadors, a més de requerir un promotor de clorur orgànic.

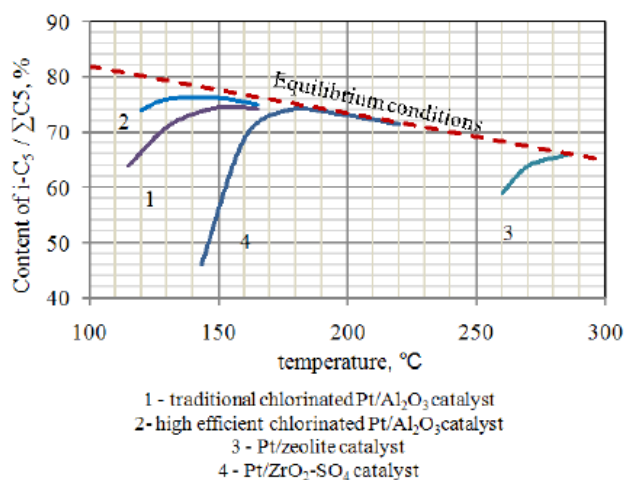


Figura 4.9. Comparativa de catalitzadors en funció de la temperatura i el grau d'isomerització [5].

4.2.2.4. Paràmetres finals del reactor

A partir de l'optimització del reactor mostrada a l'apartat 4.2.6., s'han obtingut els valors de la següent taula, que corresponen a les especificacions finals del reactor i el seu flux.

Taula 4.2. Especificacions finals del reactor.

Paràmetre	Reactor 1	Reactor 2	Unitats
Capacitat calorífica (entrada-sortida)	217-242.4	210.7-214.1	kJ/kmol °C
Densitat del flux (entrada-sortida)	259.6-291.9	377.4-374.5	Kg/m ³
Octanatge (entrada-sortida)	70.05-75.24	75.24-77.87	-
Fracció de buit	0.39	0.65	-
Temperatura inicial del reactor	144.4	120.5	°C
Pressió inicial	3.28	3.2	MPa
Longitud del reactor	8.51	8.51	m
Diàmetre interior reactor	2.2	2.2	m
Pressió final	3.28	3.2	MPa
Temperatura final	161.4	124.9	°C
Isòmer rati 22DMB/C6P·100	15.57	27.94	-
Isòmer rati 23DMB/C6P·100	9.417	9.3377	-

Isòmer rati IC5/C5P·100	73.44	76.81	-
Massa de catalitzador	27231	27034	kg

4.2.3. Disseny assecadors d'hidrogen

4.2.3.1. Equilibri d'adsorció: aigua-tamisos moleculars 3A i 13X

La forma de les corbes d'equilibri entre el vapor i els dos tipus de tamisos a diferents temperatures^[7] es mostra a continuació. Aquestes corbes mostren la capacitat d'adsorció (q) en funció de la humitat relativa en l'equilibri amb els tamisos.

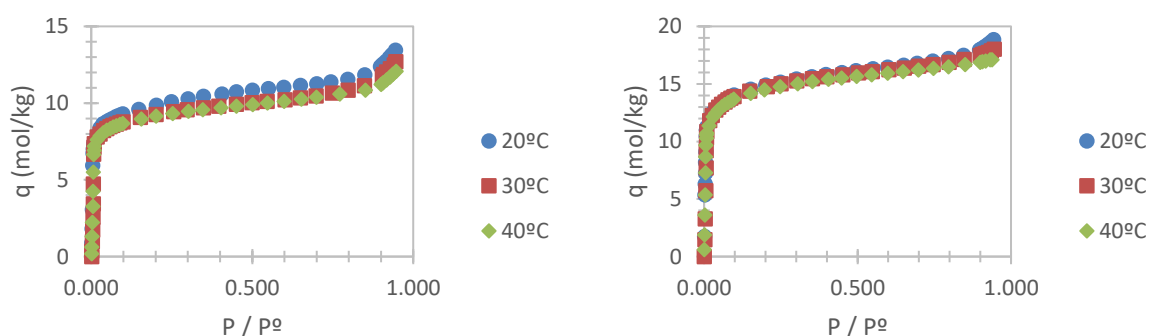


Figura 4.10. Corbes d'equilibri dels tamisos moleculars 3A i 13X respectivament.

Per tal d'escollir el millor adsorbent a les millors condicions d'operació, es compara la capacitat màxima d'adsorció (q_m) d'aigua que té cadascun a les temperatures indicades en els gràfics.

L'equació de Langmuir és la utilitzada per predir les corbes d'equilibri i obtenir la q_m , perquè encara que les corbes d'equilibri siguin del tipus II segons la classificació BDDT^[8], com que el sistema estudiat té des del començament una concentració molt baixa de vapor d'aigua, es pot estimar com una de tipus I.

Tot seguit es mostra l'equació de Langmuir linealitzada i les rectes de regressió a diferents temperatures per als dos adsorbents. Pel que fa a les rectes de regressió, aquestes s'han representat tenint en compte el rang d'aplicació del model seguit.

$$\frac{P}{q} = \frac{1}{q_m \cdot K} + \frac{P}{q_m} \quad (4.1)$$

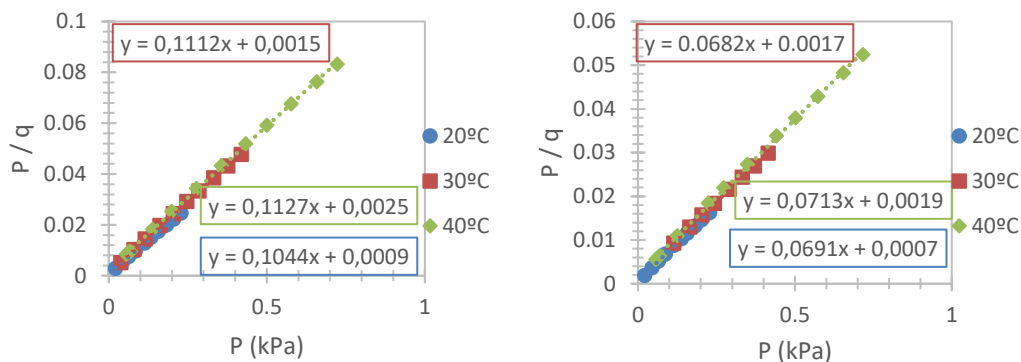


Figura 4.11. Rectes de regressió pel model de Langmuir dels tamisos 3A i 13X.

A més per contrastar amb el model de Langmuir, també s'ha utilitzat l'equació de Freundlich la qual és àmpliament utilitzada i és de fàcil aplicació. L'equació linealitzada es mostra a continuació amb les respectives rectes de regressió, tenint en compte també el rang d'aplicació del model.

$$\log_{10}(q) = \log_{10}(K) + \frac{1}{n} \log_{10}(P) \tag{4.2}$$

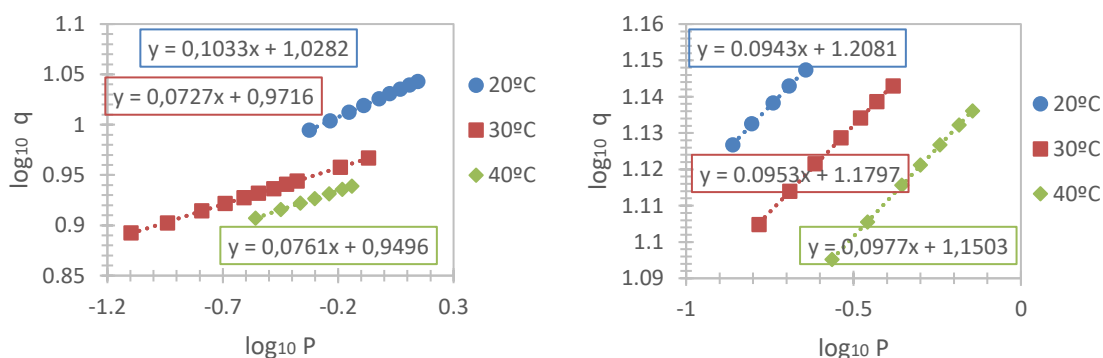


Figura 4.12. Rectes de regressió pel model de Freundlich dels tamisos 3A i 13X.

Els paràmetres extrets de les rectes de regressió es mostren a la següent taula.

Taula 4.3. Resultats dels models estudiats.

Adsorbent	Model	Paràmetres	Temperatura (C)		
			20	30	40
3A	Langmuir	q_m (mol/kg)	9.58	8.99	8.87
		K_L (kPa)	116	74.13	45.08
	Freundlich	n	9.68	13.76	13.14
		K_F (kPa)	10.67	9.37	8.90

13X	Langmuir	q_m (mol/kg)	14.47	14.66	14.03
		K_L (kPa)	98.71	40.12	37.53
	Freundlich	n	10.60	10.49	10.24
		K_F (kPa)	16.15	15.13	14.14

Com es pot observar a la taula, la q_m augmenta a mesura que disminueix la temperatura degut a que l'adsorció és un procés d'equilibri exotèrmic. És per això, que a mesura que baixa la temperatura augmenten les constants K_L i K_F . Per tant, l'adsorbent 13X a una temperatura aproximada d'uns 20°C és la millor opció de treball.

Així que la capacitat d'adsorció del tamís 13X segons la gràfica a una concentració inicial d'aigua de 100ppm és de 17 mol/kg.

4.2.3.2. Dimensionament de la columna d'adsorció

Per tal de dimensionar la columna, cal suposar un temps de saturació suficient tenint en compte la regeneració d'aquesta. Així que, es dimensiona amb un temps de saturació de 12h tenint en compte que la vida útil dels tamisos és de 3 anys. Cal dir que el procediment de càlcul està a l'annex B.

Taula 4.4. Resultats del dimensionament de la columna.

	Resultats	Unitats
Massa tamisos	274.2	kg
Volum columna	0.6	m ³
Altura	4.0	m
Diàmetre	0.6	m
Velocitat superficial	0.20	m/s
Velocitat espacial	108.9	h ⁻¹
Caiguda de pressió	0.7	bar

4.2.3.3. Regeneració

Ara es du a terme el cost d'operació de la regeneració, procés en el qual s'utilitza un corrent de nitrogen a 300°C i en contracorrent a una pressió de 5bar.

Per dur a terme la regeneració s'ha de proporcionar, a més de la calor sensible per escalfar tot el recipient a uns 260°C, la calor de desorció de l'aigua que s'ha suposat igual a la d'adsorció la qual s'ha buscat en la bibliografia^[9].

Tenint en compte un temps total de regeneració de 6h es realitzen els càlculs següents utilitzant només la calor de desorció requerida.

Taula 4.5. Resultats de la regeneració.

	Resultats	Unitats
Massa d'aigua adsorbida	84.0	kg
ΔH_{ads} .	47.0	kJ/mol
Q _{ads} .	219,114.0	kJ
Massa de N ₂	366.1	kg
Cost d'operació	20.5	€

4.2.4. Disseny assecadors de nafta

El corrent de nafta arriba a uns 40°C i 6bar i es decideix mantenir a aquestes condicions, ja que la capacitat d'adsorció que es perd és menyspreable davant el cost que suposaria la instal·lació d'un bescanviador per refredar. A més, també s'ha suposat la mateixa capacitat d'adsorció, ja que segons el gràfic l'augment d'aquesta es menyspreable fins la saturació, estat en què es troba l'aigua. El temps de saturació és també de 12h.

Taula 4.6. Resultats del disseny.

	Resultats	Unitats
Massa tamisos	195.9	kg
Volum columna	0.5	m ³
Altura	3.0	m

Diàmetre	0.5	m
Velocitat superficial	0.15	m/s
Velocitat espacial	107.9	h ⁻¹
Caiguda de pressió	0.1	bar

Pel que fa al procés de regeneració es du a terme de la mateixa manera, és a dir, amb un corrent contracorrent de nitrogen a 300°C i a 5bar en un temps de 6h. En aquest cas el cost d'operació és de 14.6€.

4.2.5. Adsorció n-parafines amb tamisos moleculars

Aquesta tècnica apareix en un dels esquemes de procés que s'han estudiat en aquest treball. Encara que no ha estat seleccionat com el millor procés per dissenyar s'ha dut a terme el dimensionament de la unitat més rellevant, els tamisos moleculars.

4.2.5.1. Equilibri d'adsorció: normal parafines-tamisos moleculars 5A

A la bibliografia^[10], s'ha trobat la capacitat d'adsorció de cada tipus de normal parafina amb els tamisos a una composició semblant a la del present treball i en estat vapor.

Cal dir que degut al elevat cabal d'entrada, el corrent s'ha subdividit en vuit corrents fent que hi hagin vuit columnes adsorbint en paral·lel i quatre més regenerant-se. A més, el tant per cent remogut del corrent és del 99%. Per seguretat, es disposarà de dues columnes més regenerades.

Taula 4.7. Especificacions del disseny d'un tamís molecular.

n-C _n H _{2n+2}	q (g/g)	kg/h inicials	kg/h finals	kg/h adsorbits
n-4	2.00E-3	0.1	0.001	0.1
n-5	5.00E-3	109.3	1.1	108.2
n-6	1.30E-2	52.2	0.5	51.7

n-7	1.80E-2	39.3	0.4	38.9
TOTAL		200.8	2.0	198.8

La temperatura de treball de la columna és de 220°C, ja que és una temperatura a la qual la columna pot treballar assegurant-se que la mescla no condensi. La pressió a la qual treballa és de 14bar.

4.2.5.2. Dimensionament de la columna d'adsorció

Per tal de dimensionar la columna, cal suposar un temps de saturació suficient tenint en compte la regeneració d'aquesta. Aquest temps és de 8h. El procediment de càlcul està a l'annex B.

Taula 4.8. Resultats del dimensionament d'una columna.

	Resultats	Unitats
Massa tamisos	222.4	Tn.
Densitat del llit	704.8	kg/m ³
Volum de columna	315.6	m ³
Altura	15.0	m
Diàmetre	5.2	m
Velocitat espacial	0.05	h ⁻¹
Caiguda de pressió	1.3E-5	bar

4.2.5.3. Regeneració

En el procés de regeneració s'utilitza un corrent de vapor ric en iso-pentà provinent del cap de la DIP per dur a terme el procés de desorció a 260°C i a 3bar. Així que es calcula quant s'estalvia reaprofitant aquest corrent per a la desorció tenint en compte el calor d'aquesta. Els resultats es mostren a continuació. El temps requerit és de 4h.

Taula 4.9. Regeneració.

	Resultats	Unitats
Massa de n-para. ads.	1,590.3	kg
Qads.	1,155,200.1	kJ
ΔH_{i-5}	53.2	kJ/mol
m_{i-5}	1,567.0	kg
ITn.	1,091.40	€
Cost d'operació estalviat	2,137.8	€

4.2.6. Descripció calibratge reactors i optimització de la simulació

4.2.6.1. Calibratge dels reactors

S'ha ajustat l'activitat del catalitzador per tal que s'ajusti als resultats presents en la realitat. Per ajustar el calibratge, el programa Aspen Hysys disposa d'uns factors que afectaran al comportament del reactor els quals estan descrits en la taula 4.10 amb els rangs en els quals pot operar.

Taula 4.10. Factors d'ajust general.

Factor d'ajust	Rang d'ajust
Global Activity Tuning Factor	1-20
Isomerization Activity	0.1-1.1
Hydrocracking Activity	0.1-1.1
Hydrogenation Activity	0.1-1.1
Ring opening Activity	0.1-1.1
Heavy Activity	0.1-1.1

El primer serveix per realitzar l'ajust global de totes les reaccions i els següents per les reaccions per separat. Si l'ajust no es suficient també es poden modificar els paràmetres cinètics, els factors preexponencials i les energies d'activació de cada reacció.

L'ajust s'ha fet amb prova i error. S'han anat canviant els paràmetres fins que els valors obtinguts en el simulador s'han assemblat suficient als valors que s'obtenen en planta.

Els valors de laboratori obtinguts en planta pertanyen a les temperatures i pressions d'entrada i sortida dels reactors, la composició de l'entrada fresca de reactius (corrent 1), composició de l'alimentació de la columna estabilitzadora (corrent 18) i la composició del corrent de recicle (corrent 25).

Taula 4.11. Comparació de les dades de planta amb les obtingudes en la simulació.

Alimentació de la columna DIH	Dades de planta	Simulació
2,2-DIMETIL-BUTÀ	17,4	18,1
2,3-DIMETIL-BUTÀ	7,2	6,1
2-METIL-PENTÀ	21,7	21,3
3-METIL-PENTÀ	12,4	12,7
BENZÈ	<0.1	<0.1
CICLOHEXÀ	3,8	3,6
CICLOPENTÀ	1,1	1,6
ISO-PENTÀ	17,5	17,6
METIL-CICLOPENTÀ	2,9	3,6
N-BUTÀ	0,0	0,0
N-HEXÀ	8,4	6,8
N-PENTÀ	6,3	6,8
RESTA DE COMPONENTS	1,4	1,7

Com es pot observar en la taula 4.11 els valors obtinguts en la simulació s'ajusten prou bé als valors que s'esperen en planta.

4.2.6.2. Optimització de la temperatura d'entrada del reactor

Per trobar el punt òptim de temperatura d'entrada dels reactors s'han realitzat diverses proves a diferents temperatures obtenint en cada cas les dades de producció. Per poder comparar aquestes dades s'han calculat uns indicadors que faran més fàcil comparar entre les diverses opcions, aquests són els ratis d'isòmers del DMC22, el DMC23, Ic5 i del PIN.

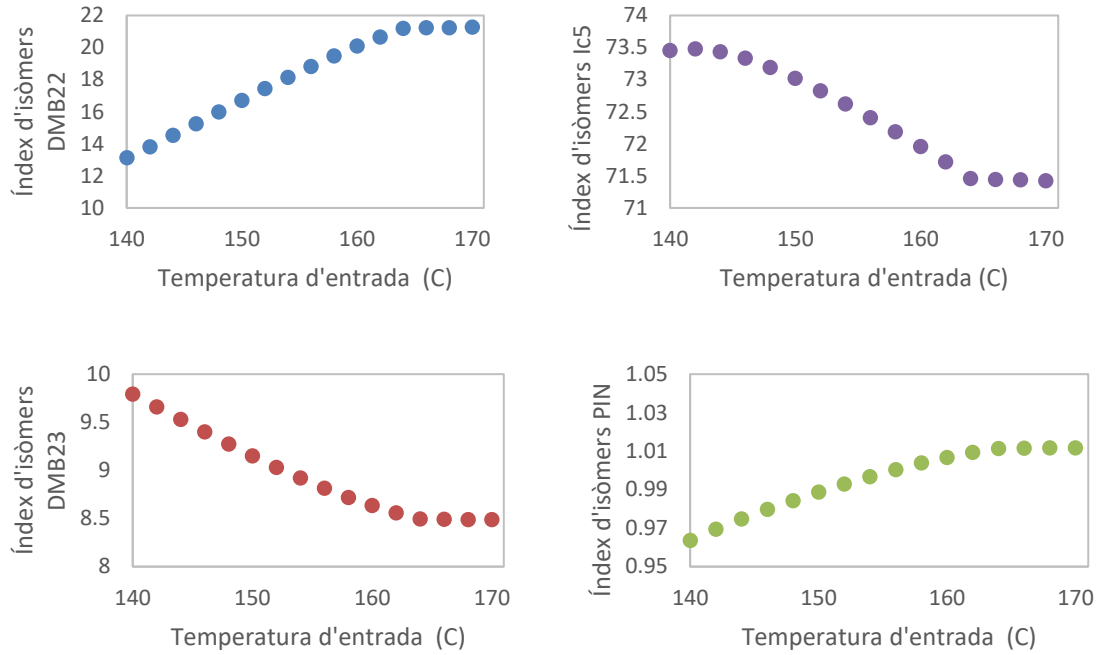
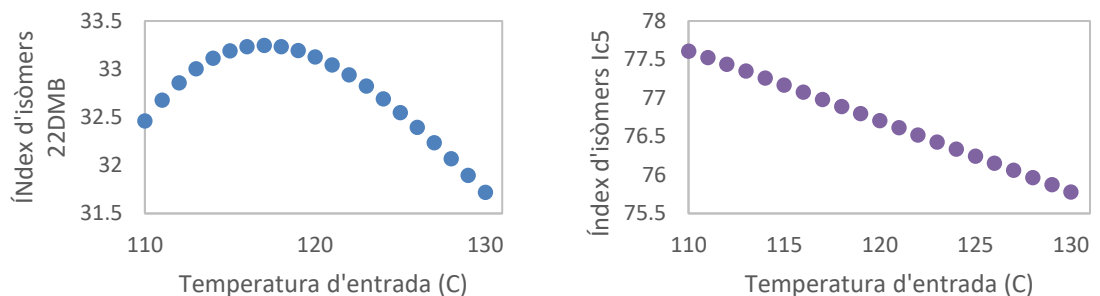


Figura 4.13. Rati d'isòmers respecte la temperatura d'entrada en el primer reactor. A dalt a l'esquerra pel DMB22, a dalt a la dreta pel Ic5, a baix a l'esquerra pel DMB23 i a baix a l'esquerra pel PIN.

La temperatura òptima de d'entrada del primer reactor s'ha fixat en 144°C. Això és així perquè com es pot observar en la figura 4.13 a partir d'aquesta temperatura la producció d'isopentans i DMB23 comença a disminuir ja que s'arriba a l'equilibri i llavors aquest es desplaça cap als reactius. Tot i que el 22DMB i el PIN es veuen afavorits per l'augment de temperatura s'ha considerat més important que es produeixin més isopentans ja que del 22DMB ja se'n produirà més en el següent reactor i l'augment del PIN es molt menor.



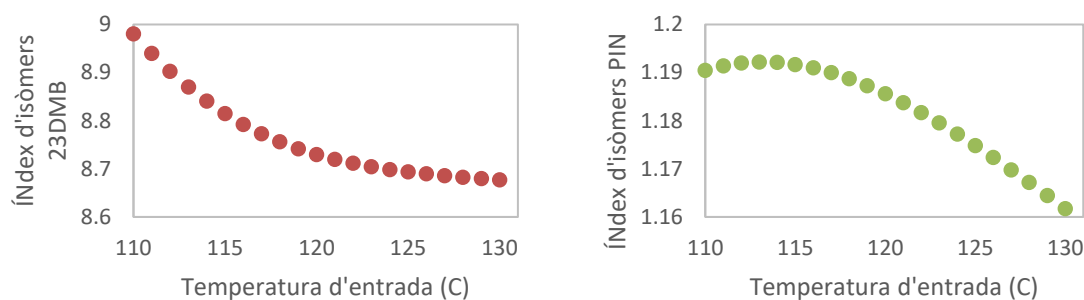


Figura 4.14. Rati d'isòmers respecte la temperatura d'entrada en el segon reactor. A dalt a l'esquerra pel DMB22, a dalt a la dreta pel Ic5, a baix a l'esquerra pel DMB23 i a baix a l'esquerra pel PIN.

La temperatura d'entrada dels segon reactor s'ha fixat en 120°C. A aquesta temperatura el PIN i el 22DMB presenten màxims de producció. El índex de Ic5 i 23DMB disminueix a temperatures més altes però molt poc i en aquest cas es dona prioritat a la producció de 22DMB i l'augment en el PIN.

4.2.6.3. Optimització del cabal de l'entrada d'hidrogen

S'ha realitzat un estudi per determinar el cabal d'hidrogen òptim. Per aconseguir les dades s'ha simulat cada estat i s'han recollit dades dels ratis d'isòmers del DMC22, el DMC23, Ic5 i el octanatge del corrent.

S'ha variat el cabal d'hidrogen de 350 a 650 kg/h i s'ha representat en la figura 4.15. Mentre que a concentracions més altes d'hidrogen la producció de 23DMC4 es veu afavorida, no passa el mateix amb l'octanatge, aquest disminueix. Això és així perquè al haver-hi més pressió parcial de l'hidrogen es produeix més hidrocracking dels components, fet que causa una disminució en l'octanatge i en el rendiment global del procés. Llavors interessa que el cabal d'hidrogen sigui el menor possible que permeti que les reaccions es duguin a terme. També hi ha una altra restricció per part del catalitzador, la relació d'hidrogen/hidrocarburs no pot ser menor de 0.05 per evitar que no es dipositi carbó en aquest.

També es pot observar que en els dos casos el segon reactor obté més producció i octanatge que el primer reactor.

Així doncs el valor òptim d'entrada d'hidrogen s'estableix en 500 kg/h.

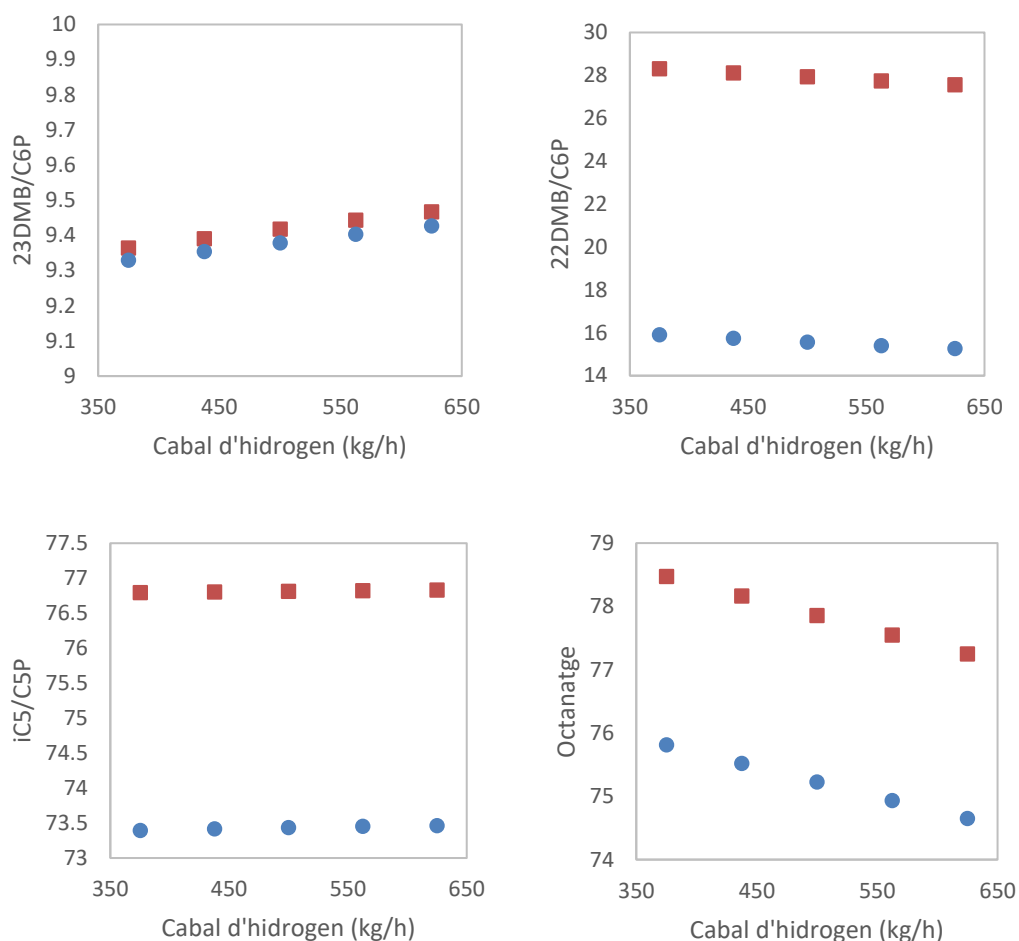


Figura 4.15. Ratis d'isomerització en front el cabal d'entrada d'hidrogen. Dalt a l'esquerra pel 23DMB, a la dreta pel 22DMB, a baix a l'esquerra pel iC5 i a la dreta l'octanatge. Cercles blaus pel primer reactor i quadrats vermells pel segon.

4.2.6.4. Optimització del cabal de recicle

S'ha realitzat un estudi per determinar el cabal de recicle òptim. Per aconseguir les dades s'ha simulat cada estat i s'han recollit dades dels ratis d'isòmers del DMC22, el DMC23, Ic5 i el octanatge del corrent.

Com es pot observar en la figura 4.16 al augmentar el cabal de recicle la producció de 23DMB augmenta però la de 22DMB i l'octanatge disminueix. Això és així perquè al augmentar el recicle augmenta també el cabal que circula pel reactor disminuint el temps de

residència del reactiu. Això provoca que la reacció no es pugui acabar de completar i surti molt més reactiu. El cabal de recicle tampoc pot ser molt petit (o no tenir recicle) perquè llavors s'estaria desaprofitant reactiu que no ha reaccionat, disminuint el rendiment global de la planta. Llavors s'ha decidit establir un cabal de recicle de 20 t/h que ofereix un bon equilibri entre l'aprofitament del reactiu i el rendiment dels reactors.

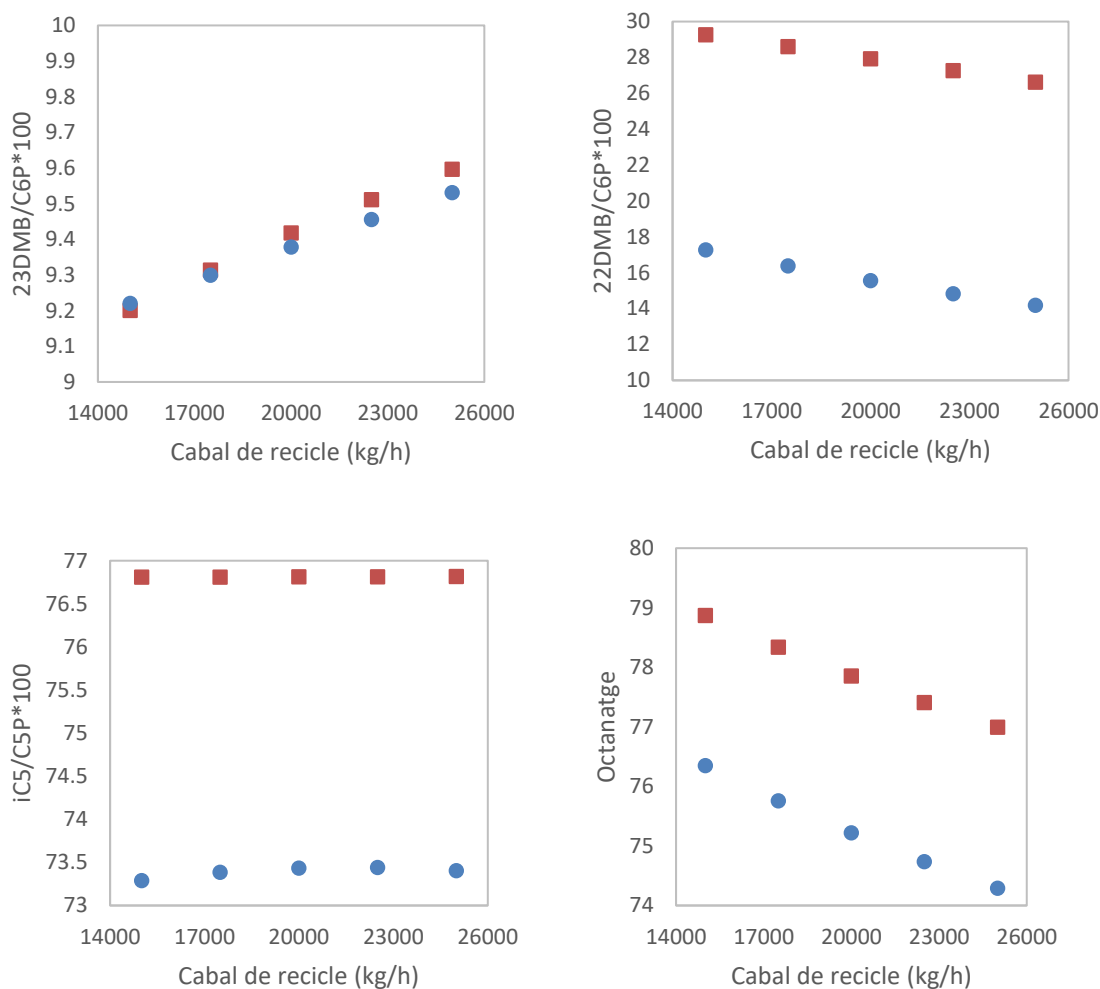


Figura 4.16. Ratis d'isomerització en front el cabal de recicle. Dalt a l'esquerra pel 23DMB, a la dreta pel 22DMB, a baix a l'esquerra pel iC5 i a la dreta l'octanatge. Cercles blaus pel primer reactor i quadrats vermells pel segon.

4.2.7. Disseny dels bescanviadors

L'empresa ha realitzat el disseny dels bescanviadors necessaris per al funcionament de la planta, així doncs els bescanviadors dissenyats es descriuen en la taula 4.12.

Taula 4.12. Bescanviadors dissenyats

Bescanviadors	Tipus	Funció
618-E-1	Carcassa i tubs	Escalfar fins la temperatura d'operació del reactor
618-E-2	Carcassa i tubs	Escalfar fins la temperatura d'operació del reactor
618-E-3	Carcassa i tubs	Escalfar fins la temperatura d'operació del reactor
618-E-4	Aerorefrigerant	Reduir temperatura fins la d'operació del condensador parcial
618-E-5	Termosifó	Bullidor de la columna estabilitzadora
618-E-6	Aerorefrigerant	Condensar el destil·lat
618-E-7	Termosifó	Bullidor de la columna DIH

El disseny s'ha realitzat amb el programari Aspen Exchanger Design and Rating i les fitxes d'especificació de cada equip es poden trobar en l'apartat 4.8.6.

4.2.7.1. Bescanviador 618-E-1

El bescanviador 618-E-1 és l'encarregat d'escalfar el corrent fins la temperatura d'operació del primer reactor. Es tracta d'un bescanviador de carcassa i tubs on pels tubs hi circula el corrent de procés i per la carcassa el vapor de baixa pressió.

S'ha decidit que el fluid calent (vapor que condensarà) circularà per la carcassa i el fred (procés) pels tubs. Això és així ja que s'ha d'escalfar amb vapor per tant és més adequat que circuli per la carcassa, a part, el corrent de procés té una pressió més elevada i pot ser perillós, aquest dos fets també fan que sigui més adequat que el corrent de procés circuli pels tubs.

Per la geometria s'ha triat un tipus de bescanviador BEM. També es va considerar un bescanviador amb placa tubular variable però es va desestimar ja que els de placa tubular fixa són més econòmics.

4.2.7.2. Bescanviador 618-E-2

El bescanviador 618-E-2 aprofitarà l'energia del corrent de sortida del primer reactor per preescalfar-ne l'entrada del mateix. Això permetrà estalviar vapor en el bescanviador 618-E-1. D'aquesta forma també reduirà la temperatura de sortida del primer reactor fins la temperatura d'operació del segon.

S'ha decidit que el corrent calent circuli pels tubs i el fred per carcassa, els dos fluids presenten condicions de pressió i composició semblants per tant l'únic factor que ha afectat en la decisió és que el corrent calent circuli per tubs.

S'ha dissenyat com un bescanviador de carcassa i tubs de tipus BEM.

4.2.7.3. Bescanviador 618-E-3

El bescanviador 618-E-3 aprofitarà l'energia de del corrent reactor per preescalfar l'entrada del primer reactor. També reduirà la temperatura de sortida del segon reactor fins una temperatura adequada per a l'entrada del la columna estabilitzadora.

S'ha decidit que el corrent calent circuli pels tubs i el fred per carcassa, els dos fluids presenten condicions de pressió i composició semblants per tant l'únic factor que ha afectat en la decisió és que el corrent calent circuli per tubs.

S'ha dissenyat com un bescanviador de carcassa i tubs de tipus BEM.

4.2.7.4. Bescanviador 618-E-4

El bescanviador 618-E-4 condensarà la sortida de cap de la columna estabilitzadora mitjançant un aerorefrigerant. Com que no tots els components són condensables (degut a la presència d'hidrogen) després aquesta corrent entrarà al condensador parcial on el gas se separa dels líquids.

S'ha decidit dissenyar un aerorefrigerant perquè la quantitat d'energia que s'ha de treure del corrent es molt gran degut principalment a que el cabal màssic és considerable, s'ha de baixar 60°C de temperatura i també condensar-lo, llavors la quantitat de aigua refrigerant necessària per refredar-lo en un bescanviador de carcassa i tubs seria molt gran, fet que

ocasionaria un cost d'operació molt major que el que es necessari per operar els ventiladors de l'aerorefrigerant. També es compleix la restricció en que la temperatura de l'aire ha de ser lo suficientment baixa per poder refredar el corrent.

Per obtenir el disseny òptim es van introduir les dades al programari Aspen Exchanger Design and Rating i es van simular diferents aerorefrigerants per diferents cabals d'aire. Com més cabal d'aire menys àrea d'intercanvi serà necessària, això reduirà el preu de construcció del bescanviador, com a contrapartida, n'augmentarà el cost d'operació ja que els ventiladors hauran de girar més ràpid per suplir el cabal d'aire, fet que provocarà que augmenti el consum dels motors que els accionen.

D'entre els bescanviadors proposats pel programari s'han descartat els que no complien amb les especificacions de qualitat de vapor i temperatura del corrent de sortida i aquelles que presentaven una geometria no recomanada (molt d'excés d'àrea d'intercanvi o geometries no habituals). També es va tenir en compte que no presentés una caiguda de pressió molt gran.

Dels dissenys de bescanviadors restants se'n va buscar un en el que el cabal d'aire fos baix, per tant es va donar prioritat a que els costos d'operació fossin més baixos i la inversió inicial més alta, contra uns costos d'operació més alts amb un preu d'equip més baix. També es va tenir en compte que les dimensions de l'equip no fossin desmesurades.

El bescanviador obtingut presenta dos badies amb 3 ventiladors cada un, 152 tubs amb 4 passos per tub. La geometria i fitxa d'especificació completa es troba en l'apartat 4.8.6.

4.2.7.5. Bullidor 618-E-5

L'equip 618-E-5 correspon al bullidor de la columna estabilitzadora i és de tipus termosifó. Es va contemplar la possibilitat d'incorporar un bullidor tipus "kettle" però degut a l'elevat cabal de retorn a la columna i que necessita una títol de vapor al voltant del 70% per operar-lo hagués presentat unes grans dimensions i inestabilitat a l'hora d'operar-lo.

En els termosifons el fluid calent (en aquest cas vapor de baixa pressió) circula en el costat de la carcassa i el fluid fred que ha de bullir pel costat dels tubs. Es dissenya com un bescanviador de tubs i carcassa contracorrent però orientat en posició vertical on el flux de retorn a la columna circula per circulació natural degut a la diferència de densitats entre el líquid de fons i el vapor generat.

El bullidor genera un títol de vapor de 0.2.

Pel que fa a la geometria és de tipus AEL amb 145 tubs de 3658 mm de llargada i 1105 kW de calor intercanviada. També presenta bafles per tal de millorar l'intercanvi de calor.

La geometria i fitxa d'especificació completa es troba en l'apartat 4.8.6.

4.2.7.6. Bescanviador 618-E-6

El bescanviador 618-E-4 condensarà la sortida de cap de la columna 618-C-2 mitjançant un aerorefrigerant.

S'ha decidit dissenyar un aerorefrigerant perquè el cost d'operació és més barat que el d'un bescanviador convencional ja que la calor que s'ha d'extreure del corrent és elevada. És important que es compleixi la condició que la temperatura ha de ser a la de condensació del corrent, en aquest cas el corrent de cap de columna condensa a 54°C i presenta un marge suficient per poder fer funcionar l'aerorefrigerant.

El disseny s'ha realitzat amb el programari Aspen Exchanger Design and Rating i com en l'aerorefrigerant 618-E-4 s'han introduït les dades i s'han calculat diferents casos per diferents cabals d'aire. Dels dissenys obtinguts s'han descartat els que no arribaven a complir les especificacions i s'ha donat prioritat als que operen amb un cabal d'aire menor ja que el cost d'operació d'aquests serà menor. S'ha considerat com a disseny òptim el que amb el menor cabal d'aire no presentes unes dimensions desmesurades.

El bescanviador obtingut presenta dos badies amb 3 ventiladors cada un, 152 tubs amb 4 passos per tub. La geometria i fitxa d'especificació completa es troba en l'apartat 4.8.6.

4.2.7.7. Bullidor 618-E-7

El bullidor 618-E-8 evaporarà la sortida de fons de la columna 618-C-4. És un bescanviador de tipus termosifó ja que es va contemplar la possibilitat de instal·lar un de tipus kettle però degut a l'elevat cabal de retorn a la columna i que necessita una títol de vapor al voltant del 70% per operar-lo hagués presentat unes grans dimensions i inestabilitat a l'hora d'operar-lo.

El bullidor genera un títol de vapor de 0.2 i amb 1413 kW de calor intercanviada.

Pel que fa a la geometria és de tipus AEL instal·lat vertical amb 144 tubs de 3058 mm de llargada. També presenta bafles per tal de millorar l'intercanvi de calor.

La geometria i fitxa d'especificació completa es troba en l'apartat 4.8.6.

4.2.8. Descripció de les estratègies de control

4.2.8.1. Control de la columnes d'assecatge

Aquesta unitat funciona amb dos tamisos moleculars configurats en sèrie, tant per la corrent d'hidrogen com de la nafta lleugera, per tal de garantir que no entri aigua a la zona de reacció, ja que aquest desactiva el catalitzador i accelera la corrosió del material empleat en tota la planta. Per tant una de les variables a controlar és la concentració d'aigua per cada columna d'adsorció. Com el procés és difícil de automatitzar, s'ha decidit que les vàlvules a instal·lar són d'actuació tant panell com a camp, per tant el panelista amb l'operador ficaran en marxa la regeneració i el canvi de posició dels equips, tenint en compte des de panell la concentració en ppm d'aigua a la sortida de l'assecador que es troba en primera posició.

4.2.8.2. Control de composició a l'entrada del reactor

S'ha decidit utilitzar un control de ratis a la sortida dels assecadors on es controla el cabal d'entrada de nafta líquida com el cabal de reflux de la columna DIH, i la variable manipula es cabal d'hidrogen el qual és el reactiu en excés per tal que es porti a terme la reacció.

4.2.8.3. Control dels reactor

De les reaccions que es porten a terme dins el reactor descrites a l'apartat 4.2.2.1, la reacció de saturació del benzè és la més exotèrmica. La reacció en el procés procedeix molt ràpidament i es realitza a temperatures molt baixes per evitar el Hidrocracking i la formació de dipòsits de carbó al catalitzador. Per tant la quantitat de calor generat per la saturació del benzè

limita la seva quantitat d'entrada, que pot ser tractat dins el procés. La alimentació pot contenir fins un 5% de benzè en pes. Per tant s'ha decidit ficar un control de subhasta que permet mesurar la temperatura al llarg del reactor, aquest està dissenyat per detectar la temperatura més alta i comparar amb el seu respectiu set point especificat per a les condicions d'operació. Després de comparar enviarà una resposta a l'element de control enviant una senyal a la vàlvula del cabal de vapor del bescanviador 618-E-1, obrint o tancant en funció de la temperatura del reactor. En cas d'un Runaway el panelista junt amb l'operador tancarien l'alimentació de nafta. Pel que fa la pressió a l'interior del reactor, s'ha decidit ficar un llaç de control a la sortida del reactor on la senyal es transfereix a un controlador i aquest regula en cas d'una sobrepressió com també el cas oposat. D'aquesta manera, s'aconsegueix controlar la pressió d'una manera més ràpida sense afectar el cabal d'entrada.

4.2.8.4. Control de la estabilitzadora 618-C-3 i 618-C-4

A l'entrada de la columna es fica un control de pressió degut a que arriba a una pressió massa elevada.

Per tal d'assegurar que el acumulador V-1 no es quedi sense líquid per circular a la columna, s'ha col·locat un llaç simple que controla el nivell manipulant la variable de sortida del corrent de destil·lat.

Per tal de controlar la composició s'utilitza com a variable la temperatura. Es mesura la temperatura perquè a partir d'aquesta es pot conèixer indirectament la composició del fons sense haver de recórrer a costosos i lents sensors de composició. Al cap de columna es controla la temperatura amb variacions del reflux, es a dir manipulant el cabal de líquid condensat que surt dels acumulador que tornar a entrar al cap de columna. Al fons de columna s'ha decidit controlar també la temperatura fent variar el cabal de vapor que entra al termosifó. En tots dos casos es tracta de llaços de control en cascada el qual ajuda a rectificar possibles pertorbacions en el cabal del sistema abans que afectin a la variable controlada.

La pressió, anàlogament a la temperatura, també permet calcular la composició del destil·lat, en aquest cas vol dir si hi ha una elevada quantitat de compostos volàtils com l'hidrogen no reaccionat, metà i altres lleugers, la pressió de la columna augmenta i per tant la vàlvula que a tractament de gasos s'obrirà. La diferencia es que la DIH no té sortida de volàtils

com la estabilitzadora, per tant s'ha decidit introduir un by-pass per tal de regular la pressió dins de la columna i a l'acumulador.

Al fons de columna s'utilitza un llaç de control de nivell, manipulant la vàlvula de cabal de sortida per fons per evitar que no s'inundi.

4.3. Selecció del material i dimensió del equips de planta

4.3.1. Selecció del material de construcció dels recipients a pressió

Els equips a pressió a dissenyar treballen amb una mescla de hidrocarburs i hidrogen a diferents temperatures i pressions.

En primer lloc, cal tenir en compte com a principal perill l'esquerdament induït per hidrogen envers el material de construcció degut a que els aliatges de baixa ductilitat, com els acers d'alta resistència, aliatges de titani i aliatges d'alumini, pateixen una pèrdua de ductilitat i de resistència a la tracció deguda a la penetració, transport i acumulació d'hidrogen atòmic dins el metall [11]. És per aquest motiu que s'haurà de seleccionar un material adequat a les característiques. Un altre perill d'igual importància és l'atac corrosiu per la presència de clorurs, que ve donat per l'ús del promotor tetraclorur de carboni ja que a temperatures superiors de 105 °C en presència d'hidrogen i catalitzador es descompon en HCl que s'elimina per mitja del gas estabilitzador. El gas estabilitzador es sotmès a un rentat amb sosa càustica per l'eliminació de clorur d'hidrogen.

Per tant, com el catalitzador no es corrosiu, la presència de clorurs s'elimina durant l'operació i s'evita la presència d'humitat al sistema amb els assecadors, tot això permet la utilització d'equips d'acer al carboni.

A més, a l'hora de seleccionar un aliatge s'ha d'assegurar que la combinació metall/mitjà corrosiu representi la màxima resistència a la corrosió per la mínima quantitat de diners[12].

D'acord amb això s'ha triat dos candidats pels dissenys dels equips a pressió. Per tant on tingui l'hidrogen un paper important s'utilitza acer al carboni sacrificat [13] com és el cas dels assecadors d'hidrogen, els reactors, la columna estabilitzadora i bescanviadors. D'altra banda els equips com la DIH i els assecadors de nafta s'utilitza acer al carboni. Per tots dos casos el material de construcció és ASTM / ASME A / SA 516 60/65/70 [14]. En el cas de l'acer al carboni sacrificat es tracta d'un acer resistent a l'HIC i s'aconsegueix mitjançant les adicions

de silici, manganès i alumini per combinar amb gasos dissolts com l'oxigen. Aquest es fabrica a través del forn d'arc elèctric amb dessulfuració, desfosforació, refinació de cullera i de desgasificació al buit per proporcionar un acer d'ultra net i homogeni que té menys bosses i inclusions, per tant és particularment adequat per a equips a pressió, on hi ha hidrogen la corrosió pot ser un problema. El acers de baix aliatge no mostren SCC. En canvi els acers al carboni temperats i revinguts experimenten SCC ràpidament per culpa de la fragilització per hidrogen.

Els inoxidable ferrítics s'han refusat degut a que s'han d'utilitzar amb molta precaució. No experimenten SCC, però poden experimentar corrosió, depenent del grau amb contingut de crom pot resistir bé la presència de clorurs sense experimentar SCC ni picadura.

Els acers austenítics s'han descartat perquè experimenten SCC. Una altra opció pot ser treballar amb aliatges però s'ha descartat pel seu cost elevat.

Finalment, tenint en compte tots aquests aspectes i per tal de garantir la integritat dels equips sotes les condicions establertes, s'ha decidit utilitzar SA-516 grau 70[15].

A més, esta aprovat per a la construcció de recipients a pressió i els seus components d'acord al codi ASME Secció VIII, Divisió 1. El disseny mecànic dels equips a pressió es troba a l'annex C.

4.4. Dimensió de canonades, bombes i vàlvules

Tot i no ser els protagonistes en les operacions unitàries, les canonades, les bombes i les vàlvules tenen un paper molt important a l'hora de dissenyar una planta química, ja que del seu correcte dimensionament, instal·lació i manteniment depèn tota la unitat d'isomerització.

En aquest apartat s'especifica totes les línies de procés, com també la identificació utilitzada per una fàcil identificació i lectura dels diagrames.

4.4.1. Aspectes a considerar per realitzar el disseny de les canonades

Per un correcte dimensionament de les canonades s'ha de definir les condicions de treball, com la pressió, temperatura, tipus de fluid, condicions atmosfèriques de la zona, moviments sísmics i elements que poden influir en la conducció del material. A més cal tenir en compte un desgast d'espessor i un correcte manteniment ja que opera a la intempèrie. Per tant les característiques de disseny com diàmetre, espessor, aïllament i altres ve definit pel cabal, velocitat de circulació (depèn si es tracta de líquid o gas) i pressió de treball com s'ha descrit a l'apartat de càlcul E. La nomenclatura utilitzada es troba en l'apartat de simbologia del procés.

4.4.2. Bombes

Per tal que el fluid de la planta circuli d'un equip a un altre, és necessària la instal·lació de bombes de procés. L'empresa ISOM fa un estudi per adquirir les bombes més adequades que proporcionin el millor rendiment possible.

4.4.2.1. Selecció de les bombes

S'utilitza l'equació de Bernoulli per a realitzar el balanç d'energia mecànica i trobar l'altura i la potència requerida en l'eix de les bombes, tenint en compte les pèrdues per fricció al llarg del tram de canonada que són les generades principalment per la vàlvula de control i les entrades i sortides dels equips.

Tot seguit es du a terme la selecció de les bombes consultant el catàleg del fabricant on s'especifiquen les característiques de diverses bombes disponibles en el mercat. Cal destacar que l'elevada altura de les bombes 618-P-1 i 618-P-2 corresponents al corrent d'entrada de nafta i al corrent de recirculació provinent de la DIH, fan que s'utilitzi dues bombes centrífugues multietapa malgrat l'elevat cost d'aquestes. Un altre opció hagués estat les bombes verticals en paral·lel però es va desestimar degut al risc de fuga que tenen respecte les multietapes. Pel que fa a la resta de bombes del procés s'utilitza bombes centrífugues normals.

Segons la corba Q-H del catàleg sabent el model de bomba adequat, el diàmetre seleccionat és el següent més gran disponible i per consegüent s'obtindrà l'altura real de la

bomba. A més, es comprova que per a un cabal màxim el qual es suposa un 25% més del nominal, el punt d'operació no quedi fora o molt a la vora de la corba, ja que és perjudicial i arriscat. També s'observa que quan la bomba treballa a cabal mínim, la pressió de descàrrega és major que la de l'entrada a l'equip següent. Cal dir que la corba també et proporciona l'NPSHr i el rendiment real de la bomba. Les fitxes d'especificació de les bombes es troben a l'apartat 4.8.7.

4.4.2.2. Càlcul de l'NPSHd

És necessari per l'empresa ISOM comprovar com a mesura de seguretat si les bombes caviten per al sistema inicialment plantejat. Així que, és estrictament necessari que l'NPSHd el qual pertany al sistema sigui més gran que l'NPSHr que ve determinat pel fabricant. Finalment s'ha comprovat que totes les bombes compleixen amb el requisit.

Les fitxes d'especificació de les bombes es troben a l'apartat 4.8.7.

4.4.3. Vàlvules

ISOM ha dimensionat les vàlvules de control de les bombes de procés, a més de les quatre vàlvules principals que disminueixen la pressió a l'entrada dels equips.

4.4.3.1. Càlcul de la Cv i selecció de les vàlvules

Per tal d'escollir la vàlvula idònia, primerament es realitza el càlcul de Cv pel cabal màxim que com s'ha dit en l'annex G.2 és 1.25 vegades el normal, així que, aquest cabal serà a una obertura del 100%. Per tant, a l'hora de consultar el catàleg del fabricant es busca la Cv més propera a la calculada a una obertura total i s'obté les dimensions de la vàlvula i el recorregut d'aquesta. Després, es troba la Cv pel cabal normal i es determina el grau d'obertura que té. També se suposa que el cabal mínim és un 25% més petit que el normal.

Pel que fa al càlcul de la C_v , per a les vàlvules 618-PCV-1400 i 618-PCV-1500 les quals tenen un % petit de vapor s'han suposat totalment en estat líquid. La vàlvula 618-PCV-1401 la qual és en estat gas, es comprova que el flux és subcrític.

El procediment de càlcul amb les equacions per calcular la C_v segons l'estat del corrent, es troben a l'annex G.2.

Cal dir que en alguns casos caldrà instal·lar alguna expansió o reducció per quadrar la canonada, la bomba i la vàlvula. Finalment, la característica inherent del fluid que defineix la relació entre la C_v i l'obertura de la vàlvula és lineal ja que és l'adequat per a vàlvules de control.

Les fitxes d'especificació de les vàlvules es troben a l'apartat 4.8.8.

Llistat d'equips

Nº de identificació/ TAG	P&ID	NOM DE L'EQUIP /TIPUS	PRODUCTE MAJORITARI	ESTAT	DESCRIPCIÓ SERVEI	CARACTERÍSTIQUES	CABAL [m3/h]	TEMPERATURA [°C]	PRESSIÓ [barg]	FABRICANT
618-P-1 A/B	R1-618-30900	Bomba	Nafta lleugera	Líquid	Impulsar alimentació fresca NL	-	450	120	64,2	FLOWSERVE
618-P-2 A/B	R1-618-30900	Bomba	Nafta lleugera	Líquid	Impulsar recicle NL	-	450	120	64,2	FLOWSERVE
618-P-3 A/B	R1-618-30600	Bomba	Isomerat lleuger	Líquid	Impulsar reflux estabilitzadora	-	120	105	16,3	IDEAL
618-P-4 A/B	NA	Bomba	Isomerat lleuger	Líquid	Impulsar a tancs	-	30	105	16,3	IDEAL
618-P-5 A/B	R1-618-30800	Bomba	Isomerat lleuger	Líquid	Impulsar reflux DIH	-	300	105	16,3	IDEAL
618-P-6 A/B	NA	Bomba	Isomerat lleuger	Líquid	Impulsar a tancs	-	20	105	16,3	IDEAL
618-P-7 A/B	NA	Bomba	Isomerat pesat	Líquid	Impulsar a tancs	-	30	105	16,3	IDEAL
618-C-1-A/B	R1-618-30100	Torre d'assecat	Nafta lleugera	Líquid	Assecat de la NL	-	49	45,4	0,59	-
618-C-2-A/B	R1-618-30200	Torre d'assecat	H2	Gas	Assecat d'hidrogen	-	70	40	63	-
618-C-3-A/B	R1-618-30500	Columna estabilitzadora	Nafta isomeritzada	Mescla Líquid/Vapor	Separar productes	-	N.A.	125	3,65	-
618-C-4-A/B	R1-618-30700	Columna DIH	Nafta isomeritzada	Mescla Líquid/Vapor	Separar productes	-	N.A.	172	13,46	-
618-V-1	R1-618-30600	Acumulador estabilitzadora	Nafta isomeritzada	Mescla Líquid/Vapor	Acumulador reflux de la columna	-	N.A.	38	13	-
618-V-2	R1-618-30800	Acumulador DIH	Nafta isomeritzada	Mescla Líquid/Vapor	Acumulador reflux de la columna	-	N.A.	38	3	-
618-R-1-A/B	R1-618-30400	Reactor	Nafta lleugera	Mescla Líquid/Vapor	Isomerització de la nafta	-	N.A.	185	43	-
618-E-1	R1-618-30300	Bescanviador	Nafta lleugera	Mescla Líquid/Vapor	Escalfar la alimentació reactor	-	N.A.	190/180	6/37	-
618-E-2	R1-618-30300	Bescanviador	Nafta lleugera	Mescla Líquid/Vapor	Escalfar la alimentació reactor	-	N.A.	160/200	37/37	-
618-E-3	R1-618-30300	Bescanviador	Nafta lleugera	Mescla Líquid/Vapor	Escalfar la alimentació reactor	-	N.A.	110/160	37/36	-
618-E-4	R1-618-30600	Bescanviador	Isomerat lleuger	Mescla Líquid/Vapor	Condensador columna estabilitzadora	-	N.A.	204	14	-
618-E-5	R1-618-30500	Bescanviador	Isomerat pesat	Mescla Líquid/Vapor	Bullidor columna estabilitzadora	-	N.A.	216/216	10,3/13,1	-
618-E-6	R1-618-30800	Bescanviador	Isomerat lleuger	Mescla Líquid/Vapor	Condensador columna DIH	-	N.A.	177	3,45	-
618-E-7	R1-618-30700	Bescanviador	Isomerat pesat	Mescla Líquid/Vapor	Bullidor columna DIH	-	N.A.	216/216	10,3/13,1	-

Nº de identificació/ TAG	P&ID	Nº LÍNIA	PRODUCTE MAJORITARI	DESCRIPCIÓ FUNCIÓ	TIPUS	MATERIAL
618-FCV-1101	R1-618-30900	NL-618006	Nafta lleugera	Vàlvula de control de cabal	Vàlvula de control	Acero al carboni ASTM A106
618-PCV-1400	R1-618-30400	INL-618019	Nafta isomeritzada	Vàlvula de control de pressió	Vàlvula de control	Acero al carboni ASTM A106
618-PCV-1200	R1-618-30200	H2-618007	Hidrogen	Vàlvula de control de pressió	Vàlvula de control	Acero al carboni ASTM A53
618-FCV-1601	R1-618-30700	CL-618010	Aigua	Vàlvula de control de cabal	Vàlvula de control	Acero al carboni ASTM A106
618-TCV-1500	R1-618-30600	INL-618034	Nafta isomeritzada	Vàlvula de control de temperatura	Vàlvula de control	Acero al carboni ASTM A53
618-LCV-1500	N.A	INL-618028	Nafta isomeritzada	Vàlvula de control de nivell	Vàlvula de control	Acero al carboni ASTM A53
618-TCV-1600	R1-618-30800	INL-618049	Nafta isomeritzada	Vàlvula de control de temperatura	Vàlvula de control	Acero al carboni ASTM A53
618-PCV-1401	R1-618-30500	INL-618022	Nafta isomeritzada	Vàlvula de control de pressió	Vàlvula de control	Acero al carboni ASTM A106
618-LCV-1600	N.A	INL-618043	Nafta isomeritzada	Vàlvula de control de nivell	Vàlvula de control	Acero al carboni ASTM A53
618-PSV-1	R1-618-30100	FL-607000	Nafta lleugera	Vàlvula de seguretat a 21 kg/cm2 Diàmetres entrada 4" i sortida 5"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A53
618-PSV-2	R1-618-30100	FL-607001	Nafta lleugera	Vàlvula de seguretat a 21 kg/cm2 Diàmetres entrada 4" i sortida 5"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A53
618-PSV-3	R1-618-30200	FL-607002	Hidrogen	Vàlvula de seguretat a 34 kg/cm2 Diàmetres entrada 2" i sortida 3"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A53
618-PSV-4	R1-618-30200	FL-607003	Hidrogen	Vàlvula de seguretat a 34 kg/cm2 Diàmetres entrada 2" i sortida 3"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A53
618-PSV-5	R1-618-30300	SL-603001	Vapor	Vàlvula de seguretat a 6 kg/cm2 Diàmetres entrada 2" i sortida 3"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A106
618-PSV-6	R1-618-30300	FL-607004	Nafta lleugera	Vàlvula de seguretat a 34 kg/cm2 Diàmetres entrada 7" i sortida 8"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A106
618-PSV-7	R1-618-30300	FL-607005	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 34 kg/cm2 Diàmetres entrada 6" i sortida 8"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A106
618-PSV-8	R1-618-30400	FL-607006	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 40 kg/cm2 Diàmetres entrada 7" i sortida 8"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A106
618-PSV-9	R1-618-30400	FL-607007	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 40 kg/cm2 Diàmetres entrada 6" i sortida 7"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A106
618-PSV-10	R1-618-30400	FL-607008	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 40 kg/cm2 Diàmetres entrada 6" i sortida 7"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A106
618-PSV-11	R1-618-30400	FL-607009	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 40 kg/cm2 Diàmetres entrada 6" i sortida 7"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A106
618-PSV-12	R1-618-30500	FL-6070011	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 14 kg/cm2 Diàmetres entrada 5" i sortida 6"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A53
618-PSV-13	R1-618-30500	FL-6070011	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 14 kg/cm2 Diàmetres entrada 4" i sortida 6"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A53
618-PSV-14	R1-618-30500	SL-603005	Vapor	Vàlvula de seguretat a 6 kg/cm2 Diàmetres entrada 3" i sortida 4"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A106
618-PSV-15	R1-618-30600	FL-6070012	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 14 kg/cm2 Diàmetres entrada 4" i sortida 6"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A53
618-PSV-16	R1-618-30700	FL-6070014	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 3 kg/cm2 Diàmetres entrada 8" i sortida 10"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A53
618-PSV-17	R1-618-30700	FL-6070013	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 3 kg/cm2 Diàmetres entrada 5" i sortida 6"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A53
618-PSV-18	R1-618-30500	FL-6070010	Vapor	Vàlvula de seguretat a 6 kg/cm2 Diàmetres entrada 3 1/2" i sortida 4"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A106
618-PSV-19	R1-618-30700	SL-603013	Vapor	Vàlvula de seguretat a 6 kg/cm2 Diàmetres entrada 6" i sortida 7"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A106
618-PSV-20	R1-618-30800	FL-6070016	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 15 kg/cm2 Diàmetres entrada 4" i sortida 5"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A53
618-PSV-21	R1-618-30700	FL-6070015	Nafta isomeritzada	Vàlvula de seguretat a 4 kg/cm2 Diàmetres entrada 10" i sortida 11"	Vàlvula de seguretat PSV	Acero al carboni ASTM A106

NOM DE LA LÍNIA						AÏLLAMENT		LOCALITZACIÓ LÍNIA			DADES DE DISSENY	
Nº LÍNIA	DESCRIPCIÓ FUNCIO	OD (in)	FLUID	ESTAT	MATERIAL	TIPUS	GRUIX (mm)	DES DE	FINS	P&ID	T.D. [°C]	P.D. [barg]
NL-618000	Entrada nafta lleugera	4	Nafta lleugera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	Entrada fresca	NL-618001 / NL-618002	R1-618-30100	65	6,5
NL-618001	Transport nafta lleugera a secadors	4	Nafta lleugera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	NL-618000	618-C-1-A	R1-618-30100	65	6,5
NL-618002	Transport nafta lleugera a secadors	4	Nafta lleugera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	NL-618000	618-C-1-B	R1-618-30100	65	6,5
NL-618003	Sortida nafta de secadors	4	Nafta lleugera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-C-1-A	NL-618005	R1-618-30100	65	6,5
NL-618004	Sortida nafta de secadors	4	Nafta lleugera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-C-1-B	NL-618005	R1-618-30100	65	6,5
NL-618005	Transport nafta lleugera a bombes	4	Nafta lleugera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	NL-618003 / NL-618004	618-P-1-A/B	R1-618-30100 / R1-618-30900	65	6,5
NL-618006	Transport nafta lleugera	2,5	Nafta lleugera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-1-A/B	NL-6180013	R1-618-30900	65	37
H2-618007	Entrada hidrogen	2	Hidrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	Entrada fresca	H2-618006 / H2-618009	R1-618-30200	50	37
H2-618008	Transport hidrogen a secadors	2	Hidrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	H2-618007	618-C-2-A	R1-618-30200	50	37
H2-618009	Transport hidrogen a secadors	2	Hidrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	H2-618007	618-C-2-B	R1-618-30200	50	37
H2-618010	Sortida d'hidrogen de secadors	2	Hidrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	618-C-2-A	H2-618012	R1-618-30200	50	37
H2-618011	Sortida d'hidrogen de secadors	2	Hidrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	618-C-2-B	H2-618012	R1-618-30200	50	37
H2-618012	Sortida d'hidrogen de secadors	2	Hidrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	H2-618010 / H2-618011	NL-618013	R1-618-30200 / R1-618-30900	50	37
NL-618013	Tranport mescla a intercanviadors	6	Nafta + hidrogen	Mescla	ASTM A53.	N.A.	-	NL-618006 / H2-618012	618-E-3	R1-618-30300 / R1-618-30900	165	37
NL-618014	Bypass intercanviador, control	6	Nafta + hidrogen	Mescla	ASTM A53.	N.A.	-	NL-618013	NL-618016	R1-618-30300	165	37
NL-618015	Tranport mescla a intercanviadors	6	Nafta + hidrogen	Mescla	ASTM A53.	N.A.	-	618-E-3	NL-618016	R1-618-30300	165	37
NL-618016	Tranport mescla a intercanviadors	6	Nafta + hidrogen	Mescla	ASTM A53.	N.A.	-	NL-618014 / NL-618015	618-E-2	R1-618-30300	165	37
NL-618017	Tranport mescla a intercanviadors	6	Nafta + hidrogen	Mescla	ASTM A53.	N.A.	-	618-E-2	618-E-1	R1-618-30300	165	37
NL-618018	Transport mescla a reactors	7	Nafta + hidrogen	Mescla	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	40	618-E-1	618-R-1-A	R1-618-30300 / R1-618-30400	165	37
INL-618019	Tranport mescla a intercanviadors	6	Nafta isomeritzada	Mescla	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	50	618-R-1-A	618-E-2	R1-618-30300 / R1-618-30400	185	37
INL-618020	Tranport mescla a reactors	6	Nafta isomeritzada	Mescla	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	30	618-E-2	618-R-1-B	R1-618-30300 / R1-618-30400	145	37
INL-618021	Tranport mescla a intercanviadors	6	Nafta isomeritzada	Mescla	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	30	618-R-1-B	618-E-3	R1-618-30300 / R1-618-30400	145	37
INL-618022	Transport a columna estabilitzadora	6	Nafta isomeritzada	Mescla	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	40	618-E-3	INL-618023 / INL-618024	R1-618-30400 / R1-618-30500	145	37
INL-618023	Entrada a columna estabilitzadora	6	Nafta isomeritzada	Mescla	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	30	INL-618022	618-C-3	R1-618-30500	145	15
INL-618024	Entrada a columna estabilitzadora	6	Nafta isomeritzada	Mescla	ASTM 106 GR. B	N.A.	-	INL-618022	618-C-3	R1-618-30500	145	15
INL-618025	Sortida de cap columna estabilitzadora	5	Nafta isomeritzada	Mescla	ASTM 106 GR. B	N.A.	-	618-C-3	618-E-4	R1-618-30500 / R1-618-30600	60	15
INL-618026	Sortida de aeri	3	Nafta isomeritzada	Mescla	ASTM A53.	N.A.	-	618-E-4	618-V-1	R1-618-30600	60	15
INL-618027	Sortida condensador gas	4	Gasos	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	618-V-1	Scrubber / Torxa (unspecified)	R1-618-30600	60	15
INL-618028	Sortida producte	4	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618029	618-P-4-A/B (unspecified)	R1-618-30600	60	15
INL-618029	Sortida condensador liquid	6	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-V-1	INL-618030 / INL-618031	R1-618-30600	60	15
INL-618030	Entrada a bomba de reflux	6	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618029	618-P-3B	R1-618-30600	60	15
INL-618031	Entrada a bomba de reflux	6	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618029	618-P-3A	R1-618-30600	60	15
INL-618032	Sortida de bomba de reflux	4	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-C-3	INL-618034	R1-618-30600	60	15
INL-618033	Sortida de bomba de reflux	4	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-3A	INL-618034	R1-618-30600	60	15
INL-618034	Entrada de reflux a la columna	4	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618032 / INL-618033	618-C-3	R1-618-30500 / R1-618-30600	60	15
INL-618035	Sortida de fons columna estabilitzadora	6	Nafta isomeritzada	Liquid	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	50	618-C-3	618-E-5	R1-618-30500	175	15
INL-618036	Sortida bullidor a columna	8	Nafta isomeritzada	Mescla	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	50	618-E-5	618-C-3	R1-618-30500	175	15
INL-618037	Sortida de fons columna estabilitzadora	6	Nafta isomeritzada	Liquid	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	50	618-C-3	INL-618038 / INL-618039	R1-618-30500 / R1-618-30700	175	15
INL-618038	Entrada a columna DIH	6	Nafta isomeritzada	Liquid	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	50	INL-618037	618-C-4	R1-618-30700	175	15
INL-618039	Entrada a columna DIH	6	Nafta isomeritzada	Liquid	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	50	INL-618037	618-C-4	R1-618-30700	175	15
INL-618040	Sortida de cap columna DIH	8	Isomerat lleuger	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	618-C-4	618-E-6 / INL-618042	R1-618-30700 / R1-618-30800	120	3
INL-618041	Sortida condensador aeri	4	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-E-6	INL-618042	R1-618-30800	60	3
INL-618042	Sortida condensador aeri	4	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618041	618-V-2	R1-618-30800	60	3
INL-618043	Sortida producte acumulador	4	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-V-2	618-P-6-A/B (unspecified)	R1-618-30800	60	3
INL-618044	Sortida reflux acumulador	8	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-V-2	INL-618045 / INL-618046	R1-618-30800	60	3
INL-618045	Entrada a bomba de reflux	8	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618044	618-P-5A	R1-618-30800	60	3
INL-618046	Entrada a bomba de reflux	8	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618044	618-P-5B	R1-618-30800	60	3
INL-618047	Entrada a bomba de reflux	5	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-5A	INL-618049	R1-618-30800	60	3
INL-618048	Entrada a bomba de reflux	5	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-5B	INL-618049	R1-618-30800	60	3
INL-618049	Entrada reflux a la columna	5	Isomerat lleuger	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618047 / INL-618048	618-C-4	R1-618-30700 / R1-618-30800	60	3
INL-618050	Sortida producte de la columna	4	Isomerat pesat	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-C-4	618-P-7-A/B (unspecified)	R1-618-30700	80	3
INL-618051	Sortida de fons de columna	6	Nafta pesada	Liquid	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	25	618-C-4	618-E-7	R1-618-30700	125	5
INL-618052	Sortida bullidor a columna	10	Nafta pesada	Liquid	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	25	618-E-7	618-C-4	R1-618-30700	125	5
INL-618053	Sortida producte de fons de columna	4	Nafta pesada	Liquid	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	25	618-C-4	(unspecified)	R1-618-30700	125	5
INL-618054	Sortida recicle de la columna	6	Nafta lleugera	Liquid	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	25	618-C-4	618-P-2-A/B	R1-618-30700 / R1-618-30900	115	5
INL-618055	Transport recicle	2,5	Nafta lleugera	Liquid	ASTM 106 GR. B	Llana de roca	25	618-P-2-A/B	NL-618013	R1-618-30900	115	37
N2-601000	Nitrogen per la inertització dels equips 618-C-1-A/B	3-4	Nitrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	N2 System	NL-618001 / NL-618002	R1-618-30100	50	6
FL-607000	Gasos a torxa	4-5	Nafta lleugera	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	NL-618003	Torxa	R1-618-30100	65	6,5
FL-607001	Gasos a torxa	4-5	Nafta lleugera	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	NL-618004	Torxa	R1-618-30100	65	6,5
N2-601001	Nitrogen per la inertització dels equips 618-C-2-A/B	1-2	Nitrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	N2 System	H2-618008 / H2-618009	R1-618-30200	50	6
FL-607002	Gasos a torxa	2-3	Hidrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	H2-618010	Torxa	R1-618-30200	50	37
FL-607003	Gasos a torxa	2-3	Hidrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	H2-618011	Torxa	R1-618-30200	50	37
SL-603000	Vapor pel bescanviador 618-E-1.	4	Vapor	Gas	ASTM A106 Gr B.	Llana de roca	50	System Steam	618-E-1	R1-618-30300	175	6,5
SL-603001	Vapor del bescanviador 618-E-1.	3	Vapor	Gas	ASTM A106 Gr B.	N.A.	50	CL-603002	Atmosfera	R1-618-30300	175	6,5


Nº LÍNIA	DESCRIPCIÓ FUNCIO	OD (in)	FLUID	ESTAT	MATERIAL	TIPUS	GRUIX (mm)	DES DE	FINS	P&ID	T.D. [°C]	P.D. [barg]
CL-603002	Condensat del vapor de 618-E-1	2	Condensat	Liquid	ASTM A106 Gr B.	Llana de roca	50	618-E-1	Condensate System	R1-618-30300	175	6.5
CL/SL-603003	Condensat/Vapor procedent 618-E-1	1	Condensat/Vapor	Liquid/ Gas	ASTM A106 Gr B.	Llana de roca	50	CL-603002	SL-603000	R1-618-30300	175	6.5
FL-607004	Gasos a torxa	8	Nafta lleugera	Gas	ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	NL-618018	FL-607005	R1-618-30300	165	37
FL-607005	Gasos a torxa	8	Nafta lleugera	Gas	ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	NL-618022	Torxa	R1-618-30300	140	37
PE-607009	Subministra percloroetilè	1	Percloroetilè	Liquid	ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	Tanc de percloroetilè	NL-618018	R1-618-30300	165	37
N2-601002	Nitrogen per la inertització dels equips 618-R-1-A/B	4-7	Nitrogen	Gas	ASTM A53/ ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	N2 System	INL-618020	R1-618-30400	50	6
FL-607006	Gasos a torxa	8	Isòmers de nafta lleugera	Gas	ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	INL-618020	Torxa	R1-618-30400	140	37
FL-607007	Gasos a torxa	7	Isòmers de nafta lleugera	Gas	ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	INL-618021	Torxa	R1-618-30400	140	37
FL-607008	Gasos a torxa	7	Isòmers de nafta lleugera	Gas	ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	INL-618019	Torxa	R1-618-30400	185	37
FL-607009	Gasos a torxa	7	Isòmers de nafta lleugera	Gas	ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	INL-618019	Torxa	R1-618-30400	185	37
N2-601003	Nitrogen per la inertització de l'equip 618-C-3	4-6	Nitrogen	Gas	ASTM A53/ ASTM A106 Gr B.	N.A./llana de roca	50	N2 System	INL-618022	R1-618-30500	50	6
FL-607010	Gasos a torxa	3 1/2-4	Vapor	Gas	ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	SL-603004	Torxa	R1-618-30500	175	6.5
SL-603004	Vapor pel reboiler 618-E-5.	3 1/2	Vapor	Gas	ASTM A106 Gr B.	Llana de roca	50	System Steam	618-E-5	R1-618-30500	175	6.5
SL-603005	Vapor del reboiler 618-E-5.	4	Vapor	Gas	ASTM A106 Gr B.	N.A.	50	CL-603006	Atmosfera	R1-618-30500	175	6.5
CL-603006	Condensat del vapor de 618-E-5	3	Condensat	Liquid	ASTM A106 Gr B.	Llana de roca	50	618-E-5	Condensate System	R1-618-30500	175	6.5
CL/SL-603007	Condensat/Vapor procedent 618-E-5	1	Condensat/Vapor	Liquid/ Gas	ASTM A106 Gr B.	Llana de roca	50	CL-603006	SL-603004	R1-618-30500	175	6.5
N2-601004	Nitrogen per la inertització de l'equip 618-C-3 i 618-E-5	4-6	Nitrogen	Gas	ASTM A53/ ASTM A106 Gr B.	N.A./llana de roca	50	N2 System	INL-618035	R1-618-30500	50	6
FL-607011	Gasos a torxa	6	Isòmers de nafta lleugera	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618025 / INL-618034	Torxa	R1-618-30500	60	15
N2-601005	Pressurització líquid barrera bombes 618-P-3 A/B	1	Nitrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	N2 System	618-P-3 A/B	R1-618-30600	50	6
LB-608000	Refrigeració bombes 618-P-3 A/B	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	LB System	618-P-3 A/B	R1-618-30600	N.A	N.A
LB-608002	Refrigeració bombes 618-P-3 A/B	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-3 A/B	618-P-3 A/B	R1-618-30600	N.A	N.A
LB-608003	Refrigeració bombes 618-P-3 A/B	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-3 A/B	618-P-3 A/B	R1-618-30600	N.A	N.A
LB-608004	Refrigeració bombes 618-P-3 A/B	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-3 A/B	618-P-3 A/B	R1-618-30600	N.A	N.A
LB-608005	Refrigeració bombes 618-P-3 A/B	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-3 A/B	618-P-3 A/B	R1-618-30600	N.A	N.A
CW-606000	Refrigeració líquid barrera	1-2	Cooling Water	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-3 A/B	CW	R1-618-30600	N.A	N.A
CW-606001	Refrigeració líquid barrera	2-1	Cooling Water	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	CW	618-P-3 A/B	R1-618-30600	N.A	N.A
WT-604000	Aigua de 618-V-1	2	Aigua	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-V-1	Treatment System	R1-618-30600	N.A	N.A
FL-607012	Gasos a torxa	6	Isòmers de nafta lleugera	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618027	Torxa	R1-618-30600	60	15
N2-601007	Nitrogen per la inertització de l'equip 618-C-4 i 618-E-7	4-6	Nitrogen	Gas	ASTM A53/ ASTM A106 Gr B.	N.A./llana de roca	50	N2 System	INL-618051	R1-618-30700	50	6
FL-607013	Gasos a torxa	6	Isòmers de nafta lleugera	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618040	Torxa	R1-618-30700	60	3
FL-607014	Gasos a torxa	10	Isòmers de nafta lleugera	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618049	FL-607014	R1-618-30700	120	3
FL-607015	Gasos a torxa	11	Isòmers de nafta lleugera	Gas	ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	INL-618052	Torxa	R1-618-30700	125	5
SL-603009	Vapor pel reboiler 618-E-7.	6	Vapor	Gas	ASTM A106 Gr B.	Llana de roca	50	System Steam	618-E-7	R1-618-30700	175	6.5
CL-6030010	Condensat del vapor de 618-E-7	6	Condensat	Liquid	ASTM A106 Gr B.	Llana de roca	50	618-E-7	CL-603012	R1-618-30700	175	6.5
CL/SL-603011	Condensat/Vapor procedent 618-E-7	6	Condensat/Vapor	Liquid/ Gas	ASTM A106 Gr B.	Llana de roca	50	CL-603012	SL-603009	R1-618-30700	175	6.5
CL-603012	Condensat del vapor de 618-E-7	1	Condensat	Liquid	ASTM A106 Gr B.	Llana de roca	50	CL-6030010	Condensate System	R1-618-30700	175	6.5
SL-603013	Vapor del reboiler 618-E-7.	7	Vapor	Gas	ASTM A106 Gr B.	N.A.	50	CL-6030010	Atmosfera	R1-618-30700	175	6.5
N2-601008	Pressurització líquid barrera bombes 618-P-5 A/B	1	Nitrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	N2 System	618-P-5 A/B	R1-618-30800	50	6
LB-608001	Refrigeració bombes 618-P-5 A/B	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	LB System	618-P-5 A/B	R1-618-30800	N.A	N.A
LB-608006	Refrigeració bombes 618-P-5 A/B	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-5 A/B	618-P-5 A/B	R1-618-30800	N.A	N.A
LB-608007	Refrigeració bombes 618-P-5 A/B	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-5 A/B	618-P-5 A/B	R1-618-30800	N.A	N.A
LB-608008	Refrigeració bombes 618-P-5 A/B	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-5 A/B	618-P-5 A/B	R1-618-30800	N.A	N.A
LB-608009	Refrigeració bombes 618-P-5 A/B	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-5 A/B	618-P-5 A/B	R1-618-30800	N.A	N.A
CW-606002	Refrigeració líquid barrera	1-2	Cooling Water	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-5 A/B	CW	R1-618-30800	N.A	N.A
CW-606003	Refrigeració líquid barrera	2-1	Cooling Water	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	CW	618-P-5 A/B	R1-618-30800	N.A	N.A
WT-604001	Aigua de 618-V-2	4	Aigua	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-V-2	Treatment System	R1-618-30800	N.A	N.A
FL-607016	Gasos a torxa	5	Isòmers de nafta lleugera	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	INL-618041	Torxa	R1-618-30800	60	3
N2-601009	Pressurització líquid barrera bombes 618-P-1/2	2	Nitrogen	Gas	ASTM A53.	N.A.	-	N2 System	618-P-1/2	R1-618-30900	50	6
LB-608014	Refrigeració bombes 618-P-1/2	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	LB System	618-P-1/2	R1-618-30900	N.A	N.A
LB-608010	Refrigeració bomba 618-P-1	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-1	618-P-1	R1-618-30900	N.A	N.A
LB-608011	Refrigeració bomba 618-P-1	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-1	618-P-1	R1-618-30900	N.A	N.A
LB-608012	Refrigeració bomba 618-P-2	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	618-P-2	618-P-2	R1-618-30900	N.A	N.A
LB-608013	Refrigeració bomba 618-P-2	1	Liquid barrera	Liquid	ASTM A106 Gr B.	N.A.	-	618-P-2	618-P-2	R1-618-30900	N.A	N.A
CW-606003	Refrigeració líquid barrera	1-2	Cooling Water	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	618-P-1/2	CW	R1-618-30900	N.A	N.A
CW-606004	Refrigeració líquid barrera	2-1	Cooling Water	Liquid	ASTM A53.	N.A.	-	CW	618-P-1/2	R1-618-30900	N.A	N.A

GENERAL	Manufacturer:										
	Item:		618-R-1-A/B								
	Service:		Reacció Nafta Lleugera								
	Type:		Reactor								
OPER. CONDIT.	Product		Nafta Lleugera Isomeritzada								
	Temper. Alimentació/Cap/Fons		120.5 °C								
	Pressure		32 kg/cm ² g								
	Density		7.1 kg/m ³								
	Viscosity Entrada/Sortida		0.091 0.088 cP								
	Tray Number (Bottom Tray=No.1)		2								
	Tower Inside Diamenter		2.5 m								
	Tray Spacing		8 m								
	ΔP		0.1 kg/cm ²								
	Minimum Area/Downcomer Cap/Fons		m ²								
Valves, Bubble Caps / Tray											
Perforations / Tray		Tray									
DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)		37 kg/cm ² g								
	Des.Temp.		185 °C								
	Density Entrada/Sortida		377.4 374.5 kg/m ³								
	Design Range		%								
	Hydr. Test		47 kg/cm ² g								
	Code:		ASME - S VIII, D1								
	Corr.Allow.mm: Shell / Heads		3 / 3 mm.								
	Joint Efficiency:		85 %								
	Stress.Rel.:		Yes		No						
	Radiograph:		X Yes		No						
	Sandblast:		Yes		No						
	Paint:		Yes		No						
	Insulation:		X Yes		No						
	Fireproofing:		Yes		No						
	Wind Load:		N/m ²								
Seismic:		Yes		X		No					
Wt.Empty:		10400 kg									
Wt.Full Water:		48315 kg									
TRAY DATA & L.S	Tray No.		Diam.		Spacing		Material				
	Thru to										
	Thru to										
	Thru to										
	Thru to										
	Contact Device:										
			Bubble Caps								
			Valves								
			Perfor.								
	Packing:		yes								
Demister:											
MATERIAL	Shell-Top		Thick. (mm.)		Mat'l Class						
	Intermed		38		A516 grado 70						
	Bottom										
	Head-Top										
	Top		38		A516 grado 70						
	Bottom		38		A516 grado 70						
	Cone Section										
	Cladding, Lining										
NOZZLE	Service		Mark		No.		Size		Rating		
	Entrada		A1		1		7		150		
	Sortida		B1		1		7		150		
	Sortida		C1		1		7		150		
	Sortida		D1		1		7		150		
NOTES:											
REV.		DATE		PREP.		APPR.					
2		20/05/2017		E.G.							
1		05/05/2017		E.G.							

REACTOR 618-R-1-A/B

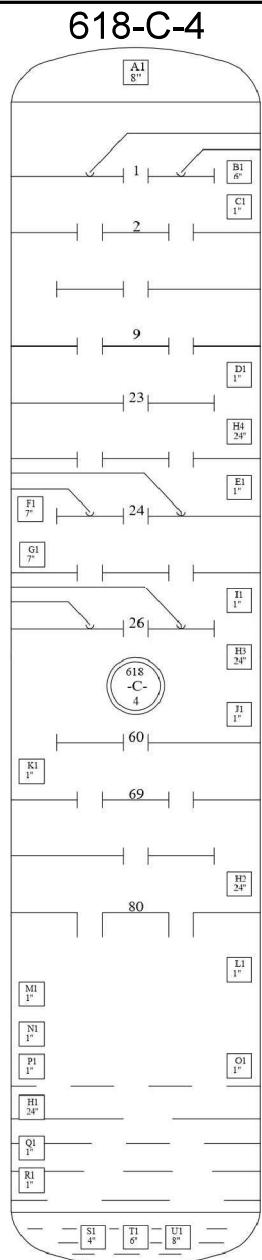
UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
 Departament d'Enginyeria Química

TOWER DATA SHEET

GENERAL		Manufacturer:																	
		Item:		Columna estabilizadora: 618-C-8															
		Service:																	
		Type:		Torre de destil·lació															
OPER. CONDIT.	Product	Destil·lat d'isòmers								<p style="text-align: center;">TOWER SKETCH</p>									
	Temper. Alimentació/Cap/Fons	105/38.0/152 °C																	
	Pressure	12.2 kg/cm ² g																	
	Liquid Density Cap/Fons	589/477 kg/m ³																	
	Liquid Viscosity Cap/Fons	0.3/0.2 cP																	
	Tray Number (Bottom Tray=No.1)	30																	
	Tower Inside Diamenter Cap/Fons	1.43/3.19 m.																	
	Tray Spacing	550 mm.																	
	Max. ΔP per Tray	0.07 kg/cm ²																	
	Minimum Area/Downcomer Cap/Fons	0.171/1.14 m ²																	
Valves, Bubble Caps / Tray																			
Perforations / Tray	Plats perforats																		
DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)	13.5 kg/cm ² g																	
	Des.Temp.	172 °C																	
	Liquid Density Cap/Fons	589/477 kg/m ³																	
	Design Range																		
	Hydr. Test	13.46 kg/cm ² g																	
	Code:	ASME - S VIII, D1																	
	Corr.Allow.mm: Shell / Heads	3 / 3 mm.																	
	Joint Efficiency:	85 %																	
	Stress.Rel.:	Yes	No																
	Radiograph:	X	Yes	No															
	Sandblast:	Yes	No																
	Paint:	Yes	No																
	Insulation:	Yes	X	No															
	Fireproofing:	Yes	No																
	Wind Load:			N/m ²															
Seismic:	Yes	No																	
Wt.Empty:	20366 kg																		
Wt.Full Water:	1E+05 kg																		
I T N R A E Y R S N A & L S	Tray No.	Diam.	Spacing	Material															
	Thru to																		
	Thru to																		
	Thru to																		
	Thru to																		
	Contact Device:																		
				Bubble Caps															
				Valves															
				Perfor. X															
	Packing:																		
Demister:																			
M A P E R I A L	Shell-Top	Thick. (mm.)	Mat'l Class																
	Intermed	11	A516 grado 70																
	Bottom	21.2	A516 grado 70																
	Head-Top																		
	Intermed	11	A516 grado 70																
	Bottom	21.2	A516 grado 70																
	Cone Section	31.8	A516 grado 70																
	Cladding, Lining																		
N O O Z Z L E	Service	Mark	No.	Size	Rating	Service	Mark	No.	Size	Rating									
	Condenser	A1	1	6		Transmissor de temperatura	L1	1	6										
	Transmissor de temperal	B1	1	1		Transmissor de nivell diferencial	M1	1	1										
	Condenser	C1	1	6		Indicador de nivell diferencial	N1	1	1										
	Alimentació	D1	1	8		Corrent	O1	1	6										
	Indicador de pressió	E1	1	1		Reboiler	P1	1	6										
	Alimentació	F1	1	8		Producte	Q1	1	6										
	Transmissor de pressió diferencial	G1	1	1															
	Boca d'home	H1	1	24															
	Boca d'home	H2	1	24															
	Reboiler	I1	1	10															
	Indicador de nivell diferencial	J1	1	1															
Transmissor de nivell diferencial	K1	1	1																
NOTES:																			
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="width: 40%;"> <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>05/05/2017</td> <td>A.G.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>REV.</td> <td>DATE</td> <td>PREP.</td> <td>APPR.</td> </tr> </table> </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  <p>UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química</p> </div> </div>												1	05/05/2017	A.G.		REV.	DATE	PREP.	APPR.
1	05/05/2017	A.G.																	
REV.	DATE	PREP.	APPR.																

TOWER DATA SHEET

GENERAL																							
Manufacturer:																							
Item:		Columna DIH: 618-C-4																					
Service:																							
Type:		Torre de destil·lació																					
OPER. CONDIT.		Product			Destil·lat d'isòmers																		
		Temper. Alimentació/Cap/Fons			144/43.6/99.8 °C																		
		Pressure			11.8 kg/cm ² g																		
		Liquid Density Cap/Fons			612/622 kg/m ³																		
		Liquid Viscosity Cap/Fons			0.3/0.3 cP																		
		Tray Number (Bottom Tray=No.1)			80																		
		Tower Inside Diamenter			3.44 m.																		
		Tray Spacing			550 mm.																		
		Max. ΔP per Tray			0.07 kg/cm ²																		
		Minimum Area/Downcomer Cap/Fons			0.836/0.632 m ²																		
		Valves, Bubble Caps / Tray																					
		Perforations / Tray			Plats perforats																		
DESIGN DATA		Des.Pr.(eff.)			3.65 kg/cm ² g																		
		Des.Temp.			125 °C																		
		Liquid Density Cap/Fons			612/622 kg/m ³																		
		Design Range			%																		
		Hydr.Test			3.652 kg/cm ² g																		
		Code:			ASME - S VIII, D1																		
		Corr.Allow.mm: Shell / Heads			3 / 3 mm.																		
		Joint Efficiency:			85 %																		
		Stress.Rel.:			Yes No																		
		Radiograph:			X Yes No																		
		Sandblast:			Yes No																		
		Paint:			Yes No																		
		Insulation:			Yes X No																		
		Fireproofing:			Yes No																		
		Wind Load:			N/m ²																		
		Seismic:			Yes No																		
		Wt.Empty:			43470 kg																		
		Wt.Full Water:			463067 kg																		
I N T R A Y S N A & L S		Tray No.			Diam.			Spacing		Material													
		Thru to																					
		Thru to																					
		Thru to																					
		Thru to																					
		Contact Device:						Bubble Caps															
								Valves															
								Perfor. X															
		Packing:																					
		Demister:																					
M A T E R I A L					Thick. (mm.)		Mat'l Class																
		Shell-Top																					
		Intermed			12.7		A516 grado 70																
		Bottom																					
		Head-Top																					
		Intermed			9.5		A516 grado 70																
		Bottom			12.7		A516 grado 70																
		Cone Section																					
		Cladding, Lining																					
N O Z L E		Service			Mark		No.		Size		Rating		Service			Mark		No.		Size		Rating	
		Condenser			A1		1		8				Transmisor de temperatura			J1		1		1			
		Condenser			B1		1		6				Recicle			K1		1		1			
		Transmisor de temperatura			C1		1		1				Transmisor de temperatura			L1		1		6			
		Producte			D1		1		4				Transmisor de pressió diferencial			M1		1		6			
		Transmisor de temperatura			E1		1		1				Indicador de nivell de fons de columna			N1		1		1			
		Alimentació			F1		1		7				Reboiler			O1		1		1			
		Alimentació			G1		1		7				Transmisor diferencial de nivell			P1		1		1			
		Boca d'home			H1		1		24				Transmisor diferencial de nivell			Q1		1		1			
		Boca d'home			H2		1		24				Indicador de nivell de fons de columna			R1		1		1			
		Boca d'home			H3		1		24				Producte			S1		1		3			
		Boca d'home			H4		1		24				Reboiler			T1		1		6			
		Indicador de temperatura			I1		1		1				-			U1		1		6			
NOTES:																							
2		15/05/2017		A.G.																			
1		05/05/2017		A.G.																			
REV.		DATE		PREP.		APPR.																	

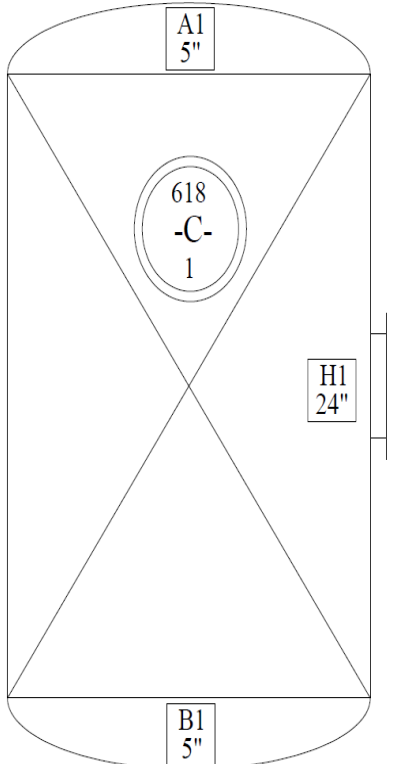


UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
Departament d'Enginyeria Química

TOWER DATA SHEET

1	GENERAL	Manufacturer:																			
2		Item:		618-C-1																	
3		Service:																			
4		Type:		Columna d'adsorció																	
5	OPER. CONDIT.	Product		Nàfta Lleugera																	
6		Temper. Alimentació/Cap/Fons		45 °C																	
7		Pressure		6.01 kg/cm ² g																	
8		Density Entrada/Sortida		634.5 / 633.9 kg/m ³																	
9		Viscosity Entrada/Sortida		0.222 / 0.221 cP																	
10		Tray Number (Bottom Tray=No.1)		1																	
11		Tower Inside Diamenter		0.5 m.																	
12		Tray Spacing		1.5 m.																	
13		ΔP		0.1 kg/cm ²																	
14		Minimum Area/Downcomer Cap/Fons		m ²																	
15	Valves, Bubble Caps / Tray																				
16	Perforations / Tray		Tray																		
17																					
18	DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)		32.5 kg/cm ² g																	
19		Des.Temp.		65 °C																	
20		Density Entrada/Sortida		634.5 / 633.9 kg/m ³																	
21		Design Range		%																	
22		Hydr.Test		42.3 kg/cm ² g																	
23		Code:		ASME - S VIII, D1																	
24		Corr.Allow.mm: Shell / Heads		3 / 3 mm.																	
25		Joint Efficiency:		85 %																	
26		Stress.Rel.:		Yes		No															
27		Radiograph:		Yes		No															
28		Sandblast:		Yes		No															
29		Paint:		Yes		No															
30		Insulation:		Yes		X		No													
31		Fireproofing:		Yes		No															
32		Wind Load:		N/m ²																	
33	Seismic:		Yes		No																
34	Wt.Empty:		118.5 kg																		
35	Wt.Full Water:		674.80 kg																		
36	T R A Y S & L S	Tray No.		Diam.		Spacing		Material													
37		Thru																			
38		Thru																			
39		Thru																			
40		Thru																			
41		Contact Device:																			
42				Bubble Caps																	
43				Valves																	
44				Perfor.																	
45		Packing: yes																			
46	Demister:																				
47	M A T E R I A L			Thick. (mm.)		Mat'l Class															
48		Shell-Top																			
49		Intermed																			
50		Bottom		6.35		A516 grado 70															
51																					
52		Head-Top																			
53		Top		6.35		A516 grado 70															
54		Bottom		6.35		A516 grado 70															
55																					
56		Cone Section																			
57																					
58	Cladding, Lining																				
59	N O O Z Z L E	Service		Mark		No.		Size		Rating		Service		Mark		No.		Size		Rating	
60		Alimentació		B1		1		5		300											
61		Sortida		A1		1		5		300											
62		Boca d'home		H1		1		24		300											
63																					
64																					
65																					
66																					
67																					
68																					
69																					
70																					
71																					
72	NOTES:																				
73																					
74																					
75																					
76																					
77																					
78	2		15/05/2017		J.M.																
79	1		05/05/2017		J.M.																
80	REV.		DATE		PREP.		APPR.														
81																					

618-C-1



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

TOWER DATA SHEET

1	GENERAL	Manufacturer:											
2		Item:		618-C-2									
3		Service:											
4		Type:		Columna d'adsorció									
5	OPER. CONDIT.	Product		Hidrogen									
6		Temper. Alimentació/Cap/Fons		28	°C								
7		Pressure		33.1	kg/cm ² g								
8		Density		7.1	kg/m ³								
9		Viscosity Entrada/Sortida		1.23E-2 / 1.24E-2		cP							
10		Tray Number (Bottom Tray=No.1)		3									
11		Tower Inside Diamenter		0.6	m								
12		Tray Spacing		1	m								
13		ΔP		0.7	kg/cm ²								
14		Minimum Area/Downcomer Cap/Fons				m ²							
15	Valves, Bubble Caps / Tray												
16	Perforations / Tray		Tray										
17													
18	DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)		37	kg/cm ² g								
19		Des.Temp.		48	°C								
20		Density Entrada/Sortida		7.1	kg/m ³								
21		Design Range				%							
22		Hydr.Test		48.1	kg/cm ² g								
23		Code:		ASME - S VIII, D1									
24		Corr.Allow.mm: Shell / Heads		3 / 3	mm.								
25		Joint Efficiency:		85	%								
26		Stress.Rel.:		Yes	No								
27		Radiograph:		Yes	No								
28		Sandblast:		Yes	No								
29		Paint:		Yes	No								
30		Insulation:		Yes	X	No							
31		Fireproofing:		Yes	No								
32		Wind Load:				N/m ²							
33	Seismic:		Yes	No									
34	Wt.Empty:		366.2	kg									
35	Wt.Full Water:		1440.60	kg									
36	T R A Y S N A & L S	Tray No.		Diam.	Spacing	Material							
37		Thru to											
38		Thru to											
39		Thru to											
40		Thru to											
41		Contact Device:											
42				Bubble Caps									
43				Valves									
44				Perfor.									
45		Packing:		yes									
46	Demister:												
47	M A T E R I A L			Thick. (mm.)	Mat'l Class								
48		Shell-Top											
49		Intermed		12.7	A516 grado 70								
50		Bottom											
51													
52		Head-Top											
53		Top		9.5	A516 grado 70								
54		Bottom		9.5	A516 grado 70								
55													
56		Cone Section											
57													
58	Cladding, Lining												
59	N O O Z Z L E	Service		Mark	No.	Size	Rating	Service	Mark	No.	Size	Rating	
60		Alimentació		B1	1	3	300						
61		Sortida		A1	11	3	300						
62		Boca d'home		H1	1	24	300						
63													
64													
65													
66													
67													
68													
69													
70													
71													
72	NOTES:												
73													
74													
75													
76													
77													
78	2		15/05/2017	J.M.									
79	1		05/05/2017	J.M.									
80	REV.		DATE	PREP.	APPR.								
81													

618-C-2

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


TOWER DATA SHEET

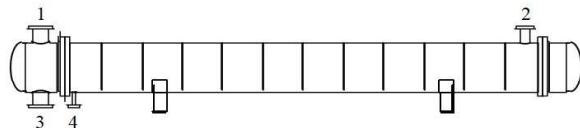
1	GENERAL	Manufacturer:									
2		Item:		Tamisos Moleculares							
3		Service:									
4		Type:		Columna d'adsorció							
5	OPER. CONDIT.	Product		Nafeta Lleugera							
6		Temper. Alimentació/Cap/Fons		250 °C							
7		Pressure		14.3 kg/cm ² g							
8		Density Entrada/Sortida		25.3 / 29.5 kg/m ³							
9		Viscosity Entrada/Sortida		1.2E-2 / 1.23E-2 cP							
10		Tray Number (Bottom Tray=No.1)		14							
11		Tower Inside Diamenter		5.2 m.							
12		Tray Spacing		1 m.							
13		ΔP		0.0014 kg/cm ²							
14		Minimum Area/Downcomer Cap/Fons		m ²							
15	Valves, Bubble Caps / Tray										
16	Perforations / Tray		Tray								
17											
18	DESIGN DATA	Des.Pr.(eff.)		18.9 kg/cm ² g							
19		Des.Temp.		270 °C							
20		Density Entrada/Sortida		25.3 / 29.5 kg/m ³							
21		Design Range		%							
22		Hydr.Test		24.6 kg/cm ² g							
23		Code:		ASME - S VIII, D1							
24		Corr.Allow.mm: Shell / Heads		3 / 3 mm.							
25		Joint Efficiency:		85 %							
26		Stress.Rel.:		Yes No							
27		Radiograph:		Yes No							
28		Sandblast:		Yes No							
29		Paint:		Yes No							
30		Insulation:		Yes X No							
31		Fireproofing:		Yes No							
32	Wind Load:		N/m ²								
33	Seismic:		Yes No								
34	Wt.Empty:		31.52 Tn								
35	Wt.Full Water:		313.30 Tn								
36	T R A Y S & L S	Tray No.		Diam.		Spacing		Material			
37		Thru to									
38		Thru to									
39		Thru to									
40		Thru to									
41		Contact Device:									
42				Bubble Caps							
43				Valves							
44				Perfor.							
45		Packing: yes									
46	Demister:										
47	M A T E R I A L			Thick. (mm.)		Mat'l Class					
48		Shell-Top									
49		Intermed		38.1		A516 grado 70					
50		Bottom									
51											
52		Head-Top									
53		Top		22.2		A516 grado 70					
54		Bottom		22.2		A516 grado 70					
55											
56		Cone Section									
57											
58	Cladding, Lining										
59	N O O Z Z L E	Service		Mark		No.		Size		Rating	
60											
61											
62		Boca d'home		H1		1		24		300	
63											
64											
65											
66											
67											
68											
69											
70											
71											
72	NOTES:										
73											
74											
75											
76											
77											
78	2		15/05/2017		J.M.						
79	1		05/05/2017		J.M.						
80	REV.		DATE		PREP.		APPR.				
81											



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

HEAT EXCHANGER DATA SHEET 618-E-1


1	ITEM No.:		618-E-1		
2	Service:		Escalfar entrada del reactor		
3	Type:	BEM	Position:	Horizontal Total surface / unit: 71,7 (m ²)	
4	No. Shell:				
5	PERFORMANCE OF UNIT				
6			Shell side		
7			Tube side		
8	Fluid name		Vapor de baixa		
9	Fluid total flow		1746		
10	Vapour	kg/h		1709	
11	Liquid	kg/h		49680	
12	Steam	kg/h	1746	0	
13	Water	kg/h			
14	Temperature	°C	155	154	
15	Density (L/V)	kg/m ³	861,8	2,72	
16	Viscosity (L/V)	cP	0,178	0,015	
17	Vapour molecular weight		18,02	18,02	
18	Specific heat (L/V)	kJ/(kg.°C)		1,98	
19	Thermal conductivity (L/V)	W/(m.°C)		0,03	
20	Latent heat	kJ/kg	2181	264,8	
21	Inlet pressure	bar	5,2	33	
22	Velocity (allowable / calculated)	m/s	10	5,62	
23	Pressure drop (allowable / calculated)	bar	0,25	0,028	
24	Fouling resistance	m ² .°C/W	0,0002	0,00018	
25	Heat exchanged:		1057		
26	Heat transfer rate (W/m2.°C)		Fouled: 810	Clean: 1240	
27	CONSTRUCTION PER SHELL				
28	Codes:	Shell side	Tube side		
29	Design pressure bar	6	37		
30	Design temperature °C	190	180		
31	No. of passes	1	2		
32	Stress relief				
33	Radiograph.				
34	Corrosion allowance mm	3,18	3,18		
35	Nozzles	Service	Mark	Dia.	Rating
36		In shell side	2	90,1	150 ANSI
37		In tube side	1	154	150 ANSI
38		Out shell side	4	36,6	150 ANSI
39		Out tube side	3	154	150 ANSI
40					
41					
42					
43					
44					
45	MATERIALS			SKETCH	
46		Dia. (in)	Thick. (mm.)	Spec. Mat.	
47	Shell:	18	19	Crb steel	
48	Channel:				
49	Tubesheets:			Crb steel	
50	Baffles: n° / mat.		11	Crb steel	
51	Baffles spacing:	430 mm.			
52	Gruix bafles				
53	Tubes:				
54	N°	240			
55	OD	0,75 inches			
56	BWG:				
57	Length	5100 mm.			
58	Pitch:	24 mm.	△	30	
59					
60					
61					
62					
63					
64	NOTES:				
65	Material de la carcassa SA-516-Gr70				
66	Material tubos ASTM-106 Gr B				
67					
0	Jordi Añó	may-17			
1	Jordi Añó	jun-17			
REV.		DATE	PREP.	APPR.	
			 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química		

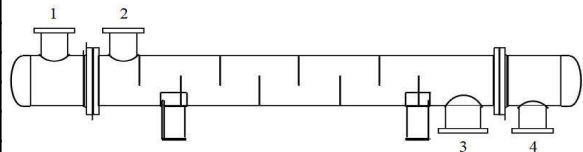


HEAT EXCHANGER DATA SHEET 618-E-2

1	ITEM No.:				618-E-2	
2	Service:	Escalfar entrada del reactor				
3	Type:	BEM	Position:	Horizontal	Total surface / unit: 104,1 (m ²)	
4	No. Shell:					
5	PERFORMANCE OF UNIT					
6			Shell side		Tube side	
7			Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
8	Fluid name		10->11		13->14	
9	Fluid total flow	kg/h	51472		51472	
10	Vapour	kg/h	569	1714	3240	895
11	Liquid	kg/h	50903	49758	48235	50580
12	Steam	kg/h				
13	Water	kg/h				
14	Temperature	°C	74	122	161	121
15	Density (L/V)	kg/m ³	603	9,44	444	48
16	Viscosity (L/V)	cP	0,132	0,015	0,0726	0,015
17	Vapour molecular weight		8,4	21,3	45,6	23
18	Specific heat (L/V)	kJ/(kg.°C)	2,48	4,54	3,31	2,7
19	Thermal conductivity (L/V)	W/(m.°C)	0,0975	0,102	0,0754	0,044
20	Latent heat	kJ/kg	352		177	
21	Inlet pressure	bar	33		32,8	
22	Velocity (allowable / calculated)	m/s	3	1,2	3	0,96
23	Pressure drop (allowable / calculated)	bar	0,25	0,0511	0,25	0,0338
24	Fouling resistance	m ² .°C/W	0,00018		0,00018	
25	Heat exchanged:	(kW)	1909			
26	Heat transfer rate (W/m2.°C)		Fouled: 438		Clean: 534	
27	CONSTRUCTION PER SHELL					
28	Codes:	Shell side	Tube side			
29	Design pressure bar	37	37			
30	Design temperature °C	160	200			
31	No. of passes	1	1			
32	Stress relief					
33	Radiograph.					
34	Corrosion allowance mm	3,18	3,18			
35	Nozzles	Service	Mark	Dia.	Rating	
36		In shell side	2	203	150 ANSI	
37		In tube side	4	154	150 ANSI	
38		Out shell side	3	203	150 ANSI	
39		Out tube side	1	154	150 ANSI	
40						
41						
42						
43						
44						
45	MATERIALS				SKETCH	
46		Dia. (in)	Thick. (mm.)	Spec. Mat		
47	Shell:	20	25	Crb steel		
48	Channel:					
49	Tubesheets:			Crb steel		
50	Baffles: n° / mat.		12	Crb steel		
51	Baffles spacing:	450 mm.				
52						
53	Tubes:					
54	N°	295				
55	OD	0,75 inches				
56	BWG:					
57	Length	6000 mm.				
58	Pitch:	24 mm.	△	30		
59						
60						
61						
62						
63						
64	NOTES:					
65	Material de la carcassa SA-516-Gr70					
66	Material tubs ASTM-106 Gr B					
67						
0	Jordi Añó	may-17			<p>UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química</p>	
1	Jordi Añó	jun-17				
REV.		DATE	PREP.	APPR.		

HEAT EXCHANGER DATA SHEET 618-E-3

1	ITEM No.:		618-E-3		
2	Service:		Preescalfar entrada del reactor		
3	Type:	BEM	Position:	Horizontal Total surface / unit: 8 (m ²)	
4	No. Shell:				
5	PERFORMANCE OF UNIT				
6			Shell side		
7			Inlet	Outlet	
8	Fluid name		9->10		
9	Fluid total flow		16->17		
10	Vapour	kg/h	461	609	
11	Liquid	kg/h	51012	50863	
12	Steam	kg/h			
13	Water	kg/h			
14	Temperature	°C	63	74	
15	Density (L/V)	kg/m ³	616	7,94	
16	Viscosity (L/V)	cP	0,145	0,014	
17	Vapour molecular weight		6,83	8,38	
18	Specific heat (L/V)	kJ/(kg.°C)	2,41	5,15	
19	Thermal conductivity (L/V)	W/(m.°C)	0,1	0,11	
20	Latent heat	kJ/kg	374		
21	Inlet pressure	bar	33		
22	Velocity (allowable / calculated)	m/s	5	3	
23	Pressure drop (allowable / calculated)	bar	0,3	0,26	
24	Fouling resistance	m ² .°C/W	0,00018		
25	Heat exchanged:		382		
26	Heat transfer rate (W/m2.°C)		Fouled: 964	Clean: 1597	
27	CONSTRUCTION PER SHELL				
28	Codes:	Shell side	Tube side		
29	Design pressure bar	37	36		
30	Design temperature °C	110	160		
31	No. of passes	1	1		
32	Stress relief				
33	Radiograph.				
34	Corrosion allowance mm	3,18	3,18		
35	Nozzles	Service	Mark	ia. (mm)	Rating
36		In shell side	2	203	150 ANSI
37		In tube side	4	154	150 ANSI
38		Out shell side	3	154	150 ANSI
39		Out tube side	1	154	150 ANSI
40					
41					
42					
43					
44					
45	MATERIALS			SKETCH	
46		Dia. (in)	Thick. (mm.)	Spec. Mat	
47	Shell:	10,8	15,55	Crb steel	
48	Channel:				
49	Tubesheets:			Crb steel	
50	Baffles: n° / mat.		9	Crb steel	
51	Baffles spacing:	250 mm.			
52					
53	Tubes:				
54	N°	54			
55	OD	0,75 inches			
56	BWG:				
57	Length	2550 mm.			
58	Pitch:	24 mm.	△	30	
59					
60					
61					
62					
63					
64	NOTES:				
65	Material de la carcassa SA-516-Gr70				
66	Material tubs ASTM-106 Gr B				
67					
0	Jordi Añó	may-17			
1	Jordi Añó	jun-17			
REV.		DATE	PREP.	APPR.	
			 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química		



1	ITEM No		618-E-4	
2	Service: Aircooler Condenser			
3	No. of bundles: 2			
4	Bundle surface (finned/bare):	5052/108	m ²	
5	Unit surface (finned/bare):	10103/216	m ²	
6				
7	OPERATING CONDITIONS. TUBE SIDE			
8	Fluid: Cond cap estabilizadora		Inlet	Outlet
9	Fluid total flow	kg/h	3,83E+04	
10	Vapour	kg/h	3,66E+04	0,00
11	Liquid	kg/h	0,000	3,66E+04
12	Steam	kg/h		
13	Noncondensables	kg/h	1,67E+03	1,67E+03
14	Temperature	°C	99	40
15	Density (L/V)	kg/m ³	504 / 22.8	587 / 7,92
16	Viscosity (L/V)	cp	0.116 / 0.010	0.159 / 0.013
17	Vapour molecular weight		61,7	61,7
18	Specific Heat (L/V)	kJ/kg.°C	2.91 / 2.19	2.43 / 2.51
19	Thermal Conductivity (L/V)	W/m.°C	0.084 / 0.026	0.101 / 0.053
20	Latent heat	kJ/kg	251	
21	Pressure	bar	9,66	
22	Velocity (Allowable/Calculated)	m/s		
23	Pressure Drop (Allowable/Calculated)	bar	0.250 / 0.205	
24	Fouling Resistance (min)	h.m ² .°C/kcal	0,00018	
25	OPERATING CONDITIONS. AIR SIDE			
26	Air Quantity (total/per fan)	(kg/h) (m ³ /s)	3.20E+05 / 12.7	
27	Temperature (in/out)	°C	30	80
28	Altitude	(m.)		
29	Power (total/per Fan)	kW	7.80 / 1.30	
30	Heat Exchanged: 4461 (kW)			
31	Heat Transfer Rate 453,7 (W/m ² .°C)			
32	DESIGN CONDITIONS			
33	Design Pressure	bar	14	
34	Design Temperature	°C	204	
35	Corrosion Allowance	mm		
36	Applicable Codes:		Bundle Weight -empty (kg.)	4839
37	Tubes	Fins	Header	
38	No./Bundle: 152	No./inch: 11	Material: Crb Steel	
39	Material: Crb Steel	Material: Aluminum 1060	No. Rows: 8	
40	OD BWG	OD 2.25 in	No. Passes: 4	No. Tubes/pass 38
41	Length: 30 ft	Thickness: 0.28 mm	No.Tubes 152	
42	Pitch: 70 mm 30 deg	Type: G-finned	Nozzles	
43			Size and rating (inlet/outlet) mm 122 / 66.7	
44	MECHANICAL EQUIPMENT		STEAM COIL	
45	Fans	Drivers	Steam Coil	No
46	No. 6	No.	No. tubes/Bundle:	Steam (kg/h)
47	Draft	Motor type:	Material:	Op. Pressure (kg/cm ²)
48	Diameter: 2,13	Power (kW):	OD BWG	Op. Temperature (°C)
49	Blade material:	Frequency (Hz):	Length:	Design Pressure (kg/cm ²)
50	Power/fan (kW) 1	Voltage (V):	Design Temp. (°C)	
51	Variable Speed	Yes	No	
52	SKETCH		NOTES:	
53			Material tubs ASTM-106 Gr B	
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
0	Albert González	may-17	UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química	
1	Jordi Añó	jun-17		
REV		DATE		

HEAT EXCHANGER DATA SHEET 618-E-5

1	ITEM No.:		618-E-5			
2	Service:		Bullidor estabilitzadora			
3	Type:	AEL	Position:	Vertical	Total surface / unit: 41,3 (m ²)	
4	No. Shell:					
5	PERFORMANCE OF UNIT					
6			Shell side		Tube side	
7			Inlet	Outlet	Inlet Outlet	
8	Fluid name		Vapor de baixa		Reboiler estabilitzadora	
9	Fluid total flow	kg/h	1,88E+03		7,91E+04	
10	Vapour	kg/h	1,88E+03	0,00	0,00 1,57E+04	
11	Liquid	kg/h	0,00	1,88E+03	7,91E+04 6,34E+04	
12	Steam	kg/h				
13	Water	kg/h				
14	Temperature	°C	180	175	148 149	
15	Density (L/V)	kg/m ³	0,00/4,39	834/0,00	478/0,00 478/34,2	
16	Viscosity (L/V)	cP	0,00/0,016	0,153/0,00	0,113/0,00 0,113/0,011	
17	Vapour molecular weight		18,0	-	- 79,7	
18	Specific heat (L/V)	kJ/(kg.°C)	4,92	2,03	3,16 2,42	
19	Thermal conductivity (L/V)	W/(m.°C)	0,679	0,032	0,077 0,029	
20	Latent heat	kJ/kg	2110		234,8	
21	Inlet pressure	bar	8,75		11,7	
22	Velocity (allowable / calculated)	m/s	5,00	4,37	5,00 3,22	
23	Pressure drop (allowable / calculated)	bar	0,300	0,035	0,164 0,157	
24	Fouling resistance	m ² .°C/W	2,00E-04		1,80E-04	
25	Heat exchanged:	(kW)	1,11E+03			
26	Heat transfer rate (W/m2.°C)		Fouled: 1,20E+03	Clean: 2,40E+03		
27	CONSTRUCTION PER SHELL					
28	Codes:	Shell side	Tube side			
29	Design pressure bar	10,3	13,1			
30	Design temperature °C	216	216			
31	No. of passes	1	1			
32	Stress relief					
33	Radiograph.					
34	Corrosion allowance mm	3,18	3,18			
35	Nozzles	Service	Mark	ia. (mm)	Rating	
36		In shell side	2	88,9	150 ANSI	
37		In tube side	4	152	150 ANSI	
38		Out shell side	3	19,1	150 ANSI	
39		Out tube side	1	203	150 ANSI	
40						
41						
42						
43						
44						
45	MATERIALS			SKETCH 		
46		Dia. (in)	Thick. (mm.)			Spec. Mat.
47	Shell:	18	19,0			Crb steel
48	Channel:					
49	Tubesheets:					Crb steel
50	Baffles: n° / mat.		10			Crb steel
51	Baffles spacing:	368 mm.				
52						
53	Tubes:					
54	N°	145				
55	OD	1 inches				
56	BWG:					
57	Length	3658 mm.				
58	Pitch:	31,8 mm.	△			30
59						
60						
61						
62						
63						
64	NOTES:					
65	Material de la carcassa SA-516-Gr70					
66	Material tubs ASTM-106 Gr B					
67						
0	Jordi Añó	may-17				
1	Jordi Añó	jun-17				
REV.		DATE	PREP.	APPR.		



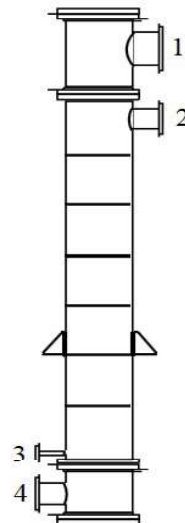
1	ITEM No		618-E-6	
2	Service: Aircooler Condenser			
3	No. of bundles: 2			
4	Bundle surface (finned/bare):	15598/166	m ²	
5	Unit surface (finned/bare):	31196/332	m ²	
6				
7	OPERATING CONDITIONS. TUBE SIDE			
8	Fluid: Entre columnas		Inlet	Outlet
9	Fluid total flow	kg/h	9,36E+04	
10	Vapour	kg/h	9,36E+04	4,63E+03
11	Liquid	kg/h	0,00	8,90E+04
12	Steam	kg/h		
13	Noncondensables	kg/h	0,00	0,00
14	Temperature	°C	54,0	51,2
15	Density (L/V)	kg/m ³	0,00 / 6,30	595 / 6,01
16	Viscosity (L/V)	cp	0,00 / 0,008	0,178/0,008
17	Vapour molecular weight		72,8	72,8
18	Specific Heat (L/V)	kJ/kg.°C	0,00/1,82	2,45/1,82
19	Thermal Conductivity (L/V)	W/m.°C	0,00/0,018	0,099/0,018
20	Latent heat	kJ/kg	305	
21	Pressure	bar	2,20	
22	Velocity (Allowable/Calculated)	m/s	/	
23	Pressure Drop (Allowable/Calculated)	bar	0,250 / 0100	
24	Fouling Resistance (min)	h.m ² .°C/kcal	1,80E-04	
25	OPERATING CONDITIONS. AIR SIDE			
26	Air Quantity (total/per fan)	(kg/h) (m ³ /s)	1,56E+06 / 46,6	
27	Temperature (in/out)	°C	30	49,2
28	Altitude	(m.)	0,00	
29	Power (total/per Fan)	kW	80,4/ 10,1	
30	Heat Exchanged:	8,41E+03 (kW)		
31	Heat Transfer Rate	602		(W/m ² .°C)
32	DESIGN CONDITIONS			
33	Design Pressure	bar	3,45	
34	Design Temperature	°C	177	
35	Corrosion Allowance	mm		
36	Applicable Codes:	Bundle Weight -empty (kg.) 6044		
37	Tubes	Fins	Header	
38	No./Bundle: 232	No./inch: 11	Material: Crb Steel	
39	Material: Crb Steel	Material: Aluminum 1060	No. Rows: 8	
40	OD 1 BWG	OD 2.25 in	No. Passes: 2	No. Tubes/pass 116
41	Length: 30 ft	Thickness: 0.28 mm	No.Tubes 232	
42	Pitch: 70 mm 30 deg	Type: G-finned	Nozzles	
43			Size and rating (inlet/outlet) mm 194 / 85.5	
44	MECHANICAL EQUIPMENT		STEAM COIL	
45	Fans		Drivers	
46	No. 8	No.	Steam Coil	No
47	Draft	Motor type:	No. tubes/Bundle:	Steam (kg/h)
48	Diameter: 3,35	Power (kW):	Material:	Op. Pressure (kg/cm ²)
49	Blade material:	Frequency (Hz):	OD BWG	Op. Temperature (°C)
50	Power/fan (kW) 10	Voltage (V):	Length:	Design Pressure (kg/cm ²)
51	Variable Speed	Yes	No	Design Temp. (°C)
52	SKETCH		NOTES:	
53			Material tubs ASTM-106 Gr B	
54				
55				
56				
57				
58				
59				
60				
61				
62				
63				
64				
65				
0	Albert González	may-17		
1	Jordi Añó	jun-17		
REV		DATE	PREP.	APPR.



HEAT EXCHANGER DATA SHEET 618-E-7

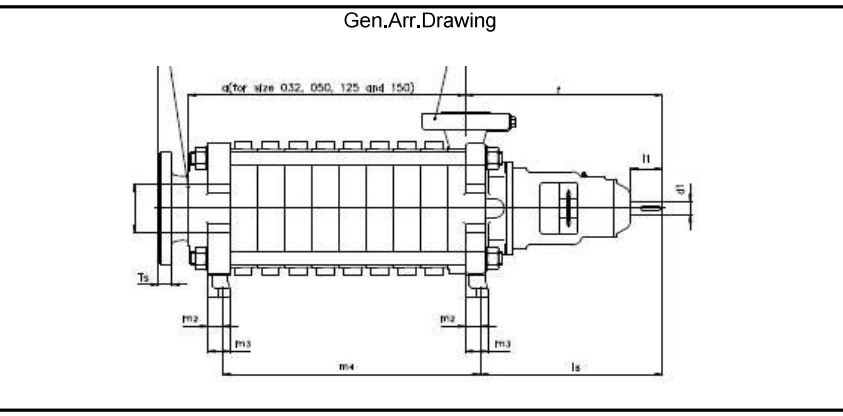
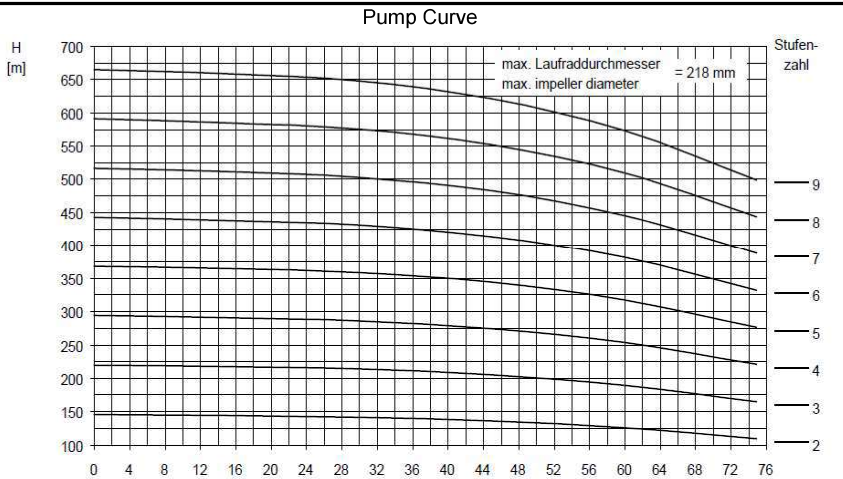
1	ITEM No.:			618-E-7		
2	Service: Bullidor DIH					
3	Type: AEL	Position: Vertical	Total surface / unit:	34,0	(m ²)	
4	No. Shell:					
5	PERFORMANCE OF UNIT					
6			Shell side		Tube side	
7			Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
8	Fluid name		Vapor de baixa		Reboiler DIH	
9	Fluid total flow	kg/h	2,30E+03		7,59E+04	
10	Vapour	kg/h	2,30E+03	0,00	0,00	1,54E+04
11	Liquid	kg/h	0,00	2,30E+03	7,59E+04	6,05E+04
12	Steam	kg/h				
13	Water	kg/h				
14	Temperature	°C	147	145	99,3	101
15	Density (L/V)	kg/m ³	0,00/2,10	876/0,00	619/0,00	624/7,23
16	Viscosity (L/V)	cP	0,00/0,014	0,196/0,00	0,213/0,00	0,221/0,009
17	Vapour molecular weight		18,0	-	-	85,7
18	Specific heat (L/V)	kJ/(kg.°C)	4,73	1,96	2,49	1,92
19	Thermal conductivity (L/V)	W/(m.°C)	0,686	0,029	0,094	0,020
20	Latent heat	kJ/kg	2,22E+03		3,18E+02	
21	Inlet pressure	bar	3,97		2,60	
22	Velocity (allowable / calculated)	m/s	15,0	11,4	15,0	12,2
23	Pressure drop (allowable / calculated)	bar	0,300	0,016	0,226	0,167
24	Fouling resistance	m ² .°C/W	2,00E-04		1,80E-04	
25	Heat exchanged:	(kW)	1,41E+03			
26	Heat transfer rate (W/m2.°C)		Fouled: 1,16E+03		Clean: 2,23E+03	
27	CONSTRUCTION PER SHELL					
28	Codes:	Shell side	Tube side			
29	Design pressure bar	4,83	3,45			
30	Design temperature °C	37,8	37,8			
31	No. of passes	1	1			
32	Stress relief					
33	Radiograph.					
34	Corrosion allowance mm	3,18	3,18			
35	Nozzles	Service	Mark	ia. (mm)	Rating	
36		In shell side	2	152	150 ANSI	
37		In tube side	4	152	150 ANSI	
38		Out shell side	3	76,2	150 ANSI	
39		Out tube side	1	254	150 ANSI	
40						
41						
42						
43						
44						
45	MATERIALS					
46		Dia. (in)	Thick. (mm.)	Spec. Mat.		
47	Shell:	18	19,0	Crb steel		
48	Channel:					
49	Tubesheets:			Crb steel		
50	Baffles: n° / mat.		7	Crb steel		
51	Baffles spacing:	413 mm.				
52						
53	Tubes:					
54	N°	144				
55	OD	1	inches			
56	BWG:					
57	Length	3048 mm.				
58	Pitch:	31,8	mm.	△	30	
59						
60						
61						
62						
63						
64	NOTES:					
65	Material de la carcassa SA-516-Gr70					
66	Material tubs ASTM-106 Gr B					
67						
0	Jordi Añó	may-17				
1	Jordi Añó	jun-17				
REV.		DATE	PREP.	APPR.		

SKETCH



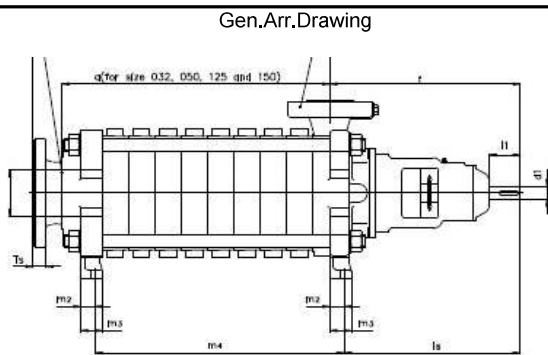
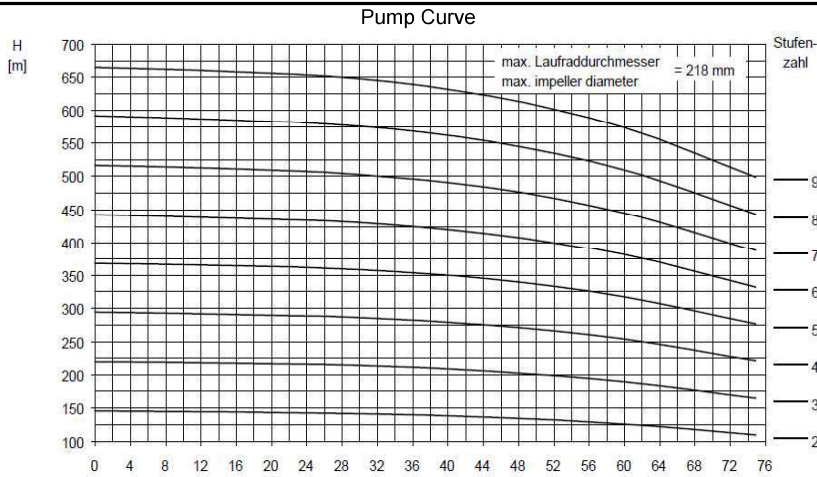
UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
 Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química
 Departament d'Enginyeria Química

1	GENERAL	Manufacturer : FLOWSERVE SIHMulti				
2		Type: MSM		Model: 065 A		
3		Item No.: 618-P-1	No. of pumps required:		Code: ISO 5199	
5		Liquid pumped: Nafta Lleugera				
6	OPERATING CONDITIONS	Pumping Temp.(P.T) :	46	°C		
7		Density at P.T. :	637	kg/m ³		
8		Vapor Press. at P.T.:	0.88	kg/cm ² g		
9		Viscosity at P.T. :	0.22	cP		
10		Capacity				
11		Normal	48.7	m ³ /h		
12		Max.	76	m ³ /h		
13		Suction Pressure (eff.) :	6.02	kg/cm ² g		
14		Discharge Pressure(eff.)	33.7	kg/cm ² g		
15	Differential Pressure	27.6	kg/cm ²			
16	Differential Head	475	m			
17	N.P.S.H.Avail.	85.3	m			
18	Design Temperature	105	°C			
19	Max.Allow.working press.(eff)	64.24*	kg/cm ² g			
20	N.P.S.H.Req.	1.8	m			
21	Rot.freq.	2950	min-1			
22	Power at Shaft	52.4	kW			
23	Efficiency	70	%			
24	Min.Cont.flow		m ³ /h			
25	CONSTRUCTION DETAILS	Arrangement	<input checked="" type="checkbox"/> Horiz.	<input type="checkbox"/> Vert		
26		Impeller diameter	218	mm		
27		Number of Stages	7			
28		Cooling consumption:		m ³ /s		
29		Bearings				
30		Type				
31		Lubrication				
32		Coupl.				
33		Type				
34		Lubr.:				
35	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating	
36	Suction			125	25	
37	Discharge			65	63	
38	Vents/Drains					
39	Water Cooling					
40	SHAFT SEALING	Mechanical Seal				
41		Manufr.				
42		Type Nº				
43		Classification code acc. API:				
44		Stuffing box packing				
45	Stuffing box pressure(eff.)		kg/cm ² g			
46	Lip Seal					
47	MATERIALS	Casing and Covers	Cast Iron			
48		Shaft	Cast Iron			
49		Impeller	Cast Iron			
50		Shaft sleeves	Cast Iron			
51		Casing / Impeller Wear Rings	Cast Iron			
52	DRIVER	E-motor				
53		Installed Power	90	kW		
54		Rot.freq.	2950	min-1		
55		Turbine				
56		Connection				
57	TESTS	Hidrostatic test	83.6*	kg/cm ² g		
58		NPSH test		m.w.c		
59	MISC.	Weight of Pump	-	kg		
60		Driver weight	-	kg		
61	REMARKS	*discharge casing				
62						
63						
64						
66						
1	26/05/2017	J.M.				
REV.	DATE	PREP.	APPR.			



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química

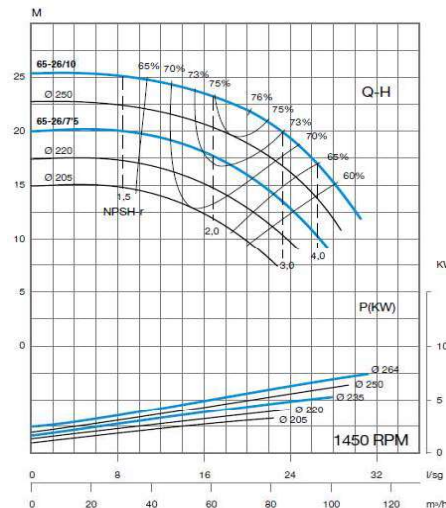
1	GENERAL	Manufacturer : FLOWSERVE SIHImulti				
2		Type: MSM	Model: 065 A			
3		Item No.: 618-P-2	No. of pumps required:	Code: ISO 5199		
5	OPERATING CONDITIONS	Liquid pumped: Nafta Lleugera				
6		Pumping Temp.(P.T) :	91	°C		
7		Density at P.T. :	600	kg/m ³		
8		Vapor Press. at P.T.:	0.44	kg/cm ² a		
9		Viscosity at P.T. :	0.18	cP		
10		Capacity				
11		Normal	33.4	m ³ /h		
12		Max.	76	m ³ /h		
13	Suction Pressure (eff.) :	2.31	kg/cm ² a			
14	Discharge Pressure(eff.)	33.9	kg/cm ² a			
15	Differential Pressure	31.6	kg/cm ²			
16	Differential Head	575	m			
17	N.P.S.H.Avail.	34.3	m			
18	Design Temperature	105	°C			
19	Max.Allow.working press.(eff)	64.24*	kg/cm ² a			
20	N.P.S.H.Req.	1.8	m			
21	Rot.freq.	2950	min-1			
22	Power at Shaft	44	kW			
23	Efficiency	65	%			
24	Min.Cont.flow		m ³ /h			
25	CONSTRUCTION DETAILS	Arrangement	X	Horiz.	Vert	
26		Impeller diameter	218 mm			
27		Number of Stages	8			
28		Cooling consumption:	m ³ /s			
29		Bearings				
30		Type				
31		Lubrication	Grease			
32		Coupl.				
33		Type				
34		Lubr.:				
35	Nozzles	Mark	N°	Dia.	Rating	
36	Suction			125	25	
37	Discharge			65	63	
38	Vents/Drains					
39	Water Cooling					
40	SHAFT SEALING	Mechanical Seal				
41		Manufr.				
42		Type N°				
43		Classification code acc. API:				
44	Stuffing box packing					
45	Stuffing box pressure(eff.)	kg/cm ² a				
46	Lip Seal					
47	MATERIALS	Casing and Covers	Cast Iron			
48		Shaft	Cast Iron			
49		Impeller	Cast Iron			
50		Shaft sleeves	Cast Iron			
51	Casing / Impeller Wear Rings Cast Iron					
52	DRIVER	E-motor				
53		Installed Power	82	kW		
54		Rot.freq.	2950	min-1		
55		Turbine				
56	Connection					
57	TESTS	Hidrostatic test	84	kg/cm ² a		
58		NPSH test		m.w.c		
59	MISC.					
60		Weight of Pump	kg			
61		Driver weight	kg			
62	REMARKS	*discharge casing				
63						
64						
65						
66						
1	26/05/2017	J.M.				
REV.	DATE	PREP.	APPR.			



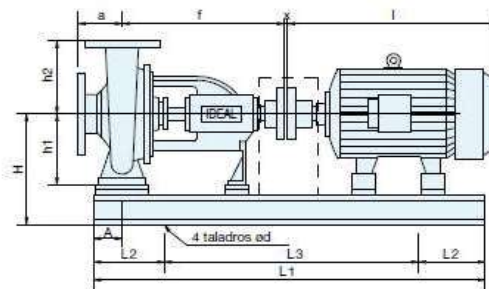
UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química

1	GENERAL	Manufacturer : bombas IDEAL				
2		Type: RNI	Model: 65-26h			
3		Item No.: 618-P-3	No. of pumps required:	Code: DIN24255		
5	OPERATING CONDITIONS	Liquid pumped: IP4 i IP5				
6		Pumping Temp.(P.T) :	38	°C		
7		Density at P.T. :	589	kg/m ³		
8		Vapor Press. at P.T.:	11.5	kg/cm ² a		
9		Viscosity at P.T. :	0.15	cP		
10		Capacity				
11		Normal	56.7	m ³ /h		
12		Max.	120	m ³ /h		
13		Suction Pressure (eff.) :	11.3	kg/cm ² a		
14		Discharge Pressure(ef.)	11.4	kg/cm ² a		
15	Differential Pressure	0.1	kg/cm ²			
16	Differential Head	20	m			
17	N.P.S.H.Avail.	6.9	m			
18	DESIGN DATA	Design Temperature 105 °C				
19		Max.Allow.working press.(eff) 16.3 kg/cm ² a				
20		N.P.S.H.Req. 1.9 m				
21		Rot.freq. 1450 min-1				
22		Power at Shaft 2.4 kW				
23		Efficiency 74 %				
24		Min.Cont.flow m ³ /h				
25	CONSTRUCCION DETAILS	Arrangement	X	Horiz.	Vert	
26		Impeller diameter	250 mm			
27		Number of Stages	-			
28		Cooling consumption:	m ³ /s			
29		Bearings				
30		Type	3307 / 6307			
31		Lubrication	Grease			
32		Coupl.				
33		Type				
34		Lubr.:				
35	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating	
36	Suction			80	16	
37	Discharge			65	16	
38	Vents/Drains					
39	Water Cooling					
40	SHAFT SEALING	Mechanical Seal				
41		Manufr. _____				
42		Type Nº _____				
43		Classification code acc. API: _____				
44		Stuffing box packing _____				
45	Stuffing box pressure(ef.)	ka/cm ² a				
46	Lip Seal					
47	MATERIALS	Casing and Covers Cast iron GG 25				
48		Shaft _____				
49		Impeller Cast iron GG 25				
50		Shaft sleeves _____				
51		Casing / Impeller Wear Rings Cast iron GG 25				
52	DRIVER	E-motor	132 M			
53		Installed Power	7.5	kW		
54		Rot.freq.	1500	min-1		
55		Turbine _____				
56	Connection _____					
57	TESTS	Hidrostatic test	24	kg/cm ² a		
58		NPSH test		m.w.c		
59						
60	MISC.	Weight of Pump	254	kg		
61		Driver weight	81	kg		
62	REMARKS					
63						
64						
65						
66						
1	26/05/2017	J.M.				
REV.	DATE	PREP.	APPR.			

Pump Curve



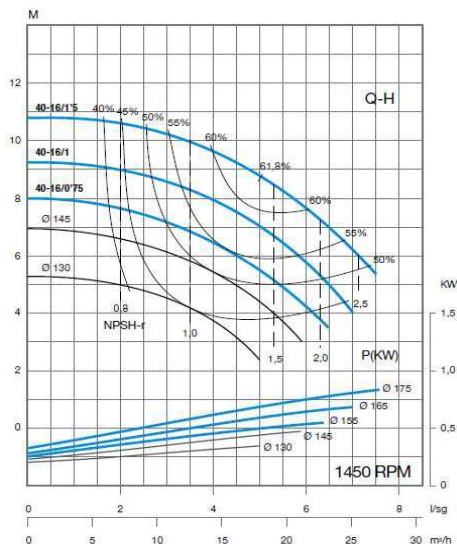
Gen.Arr.Drawing



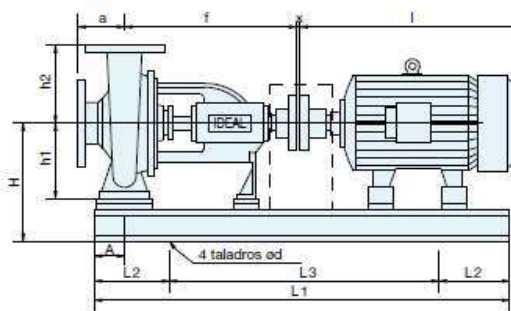
UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química

1	GENERAL	Manufacturer : bombas IDEAL				
2		Type: GNI	Model: 40-16			
3		Item No.: 618-P-4	No. of pumps required:	Code: DIN24255		
5	OPERATING CONDITIONS	Liquid pumped: IP4 i IP5				
6		Pumping Temp.(P.T) :	38	°C		
7		Density at P.T. :	589	kg/m ³		
8		Vapor Press. at P.T.:	12	kg/cm ² g		
9		Viscosity at P.T. :	0,2	cP		
10		Capacity				
11		Normal	8,3	m ³ /h		
12		Max.	30	m ³ /h		
13		Suction Pressure (eff.) :	11	kg/cm ² g		
14		Discharge Pressure(eff.)	11	kg/cm ² g		
15	Differential Pressure	0,1	kg/cm ²			
16	Differential Head	11	m			
17	N.P.S.H.Avail.	6,9	m			
18	DESIGN DATA	Design Temperature				
19		Max.Allow.working press.(eff)	16	kg/cm ² g		
20		N.P.S.H.Req.	0,9	m		
21		Rot.freq.	1450	min ⁻¹		
22		Power at Shaft	0,2	kW		
23		Efficiency	50	%		
24		Min.Cont.flow		m ³ /h		
25	CONSTRUCTION DETAILS	Arrangement	X	Horiz.	Vert	
26		Impeller diameter	175	mm		
27		Number of Stages	-			
28		Cooling consumption:	m ³ /s			
29		Bearings				
30		Type	6305 / 6305			
31		Lubrication	Grease			
32		Coupl.				
33		Type				
34		Lubr.:				
35		Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating
36		Suction			65	16
37		Discharge			40	16
38		Vents/Drains				
39	Water Cooling					
40	SHAFT SEALING	Mechanical Seal				
41		Manufr.				
42		Type Nº				
43		Classification code acc. API:				
44		Stuffing box packing				
45		Stuffing box pressure(eff.)	kg/cm ² g			
46	Lip Seal					
47	MATERIALS	Casing and Covers				
48		Shaft				
49		Impeller				
50		Shaft sleeves				
51		Casing / Impeller Wear Rings				
52	DRIVER	E-motor				
53		Installed Power	0,6	kW		
54		Rot.freq.	1450	min ⁻¹		
55		Turbine				
56	Connection					
57	TESTS	Hidrostatic test	kg/cm ² g			
58		NPSH test	m.w.c			
59	MISC.					
60		Weight of Pump	51	kg		
61		Driver weight	kg			
62	REMARKS					
63						
64						
65						
66						
1	26/05/2017	J.M.				
REV.	DATE	PREP.	APPR.			

Pump Curve

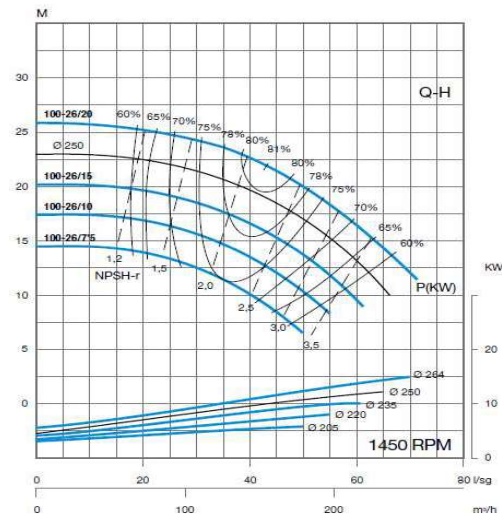


Gen.Arr.Drawing

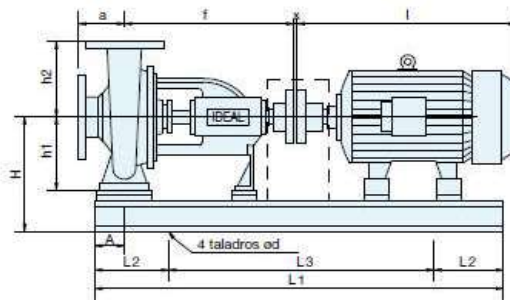


1	GENERAL	Manufacturer : bombas IDEAL			
2		Type: RNI	Model: 100-26H		
3		Item No.: 618-P-5	No. of pumps required:	Code: DIN24255	
5	OPERATING CONDITIONS	Liquid pumped: IP5			
6		Pumping Temp.(P.T) :	38 °C		
7		Density at P.T. :	612 kg/m3		
8		Vapor Press. at P.T.:	1.3 kg/cm ² a		
9		Viscosity at P.T. :	0.2 cP		
10		Capacity			
11		Normal	141 m ³ /h		
12		Max.	200 m ³ /h		
13		Suction Pressure (eff.) :	1.326 kg/cm ² a		
14		Discharge Pressure(eff.)	1.34 kg/cm ² a		
15	Differential Pressure	0.01 kg/cm ²			
16	Differential Head	17 m			
17	N.P.S.H.Avail.	4.8 m			
18	DESIGN DATA	Design Temperature	105 °C		
19		Max.Allow.working press.(eff)	16.3 kg/cm ² a		
20		N.P.S.H.Reg.	2.4 m		
21		Rot.freq.	1450 min ⁻¹		
22		Power at Shaft	4.42 kW		
23		Efficiency	78 %		
24	Min.Cont.flow	m ³ /h			
25	CONSTRUCCION DETAILS	Arrangement	X Horiz.	Vert	
26		Impeller diameter	250 mm		
27		Number of Stages	-		
28		Cooling consumption:	m ³ /s		
29		Bearings			
30		Type	3307 / 3307		
31		Lubrication	Grease		
32		Coupl.			
33		Type			
34		Lubr.:			
35	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating
36	Suction			125	16
37	Discharge			100	16
38	Vents/Drains				
39	Water Cooling				
40	SHAFT SEALING	Mechanical Seal			
41		Manufr.			
42		Type Nº			
43		Classification code acc. API:			
44		Stuffing box packing			
45		Stuffing box pressure(eff.)		kg/cm ² a	
46	Lip Seal				
47	MATERIALS	Casing and Covers	Cast iron GG 25		
48		Shaft			
49		Impeller	Cast iron GG 25		
50		Shaft sleeves			
51	Casing / Impeller Wear Rings	Cast iron GG 25			
52	DRIVER	E-motor	132 S		
53		Installed Power	5.6 kW		
54		Rot.freq.	1500 min ⁻¹		
55		Turbine			
56	Connection				
57	TESTS	Hidrostatic test	24 kg/cm ² a		
58		NPSH test	m.w.c		
59	MISC.	Weight of Pump	257 kg		
60		Driver weight	106 kg		
61	REMARKS				
62					
63					
64					
65					
66					
1	26/05/2017	J.M.			
REV.	DATE	PREP.	APPR.		

Pump Curve

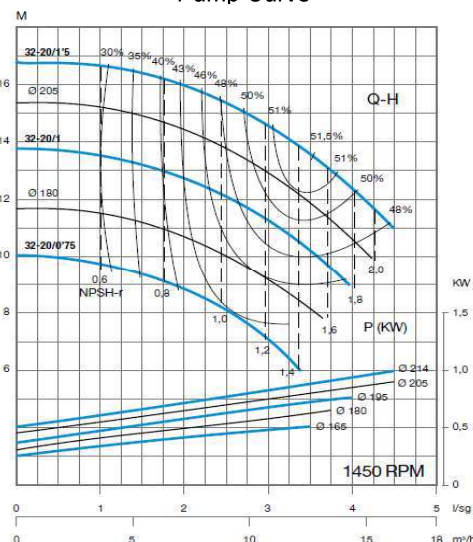


Gen.Arr.Drawing

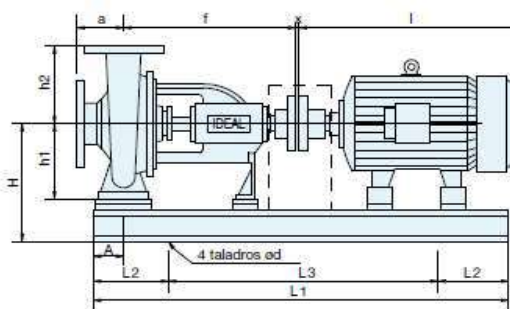


1	GENERAL	Manufacturer : bombas IDEAL			
2		Type: RNI	Model: 32-20		
3		Item No.: 618-P-6	No. of pumps required:	Code: DIN24255	
5	OPERATING CONDITIONS	Liquid pumped: IP5			
6		Pumping Temp.(P.T) :	38 °C		
7		Density at P.T. :	612 kg/m ³		
8		Vapor Press. at P.T.:	1.3 kg/cm ² g		
9		Viscosity at P.T. :	0.2 cP		
10		Capacity			
11		Normal	10 m ³ /h		
12		Max.	15 m ³ /h		
13		Suction Pressure (eff.) :	1.3 kg/cm ² g		
14		Discharge Pressure(ef.)	1.4 kg/cm ² g		
15		Differential Pressure	0.1 kg/cm ²		
16		Differential Head	13 m		
17		N.P.S.H.Avail.	7 m		
18	DESIGN DATA	Design Temperature	105 °C		
19		Max.Allow.working press.(eff)	16 kg/cm ² g		
20		N.P.S.H.Req.	1.1 m		
21		Rot.freq.	1450 min ⁻¹		
22		Power at Shaft	0.5 kW		
23		Efficiency	48 %		
24		Min.Cont.flow	m ³ /h		
25	CONSTRUCTION DETAILS	Arrangement	X Horiz.	Vert	
26		Impeller diameter	205 mm		
27		Number of Stages	-		
28		Cooling consumption:	m ³ /s		
29		Bearings			
30		Type	6305 / 6305		
31		Lubrication	Grease		
32		Coupl.			
33		Type			
34		Lubr.:			
35		Nozzles	Mark	Nº	
36		Suction		Dia. Rating	
37		Discharge		50 16	
38		Vents/Drains			
39		Water Cooling			
40	SHAFT SEALING	Mechanical Seal			
41		Manufr.			
42		Type Nº			
43		Classification code acc. API:			
44		Stuffing box packing			
45		Stuffing box pressure(ef.)		kg/cm ² g	
46		Lip Seal			
47	MATERIALS	Casing and Covers	Cast iron GG 25		
48		Shaft			
49		Impeller	Cast iron GG 25		
50		Shaft sleeves			
51		Casing / Impeller Wear Rings	Cast iron GG 25		
52	DRIVER	E-motor	80 L		
53		Installed Power	0.56 - 0.75 kW		
54		Rot.freq.	1500 min ⁻¹		
55		Turbine			
56		Connection			
57	TESTS	Hidrostatic test	24	kg/cm ² g	
58		NPSH test		m.w.c	
59					
60	MISC.	Weight of Pump	100	kg	
61		Driver weight	41	kg	
62					
63	REMARKS				
64					
65					
66					
1	26/05/2017	J.M.			
REV.	DATE	PREP.	APPR.		

Pump Curve

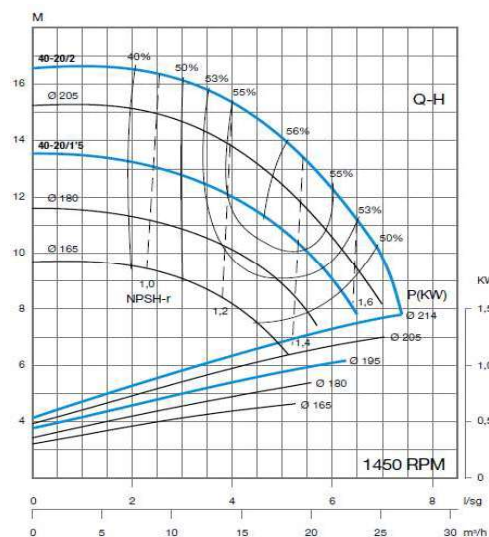


Gen.Arr.Drawing

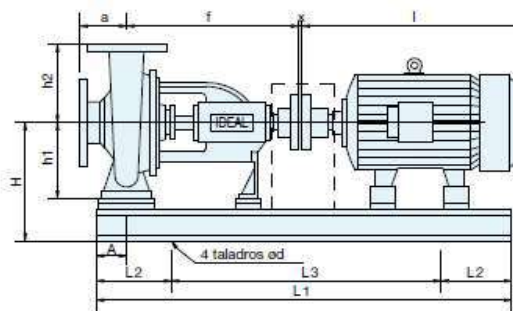


1	GENERAL	Manufacturer : bombas IDEAL				
2		Type: RNI	Model: 40-20			
3		Item No.: 618-P-7	No. of pumps required:		Code: DIN24255	
5	OPERATING CONDITIONS	Liquid pumped: IP5				
6		Pumping Temp.(P.T) :	60	°C		
7		Density at P.T. :	617	kg/m ³		
8		Vapor Press. at P.T.:	0.8	kg/cm ² g		
9		Viscosity at P.T. :	0.2	cP		
10		Capacity				
11		Normal	18	m ³ /h		
12		Max.	25	m ³ /h		
13		Suction Pressure (eff.) :	1.6	kg/cm ² g		
14		Discharge Pressure(ef.)	1.8	kg/cm ² g		
15	Differential Pressure	0.2	kg/cm ²			
16	Differential Head	12	m			
17	N.P.S.H.Avail.	20	m			
18	DESIGN DATA	Design Temperature		105	°C	
19		Max.Allow.working press.(eff)		16	kg/cm ² g	
20		N.P.S.H.Req.		1.4	m	
21		Rot.freq.		1450	min ⁻¹	
22		Power at Shaft		0.7	kW	
23		Efficiency		55	%	
24		Min.Cont.flow			m ³ /h	
25	CONSTRUCTION DETAILS	Arrangement	X	Horiz.	Vert	
26		Impeller diameter		205	mm	
27		Number of Stages		-		
28		Cooling consumption:			m ³ /s	
29		Bearings				
30		Type		6305 / 6305		
31		Lubrication		Grease		
32		Coupl.				
33		Type				
34		Lubr.:				
35	Nozzles	Mark	Nº	Dia.	Rating	
36	Suction		1	65	16	
37	Discharge		1	40	16	
38	Vents/Drains					
39	Water Cooling					
40	SHAFT SEALING	Mechanical Seal				
41		Manufr.				
42		Type Nº				
43		Classification code acc. API:				
44		Stuffing box packing				
45		Stuffing box pressure(ef.)			kg/cm ² g	
46	Lip Seal					
47	MATERIALS	Casing and Covers		Cast iron GG 25		
48		Shaft				
49		Impeller		Cast iron GG 25		
50		Shaft sleeves				
51		Casing / Impeller Wear Rings		Cast iron GG 25		
52	DRIVER	E-motor		80 L		
53		Installed Power		0.56 - 0.75 kW		
54		Rot.freq.		1500 min ⁻¹		
55		Turbine				
56	Connection					
57	TESTS	Hidrostatic test		24	kg/cm ² g	
58		NPSH test			m.w.c	
59	MISC.					
60		Weight of Pump		102	kg	
61		Driver weight		44	kg	
62	REMARKS					
63						
64						
65						
66						
1	26/05/2017	J.M.				
REV.	DATE	PREP.	APPR.			

Pump Curve



Gen.Arr.Drawing



1 GENERAL DATA									
2	TAG	618-FCV-1101		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW					
3	SERVICE	rump Around 618-C-8-A/		DN & RATING		80	150 #		
4	LINE/EQUIPMENT	3"-618-P-1		MTL & SCHEDULE		A106 Gr B		40	
5	DIAGRAM	PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-	6.02		
6	AREA CLASSIFICATION			EEx REGULATION		Eex IIC T5			
7 PROCESS DATA									
8	FLOW	PHASE	Nafta Lleugera	Liquid	Data	U.I	Mín.	Normal	Max.
9	Cp/Cv	Z	1.207	0.1516	Inlet Flow cu m/s		1.08E-02	1.35E-02	1.68E-02
10	D or SG	Viscosity Pa.s	1	$2.18 \cdot 10^{-4}$	Inlet Pressure bar		33	33	33
11	P crit. bar	T crit. K	34.045	469.8	Pressure Drop bar		0.24	0.24	0.24
12	TIGHTNESS				T operation K		320	320	320
13	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		0.86	0.86	0.86
14	OTHERS				Cv calculated		73.17	91.5	114.35
15					Cv required				
16					Opening		50%	60%	
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	80 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance		A216 WCC		
22	Line Conection	Flange	Holder	-	MTL Holder		AISI 316		
23	MTL Body & Casing	A216 WCC	Nominal Cv	-	MTL Actuator		AISI 316		
24	MTL Body Line	AISI 316	Character	-	MTL Nozzle		AISI 316		
25	MTL Outlet Line	A106 Gr B	PNEUMATIC ACTUATOR						
26	Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang		-		
27	Biretta Type	AISI 316	Type	Diaphragm	Wheel		-		
28	Packing	PTFE/Carbon F	Air	-	Travel Limit mm		-		
29	Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System		-		
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA									
31	POSITIONATOR AND FILTER			SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)		
32	Positioner Type	Digital		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	PRODUCT DATA (3)				PURCHASE DATA				
40	Valve	41315	Actuator	Model 87	Requisition				
41	Positionator	Digital		Manufacturer		Masoneilan			
42	Solenoid	ET Lineal		Supplier					
43	Travel End								
44 GENERAL NOTES									
45	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)								
46	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class								
47	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.								
48	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective manufacturer too.								
49	JOB NO.		CHARGE NO.						
	M/S NO.		P.O.NO.						
	NO.UNITS								
	DR.BY		DATE:						
	CK.BY		DATE:						
	REV	BY	OK	DATE					
	1	J.M.			618-FCV-1101				
					SHEET No. 1				

1 GENERAL DATA												
2	TAG	618-PCV-1400		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW								
3	SERVICE	reactor Around 618-C-11-		DN & RATING		150	150 #					
4	LINE/EQUIPMENT	6"-618-E-2		MTL & SCHEDULE		A106 Gr B		40				
5	DIAGRAM	PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-	7.11					
6	AREA CLASSIFICATION			EEx REGULATION		Eex IIC T5						
7 PROCESS DATA												
8	FLOW	PHASE	Nafta Lleugera	Liquid	Data	U.I	Mín.	Normal	Max.			
9	Cp/Cv	Z	1.039	0.19	Inlet Flow cu m/s		2.98E-02	3.73E-02	4.66E-02			
10	D or SG	Viscosity Pa·s	0.94	8.58E-02	Inlet Pressure bar		32.8	32.8	32.8			
11	P crit. bar	T crit. K	34	200.2	Pressure Drop bar		0.07	0.07	0.07			
12	TIGHTNESS				T operation K		393.65	393.65	393.65			
13	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		5.1	5.1	5.1			
14	OTHERS				Cv calculated		50	62.51	78.13			
15									Cv required			
16									Opening		60%	70%
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	150 & 150 #		Guidance	-	MTL Guidance	A216 WCC					
22	Line Connection	Flange		Holder	-	MTL Holder	AISI 316					
23	MTL Body & Casing	A216 WCC		Nominal Cv	-	MTL Actuator	AISI 316					
24	MTL Body Line	AISI 316		Character	-	MTL Nozzle	AISI 316					
25	MTL Outlet Line	A106 Gr B		PNEUMATIC ACTUATOR								
26	Flow tends to	-		Service	-	Feed/Rang	-					
27	Biretta Type	AISI 316		Type	Diaphragm	Wheel	-					
28	Packing	PTFE/Carbon F		Air	-	Travel Limit mm	-					
29	Shutting Bellow	-		Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System	-					
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA												
31	POSITIONATOR AND FILTER			SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)					
32	Positioner Type	Digital		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	PRODUCT DATA (3)				PURCHASE DATA							
40	Valve	41315	Actuator	Model 87	Requisition							
41	Positionator	Digital			Manufacturer	Masoneilan						
42	Solenoid	ET Lineal			Supplier							
43	Travel End											
44 GENERAL NOTES												
45	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)											
46	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class											
47	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.											
48	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective											
49	manufacturer too.											
JOB NO.			CHARGE NO.									
M/S NO.			P.O.NO.									
NO.UNITS												
DR.BY			DATE:									
CK.BY			DATE:									
REV	BY	OK	DATE									
1	J.M.											
					618-PCV-1400							
					SHEET No. 2							

1 GENERAL DATA									
2 TAG		618-PCV-1200		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW					
3 SERVICE		Dryer Around 618-C-6-A/		DN & RATING		50		150 #	
4 LINE/EQUIPMENT		2"-618-C-6-A/B		MTL & SCHEDULE		A106 Gr B		40	
5 DIAGRAM		PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-		5.54	
6 AREA CLASSIFICATION				EEx REGULATION		Eex IIC T5			
7 PROCESS DATA									
8 FLOW		PHASE		Hydrogen		Gas		Data	
9 Cp/Cv		Z		1.379		1.014		Inlet Flow cu m/s	
10 D or SG		Viscosity Pa·s		0		1.23E-05		Inlet Pressure bar	
11 P crit. bar		T crit. K		12.9		23.97		Pressure Drop bar	
12 TIGHTNESS						T operation K		301.2 301.2 301.2	
13 FIRE SECURITY DIST.						Vapor Pres. bar		- - -	
14 OTHERS						Cv calculated		3.98 4.98 6.22	
15						Cv required			
16						Opening		30% 40%	
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		50 & 150 #		Guidance		-		MTL Guidance	
22 Line Connection		Flange		Holder		-		MTL Holder	
23 MTL Body & Casing		A216 WCC		Nominal Cv		-		MTL Actuator	
24 MTL Body Line		AISI 316		Character		-		MTL Nozzle	
25 MTL Outlet Line		A106 Gr B		PNEUMATIC ACTUATOR					
26 Flow tends to		-		Service		-		Feed/Rang	
27 Biretta Type		AISI 316		Type		Diaphragm		Wheel	
28 Packing		PTFE/Carbon F		Air		-		Travel Limit mm	
29 Shutting Bellow		-		Max. ΔP (2) bar		-		XLOCK System	
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA									
31 POSITIONATOR AND FILTER			SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)			
32 Positioner Type		Digital		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 PRODUCT DATA (3) PURCHASE DATA									
40 Valve		41315		Actuator		Model 87		Requisition	
41 Positionator		Digital						Manufacturer	
42 Solenoid		ET Lineal						Supplier	
43 Travel End									
44 GENERAL NOTES									
45 (1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)									
46 (2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class									
47 (3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.									
48 (4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective									
49 manufacturer too.									
JOB NO.		CHARGE NO.							
M/S NO.		P.O.NO.							
NO.UNITS									
DR.BY		DATE:							
CK.BY		DATE:							
REV		BY		OK		DATE			
1		J.M.				618-PCV-1200			
						SHEET No. 3			

1 GENERAL DATA												
2	TAG	618-PCV-1401		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW								
3	SERVICE	Column Around 618-C-8	DN & RATING		100	150 #						
4	LINE/EQUIPMENT	6"-618-E-3	MTL & SCHEDULE		A106 Gr B	40						
5	DIAGRAM	PI&D	INSULATION AND THICKNESS		-	6.02						
6	AREA CLASSIFICATION		EEx REGULATION		Eex IIC T5							
7 PROCESS DATA												
8	FLOW	PHASE	Nafta Lleugera	Liquid	Data	U.I	Mín.	Normal	Max.			
9	Cp/Cv	Z	1.037	0.1434	Inlet Flow cu m/s		1.08E-02	1.35E-02	1.68E-02			
10	D or SG	Viscosity cP	0.94	$9.38 \cdot 10^{-2}$	Inlet Pressure bar		32	32	32			
11	P crit. bar	T crit. K	33.8	402.2	Pressure Drop bar		19.9	19.9	19.9			
12	TIGHTNESS				T operation K		389.2	389.2	389.2			
13	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		5.05	5.05	5.05			
14	OTHERS				Cv calculated		29.9	37.33	46.7			
15									Cv required			
16									Opening		50%	60%
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	100 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance		A216 WCC					
22	Line Connection	Flange	Holder	-	MTL Holder		AISI 316					
23	MTL Body & Casing	A216 WCC	Nominal Cv	-	MTL Actuator		AISI 316					
24	MTL Body Line	AISI 316	Character	-	MTL Nozzle		AISI 316					
25	MTL Outlet Line	A106 Gr B	PNEUMATIC ACTUATOR									
26	Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang		-					
27	Biretta Type	AISI 316	Type	Diaphragm	Wheel		-					
28	Packing	PTFE/Carbon F	Air	-	Travel Limit mm		-					
29	Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System		-					
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA												
31	POSITIONATOR AND FILTER		SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)						
32	Positioner Type	Digital	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	PRODUCT DATA (3)			PURCHASE DATA								
40	Valve	41315	Actuator	Model 87	Requisition							
41	Positionator	Digital			Manufacturer		Masoneilan					
42	Solenoid	ET Lineal			Supplier							
43	Travel End											
44 GENERAL NOTES												
45	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)											
46	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class											
47	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.											
48	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective manufacturer too.											
49	JOB NO.		CHARGE NO.		618-PCV-1401							
	M/S NO.		P.O.NO.									
	NO.UNITS											
	DR.BY		DATE:									
	CK.BY		DATE:									
	REV	BY	OK	DATE								
	1	J.M.										
					SHEET No. 4							

1 GENERAL DATA												
2	TAG	618-FCV-1601		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW								
3	SERVICE	Column Around 618-C-4		DN & RATING		100	150 #					
4	LINE/EQUIPMENT	3"-618-C-4		MTL & SCHEDULE		A106 Gr B		40				
5	DIAGRAM	PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-		6.02				
6	AREA CLASSIFICATION			EEx REGULATION		Eex IIC T5						
7 PROCESS DATA												
8	FLOW	PHASE	Nafta Lleugera	Liquid	Data	U.I	Mín.	Normal	Max.			
9	Cp/Cv	Z	1.202	0.1549	Inlet Flow cu m/s		7.42E-03	9.30E-03	1.20E-02			
10	D or SG	Viscosity cP	1	0.1787	Inlet Pressure bar		2.27	2.27	2.27			
11	P crit. bar	T crit. K	34.09	519.9	Pressure Drop bar		0.07	0.07	0.07			
12	TIGHTNESS				T operation K		365.15	365.15	365.15			
13	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		0.43	0.43	0.43			
14	OTHERS				Cv calculated		87.8	94.5	137.1			
15									Cv required			
16									Opening		50%	60%
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	100 & 150 #		Guidance	-	MTL Guidance	A216 WCC					
22	Line Connection	Flange		Holder	-	MTL Holder	AISI 316					
23	MTL Body & Casing	A216 WCC		Nominal Cv	-	MTL Actuator	AISI 316					
24	MTL Body Line	AISI 316		Character	-	MTL Nozzle	AISI 316					
25	MTL Outlet Line	A106 Gr B		PNEUMATIC ACTUATOR								
26	Flow tends to	-		Service	-	Feed/Rang	-					
27	Biretta Type	AISI 316		Type	Diaphragm	Wheel	-					
28	Packing	PTFE/Carbon F		Air	-	Travel Limit mm	-					
29	Shutting Bellow	-		Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System	-					
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA												
31	POSITIONATOR AND FILTER			SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)					
32	Positioner Type	Digital		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 PRODUCT DATA (3)												
40	Valve	41315	Actuator	Model 87	Requisition							
41	Positionator	Digital		Manufacturer	Masoneilan							
42	Solenoid	ET Lineal		Supplier								
43	Travel End											
44 GENERAL NOTES												
45	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)											
46	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class											
47	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.											
48	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective											
49	manufacturer too.											
JOB NO.			CHARGE NO.									
M/S NO.			P.O.NO.									
NO.UNITS												
DR.BY			DATE:									
CK.BY			DATE:									
REV	BY	OK	DATE									
1	J.M.											
						618-FCV-1601						
						SHEET No. 5						

1 GENERAL DATA												
2	TAG	618-TCV-1500		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW								
3	SERVICE	Column Around 618-C-3	DN & RATING			90	150 #					
4	LINE/EQUIPMENT	3.5"-618-C-4		MTL & SCHEDULE		A106 Gr B		40				
5	DIAGRAM	PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-		5.74				
6	AREA CLASSIFICATION			EEx REGULATION		Eex IIC T5						
7 PROCESS DATA												
8	FLOW	PHASE	Nafta Lleugera	Liquid	Data	U.I	Mín.	Normal	Max.			
9	Cp/Cv	Z	1.274	0.955	Inlet Flow cu m/s		1.26E-02	1.57E-02	1.97E-02			
10	D or SG	Viscosity cP	1	0.1986	Inlet Pressure bar		11.3	11.3	11.3			
11	P crit. bar	T crit. K	33.3	460.1	Pressure Drop bar		0.2	0.2	0.2			
12	TIGHTNESS				T operation K		311.15	311.15	311.15			
13	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		11.29	11.29	11.29			
14	OTHERS				Cv calculated		158.37	197.96	247.5			
15									Cv required			
16									Opening		50%	
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	200 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance	A216 WCC						
22	Line Connection	Flange	Holder	-	MTL Holder	AISI 316						
23	MTL Body & Casing	A216 WCC	Nominal Cv	-	MTL Actuator	AISI 316						
24	MTL Body Line	AISI 316	Character	-	MTL Nozzle	AISI 316						
25	MTL Outlet Line	A106 Gr B	PNEUMATIC ACTUATOR									
26	Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang	-						
27	Biretta Type	AISI 316	Type	Diaphragm	Wheel	-						
28	Packing	PTFE/Carbon F	Air	-	Travel Limit mm	-						
29	Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System	-						
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA												
31	POSITIONATOR AND FILTER		SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)						
32	Positioner Type	Digital	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	PRODUCT DATA (3)			PURCHASE DATA								
40	Valve	41315	Actuator	Model 87	Requisition							
41	Positionator	Digital			Manufacturer	Masoneilan						
42	Solenoid	ET Lineal			Supplier							
43	Travel End											
44 GENERAL NOTES												
45	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)											
46	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class											
47	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.											
48	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective											
49	manufacturer too.											
JOB NO.		CHARGE NO.										
M/S NO.		P.O.NO.										
NO.UNITS												
DR.BY		DATE:										
CK.BY		DATE:										
REV	BY	OK	DATE									
1	J.M.			618-TCV-1500								
					SHEET No. 6							

1 GENERAL DATA												
2	TAG		618-LCV-1500		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW							
3	SERVICE		Column Around 618-C-3		DN & RATING		50	150 #				
4	LINE/EQUIPMENT		1.5"-618-C-3		MTL & SCHEDULE		A106 Gr B	40				
5	DIAGRAM		PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-	3.91				
6	AREA CLASSIFICATION				EEx REGULATION		Eex IIC T5					
7 PROCESS DATA												
8	FLOW	PHASE	Nafta Lleugera	Liquid	Data	U.I	Mín.	Normal	Max.			
9	Cp/Cv	Z	1.273	4.80E-02	Inlet Flow cu m/s		1.26E-02	1.57E-02	2.20E-03			
10	D or SG	Viscosity cP	1	0.1986	Inlet Pressure bar		11.3	11.3	11.3			
11	P crit. bar	T crit. K	33.3	460.1	Pressure Drop bar		0.2	0.2	0.2			
12	TIGHTNESS				T operation K		311.15	311.15	311.15			
13	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		11.29	11.29	11.29			
14	OTHERS				Cv calculated		24.06	30.07	37.6			
15									Cv required			
16									Opening		60%	70%
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	50 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance	A216 WCC						
22	Line Connection	Flange	Holder	-	MTL Holder	AISI 316						
23	MTL Body & Casing	A216 WCC	Nominal Cv	-	MTL Actuator	AISI 316						
24	MTL Body Line	AISI 316	Character	-	MTL Nozzle	AISI 316						
25	MTL Outlet Line	A106 Gr B	PNEUMATIC ACTUATOR									
26	Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang	-						
27	Biretta Type	AISI 316	Type	Diaphragm	Wheel	-						
28	Packing	PTFE/Carbon F	Air	-	Travel Limit mm	-						
29	Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System	-						
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA												
31	POSITIONATOR AND FILTER			SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)					
32	Positioner Type	Digital	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	PRODUCT DATA (3)				PURCHASE DATA							
40	Valve	41315	Actuator	Model 87	Requisition							
41	Positionator	Digital			Manufacturer	Masoneilan						
42	Solenoid	ET Lineal			Supplier							
43	Travel End											
44 GENERAL NOTES												
45	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)											
46	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class											
47	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.											
48	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective											
49	manufacturer too.											
JOB NO.		CHARGE NO.										
M/S NO.		P.O.NO.										
NO.UNITS												
DR.BY		DATE:										
CK.BY		DATE:										
REV	BY	OK	DATE									
1	J.M.			618-LCV-1500								
							SHEET No. 7					

1 GENERAL DATA												
2	TAG	618-TCV-1600		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW								
3	SERVICE	Column Around 618-C-4	DN & RATING			250	150 #					
4	LINE/EQUIPMENT	8"-618-C-4		MTL & SCHEDULE		A106 Gr B	40					
5	DIAGRAM	PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-	5.74					
6	AREA CLASSIFICATION			EEx REGULATION		Eex IIC T5						
7 PROCESS DATA												
8	FLOW	PHASE	Nafta Lleugera	Liquid	Data	U.I	Mín.	Normal	Max.			
9	Cp/Cv	Z	1.273	0.9868	Inlet Flow cu m/s		7.42E-03	9.30E-03	1.20E-02			
10	D or SG	Viscosity cP	1	0.1582	Inlet Pressure bar		1.3	1.3	1.3			
11	P crit. bar	T crit. K	33.3	460.1	Pressure Drop bar		0.2	0.2	0.2			
12	TIGHTNESS				T operation K		311.15	311.15	311.15			
13	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		1.28	1.28	1.28			
14	OTHERS				Cv calculated		360.01	450	562.5			
15									Cv required			
16									Opening		60%	70%
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	250 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance	A216 WCC						
22	Line Connection	Flange	Holder	-	MTL Holder	AISI 316						
23	MTL Body & Casing	A216 WCC	Nominal Cv	-	MTL Actuator	AISI 316						
24	MTL Body Line	AISI 316	Character	-	MTL Nozzle	AISI 316						
25	MTL Outlet Line	A106 Gr B	PNEUMATIC ACTUATOR									
26	Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang	-						
27	Biretta Type	AISI 316	Type	Diaphragm	Wheel	-						
28	Packing	PTFE/Carbon F	Air	-	Travel Limit mm	-						
29	Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System	-						
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA												
31	POSITIONATOR AND FILTER		SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)						
32	Positioner Type	Digital	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	PRODUCT DATA (3)			PURCHASE DATA								
40	Valve	41315	Actuator	Model 87	Requisition							
41	Positionator	Digital			Manufacturer	Masoneilan						
42	Solenoid	ET Lineal			Supplier							
43	Travel End											
44 GENERAL NOTES												
45	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)											
46	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class											
47	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.											
48	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective											
49	manufacturer too.											
JOB NO.		CHARGE NO.										
M/S NO.		P.O.NO.										
NO.UNITS												
DR.BY		DATE:										
CK.BY		DATE:										
REV	BY	OK	DATE									
1	J.M.			618-TCV-1600								
					SHEET No. 8							

1 GENERAL DATA												
2	TAG	618-LCV-1600		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW								
3	SERVICE	Column Around 618-C-4		DN & RATING		80	150 #					
4	LINE/EQUIPMENT	8"-618-C-4		MTL & SCHEDULE		A106 Gr B		40				
5	DIAGRAM	PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-		5.74				
6	AREA CLASSIFICATION			EEx REGULATION		Eex IIC T5						
7 PROCESS DATA												
8	FLOW	PHASE	Nafta Lleugera	Liquid	Data	U.I	Mín.	Normal	Max.			
9	Cp/Cv	Z	1.273	0.9868	Inlet Flow cu m/s		7.42E-03	4.30E-03	5.40E-03			
10	D or SG	Viscosity cP	1	0.1582	Inlet Pressure bar		1.3	1.3	1.3			
11	P crit. bar	T crit. K	33.3	460.1	Pressure Drop bar		0.11	0.11	0.11			
12	TIGHTNESS				T operation K		311.15	311.15	311.15			
13	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		1.28	1.28	1.28			
14	OTHERS				Cv calculated		59.72	74.7	93.3			
15									Cv required			
16									Opening		60%	70%
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	80 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance	A216 WCC						
22	Line Connection	Flange	Holder	-	MTL Holder	AISI 316						
23	MTL Body & Casing	A216 WCC	Nominal Cv	-	MTL Actuator	AISI 316						
24	MTL Body Line	AISI 316	Character	-	MTL Nozzle	AISI 316						
25	MTL Outlet Line	A106 Gr B	PNEUMATIC ACTUATOR									
26	Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang	-						
27	Biretta Type	AISI 316	Type	Diaphragm	Wheel	-						
28	Packing	PTFE/Carbon F	Air	-	Travel Limit mm	-						
29	Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System	-						
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA												
31	POSITIONATOR AND FILTER		SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)						
32	Positioner Type	Digital	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	PRODUCT DATA (3)			PURCHASE DATA								
40	Valve	41315	Actuator	Model 87	Requisition							
41	Positionator	Digital			Manufacturer	Masoneilan						
42	Solenoid	ET Lineal			Supplier							
43	Travel End											
44 GENERAL NOTES												
45	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)											
46	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class											
47	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.											
48	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective manufacturer too.											
49												
JOB NO.		CHARGE NO.										
M/S NO.		P.O.NO.										
NO.UNITS												
DR.BY		DATE:										
CK.BY		DATE:										
REV	BY	OK	DATE									
1	J.M.			618-LCV-1600								
				SHEET No. 9								

1 GENERAL DATA											
2	TAG	618-FCV-1600		INSTALLATION LINE AND APPLICABLE LAW							
3	SERVICE	Column Around 618-C-4	DN & RATING			80	150 #				
4	LINE/EQUIPMENT	2"-618-C-4		MTL & SCHEDULE		A106 Gr B	40				
5	DIAGRAM	PI&D		INSULATION AND THICKNESS		-	5.74				
6	AREA CLASSIFICATION			EEx REGULATION		Eex IIC T5					
7 PROCESS DATA											
8	FLOW	PHASE	Nafta Lleugera	Liquid	Data	U.I	Mín.	Normal	Max.		
9	Cp/Cv	Z	1.273	0.9868	Inlet Flow cu m/s		4.58E-03	5.70E-03	7.20E-03		
10	D or SG	Viscosity cP	1	0.1582	Inlet Pressure bar		1.6	1.6	1.6		
11	P crit. bar	T crit. K	33.3	460.1	Pressure Drop bar		0.137	0.137	0.137		
12	TIGHTNESS				T operation K		333.15	333.15	333.15		
13	FIRE SECURITY DIST.				Vapor Pres. bar		0.76	0.76	0.76		
14	OTHERS				Cv calculated			88	110		
15					Cv required						
16					Opening					60%	
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	80 & 150 #	Guidance	-	MTL Guidance	A216 WCC					
22	Line Connection	Flange	Holder	-	MTL Holder	AISI 316					
23	MTL Body & Casing	A216 WCC	Nominal Cv	-	MTL Actuator	AISI 316					
24	MTL Body Line	AISI 316	Character	-	MTL Nozzle	AISI 316					
25	MTL Outlet Line	A106 Gr B	PNEUMATIC ACTUATOR								
26	Flow tends to	-	Service	-	Feed/Rang	-					
27	Biretta Type	AISI 316	Type	Diaphragm	Wheel	-					
28	Packing	PTFE/Carbon F	Air	-	Travel Limit mm	-					
29	Shutting Bellow	-	Max. ΔP (2) bar	-	XLOCK System	-					
30 ACCESSORIES AND PURCHASE DATA											
31	POSITIONATOR AND FILTER		SOLENOID VALVE (3)			TRAVEL ENDS (3)					
32	Positioner Type	Digital	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	PRODUCT DATA (3)			PURCHASE DATA							
40	Valve	41315	Actuator	Model 87	Requisition						
41	Positionator	Digital			Manufacturer	Masoneilan					
42	Solenoid	ET Lineal			Supplier						
43	Travel End										
44 GENERAL NOTES											
45	(1) Indicate the model /type (AC =anti-cavitation, AN=anti-noise, STD= standard, MS= multi-step, CR= rapid change)										
46	(2) Maximal difference pressure through the valve, which can be supported by the actuator maintaining the nominal shutting class										
47	(3) Environmental protection grade of electrical parts: IP 65 min.										
48	(4) For the elements, which are supplied by third parties (for example solenoids, final lines, etc.) it is necessary to indicate the respective manufacturer too.										
49											
JOB NO.		CHARGE NO.									
M/S NO.		P.O.NO.									
NO.UNITS											
DR.BY		DATE:									
CK.BY		DATE:									
REV	BY	OK	DATE								
1	J.M.			618-FCV-1600							
				SHEET No. 10							

5. **SEGURETAT**

5.1. **Anàlisi de risc HaZop**

S'ha decidit aplicar la tècnica HAZOP la qual consisteix en identificar els riscos associats a possibles desviacions i fallades de variables dels equips de procés respecte el seu correcte funcionament. El fonament es basa en detectar els perills potencials, per associar-hi els efectes de les possibles conseqüències a tota la planta. Per tant els dos objectius principals de l'anàlisi són:

- Identificar els perills inherents en el disseny de la planta.
- En el grau en que sigui possible, eliminar, alleujar o minimitzar els efectes que derivin dels perills.

5.1.1. Paraules guia

Per tal d'estructurar l'anàlisi HAZOP de forma metòdica i rigorosa i relacionar les causes amb conseqüències, s'utilitzen les següents paraules guia:

Taula 5.1. Paraules guia de l'anàlisi HAZOP.

Paraula guia	Significat
No	Absència de la variable a la qual s'aplica.
Més	Augment quantitatiu sobre la intenció de disseny.
Menys	Disminució quantitativa sobre la intenció de disseny.
Invers	S'obté l'efecte contrari al que es volia.
As well as	Succés alguna cosa més a banda de la intenció de disseny previst.

5.1.2. Paràmetres de procés a analitzar

Els paràmetres que es poden analitzar es descriuen en la taula 5.2.

Taula 5.2. Paràmetres del procés a analitzar.

Cabal	Pressió	Temperatura	Nivell	Addició	Reacció
-------	---------	-------------	--------	---------	---------

5.1.3. Fases de l'aplicació d'un estudi HAZOP a un procés

Per tal de realitzar un estudi acurat i precís, cal seguir les fases que defineixen l'estudi.

Definició de l'àrea d'estudi. Es delimita una zona concreta de la planta on es realitza l'estudi. En el cas de la unitat d'isomerització, es defineixen tres subsistemes del procés: Reactors, Columna Estabilitzadora i Columna DIH.

Definició de nusos. Per poder aplicar l'estudi, cal definir on s'aplica exactament. En aquest cas, s'aplicarà en les columnes i la zona de reacció.

Aplicació de les paraules guia. Fan referència a la relació que té el risc o succés envers a la unitat o element a analitzat i compren tants processos com paràmetres d'operació integrats al sistema que poden provocar desviacions o fallades.

Definició de les possibles desviacions a analitzar. Una vegada definits els nusos que componen el procés, es contempen totes les possibles desviacions de les variables i/o activitats, aplicant pas a pas cadascuna de les paraules guia llistades.

Taula HAZOP per cada nus definit. S'estudien totes les combinacions de cada nus entre paraula guia i variable d'operació per recollir les possibles desviacions amb les seves causes i conseqüències. Aquesta taula es recull en una taula que té el següent format:

Taula 5.3. Estructura de la taula d'estudi HAZOP.

Nus	Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
-----	-----------------	-----------	---------------------	---------------	----------------------------	------------------------

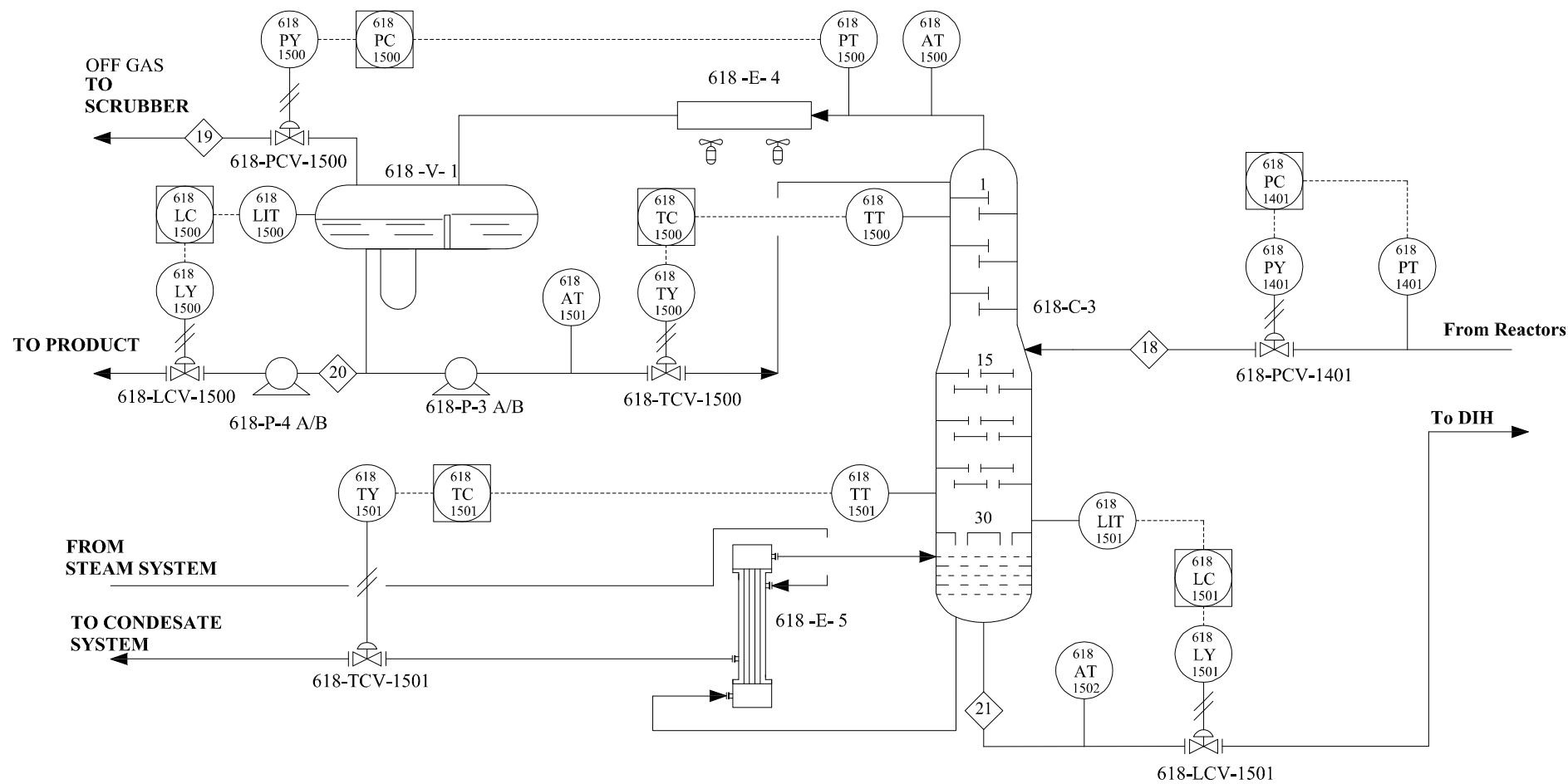
Aquesta estructura permet decidir les accions o mesures correctores a prendre per tal d'evitar el risc detectat.

Una vegada omplertes les taules i decidides les accions a emprendre, cal refer els diagrames P&ID amb les modificacions proposades segons el llistat d'accions correctores esmentades anteriorment.

5.1.4. Taules d'estudi per cada nus

A continuació es presenten les taules dels nusos estudiats amb els seus P&ID respectius de la planta. El nusos estudiats són:

- Columnes de destil·lació Estabilitzadora i DIH.
- Zona de reacció



REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	DESIGNED	DATE	PROJECT NUMBER	SCALE	UNITAT D'ISOMERITZACIÓ	PROCES CONTROL DIAGRAM	REV
1	REVISION GENERAL	J.M.	E.G.		10/05/17							E. GUZMÁN	10/05/2017	A1000	NOT TO SCALE	TARRAGONA	ISOM	1
2	PUESTO AL DIA	E.G.	A.G.		19/05/17							E. GUZMÁN	19/05/2017				PROCES CONTROL DIAGRAM	
												A. GONZALEZ	21/05/2017				V-1, E-5, E-4 i C-3	
																	R-1-618-20100	

- Taula 5.4. Nus columna de destil·lació Estabilitzadora 618-C-3.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Més	Més nivell en fons 618-C-3	Fallada del sistema de control 618-LC-1501 Llegeix menys nivell del real.	Inundació de la columna. No conseqüències de seguretat.		Instal·lar alarma de 618-LC-1501 alt.
	Més nivell en 618-V-1	Fallada del sistema de control 618-LC-1500 Llegeix menys nivell del real.	Possibilitat d'inundació de 618-V-1. Increment de la pressió per damunt de la de disseny i ruptura catastròfica de la columna. Possibilitat d'explosió	La vàlvula 618-PCV-1500 obrirà. La vàlvula 618-PSV-12 obrirà a 14 bar.	Ficar alarma en nivell alt 618-LC-1500 per aquest succés. Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-12 per aquest cas.
		Fallada bomba 618-P-3-A/B	Mateix escenari que fallada del sistema de control 618-LC-1500		
		Fallada bomba 618-P-4-A/B	Mateix escenari que fallada del sistema de control 618-LC-1500		
Menys	Menys nivell en fons 618-C-3	Fallada del sistema de control 618-LC-1501 Llegeix més nivell del real.	La quantitat que es recircula al termosifó 618-E-5 disminueix, per tant el producte es troba fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma en nivell baix 618-LC-1501 per aquest succés.
	Menys nivell en 618-V-1	Fallada del sistema de control 618-LC-1500. Llegeix major nivell del real.	Cavitació de les bombes P-3/P-4. Possibilitat de deteriorament de la tanca mecànica amb fuga al exterior. Possibilitat d'explosió.	Instal·lar doble tanca mecànica.	Ficar alarma en nivell baix 618-LC-1500 per aquest succés.

Taula 5.4. Nus columna de destil·lació Estabilitzadora 618-C-3.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
No	No cabal d'alimentació en 618-C-3	Fallada del sistema de control 618-PC-1401. Vàlvula tancada.	Inestabilitat de la columna amb possibilitat de "Coning ¹ ". No conseqüències de seguretat.		
	No cabal en reflux 618-C-3	Fallada del sistema de control 618-TC-1500. Vàlvula tancada.	Major temperatura al cap de columna, per tant producte fora d'especificació, més HC no lleugers per cap de columna. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma en temperatura alta 618-TC-1500 per aquest succés.
	No cabal en rentat de gasos de 618-V-1	Fallada del sistema de control 618-PCV-1500. Vàlvula tancada.	Increment de pressió en acumulador 618-V-1, no deixant condensar el cabal en 618 - E -4. Possibilitat de ruptura catastròfica.	La vàlvula 618-PSV-12 obrirà a 14 bar.	Ficar alarma en pressió alta 618-PC-1500 per aquest succés.
	No cabal de producte C4 a tancs.	Fallada del sistema de control 618-LC-1500. Vàlvula tancada.	Mateix escenari que més nivell en 618-V-1		
Menys	Menys cabal d'alimentació en 618-C-3	Fallada del sistema de control PCV-2.	Mateix escenari no cabal, tema operacional		
	Menys cabal en reflux 618-C-3	Fallada del sistema de control 618-TC-1500.			
	Menys cabal en rentat de gasos de 618-V-1	Fallada del sistema de control 618-PCV-1500.			
	Menys cabal de producte C4.	Fallada del sistema de control 618-LC-1500.			

¹ Es produeix el *Coning* quan hi ha un cabal de vapor elevat, formant-se un conus de vapor que arrossega el líquid sense arribar a tenir contacte les dues fases.

Taula 5.4. Nus columna de destil·lació Estabilitzadora 618-C-3.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
	Més cabal d'alimentació en 618-C-3	Fallada del sistema de control 618-PC-1400. Vàlvula completament oberta.	Possibilitat d'inundació de baixants i "Weeping" ² . Capacitat de separació disminuïda. No es produeix la separació esperada. Productes fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.	Actua el sistema de control 618-LC-1501. No deixa que el fons de columna s'ompli.	
	Més cabal en reflux 618-C-3	Fallada del sistema de control 618-TC-1500. Vàlvula completament oberta.	Disminució de la temperatura del cap de columna amb possibilitat d'inundació de baixants i "Weeping". Productes fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma de temperatura baixa 618-TC-1500 per aquest succés.
Més	Més cabal en producte de cap de 618-V-1	Fallada del sistema de control 618-LC-1500. Vàlvula completament oberta.	Possibilitat de cavitació de les bombes P-3 / P-4. Possibilitat de deteriorament de la tanca mecànica amb fuga al exterior. Possibilitat d'explosió.	Instal·lar doble tanca mecànica.	Ficar alarma en nivell baix 618-LC-1500 per aquest succés.
	Més cabal en producte fons de 618-C-3	Fallada del sistema de control 618-LC-1501. Vàlvula completament oberta.	La quantitat que es recircula al termosifó 618-E-5 disminueix, per tant el producte es troba fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma en nivell baix 618-LC-1501 per aquest succés.
	Més cabal de vapor en 618-E-5	Fallada del sistema de control 618-TC-1501. Vàlvula completament oberta.	Increment de la taxa de recirculació dels isòmers en el termosifó 618-E-5. Possibilitat de "Coning" i inundació de la columna. No conseqüències de seguretat		Ficar alarma d'alt cabal en 618-TC-1501

² El Weeping consisteix de la caiguda del líquid a través de les perforacions del plat inferior, degut a la velocitat del vapor es menor a la necessària per impedir el pas del líquid.

Taula 5.4. Nus columna de destil·lació Estabilitzadora 618-C-3.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Invers	Flux invers	Ruptura canonada/canonades en 618-E-5	Entrada de producte (Isòmers) al circuit de vapor, per tant augment de pressió i possibilitat de ruptura catastròfica.		Ficar vàlvula de seguretat col·lector de vapor
		Ruptura canonada/canonades en 618-E-4	Sortida de Hidrocarburs lleugers a l'exterior. possibilitat d'explosió i ruptura catastròfica dels altres aeris.		Ficar detector d'atmosfera explosiva en aeris.

Taula 5.4. Nus columna de destil·lació Estabilitzadora 618-C-3.

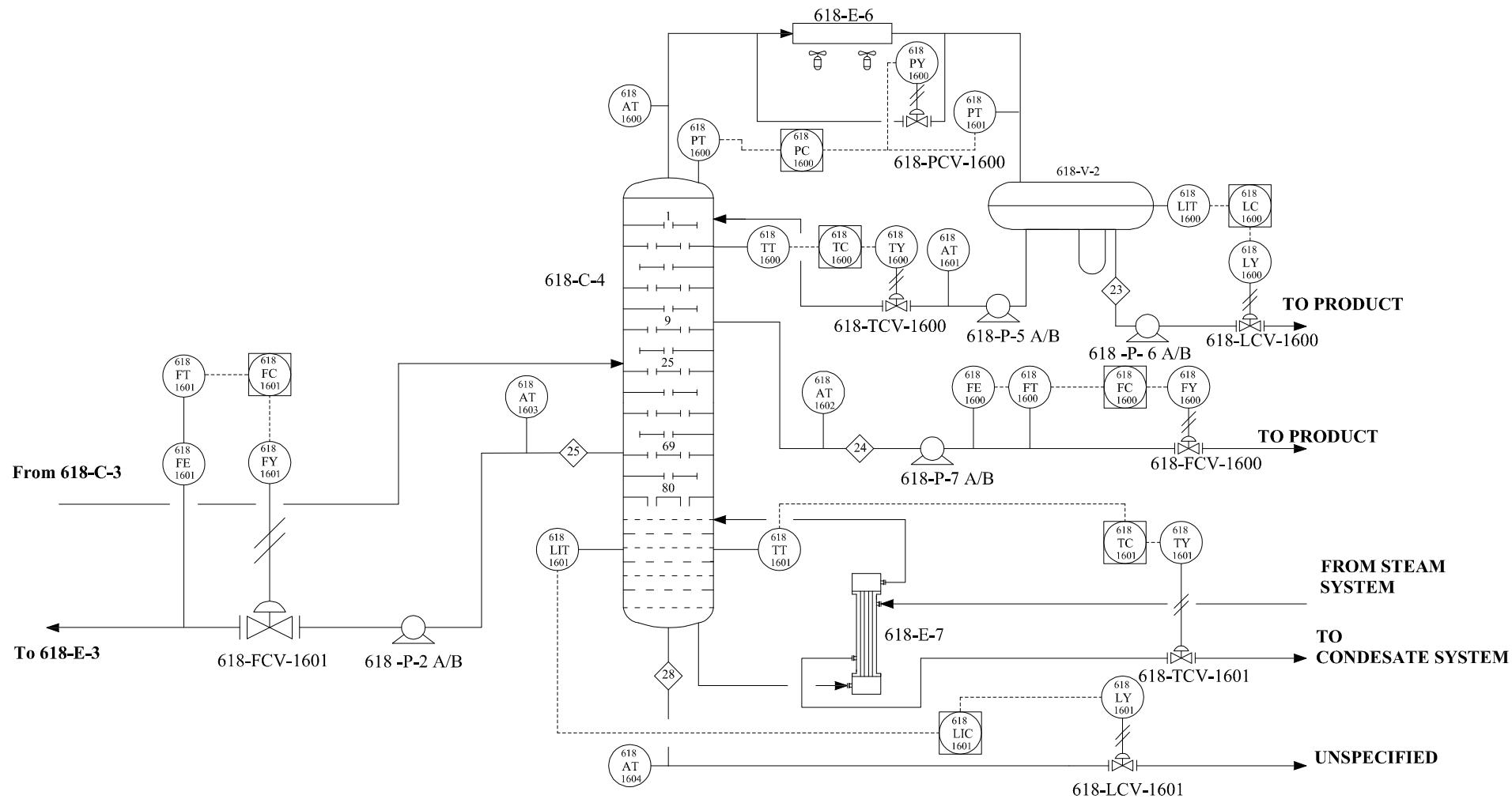
Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Més	Més pressió en 618-C-3	Fallada d'aerorefrigerants 618-E-4. Aerorefrigerants no funcionen adequadament. No hi ha suficients aeris engegats.	Augment de pressió per falta de condensació, per tant pujada de pressió a l'acumulador 618-V-1 i a la columna 618-C-3. Possibilitat de ruptura catastròfica.	La vàlvula 618-PCV-1500 obrirà. Les vàlvules 618-PSV-12 i 618-PSV-15 obriran a 14 bar.	Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-12 i 618-PSV-15 per aquest cas.
		Fallada de bombes P-3 / P-4 al cap de columna	Inundació de l'acumulador 618-V-1 i l'aeri 618-E-4. Per tant hi ha augment de pressió i fallada catastròfica amb possibilitat d'explosió.		Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-12 i 618-PSV-15 per aquest cas.
		Fallada del sistema de control 618-PC-1500. Vàlvula tancada.	Acumulació d'hidrocarburs lleugers en l'acumulador 618-V-1 Per tant hi ha augment de pressió i fallada catastròfica amb possibilitat d'explosió.	Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-12 i 618-PSV-15 per aquest cas.	
		Foc exterior	Augment de pressió. Possibilitat de ruptura catastròfica de la columna 618-C-3 i 618-V-1 amb possibilitat d'explosió.	Les vàlvules 618-PSV-12 i 618-PSV-15 obriran a 14 bar.	Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-12 i 618-PSV-15 per aquest cas.

Taula 5.4. Nus columna de destil·lació Estabilitzadora 618-C-3.


Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Menys	Menys pressió en 618-C-3	Fallada del sistema de control 618-PC-1500. Vàlvula completament oberta.	Menys pressió en acumulador 618-V-1, possibilitat d'inundació de columna 618-C- 3. Possibilitat de pèrdua de productes d'alt octanatge per cap de columna. Producte fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.		
		Ruptura canonada/canonades en 618-E-5	Entrada de producte (Isòmers) al circuit de vapor, per tant augment de pressió i possibilitat de ruptura catastròfica.		Ficar vàlvula de seguretat col·lector de vapor
		Ruptura canonada/canonades en 618-E-4	Sortida de Hidrocarburs lleugers a l'exterior. possibilitat d'explosió i ruptura catastròfica dels altres aeris.		Ficar detector d'atmosfera explosiva en aeris.
Més	Més temperatura en 618-C-3	Fallada del sistema de control 618-LC-1501. Vàlvula completament oberta.	Augment de la temperatura de fons de la columna 618-C-3. No conseqüències de seguretat.		
		Fallada del sistema de control 618-TC-1500. Vàlvula tancada.	Major temperatura al cap de columna, per tant producte fora d'especificació, més HC no lleugers per cap de columna. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma en temperatura alta 618-TC-1500 per aquest succés.
Menys	Menys temperatura en 618-C-3	Fallada del sistema de control 618-LC-1501. Vàlvula tancada.	Disminució del cabal de vapor que recircula a la columna, possibilitat d'inundació. No conseqüències de seguretat.		

Taula 5.4. Nus columna de destil·lació Estabilitzadora 618-C-3.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Altres	Altre composició a l'entrada de la columna 618-C-7	Major quantitat de lleugers o Major quantitat de pesats.	Tema operacional no conseqüències de seguretat.		
As well as	Erosió	Velocitat del fluid	Perill de trencament canonades i equips. Possibilitat d'incendi i explosió.		Disseny de canonades per aquest cas.
	Corrosió	Stress Corrosion Cracking / Pitting Sota aïllament			Programa d'inspeccions
No	No utilities	Fallada del sistema de vapor en columna 618-C-3	Inundació de la columna. No conseqüències de seguretat.		
		Fallada del sistema elèctric. Aeri 618-E-4 aturat.	Disminució del capacitat de condensació per convecció natural. Pujada de pressió a l'acumulador 618-V-1 i a la columna 618-C-3. Possibilitat de ruptura catastròfica.	La vàlvula 618-PCV-3 obrirà. La vàlvula 618-PSV-12 obrirà a 14 bar.	Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-12 per aquest cas.
		Fallada del sistema elèctric. Aturada bombes .	Mateix escenari que més pressió en 618-C-3		
		Fallada del sistema d'aire d'instruments	S'obre 618-PC-1500 Es tanca 618-TC-1501 S'obre 618-LC-1501 S'obre 618-LC-1500 S'obre 618-TC-1500		Estudiar les posicions de les vàlvules per aquest cas.



REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	APP	DATE	DESIGNED	DATE	PROJECT NUMBER	SCALE	NOT TO SCALE	REV
1	REVISION GENERAL	J.M.	E.G.		10/05/17							E. GUZMÁN	10/05/2017	A1000	NOT TO SCALE	R-1-618-20200	1
2	PUESTO AL DÍA	E.G.	A.G.		19/05/17							E. GUZMÁN	19/05/2017				
												A. GONZALEZ	21/05/2017				


ISOM
 TARRAGONA

UNITAT D'ISOMERITZACIÓ

PROCES CONTROL DIAGRAM
 E-6, E-7, V-2 i C-4

PROJECT NUMBER: A1000
 SCALE: NOT TO SCALE
 R-1-618-20200

Taula 5.5. Nus columna de destil·lació DIH 618-C-4.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
	Més nivell en fons 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-LC-1601 Llegeix menys nivell del real.	Inundació de la columna. No conseqüències de seguretat.		Instal·lar alarma de 618-LC-1601 alt.
Més	Més nivell en 618-V-2	Fallada del sistema de control 618-LC-1600 Llegeix menys nivell del real.	Possibilitat d'inundació de 618-V-2. Increment de la pressió per damunt de la de disseny i ruptura catastròfica de la columna. Possibilitat d'explosió	La vàlvula 618-PSV-16 obrirà a 3 bar.	Ficar alarma en nivell alt 618-LC-1600 per aquest succés.
		Fallada bomba 618-P-2-A/B	Mateix escenari que fallada del sistema de control 618-LC-1601		Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-16 per aquest cas.
		Fallada bomba 618-P-5-A/B	Mateix escenari que fallada del sistema de control 618-LC-1600		
		Fallada bomba 618-P-6-A/B	Mateix escenari que fallada del sistema de control 618-LC-1600		
		Fallada bomba 618-P-7-A/B	Mateix escenari que fallada del sistema de control 618-LC-1601		
Menys	Menys nivell en fons 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-LC-1601 Llegeix més nivell del real.	La quantitat que es recircula al termosifó 618-E-7 disminueix, per tant el producte de fons de columna es troba fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma en nivell baix 618-LC-16 per aquest succés.
	Menys nivell en 618-V-2	Fallada del sistema de control 618-LC-1600. Llegeix major nivell del real.	Cavitació de les bombes P-5/P-6. Possibilitat de deteriorament de la tanca mecànica amb fuga al exterior. Possibilitat d'explosió.	Instal·lar doble tanca mecànica.	Ficar alarma en nivell baix 618-LC-1600 per aquest succés.

Taula 5.5. Nus columna de destil·lació DIH 618-C-4.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
No	No cabal d'alimentació en 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-C-3.	Inestabilitat de la columna amb possibilitat de "Coning ³ ". No conseqüències de seguretat.		
	No cabal en reflux 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-TC-1600. Vàlvula tancada.	Major temperatura al cap de columna, per tant producte fora d'especificació, més isòmers pesats per cap de columna. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma en temperatura alta 618-TC-1600 per aquest succés.
	No cabal d'isòmers lleugers a tancs.	Fallada del sistema de control 618-LC-1600 vàlvula tancada.	Mateix escenari que més nivell en 618-V-2		
	No cabal d'isòmers lleugers.	Fallada del sistema de control 618-FC-1600 Vàlvula tancada.	Inundació de la columna. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma en nivell alt en 618-LC-1601
	No cabal en reflux a reactors 618-R-1- A/B	Fallada del sistema de control 618-FC-1600 Vàlvula tancada.	Inundació de la columna. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma en nivell alt en 618-LC-1601

³ Es produeix el *Coning* quan hi ha un cabal de vapor elevat, formant-se un conus de vapor que arrossega el líquid sense arribar a tenir contacte les dues fases.

Taula 5.5. Nus columna de destil·lació DIH 618-C-4.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Menys	Menys cabal d'alimentació en 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-C-3.	Mateix escenari que no cabal, tema operacional.		
	Menys cabal en reflux 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-TC-1600.			
	Menys cabal d'isòmers lleugers a tancs.	Fallada del sistema de control 618-LC-1600			
	Menys cabal d'isòmers lleugers a tancs.	Fallada del sistema de control 618-FC-1600			
	Menys cabal en reflux a reactors 618-R-1- A/B	Fallada del sistema de control 618-FC-1600			
Més	Més cabal d'alimentació en 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-LC-1501. Vàlvula completament oberta.	Possibilitat d'inundació de baixants i "Weeping" ⁴ . Capacitat de separació disminuïda. Productes fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.	Actua el sistema de control 618-LC-1601. No deixa que el fons de columna s'ompli.	
	Més cabal en reflux 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-TC-1600. Vàlvula completament oberta.	Disminució de la temperatura del cap de columna amb possibilitat d'inundació de baixants i "Weeping". No es produeix la separació esperada. Productes fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma de temperatura baixa 618-TC-1600 per aquest succés.

⁴ El Weeping consisteix de la caiguda del líquid a través de les perforacions del plat inferior, degut a la velocitat del vapor es menor a la necessària per impedir el pas del líquid.

Taula 5.5. Nus columna de destil·lació DIH 618-C-4.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Més	Més cabal d'alimentació en 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-LC-1501. Vàlvula completament oberta.	Possibilitat d'inundació de baixants i "Weeping ⁵ ". Capacitat de separació disminuïda. No es produeix la separació esperada. Productes fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.	Actua el sistema de control 618-LC-1601. No deixa que el fons de columna s'ompli.	
	Més cabal en reflux 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-TC-1600. Vàlvula completament oberta.	Disminució de la temperatura del cap de columna amb possibilitat d'inundació de baixants i "Weeping". No es produeix la separació esperada. Productes fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma de temperatura baixa 618-TC-1600 per aquest succés.

⁵ El Weeping consisteix de la caiguda del líquid a través de les perforacions del plat inferior, degut a la velocitat del vapor es menor a la necessària per impedir el pas del líquid.

Taula 5.5. Nus columna de destil·lació DIH 618-C-4.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
	Més cabal en producte de cap de 618-V-2	Fallada del sistema de control 618-LC-1600. Vàlvula completament oberta.	Possibilitat de cavitació de les bombes P-5 / P-6. Possibilitat de deteriorament de la tanca mecànica amb fuga al exterior. Possibilitat d'explosió.	Instal·lar doble tanca mecànica.	Ficar alarma en nivell baix 618-LC-1600 per aquest succés.
	Més cabal en producte fons de 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-LC-1601. Vàlvula completament oberta.	La quantitat que es recircula al termosifó 618-E-7 disminueix, per tant el producte es troba fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma en nivell baix 618-LC-1601 per aquest succés.
	Més cabal de vapor en 618-E-7	Fallada del sistema de control 618-TC-1601. Vàlvula completament oberta.	Increment de la taxa de recirculació dels isòmers en el termosifó 618-E-7. Possibilitat de "Coning" i inundació de la columna. No conseqüències de seguretat		Ficar alarma d'alt cabal en 618-TC-1601
	Més cabal en 618-E-3	Fallada del sistema de control 618-FC-1601	Baixada de la quantitat de líquid de la columna. Possibilitat de "Coning" i inundació de la columna. No conseqüències de seguretat		Ficar alarma d'alt cabal en 618-FC-1601
	Més cabal en producte isòmers pesats	Fallada del sistema de control 618-FC-1600	Baixada de la quantitat de líquid de la columna. Possibilitat de "Coning" i inundació de la columna. No conseqüències de seguretat		Ficar alarma d'alt cabal en 618-FC-1600
Invers	Flux invers	Ruptura canonada/canonades en 618-E-7	Entrada de producte (Isòmers) al circuit de vapor, per tant augment de pressió i possibilitat de ruptura catastròfica.		Ficar vàlvula de seguretat col·lector de vapor

Taula 5.5. Nus columna de destil·lació DIH 618-C-4.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Més	Més pressió en 618-C-4	Fallada d'aerorefrigerants 618-E-6. Aerorefrigerants no funcionen adequadament. No hi ha suficients aeris engegats.	Augment de pressió per falta de condensació, per tant pujada de pressió a l'acumulador 618-V-2 i a la columna 618-C-4. Possibilitat de ruptura catastròfica.	La vàlvula 618-PSV-16 obrirà a 3 bar.	Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-16 per aquest cas.
		Fallada de bombes P-5 / P-6 al cap de columna	Inundació de l'acumulador 618-V-4 i l'aeri 618-E-7. Per tant hi ha augment de pressió i fallada catastròfica amb possibilitat d'explosió.	La vàlvula 618-PSV-16 obrirà a 3 bar.	Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-16 per aquest cas.
		Fallada del sistema de control 618-PC-1600. Vàlvula tancada.	Acumulació d'isòmers lleugers en l'acumulador 618-V-2 Per tant hi ha augment de pressió i fallada catastròfica amb possibilitat d'explosió.	La vàlvula 618-PSV-16 obrirà a 3 bar.	Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-16 per aquest cas.
		Foc exterior	Augment de pressió. Possibilitat de ruptura catastròfica de la columna 618-C-4 i 618-V-2 amb possibilitat d'explosió.	La vàlvula 618-PSV-16 obrirà a 3 bar.	Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-16 per aquest cas.

Taula 5.5. Nus columna de destil·lació DIH 618-C-4.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Menys	Menys pressió en 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-PC-1600. Vàlvula completament oberta.	Menys pressió en acumulador 618-V-2, possibilitat d'inundació de columna 618-C-4. Possibilitat de pèrdua de productes d'alt octanatge per cap de columna. Producte fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.		
		Ruptura canonada/canonades en 618-E-7	Sortida de isòmers lleugers a l'exterior. possibilitat d'explosió i ruptura catastròfica dels altres aeris.		Ficar detector d'atmosfera explosiva en aeris.
Més	Més temperatura en 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-LC-1601. Vàlvula completament oberta.	Augment de la temperatura de fons de la columna 618-C-4. No conseqüències de seguretat.		
		Fallada del sistema de control 618-TC-1600. Vàlvula tancada.	Major temperatura al cap de columna, per tant producte fora d'especificació, més isòmers pesats per cap de columna. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma en temperatura alta 618-TC-1600 per aquest succés.
Menys	Menys temperatura en 618-C-4	Fallada del sistema de control 618-LC-1601. Vàlvula tancada.	Disminució del cabal de vapor que recircula a la columna, possibilitat d'inundació. No conseqüències de seguretat.		

Taula 5.5. Nus columna de destil·lació DIH 618-C-4.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Altres	Altres composició a l'entrada de la columna 618-C-4	Major quantitat de lleugers o Major quantitat de pesats.	Tema operacional no conseqüències de seguretat.		
As well as	Erosió	Velocitat del fluid	Perill de trencament canonades i equips. Possibilitat d'incendi i explosió.		Disseny de canonades per aquest cas.
	Corrosió	Stress Corrosion Cracking / Pitting Sota aïllament			Programa d'inspeccions
No	No utilities	Fallada del sistema de vapor en columna 618-C-4	Inundació de la columna. No conseqüències de seguretat.	La vàlvula 618-PSV-16 obrirà a 3 bar.	Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-16 per aquest cas.
		Fallada del sistema elèctric. Aeri 618-E-6 aturat.	Disminució del capacitat de condensació per convecció natural. Pujada de pressió a l'acumulador 618-V-2 i a la columna 618-C-4. Possibilitat de ruptura catastròfica.		
		Fallada del sistema elèctric. Aturada bombes .	Mateix escenari que més pressió en 618-C-4		
		Fallada del sistema d'aire d'instruments	S'engega 618-PC-1600 Es tanca 618-TC-1601 S'obre 618-LC-1601 S'obre 618-LC-1600 S'obre 618-TC-1600		

Taula 5.6. Nus Zona de reacció. Reactors 618-R-1-A/B i Bescanviadors 618- E-1/2/3.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
No	No cabal d'alimentació en 618-R-1-B	Fallada del sistema de control 618-PC-1400. Vàlvula tancada	Augment de pressió en el sistema		Ficar alarma de alta pressió
	No cabal de promotor en 618-R-1- A/B	Falla del sistema de control 618-FC-1400. Vàlvula tancada	Producte fora d'especificació. No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma de baix cabal
Més	Més cabal d'alimentació en 618-R-1-B	Fallada del sistema de control 618-PC-1400. Vàlvula completament oberta.	No conseqüències de seguretat.		Ficar alarma de baixa pressió
	Més cabal d'alimentació en 618-R-1-A/B	Falla del sistema de control 618-FC-1400. Vàlvula totalment oberta	Major producció d'àcid clorhídric. Possibilitat de corrosió del material		Ficar alarma de alt cabal
Menys	Menys cabal d'alimentació en 618-R-1-B	Fallada del sistema de control 618-PC-1400. Vàlvula tancada.	Mateix escenari no cabal, tema operacional.		
	Menys cabal d'alimentació en 618-R-1-A/B	Falla del sistema de control 618-FC-1400. Vàlvula tancada.	Mateix escenari no cabal, tema operacional.		

Taula 5.6. Nus Zona de reacció. Reactors 618-R-1-A/B i Bescanviadors 618- E-1/2/3.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Invers	Flux invers	Ruptura canonada/canonades en 618-E-3	Entrada de producte al sistema, per tant augment de pressió i possibilitat de ruptura catastròfica.		Ficar detector d'atmosfera explosiva en aeris. Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-9 per aquest cas.
		Ruptura canonada/canonades en 618-E-2	Entrada de producte al sistema, per tant augment de pressió i possibilitat de ruptura catastròfica.		Ficar detector d'atmosfera explosiva en aeris. Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-7 per aquest cas.
		Ruptura canonada/canonades en 618-E-1	Entrada de producte al circuit de vapor, per tant augment de pressió i possibilitat de ruptura catastròfica.		Ficar vàlvula de seguretat col·lector de vapor. Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-6 per aquest cas.
Més	Més pressió en 618-R-B	Fallada de control 618-PC-1400	Mateix escenari no cabal, tema operacional.		
		Foc exterior	Augment de pressió. Possibilitat de ruptura catastròfica dels equips amb possibilitat d'explosió.	PSV-11 obrirà a 40 bar.	Dissenyar vàlvula de seguretat 618-PSV-11 per aquest cas.
Menys	Menys pressió en 618-R-1-B	Fallada de control 618-PC-1400	Mateix escenari més cabal, tema operacional		

Taula 5.6. Nus Zona de reacció. Reactors 618-R-1-A/B i Bescanviadors 618- E-1/2/3.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
	Més temperatura en 618-E-1	Fallada del sistema de control 618-TC-1400. vàlvula completament oberta	Major temperatura en reactors 618-R-11A/B. Possibilitat de "runaway".		Ficar alarma de alta temperatura en 618-TC-1400.
Més					
	Més temperatura en 618-R-1-A/B	Fallada del sistema de control 618-TC-1400. Vàlvula oberta.	Mateix escenari més temperatura 618-E-1, tema operacional.		
	Menys temperatura en 618-E-1	Fallada del sistema de control 618-TC-1400. Vàlvula tancada.	Menor temperatura en reactors 618-R-1-A/B. Producte fora d'especificació. No conseqüència de seguretat.		Ficar alarma de baixa temperatura en 618-TC-1400.
Menys					
	Menys temperatura en 618-R-1-A/B	Fallada del sistema de control 618-TC-1400. Vàlvula tancada.	Mateix escenari menys temperatura 618-E-1, tema operacional.		

Taula 5.6. Nus Zona de reacció. Reactors 618-R-1-A/B i Bescanviadors 618- E-1/2/3.

Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
Altres	Altres composició a l'entrada dels reactors 618-R-1-A/B	Canvi de composició no desitjat en l'alimentació del procés, composició diferent d'altres unitats.	No forma part d'aquest hazop		
As well as	Erosió	Velocitat del fluid	Perill de trencament canonades i equips. Possibilitat d'incendi i explosió.		Disseny de canonades per aquest cas.
	Corrosió	Major quantitat d'àcid clorhídric. Stress Corrosion Cracking / Pitting Sota aïllament			Programa d'inspeccions
No	No utilities	Fallada del sistema de vapor en 618-E-1 vàlvula completament tancada.	Mateix escenari menys temperatura 618-E-1, tema operacional.		

5.2. Equips de seguretat

5.2.1. Sistema contra incendi

El sistema de seguretat contra incendi en les operacions de la refineria es realitza amb l'ajuda de sistemes de Detecció/Monitoratge i control de les condicions de risc de cada una de les unitats corresponents, procés, àrees d'emmagatzematge entre altres. Cadascun d'aquest sistemes inclou els següents elements: Detecció d'explosivitat, detecció de foc, detecció de gasos tòxics, dispositiu d'alarma (visuals/auditius), sistema de diluvi (Deluge), panell de control, taulell de control campo de vàlvules, posada en marxa bombes, etc.

Sistema de diluvi deluge

La xarxa d'aigua contra incendis es troba constituïda per una àmplia xarxa de circuits de canonades connectats als sistemes existents amb vàlvules de distribució i alimentada directament a hidrants, així com sistemes d'aspersió.

Les bombes existents d'aigua contra incendi operaran automàticament quan la pressió en la xarxa d'aigua contra incendi baixa sota d'un cert valor. Aquest sistema de posada en marxa automàtic tindrà dispositius amb seqüència de temps per evitar que les bombes es posin en marxa simultàniament. El sistema d'aigua contra incendis té cobrir la demanda d'aigua total, amb una pressió mínima. Les bombes utilitzades són de tres tipus: Jockey, Diesel i Eléctrica.

5.3. Plans d'emergència

Les empreses ubicades en el complex químic de Tarragona disposen de nivells de protecció estandarditzats per instal·lacions industrials, on també hi ha possibles situacions d'emergència que faci necessari la col·laboració entres les diferents companyes del complex PACTO DE AYUDA MUTUA (P.A.M) i els Parcs Químics de Seguretat.

6. MEDIAMBIENT

En aquest aparta del projecte s'analitza les emissions i els residus generats en la unitat d'isomerització i s'estudien les mesures necessàries per tractar-les i reduir-les. Prèviament s'ha estudiat en l'apartat 3.5 les normes oficials en Espanya i Catalunya a aplicar al projecte.

6.1. Dades meteorològiques

Tarragona gaudeix d'un clima típic del litoral mediterrani, amb una temperatura mitjana de 17 °C. Les precipitacions són escasses i es concentren a la tardor i la primavera.

Per analitzar els diferents paràmetres s'han agafat els valors climatològics normals proporcionats per l'estació meteorològica del complex educatiu.

Taula 6.1. Dades meteorològiques del complex educatiu.

Temperatura ambient	17,4	Mitjana anual
Humitat relativa	76	Mitjana anual
Vent	2.39	Velocitat mitjana anual

6.2. Emissions Aire

La principal font d'emissió de gasos de la unitat és la combustió del Fuel Gas, ja que el vapor necessari per a tot procés productiu es genera a partir del consum de combustibles en calderes i cogeneracions, on addicionalment la energia produïda serveix per l'autoconsum.

També cal destacar que s'envia al sistema de torxa els gasos provinents de purgues, vàlvules de seguretat, donant a compliment al que estableix el Reial decret 2085/1994, Reglament d'Instal·lacions Petrolíferes. Com la unitat en sí no es generadora de gasos d'efecte hivernacle es mostra un exemple dels límits d'emissió per al cas de la combustió de Fuel Gas, combustible generat en 618-C-3.

Taula 6.2. Límits d'emissions atmosfèriques segons el focus d'emissió al 2015 [16].

Paràmetre de control	Límit de referència	Mitjana anual
-----------------------------	----------------------------	----------------------

	Calderes	Cogeneracions
SO₂	300 mg/Nm ³	
NO_X	450 mg/Nm ³	300 mg/Nm ³
CO	100 mg/Nm ³	200 mg/Nm ³

Com que la unitat es troba dins d'un polígon industrial s'ha decidit realitzar l'avaluació dels principals impactes i les corresponents mesures correctores a aplicar en la fase d'exploració.

Taula 6.3. Avaluació dels principals impactes i mesures correctores en la fase de explotació.

Element del medi	Impacte Potencial	Paràmetres de contrast	Mesures correctores
Qualitat de l'aire	Emissió de partícules i gasos (NO _x , CO i HC) pel tràfic. Altres emissions relacionades amb el processos de cogeneració xemeneies, i calderes (com per exemple CO ₂ , NO _x , SO ₂ , CO).	Estimació d'emissions de contaminants mitjançant models de fonts lineals i de dispersió atmosfèrica. Emissions de COVs (mg/Nm ³).	Optimització del procés per tal de reduir les emissions, control periòdic de l'estat de l'equip pel seu millor funcionament. Utilitzar en la mesura que sigui possible les MTD. En cas de ser necessari per tal de complir el límits legals i propis de l'empresa s'haurà d'instal·lar (columnes d'absorció, etc.)
Soroll	Moviment de vehicles, bombes i altres equips i/o operacions pròpies del procés.	Nivells de soroll generat i sensibilitat del sistema per parcel·la dia i nit (dB).	Complir els procediments de posada en marxa dels equips com bombes, obres de manteniment, construcció d'andamis i limitar-los a un màxim de dB regits per la norma.
Efluents líquids, vessaments accidentals	Increment potencial de la matèria orgànica en la xarxa. Elevades quantitats d'àcid clorhídric deteriora el material i produeix fuites.	Mesura del DBO. Nombre d'episodis dels vessaments accidentals.	Rentar els gasos àcids a partir d'una neutralització àcid-base.
Presència de substàncies perilloses	Substàncies que poden causar canvis en el medi.	Inspeccions periòdiques pel organisme de control de l'empresa.	Plans d'emergència, elaboració d'informes de seguretat, construcció d'equips que actuen com a elements salvaguardes per una actuació ràpida en cas de vessament i/o fuita.
Població humana	Canvis en la estructura demogràfica del sector, redistribució de la zona efectes de la salut de la zona per immissió de contaminants i sorolls.	Anàlisi social de la zona (variacions de població, nombre d'afectats per contaminants i dB "acústic").	Accions compensatòries com utilització de mà d'obra local, utilització d'aïllament acústic o barreres, millora del procés per reduir les emissions.

6.3. Tractaments dels efluents aquosos de la planta

S'ha decidit aplicar un sistema de tractament d'aigües efectiu. Aquest tractament consisteix en analitzar els diferents paràmetres dels corrents de cooling water i dels corrents destinats a generar vapor per als reboiler, aquests últims, es necessari dur a terme tractaments més selectius ja que l'aigua va dirigida a la caldera.

A continuació es mostra els nivells de contaminació del corrent de sortida i el nivell mínims requerits per la seva utilització en planta.

Taula 6.4. Paràmetres del cabal d'entrada i especificacions del client.[17]

Paràmetre	Mescla a tractar	Boiler	Cooling Water
TOC	350	<0.2	<15
COD	250		<20
BOD5	60		
Turbidity	9		
TSS	11		<5
TDS	2700		
Phosphate	1.5		
Conductivity	3500	4-6	<2000
Silica	7	<0.005	
Iron	0.5	<0.005	
Copper	n.a	<0.001	
Calcium	350		<350
Sulphates	1200		<350

Primer per disminuir els sòlids en suspensió es duu a terme un procés de filtració on s'eliminaran els sòlids en suspensió. Tot seguit de nanofiltració que permet la separació selectiva de compostos orgànics i sals per plantes de tractaments d'aigües industrials on s'eliminarien BOD/COD/TOC a mes de desmineralitzar l'aigua industrial. Una altra opció seria aplicar una cloració abans dels filtres i una decloració abans de l'osmosi per tal d'eliminar la DBO per no fer mal bé la membrana d'osmosis inversa. Un cop realitzat aquest tractament el corrent es enviat a la torre de refrigeració.

Tot seguit per enviar part del corrent per la generació de vapor es necessita reduir metalls i reduir encara més la conductivitat. Per tant s'utilitza un sistema de trens d'intercanvis iònics per tal de reduir-les.

7. MANTENIMENT

7.1. Manteniment sistemàtic

Aquest tipus de manteniment es durà a terme en equips o instal·lacions crítiques pel que fa al nivell productiu de l'empresa, mitjançant un seguit de tasques definides segons el criteri d'un programa establert. A vegades, segons convingui, aquest tipus de manteniment es substitueix pel manteniment de condició amb el qual només s'utilitza si hi ha símptomes de possible fallada.

Pel que fa als diferents tipus de tasques, la neteja tècnica n'és una d'elles degut a l'embrutiment que pateixen els equips de la planta (torre de refrigeració, bescanviadors de calor, dipòsits i acumuladors). Per altre banda, destaquen dos tipus de neteja tècnica utilitzades, la neteja amb medis mecànics com els equips de rentat a pressió; i la neteja química utilitzant dispersants, oxidants o complexants.

7.2. Manteniment predictiu

Aquest tipus de manteniment es basa principalment en el seguiment i monitoratge de paràmetres i condicions operatives d'un equip o instal·lació. La informació dels valors mesurats permet preveure la fallada de l'equip.

Anàlisi de vibracions. S'utilitza per equips rotatius i el seu objectiu és obtenir una representació de l'espectre de les vibracions d'un equip en funcionament per al seu posterior anàlisi. Per fer-ho, es necessita la velocitat de gir, el tipus de coixinet, el número de alabes, etc.

Existeixen dues tècniques diferents de mesura, segons l'amplitud de la vibració la qual només indica si hi ha un problema en l'equip; i segons l'anàlisi de l'espectre de vibració amb el qual s'analitza el nivell de vibració en cadascuna de les freqüències de l'espectre i així es pot detectar l'anomalia.

Termografia. La termografia permet detectar qualsevol fallada d'un equip que es manifesti amb un canvi de temperatura, mesurant els seus nivells de radiació dins de l'espectre infraroig. La fallada electromagnètica es manifesta generant calor. Motors, alternadors, subestació elèctrica entre altres són exemples de les possibles aplicacions.

Altres tècniques predictives. A més de les esmentades anteriorment, també s'efectuen d'altres com Borescope (inspecció visual amb ajuda òptica), ultrasons i anàlisi de l'oli.

7.3. Manteniment correctiu

El manteniment correctiu efectuat és subdivideix en el programat amb el qual en el moment de la reparació, aquest s'adapta a les necessitats de producció; i el no programat que suposa la reparació de la avaria de l'equip immediatament després de la fallada.

7.4. Pla d'inspeccions

Pels reactors i les columnes en general es seguiran els següents passos:

- Pre-inspecció (inspecció visual de la instal·lació). Especial atenció en suports, aïllaments, pintura i preses de terra.
- Inspecció visual exterior de línies i equips sense calorifugat.
- Mesurar l'espessor des de l'exterior (només en les zones que després de ficar un doll de líquid a pressió s'identifiqui espessor baix).
- Inspecció mitjançant partícules magnètiques, per detectar possibles anomalies en soldadures.
- Inspecció interior amb mesura d'espessor en punts clau de corrosió.
- Ompliment de l'equip amb aigua desmineralitzada.
- Prova de pressió a 1.3 vegades la pressió de disseny.
- Documentació de resultats.

Bombes. L'oli utilitzat per lubricar la tanca de les bombes se li aplica un anàlisi de laboratori periòdic per trobar possibles anomalies indetectables a simple vista.

Corrosió en els equips de procés. Per impedir la corrosió d'equips i canonades on hi ha traces d'aigua s'utilitzen aliatges resistents a la corrosió, però com s'ha esmentat en apartats anteriors, el cost és elevat. Així que, també s'utilitzen una sèrie de plaquetes com a testimonis de corrosió ubicades a l'interior de les canonades de manera que es pugui veure l'efecte de la corrosió en aquestes.

8. ELABORACIÓ DE MANUALS

A continuació es realitza una breu descripció del procediment de posada en marxa de la unitat d'isomerització U-618, procedint d'una aturada on no s'han obert els equips importants.

El sistema es troba pressuritzat amb hidrogen o nitrogen i bloquejat.

Tot seguit, s'incrementa la pressió del sistema fins arribar a la pressió requerida per cada equip, comprovant l'estanqueïtat i si hi ha fuges en el sistema.

Si no es disposa de la columna de rentat de gasos perquè es troba fora de servei, s'enviarà el gas a torxa.

8.1. Posada en marxa zona de separació

Tot seguit, s'alimenta el corrent de la nafta procedent d'una altra unitat per tal d'establir el nivell en el dipòsit pulmó que es troba abans de la unitat i després s'omple el llit de guarda de sofre. Seguidament, s'alimenten els acumuladors de les columnes estabilitzadora i DIH amb el corrent procedent dels assecadors. Al mateix temps es va agafant nivell en el fons de columna, un cop s'assoleix el nivell suficient es posen en marxa els *reboilers*, augmentant així la temperatura de fons.

Un cop assolida la temperatura de fons de columna de la estabilitzadora s'envia a la torre DIH que funciona a reflux total i amb nivells suficients de fons i cap es realitza una extracció lateral de la columna DIH a la sortida dels assecadors. Com que els reactors estan en by-pass aquest corrent anirà a la zona de separació. Mentrestant es va augmentant el cabal d'entrada de nafta fresca i el cabal d'hidrogen. En aquest punt la unitat de rentat de gasos ja ha d'estar preparada per al servei.

8.2. Posada en marxa zona de reacció

Un cop la zona de separació està preparada es comprova que els nivells d'humitat no siguin massa elevats.

Als equips de reacció es puja la pressió lentament fins assolir la pressió d'operació. A continuació amb pressió i temperatura estables s'introdueix el corrent de nafta als reactors assegurant-se que no sigui inferior al 50% del valor de disseny. No s'introdueix nafta en el

reactor en el cas que es tingui una temperatura superior de 65 °C en qualsevol part d'aquest, ja que la reacció que es produeix és molt exotèrmica. En aquest moment la unitat es troba en 50% cabal de nafta i 100% hidrogen. Un cop el procés estigui estable s'incrementa lentament la temperatura d'entrada del reactor fins arribar als 121 °C. Prèviament quan s'assoleixi la temperatura de 105 °C en algun punt de la zona de reacció també s'inicia la injecció de percloroetilè.

Finalment es van variant els paràmetres fins assolir les condicions d'operació normals, com per exemple ajustar la temperatura del reactor fins assolir una relació de IC5/C5 d'aproximadament 75.

8.3. Aturada de la unitat de reacció

Prèviament abans de realitzar l'aturada de la unitat s'espera que hagi completat el cicle de regeneració.

Al inici s'augmenta el cabal d'hidrogen en alimentació al màxim. El producte extret fora d'especificació s'envia a tancs. Tot seguit es redueix la temperatura d'entrada als reactors fins 121°C, amb un ritme que no excedeixi 28°C per hora. Un cop assolit 121 °C es redueix el cabal d'entrada d'alimentació de nafta fins al 50% del cabal de disseny. Després es redueix la pressió de forma controlada. Es torna a disminuir la temperatura del reactor i s'atura la injecció de percloroetilè. Un cop la zona de reacció es troba a les condicions establertes, s'obre la línia de by-pass y es tanca l'alimentació als reactors.

8.4. Aturada de la unitat de separació

Un cop s'ha obert la línia de by-pass es disminueix gradualment la temperatura y pressió dels equips. Després es realitza l'aturada dels reboilers i es van buidant les unitats fins l'aturada de les bombes. Els equips es mantindran pressuritzats en tot moment per tal d'evitar l'entrada de contaminants. Amb l'aturada del corrent d'hidrogen baixarà la pressió de la zona de separació.

9. AVALUACIÓ ECONÒMICA

Es realitza una avaluació econòmica del procés escollit, per tal de determinar la viabilitat d'aquest.

9.1. Valor Actual Net

Es calcula el VAN com a criteri per a valorar la viabilitat. Correspon a la diferència entre els beneficis i la inversió inicial. L'expressió mostrada a continuació és la utilitzada en l'obtenció del valor del VAN.

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^n} \quad (9.1)$$

Els projectes amb un valor de VAN de zero o major, es duen a terme donat que significa que la inversió inicial es recupera i alhora s'obtenen beneficis. D'altra banda, si el VAN dona negatiu, el projecte es rebutja donat que la inversió no es pot recuperar. En aquest cas el VAN pren un valor de 8.91 M€.

El terme k que apareix a l'expressió 9.1, correspon al tipus d'interès el qual ve donat pel mercat financer. En aquest projecte s'utilitza un valor de 12.5%.

El cash flow (CF), correspon als fluxos de caixa que es donen en un període de temps determinat, donant positiu si els ingressos d'aquell període superen als costos i negatiu si es dona el cas contrari.

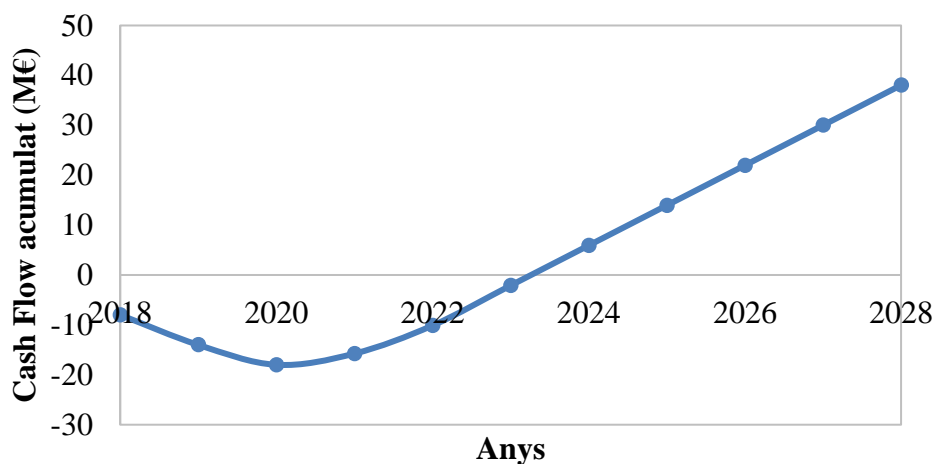


Figura 9.1 Evolució del cash flow acumulat del projecte en un període de temps de 10 anys.

A l'hora de considerar el cash flow, s'ha de tenir en compte els diferents costos que es presenten. Existeix dos grups de costos majoritaris, els costos variables i els costos fixos.

- Els costos variables, son els que depenen del volum de producció de l'empresa, si la carrega de treball de l'empresa disminueix, també ho faran els costos variables. Es poden incloure dins aquests costos, les despeses en matèries primeres i en serveis, el valor d'aquestes despeses es poden observar en el subapartat 9.1.1.
- Els costos fixos no varien segons les fluctuacions en el volum de producció de l'empresa. Es troben en aquesta part les despeses en recursos humans i el manteniment dels equips.

Un altre factor que afecta al cash flow és l'amortització, on es distribueix els costos de la compra d'equips i instal·lacions al llarg del temps. Els preus dels equips es poden veure en el subapartat 9.1.2.

Un últim valor a tenir en compte, són els beneficis obtinguts de la venda dels productes, els preus dels quals es poden observar en el subapartat 9.1.1.

En la taula 9.1 es poden observar els resultats obtinguts any a any i queden resumides totes les dades explicades anteriorment.

Taula 9.1. Taula de balanç de resultats.

Anys	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2026	2028
Producció (%)	0	0	0	40	75	100	100	100	100
Inversió de capital	8	6	4	0	0	0	0	0	0
Ingressos	0,0	0,0	0,0	54,0	101,3	135,1	135,1	135,1	135,1
Costos variables	0,0	0,0	0,0	49,6	92,1	122,4	122,4	122,4	122,4
Costos fixos	0,0	0,0	0,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
BAI	0,0	0,0	0,0	2,9	7,7	11,1	11,1	11,1	11,1
Amortització	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Impostos	-0,1	-0,1	-0,1	0,8	2,2	3,3	3,3	3,3	3,3
BDI	-8,0	-6,0	-4,0	2,3	5,6	8,0	8,0	8,0	8,0
Cash Flow acumulat	-8,0	-14,0	-18,0	-15,7	-10,1	-2,1	5,9	22,0	38,0

9.1.1. Preus de matèries primeres, serveis i productes

Tal com s'ha mencionat anteriorment, és important conèixer les despeses en matèries primeres i serveis donat que afecten al valor dels costos variables. Els preus dels productes també són rellevants donat que està directament lligat als beneficis.

Taula 9.2. Cost de les matèries primeres consumides en el procés així com també el catalitzador i adsorbent necessaris.

Matèria primera	Cost anual (€/any)	Producte	Benefici anual (€/any)
Nafta Lleugera	118.128.600 €	Isomerat pesat	60.329.615 €
Hidrogen	3.066.000 €	Isomerat lleuger	57.333.920 €
Percloroetilè	101.400 €	Fuel gas	3.367.173 €
Catalitzador (Pt/Al ₂ O ₃)	50.000 €	Fondo DIH	14.077.596 €
Adsorbent (zeolita 13X)	11.727 €		

El preu de la nafta lleugera i dels productes són de vital importància per calcular la viabilitat de la planta, afectaran molt al balanç econòmic. Com que el preu varia molt en el temps (531 €/Tm l'abril de 2015 i 391 €/Tm l'abril de 2017) s'ha decidit emprar un valor aproximat que reflecteixi millor aquesta variabilitat al llarg del temps ja que amb els preus obtinguts de l'abril del 2017 el benefici és molt gran i de seguida es cobreixen costos d'inversió, no és així pels preus del 2015, on s'haguessin vist molt reduïts els beneficis, allargant molt el temps en el que es recupera la inversió.

Pels motius exposats anteriorment es decideix establir un preu de nafta lleugera de 435 €/Tm mantenint els preus de producte de l'abril de 2017, d'aquesta manera s'intenta reflectir un resultat econòmic que no es vegi tant beneficiat pels preus del mes d'abril del 2017.

9.1.2. Preus dels equips instal·lats en planta

Conèixer el preu dels equips instal·lats és essencial, donat que influeix directament tant en l'amortització com en el cost de manteniment d'aquests.

Taula 9.3. Cost total de comprar i instal·lar el equips de planta.

Equips	Cost total (€)
Reactors	802.400
Columna estabilitzadora	653.850
Columna DIH	1.826.210
Columnes d'assecatge	81.836
Bescanviadors	629.375
Bombes	1.030.002
Vàlvules	15.000

9.2. Taxa interna de rendibilitat

El TIR, com amb el VAN, és un paràmetre molt calculat a l'hora de calcular la viabilitat d'un projecte. El TIR correspon al valor de la taxa d'interès on el VAN dona zero, si la taxa d'interès obtinguda és inferior al fixat pel mercat financer llavors no és viable.

Al igualar l'equació 9.1 a zero dona una taxa d'interès de 21%, al ser aquesta superior a la fixada pel mercat financer s'accepta.

10. **BIBLIOGRAFIA**

[1] Said M.M, Ahmed T.S, & Moustafa T.M. Predictive Modeling and Optimization for an Industrial Penex. *Energy Fuel*, 28, 7726-7741. [Consulta:01/04/2017]

[2] Taskar, U.; Riggs, J. B. *AIChE J.* 1997, 43, 740–753. [Consulta:07/04/2017]

[3] Van Trimpont, P. A., G. B. Marin, and G. F. Froment, "Reforming of C, Hydrocarbons on a Sulfided Commercial Pt/Al₂O₃ Catalyst," *Ind. Eng. Chem. Res.*, 27(1), (1988). [Consulta:15/04/2017]

[4] Aspen HYSYS Petroleum Refining Unit Operations & Reactor Models V8.8 [Consulta:5/04/2017]

[5] Yasakova, E. A.; Sitdikova, A. V.; Achmetov, A. F. *Oil Gas Bus.* 2010, 1.[Consulta:1/04/2017]

[6] Clean fuel specifications are met with light naphtha isomerization technologies from UOP.

<https://www.uop.com/clean-fuel-specifications-met-light-naphtha-isomerization-technologies-uop/> [Consulta:10/05/2017]

[7] Kyung-Min Kim, Hyun-Taek Oh, Seung-Jun Lim, Keon Ho, Yongha Park, and Chang-Ha Lee. Adsorption Equilibria of Water Vapor on Zeolite 3A, Zeolite 13X, and Dealuminated Y Zeolite. *J. Chem. Eng. Data*, 2016, 61 (4), pp 1547–1554 [Consulta:07/04/2017]

[8] Apuntes científicos- Adsorción. <http://apuntescientificos.org/adsorcion-qbp.html#henry> [Consulta:07/04/2017]

[9] Sciencepaper Online. <http://www.paper.edu.cn/selfs/downpaper/sunhui104383-self-201201-9> [Consulta:10/04/2017]

[10] Liu Jichang, Shen Benxian and Sun Hui. Adsorption Behaviour of Normal Paraffins in a Fixed Bed Adsorber Containing 5 Å Molecular Sieves. Petroleum Processing Research Center, East China University of Science and Technology. [Consulta:3/04/2017]

[11] Grau d'Enginyeria Química. Disseny d'Equips i Instal·lacions. Unitat 1 - Corrosió: https://moodle.urv.cat/moodle/pluginfile.php/2296992/mod_resource/content/5/2015_09_01%20Corrosi%C3%B3.pdf

[12] Prices Alloy- Cost rati relatiu per diferents materials per equips a pressió (2012). <http://www.steeltank.com/Portals/0/Pressure%20Vessels/SSWseminarOct2012/Relative%20Cost%20of%202015%202012.pdf> (Accés: 5 de maig de 2017)

[13] What is piping. Most Common Steels used in Process Piping Industry.
<http://www.whatispiping.com/steels-used-in-process-piping-industry>

[14] STANDARD MATERIAL SPECIFICATIONS - Carbon steels for pressure service.
https://www.technonet.co.kr/data/bbsData/1383105468&&BBS_FILEmetal.pdf

[15] ASTM A516 Carbon Steel, Grade – Material Property Data.
<http://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=9ccee2d0841a404ca504620085056e14&ckck=1>(Accés: 7 de maig de 2017)

[16] Generalitat de Catalunya. <http://www.gencat.cat/mediamb/aeqt/petroleo/0212.pdf>
(Accés: 7 de març de 2017)

[17] Economia Circular – Curs DOW- 2016/2017. (Accés: 22 de maig de 2017)

[18] Table A-3.Basic Allowable Stresses in Tension for Metals (Metric)- Carbon Steel
https://moodle.urv.cat/moodle/pluginfile.php/2413845/mod_resource/content/11/TAULA%20A3%20ASME%2028020.pdf (Accés: 5 de maig de 2017)

[19] NASA- Nacional del acero (Características técnicas)- Espesores estándar
<http://www.nacionaldeacero.com/productos/placa/placa-ancha>

[20] ASTM A516 Carbon Steel, Grade – Material Property Data.
http://www.efunda.com/Materials/alloys/carbon_steels/show_carbon.cfm?ID=ASTM_A516_Grade70&show_prop=all&Page_Title=ASTM%20A516%20Grade%2070 (Accés: 7 de maig de 2017)

[21] Lopez Bonillo, F. & Francesc Castells, F. Diseño de platos perforados para columnas de destilación.[Consulta 13/05/2017]

[22] Catàleg de productes amb tota la informació tècnica sobre els productes ProRox per a aïllament industrial. http://rwiumbracortiny-es.inforce.dk/media/818669/rti%20product%20cat%20prorox%202014_es.pdf (Accés: 10 de maig de 2017)

[23] TUBERIA DE ACERO AL CARBONO API 5L / ASTM A53 / A106.
<http://www.vemacero.com/Tablas/A53MP.pdf>

[24] PERRY. 2007. PERRY'S CHEMICAL ENGINEER'S HANDBOOK. 8th Edition. Mc. Graw-Hill. 10 - Section. Process Plant piping.

- [25] Seamless carbon steel pipe for high temperature service. http://www.s-kh.com/media/de/Service/Werkstoffblaetter_englisch/Kesselrohre_ASTM/ASTM_A106_Ts_engl.pdf (Accés: 11 de maig de 2017)
- [26] Catàleg de productes ProRox per a aïllament industrial. http://rwiumbracortiny-es.inforce.dk/media/818669/rti%20product%20cat%20prorox%202014_es.pdf (Accés: 10 de maig de 2017)
- [27]. Fogler, F. S., Elements of Chemical Reaction Engineering, 2nd ed., Prentice Hall, NJ (2004). [Consulta:14/04/2017]
- [28] Aspen HYSYS V8.8 Help, Extension Reaction Kinetics. [Consulta:15/04/2017]
- [29] Aldama, I., Proyecto Final de Master de Ingeniería Química., Optimización de la Unidad de Isomerización (2015). [Consulta: 01/08/2016]
- [30] Preus Energies de Abril 2016 -Tema 3. Documentació Tècnica- Treball Final de Grau.
https://moodle.urv.cat/moodle/pluginfile.php/2413845/mod_resource/content/11/TAULA%20A3%20ASME%2028020.pdf [Consulta:14/04/2017]

A. DISSENY DEL REACTOR

A.1. Característiques del procés

A.1.1. Catalitzador

El catalitzador utilitzat en el procés Penex esta compost per Pt/Al₂O₃ clorada. Aquests catalitzadors posseeixen una gran activitat i selectivitat a baixes temperatures però requereixen d'una purificació profunda de l'alimentació per eliminar l'aigua i els oxigenats. El catalitzador està format per 3 components, la funció es descriu a continuació:

A.1.1.1. Fase activa

- La seva funció és catalitzar les reaccions d'isomerització.
- El tipus de material emprat és el metall de platí.

A.1.1.2. Promotor

- Modifica les propietats del suport o de la fase activa.
- No són imprescindibles en la formulació del catalitzador.
- Com a producte promotor s'utilitza àcid clorhídric, obtingut mitjançant la descomposició del compost orgànic clorat, en aquest cas s'utilitza el percloroetilè.
- A temperatures superiors de 105°C el percloroetilè en presència d'hidrogen i del catalitzador es descompon en àcid clorhídric i etilè.

A.1.1.3. Suport

La seva funció és facilitar la dispersió i estabilitat de la fase catalítica activa. El tipus de material és Alúmina (òxid metàl·lic).

A.1.1.4. Contaminants del catalitzador

Els principals contaminants del catalitzador són els següents:

Sofre: La presència d'aquest en la càrrega combinada disminueix l'activitat del catalitzador.

El seu efecte és reduir la velocitat de reacció. Aquesta disminució en l'activitat del catalitzador és temporal. Per recuperar l'activitat és necessari elevar la temperatura del reactor i si amb això no n'hi ha prou, s'ha de recórrer a realitzar l'operació especial denominada "sulphur stripping".

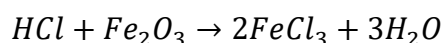
L'aigua i els compostos oxigenats: Aquests produeixen una desactivació permanent del catalitzador. Una vegada que l'aigua reacciona amb el catalitzador desprenent àcid clorhídric, s'uneix al catalitzador mitjançant grups hidroxílics (OH-). Com a efecte addicional, es produeix corrosió en la metal·lúrgica de la planta.

Compostos nitrogenats: Aquests reaccionen amb els ions de clorur del catalitzador o amb l'àcid clorhídric formant sals, que desactiven el catalitzador de forma permanent per recobriment de la superfície activa, pèrdua de ions clorur o mala distribució en el llit de catalitzador per la presència de els dipòsits de sals.

A.1.2. Altres reaccions

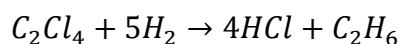
A.1.2.1. Acidificació

El clorur d'hidrogen (HCl) injectat al corrent de procés reacciona amb l'òxid de ferro (Fe_2O_3) per formar clorur de ferro ($FeCl_3$) i aigua. Aquesta reacció continuarà a tenir lloc fins que l'òxid present a la unitat és esgotat.



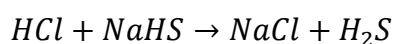
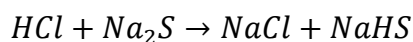
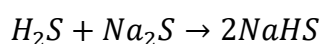
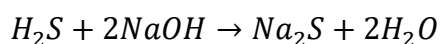
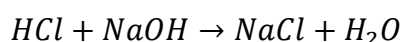
A.1.2.2. Promotor d'àcid clorhídric

L'addició del promotor de clorur de (percloroetilè C_2Cl_4) al corrent de procés es realitza per mantenir la funcionalitat del catalitzador amb àtoms de clor (Cl). A una temperatura del reactor de $105^\circ C$ o superior, el clorur orgànic es descompondrà a HCl amb presència dels catalitzadors I-8 Plus i I-82.



A.1.2.3. Renta de gasos

El clorur d'hidrogen format en els reactors d'isomerització es neutralitza en la columna Scrubber, per mitjà d'una reacció àcid-base entre hidròxid de sodi (NaOH) i clorur d'hidrogen (HCl). El resultat d'aquesta reacció de neutralització és clorur de sodi (NaCl) i aigua. La força de la càustica s'ha de controlar mitjançant la determinació del total d'alcalinitat de la solució.



A.2. Balanç de matèria

Es segueix les equacions de disseny d'un PBR, que relacionen els fluxos molars dels compostos, el pes del catalitzador i les lleis de velocitat globals. S'ha aplicat un factor corrector ja que no s'ha tingut en compte la coquitació i en conseqüència la desactivació del catalitzador.

Seguidament es presenten els gràfics amb l'evolució dels fluxos:

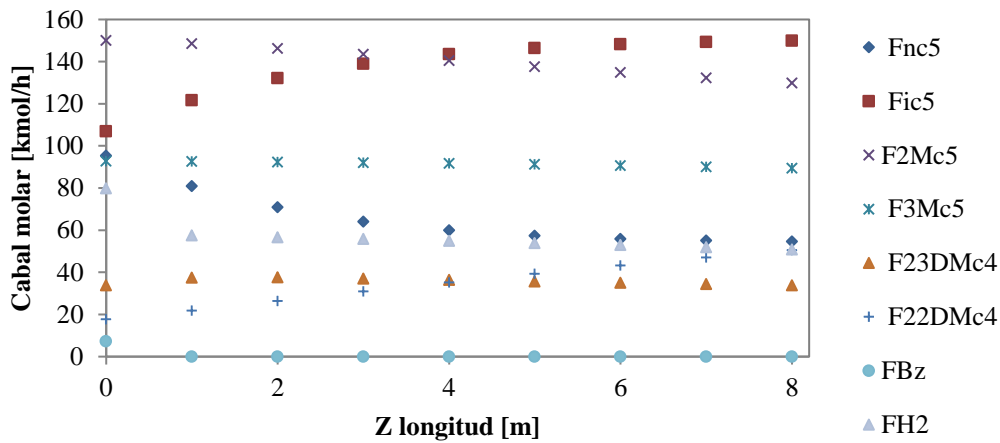


Figura A.1. Evolució dels fluxos al llarg del primer reactor.

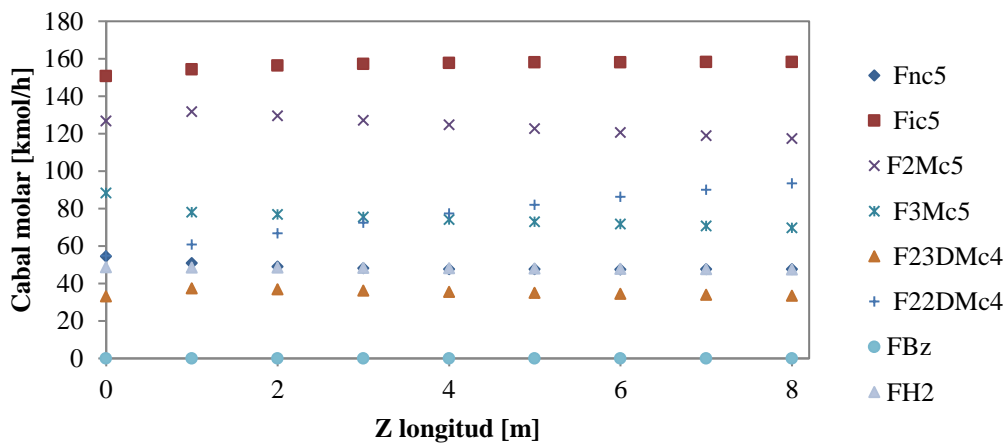


Figura A.2. Evolució dels fluxos al llarg del segon reactor.

A.3. Balanc d'energia mecànica

En un reactor PBR, al haver-hi catalitzador, la pèrdua de càrrega s'incrementa, fet que s'ha de tenir en compte per dur a terme un bon disseny. S'ha decidit simplificar el càlcul i suposar una mateixa pressió tant a la sortida com l'entrada, ja que la pèrdua de càrrega obtinguda a la simulació en HYSYS no es significatiu.

A.4. Balanç d'energia

Com s'ha esmentat anteriorment, les reaccions de obertura de l'anell i en especial la hidrogenació del benzè són molt exotèrmiques i és per aquest motiu que la temperatura d'entrada es regulada amb el bescanviador d'entrada. A continuació es mostra l'expressió utilitzada per calcular la temperatura.

$$\frac{dT}{dZ} = \frac{\sum_j (-r_j)(-\Delta H_{Rj})}{\sum_i F_i c_{p_i}} A_{reactor} \quad (\text{A.1})$$

A.5. Resultats

Un cop definides totes les equacions es realitza una optimització del reactor canviant les variables necessàries per tal d'obtenir un rendiment màxim, on és fa una comparativa entre simulació HYSYS i Planta Real, veure l'apartat 4.2.6.1

B. ASSECADORS I TAMISSOS MOLECULARS

El procediment de càlcul seguit per al dimensionament de les columnes d'adsorció és el descrit a continuació. Primer s'extreu la capacitat d'adsorció (q) a partir de les corbes. Després, a partir del cabal d'entrada de vapor i suposant un temps de saturació, es calculen els quilograms de tamisos necessaris. A continuació amb la densitat del llit, s'obté el volum amb el qual s'extreuen les dimensions suposant una altura de columna.

$$m = \frac{\dot{m}}{q} \cdot t_{\text{sat}} \quad (\text{B.1})$$

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (\text{B.2})$$

$$A = \frac{V}{L} \quad (\text{B.3})$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi}} \quad (\text{B.4})$$

A més, també es calcula la caiguda de pressió del llit utilitzant les següents equacions.

$$\frac{\Delta P}{Z} \frac{g_c \varepsilon^3 d_p \rho_g}{(1-\varepsilon)G'^2} = \frac{150(1-\varepsilon)}{\text{Re}} + 1.75 \quad (\text{B.5})$$

$$\text{Re} = \frac{d_p \cdot G'}{\mu} \quad (\text{B.6})$$

Les dades utilitzades per a realitzar els càlculs es mostren a continuació.

Taula B.1. Exemple de taula.

	Tamís molecular 13X	Tamís molecular 5A	Unitats
Densitat del llit	640.0	704.8	kg/m ³
Diàmetre de partícula	2.1	1.6	mm
Porositat	0.29	0.22	

C. DISSENY MECÀNIC

A continuació es descriu el procediment utilitzat per fer el càlcul del disseny mecànic dels equips en planta. S'ha utilitzat el mateix procediment per la resta d'equips de la planta.

C.1. Càlculs generals reactor 618-R-1-A/B

En primer lloc es determina la temperatura de disseny (T_d) amb la següent expressió:

$$T_d = T_t + 20^\circ\text{C} \quad (\text{C.1})$$

S'obté una temperatura de disseny de 185°C .

Un cop conegut el material de construcció, explicat a l'apartat 4.3.1, i la temperatura d'operació, es procedeix a determinar la tensió màxima admissible (S) a partir de la bibliografia [18]. El material utilitzat és SA-516 grau 70 on la tensió màxima admissible correspon a 150 MPa.

S'ha considerat que les soldadures són radiografiades parcialment i té un valor de 0.85.

Segons la informació proporcionada per l'Empresa, es coneix que el reactor té una alçada de 8.51 m i 2 m de diàmetre amb caps de tipus ASME semi- el·líptics, tal i com es mostra en la figura següent.

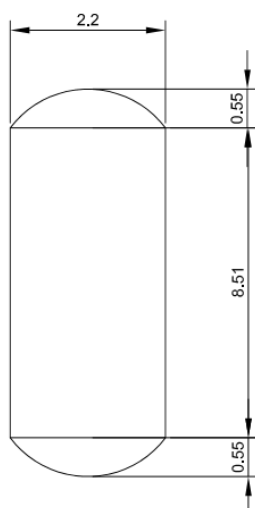


Figura C.1. Esquema dimensions del reactor.

El volum total serà la suma del volum del cilindre i dels dos caps semiel·líptics.

$$V_T = V_{cilindre} + V_{el\cdot lipse} \quad (C.2)$$

A continuació es mostra els volums obtinguts.

Taula C.1 Volum de les diferents parts del recipient.

Secció	Volum (m ³)
V1.Cap superior del recipient	2.79
V2.Cos del recipient	32.35
V3.Cap inferior del recipient	2.79

Una vegada conegudes les mides del recipient es procedeix a calcular la pressió de disseny (P_D) per cadascuna de les tres parts en que es divideix el reactor amb l'expressió que es mostra a continuació.

$$P_D = P_T + 10\% \cdot P_T \text{ (o + 1 bar, el que sigui més gran)} + \rho_{fluid} \cdot g \cdot h_{liquid} \quad (C.3)$$

On P_T fa referència a la pressió de treball i té un valor de 3.3 Mpa (g), ρ_{fluid} a la densitat de la nafta que es vol isomeritzar, 375 kg/m³, g és la gravetat (9.81 m/s²) i h_{liquid} és l'alçada de líquid.

En la taula C.2 es mostren els resultats de la pressió de disseny per a cada zona en que es subdivideixen els reactors.

Taula C.2 Pressió de disseny per a cada zona del reactor seguint l'equació C.3.

Secció	P_D (MPa)
Cap superior del recipient	3.61
Cos del recipient	3.64
Cap inferior del recipient	3.64

La pressió màxima de treball permesa (MAWP) es defineix com la mínima de les pressions de disseny i, per tant, és de 3.61 Mpa.

C.1.1. Càlcul de gruixos

Tot seguit es calcula el gruix de cadascuna de les tres parts diferenciades del reactor tal com es mostra a la figura C.1. Cal destacar que el recipient està sotmès a pressió interna i es dimensionarà a un sobre gruix de 3 mm per corrosió.

Pel que fa als caps el·lipsoïdals i el cos, les expressions emprades són les que apareixen a continuació.

$$t = \frac{PD}{2SE-0.2P} \quad (\text{C.4})$$

$$t = \frac{PR}{SE-0.6P} \quad (\text{C.5})$$

On:

t és el gruix de paret, P fa referència a la pressió de disseny, S correspon a la tensió màxima admesa i E es refereix al factor d'eficiència de la soldadura.

A continuació es mostra els resultats obtinguts del càlcul del gruix de les parets que constitueixen l'equip.

Taula C.3 Resultats obtinguts del càlcul del gruix més els 3mm de sobre gruix afegits per corrosió.

Secció	t (mm)
Cap superior del recipient	34.2
Cos del recipient	35.0
Cap inferior del recipient	34.5

Un cop calculat els gruixos de paret s'utilitzen lames estàndards del fabricant [19], l'espessor es mostra a la taula C.4.

Taula C.4 Gruixos estandarditzats a partir de la fitxa tècnica del fabricant [19].

Secció	Gruix estandarditzats (mm)-(in)
Cap superior del recipient	38.1 - 1 1/2"
Cos del recipient	38.1 - 1 1/2"
Cap inferior del recipient	38.1 - 1 1/2"

A continuació es torna a calcular la pressió de disseny del recipient amb el gruix que es dissenya el recipient. Les expressions emprades són les que apareixen a continuació.

$$P = \frac{2SEt}{R+0.2t} \quad (\text{C.6})$$

$$P = \frac{SEt}{R-0.6t} \quad (C.7)$$

On:

t és el gruix de paret, P fa referència a la pressió de disseny, S correspon a la tensió màxima admesa i E es refereix al factor d'eficiència de la soldadura. Tot seguit es calcula la pressió de prova que es 1.3xMAWP, a la Taula C.5 es mostra els resultats obtinguts.

Taula C.5 Pressions de disseny.

Secció	P _D (Mpa)
P1.Cap superior del recipient	8.75
P2.Cos del recipient	4.32
P3.Cap inferior del recipient	8.75
MAWP	4.32
Pressió Prova	5.61

C.1.2. Càlcul del pes buit i ple del recipient

És necessari conèixer el pes buit del recipient per motius de transport, instal·lació i operació. La densitat del material es de 7861 kg/m³ [20] i el volum del recipient ha sigut estimat en l'annex B, per tant es procedeix al càlcul.

$$Pes_{buit} = \rho_{mat} \cdot \left((V_{se\ esp} - V_{se}) + (V_{cil\ esp} - V_{cil}) + (V_{se\ esp} - V_{se}) \right) \cdot g \quad (C.8)$$

$$Pes_{buit} = 7490\ N + 86923\ N + 7490\ N = 101904\ N \quad (C.9)$$

Així doncs, el pes corresponent al tanc buit és d'aproximadament 101.9kN i una massa de 10.4 Tones. Pel que fa al recipient ple, es considera dues situacions amb la densitat pròpia de la mescla d'hidrocarburs i de l'aigua.

$$Pes_{ple} = \rho_{liq} \cdot V_{T\ intern} \cdot g + Pes_{buit} \quad (C.10)$$

$$Pes_{ple\ (H_2O)} = 474\ kN \quad (C.11)$$

$$Pes_{ple\ (Isom)} = 241\ kN \quad (C.12)$$

C.2. Càlculs generals Assecadors

En primer lloc es determinen les temperatures de disseny (T_d) amb l'expressió C.1. El material utilitzat és SA-516 grau 70 on la tensió màxima admissible correspon a 150MPa. S'ha considerat que les soldadures són radiografiades parcialment i tenen un valor de 0.85.

Es coneixen les dimensions dels dos assecadors mostrats en l'apartat C.1. amb caps ASME semi-esfèrics.

El volum total serà la suma del volum del cilindre i dels dos caps semiesfèrics.

$$V_T = V_{cilindre} + V_{esfera} \quad (C.13)$$

A continuació es mostra els volums obtinguts pels dos assecadors.

Taula C.6 Volums de les diferents parts dels recipients.

	Secció	Volum (m ³)
Assecador hidrogen	V1.Cap superior del recipient	0.06
	V2.Cos del recipient	0.96
	V3.Cap inferior del recipient	0.06
Assecador de nafta	V1.Cap superior del recipient	0.03
	V2.Cos del recipient	0.5
	V3.Cap inferior del recipient	0.03

La pressió de disseny (P_d) per cadascuna de les tres parts en que es divideixen les columnes amb l'expressió C.3.

A la taula C.7 es mostren els resultats de la pressió de disseny per a cada zona en que es subdivideixen els assecadors.

Taula C.7 Pressió de disseny per a cada zona dels assecadors seguint l'equació C.3.

	Secció	P_d (MPa)
Assecador hidrogen	Cap superior del recipient	3.63
	Cos del recipient	3.63
	Cap inferior del recipient	3.63
Assecador de nafta	Cap superior del recipient	0.69
	Cos del recipient	0.71
	Cap inferior del recipient	0.71

La pressió màxima de treball permesa (MAWP) es defineix com la mínima de les pressions de disseny.

C.2.1. Càlcul de gruixos

Tot seguit es calcula el gruix de cadascuna de les tres parts diferenciades dels assecadors. Cal destacar que el recipient està sotmès a pressió interna i es dimensionarà a un sobre gruix de 3 mm per corrosió.

Pel que fa als caps semiesfèrics i el cos, les expressions emprades són les que apareixen a continuació.

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} \quad (C.14)$$

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \quad (C.15)$$

A continuació es mostra els resultats obtinguts del càlcul del gruix de les parets que constitueixen els equips.

Taula C.8 Resultats obtinguts del càlcul del gruix més els 3mm de sobre gruix afegits per corrosió.

	Secció	t (mm)
Assecador hidrogen	Cap superior del recipient	7.28
	Cos del recipient	11.7
	Cap inferior del recipient	7.28
Assecador de nafta	Cap superior del recipient	3.70
	Cos del recipient	4.39
	Cap inferior del recipient	3.70

Taula C.9 Gruixos estandarditzats a partir de la fitxa tècnica del fabricant [19].

	Secció	Gruix estandarditzats (mm)-(in)
Assecador hidrogen	Cap superior del recipient	9.5 – 3/8"
	Cos del recipient	12.7 – 1/2"

	Cap inferior del recipient	9.5 - 3/8"
Assecador de nafta	Cap superior del recipient	6.35 - 1/4"
	Cos del recipient	6.35 - 1/4"
	Cap inferior del recipient	6.35 - 1/4"

A continuació es torna a calcular la pressió de disseny del recipient amb el gruix que es dissenya el recipient. Les expressions emprades són les que apareixen a continuació.

$$P = \frac{2SEt}{R+0.2t} \quad (\text{C.16})$$

$$P = \frac{SEt}{R+0.6t} \quad (\text{C.17})$$

Tot seguit es calcula la pressió de prova que es $1.3 \times \text{MAWP}$.

C.2.2. Càlcul del pes buit i ple dels recipients

És necessari conèixer el pes buit del recipient per motius de transport, instal·lació i operació. Seguint les equacions C.8 i C.9 es calculen els respectius pesos.

Les fitxes d'especificació dels equips es mostren en l'apartat 4.8.

C.3. Càlculs generals Estabilitzadora

Per al disseny mecànic de la columna estabilitzadora, primer es calcula la temperatura de disseny (t_d), tal i com es menciona en l'apartat C.1.

La temperatura de disseny obtinguda és de 172°C .

El material empleat en el disseny és el mateix al dels reactors, així doncs es considera la mateixa tensió màxima admissible (150 MPa), les soldadures també són radiografiades parcialment amb un valor de 0.85.

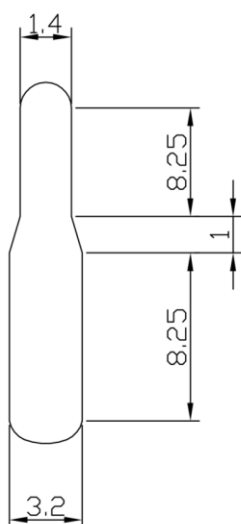


Figura C.2. Esquema de les dimensions de la columna estabilitzadora.

Les dimensions de la columna estabilitzadora es mostren en la figura C.2.

El volum total de la columna s'obté mitjançant la següent expressió.

$$V_T = V_{cilindre/cap} + V_{cilindre/inferior} + V_{semiel\cdot lipse} + V_{semiesfera} + V_{cos} \quad (C.18)$$

Tot seguit es troba una taula on es poden observar els valors dels volums calculats.

Taula C.10. Volum de les diferents parts de la columna estabilitzadora.

Secció	Volum (m ³)
V1.Cap semiesfèric	0.766
V2.Cilindre de la part superior	13.3
V3.Cos on s'ajunten els cilindres	4.39
V4.Cilindre de la part inferior	65.9
V5.Cap semiel·líptic	4.25
Volum total	88.6

Conegudes les dimensions de la columna, seguidament cal calcular la pressió de disseny (P_d) per a cada zona en la que es divideix, l'expressió C.3 és l'aplicada per al càlcul de les pressions de disseny. La densitat del líquid que es fa servir per a les àrees superiors és de 589

kg/m³, per a les àrees inferiors té un valor de 477 kg/m³ i per al punt on s'ajunten ambdues es fa amb la mitja (533 kg/m³).

En la taula que es presenta tot seguit, es poden observar les pressions de disseny obtingudes en cada zona en la qual es fragmenta la columna al realitzar els càlculs.

Taula C.11 Pressió de disseny de cada fragment

Secció	P _D (bar)
Cap semiesfèric	13.5
Cilindre de la part superior	13.9
Cos on s'ajunten els cilindres	13.9
Cilindre de la part inferior	14.3
Cap semiel·líptic	14.3

A l'hora de decidir la pressió màxima de treball permesa (MAWP), aquesta és definida com la mínima de les pressions de disseny (13.5 bar). Conegut el valor MAWP, es pot calcular la pressió de prova hidrostàtica mitjançant la següent expressió:

$$P_p = 1.3 \cdot MAWP \cdot \left(\frac{\text{Resistència del material a la } T \text{ de prova}}{\text{Resistència del material a la } T \text{ d'operació}} \right) \quad (\text{C.19})$$

L'expressió C.19 acaba sent 1.3·MAWP donat que la resistència del material a la T de prova i la resistència a la temperatura d'operació és la mateixa. El valor obtingut és de 17.5 bar(g).

C.3.1. Càlcul de gruixos

A continuació es calcula el gruix de cadascuna de les parts en que es diferencia la columna. Donat que pot haver-hi problemes de corrosió, es dimensionarà a un sobre gruix de 3 mm.

Per al càlcul de gruix per als dos caps es fa servir l'equació C.4, d'altre banda, l'expressió C.5 serveix per a obtenir el gruix dels cilindres.

Per al càlcul de la part cònica, es servir l'equació següent:

$$t = \frac{PD}{2 \cos \alpha (SE - 0.6P)} \quad (C.20)$$

Taula C.12 Valor dels gruixos obtinguts per a cada secció de la columna, els valors mostrats són 3mm més grans als calculats per motius de corrosió.

Secció	t (mm)
Cap semiesfèric	10.5
Cilindre de la part superior	10.7
Cos on s'ajunten els cilindres	29.2
Cilindre de la part inferior	20.7
Cap semiel·líptic	20.7

Una vegada s'han calculat els gruixos, cal buscar les mides estàndards del fabricant [19], els gruixos utilitzats per a cada zona es mostren a la taula C.9.

Taula C.13 Gruixos estandarditzats.

Secció	Gruix estandarditzats (mm)
Cap semiesfèric	11
Cilindre de la part superior	11
Cos on s'ajunten els cilindres	31.8
Cilindre de la part inferior	21.2
Cap semiel·líptic	21.2

C.3.2. Càlcul del pes buit i ple de la columna

Cal conèixer el pes de l'equip, donat que afecta en aspectes com el transport, instal·lació i operació. Mitjançant l'equació C.8 es pot considerar el pes de l'equip buit, el valor d'aquest és comparat amb el pes de l'equip si estigues ple d'aigua (amb l'equació C.10) en la taula C.14.

Taula C.14 Pes de l'equip buit i ple d'aigua.

Secció	Buit	Ple
Massa (tn)	20.4	109
Pes (kN)	200	$1.07 \cdot 10^3$

C.4. Càlculs generals DIH

En el disseny mecànic de la columna DIH, primer s'ha de calcular la temperatura de disseny (t_d), tal i com s'ha mencionat anteriorment en l'apartat C.1.

El valor obtingut de la temperatura de disseny obtinguda és de 125°C .

El material empleat correspon al mateix que s'ha aplicat en els equips anteriors (apartats C.1 i C.3), així doncs es considera una tensió màxima admissible de 150 MPa i les soldadures també són radiografiades parcialment amb un valor de 0.85.

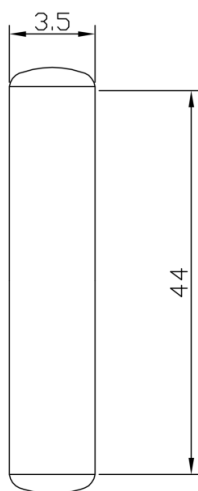


Figura C.3. Esquema de les dimensions de la columna DIH.

En la figura C.3. es pot visualitzar la mida de la columna.

El volum total de la columna consisteix en la suma del volum del cilindre que constitueix el cos de la columna DIH i el volum dels dos caps semiel·líptics (equació C.2).

Seguidament, es troba una taula on es presenten els valors dels volums calculats.

Taula C.15 Volum de les diferents parts de la columna DIH.

Secció	Volum (m ³)
V1.Cap superior	5.33
V2.Cos	409
V3.Cap inferior	5.33
Volum total	420

Obtinguts els volums, seguidament es calculen les pressió de disseny (P_d) per als dos caps i el cos cilíndric mitjançant l'expressió C.3. S'utilitza valors diferents de densitat de líquid, per a la zona del cap superior la densitat que es fa servir és de 619 kg/m³, per al cap inferior un valor de 628 kg/m³ i per al cos s'aplica la mitja entre el cap superior i inferior (623 kg/m³).

Taula C.16 Pressions de disseny per a cada divisió de la columna DIH.

Secció	Pressió de disseny (bar)
Cap superior	3.65
Cos	6.32
Cap inferior	6.42

Així doncs, la pressió màxima de treball permesa (MAWP) és de 3.65bar. Amb aquest valor i coneixent l'equació C.14, obtenim la pressió de prova hidrostàtica.

C.4.1. Càlcul de gruixos

Tot seguit es calcula els gruixos de cada divisió de la columna, al gruix calculat se li suma 3 mm donat a problemes de corrosió.

Per al càlcul dels dos caps s'utilitza l'equació C.4, i l'expressió C.5 serveix per a obtenir el gruix del cilindre. En la taula C.17 es pot observar les mides de gruix obtingudes mitjançant el càlcul, així com també les làmines estàndard utilitzades.

Taula C.17 Gruix calculat de les parets de l'equip així com també gruix de les làmines estàndard.

Secció	Gruix calculat	Gruix estàndard
Cap superior	7.71	9.50

Cos	11.2	12.7
Cap inferior	11.3	12.7

C.4.2. Càlcul del pes buit i ple de la columna

Per motius relacionats al transport, instal·lació i operació, fa falta conèixer el pes de l'equip. Aplicant l'equació C.8, es pot calcular el pes de l'equip quan esta buit, i amb C.10 es troba el pes de l'equip ple. En la taula C.18 es pot observar una comparativa amb ambdós pesos.

Taula C.18 Comparativa del pes de l'equip quan esta buit i quan s'omple d'aigua.

Secció	Buit	Ple
Massa (tn)	43.5	464
Pes (kN)	426	$4.54 \cdot 10^3$

D. DISSENY HIDRODINÀMIC DE LES COLUMNES 618-C-3 I 618-C-4

En aquest apartat és mostren els resultats més característics del disseny hidrodinàmic de la columna estabilitzadora i DIH. Els càlculs realitzats, es fan seguint el mètode proposat per F. López Bonillo i F. Francesc Castells [21].

En les taules X.5 i X.6, es mostren els resultats més característics del disseny hidrodinàmic de les columnes: diàmetre (D), àrea (A), àrea activa (AA) i àrea perforada (AD).

Taula D.1. Resultats més característics per a la columna estabilitzadora T-XXX, comparativa dels resultats obtinguts mitjançant el disseny en el programa Excel i simulació.

Paràmetre	Cap de columna	Fons de columna	Cap de columna (simulació)	Fons de columna (simulació)
D (m)	1.43	3.19	2.10	2.90
A (m ²)	1.62	7.99	3.60	6.60
AA (m ²)	1.27	5.72	2.70	4.10
AH (m ²)	0.10	0.20	0.30	0.41

Taula D.2. Resultats més característics per a la columna DIH 618-C-4, comparativa dels resultats obtinguts mitjançant el disseny en el programa Excel i en la simulació.

Paràmetre	Cap de columna	Fons de columna	Cap de columna (simulació)	Fons de columna (simulació)
D (m)	3.44	2.78	3.20	2.70
A (m ²)	9.27	6.09	8.00	6.00
AA (m ²)	7.60	4.82	6.60	4.80
AH (m ²)	0.65	0.38	0.67	0.49

En la taula D.2 on es mostren les dimensions resultants dels càlculs de la hidrodinàmica de la DIH, es pot observar com les dimensions per a cap de columna són més grans que per a fons. Per qüestions de estabilitat, es dissenya la columna sencera amb les dimensions de cap.

E. SELECCIÓ DE L'ÀILLAMENT TÈRMIC I CÀLCUL DEL GRUIX D'ÀILLAMENT

E.1. Selecció de l'aïllament

Després de consultar diversos fabricants de materials aïllants, el material seleccionat pels recipients a pressió és PROROX SL 920^{ES}[22] adequat per recipients a pressió amb un diàmetre inferior a 5m. S'ha considerat el més adient segons les diferents temperatures de treball dins la planta d'entre els disponibles comercialment.

Es tracta d'un panell de llana de roca volcànica apte per qualsevol tipus d'aplicació horitzontal o vertical, a més de complir els requeriments internacionals d'acord amb la normativa EN14303.

E.2. Mesures de prevenció de corrosió sota aïllament implantades

El tanc es troba a l'aire lliure, exposat contínuament al medi ambient corrosiu. A més, el vent facilita la delaminació i provocant danys al revestiment. En conseqüència, l'aigua de pluja pot filtrar en l'aïllament i l'acumulació d'aquesta pot causar una severa corrosió del recipient.

Per evitar els problemes de corrosió del medi ambient a causa de la presència dels clorurs del mar i la humitat de l'aire, es selecciona un revestiment de l'aïllant d'acer inoxidable.

Per evitar l'acumulació de l'aigua i permetre el drenatge d'aquesta cal tindre en compte la col·locació i la construcció dels accessoris del recipient.

E.3. Càlcul del gruix d'aïllament

Per tal de conèixer el gruix de l'aïllament tèrmic necessari per garantir la temperatura de la superfície adient, s'ha utilitzat dades com l'espessor i les condicions d'operació del recipient, així com la temperatura que es vol a la superfície, la qual pot ser 50°C per tal d'evitar cremades a l'hora del seu funcionament, el càlcul es troba descrit a l'annex F.

F. DISSENY CANONADES

Per tal de conèixer les dimensions dels trams de canonades utilitzats durant el procés de producció, es té en compte que les velocitats oscil·len normalment 1 i 3 m/s si es un líquid i entre 15 i 30 m/s si es tracta d'una gas. L'equació F.1 permet calcular el cabal en funció de la velocitat i l'àrea, una de les dades conegudes de la simulació és el cabal volumètric, per tant a partir de l'equació esmentada F.1 es pot calcular un diàmetre aproximat de la canonada arribant a l'equació F.2 i trobar un diàmetre estàndard que s'ajusti a les condicions establertes.

$$Q = v \cdot A \quad (\text{F.1})$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{v \cdot \pi}} \quad (\text{F.2})$$

A partir del càlcul del diàmetre mínim, s'ha seleccionat amb diàmetre nominal proposat el immediatament superior dels diàmetres nominals normalitzats [23]. Els resultat del dimensionament es pot veure al llistat de línies.

F.1. Càlcul de l'espessor mínim

Segons la normativa ASME B31.3, l'espessor es calcula mitjançant la formula:

$$t_{\min} = 0.5 \frac{P \cdot D_0}{(SE + P \cdot Y)} \quad (\text{F. 3})$$

On t_{\min} és l'espessor mínim, P la pressió de disseny, SE la tensió admissible del material, D_0 és el diàmetre exterior i es tria directament a partir del diàmetre nominal [23] i Y és un coeficient que depèn del material i la temperatura d'operació [24].

F.2. Càlcul de l'espessor requerit

Tot seguit es calcula l'espessor requerit i es selecciona a partir d'una formula expressada en l'apartat 4.3 de la normativa UNE-EN-13480-3.

$$e_r \geq \frac{(e+C_0+C_2)}{(100-x)} \tag{F.4}$$

On e_r és l'espessor requerit, e és l'espessor de paret mínim sense marges ni toleràncies. És el marge de corrosió o erosió, fixat en 1 mm. C_2 és el marge de possible d'aprimament durant el procés de fabricació i X és el valor absolut de tolerància negativa agafat del fabricant [25], ve expressat en tant per cent. El resultat final s'observa al llistat de línies.

F.3. Necessitat d'aïllament i càlcul

Finalment es decideix si l'equip requereix d'aïllament, s'ha decidit que per protecció personal i temes energètics ficar aïllament. El material seleccionat pertany a la mateixa Empresa ROCKWOOL, el nom comercial és ProRox PS 960[26] adequat per canonades de diferents diàmetres. S'ha considerat el més adient segons les diferents temperatures de treball dins la planta d'entre els disponibles comercialment.

Es tracta d'una camisa d'aïllant concèntric de llana de roca apte per qualsevol tipus d'aplicació horitzontal o vertical com tèrmica i acústica. Les mesures de corrosió sota aïllament implantades es descriuen a l'apartat D.2.

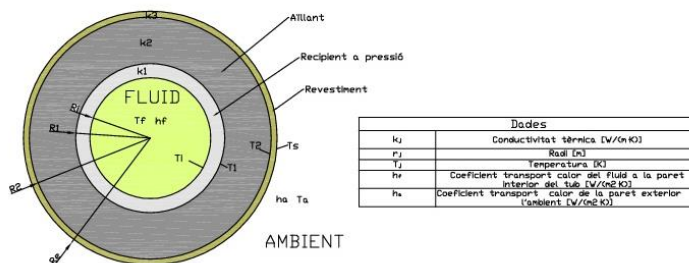


Figura F.1. Esquema de l'aïllament tèrmic.

Prèviament al càlcul, es duen a terme les següents consideracions;

- Es menysprea el terme $\frac{1}{r_i \times h_f}$ i es considera que $T_i \cong T_f$.

- Es menysprea el terme $\frac{\ln\left(\frac{r_e}{r_2}\right)}{k_3}$ i es considera $r_e \cong r_2$.
- El terme 2 depèn de la temperatura, per tant s'agafa la temperatura mitjana de l'aïllant, calculada com $T_m = \frac{(T_i + T_s)}{2}$.

Així doncs, tenint en compte les suposicions anteriors es calcula l'espessor mínim requerit per arribar a la temperatura desitjada a la superfície.

$$Ts = \frac{(T_f - T_a)}{r_2 \times h_a \times \left(\frac{\ln\left(\frac{r_1}{r_i}\right)}{k_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_2} + \frac{1}{r_2 \times h_a} \right)} + T_a \quad (\text{F.5})$$

Al disseny del reactor s'ha tingut en compte que l'equip arriba a temperatures elevades, per tant s'ha decidit ficar aïllament com a mesura de seguretat, tenint una temperatura a la superfície de 50°C. Es coneix les dades atmosfèriques proporcionats per l'estació meteorològica del complex educatiu descrits a l'apartat de mediambient.

Tot seguit s'ha calculat la temperatura de la pel·lícula, el coeficient de convecció a partir de les propietats de l'aire a pressió atmosfèrica, la temperatura mitjana de treball i el coeficient de conductivitat del material. Amb totes les dades conegudes es calcula l'aïllament necessari seguint un procés iteratiu fins que els valors siguin semblants. Els resultats final per cada línia de canonada es troba al llistat de línies.

G. Disseny bombes i vàlvules

G.1. Disseny de bombes

Pel disseny de les bombes s'utilitza l'equació G.1 per trobar l'altura de les bombes tenint en compte les pèrdues per fricció del tram de canonada. L'equació G.2 s'utilitza per trobar la potència necessària a l'eix de la bomba.

$$\frac{P_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + z_1 + h_{bomba} = \frac{P_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2 \cdot g} + z_2 + h_{fricció} + h_{turbina} \quad (G.1)$$

$$P_{bomba} = \rho \cdot g \cdot \dot{Q} \cdot h_{bomba} \quad (G.2)$$

Pel que fa al càlcul del NPSHd, s'obté de la següent equació:

$$NPSH_{disponible} = \frac{P_1}{\rho \cdot g} + z_1 - H_{r-a} - \frac{P_s}{\rho \cdot g} \quad (G.3)$$

G.2. Disseny de vàlvules

Pel disseny de les vàlvules és necessari calcular la Cv de la vàlvula. Però, segons l'estat de la corrent es calcula d'una manera diferent, és a dir, per l'estat líquid amb l'equació G.4 i pel corrent de gas d'hidrogen a l'entrada amb l'equació G.5.

$$C_v = 0.072 \cdot \left(\frac{\mu \cdot Q}{\Delta P} \right)^{2/3} \quad (G.4)$$

$$C_v = 1.16 \cdot Q \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\Delta P}} \quad (G.5)$$

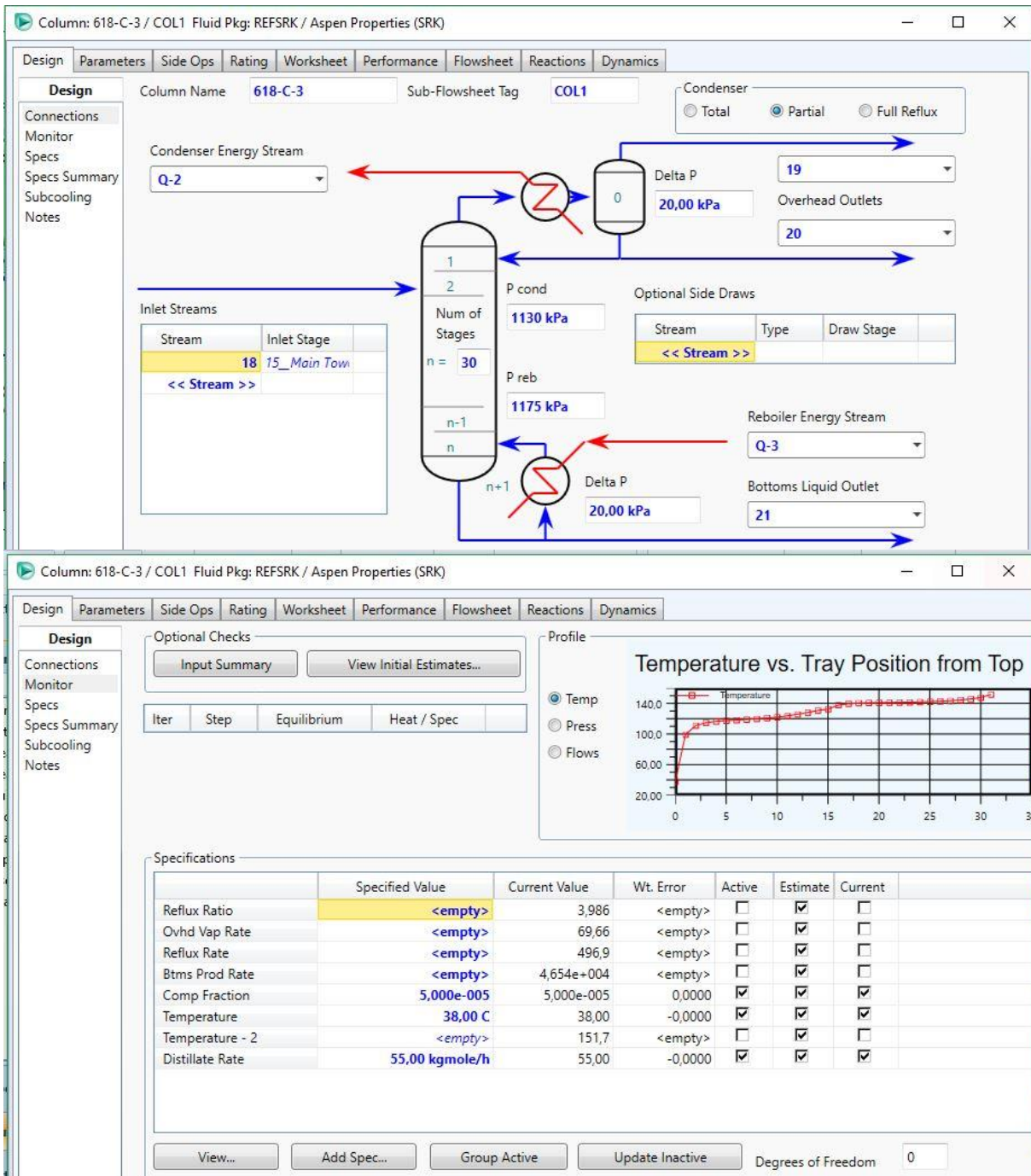
La condició que compleix el corrent d'hidrogen per considerar-lo flux subcrític és la següent:

$$\Delta P < 0.5 C_f^2 P_1$$

On Cf és un paràmetre extret del fabricant segons el tipus de vàlvula que en aquest cas es de globus i ΔP és la depressió que pateix la corrent. Així que finalment s'utilitza com a pèrdues de càrrega el segon terme de la condició de dalt.

H. Simulació de les columnes

H.1. Columna estabilitzadora



H.2. Columna DIH

Column: 618-C-4 / COL3 Fluid Pkg: REFSRK / Aspen Properties (SRK)

Design Parameters:

- Column Name: 618-C-4
- Sub-Flowsheet Tag: COL3
- Condenser: Total
- Condenser Energy Stream: Q-5
- Reboiler Energy Stream: Q-6
- Num of Stages: n = 80
- P cond: 130,0 kPa
- P reb: 260,0 kPa
- Delta P (top): 20,00 kPa
- Delta P (bottom): 20,00 kPa
- Ovhd Liquid Outlet: 23
- Bottoms Liquid Outlet: 28
- Optional Side Draws:

Stream	Type	Draw Stage
24	L	9_Main Tower
25	L	69_Main Tower
- Inlet Streams:

Stream	Inlet Stage
21	25_Main Tow

Optional Checks:

- Input Summary
- View Initial Estimates...

Profile: Temperature vs. Tray Position from Top

Specifications:

	Specified Value	Current Value	Wt. Error	Active	Estimate	Current
Reflux Ratio	<empty>	9,325	<empty>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Distillate Rate	<empty>	9505	<empty>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reflux Rate	<empty>	1218	<empty>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Btms Prod Rate	<empty>	4293	<empty>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
24 Rate	1,600e+004 kg/h	1,274e+004	-0,2039	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25 Rate	2,000e+004 kg/h	2,000e+004	-0,0000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Temperature	105,0 C	105,0	0,0000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Stream Property Spec	87,00	87,00	0,0000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Comp Fraction	0,7200	0,7200	0,0000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Temperature - 2	40,63 C	38,05	-0,0052	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Temperature - 3	73,07 C	60,68	-0,0248	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Buttons: View..., Add Spec..., Group Active, Update Inactive, Degrees of Freedom: 0

Bottom Bar: Delete, Column Environment..., Run, Reset, Converged, Update Outlets, Ignored