OPTIMITZACIÓ DEL SISTEMA DE NETEJA DELS REACTORS D'UNA PLANTA DE PVC

Número identificador: 214074

Sílvia Freixes Guàrdia

5 de juny de 2014

ÍNDEX

Pàg.

1. Introducció..... 6
2. Etapa preliminar..... 7
2.1. Descripció del projecte..... 7
2.2. Abast del projecte..... 8
2.3. Antecedents històrics..... 8
2.3.1. Del producte..... 8
2.3.2. De la planta..... 10
2.4. Alternatives de procés..... 11
2.4.1. Informació prèvia..... 11
2.4.2. Alternatives d'equips..... 14
2.5. Planificació inicial del projecte..... 14
3. Bases per al desenvolupament del projecte..... 16
3.1. Bases de disseny..... 16
3.1.1. Especificacions de l'alimentació..... 16
3.1.2. Capacitat, flexibilitat operativa i factor de servei..... 17
3.1.3. Especificacions dels productes..... 17
3.1.4. Condicions de les matèries primeres i productes en el L.B..... 18
3.1.5. Normes de disseny a aplicar..... 18
3.1.6. Altres criteris de disseny..... 19
3.2. Dades bàsiques per al desenvolupament de l'enginyeria..... 20
3.2.1. Energies disponibles..... 20
3.2.2. Preus de les energies..... 24
3.2.3. Dades de l'emplaçament..... 24
3.2.4. Normes i codis de disseny..... 28
3.2.5. Codificació de les instal·lacions..... 29
4. Desenvolupament de l'enginyeria bàsica..... 33
4.1. Elaboració de diagrames..... 33
4.1.1. De blocs: disseny conceptual..... 33
4.1.2. De flux de procés (PFD)..... 33
4.1.3. De canonades i instruments (P&ID)..... 33
4.1.4. De control (PCD)..... 34

4.1.5. *Plot Plan*..... 34
4.1.6. De zones ATEX..... 34
4.2. Disseny bàsic..... 41
4.2.1. Disseny de canonades..... 41
4.2.2. Disseny de la instrumentació i control..... 46
4.2.3. Disseny d'equips..... 50
4.3. Descripcions..... 58
4.3.1. Descripció funcional del projecte..... 58
4.3.2. Descripció de la instal·lació..... 59
5. Seguretat en el disseny de les instal·lacions..... 60
5.1. Seguretat de processos..... 60
5.1.1. Anàlisi de risc preliminar. Estudi HAZOP..... 60
5.1.2. Zones ATEX (Atmosfera Explosiva)..... 62
5.1.3. Protecció d'equips a sobrepressions..... 62
5.2. Seguretat laboral..... 64
5.2.1. Avaluació de riscos laborals i equips de protecció personal..... 64
5.2.2. Incidents i accidents..... 65
5.2.3. Formació en seguretat..... 66
6. Medi ambient al disseny de les instal·lacions..... 68
6.1. Identificació i avaluació de les emissions a l'aire, aigua i sòl..... 68
6.1.1. Atmosfèriques..... 69
6.1.2. Líquides..... 70
6.1.3. Sòlides..... 70
6.1.4. Millors tècniques disponibles..... 70
6.2. Identificació i avaluació dels residus sòlids produïts..... 70
6.3. Consums d'energia i de recursos naturals..... 71
6.4. Sistemes de gestió de l'energia..... 72
6.5. Generació de gasos d'efecte invernacle..... 72
6.6. Altres impactes..... 72
7. Manteniment de les instal·lacions..... 74
7.1. Manteniment correctiu..... 74
7.2. Manteniment preventiu..... 76
7.2.1. Programa de manteniment preventiu..... 76

7.3. Manteniment predictiu....77
7.4. Manteniment dels equips importants de la planta....78
7.4.1. Manteniment de bombes de desplaçament positiu....78
7.4.2. Manteniment de les vàlvules de seguretat....80
7.4.3. Manteniment dels elements de control....80
7.4.4. Manteniment de les vàlvules....80
7.4.5. Manteniment dels reactors i tancs d'emmagatzematge....81
7.4.6. Manteniment de les canonades.... 81
8. Manuals d'operació.... 82
8.1. Comprovacions prèvies i primera posada en marxa.... 82
8.2. Funcionament de la planta.... 83
8.3. Aturada d'emergència....83
9. Estudi econòmic.... 84
9.1. Compte de resultats....84
9.2. Pressupost d'execució del projecte.... 86
9.3. Avaluació global de la inversió.... 87
9.4. Conclusions....90
10. Bibliografia....91

ANNEX

A.1. Llistat de vàlvules manuals i *check valves*.... 94
A.2. Protecció d'equips a sobrepressions.... 95
A.3. Medi ambient al disseny de les instal·lacions....96
A.4. Fitxes de seguretat.... 100

1. INTRODUCCIÓ

En aquest projecte es dissenyarà una etapa del sistema de neteja automatitzat de quatre reactors tipus *Batch*, els quals formen part d'una planta de PVC, minimitzant el temps que aquest procés comporta.

Donat que la planta actual és el resultat de diferents ampliacions, cada reactor disposa d'una instal·lació pròpia, fet que complica l'operació i genera pèrdues de temps. La realització d'aquest estudi implica una millora en el sistema de neteja per tal d'optimitzar el temps de rentat. D'aquesta manera, una inversió de 670000 € suposarà un increment d'un 9% de la producció, que comporta un augment en els beneficis de 260000 € anuals un cop recuperada la inversió, en gairebé 2 anys i 7 mesos.

Aquest projecte també tindrà repercussió en l'àmbit mediambiental, ja que l'optimització del sistema de neteja permetrà treballar amb el reactor tancat i, per tant, reduir les emissions de VCM a l'atmosfera.

2. ETAPA PRELIMINAR

A continuació es realitza una breu descripció de la instal·lació, el límit de l'estudi i els antecedents del producte i de la planta.

2.1. Descripció del projecte

Després que es dugui a terme la polimerització en suspensió per tal d'obtenir PVC, es procedeix al rentat del reactor, en el qual es poden definir quatre etapes.

En la primera, es projecta contra les parets aigua desmineralitzada a pressió i temperatura ambient, per tal d'eliminar els residus que puguin haver quedar dipositats. Això es porta a terme, durant tres minuts, mitjançant l'ús de dues vàlvules especials de neteja i, seguidament, es procedeix al buidat del reactor. El corrent de sortida és conduït cap al *Blow Down Tank* per tal de netejar la resta de canonades i equips.

La segona etapa és l'aplicació d'un agent antiincrustant. La operació comença amb la creació d'un núvol de vapor a baixa pressió a l'interior del recipient. Un cop passats 3 minuts, s'injecta una solució aquosa de polímer de formaldehid amb 1-naftol, que actua com a antiincrustant, el qual es dispersa en el núvol i forma petites gotícules que es dipositen a les parets del reactor, inhibint el dipòsit de polímer per a usos posteriors. Un cop finalitzada aquesta fase, que te una duració aproximada de 5 minuts, es produeix a descarregar el reactor. Les restes de condensats i agent antiincrustant, a més de pols i aglomerats de PVC, es dirigeixen cap a un tanc soterrat.

Per tal de confirmar el correcte buidat del reactor, s'introdueix aigua a 5ºC i mitjançant uns sensors de temperatura, es pot confirmar que no queden restes al fons. Feta aquesta comprovació el reactor queda llest per a iniciar un nou cicle.

Finalment, es procedeix al buidatge del tanc, que ha rebut les aigües brutes d'aquest procés, cap a la zona de tractament.

2.2. Abast del projecte

El projecte abasta les quatre instal·lacions que s'utilitzen en les operacions de neteja dels reactors: neteja amb aigua desmineralitzada, aplicació d'antiincrustant, dosificació d'aigua freda i recollida d'aigües brutes.

En aquestes instal·lacions, els límits de bateria es situen des de l'entrada dels corrents de neteja fins a la tornada a la planta de serveis.

Aquest estudi implica el disseny dels equips (tancs, bombes i mescladors), canonades i instrumentació.

Queden fora de l'abast la resta d'etapes que es duen a terme al reactor (càrrega, escalfament, reacció, recuperació i descàrrega).

2.3. Antecedents històrics

Per tal de conèixer d'on es parteix, tant pel que fa al producte com a la planta, s'ha realitzat un estudi dels antecedents històrics.

2.3.1. Del producte

El PVC és el producte de la polimerització del monòmer de clorur de vinil (VCM) a policlorur de vinil. La resina que resulta d'aquesta polimerització és la més versàtil de la família dels plàstics; ja que a més de ser termoplàstica (a l'incrementar la temperatura es torna tova i emmotllable), a partir d'ella es poden obtenir productes rígids i flexibles.

A més de la seva gran versatilitat, el PVC és processable per una amplia varietat de procediments, requerint, això sí, un nombre important d'ingredients i un balanç adequat d'aquests per poder transformar-lo al producte final desitjat.

El clorur de vinil va ser accidentalment descobert al menys en dos ocasions en el segle XIX. La primera vegada, al 1835, el clorur de vinil va ser sintetitzat en un laboratori a partir de 1,2-Dicloroetà i hidròxid potàssic, per *Justus von Liebig* (*Alemanya*). Quatre anys mes tard, *Víctor Regnault* (*França*) va publicar les seves observacions sobre la formació d'una pols blanca quan una ampolleta de vidre tancada de clorur de vinil líquid s'exposava a la llum solar.

L'any 1860 *Roald Hoffman* (*Polònia*) va publicar un informe sobre l'obtenció de polibromur de vinil.

Al 1872 *Eugene Baumann* (*Alemanya*) va relatar com es convertia el VCM en una massa sòlida blanca (PVC): "no sent afectada pels dissolvents ni pels àcids".

Posteriorment, al 1912, *Fritz Klatte* (*Alemanya*) va descobrir la base per a la producció industrial de PVC. Vuit anys després, *EUA* va elaborar el primer producte comercial de PVC. Una dècada més tard, la indústria alemanya començava la seva producció.

Al 1914, l'empresa *Chemische Fabric Griesheim-Elektron* va patentar l'ús de peròxids orgànics per accelerar la reacció, el que va suposar la utilització d'iniciadors productors de radicals lliures.

Al 1930 *B.F. Goodrich Chemical* va descobrir que el PVC absorbia plastificant i que al processar-lo es transforma en un producte flexible. Dos anys més tard, *Goodrich* i *General Electric* van desenvolupar una formulació de PVC plastificat per utilitzar-lo com aïllant elèctric en cable i filferro. Aquest descobriment va fer possible l'evolució comercial inicial. Posteriorment, amb l'ús d'estabilitzadors més adequats, es va fer possible el desenvolupament del mercat del PVC rígid; aquestes evolucions importants van permetre que el PVC es convertís en el termoplàstic més versàtil i important del mercat mundial; i va començar la seva producció a gran escala al 1938.

L'any 1940 va començar la comercialització de PVC a *Anglaterra*. Al 1950, es va iniciar la producció i el comerç de productes de PVC a *Argentina*; aquest mateix any, 5 companyies principals competien en la fabricació de PVC.

Al 1980 vint companyies produïen PVC. Es va donar el major desenvolupament tecnològic i de comercialització del PVC a nivell mundial.

Els científics que el van descobrir no devien imaginar que el seu invent arribaria als nostres dies sent el segon plàstic de major volum de producció en el món i amb tan variades aplicacions.

Des del rellotge d'alarma que ens desperta al matí fins a la casa confortable on vivim, el PVC juga un rol fonamental en cada activitat que desenvolupada en el dia a dia.

2.3.2. De la planta

La planta de PVC de l'empresa interessada en aquest projecte es va posar en marxa, a l'any 1976, amb dos reactors de 80 m³. En aquell moment es fabricaven dues úniques resines que s'assecaven i s'enviaven a dues sitges d'emmagatzemament. La productivitat era relativament baixa.

No va ésser fins a l'any 1989, quan es va produir el primer salt tecnològic important amb la posada en marxa d'un nou reactor totalment automatitzat i amb una major productivitat.

En aquest es van implementar les millors tècniques disponibles en aquell moment, principalment l'operació a reactor tancat (*Closed Kettle Operation*) que permetia funcionar de forma continuada sense necessitat d'obrir la boca d'home per a la càrrega d'additius, inspeccions i operacions de neteja.

Aquesta tecnologia es va exportar als dos reactors existents, el que va suposar, a més d'un increment de la capacitat de la planta, una millora en les condiciones ambientals i higièniques d'aquesta.

En aquella època, la fase de recuperació de VCM era una més de les etapes que es portaven a terme al reactor (càrrega, escalfament, reacció, recuperació, descàrrega i neteja) però tractant-se d'una operació difícil i llarga, es va plantejar eliminar-la, buscant obtenir la màxima productivitat. Tot el que permet escurçar els temps de no reacció, incideix molt positivament en la capacitat de la planta.

Es per això que es van instal·lar tancs a pressió on poder descarregar tota la massa del *batch* arribat el moment adequat. Les operacions de descàrrega sobre aquest tipus de tancs o BDT's (*Blow Down Tank*) i la recuperació del VCM no reaccionat es van acabar simultaneijant.

Al projecte d'ampliació de capacitat de la planta, portat a terme a l'any 2001 i que va suposar la compra d'un nou reactor i BDT's per cadascun dels reactors existents, va suposar un nou esglaó en la productivitat de la planta.

En l'actualitat, la planta es troba en mig d'un projecte d'ampliació de capacitat que es va engegar l'any 2010. La base d'aquesta inversió consisteix en la substitució del antics reactors de 80 m³ d'acer al carboni recoberts de vitrificat per uns de nous de 115 m³ també d'acer al carboni amb una capa interior d'acer inoxidable, fixada segons la tècnica *cladding*.

Aquesta ampliació és assumible, fent petites accions de *debottleknecking* de les instal·lacions d'assecatge i transport pneumàtic, a més d'una racionalització de determinades operacions (rentat, aplicació i tractament d'aigües amb antiincrustant) adaptant-les a les noves condicions d'operació de la planta.

El primer d'aquests dos nous reactors es va posar en marxa l'any 2011, coincidint amb una època de baixada de la demanda del PVC al mercat.

Aquesta és la raó per la qual el segon dels reactors encara no s'ha instal·lat, tot i que es preveu l'activació del projecte als inicis del 2015.

Un altre salt tecnològic va tenir lloc amb la implementació de la tecnologia CID (*Continuous Iniciator Dosing*) que permet un millor aprofitament de la capacitat de refrigeració dels reactors, adaptant la quantitat d'iniciador afegida a la temperatura de l'aigua de torre i maximitzant la producció en tot moment, a més de fer l'operació dels reactors més segura.

En paral·lel amb la instal·lació d'aquests dos nous reactors es pretenen implementar millores que permetin solucionar alguns problemes que s'han mantingut des de l'inici de l'operació a boca tancada, com és la detecció, de forma fiable, del final de la descàrrega del reactor, la correcta aplicació de l'agent antiincrustant (el que permetria augmentar el temps entre neteges manuals) i el correcte desallotjament d'aquest de l'interior del reactor.

2.4. Alternatives de procés

S'ha realitzat una recerca bibliogràfica dels tres tipus de polimerització del VCM i s'han estudiat alternatives per als equips del procés.

2.4.1. Informació prèvia

En primer lloc es presenta una breu descripció del PVC i es realitza una comparació entre els tres mètodes de polimerització.

Informació del polímer

El policlorur de vinil (ref. 1) es presenta com un material blanc que es comença a estovar al voltant dels 80ºC i es descompon sobre els 140ºC. Té molt bona resistència elèctrica i a la flama.

El PVC es caracteritza por ser dúctil i tenaç, presenta estabilitat dimensional i resistència ambiental. A més, és reciclable per varis mètodes.

Té una elevada resistència a la abrasió, conjuntament amb una baixa densitat, de 1.4 g/cm^3, bona resistència mecànica i a l'impacte, la qual cosa el fa comú i ideal per a l'edificació i construcció.

Polimerització en emulsió

La polimerització en emulsió consisteix en una reacció que es duu a terme en un medi aquós, amb peròxids solubles en aigua i, a més, s'afegeix un emulsificant. Aquest pot ser un sabó o un detergent.

En aquestes condicions el monòmer forma microgotes i el sabó que s'afegeix les estabilitza durant tot el procés de la polimerització. D'aquesta manera es forma un làtex del qual es fa precipitar el polímer trencant l'emulsió. A continuació es renta, però no és possible eliminar tot l'emulsificant i això comporta unes característiques especials d'adsorció d'additius.

Aquest procés té una sèrie d'avantatges com són:

- Tot el monòmer reacciona.
- Existeix molt poca dispersió dels pesos moleculars.
- Gaudeix de control tèrmic.
- La viscositat és baixa.
- El làtex no necessita purificació.

Tot i això també té una sèrie d'inconvenients:

- Té una aplicació limitada.
- La presència de l'emulsificant pot causar sensibilitat a l'aigua.

Polimerització en massa

La polimerització en massa consisteix en una reacció entre el monòmer i el peròxid, on el monòmer es troba en fase líquida i reacciona amb el peròxid. Com només intervenen dos reactius fa que sigui una tècnica senzilla, vist des del punt de vista de manipulació i equipament. A més, el polímer que s'obté és pur, sense contaminants i amb una alta claredat òptica.

Tot i això presenta varis problemes, com:

- Pot arribar a la gelificació si no s'agita.
- És molt difícil eliminar les traces de monòmer.
- És molt difícil arribar a la conversió total.
- Hi ha molt risc per a un sobreescalfament, ja que la viscositat és molt alta i té una conductivitat tèrmica molt baixa.
- La calor es pot concentrar en punts tot donant un color groguenc al producte.

Polimerització en suspensió

En aquest procés s'utilitza l'aigua com a medi de reacció i el monòmer, més que dissoldre's. es dispersa en el medi. El monòmer es mescla amb un catalitzador i s'utilitza en forma de suspensió en aigua. En aquest procés, la calor després és absorbida per l'aigua. A continuació, el producte polimeritzat es separa i es deshidrata. Aquests polímers resultants són obtinguts en forma de petits cordons que són filtrats, rentats i assecats en forma de pols per a emmotllament.

Avantatges de la polimerització en suspensió:

- El polímer format està pràcticament lliure de contaminants.
- La fase contínua absorbeix la calor produïda per la polimerització. El polímer està format directament en partícules.
- La separació de les partícules de la fase contínua és senzilla degut a la seva baixa afinitat.
- Es pot utilitzar aigua com a fase contínua.

Desavantatges:

- Contaminació del polímer amb agents estabilitzadors i agua.
- Requereix agitació contínua.

Comparació dels tres mètodes

A continuació es detalla la mida de partícula i el pes molecular de la resina obtinguda mitjançant cada un dels tres mètodes. El mètode estudiat en aquest projecte és la polimerització en suspensió.

Taula 2.4.1. Mida de partícula i pes molecular de la resina.

Resina	**Mida de partícula (µm)**	**Pes molecular (Mn)**
Suspensió	45-400	24000-80000
Massa	70-170	28000-80000
Emulsió	1-20	38000-85000

2.4.2. Alternatives d'equips

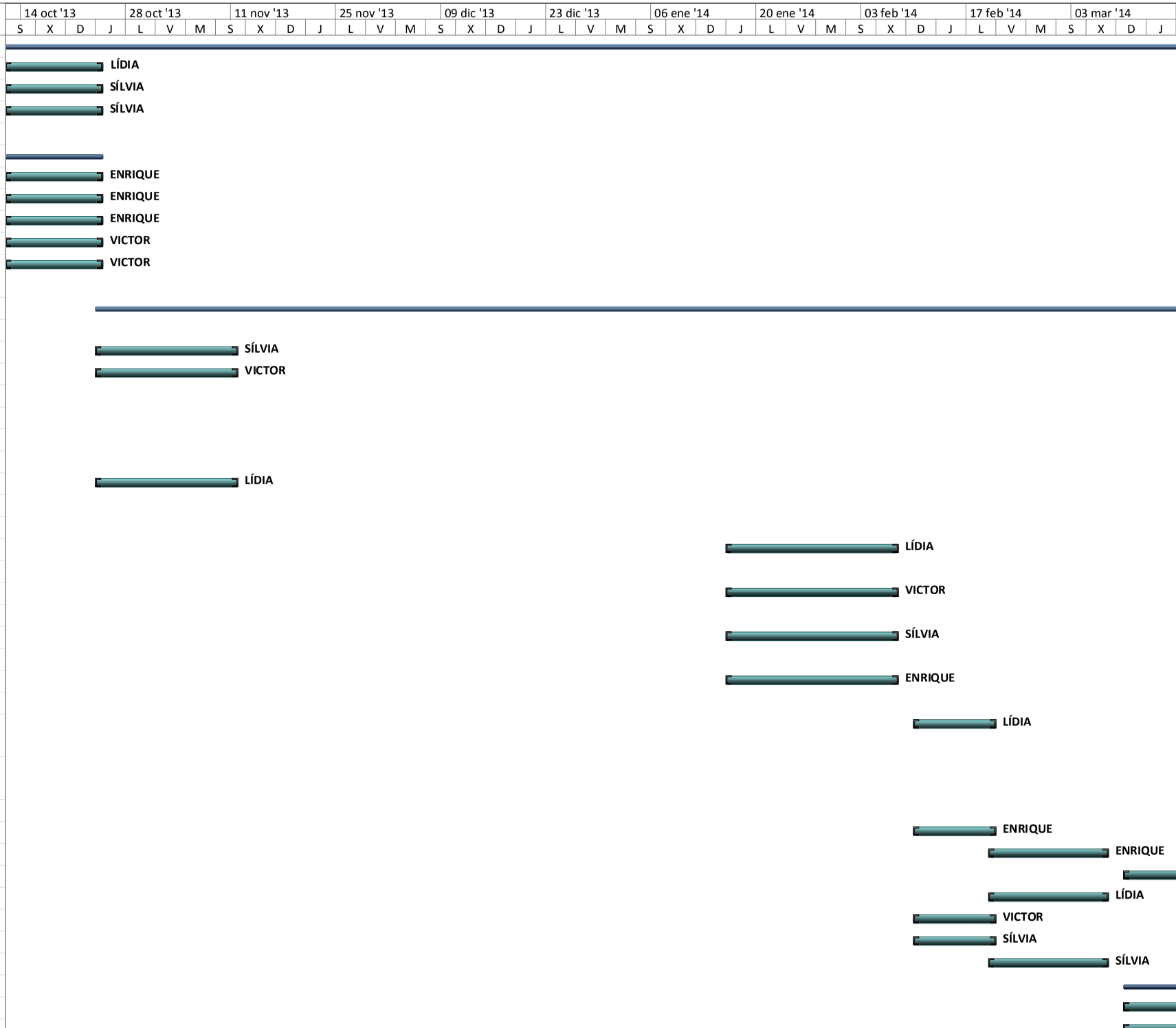
A continuació es detallen diferents alternatives que s'han tingut en compte a l'hora de realitzar el projecte i s'expliquen els motius de la selecció realitzada.

- El filtre en el tanc de descàrrega de l'aigua de neteja s'ha situat a la canonada . Aquest filtre es podria instal·lar a l'interior del tanc, ja que la superfície seria més elevada i suposaria una pèrdua de càrrega menor. Tot i això, s'ha decidit instal·lar-lo a la canonada ja que d'aquesta manera no cal obrir el tanc periòdicament per netejar el filtre i la pèrdua de càrrega no afecta de manera important al sistema ja que el tanc de recollida es troba per sota del nivell del reactor i aquest es descarrega per efecte de la gravetat.
- La bomba que transporta el fluid del tanc de descàrrega a tractament és de cargol ja que la bomba està situada per sobre del nivell tanc, ja que aquest es troba soterrat. S'ha decidit ubicar-la més amunt ja que a la mateixa alçada que el tanc podrien succeir problemes d'inundació. Aquesta bomba podria ser de tipus peristàltic però això suposaria canviar la mànega constantment degut a la presència de sòlids.

2.5. <u>Planificació inicial del projecte</u>

Tot seguit es presenta el diagrama de *Gantt*, on es pot observar una distribució temporal de les tasques a realitzar d'una manera molt visual. Al costat de cada tasca es veu la duració i el nom o noms de les persones implicades en la seva execució.

Id	Nombre de tarea
1	**ETAPA PRELIMINAR**
2	Definició i descripció del projecte
3	Scope
4	Antecedents històrics
5	Estudi alternatives
6	**BASES DE DISSENY**
7	Especificació alimentació
8	Capacitat operativa
9	Factor de servei
10	Normes i codis de disseny
11	Especificació dels serveis disponibles
12	**ENGINYERIA BÀSICA**
13	**DIAGRAMES**
14	Blocs
15	Procés
16	Procés*
17	Control i xarxes de control
18	Canonades i instrumentació
19	Canonades i instrumentació*
20	D'implantació
21	Classificació de zones
22	**DISSENY I LLISTAT**
23	Canonades
24	Canonades*
25	Instrumentació
26	Instrumentació*
27	Sistemes de control
28	Sistemes de control*
29	Equips
30	Equips*
31	**DESCRIPCIÓ FUNCIONAL DEL PROJECTE**
32	DESCRIPCIÓ FUNCIONAL DEL PROJECTE*
33	**SEGURETAT**
34	De procés
35	Anàlisi de risc
36	Zones ATEX
37	Equips de seguretat
38	Plans d'emergència
39	Seguretat laboral
40	Avaluació riscos laborals
41	**MEDI AMBIENT**
42	Emissions
43	Residus



3. BASES PER AL DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE

Les bases de disseny estableixen els fonaments inicials per tal de poder obtenir els objectius marcats pels clients.

3.1. Bases de disseny

Es divideixen en les bases relacionades amb la producció i les corresponents al desenvolupament del projecte.

3.1.1. Especificacions de l'alimentació

El procés de neteja es divideix en quatre etapes on intervenen diferents productes en diferents quantitats, els quals es detallen a continuació amb les seves especificacions.

Taula 3.1.1. Especificacions de les alimentacions.

Fluid	Especificacions
Aigua desmineralitzada a pressió, ADW2	pH: 5 - 6 Clorurs: 2.3 ppm SiO_2: 0.2 ppm Conductivitat: 1.5 – 20 μS Sòlids totals: 7.8 ppm
Antiincrustant, WSW	Composició en massa: <1% d'hidròxid de sodi, 92 -96% d'aigua i 3 – 75 de formaldehid, polímer amb 1-naftol copolímer. pH: 12 – 12.6 Sòlids: 5 - 6 % w/w
Aigua adició continua a reactors, CIW	pH: 5 - 6 Clorurs: 2.3 ppm SiO_2: 0.2 ppm Conductivitat: 1.5 – 20 μS Sòlids totals: 7.8 ppm

Taula 3.1.1. Especificacions de les alimentacions (cont.)

Fluid	Especificacions
Nitrogen de baixa pressió (LIG)	Punt de rosada: -40ºC Puresa: 99.99% Qualitat: lliure de olis

3.1.2. Capacitat, flexibilitat operativa i factor de servei

La planta de PVC està dissenya per una producció anual de 165000 t de PVC, corresponent a uns 16 *batch* diaris.

Les instal·lacions del sistema de neteja s'han dissenyat seguint diferents criteris. El tanc d'aigua desmineralitzada conté l'aigua necessària durant un dia. Els contenidors d'antiincrustant tenen una capacitat de 1020 kg, els quals suposen 75 neteges, és a dir, el contenidor s'ha de canviar cada cinc dies aproximadament.

Per altra banda, el tanc de recollida dels quatre reactors està dissenyat per a poder emmagatzemar les aigües residuals que es produeixen en realitzar quatre neteges i després es buida en una hora. El tanc d'aigua freda està dissenyat amb el mateix criteri, s'omple en una hora i conté l'aigua necessària per fer quatre càrregues, és a dir, la quantitat utilitzada per fer la comprovació i subministrar aigua al reactor durant l'etapa de producció.

Al tractar-se d'unes instal·lacions que no operen en continu, la flexibilitat operativa és molt amplia, de 0 a 165000 t anuals. Mentre no es requereixen neteges de cap dels reactors, la instal·lació està parada i, quan es requereixen, es posa en funcionament.

Per altra banda, el factor de servei de les instal·lacions és elevat (8000 h/any) ja que s'efectuen rentats constantment. Els reactors fan les diferents càrregues intercaladament, per tant, quan un acaba l'etapa de rentat la següent comença poc temps després.

3.1.3. Especificacions dels productes

Es pot considerar com a producte d'aquesta instal·lació el que s'extreu al buidar el reactor. Aquest producte consta de condensat de vapor, antiincrustant, aigua desmineralitzada i residus de PVC contaminats de VCM que hi puguin haver en el reactor.

La composició del producte és 98.1% condensat, 1.3% antiincrustant i 0.6% dels residus del reactor. Els residus contenen un 99.5% de PVC i 0.5% de VCM.

3.1.4. Condicions de les matèries primeres i productes en el L.B.

Les matèries primeres que es trobem en els límits de bateria del procés són l'aigua desmineralitzada (ADW2), el vapor (LS1), l'antiincrustant (WSW), l'aigua desmineralitzada freda (CIW), i el nitrogen (LIG). En la següent taula es mostren les condicions de pressió i temperatura en les quals es troben aquets compostos.

Taula 3.1.2. Condicions de les matèries primeres en els L.B..

Matèries primers	**Pressió (bar)**	**Temperatura (ºC)**
Aigua desmineralitzada a pressió, ADW2	8	Ambient
Vapor de baixa pressió, LS1	9	175
Antiincrustant, WSW	1	0 – 50
Aigua addició continua a reactors, CIW	19	5
Nitrogen de baixa pressió, LIG	9	Ambient

3.1.5. Normes de disseny a aplicar

Per tal de dissenyar els diferents equips, canonades, instruments, etc., es selecciona la pressió i la temperatura de disseny. Els criteris per seleccionar-los són els següents.

Taula 3.1.3. Criteris de selecció de temperatures i pressions de disseny.

$T_{operació}$ (ºC)	$T_{disseny}$ (ºC)	$P_{operació}$ (bar g)	$P_{disseny}$ (bar g)
< 45	60	≤ 10	$P_{operació}$ + 1
> 45	$T_{operació}$ + 15	> 10	110% de $P_{operació}$

En els equips amb dispositius de seguretat, la pressió de disseny és la mateixa que la pressió d'obertura dels diferents elements. Per altra banda, en els equips dissenyats al buit la pressió de disseny és el buit absolut.

3.1.6. Altres criteris de disseny

En cas que sigui necessari el disseny de materials aïllants en canonades o equips, els criteris a seguir són els següents.

- Fluids amb temperatures inferiors a 60ºC: no necessiten aïllament a no ser que el procés ho requereixi.
- Fluids amb temperatures superiors a 60ºC: requereixen d'una mida de protecció personal, és a dir, un aïllament que protegeixi de la calor i que aconsegueixi una temperatura externa inferior a 60ºC.
- Fluids amb temperatures inferiors a 12ºC: necessiten un aïllament especial pel fred.

En relació amb el sistema d'unitats que s'utilitzarà, excepte en els casos en els quals s'especifiqui el contrari, es tracta del sistema internacional. Les unitats utilitzades són:

- Longitud: mm o m
- Volum: m^3
- Pes: kg
- Cabal: kg/h, t/h, m^3/h
- Temperatura: °C
- Pressió: bar_g, m columna aigua.
- Viscositat: cp
- Calor i energia: kcal
- Potència: kcal/h, W, kW

3.2. Dades bàsiques per al desenvolupament de l'enginyeria

Es aquest apartat es descriuen les *utilities* que s'utilitzen en el procés, juntament amb els preus corresponents, les dades de l'emplaçament i els codis de disseny que s'han seguit.

3.2.1. Energies disponibles

Les *utilities* que s'utilitzen són les següents:

Vapor d'aigua

Taula 3.2.1. Diferents vapors dels quals es disposa.

Tipus	**Mitja pressió (MS)**	**Baixa pressió (LS1)**	**Baixa pressió (LS2)**
Pressió (bar_g)	12	8	2.0 - 2.4
Qualitat	Saturat	Saturat	Saturat

Condensat

Taula 3.2.2. Diferents condensats dels quals es disposa.

Tipus	**Mitja pressió (CM)**	**Baixa pressió (CL1)**	**Baixa pressió (CL2)**
Pressió (bar_g)	Màx. 12	Màx. 8	Màx. 2.4

Energia elèctrica

- Per a motors de potència igual o inferior a 200 kW: 380 V – 50 Hz – 3 fases.
- Per a motors de potència superior a 200 kW: 6000 V – 50 Hz – 3 fases.
- Enllumenat: 20 V – 1 fase.

Aigües

- Aigua de torre (TW):

Temperatura d'entrada :	27 °C màx (18°C a l'hivern)
Temperatura màxima de sortida:	37 °C
Pressió d'entrada (a cota 0):	8 bar_g màx.
Pèrdua de càrrega permesa:	0.7 bar
Qualitat:	Aigua tova amb agents anticorrosius i antiincrustants.
pH	7.8-8.2.

- Aigua freda (CHW):

Temperatura d'entrada	5 °C
Temperatura de sortida	8 °C
Pressió d'entrada (a cota 0)	5 bar_g
Qualitat:	Aigua desmineralitzada amb additius.

- Aigua d'addició continua a reactors ACA (CIW):

Pressió:	18 bar_g
Temperatura:	5°C
Qualitat:	Aigua desmineralitzada.

- Aigua de tancaments (SW):

Pressió:	15 bar_g
Temperatura:	5 °C
Qualitat:	Aigua desmineralitzada.

- Agua desmineralitzada de procés (PW):

Pressió:	7.2 bar_g
Temperatura:	45-50 °C (màx = 70 °C)
Qualitat:	Aigua desmineralitzada.

- Aigua desmineralitzada de xarxa (ADW1):

Pressió:	6.9 bar_g
Temperatura:	Ambient.
pH:	5 – 6
Clorurs:	2.3 ppm
SiO_2:	0.2 ppm
Conductivitat:	1.5 – 20 μS
Sòlids totals:	7.8 ppm

- Aigua desmineralitzada a pressió (ADW2):

Pressió:	7 bar_g
Temperatura:	Ambient.
pH:	5 – 6
Clorurs:	2.3 ppm
SiO_2:	0.2 ppm
Conductivitat:	1.5 - 20 μS
Sòlids totals:	7.8 ppm

- Aigua crua (CW):

Pressió:	6 bar_g
Temperatura:	Ambient.
Qualitat:	Aigua de l'*Ebre*.

- Aigua contra incendis (FW):

Pressió:	9 bar_g
Temperatura:	Ambient.
Qualitat:	Aigua crua.

- Aigua potable (DW).

Combustibles

- Gas Natural (NG):

Pressió:	2.5 bar_g
Temperatura:	> 8 °C
Poder calorífic inferior:	10300 kcal/Nm³l
Qualitat:	90.6 % mol metanol.
	7.9 % mol etanol.
	0.5 % mol nitrogen.

Aire

- Aire d'instruments (IA):

Pressiómàxima:	6 bar_g
Pressiómínima:	4 bar_g
Temperatura:	35 - 40°C
Punt de condensació:	- 10°C
Qualitat:	Aire sec.

- Aire de planta (PA):

Pressiómàxima:	6 bar_g
Pressiómínima:	4 bar_g
Temperatura:	35 - 40°C
Qualitat:	Aire humit.

- Aire respirable (RA).

Nitrogen

Taula 3.2.3. Diferents tipus de nitrogen dels quals es disposa.

Tipus	**Mitja pressió (MIG)**	**Baixa pressió (LIG)**	**Emergència**
Pressió màxima (bar_g)	14	8	-
Temperatura (ºC)	Ambient	Ambient	-
Punt de rosada (ºC)	-40	-40	-
Puresa (%)	99.99	99.99	-
Qualitat	Lliure de olis	Lliure de olis	De botella

3.2.2. Preus de les energies

Gas natural:	0.210 €/Nm³
Energia elèctrica:	0.117 €/kWh
Vapor:	0.028 €/ kg
Nitrogen:	0.130 €/Nm³
Aire:	0.015 €/Nm³
Aigua crua:	0.470 €/m³
Aigua desmineralitzada:	0.500 €/m³
Aigua refrigeració:	0.350 €/m³

3.2.3. Dades de l'emplaçament

Dades obtingudes durant l'any 2012 a l'*Estació Meteorològica Automàtica* del *Complex Educatiu* de *Tarragona*, la més propera a *Vila-Seca*. (ref. 2)

Climàtics, pluviomètrics, sísmics

Dades climàtiques

Pressió baromètrica:	740-780 mm Hg
Temperatura de l'aire:	
Màxima:	36°C
Mínima:	–5 °C
Mitjana anual:	16 °C
Humitat relativa:	20-98%
Humitat relativa mitjana:	68%
Mitjana de la irradiació solar global diària:	17.4 MJ/m^2
Temperatura de disseny per a equips elèctrics i instruments:	45°C

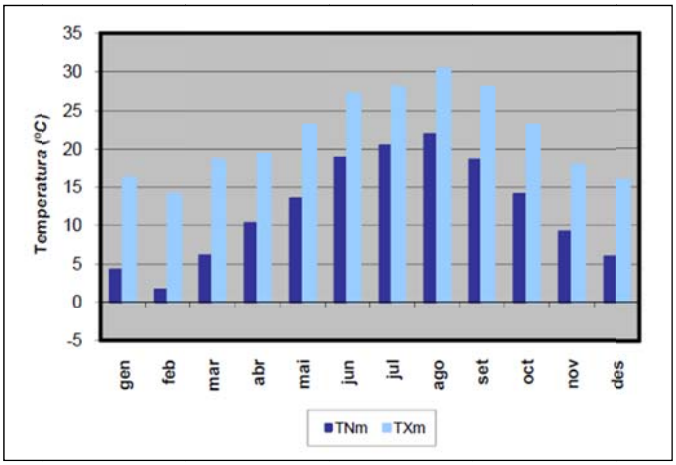


Figura 3.2.1. Temperatura mínima mitjana i temperatura màxima mitjana.

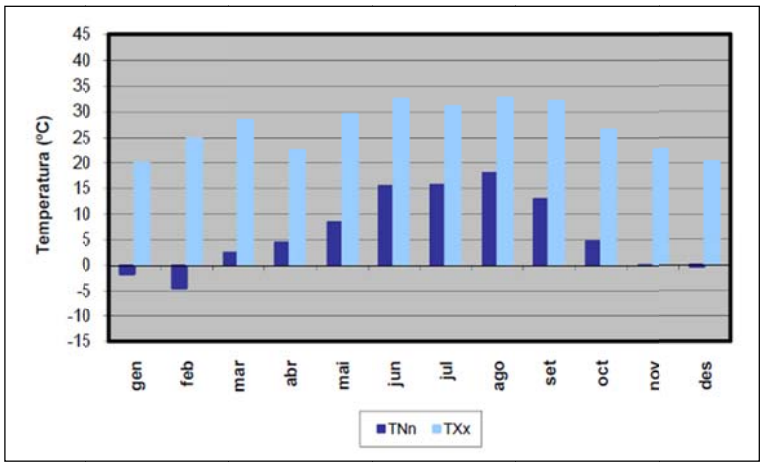


Figura 3.2.2. Temperatura mínima absoluta i temperatura màxima absoluta.

Vents

Pressió:	h < 30 m:	P = 100 kg/m²
	h > 30 m:	P = 125 kg/m²
Freqüència > 104 km/h:	20 dies/any	
Velocitat màxima:	130-140 km/h	
Percentatge de calmes:	4.8%	
Velocitat mitjana del vent (a 10 m):	2.4 m/s	
Direcció predominant:	SE a NO i NO a SE (al mateix dia)	
Càrrega per nevades:	40 kg/m²	

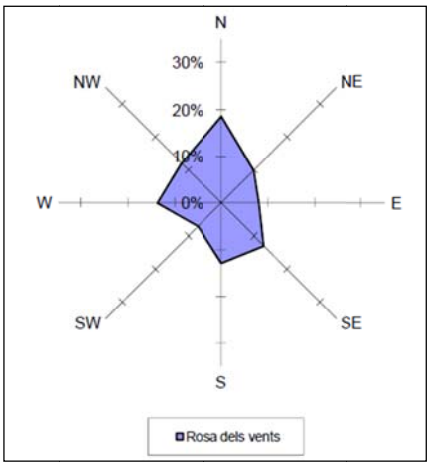


Figura 3.2.3. Rosa dels vents.

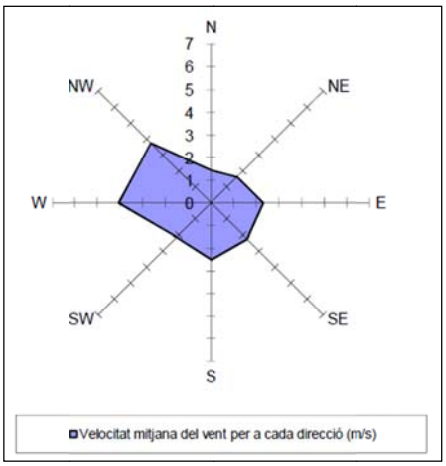


Figura 3.2.4. Velocitat mitjana del vent per a cada direcció.

Precipitacions

Mitjana anual:	515 l/m²
Màxim:	64 l/m²h
Corrosió externa:	No existeixen requeriments especials (ambient industrial)
Dades sísmiques:	MSK grau VI.

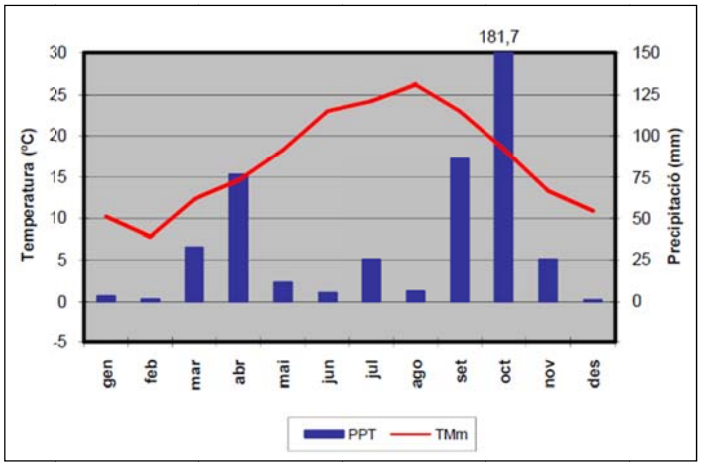


Figura 3.2.5. Precipitació acumulada i temperatura mitjana.

Elevació i estructura del terreny

Elevació:	23 m sobre el nivell del mar.
Capacitat de càrrega:	2 kg/cm²

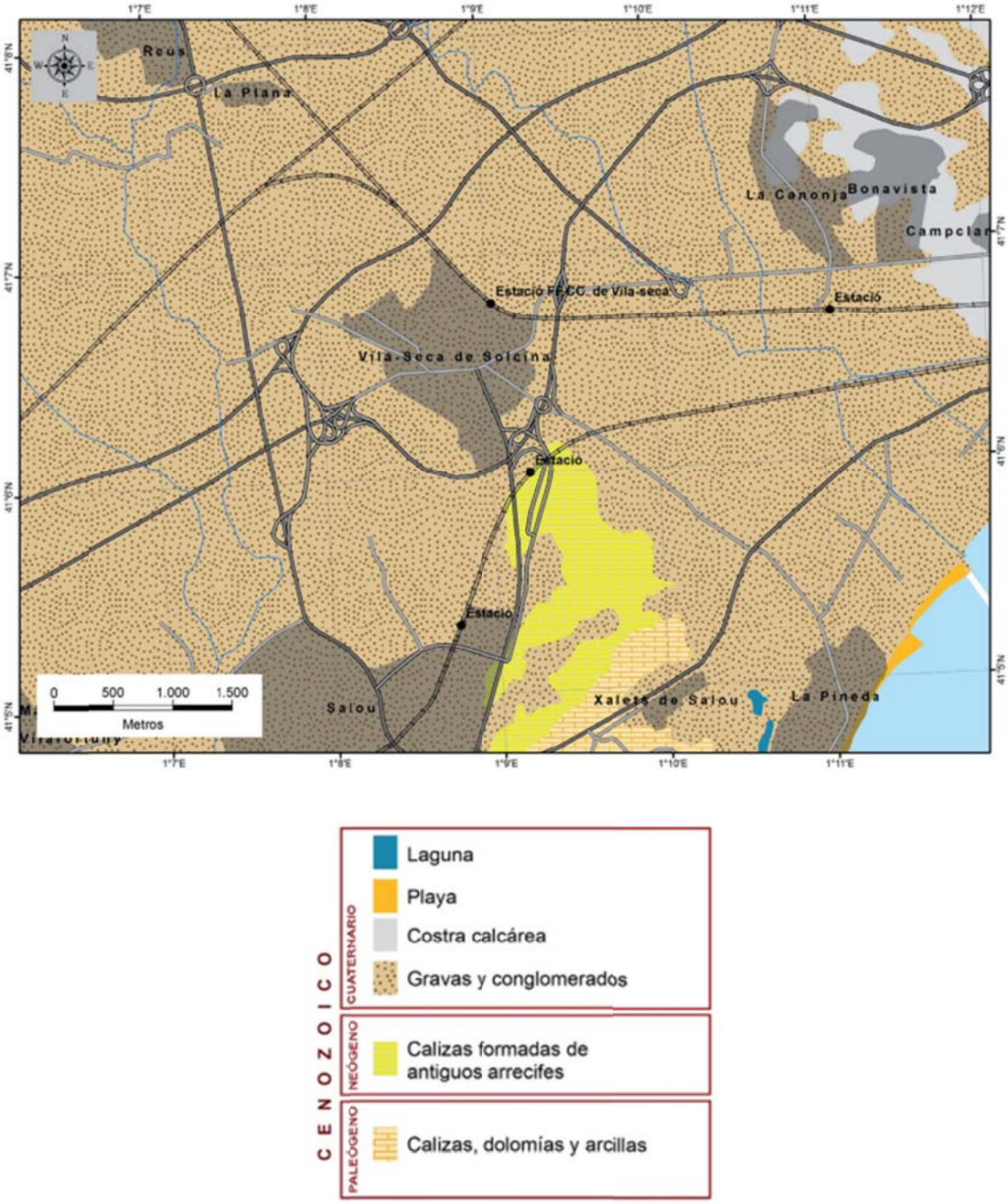


Figura 3.2.6. Mapa geològic de *Vila-Seca* (ref. 3).

3.2.4. Normes i codis de disseny

Per tal de realitzar el disseny de cada equip s'han seguit diferents codis, els quals es mostren a la següent taula.

Taula 3.2.4. Codis de disseny de cada equip.

Element	Codi de disseny
Tancs de baixa pressió	API 620
Recipients a pressió	ASME VIII div. 1
Bescanviadors de calor	TEMA R
Canonades	ASTM ANSI B31-3
Equips dinàmics	DIN o els estàndards
Instrumentació	API 550 i ISA-S5-1
Vàlvules	DIN
Brides	DIN
Agitadors	Estàndards
Material elèctric	CENELEC i Reglament de Baixa Tensió API 505 Principi de Classificació d'Àrees i Selecció d'Equips
Obra civil	DIN i reglaments espanyols

3.2.5. Codificació de les instal·lacions

Equips

Els equips s'identifiquen seguint el següent codi:

X 0 0 00 AB

El primer caràcter alfanumèric fa referència al tipus d'equip segons la llista que es presenta a continuació.

El segon dígit correspon a la unitat a la que pertany l'equip. En el cas de les instal·lacions de neteja és la unitat 0.

El tercer caràcter és també de tipus numèric i fa referència a la selecció. En el cas de les instal·lacions de neteja correspon a la secció 1.

El 4t i 5è dígit fan referència a un número de sèrie consecutiu.

L'últim caràcter s'utilitza per identificar equips redundants distingits, en aquest cas, per un caràcter alfabètic.

Taula 3.2.5. Codi i número de sèrie per a cada equip.

Tipus d'equip	Codi	Número de sèrie
Agitador	AG	El mateix que el dipòsit
Ventilador / Compressor	C	A partir del 12
Bescanviador de calor	E	A partir del 33
Filtre	F	A partir del 17
Mesclador	MZ	A partir del 00
Bomba	P	A partir del 46
Reactor	R	A partir del 04
Columna	T	A partir del 00
Tanc o dipòsit	TK	A partir del 53
Separador	S	A partir del 23
Altres	X	A partir del 00

Embrancs

El codi dels embrancs consta d'una lletra seguida d'un número. La lletra fa referència al servei i el número distingeix els embrancs dedicats al mateix servei.

A: Entrades de producte.

B: Sortides de producte.

C: Embrancs compartits per diferents serveis.

E: Ventilació.

H: Boques d'home i boques de mà.

J: Preses per anàlisis (pH).

L: Sobreeixidors.

N: Indicador, transmissor, controlador o interruptor de nivell.

P: Indicador , transmissor, controlador o interruptor de pressió.

S: Preses de mostres.

T: Indicador, transmissor, controlador o interruptor de temperatura.

V: Drenatge.

W: Suports.

X: Altres.

Canonades

Les línies s'identifiquen amb el següent codi:

100 TW 01 5 02 F42

100: Diàmetre de la canonada en mm.

TW: Codi del fluid.

01: Número de secció (sempre 01).

5: Número de P&ID.

02: Número de sèrie de la línia (dins del P&ID).

F42: Especificació de la línia.

Vàlvules manuals

Es composa de quatre caràcters:

B W A 3"

B: Tipus de vàlvula. (Bola – B i Antiretorn –K)

W: Tipus de connexió. (Bridades – B o soldades –S)

A: Lletra identificadora.

3": Diàmetre de la vàlvula.

Vàlvules de control

S'identifiquen amb el següent codi:

LV 6050

LV: Tipus de control.

6050: Identificació del llaç de la vàlvula.

Instruments

Es composen també de quatre grups de caràcters:

TC 5 0 70

TC: El codi ISA de l'instrument.

5: Instrument de procés (5) o de servei (6).

0: Secció (sempre serà el 0, instal·lacions de servei).

70: Número de sèrie que està comprès entre el 50 i el 99.

Motors elèctrics

Els motors s'identificaran amb tres grups de caràcters :

P M 0101

- El primer caràcter fa referència al tipus d'equip.
- El segon és sempre la lletra M que indica motor.
- Els quatre caràcters numèrics finals fan referència a l'ítem de l'equip.

4. DESENVOLUPAMENT DE L'ENGINYERIA BÀSICA

Es tracta del fonament de tot projecte d'enginyeria. Es desenvolupen els detalls més tècnics per tal de poder portar a terme la instal·lació.

4.1. Elaboració de diagrames

En tot projecte és necessària l'elaboració de diagrames, perquè aquests ofereixen un punt de vista visual del procés i les condicions amb les que es treballa a la unitat, entre altres factors. Tot seguit es descriuen els diversos diagrames realitzats, i a continuació de les descripcions es presentaran en format A3, segons l'ordre descrit.

4.1.1. De blocs: disseny conceptual

En el diagrama de blocs s'ha realitzat una representació esquemàtica de les operacions unitàries del procés de producció de PVC. En aquest diagrama també s'indiquen les entrades i les sortides del procés.

4.1.2. De flux de procés (PFD)

En el diagrama de flux es representen els equips principals units per les línies de procés. Les línies estan enumerades i s'aporta una informació bàsica de cadascuna. Els equips presents tenen un número d'ítem, especificat en apartats posteriors.

4.1.3. De canonades i instruments (P&ID)

El diagrama de instrumentació i canonades (P&ID) incorpora tots els equips, línies, instruments, accessoris i esquemes de control. Per tant, aquest diagrama mostra tot el procés dut a terme al *site* en tota la seva globalitat.

4.1.4. De control (PCD)

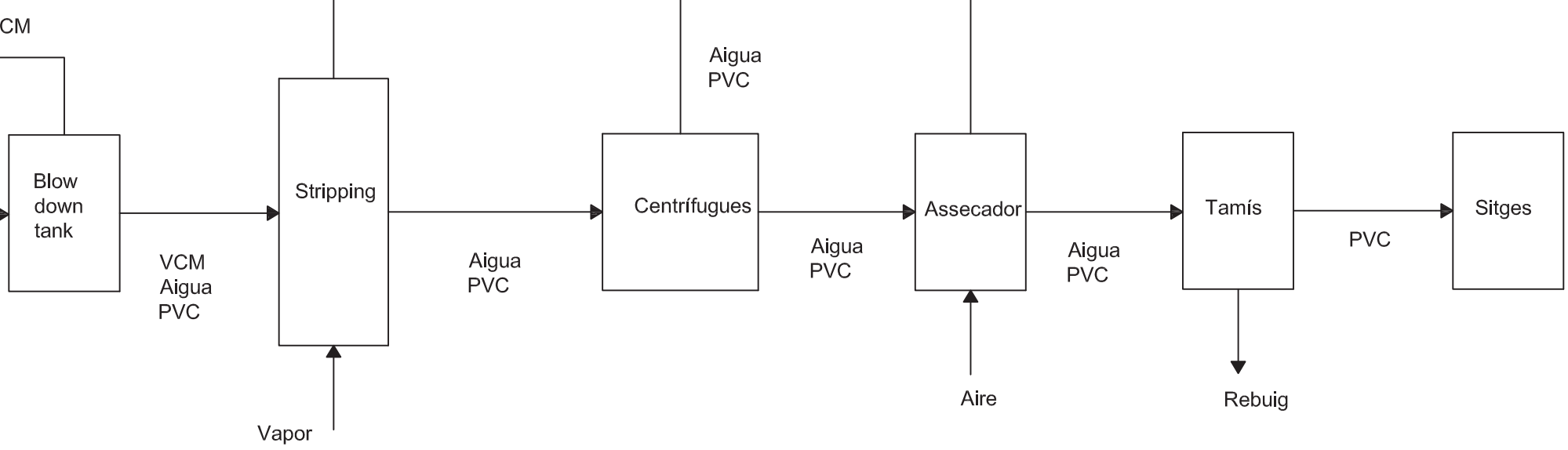
Aquest diagrama permetrà localitzar els diferents llaços de control dels equips dissenyats.

4.1.5. *Plot Plan*

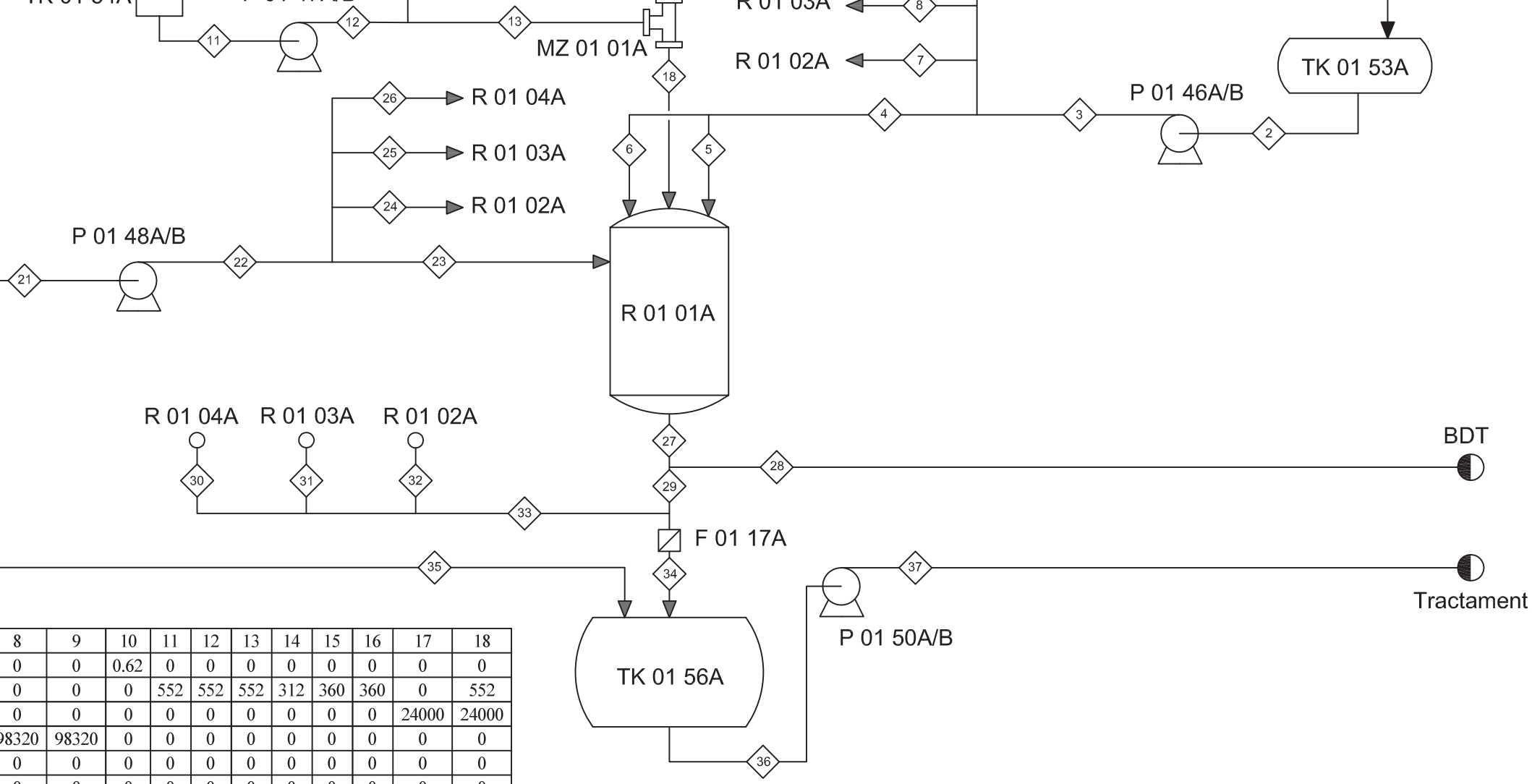
En el diagrama *Plot plant*, es representen tots els equips i totes les instal·lacions, vistos de planta, existents al *site*. Aquest diagrama està realitzat a escala, per si en un futur és necessari una modificació o la incorporació d'un equip nou.

4.1.6. De zones ATEX

Es tracta d'un diagrama on es poden observar, de manera molt gràfica, les diferents zones amb atmosfera explosiva de les que consta la planta. Típicament es fa una separació entre les diferents classes de zones, però en la planta dissenyada es podrà observar que només hi ha una classe de zona.



	Data	Nom		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI ETSEQ
Dibuixat				
Comprovat				
S.normes				
Escala	Diagrama de blocs			Sustitueix a Sustituit per



8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	0	0.62	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	552	552	552	312	360	360	0	552
0	0	0	0	0	0	0	0	0	24000	24000
98320	98320	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
0	0	0	0	0	0	0	9.2	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
493120	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	24552	24552	24552	24552	24552	24552	0	8000	8000

	Data	Nom
Dibuixat		
Comprovat		
S.normes		

UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

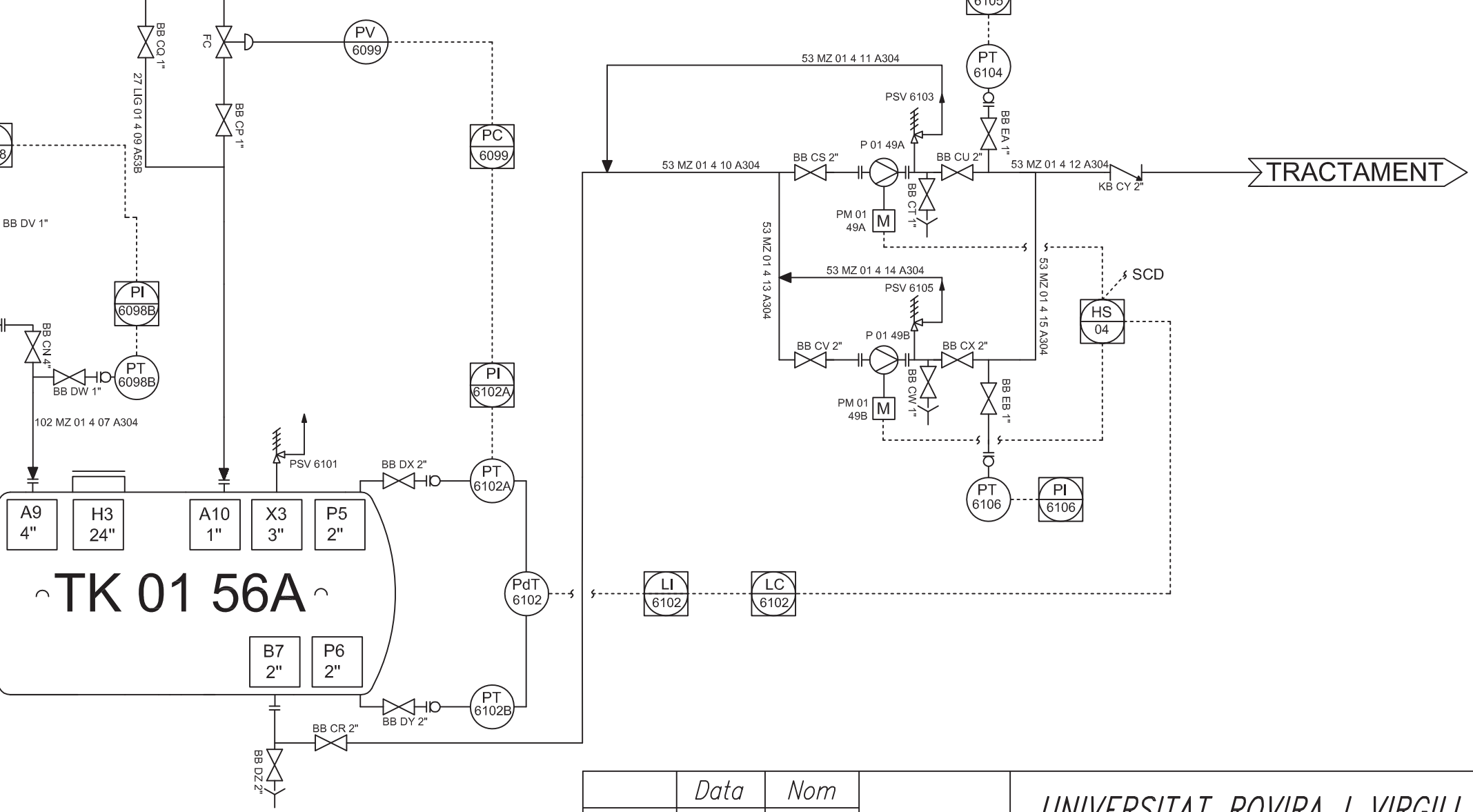
EXPRESSIO GRAFICA A L'ENGINYERIA

Escala

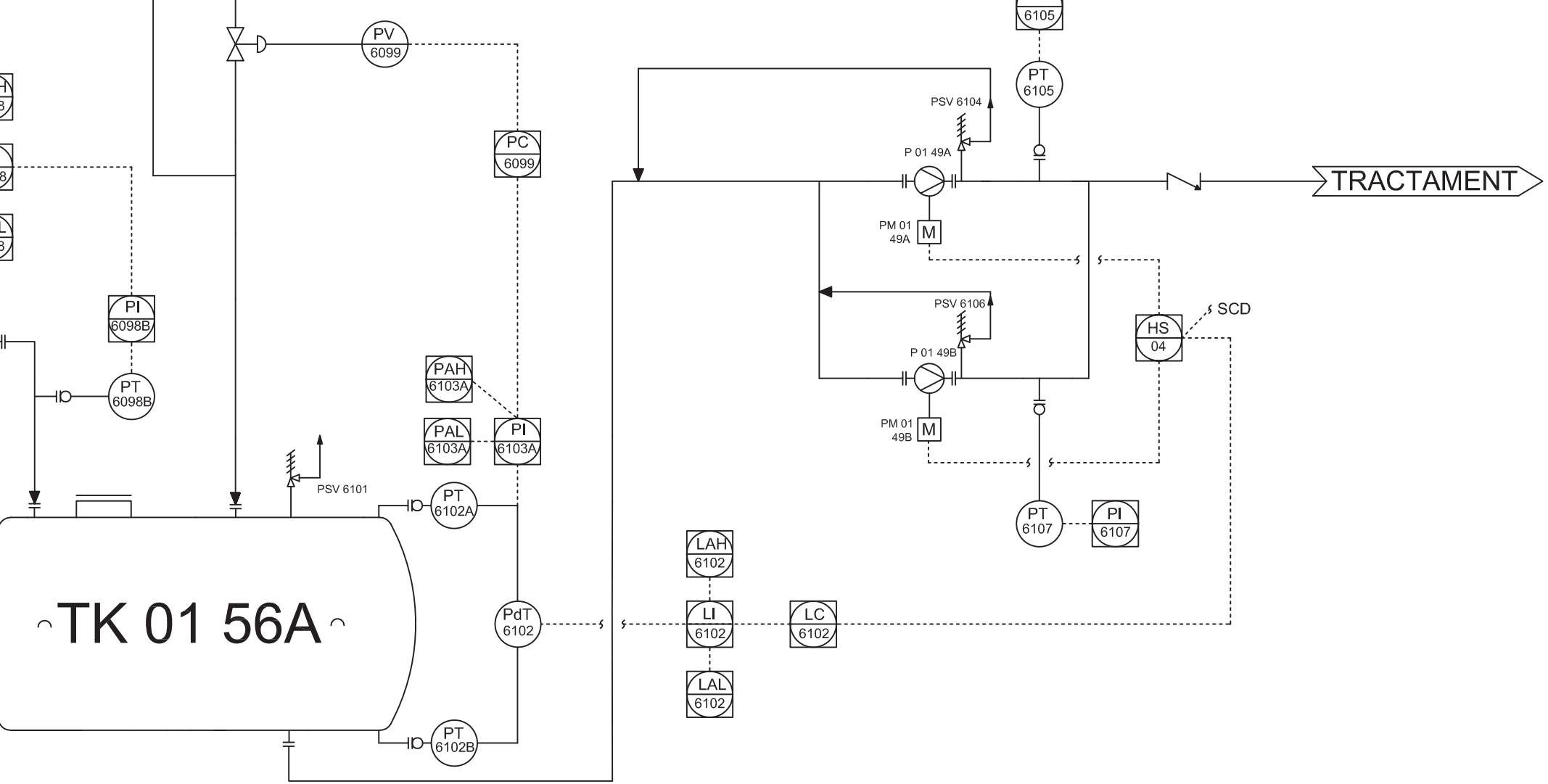
PFD

Sustitueix a

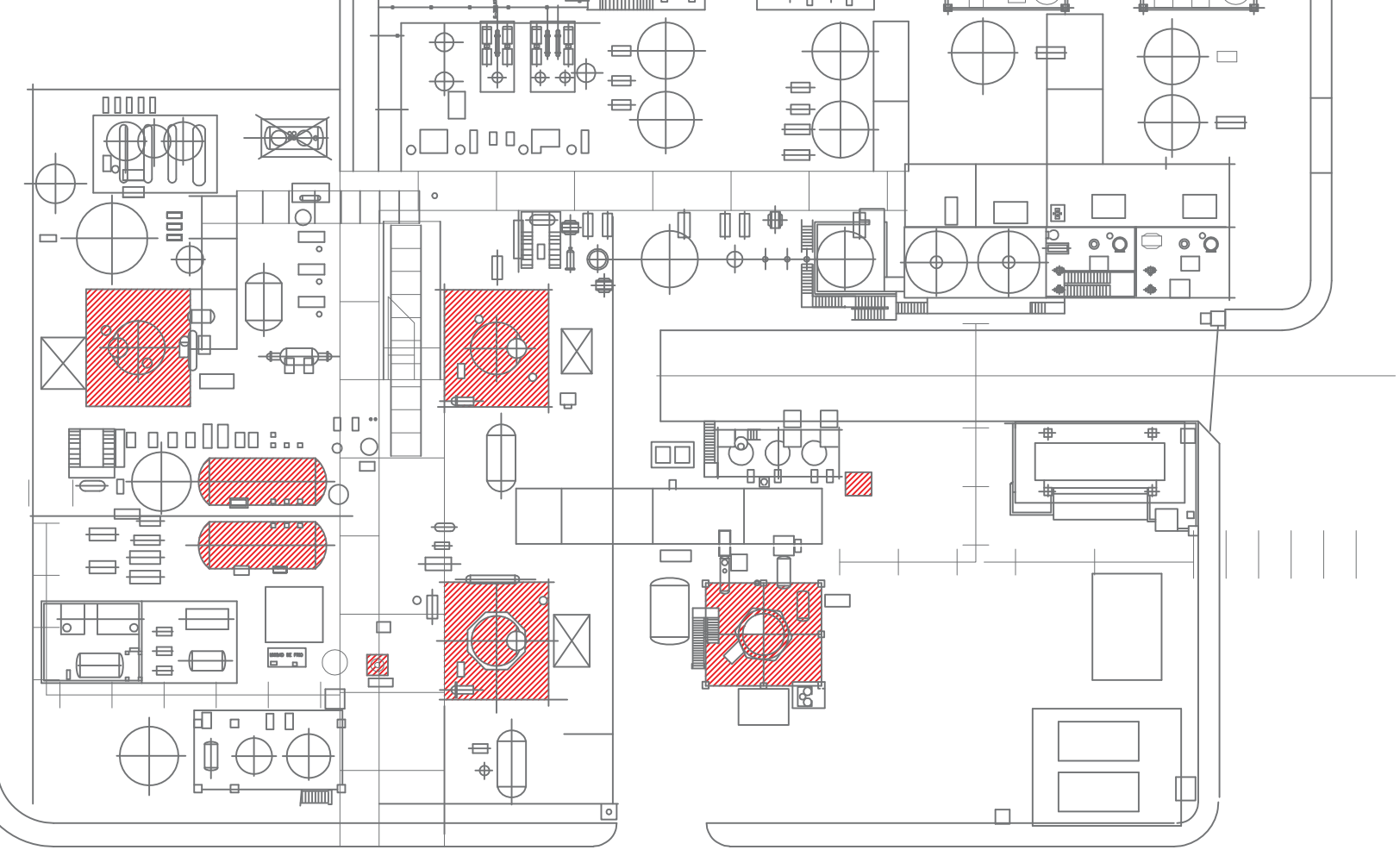
Sustituit per



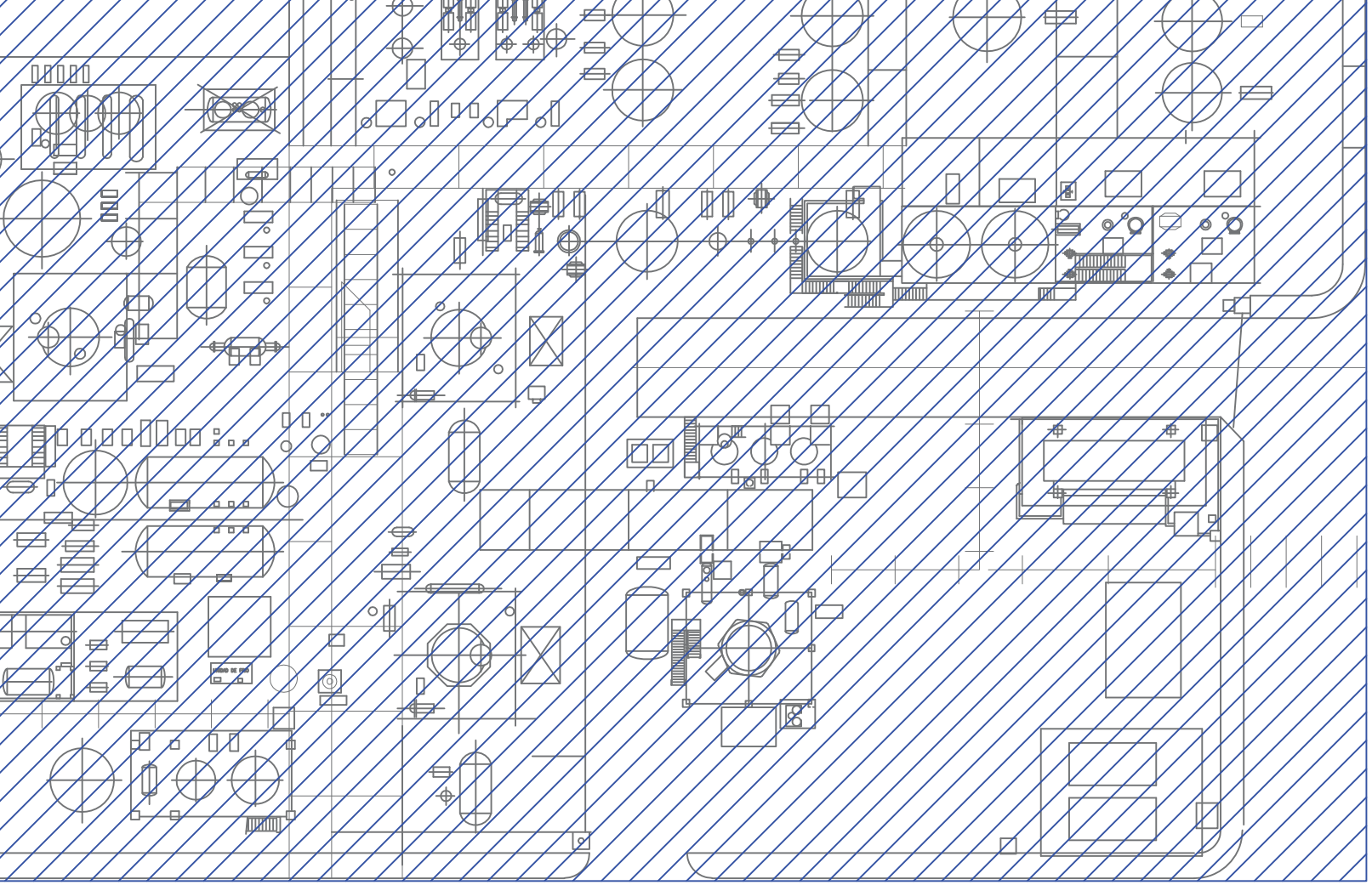
	Data	Nom		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI EXPRESSIO GRAFICA A L'ENGINYERIA
Dibuixat				
Comprovat				
S.normes				
Escala	P&ID TK 01 56A			Sustitueix a Sustituit per



	Data	Nom		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI EXPRESSIO GRAFICA A L'ENGINYERIA
Dibuixat				
Comprovat				
S.normes				
Escala	PCD TK 01 56A			Sustitueix a Sustituit per



	Data	Nom		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI ETSEQ
Dibuixat				
Comprovat				
S.normes				
Escala	PLOT PLAN			Sustitueix a Sustituit per



	Data	Nom		UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI ETSEQ
Dibuixat				
Comprovat				
S.normes				
Escala	Zones ATEX			Sustitueix a Sustituit per

4.2. Disseny bàsic

Aquest apartat es divideix en el disseny de les canonades del procés, de la instrumentació i dels equips. També s'hi troben la descripció funcional del projecte i la de la instal·lació.

4.2.1. Disseny de canonades

Es divideix en el disseny mecànic de les canonades i el llistat d'aquestes.

Dimensionament de canonades i accessoris

En el procés de descàrrega del reactor, la longitud de les canonades és de 30 m i s'hi troben 8 colzes.

Diàmetre i *rating*

A partir del balanç de matèria, i suposant una velocitat que varia entre 1.5 i 3 pels líquids i entre 15 i 30 pels gasos, s'ha obtingut el diàmetre intern necessari per cada canonada mitjançant la següent expressió:

$$Q = v \cdot A \qquad (4.2.1)$$

On:

Q: cabal en m^3/s.

v: velocitat en m/s.

A: secció de la canonada en m^2.

El diàmetre obtingut s'ha normalitzat seguint el codi ASME B-36-10.

Disseny mecànic de canonades i accessoris

Per tal d'obtenir el gruix s'ha utilitzat la següent equació basada en el codi ASME sec. 8 div. 1:

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot E - 0.2 \cdot P} + C \qquad (4.2.2)$$

On:

t: gruix en m.

P: pressió de disseny en Pa.

S: valor de l'esforç del material en Pa.

E: eficiència de la junta.

C: sobregruix per corrosió.

S'ha estimat un radiografiat parcial de la junta i, per tant, el valor de la E utilitzat és de 0.85. Pel que fa al sobregruix per corrosió, s'ha suposat de 3 mm. El gruix obtingut s'ha normalitzat seguint el codi ASME B-36-10.

Relació de canonades i accessoris

S'ha elaborat una relació de canonades i accessoris que conté informació variada, la qual es mostra a continuació.

Taula 4.2.1. Llistat de canonades.

Línia	Diàmetre (in)	Codi d'especificació	Des de	Fins a
387 PVC 01 4 01 A304	16	ANSI B 36.10	R 01 01A	102 MZ 01 4 03 A304
387 PVC 01 4 02 A304	16	ANSI B 36.10	102 MZ 01 4 03 A304	BDT
102 MZ 01 4 03 A304	4	ANSI B 36.10	381 PVC 01 4 02 A304	102 MZ 01 4 07 A304
102 MZ 01 4 04 A304	4	ANSI B 36.10	R 01 02A	102 MZ 01 4 07 A304
102 MZ 01 4 05 A304	4	ANSI B 36.10	R 01 03 A	102 MZ 01 4 07 A304
102 MZ 01 4 06 A304	4	ANSI B 36.10	R 01 04 A	102 MZ 01 4 07 A304
102 MZ 01 4 07 A304	4	ANSI B 36.10	102 MZ 01 4 06 A304	TK 01 56A
27 LIG 01 4 08 A53B	1	ANSI B 36.10	LIG	TK 01 56 A
27 LIG 01 4 09 A53B	1	ANSI B 36.10	27 LIG 01 4 08 A53B	27 LIG 01 4 08 A53B
53 MZ 01 4 10 A304	2	ANSI B 36.10	TK 01 56A	P 01 49A
53 MZ 01 4 11 A304	2	ANSI B 36.10	P 01 49A	53 MZ 01 4 10 A304
53 MZ 01 4 12 A304	2	ANSI B 36.10	P 01 49A	Tractament
53 MZ 01 4 13 A304	2	ANSI B 36.10	53 MZ 01 4 10 A304	P 01 49B
53 MZ 01 4 14 A304	2	ANSI B 36.10	PSV 6105	53 MZ 01 4 13 A304
53 MZ 01 4 15 A304	2	ANSI B 36.10	P 01 49B	53 MZ 01 4 12 A304

Taula 4.2.1. Llistat de canonades (cont.)

Línia	**Fluid**	**Fase**	**T normal operació (ºC)**	**P normal operació (bar_g)**	**T disseny (ºC)**	**P disseny (bar_g)**	**Pressió de prova (bar_g)**
387 PVC 01 4 01 A304	PVC	L	25	0.5	60	1.5	2.15
387 PVC 01 4 02 A304	PVC	L	25	0.5	60	1.5	2.15
102 MZ 01 4 03 A304	MZ	L	25	0.0	60	1.0	1.43
102 MZ 01 4 04 A304	MZ	L	25	0.0	60	1.0	1.43
102 MZ 01 4 05 A304	MZ	L	25	0.0	60	1.0	1.43
102 MZ 01 4 06 A304	MZ	L	25	0.0	60	1.0	1.43
102 MZ 01 4 07 A304	MZ	L	25	0.0	60	1.0	1.43
27 LIG 01 4 08 A53B	LIG	G	25	7.0	60	8.0	11.4
27 LIG 01 4 09 A53B	LIG	G	25	7.0	60	8.0	11.4
53 MZ 01 4 10 A304	MZ	L	25	0.0	60	1.0	1.43
53 MZ 01 4 11 A304	MZ	L	25	0.0	60	1.0	1.43
53 MZ 01 4 12 A304	MZ	L	25	8.0	60	9.0	12.9
53 MZ 01 4 13 A304	MZ	L	25	0.0	60	1.0	1.43
53 MZ 01 4 14 A304	MZ	L	25	0.0	60	1.0	1.43
53 MZ 01 4 15 A304	MZ	L	25	8.0	60	9.0	12.9

Taula 4.2.1. Llistat de canonades (cont.)

Línia	**D intern calculat (mm)**	**D intern norm. (mm)**	**Llargada (m)**	**Gruix calculat (mm)**	**Gruix norm. (mm)**	***Schedule***	**T mínima disseny (ºC)**
387 PVC 01 4 01 A304	387	-	10	3.12	9.52	30	-5
387 PVC 01 4 02 A304	387	-	40	3.12	9.52	30	-5
102 MZ 01 4 03 A304	37.1	52.5	30	3.03	6.02	40	-5
102 MZ 01 4 04 A304	37.1	52.5	30	3.03	6.02	40	-5
102 MZ 01 4 05 A304	37.1	52.5	15	3.03	6.02	40	-5
102 MZ 01 4 06 A304	37.1	52.5	30	3.03	6.02	40	-5
102 MZ 01 4 07 A304	37.1	52.5	10	3.03	6.02	40	-5
27 LIG 01 4 08 A53B	37.1	52.5	5	3.18	3.38	40	-5
27 LIG 01 4 09 A53B	37.1	52.5	3	3.18	3.38	40	-5
53 MZ 01 4 10 A304	37.1	52.5	5	3.01	3.91	40	-5
53 MZ 01 4 11 A304	37.1	52.5	2	3.01	3.91	40	-5
53 MZ 01 4 12 A304	37.1	52.5	5	3.01	3.91	40	-5
53 MZ 01 4 13 A304	37.1	52.5	2	3.06	3.91	40	-5
53 MZ 01 4 14 A304	37.1	52.5	2	3.06	3.91	40	-5
53 MZ 01 4 15 A304	37.1	52.5	2	3.06	3.91	40	-5

4.2.2. Disseny de la instrumentació i control

Caracterització de les estratègies de control

S'han establert una sèrie de llaços de control per tal d'automatitzar el funcionament de la planta i tenir un màxim control d'aquesta. El disseny d'un adequat sistema de control és molt important per tal d'agilitzar els diferents processos que s'efectuen i no afectar negativament a la producció.

Vàlvules de control

Les vàlvules de control han estat dissenyades utilitzant el tipus de llaç de control més idoni en cada un dels diferents casos. Tot seguit s'explica quin tipus de control s'ha escollit en cada vàlvula de control del procés.

S'ha instal·lat una alarma de posició (ZAL) en cada vàlvula de control per tal de conèixer, mitjançant una senyal al panell de control, si la vàlvula corresponent es troba totalment tancada. Les vàlvules de tipus tot o res disposen de dues l'alarmes ZAL i ZAH les quals indiquen si aquestes es troben totalment obertes o tancades.

Control del sistema de *blanketing* del tanc TK 01 56A

La vàlvula PV 6099 és l'encarregada de controlar l'entrada de nitrogen al tanc TK 01 56A. En funció de la pressió a l'interior del tanc indicada pel PI 6102A obre o tanca per tal de mantenir la pressió d'1 bar dins del tanc. Si la pressió del tanc disminueix per sota del *set point* establert la vàlvula obrirà, i si augmenta la vàlvula tancarà (acció inversa) Es tracta d'un control proporcional (P).

Control del sistema de buidatge del tanc TK 01 56A

El nivell del tanc ve donat pel diferencial de pressió PdT 6102. Aquesta senyal s'envia al sistema de control. Quan el nivell de líquid dins del tanc arriba al 80% de la seva capacitat, s'acciona la bomba P 01 49A/B i es procedeix al buidatge d'aquest (acció inversa). Es tractarà d'un control proporcional (P).

Disseny de la instrumentació i control

El control establert a la planta és de tipus distribuït. El control distribuït (DCS, *Distributed Control System*) acaba imposant-se a causa del concepte d'ordinador de control, en el qual una sola CPU realitza totes les funcions de control, des del condicionament de senyals d'entrada fins a la gestió de visualització de sinòptics i emissió d'informes.

En realitat es tracta d'un sistema de responsabilitat distribuïda, ja que assigna tasques concretes a CPU's diferents:

1. S'encarreguen de la interfase amb els operadors (CPU's de consola).
2. Processen entrades i sortides analògiques.
3. Atenen als senyals discrets.
4. Gestionen comunicacions entre les diferents CPU's.

La fiabilitat de funcionament s'obté redundant els diferents elements. Amb el temps, s'unifiquen els elements que suporten el control analògic i discret, i els controladors resultants van sent capaços de suportar més i més llaços.

Els sistemes de control distribuït estan formats per una sèrie de mòduls de control, controladors, consoles, etc. cadascun dels quals es fixa en una secció o una altra del procés. El conjunt és operable mitjançant comunicacions internes.

<u>Funcions de control del DCS</u>

- Control digital

Mostra els senyals a freqüències adequades, digitalitzant el seu valor i realitzant mitjançant un microprocessador els càlculs matemàtics derivats de la funció de transferència del llaç en qüestió. La versatilitat del sistema permet implementar altres algorismes de control més sofisticats (o més senzills) que el típic PID.

- Control seqüencial

Registre en una memòria digital, i execució per un microprocessador, de seqüències d'operacions Tot/Res tals com a ordres Obre/Tanca, Parada/Arrencada de motors, etc. És a dir, es tracta d'un control Tot/Res digitalitzat. Típic d'autòmats programables (PLC'S), encara que la frontera entre PLC'S, control computeritzat i control distribuït es fa dia a dia més difusa.

- Control computeritzat

Nivell superior en l'evolució dels altres dos. Un ordinador (microprocessador + memòries RAM/ ROM /magnètica + interfases I/S) realitza simultàniament i de manera transparent per a l'operador diversos models de control digital i seqüencial, digitalitzant senyals contínues o discretes externes, emulant diversos controladors analògics i diversos controladors discrets o PLC'S.

Classes de control

Tota la informació i accions de control, a més dels seus corresponents tractaments es poden agrupar en dues classes de control:

- Control de la producció

Fa referència a la informació i les accions necessàries per l'assegurar les operacions habituals de producció. Es poden englobar en aquest grup els llaços de control, els enclavaments de procés (per exemple aturada d'una bomba per baix nivell d'un tanc) i la unitat de supervisió (gràfics, seqüències d'operació, etc.)

- Funcions de seguretat

Són accions de seguretat que han de ser preses per un sistema independent del DCS. Aquest nivell de control ha de contenir la informació i accions necessàries per realitzar un atur (*Shut Down*) de la unitat de manera segura en cas d'emergència, bé sigui provocat per l'operador o per un enclavament de seguretat (per exemple l'aturada de la bomba per baix nivell del tanc).

Relació d'instruments de control

Taula 4.2.2. Característiques de les vàlvules manuals i de control

	Nomenclatura vàlvules	
	Tipus de vàlvula	**Tipus de connexió**
B	Bola	Bridada
G	Globus	-

Taula 4.2.3. Identificació de les vàlvules de control.

TAG	Descripció	Nom línia	Estat	Tipus senyal	Tipus	Posició seguretat
PV6099	Vàlvula de control	27 LIG 01 4 08 A304	Tancada	AO	Globus	FC

Taula 4.2.4. Identificació de les vàlvules Tot o Res.

TAG	Descripció	Nom línia	Estat	Tipus senyal	Tipus	Posició seguretat
CV 6092	Vàlvula Tot o Res	387 PVC 01 4 01 A304	Tancada	DO	Bola	FC
CV 6093	Vàlvula Tot o Res	387 PVC 01 4 02 A304	Tancada	DO	Bola	FC
CV 6094	Vàlvula Tot o Res	102 MZ 01 4 03 A304	Tancada	DO	Bola	FC
CV 6095	Vàlvula Tot o Res	102 MZ 01 4 04 A304	Tancada	DO	Bola	FC
CV 6096	Vàlvula Tot o Res	102 MZ 01 4 05 A304	Tancada	DO	Bola	FC
CV 6097	Vàlvula Tot o Res	102 MZ 01 4 06 A304	Tancada	DO	Bola	FC

Taula 4.2.5. Identificació dels instruments.

TAG	Descripció	Nom línia	Tipus	Tipus de senyal
PT 6098A	Transmissor de pressió	102 MZ 01 4 03 A304	*Bourdon*	AI
PT 6098B	Transmissor de pressió	102 MZ 01 4 07 A304	*Bourdon*	AI
PT 6102 A	Transmissor de pressió	TK 01 56 A	*Bourdon*	AI
PT 6102 B	Transmissor de pressió	TK 01 56 A	*Bourdon*	AI
PT 6104	Transmissor de pressió	53 MZ 01 4 12 A304	*Bourdon*	AI
PT 6106	Transmissor de pressió	53 MZ 01 4 15 A304	*Bourdon*	AI

4.2.3. Disseny d'equips

Tancs

Els tancs s'han dissenyat seguint el codi ASME (ref. 4), tant a pressió interna com a pressió externa, per suportar el buit. S'ha decidit utilitzar tancs cilíndrics amb caps torisfèrics ja que suporten adequadament la pressió i el cost del material és inferior al dels caps cilíndrics (menys volum de material).

A continuació es mostren les equacions utilitzades per tal de calcular el gruix necessari a pressió interna.

En el cas que L/r sigui 16.67 les expressions corresponen a les següents:

$$t = \frac{0.885 \cdot P \cdot L}{S \cdot E - 0.1 \cdot P} \qquad (4.2.3)$$

$$P = \frac{S \cdot E \cdot t}{0.885 \cdot L + 0.1 \cdot t} \qquad (4.2.4)$$

En canvi, quan L/r és inferior a 16.67 cal emprar les següents les expressions:

$$t = \frac{P \cdot L \cdot M}{2 \cdot S \cdot E - 0.2 \cdot P} \qquad (4.2.5)$$

$$P = \frac{2 \cdot S \cdot E \cdot t}{L \cdot M + 0.2 \cdot t} \qquad (4.2.6)$$

On:

t: gruix en m.

P: pressió en Pa.

L: radi intern en m.

S: tensió admissible Pa.

E: eficiència de les juntes en %.

M: mitjançant gràfiques, a partir de L/r s'obté el factor M.

Cal dir que al gruix calculat s'ha de tenir en compte la corrosió admissible, que s'ha establert de 3 mm. Per conèixer si el gruix obtingut suporta el buit, cal comprovar que és més elevat que els següents:

- El gruix obtingut utilitzant les formules anteriors per a pressió interna, amb una pressió de disseny d'1.67 vegades la pressió externa i amb una eficiència de juntes igual a 1.
- El gruix s'ha calculat utilitzant l'equació següent:

$$P_a = \frac{B}{\frac{R_o}{t}} \qquad (4.2.7)$$

On:

Pa: pressió màxima de treball permesa en Pa.

R_o: radi exterior del cap torisfèric en m.

B: mitjançant gràfiques, a partir de L/D_o s'obté el factor A i a partir d'aquest, el factor B.

Per tal que el cost del material sigui el mínim, s'ha realitzat una optimització del tanc per tal de minimitzar el volum d'acer. Suposant un radiografiat parcial, amb una E igual a 0.85 (85%), els valors obtinguts són els següents:

Taula 4.2.6. Volum, gruix i pressió del tanc.

Tanc	**Volum (m^3)**	**Gruix cilindre (mm)**	**Gruix caps (mm)**	**P disseny (Pa)**
TK 01 56A	10.00	5.40	7.22	266133

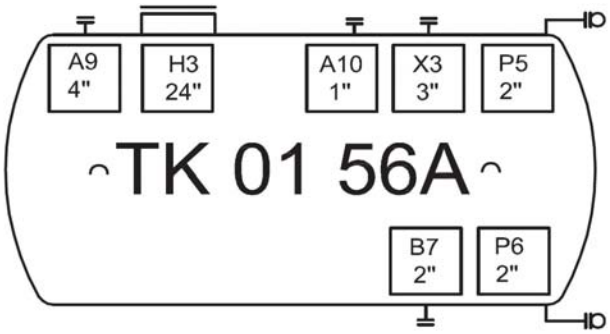
A continuació es mostra la fulla d'especificació on es poden observar totes les característiques al detall.

1	GENERAL	Item:	TK 01 56A	
2		Service:	MZ	
3		Type of roof:	FIXE	
4		Capacity	10 m3	
5	OPERAT. COND.	Operating Pressure	2.71	kg/cm2 g
6		Operating Temperature	25	ºC
7		Liquid Density	1000	kg/m^3
8		Inlet flow	24.6	m3/h
9		Outlet flow	8	m3/h
10	DESIGN DATA	Design Pressure (eff.)	3.74	kg/cm2 g
11		Vacuum (abs.)	-1.00	bar
12		Design Temperature	60	ºC
13		Corr. Allow.	3	mm
14		Courses:		Nº
15		Joint Eff.		
16		Code:	API620	
17		Radiograph:	85	%
18		Stress Relieve:	Yes Parts:	X No
19		Insulation:	Yes Thickness (mm.):	X No
20		Fireproofing:	Yes	X No
21		Sandblast:	Yes Grade:	X No
22		Paint:	Yes Parts:	X No
23		Wt. Empty:	515.5	kg
24		Wt. Full of product:	8515.5	kg
25		Wt. Full of water:	8515.5	kg
26		Hidrostatic Test (eff.)		kg/cm2 g
27	MATERIALS		Thickness (mm.)	Mat´l Class
28		Perimetral ring		
29		Shell course		
30		8		
31		7		
32		6		
33		5		
34		4		
35		3		
36		2		
37		1		
38		Roof		
39		Bottom		

		Service	Mark	No.	Dia.	Rating
40	NOZZLES					
41		Entrada MZ descàrrega	A	9	4"	
42		Entrada N_2	A	10	1"	
43		Sortida cap a tractament	B	7	2"	
43		Boca d'home	H	3	24"	
45		Transmissió de pressió	P	5	2"	
46		Transmissió de pressió	P	6	2"	
47		PSV	X	3	3"	

NOTES:

REV.	DATE	PREP.	APPR.
0			



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

Bombes

Pèrdues per fricció

En primer lloc s'han calculat les pèrdues per fricció en les canonades per a poder conèixer, posteriorment, la pressió d'impulsió necessària de la bomba. Primer, s'ha obtingut el nombre de *Reynolds* mitjançant l'expressió següent:

$$Re=\frac{\rho\cdot v\cdot D}{\mu} \tag{4.2.8}$$

On:

Re: número de *Reynolds*.

ρ: densitat en kg/m^3.

v: velocitat en m/s.

D: diàmetre en m.

μ: viscositat en Pa·s.

A continuació, utilitzant una rugositat de 46 μm per a l'acer AISI 316, s'ha calculat el factor de fricció a partir de l'equació de *Swanee* i *Jain*:

$$f=\frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{\varepsilon}{D}\cdot\frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^2} \tag{4.2.9}$$

On:

f: factor de fricció.

ε: rugositat en m.

Finalment, s'obtenen les pèrdues d'energia per fricció mitjançant l'expressió que es mostra a continuació:

$$h_f=f\cdot\frac{L}{D}\cdot\frac{v^2}{2\cdot g} \tag{4.2.10}$$

On:

hf: pèrdues d'energia per fricció en m.

g: acceleració de la gravetat en m/s^2.

Pèrdues menors

Per tal de conèixer les pèrdues ocasionades pels accessoris instal·lats en el sistema, s'han calculat mitjançant el coeficient de pèrdua corresponent a cada accessori i l'equació següent:

$$h_L=K_L \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} \qquad (4.2.11)$$

On:

h_L: pèrdues menors en m.

K_L: coeficient de pèrdua.

Alçada de la bomba

A partir de la pressió desitjada i les pèrdues de càrrega calculades anteriorment s'obté l'alçada de bomba necessària:

$$H=\frac{p_2-p_1}{\rho \cdot g}+\frac{1}{2 \cdot g} \cdot \left(v_2^2-v_1^2\right)+(z_2-z_1)+h_f+h_L \qquad (4.2.12)$$

On:

H: alçada de la bomba en m.

p_i: pressió en Pa.

z_i: alçada en m.

A partir de l'alçada desitjada i el cabal que hi circula, s'ha seleccionat la bomba més adequada. A continuació es mostra la fulla d'especificació de la bomba (ref. 5)

PUMP CALCULATION SUMMARY SHEET

1	Nº OF PUMPS	RUN:	SPARE:
2	SERVICE		
3	Item No	P 0149 A/B	
4			
5	FLUID PUMPED	Water	
6	OPER.TEMP	25	ºC
7	DENSITY	997	kg/m3
8	VISCOSITY	0.98	cP
9	VAPOR PRESS.	0.36	bar
10	NORM.CAPACITY	8	m3/h
11	MAX.CAPACITY	10	m3/h
12			
13	**SUCTION CONDITIONS**		
14	TOTAL SUCT.PR.,		kg/cm^2g
15	NPSH (m.w.c.)	4.1	m
16			
17	**DISCHARGE CONDITIONS**		
18	LIQUID HEAD		kg/cm^2g
19	TOTAL DISCH.PR,	47.07	kg/cm^2g
20	DIFF.PRESSURE		kg/cm^2
21	DIFF.HEAD (m.w.c.)		m
22	**PUMP REQUIREMENTS**		
23	TYPE PUMP	SDflow-S	
24	ESTIMATED EFF.		%
25	ESTIMATED Rot.freq.	52	s-1
26	ESTIMATED Power		kW
27	TYPE DRIVER		
28	STEAM (abs.)	kg/cm^2g	ºC
29	ELECTRICITY	V: PH:	Hz
30			
31			
32	**PUMP MATERIALS**		
33	CASE		
34	IMPELLER		
35	SHAFT		
36	SHAFT SLEEVE		
37	SEAL/PACKING		
38	PISTON		
39			

40	Nozzles	Mark	Nº	Dia. (mm)	Rating
41	Suction			160	
42	Discharge			35	
43					
44					
45	0				
46	REV.	*DATE*	*PREP.*	*APPR.*	
47					

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

Disseny de les vàlvules de control

Per tal de dissenyar les vàlvules de control s'ha calculat el valor del coeficient de cabal, K_V, mitjançant la següent expressió:

$$K_V = Q \cdot \sqrt{\frac{SG}{\Delta P}} \qquad (4.2.24)$$

On:

Q: cabal en m^3/h.

SG: gravetat específica (1 per l'aigua)

ΔP: pèrdua de càrrega en bar.

Per tal d'obtenir el coeficient de cabal C_V, s'ha utilitzat la següent relació:

$$C_V = K_V \cdot 1.156 \qquad (4.2.25)$$

A continuació es mostra la fulla d'especificació de la vàlvula de control estudiada.

PROJECTE		ESPECIFICACIÓN	Nº	
			FULLA Nº	
EMPRESA		**Válvula de Control**	DATA	
FÀBRICA			PREPARAT	
PLANTA		**EMPRESA**	REVISAT	
			APROVAT	

ITEM				
REFERÈNCIA P&ID			4	
SERVEI			Alimentació nitrogen	
DIÀMETRE LÍNIA		inch	1,00	
FASE			Vapor	
VAPORITZACIÓ A LA VÀLVULA		(SI/NO)	No	
CABAL	NORMAL	kg/h	9,17	
CABAL	MÍNIM/MÀXIMO	kg/h	0,00 / 9,17	
PÈRDUA CÀRREGA NORMAL		kg/cm2	0,00140	
PÈRDUA CÀRREGA MÍNIMA/MÀXIMA		kg/cm2	0,00 / 0,0997	
PRESSIÓ ENTRADA		kg/cm2g	9,18	
TEMPERATURA ENTRADA		ºC	Ambient	
Fase GAS				
DENSITAT		kg/m3	10,36	
VISCOSITAT		cP	0,0177	
PES MOLECULAR			28,01	
RELACIÓ CP/CV			1,41	
FACTOR COMPRESSIBILITAT Z			0,995	
Fase LÍQUIDA				
DENSITAT		kg/m3		
VISCOSITAT		cP		
PRESSIÓ VAPOR		kg/cm2a		
VÁLVULA				
Cv CALCULAT			2,82	
Cv INSTAL·LAT				
ESTANQUEÏTAT REQUERIDA				
ACCIÓ A FALLADA D'AIRE			Tanca	

Notes

4.3. Descripcions

A continuació es troba la descripció funcional del projecte juntament amb la descripció de la instal·lació.

4.3.1. Descripció funcional del projecte

El procés de descàrrega s'inicia amb la sortida de l'antiincrustant junt amb el vapor condensat i els residus per la canonada 381 PVC 01 4 01 A304 gràcies a la pròpia pressió del reactor. Arriba a una bifurcació per anar cap al BDT o bé, al tanc de descàrrega TK 01 56A. En aquest cas la vàlvula de bola que es dirigeix al tanc està oberta i el cabal de descàrrega circula per la canonada 102 MZ 01 4 03 A304. Abans d'arribar al tanc soterrat, el fluid arriba al filtre on els residus sòlids queden retinguts a la malla i la part líquida segueix circulant per la canonada 102 MZ 01 4 07 A304 fins arribar al tanc TK 01 56A. El filtre seleccionat ha estat un *Basket Strainer*. Aquests tipus de filtres compten amb una pantalla interna en forma de cistella, amb una ansa d'elevació, de manera que totes les partícules sòlides retingudes per la pantalla es poden extraure fàcilment per eliminar-les.

S'ha de realitzar una neteja del filtre freqüentment. És per això que el filtre compta amb dos indicadors de pressió a la entrada i la sortida per revisar que no hi ha cap caiguda de pressió, el que indicaria un embós en aquest. També consta d'una purga manual a l'orifici de drenatge per facilitar la neteja interna i dues vàlvules manuals que permeten l'extracció d'aquest de la canonada en cas de que hi hagi una averia.

Per últim, s'ha de procedir a buidar el tanc TK 01 56A. La bomba de desplaçament positiu P 01 49A, aspira el líquid del tanc per la canonada 52 MZ 01 4 10 A304 fins arribar i ser impulsada cap a la canonada 52 MZ 01 4 12 A fins al tractament.

4.3.2. Descripció de la instal·lació

La instal·lació a estudiar consta de la sortida del reactor, la qual està formada per un tanc d'emmagatzematge TK 01 56A de 10 m^3. Es tracta d'un tanc a pressió de 266133 Pa, cilíndric horitzontal, amb caps torisfèrics, fet d'acer inoxidable AISI 304 amb un gruix de 5.4

mm per la part cilíndrica i 7.2 mm pels caps, aixecat 1 m de terra. En aquest dipòsit entrarà una barreja dels elements de la neteja del reactor per la part superior mitjançant la pròpia pressió del reactor. Aquest tanc disposarà d'un sistema de seguretat (PSV-6101). La descàrrega del tanc, per la part inferior, ve donada per la bomba de desplaçament positiu P 01 50A, la qual impulsa un cabal de 8 m^3/h cap al tractament de residus.

5. SEGURETAT EN EL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS

Aquest apartat es troba dividit en dues parts, la seguretat en el procés i la seguretat laboral.

5.1. Seguretat de processos

S'ha realitzat un estudi de les variables de control que influeixen en el procés, tals com temperatura, pressió, cabal i nivell, per tal de tenir un màxim coneixement i control d'aquests. Tot seguit es mostra una explicació de com es controlen les variables estudiades.

5.1.1. Anàlisi de risc preliminar. Estudi HAZOP

Una eina imprescindible a l'hora de caracteritzar les estratègies de control del procés ha estat l'estudi del HAZOP (ref. 6).

L'objectiu del HAZOP és trobar els punts més perillosos del procés per poder intervenir d'una manera ràpida i segura. Aquest s'ha realitzat tenint com a referència el diagrama de canonades i instrumentació (P&ID) i a partir del qual s'han pogut dissenyar els diagrames de control.

Es basa en un mètode d'anàlisi que utilitza una paraula guia (més, menys, no, etc.) i les seves possibles combinacions amb les diferents desviacions, que seran les variables del procés tals com temperatura, pressió, nivell, etc., per tal de poder veure els possibles escenaris problemàtics de la planta.

A continuació es mostra l'estudi HAZOP realitzat.

Nus	Paraula guia	Desviació	Possibles causes	Conseqüències	Resposta del sistema	Accions a emprendre
1	Més	Més nivell a TK 01 56A	Fallada P 01 49A/B	Trencament catastròfic de TK 01 56A per sobreompliment amb possibilitat de fuga d'inflamables i tòxics	Salta l'alarma d'alt nivell LAH/6102	Accionar la P 01 49A/B
1		Més pressió a TK 01 56A	Foc extern	Ruptura catastròfica de TK 01 56A amb possibilitat de fuga d'inflamables i tòxics	Salta l'alarma d'alta pressió PAH/6103A	-
					S'obre la vàlvula de seguretat PSV 6101	-
			La vàlvula de nitrogen PV 6099 queda oberta	Ruptura catastròfica de TK 01 56A per sobrepressió	Salta l'alarma d'alta pressió PAH/6103A	-
					S'obre la vàlvula de seguretat PSV 6101	-
1		Més temperatura a TK 01 56A	Foc extern	Sobreescalfament de TK 01 56A i augment de la pressió amb possibilitat de fuga d'inflamables i tòxics	Salta l'alarma d'alta pressió PAH/6103A	-
					S'obre la vàlvula de seguretat PSV 6101	-
1	Menys	Menys pressió a TK 01 56 A	La vàlvula de nitrogen PV 6099 queda tancada	Trencament catastròfic de TK 01 56A per buit amb possibilitat de fuga d'inflamables i tòxics	Indicador de pressió PI 6103A fa saltar l'alarma de PAL/6103A	-
2	Més	Més pressió impulsió bomba	Problema línia tractament	Trencament tram d'impulsió. Possibilitat de fuga d'inflamables i tòxics	S'obre la vàlvula de seguretat PSV 6104	-

5.1.2. Zones ATEX (Atmosfera Explosiva)

Tota la planta, a excepció de la part d'assecatge de PVC, és classificada com a zona 2 ja que l'atmosfera explosiva és una mescla consistent de substàncies perilloses en forma de gas, vapor o boira que no succeeixen normalment però en cas que succeís es presentaria durant un període curt de temps.

La zona d'assecatge de PVC és considerada zona sense risc ja que no s'espera la formació d'atmosfera explosiva.

Veure a l'apartat 4 el diagrama de les zones ATEX.

5.1.3. Protecció d'equips a sobrepressions

S'estudia el disseny de la vàlvula de seguretat PSV per al tanc TK 01 56A i la instal·lada a la impulsió de la bomba de desplaçament positiu P 01 49A.

A l'apartat de l'annex A.2 es troben els càlculs realitzats pels dissenys de les vàlvules de seguretat PSV. A la taula 5.1.1 es troben els resultats obtinguts.

Taula 5.1.1. Resultats del dimensionament dels equips de protecció.

Vàlvula (PSV)	**Equip a protegir**	**Àrea orifici (cm^2)**	**Cabal de descàrrega (kg/h)**	**Tipus de vàlvula (model 3-5211)**	**Pressió de tret (bar_g)**
6102	TK 01 56A	5.06	24550	1 ½" H 3"	1.54
6104	P 01 49A	0.71	8000	1" D 2"	6.68

S'ha seleccionat d'un catàleg (ref. 7) la PSV que més s'ajusta a les condicions mitjançant l'àrea d'orifici i el cabal de descàrrega. A continuació es presenten les fitxes d'especificació.

NORMAL SYSTEM PRESS., KG/CM2			1,033
NORMAL SYSTEM TEMP., ºC			25
GOVERNING UPSET CONDITION			
ACCUMULATION, PERCENT			25
VALVE SIZING CONDITIONS: FLOWING FLUID			
FLOW QUANTITY, M3/H			24,552
FLOW TEMP., ºC			25
FLOW VISCOSITY, cSt			0,89
SET PRESSURE, KG/CM2 G			1,54
BACK PRESS., KG/CM2 G			2,170
REQ'D ORIFICE AREA, CM2			4

MADE BY: DATE: APP. BY: DATE:

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

MADE BY: DATE: APP. BY: DATE:

REMARKS: FIGURE

Modelos • *Models* 3-5211 / 3-5261

Válvulas de Seguridad y Alivio de tipo convencional o equilibrado, con asiento completo, según normas ASME-API para plantas petroquímicas. Amplia gama de presiones, temperaturas y materiales.

Safety and Relief Valves of conventional or balanced type, with complete nozzle, as per ASME-API standards for petrochemical plants. Wide range of pressures, temperatures and materials.

5.2. Seguretat laboral

A l'hora de garantir la màxima seguretat laboral dels treballadors s'hauran d'establir un conjunt de normes, regles i procediments de treball en les instal·lacions.

En aquest àmbit, els plans d'autoprotecció, desenvolupen l'organització i els mitjans necessaris per a lluitar contra els successos que puguin suposar una situació de risc a la vida, el medi ambient i a la propietat.

A continuació s'analitzen els aspectes bàsics que ha de contenir el Pla d'Autoprotecció.

5.2.1. Avaluació de riscos laborals i equips de protecció personal

Primer de tot cal realitzar un estudi dels perills que tinguin relació amb les tasques que executen els operaris a la planta, així com els factors que poden influenciar a la seguretat de dites tasques.

L'objectiu d'aquesta avaluació serà identificar els perills derivats de les condicions de treball per a:

- Identificar i eliminar els factors de risc que es puguin suprimir fàcilment.
- Avaluar els riscos que no es podran eliminar fàcilment.
- Planificar les mesures correctores.

S'identificaran els perills en àrees de treball i en equips, així com es revisaran els procediments de treball, es realitzaran cursos formatius per treballadors i s'eliminaran errors de procés en l'execució d'una activitat concreta.

S'hauran de considerar un seguit de substàncies a l'hora de realitzar l'anàlisi de risc, que seran:

- Inflamables:
  - Clorur de Vinil Monòmer (VCM).
- Líquids molt inflamables:
  - Solucions orgàniques d'alcohol polivinílic (agent de suspensió).

Els equips de protecció individual (EPIs) són:

- Roba resistent i ignifuga.
- Calçat de seguretat.
- Guants impermeables.
- Casc.
- Ulleres de seguretat.
- Orelleres acoblades al casc (en llocs on estigui indicat).

5.2.2. Incidents i accidents

La finalitat de la investigació d'accidents de treball és descobrir tots els factors que intervenen en la gènesi d'aquests, buscant les causes i no els culpables. És per això que l'objectiu de la investigació ha de ser neutralitzar el risc des de la font d'origen, evitant assumir les conseqüències com a quelcom evitable.

Els objectius de la investigació d'accidents són de dos tipus:

- Directes:
  - Conèixer els fets succeïts
  - Deduir les causes que els han produït.
- Preventius:
  - Eliminar les causes per a evitar casos similars.
  - Aprofitar l'experiència per a la prevenció.

La investigació d'accidents serveix per orientar accions preventives. La formació per a la investigació de les causes dels accidents de treball promou la cultura de prevenció: serveix per eradicar el concepte d'acte insegur com a causa determinant dels accidents.

S'investigaran els incidents o accidents que:

- Representin mort o lesions de gravetat.

- Els que provoquin lesions menors, però reiterativament, ja que indicaran situacions de treball perilloses que s'han de canviar i corregir abans que representin un accident més greu.
- Aquells accidents que es considerin necessaris d'investigar per l'empresa o l'Administració ja que s'identifiquen com a especials.

La metodologia d'investigació serà un Arbre de causes, on es determinaran els orígens dels accidents per tal de eradicar-los o, almenys, tenir-los controlats. També es determinaran les causes de tipus organitzatiu, les quals normalment es trobaran a l'origen del problema. Es partirà d'una situació de dany.

Per a la confecció de l'Arbre es diferenciaran dues fases:

1. Presa de dades: conèixer què ha passat. S'haurà de buscar la major part de la informació al lloc de l'accident, amb les declaracions dels testimonis, a la reconstrucció de l'accident, etc.
2. Investigació de l'accident: connectar totes les informacions. Per a la construcció de l'Arbre es partirà de l'últim succés: dany o lesió, i es delimitaran els antecedents immediats. Posteriorment s'anirà confeccionant l'Arbre remuntant sistemàticament de fet en fet. S'haurà d'anar investigant i contestant a la pregunta "Què va ocórrer per a que aquest fet es produís?". D'aquesta manera es podran identificar els problemes més de fons fins arribar a l'origen i condicions en les que va passar el problema.

Finalment es finalitzarà l'estudi amb un pla de treball (el qual inclourà dates, accions concretes, objectius i responsables). És molt important portar un seguiment d'aquest pla de treball, per garantir el seu compliment i eficàcia. S'incorporaran també un seguit de mesures correctores al pla de prevenció de l'empresa.

5.2.3. Formació en seguretat

La formació en seguretat als treballadors contempla la identificació de riscos a la instal·lació per tal de fer una consideració. Sempre adequat al seu lloc de treball.

Els nouvinguts tindran primerament una sessió de seguretat facilitada per l'Enginyer de Seguretat de l'empresa, el qual haurà d'ensenyar els trets bàsics i importants, així com una ruta per la planta on clarificarà on es trobarien els punt estratègics importants, com els punts de control, rentat d'ulls i dutxes, etc. Posteriorment hauran de realitzar una sèrie de cursos, adequats al seu respectiu lloc de treball, on es mostraran diferents punts com riscos del lloc de treball. Un cop finalitzat el curs es realitzarà un test individual per comprovar que l'individu ha prestat atenció.

Un cop cada dos mesos es farà una reunió de seguretat, on els responsables faran balanç i exposaran els incidents ocorreguts, així com nous perills i millores. Es proposarà també *feedback* per part dels operaris, que són realment els que poden veure amb més facilitat les fonts de perill.

Es realitzarà també una reunió anual, dirigida pel responsable de seguretat als treballadors usuals, on s'explicaran i identificaran diferents casos reals per exemplificar els riscos. Una manera molt il·lustrativa serà reproduint vídeos d'accidents reals a plantes.

6. MEDI AMBIENT AL DISSENY DE LES INSTAL·LACIONS

A continuació es detallen les emissions tant de tipus atmosfèric com líquides i sòlides que comporta la planta de PVC. També s'estudien les millors tècniques disponibles i el consum d'energia i recursos naturals.

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

El sector industrial espanyol productor de resines de PVC (ref. 8) està adherit, des de l'any 1993, al programa voluntari internacional *Responsible Care*, el qual a *Espanya* s'anomena Compromís de Progrés. Per tal de millorar de manera continuada en aspectes de seguretat, salut i protecció del medi ambient, en la planta s'apliquen Principis Guia i Codis de Pràctiques de Gestió:

- La instal·lació opera sota la norma de Gestió del Medi Ambient ISO 14001 i disposa del Registre EMAS del Reglament Comunitari.
- S'apliquen Sistemes de Gestió en matèria de Prevenció i existeixen programes per al seguiment de la Llei 31/95 de Prevenció de Riscos Laborals, amb controls ambientals i mèdics per a la protecció enfront l'ús i el maneig de VCM.

Degut a les propietats cancerígenes de la polimerització del monòmer de VCM, la planta opera amb seguretat treballant per sota del llindar d'exposició admissible d'aquesta substància. A més, l'empresa forma part de l'associació ECVM, *European Council of Vinyl Manufacturers*, les activitats de la qual s'enfoquen a la protecció de l'ésser humà i el medi ambient mitjançant tres pilars:

- Compromís de progrés.
- Compromís amb el medi ambient.
- Comunicació oberta amb els *stakeholders*.

D'aquesta manera existeix un compromís per reduir voluntàriament les emissions mitjançant sistemes de control i invertir en el desenvolupament de millores contínues en el comportament mediambiental.

6.1.1. Atmosfèriques

Emissió de VCM a l'aire: <100 g/t de s-PVC amb emissions difuses i <80 g/tPVC OSPAR) sense emissions difuses.

El Decret 833/1975 del 6 de febrer pel qual es desenvolupa la Llei 38/72 del 22 de desembre de Protecció del Medi Ambient Atmosfèric, estableix el valor límit d'emissió del clorur d'hidrogen, HCl, en 460 mg/Nm3, superior al fixat per l'ECVM, el qual correspon a 30 mg/Nm^3. Els límits d'emissió de focus puntuals en instal·lacions auxiliars són el següents:

- CO: 500 mg/Nm^3.
- NOx: 300 mg/Nm^3.
- Partícules sòlides: 150 mg/Nm^3.

En cas que un procés de polimerització perdés el control de la reacció es podria produir una emissió accidental a l'atmosfera de clorur de vinil. Per tal d'evitar aquest tipus d'accidents existeixen les següents mesures:

- Instrumentació específica per a la regulació del procés de polimerització.
- Sistema eficaç d'inhibició en cas de pèrdua de control de la reacció.
- Sistema de refrigeració d'emergència.
- Potència elèctrica d'emergència alimentant el motor de l'agitador.
- Suficient capacitat de recuperació del clorur de vinil.

6.1.2. Líquides

Emissió de VCM a l'efluent aquós: <1g/m3 d'efluent, 5g/t-sPVC (OSPAR). A més, l'Agencia Catalana de l'Aigua limita aquest afluent a 120 m^3/h.

També existeix com a residu líquid, l'oli lubricant per als motors de les bombes.

6.1.3. Sòlides

Pel que fa als residus sòlids, existeixen juntes situades en les brides, les quals oscil·len entre 100 i 200 a l'any i PVC contaminat amb VCM, el valor del qual és de 300 kg/any.

6.1.4. Millors tècniques disponibles

Les millores tècniques disponibles utilitzades són les següents:

- Reducció de la freqüència d'obertura de reactors, mitjançant operació a reactor tancat.
- Buidat del líquid restant del reactor cap a dipòsits tancats.
- Esbandir i netejar el reactor amb aigua, la qual posteriorment es buida cap al sistema de *stripping*.
- Introducció de vapor amb gas inert per arrastrar les traces de clorur de vinil cap a la unitat de reciclat.

6.2. Identificació i avaluació dels residus sòlids produïts

A continuació es descriuen els residus sòlids anomenats anteriorment i el tractament d'aquests (ref. 9)

PVC contaminat amb VCM

Quantitat: 300 kg/any.

Tipus de residu: dispersions i dissolucions polimèriques amb clorur de vinil.

Codi de residu: 070701.

Classificació: no especial.

Tractament i disposició del rebuig: T22, incineració de residus halogenats.

Instal·lacions per a la gestió del residu: Gestió de Residus Especials de Catalunya, S.A. (GRECAT). Codi de gestor: E-466.97. Pol. Ind. Constantí, Av. d'Europa s/n, 43120, Constantí (Tarragona).

Juntes

Quantitat: 100-200.

Tipus de residu: fibra i llana de vidre.

Codi de residu: 150404.

Classificació: inert.

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

Instal·lacions per a la gestió del residu: Contenedores Reus, S.A. (CORSA). Codi de gestor: E-42.91. Camí del mas del Blasi, Pda. Mas Calvó, s/n, 43206, Reus.

6.3. Consums d'energia i de recursos naturals

El consum de vapor, gas natural i electricitat de tota la planta és el següent:

- Vapor: 620 kg/tPVC.
- Gas natural: 65 Nm3/tPVC.
- Electricitat: 230 kWh/tPVC.

Mitjançant els factors de conversió corresponents, s'obtenen les següents equivalències per tona de PVC:

- Vapor: 1.48 kg de gas natural.
- Gas natural: 53.95 kg de gas natural.
- Electricitat: 17.63 kg de gas natural.

D'aquesta manera, el consum de tota la planta correspon a 73.12 kg de gas natural per tona de PVC.

6.4. Sistemes de gestió de l'energia

La companyia va obtenir la certificació ISO 50001. Aquest reconeixement implica un seguiment del consum i l'ús de l'energia per tal de millorar el rendiment i l'eficiència energètica de les instal·lacions.

6.5. Generació de gasos d'efecte hivernacle

A partir del consum de gas calculat anteriorment, i seguint la relació de 2.15 kg de CO_2 alliberats per cada Nm^3 de gas natural, s'obté que es generen 0.189 kg de CO_2 per cada kg de PVC produït.

6.6. Altres impactes

A continuació es mostren els diferents impactes que causa la planta durant la seva fase d'explotació. A l'annex A.3 es pot observar la matriu de *Leopold* d'aquests impactes.

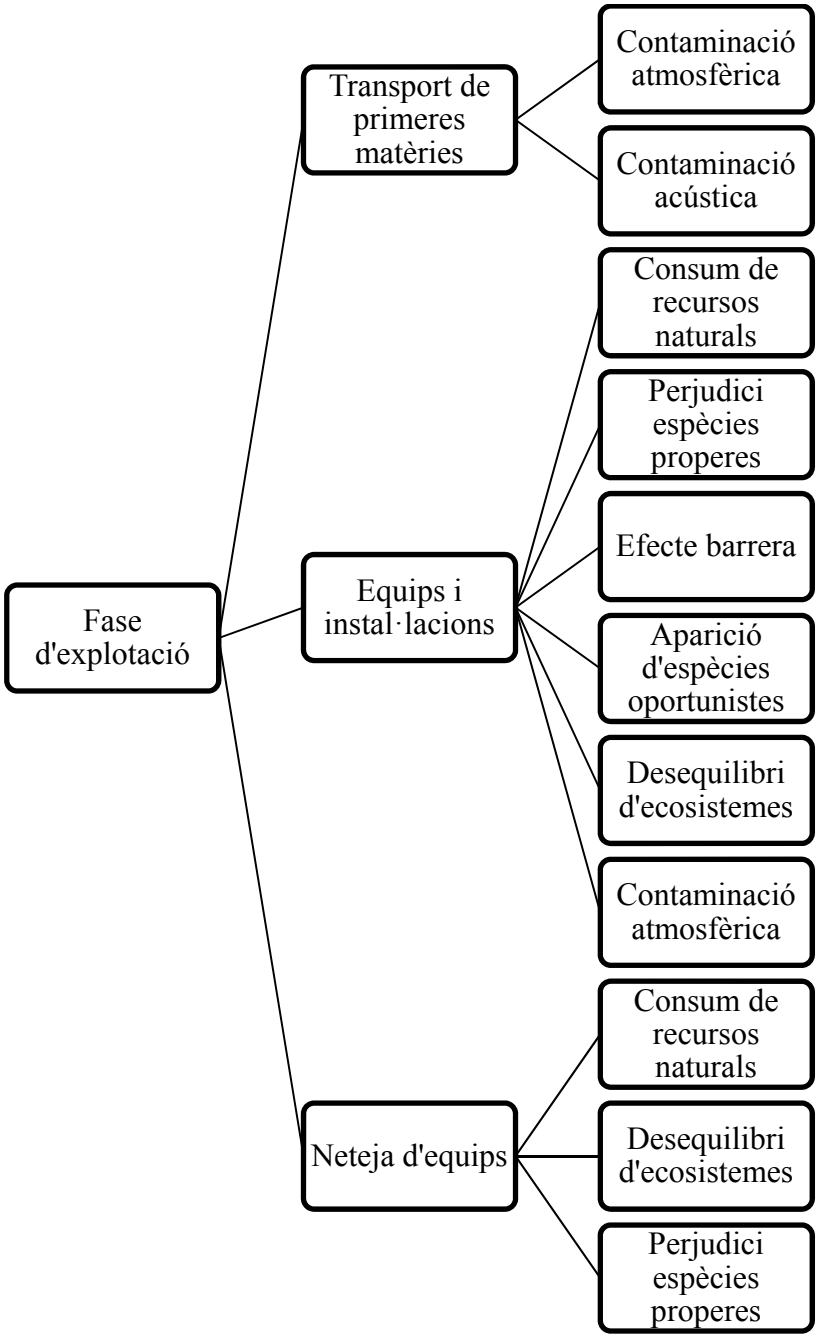


Figura 6.6.1. Impactes ambientals en la fase de explotació.

7. MANTENIMENT DE LES INSTAL·LACIONS

El manteniment és el conjunt de procediments que permeten que les instal·lacions de la planta funcionin correctament i amb les prestacions amb les que van ser dissenyades, augmentant la fiabilitat i seguretat i disminuint el preu.

Es poden separar les diferents operacions de manteniment en tres grans grups, que seran el manteniment correctiu, el manteniment preventiu i predictiu, així com l'estudi individual del manteniment de cadascun dels equips més importants.

7.1. Manteniment correctiu

Moltes empreses opten pel manteniment correctiu, és a dir, la reparació d'avaries quan sorgeixen, com a base del seu manteniment: més del 90% del temps i dels recursos emprats en manteniment es destinen a la reparació de fallades. El manteniment correctiu com a base del manteniment té alguns avantatges indubtables:

- No genera despeses fixes.
- No és necessari programar ni preveure cap activitat.
- Només es gasta diners quan és clar que es necessita fer-ho.
- A curt termini pot oferir un bon resultat econòmic.
- Hi ha equips en els quals el manteniment preventiu no té cap efecte, com els dispositius electrònics.

Aquestes són les raons que en moltes empreses inclinen la balança cap al correctiu. No obstant això, aquestes empreses obliden que el correctiu també té importants inconvenients, com:

- La producció es torna impredictible i poc fiable. Les parades i fallades poden produir-se en qualsevol moment. Per descomptat, no és en absolut recomanable basar el manteniment en les intervencions correctives en plantes amb un alt valor afegit del producte final, en plantes que requereixen una alta fiabilitat (per exemple empreses que utilitzen el fred en el seu procés), les que tenen uns compromisos de producció amb clients sofrint importants penalitzacions en cas d'incompliment (per exemple la indústria auxiliar de l'automòbil o el mercat elèctric) o les que produeixen en campanyes curtes (indústria relacionada amb l'agricultura).
- Suposa assumir riscos econòmics que en ocasions poden ser importants.
- La vida útil dels equips s'escurça.
- Impedeix el diagnòstic fiable de les causes que provoquen la falla, doncs s'ignora si va fallar per mal tracte, per abandonament, per desconeixement del maneig, per desgast natural, etc. Per això, l'avaria pot repetir-se una vegada i una altra.
- Hi ha tasques que sempre són rendibles en qualsevol tipus d'equip. Difícilment pot justificar-se la seva no realització sobre la base de criteris econòmics: els greixatges, les neteges, les inspeccions visuals i els ajustos. Determinats equips necessiten a més de continus ajustos, vigilància, greixatge, fins i tot per funcionar durant curts períodes de temps.
- Les assegurances de maquinària o de gran avaria solen excloure els riscos derivats de la no realització del manteniment programat indicat pel fabricant de l'equip.
- Les avaries i els comportaments anormals no només posen en risc la producció, també poden suposar accidents amb riscos per a les persones o per al medi ambient
- Basar el manteniment en la correcció de fallades suposa comptar amb tècnics molt qualificats, amb un estoc de recanvis important, amb mitjans tècnics molt variats, etc.

En la major part de les empreses difícilment els avantatges del correctiu pur superaran als seus inconvenients. La major part de les empreses que basen el seu manteniment en les tasques de tipus correctiu no han analitzat en profunditat si aquesta és la manera més rendible i segura d'abordar el manteniment, i actuen així per altres raons.

7.2. Manteniment preventiu

El manteniment preventiu constitueix una acció, o sèrie d'accions necessàries, per allargar la vida de l'equip i instal·lacions i prevenir la suspensió de les activitats laborals per imprevists. Té com a propòsit planificar períodes de paralització de treball en moments específics, per inspeccionar i realitzar les accions de manteniment de l'equip, amb el que s'eviten reparacions d'emergència. Un manteniment planificat millora la productivitat fins a en 25%, redueix 30% els costos de manteniment i allarga la vida de la maquinària i equip fins a en un 50%.

Els programes de manteniment preventiu tradicionals estan basats en el fet que els equips i instal·lacions funcionen vuit hores laborables al dia i quaranta hores laborables per setmana. Si les màquines i equips funcionen per més temps, els programes s'han de modificar adequadament per assegurar un manteniment apropiat i allargar la vida de l'equip.

7.2.1. Programa de manteniment preventiu

L'anàlisi de riscos és un pas previ a la realització d'un pla de manteniment, en ell s'estudien les diferents fallades que se solen produir i les conseqüències dels mateixos. El primer que cal prendre en compte és que no poden existir plans que previnguin totalment totes les fallades o avaries de tots els equips ja que el seu cost seria molt gran, tant en termes de recursos humans, financers, logístics, etc. Per això l'anàlisi de riscos inclou la definició dels límits sota els quals es desitja funcionar, i en funció d'ells dissenyar els Plans de Manteniment per cenyir-se a ells.

L'anàlisi de riscos aplicat al manteniment es basa a estudiar les conseqüències produïdes per les fallades en les màquines, des dels següents quatre punts de vista:

- Conseqüències operacionals, en les quals la fallada produeix trastorns en la producció o en la qualitat que al final es tradueixen en temps perduts en el procés productiu, i per tant pèrdues en els guanys.
- Conseqüències en la seguretat, en les quals la fallada pot afectar en major o menor mesura a la seguretat del personal de fàbrica.

- Conseqüències mitjà ambientals, en les quals la fallada pugui afectar al medi ambient o a l'entorn, considerant les disposicions legals que existeixin sobre aquest tema.
- Conseqüències en els costos, són les pròpies de la reparació que la fallada porta amb si i que en ocasions poden ser d'extraordinària importància.

Per a això el procés a emprendre es centra a dividir el centre de treball en parts d'acord a les funcions que es realitzin en cadascuna i la seva relació amb les altres per detectar àrees d'alt risc o de summa importància (que si s'haguessin de parar per donar-los manteniment pràcticament es para tota l'empresa) mesurant cada àrea d'acord amb cadascuna de les quatre conseqüències anteriors, de la següent manera:

- Per a cada àrea es determina de forma general una escala de gravetat de les conseqüències (des d'insignificants fins a catastròfiques) quantificant cadascuna de les parts de l'escala amb les unitats de mesura corresponents.
- Es determina també una escala de probabilitat o freqüència d'ocurrència de fallades en el temps (des de molt improbable fins a molt freqüent).

Amb base en aquest anàlisi dels riscos existents en el lloc de treball i cadascuna de les seves àrees, és que s'ha d'implementar algun tipus de pla de Manteniment Preventiu. Això redueix dràsticament les probabilitats d'accidents en el treball, ens dóna un benvolgut del cost necessari per a manteniment i dels beneficis econòmics, i fins i tot es poden prevenir grans i lamentables desastres.

7.3. Manteniment predictiu

El manteniment predictiu és una eina per anticipar-se a la futura fallada d'un component d'un equip de manera que es pugui reemplaçar just abans que falli. D'aquesta manera es maximitza la vida del component i es minimitza el temps mort de l'equip, optimitzant els costos de manteniment.

Per tal d'implementar el manteniment predictiu cal identificar les possibles fallades de l'equip i escollir la manera més idònia de reparar-les.

Això es pot realitzar mitjançant la medició de diversos paràmetres que estiguin relacionats amb el cicle de vida del component. Les principals tècniques són l'anàlisi de vibracions i lubricants, ultrasons, termografia, etc.

7.4. Manteniment dels equips importants de la planta

Tot seguit s'indicarà el manteniment i les actuacions que s'hauran de seguir en cas de fallada dels equips importants de la planta.

7.4.1. Manteniment de bombes de desplaçament positiu

Precaucions

- Abans de treballar a la bomba, controlar que totes les connexions elèctriques (de potència i control) estiguin desconnectades de la xarxa i no estiguin alimentades.
- S'ha de despressuritzar la bomba i la canonada, i buidar la secció a la que s'ha de realitzar el manteniment.
- Sempre s'han de posar els elements de protecció requerits.
- No s'han de derramar al medi ambient substàncies contaminants tals com productes químics, oli lubricant, etc.
- Abans de realitzar el manteniment de la bomba o de la instal·lació s'han de llegir amb atenció les especificacions tècniques del líquid bombejat, especialment les mesures que s'han de prendre en el cas de contacte accidental amb fluids perillosos.

Mecanisme

Les bombes s'entreguen generalment amb el primer subministrament d'oli que deurà canviar-se un cop transcorregudes 1500 hores de funcionament i després cada 4000 hores aproximadament. S'han d'utilitzar els olis recomanats o equivalents. De totes maneres, s'aconsella canviar l'oli tots els anys.

Setmanalment s'ha de controlar el nivell d'oli i, si fos necessari, reomplir-lo utilitzant el mateix tipus d'oli. També s'ha de controlar que no hi hagi fuites a través de la tanca mecànica, i si fos necessari, es canviaria l'anell.

Cos

Important: no s'ha de fer funcionar la bomba sense líquid. Cada sis mesos s'ha de desmuntar el cos, amb el procediment següent:

1. Desconnectar les canonades d'aspiració i impulsió.
2. Descarregar el líquid de procés del cos i de les canonades.
3. Desenroscar els cargols que fixen el cos al mecanisme.
4. Desmuntar les vàlvules d'aspiració i de impulsió.

I posteriorment efectuar les següents operacions.

1. Netejar perfectament les vàlvules d'aspiració i de descàrrega i controlar que no hi hagi peces gastades o ratllades. Si n'hi hagués, substituir la peça en dolentes condicions.
2. Substituir els anells de la tanca mecànica si estan desgastats, abans de muntar els anells nous s'ha d'aplicar una mica de lubricant.
3. Controlar la zona de lliscament de la tanca mecànica sobre el pistó, la superfície no deurà estar ni ratllada ni amb estries. Substituir el pistó si estigués avariat.

Recanvis aconsellats

Per poder realitzar el manteniment sense perdre temps, s'aconsella tenir al magatzem els següents recanvis:

- Un pistó.
- Dues sèries de tanques mecàniques del pistó.
- Una vàlvula d'aspiració completa.
- Una vàlvula d'impulsió completa.
- Una sèrie de juntes del mecanisme.

7.4.2. Manteniment de vàlvules de seguretat

La instrucció tècnica complementària del reglament d'aparells a pressió, estableix que les vàlvules de seguretat es desmuntaran, es provaran i s'ajustaran durant les inspeccions interiors periòdiques dels aparells o sistemes a pressió. El codi ASME marca totes les rutines de manteniment per a vàlvules de seguretat.

Les vàlvules seran inspeccionades amb regularitat per tal de comprovar que estiguin treballant correctament, i periòdicament es desmuntaran completament per a verificar que els diferents elements que la componen no presentin cap anomalia. També es revisarà que el seient del disc de tancament funcioni correctament i que la molla no hagi perdut les seves característiques.

7.4.3. Manteniment dels elements de control

- Es desconnectaran de la font d'alimentació de l'equip que s'hagi de reparar en qüestió i s'extraurà de l'equip en el que actuava.
- Eliminació de residus mediambientals en els equips, produïts per la pèrdua d'estanquitat.

7.4.4. Manteniment de les vàlvules

La reparació de les vàlvules es durà a terme per estalviar temps i diners, ja que el cost mitjà de manteniment és un 65% menor al cost d'una vàlvula nova i el temps d'entrega pot variar entre una i dues setmanes.

Per tal d'aconseguir un correcte funcionament de les vàlvules del procés, s'hauran de prendre una sèrie de pautes i controls:

- Totes les vàlvules seran sotmeses a varies inspeccions verificades pel supervisor.
- Les vàlvules seran avaluades per a que no presentin fugues de productes per empaquetadora.
- El vàsteg de les vàlvules es lubricarà periòdicament.
- El cos de la vàlvula es comprovarà periòdicament i seran sotmesos a proves hidrostàtiques.

7.4.5. Manteniment de reactors i tancs d'emmagatzematge

En el cas que la pintura es trobi en mal estat i pugui així causar un impacte visual negatiu, es procedirà a pintar el tanc o reactor.

Pot haver-hi corrosió a l'interior del tanc, degut a què s'està agitant una solució amb PVC, el qual és un material abrasiu. És per aquesta raó que es mesurarà periòdicament el gruix del tanc. Mesurar amb un mesurador de gruix d'ultrasons. En el cas que l'espessor sigui inferior al mínim requerit, reparar la zona afectada.

- Prova hidràulica: per tal de comprovar que el tanc compleixi amb els requisits de les normes es realitzarà una prova hidràulica a 1.5 vegades la pressió de disseny. Aquesta consisteix en un procediment per detectar fuites per males soldadures o mal ajustament de les rosques en el muntatge.

    - Instal·lació de brides cegues per a poder aïlla el tanc.
    - Aïllament de totes les connexions que van al tanc per tal d'assegurar un bon aïllament d'aquest.
    - S'eliminarà l'aire de l'interior del tanc.
    - Ompliment del tanc amb aigua industrial.
    - Es deixarà reposant durant 24h el tanc a la pressió de prova, amb l'objectiu de verificar que les parets del tanc retenen el líquid i no hi ha cap fuita.
    - Transcorregudes les 24h, es comprovarà que la pressió del tanc no hagi disminuït, s'avaluarà l'estat del tanc i es prendrà una decisió amb els resultats obtinguts.

7.4.6. Manteniment de canonades

Es realitzaran dues capes preliminars de pintura epoxi-fenòlica. La primera serà de 50 μm d'espessor i la segona entre 100-150 μm. Per finalitzar, es realitzarà una última capa de pintura d'acabat de poliuretà entre 70-100 μm.

8. MANUALS D'OPERACIÓ

A continuació es detallaran els manuals d'operació, els quals són una eina molt important per a tota empresa ja que marquen i detallen procediments importants per a la producció.

8.1. Comprovacions prèvies i primera posada en marxa

Abans de posar en marxa les instal·lacions, s'han de realitzar diferents comprovacions que assegurin que es pot operar amb seguretat. Aquestes comprovacions no només es realitzen als equips sinó que també es realitzen als voltants d'aquests. A continuació es mostren les tasques a realitzar per ordre:

- Netejar amb aigua per acabar d'arrastrar els residus que hi puguin haver.
- Comprovar que els equips hagin realitzat els testos previs i efectuar els que encara no s'hagin realitzat. Per exemple, realitzar les proves hidràuliques als tres tancs, comprovar el sentit de gir de les bombes i el seu funcionament.
- Comprovar juntes i lubricar els equips rotatius.
- Alinear les vàlvules manuals correctament.
- Programar el sistema de control amb les pertinents alarmes.
- Comprovar que hi ha les instal·lacions necessàries de seguretat, extintors d'incendis, dutxes, sistemes de recollida de fuites, etc.
- Realitzar el *commisioning* de les senyals que entren o surten del sistema de control, calibrant els indicadors i comprovant els diferents tipus de senyals que entren.

Un cop realitzades les tasques de comprovació de les instal·lacions, es procedeix a realitzar classes de formació als operaris encarregats d'operar la planta. La formació que se'ls hi realitza consta de dues parts: coneixement de les instal·lacions i productes i operar amb seguretat.

Per acabar la fase prèvia, es farà un simulacre de posar en marxa les instal·lacions per tal de comprovar que tot està en ordre.

8.2. Funcionament de la planta

El funcionament del buidatge del tanc de recollida es mostra a continuació. Al tractar-se d'un procés *Batch* caldrà realitzar posades en marxa i aturades cada cop que es realitzin els rentats dels diferents reactors.

Posada en marxa

1. Comprovar el nivell del tanc.
2. Posar en marxa la bomba P 01 49A.

Funcionament en estacionari

3. Comprovar que nivell del tanc.
4. Comprovar la pressió del corrent de sortida de la bomba.

Aturada

5. Aturar el motor de la P 01 1 49A/B.

8.3. Aturada d'emergència

Per tal de facilitar l'aturada dels equips en una situació d'emergència s'ha instal·lat un interruptor d'emergència en cada equip.

Quan aquesta situació succeeixi les vàlvules es disposaran en el seu estat de fallada, és a dir, es quedaran com estan o bé s'obriran o tancaran.

Per evitar aquestes situacions d'emergència ja s'han instal·lat *interlocks* i s'han realitzat els estudis pertinents.

9. ESTUDI ECONÒMIC

Per tal de conèixer la rendibilitat del projecte, s'ha comparat amb el rentat que es realitzava anteriorment. El realitzava un operari entrant al reactor i durava 45 minuts enfront als 15 minuts del rentat actual. D'aquesta manera, automatitzar el rentat ha suposat un increment en la producció i, per tant, un increment en els beneficis que aporta la planta.

9.1. Compte de resultats

A continuació es detallen els diferents costos del projecte. Els costos fixos, a excepció del manteniment de la instal·lació, no varien respecte els anteriors ja que els operaris que s'encarregaven de la neteja ara s'ocupen d'altres tasques degudes a l'increment de la producció. Pel que fa als costos variables, s'han calculat per a la diferència de producció. A partir d'aquestes dades, les quals es mostren a continuació, s'han obtingut els beneficis que comporta l'augment de producció associat a la instal·lació.

Taula 9.1.1. Costos fixos indirectes.

Costos fixos indirectes	**Preu (€/any)**
Manteniment de la instal·lació	13400

Taula 9.1.2. Costos variables directes.

Costos variables directes	**Preu**	**Preu (€/any)**
VCM	836 €/tona	11530000
Iniciador	7450 €/tona	298000
Agent de suspensió	4450 €/tona	71400
Antiincrustant	4850 €/tona	24000
Estabilitzant	3650 €/tona	20000
Buffer	850 €/tona	3850
Vapor baixa pressió	28 €/tona	238200
Aigua desmineralitzada	0.5 €/m3	25040
Aigua crua	0.47 €/m3	5159
Energia elèctrica	0.1165 €/kWh	367700

Taula 9.1.2. Costos variables directes (cont.)

Costos variables directes	**Preu**	**Preu (€/any)**
Gas natural	0.295 €/Nm3	262800
Nitrogen	0.13 €/Nm3	446

Taula 9.1.3. Ingressos variables.

Ingressos	**Preu (€/tona)**	**Ingressos (€/any)**
PVC	985	13240000

Taula 9.1.4. Amortització.

Actiu	**Vida (anys)**	**Valor residual (€)**	**Amortització/any**
Instal·lació	20	100500	38000

Taula 9.1.5. *Cash Flow* acumulat.

Any	***Cash Flow* acumulat (€)**
1	-670000
2	-408300
3	-146600
4	155106
5	376800
6	638500
7	900200

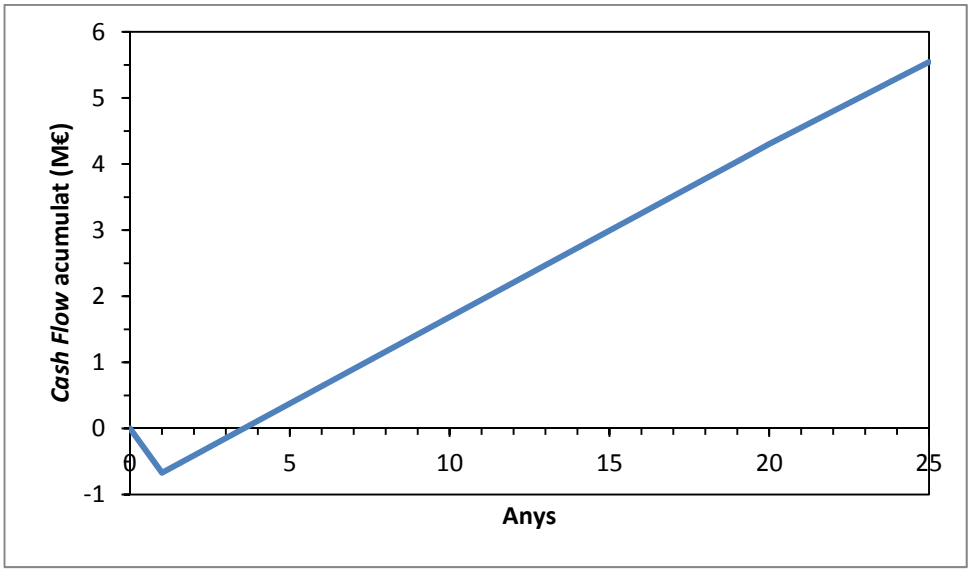


Figura 9.1.1. Variació del *Cash Flow* acumulat al llarg dels anys.

Com s'observa a la gràfica anterior, tenint en compte que la inversió es realitza a l'any 1, el temps de retorn d'aquesta és de gairebé 2 anys i 7 mesos.

9.2. Pressupost d'execució del projecte

En primer lloc s'han calculat els costos dels diferents equips, els quals es mostren a continuació.

Taula 9.2.1. Cost dels equips.

Equip	Cost (€)
TK 01 54 A	95860
TK 01 55 A	84690
TK 01 56 A	25330
P 01 46	8180
P 01 47	8400
P 01 48	5500
P 01 49	4530
Total	232500

A partir del preu dels equips, mitjançant els factors corresponents, s'han calculat la resta de costos:

Taula 9.2.2. Costos de la instal·lació.

Tipus de cost	**Cost (€)**
Cost directe de límits de planta	468400
Costos indirectes	135800
Imprevistos	65600
Total	669800

9.3. Avaluació global de la inversió

Per tal de conèixer si la inversió és rentable s'ha realitzat una avaluació dels resultats obtinguts. En primer lloc es mostra el VAN per a diferents taxes de descompte. Pel que fa a la TIR, el valor obtingut és de 38.9%.

Taula 9.3.1. VAN per a diferents taxes de descompte.

Taxa de descompte (%)	**VAN (€)**
5	2063000
10	1250000
15	772000
20	473000

Tot seguit es mostra com varia el *Cash Flow* acumulat, el VAN i la TIR en cas d'augment i disminució del preu del VCM i del PVC. En el cas de la TIR, s'ha suposat una taxa de descompte del 10%.

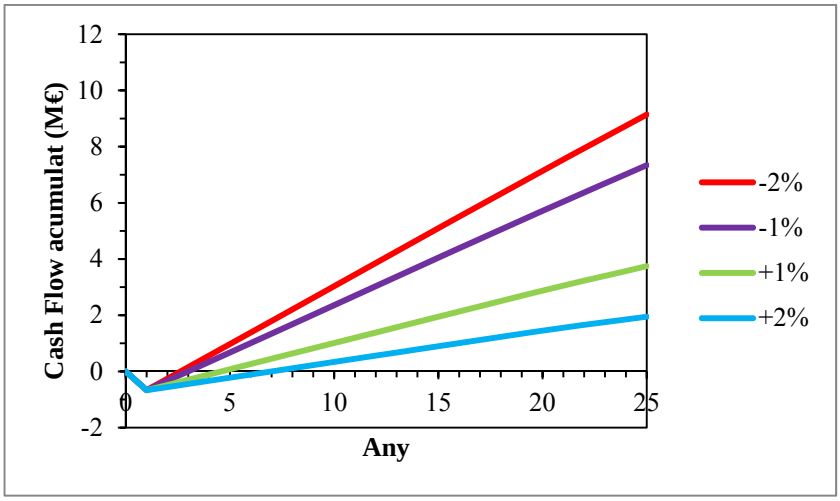


Figura 9.3.1. Variació del *Cash Flow* acumulat en funció del preu del VCM.

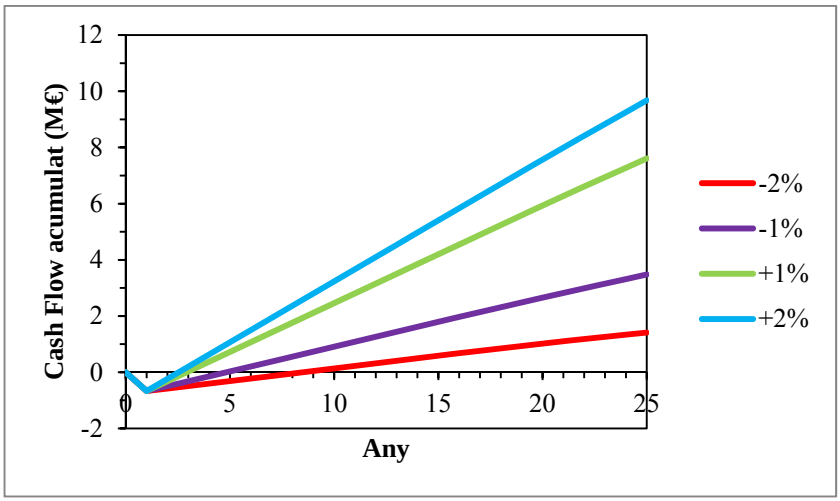


Figura 9.3.2. Variació del *Cash Flow* acumulat en funció del preu del PVC.

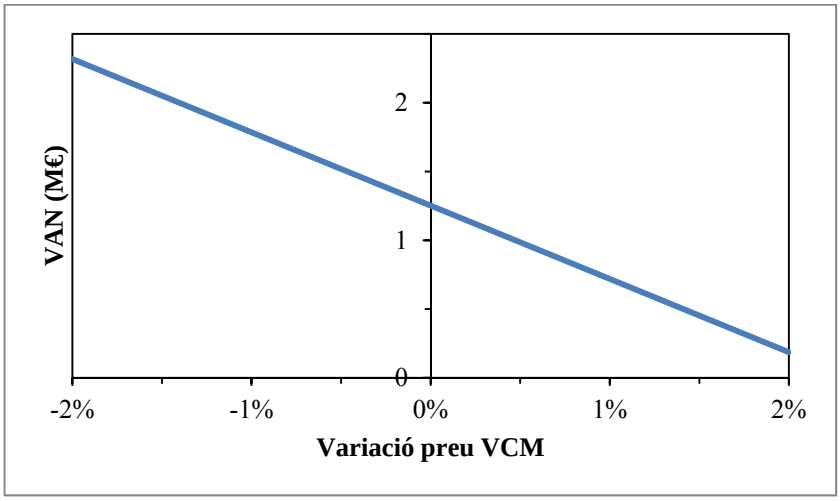


Figura 9.3.3. Variació del VAN en funció del preu del VCM.

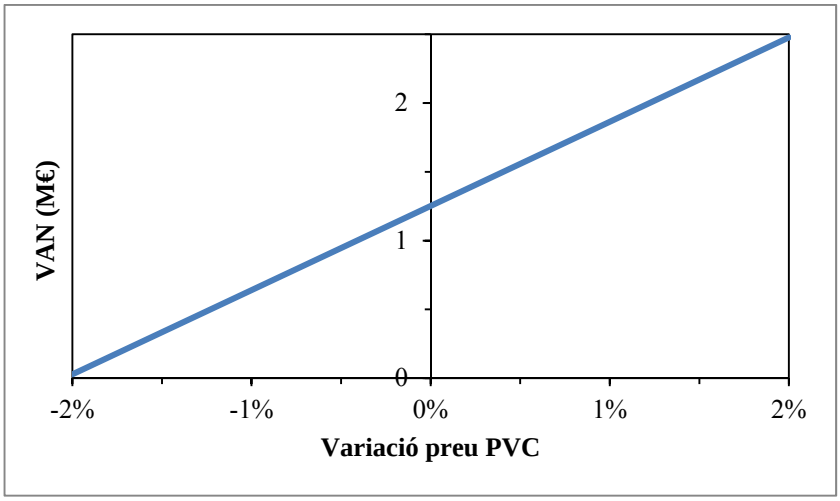


Figura 9.3.4. Variació del VAN en funció del preu del PVC.

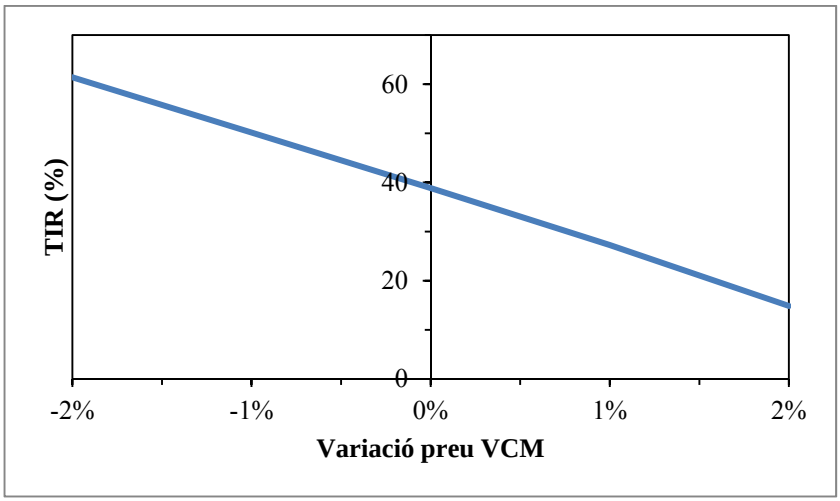


Figura 9.3.5. Variació de la TIR en funció del preu del VCM.

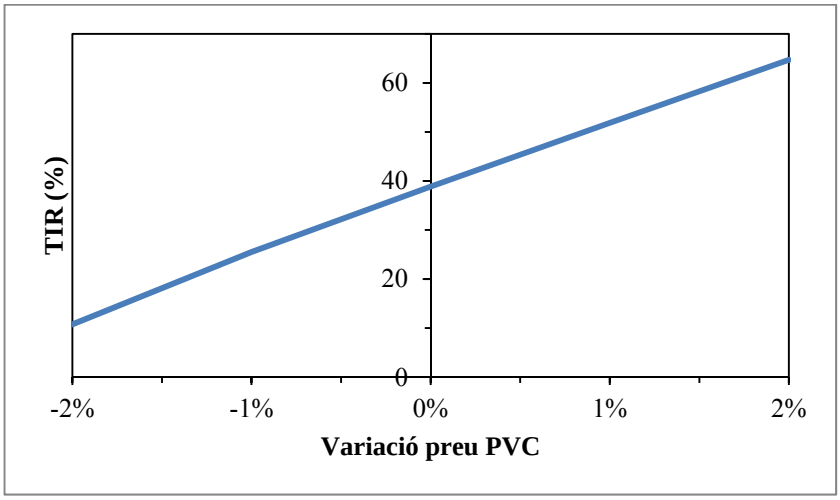


Figura 9.3.6. Variació de la TIR en funció del preu del PVC.

9.4. Conclusions

La instal·lació té un cost de 670000€, el qual es recupera en gairebé 2 anys i 7 mesos i presenta una TIR de 38.9%, la qual cosa fa aconsellable la inversió tot i que el temps de retorn és alt.

A més, s'observa una dependència molt forta entre els guanys i el preu de compra del VCM i el de venda del PVC ja que una petita variació d'aquest repercuteix als beneficis considerablement.

10. BIBLIOGRAFIA

[1] http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/pvc/procesosdeproduccion.html (Consultada el 31/10/2013).

[2] http://www20.gencat.cat/portal/site/meteocat/menuitem.0733ee5bfae8638c5c121577b0c0e1a0/?vgnextoid=f936014bb3823210VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD&vgnextchannel=f936014bb3823210VgnVCM1000000b0c1e0aRCRD&vgnextfmt=default#Bloc04032744d7bce310VgnVCM2000009b0c1e0a____ (Consultada el 05/03/2014)

[3] http://www.ciudadciencia.es/doc/files/MAPA%20MIRANDA%20DE%20VILA-SECA.pdf (Consultada el 17/11/2013)

[4] *Manual de recipientes a presión, diseño y Cálculo*. Eugene F.Megyesy. Limusa. México.

[5] www.sdm-sistemas.com (Consultada el 17/02/2014)

[6] J. Casal, E. Montiel, E. Planas, J.A. Vílchez (2001) *Análisis del riesgo en instalaciones industriales*, Ed. UPC, Capítol 2.

[7] *Catálogo de válvulas nacional*.

[8] *Guía de mejores técnicas disponibles en España del sector de DCE, CVM y PVC*, Ministerio de Medio Ambiente

[9] Catàleg de residus de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Junta de Residus.

Consulta contínua

[A] *Principios elementales de los procesos químicos*. Felder. Rousseau. Limusa Wiley. México D.F. 2005. 3ª edición.

[B] *Guidebook for the design of ASME Section VIII Pressure Vessels*. James R. Farr. Maan H.Jawad. ASME Press. New York 2001. 2th edition.

[C] *ASME Engineer's data book. Clifford Matthews*. ASME Press. New York 2005. 2th Rules of thumbs for Chemical Engineers. Carl Branan. Elsevier. Oxford 2005. 4th edition.

[D] *Perry's Chemical Engine&s Handbook*. Robert HPerxy McGraw-Hill Chemical.

ANNEX

A.1. Llistat de vàlvules manuals i *check valves*

Taula A.1.1. Llistat de vàlvules manuals.

TAG	Descripció	Nom línia	Estat
BB R 15"	Vàlvula manual	387 PVC 01 4 01 A304	Oberta
BB CL 4"	Vàlvula manual	102 MZ 01 4 03 A304	Oberta
BB CM 1"	Vàlvula manual	F 01 17A	Tancada
BB CN 4"	Vàlvula manual	102 MZ 01 4 07 A304	Oberta
BB CO 1"	Vàlvula manual	27 LIG 01 4 08 A53B	Oberta
BB CP 1"	Vàlvula manual	27 LIG 01 4 08 A53B	Oberta
BB CQ 1"	Vàlvula manual	27 LIG 01 4 09 A53B	Tancada
BB CR 2"	Vàlvula manual	53 MZ 01 4 10 A304	Oberta
BB CS 2"	Vàlvula manual	53 MZ 01 4 10 A304	Oberta
BB CT 1"	Vàlvula manual	53 MZ 01 4 12 A304	Tancada
BB CU 2"	Vàlvula manual	53 MZ 01 4 12 A304	Oberta
BB CV 2"	Vàlvula manual	53 MZ 01 4 13 A304	Oberta
BB CW 1"	Vàlvula manual	53 MZ 01 4 15 A304	Tancada
BB CX 2"	Vàlvula manual	53 MZ 01 4 15 A304	Oberta
BB DV 1"	Vàlvula manual	102 MZ 01 4 03 A304	Oberta
BB DW 1"	Vàlvula manual	102 MZ 01 4 07 A304	Oberta
BB DX 2"	Vàlvula manual	TK 01 56A	Oberta
BB DY 2"	Vàlvula manual	TK 01 56A	Oberta
BB DZ 2"	Vàlvula manual	TK 01 56A	Tancada
BB EA 1"	Vàlvula manual	53 MZ 01 4 12 A304	Oberta
BB EB 1"	Vàlvula manual	53 MZ 01 4 15 A304	Oberta

Taula A.1.2. Llistat de *check valves*.

TAG	Descripció	Nom línia
KB CY 2"	Vàlvula antiretorn	53 MZ 01 4 12 A304

A.2. Protecció d'equips a sobrepressions

El procediment a seguir partirà de l'estat del fluid que s'haurà d'alliberar. Les equacions A.2.1 i A.2.2 permetran trobar l'àrea de l'orifici per la descàrrega de fluid en estat líquid i gas, que són els estats presents a les vàlvules estudiades. Posteriorment es presentarà la taula A.2.1, on s'explicaran els termes emprats.

$$A=\frac{W}{5042\cdot K\cdot K_P\cdot K_3\cdot K_V\cdot\sqrt{(P-P_B)\cdot E}} \qquad (A.2.1)$$

$$A=\frac{W}{387.2\cdot C\cdot P\cdot K\cdot K_1\cdot K_2}\cdot\sqrt{\frac{Z}{T\cdot M}} \qquad (A.2.2)$$

Taula A.2.1. Termes utilitzats a les equacions de disseny de les vàlvules de seguretat.

Terme	Unitats	Comentari
A	cm^2	Àrea de l'orifici
W	kg/h	Caudal de descàrrega
P	kg/cm^2	Pressió de descàrrega
M	g/mol	Pes molecular
T	K	Temperatura de descàrrega
Z	-	Factor de compressibilitat a P i T
P_B	kg/cm^2	Pressió de contrapressió absoluta
E	kg/dm^3	Densitat relativa
K	-	Coeficient de descàrrega (0.64 líquids/0.964 gasos i vapor)
K_1	-	
K_2	-	
K_3	-	Coeficient corrector (vàlvules convencionals, P_b>0.15P_1)
K_V	-	Coeficient corrector per líquids viscosos
K_P	-	Coeficient corrector per sobrepressió distinta del 25%

A.3. Medi ambient al disseny de les instal·lacions

A continuació es mostra la matriu causa-efecte i la matriu de *Leopold* de la planta estudiada..

			Factors ambientals																			
			Medi inert									Medi biòtic				Medi percep.		Medi socioeconòmic				
			Relleu	Recursos minerals	Cap. agrícola	Erosió	Drenatge superficial	Qualitat de l'aire Casc Urbà	Qualitat de l'aire periurbà	Qualitat Soroll casc Urbà	Qualitat soroll periurbà	Bosc de galeria	Endemismes	H. Especies comunes	H. Especies protegides	Paisatge	P. Valors culturals	Qualitat de vida	Activitats econòmiques	Usos del sòl	Viari rural	Desenvolupament urbanístic
Accions del projecte	Planif	Acceptació social																●	●			
		Exportacions														●				●		
	Fases de construcció	Desbrossament	●	●							●											
		Explanació	●			●	●				●					●						
		Desmuntatges									●					●						
		Préstecs i desguassos									●											
		Estructures i obres de fàbrica			●						●					●	●		●	●	●	●
		Ocupació del sòl permanent			●			●	●		●	●	●			●				●		
		Ocupació de la via	●				●				●		●	●	●	●		●		●		
		Construcció de la via	●			●			●		●		●			●		●			●	
	F. Explotació	Emissió de soroll								●	●			●								
		Emissió de contaminants atmosfèrics						●	●									●				
		Explotació en la via	●	●									●			●		●		●		
		Presencia de la via																●		●		

			Construcció						Producció						
			Requeriment de ma d'obra	Requeriment de camions	Alteració de la vegetació	Construcció del campament	Transport d'equips i maquinària	Ús de maquinaria	Ús d'equips i materials	Ompliment de dipòsit d'aigua	Rentat de material	Eliminació de residus	Producció de material	Transport de producte final	Controls sanitaris
Fisicoquímic	Atmosfera	Generació de pols		-5/7			-6/7	-6/7						-6/7	
		Contaminació atmosfèrica		-5/6			-6/3	-4/7	-6/5			-5/6	-7/6	-6/3	6/5
	Soroll	Contaminació acústica		-4/2			-4/2	-5/5	-5/2				-4/4	-4/3	
	Terra	Consum de recursos naturals			3/5			-4/2	-7/6						
		Ocupació del sòl		-4/3		-2/1	-4/3	-4/6						-4/3	
		Erosió			4/3		-4/2	-4/5						-4/2	
		Alteració de components						-4/2							
	Aigua	Variació fluxos d'aigua subterranis								-4/2	-8/4				
		Qualitat de les aigües superficials i subterrànies							-6/6	-8/7	-8/7	-8/4	-7/6		6/7
		Consum d'aigua							-6/8	-8/7	-8/7	-8/6	-7/5		
Biològi	Flora	Perjudici espècies properes		-3/2	-8/8		-4/5	-4/2						-4/5	3/3
		Pèrdua usos del sòl		-4/4	-8/7			-4/1							

		Eliminació coberta vegetal		-6/7	-7/7		-7/6	-7/8						-7/6	

			Requeriment de ma d'obra	Requeriment de camions	Alteració de la vegetació	Construcció del campament	Transport d'equips i maquinària	Ús de maquinaria	Ús d'equips i materials	Ompliment de dipòsit d'aigua	Rentat de material	Eliminació de residus	Producció de material	Transport de producte final	Controls sanitaris
Biològic	Fauna	Efecte barrera													
		Aparició d'espècies oportunistes		-6/4		-7/5									
		Desequilibri d'ecosistemes			-8/7							-8/2			6/5
		Augment de molèsties sonores per a la fauna		-6/8		-8/7			-4/5						
		Mort accidental		-3/4	7/3		-4/4	-4/4						-4/4	
Socioeconòmic	Sociocultural	Devaluació del sòl de l'entorn					-4/2	-4/2				-5/6	-6/4	-4/2	6/4
		Afecció al confort ambiental		-6/7		-1/1	-5/2	-5/6				-8/4	-7/5	-5/2	7/7
	Socioeconòmic	Augment població activa	8/9										7/7		6/5
		Augment de l'activitat industrial	8/7	3/3			3/2		7/7				8/7	3/2	
		Augment de la demanda de matèries del sector secundari	8/6	8/8			4/4		5/3				7/6	4/4	6/4
		Augment demanda de serveis	8/6	8/7			8/8		7/6		-4/5		6/5	8/8	
		Augment trànsit	4/1	-8/8			-6/7							-6/7	

		Demanda de serveis	6 / 5	8 / 6			4 / 2		7 / 7		-6 / 6			4 / 2	5 / 4
		Demanda de mà d'obra	9 / 9	8 / 4			5 / 2		6 / 7		5 / 5		8 / 6	5 / 2	4 / 3

A.4. Fitxes de seguretat

A continuació es mostren les fitxes de seguretat del VCM i del PVC.

MATERIAL SAFETY DATA SHEET	
VINYL CHLORIDE (MONOMER)	

SECTION 1 CHEMICAL PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

PRODUCT IDENTIFIER: **VINYL CHLORIDE (MONOMER)**
RECOMMENDED USAGE: **PVC Manufacturing & Copolymer**

MANUFACTURER:

PT ASAHIMAS CHEMICAL
Ds Gunung Sugih, Jalan Raya Anyer Km-122
Cilegon 42447 Banten - Indonesia
Tel: +62 254 601252
Fax: +62 254 602027
Contact Department: CVT Department
EMERGENCY PHONE NUMBER: +62 254 601252

SECTION 2 HAZARDS IDENTIFICATION

GHS Classification:

Health	Environmental	Physical
Acute Toxicity - Category 3 Eye Corrosion - Category 1A Skin Corrosion - Category 1A Skin Sensitization - Category 1 Mutagenicity - Category 1A Carcinogenicity - Category 1B Reproductive/Developmental - Category 1A Target Organ Toxicity (Repeated) - Category 1	Aquatic Toxicity: • Acute 1 • Chronic 1	Substance which in contact with water emit flammable gasses - Category 1

GHS Label:

Symbols: skull and crossbones, Gas under pressure, health hazard, flammable liquid

Hazard Statements	*Precautionary Statements*
DANGER! EXTREMELY FLAMMABLE GAS UNDER PRESSURE Easy ignited by heat, sparks or flames Fatal if inhaled. harmful if swallowed, Liquid may cause FROSTBITE to eyes and skin. May cause central nervous System effects. May cause liver damage. A known human carcinogen.	Flammable gas. Keep away from heat, sparks and flame, may cause flash fire. May polymerize. Keep container tightly closed. Avoid breathing vapor. Avoid contact with eyes, skin and clothing. Wash thoroughly after handling. Containers may rupture or explode.

SECTION 3 COMPOSITION, INFORMATION ON INGREDIENTS

CHEMICAL IDENTITY: **VINYL CHLORIDE MONOMER**
TRADE NAMES/SYNONYMS:
1-CHLOROETHYLENE; 1-CHLOROETHENE; CHLOROETHYLENE; CHLOROETHENE; CHLORETHENE; CHLORETHYLENE; ETHYLENE MONOCHLORIDE; MONOCHLOROETHYLENE; MONOCHLORO ETHENE; MONOCHLOROETHENE; VINYL CHLORIDE MONOMER; VINYL CHLORIDE, INHIBITED; VINYL C MONOMER; RCRA U043; UN 1086; C2H3Cl; MAT24940; RTECS KU9625000
EC NUMBER: **200-831-0**
CAS NUMBER: **75-01-4**
PERCENTAGE: >99.9

SECTION 4 FIRST AID MEASURES

- INHALATION: If adverse effects occur, remove to uncontaminated area. Give artificial respiration if not breathing. If breathing is difficult, oxygen should be administered by qualified personnel. If respiration or pulse has stopped, have a trained person administer Basic Life Support (Cardio-Pulmonary Resuscitation/ Automatic External Defibrillator) and CALL FOR EMERGENCY SERVICES IMMEDIATELY. Get immediate medical attention.
- SKIN CONTACT: If frostbite or freezing occur, immediately flush with plenty of lukewarm water (105-115 F; 41-46 C). DO NOT USE HOT WATER. If warm water is not available, gently wrap affected parts in blankets. Get immediate medical attention.
- EYE CONTACT: Immediately flush eyes with a directed stream of water for at least 15 minutes, occasionally lifting upper and lower lids, until no evidence of chemical remains. Washing eyes within several seconds is essential to achieve maximum effectiveness. Get medical attention immediately.
- INGESTION: If a large amount is swallowed, get medical attention.
- NOTE TO PHYSICIAN: For inhalation, consider oxygen. Stimulants such as epinephrine may induce ventricular fibrillation.

SECTION 5 FIRE FIGHTING MEASURES

- SUITABLE EXTINGUISHING MEDIA: Stop flow of gas before extinguishing fire. Use carbon dioxide, regular dry chemical, regular foam or water. Use water spray to keep containers cool.

- FIRE AND EXPLOSION HAZARDS: Severe fire hazard. Severe explosion hazard. The vapor is heavier than air. Vapors or gases may ignite at distant ignition sources and flash back. Vapor/air mixtures are explosive. Electrostatic discharges may be generated by flow or agitation resulting in ignition or explosion. Containers may rupture or explode if exposed to heat.

- FIRE FIGHTING: Move container from fire area if it can be done without risk.
For fires in cargo or storage area: Cool containers with water from unmanned hose holder or monitor nozzles until well after fire is out. If this is impossible then take the following precautions: Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. Let the fire burn. Withdraw immediately in case of rising sound from venting safety device or any discoloration of tanks due to fire.
For tank, rail car or tank truck: Stop leak if possible without personal risk. Let burn unless leak can be stopped immediately.
For smaller tanks or cylinders, extinguish and isolate from other flammables.
Evacuation radius: 800 meters (1/2 mile). Do not attempt to extinguish fire unless flow of material can be stopped first. Flood with fine water spray. Cool containers with water spray until well after the fire is out. Apply water from a protected location or from a safe distance. Avoid inhalation of material or combustion by-products. Stay upwind and keep out of low areas. Evacuate if fire gets out of control or containers are directly exposed to fire.

Evacuation radius: 500 meters (1/3 mile). Consider downwind evacuation if material is leaking.

SECTION 6 ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

WATER RELEASE:
Subject to California Safe Drinking Water and Toxic Enforcement Act of 1986 (Proposition 65). Keep out of water supplies and sewers.

OCCUPATIONAL RELEASE:
Vapors or gases may ignite at distant ignition sources and flash back. Avoid heat, flames, sparks and other sources of ignition. Stop leak if possible without personal risk. Reduce vapors with water spray. Keep unnecessary people away, isolate hazard area and deny entry. Remove sources of ignition. Ventilate closed spaces before entering. Keep out of water supplies and sewers. Releases should be reported, if required, to appropriate agencies. Notify Local Emergency Planning Committee and State Emergency Response Commission for release greater than or equal to RQ (U.S. SARA Section 304). If release occurs in the U.S. and is reportable under CERCLA Section 103, notify the National Response Center at (800)424-8802 (USA) or (202)426-2675 (USA).

SECTION 7 HANDLING AND STORAGE

PRECAUTIONS FOR SAFE HANDLING
Avoid breathing vapor or mist. Avoid contact with eyes, skin and clothing. Keep away from heat, sparks and flame. Electrostatic charges may build up during handling. Ground any equipment used in handling. All energized electrical equipment must be designed in accordance with the electrical classification of the area.

PRECAUTIONS FOR SAFE STORAGE (including any incompatibilities):
Store and handle in accordance with all current regulations and standards. Protect from physical damage. Store outside or in a detached building. Inside storage: Store in a cool, dry place. Keep container tightly closed and properly labeled. Store in a well-ventilated area. Do not enter confined spaces unless adequately ventilated. Avoid heat, flames, sparks and other sources of ignition. Grounding and bonding required. Subject to storage regulations: U.S. OSHA 29 CFR 1910.101. See original container for storage recommendations. Keep separated from incompatible substances.

SECTION 8 EXPOSURE CONTROLS, PERSONAL PROTECTION

- CONTROL PARAMETERS:

OCCUPATIONAL EXPOSURE LIMIT or BIOLOGICAL LIMIT VALUE:

1.0 ppm OSHA TWA
5 ppm OSHA ceiling 15 minute(s)
0.5 ppm OSHA action level
1 ppm ACGIH TWA
NIOSH TWA (lowest feasible concentration)

- APPROPRIATE ENGINEERING CONTROLS:
Ventilation equipment should be explosion-resistant if explosive concentrations of material are present. Use closed systems when possible. Provide local exhaust or process enclosure ventilation system. Ensure compliance with applicable exposure limits.

PERSONAL PROTECTIVE EQIPMENT

EYE PROTECTION: Wear splash resistant safety goggles with a face shield. Provide an emergency eye wash fountain and quick drench shower in the immediate work area.

CLOTHING: Wear chemical resistant clothing to prevent skin contact.

GLOVES:
For the gas: Wear appropriate chemical resistant gloves.
For the liquid: Wear chemical resistant, insulated gloves such as Perfect Fit(R) NL-56. Gloves should be selected based on permeation test data.
OSHA REGULATED SUBSTANCES: U.S. OSHA 29 CFR 1910.1017.

RESPIRATOR: The following respirators and maximum use concentrations are drawn from NIOSH and/or OSHA.
OSHA Standard:
Respirator selection should comply with 29 CFR 1910.134, 29 CFR 1910.1017, and the final rule published in the Federal Register on August 24, 2006.

NIOSH Recommendations: At any detectable concentration

Any self-contained breathing apparatus that has a full facepiece and is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode.
Any supplied-air respirator with a full facepiece that is operated in a pressure-demand or other positive-pressure mode in combination with an auxiliary self-contained breathing apparatus operated in pressure-demand or other positive-pressure mode.

ESCAPE
Any air-purifying full-facepiece respirator (gas mask) with a chin-style, front-mounted or back-mounted canister providing protection against the compound of concern.
Any appropriate escape-type, self-contained breathing apparatus.

SECTION 9 PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

APPEARANCE
- PHYSICAL STATE: GAS
- COLOR: COLORLESS
- CHANGE IN APPEARANCE: Compressed, Liquefied Gas

ODOR: faint odor, sweet odor
ODOR THRESHOLD: 260 ppm
- MOLECULAR WEIGHT: 62.50
- MOLECULAR FORMULA: C-H2-C-H-Cl

PH: Not applicable
FREEZING POINT: -245 F (-154 C)
BOILING POINT: 9 F (-13 C)
FLASH POINT: -108 F (-78 C) (CC)
- LOWER FLAMMABLE LIMIT: 3.6%
- UPPER FLAMMABLE LIMIT: 33.0%

EVAPORATION RATE: > 15
VAPOR PRESSURE: 2515.6 mmHg @ 21.1 C (2980 mmHg @25 C)
VAPOR DENSITY (air=1): 2.15
SPECIFIC GRAVITY (water=1): 0.9106 @ 25/25 C
VOLATILITY: 100%
VISCOSITY: 0.01072 cP @ 20 C
WATER SOLUBILITY: 0.25% (2.7 g/L) ; slightly
PARTITION COEFICIENT ***n-octanol / water:*** 1.36
SOLVENT SOLUBILITY:
Soluble: ethanol; Very soluble: ether, carbon tetrachloride, benzene
AUTOIGNITION: 882 F (472 C)
DECOMPOSITION TEMPERTURE: Not available

SECTION 10 STABILITY AND REACTIVITY

- CHEMICAL REACTIVITY: May polymerize. Avoid contact with light or storage and use above room temperature.
- CONDITIONS TO AVOID: Avoid air, sunlight, heat, flames, sparks and other sources of ignition. Containers may rupture or explode if exposed to heat.
- INCOMPATIBILITIES: oxidizing materials, oxides of nitrogen, metals, aluminum, aluminum alloys, copper, metal alkyl complexes and alkali metals such as sodium, potassium and their alloys, peroxides
- HAZARDOUS DECOMPOSITION: (COMBUSTION PRODUCT)
Thermal decomposition products: halogenated compounds (Hydrogen Chloride), oxides of carbon, phosgene
- POLYMERIZATION: May polymerize. Avoid contact with heat, light, air, water, other polymerization catalysts/initiators or incompatible materials. Closed containers may rupture violently.

SECTION 11 TOXICOLOGICAL INFORMATION

TOXICITY DATA: 18 pph/15 minute(s) inhalation-rat LC50; 500 mg/kg oral-rat LD50
390 mg/l/2 hour(s) inhalation-rat LC50
CARCINOGEN STATUS: OSHA: Carcinogen; NTP: Known Human Carcinogen; IARC: Human Sufficient Evidence, Animal Sufficient Evidence, Group 1; ACGIH: A1 -Confirmed Human Carcinogen; EC: Category 1

LOCAL EFFECTS: Irritant: skin, eye

CARCINOGEN STATUS:
OSHA: Carcinogen;
NTP: Known Human Carcinogen;
IARC: Human Sufficient Evidence, Animal Sufficient Evidence, Group 1

ACUTE TOXICITY LEVEL:
Toxic: ingestion
Relatively Non-toxic: inhalation
TARGET ORGANS: central nervous system, liver

CHRONIC EFFECTS:
Occupational overexposure has produced cancer (angiosarcomas of the liver)and changes in bones and skin, especially in the extremities such as the fingers (acroosteolysis). Additionally, repeated exposure may result in dose-related sensory disorders, nervous system effects, blood system damage, hepatic-like liver changes, liver malfunction, pulmonary insufficiency, and dermatitis.
TUMORIGENIC DATA: Available.
MUTAGENIC DATA:

Mutagenic in bacteria studies. Genetic studies in animals were negative in some cases and positive in others.
DEVELOPMENTAL/REPRODUCTIVE: Did not cause birth defects when tested in rats, mice, or rabbits. Studies in rats show that inhalation produces fetal toxicity only at exposure levels that also produce maternal toxicity.
REPRODUCTIVE EFFECTS DATA: Available.
ADDITIONAL DATA: Stimulants such as epinephrine may induce ventricular fibrillation. May cause birth defects. Long, latent period may exist between exposure and symptom onset. This material does not accumulate in the body and is readily eliminated.

POTENTIAL HEALTH EFFECTS:

INHALATION:

SHORT TERM EXPOSURE: Several minutes of exposure to high, but attainable concentrations (over 1000 ppm) may cause central nervous system depression with effects such as dizziness, drowsiness, disorientation, tingling, numbness or burning sensation of the hands and feet, impaired vision, nausea, headache, difficulty breathing, cardiac arrhythmias, unconsciousness, irritation, irregular heartbeat, joint pain, loss of coordination, hearing loss, lung congestion or even death.
LONG TERM EXPOSURE: impotence, bluish skin color, blood disorders, liver damage, cancer

SKIN CONTACT:

SHORT TERM EXPOSURE: Contact with vapor may cause irritation with redness and pain. Contact with liquid may cause frostbite.
LONG TERM EXPOSURE: irritation, blisters

EYE CONTACT:

SHORT TERM EXPOSURE: Contact with vapor may cause irritation with redness and pain. Contact with liquid may cause frostbite.
LONG TERM EXPOSURE: irritation, eye damage

INGESTION:

SHORT TERM EXPOSURE: frostbite
LONG TERM EXPOSURE: cancer

SECTION 12 ECOLOGICAL INFORMATION

ECOTOXICITY DATA:
FISH TOXICITY: 388000 ug/L 10 month(s) LETH (Mortality) Northern pike (Esox lucius)
This material is practically non-toxic to fish on an acute basis (LC50 >100 mg/L).
INVERTEBRATE TOXICITY: 41.74 ug/L 72 day(s) (Residue) Mosquito (Culex pipiens quinquefasciata)
ALGAL TOXICITY: 41.74 ug/L 72 day(s) (Residue) Green algae (Oedogonium cardiacum)

FATE AND TRANSPORT:
BIODEGRADATION: Biodegradation may occur under anaerobic conditions (in the absence of oxygen).

PERSISTENCE: Tropospheric half-life is estimated to be 23 hour(s). If released to air, this material will remain in the gas phase. If released to soil, volatilization will occur, but material that does not volatilize may be highly mobile. If released to water, evaporation will occur.

BIOCONCENTRATION: Bioconcentration potential is low (BCF <100 or log Kow <3).

SECTION 13 DISPOSAL CONSIDERATIONS

Dispose in accordance with all applicable regulations. Hazardous Waste Number(s): D043. Dispose of in accordance with U.S. EPA 40 CFR 262 for concentrations at or above the Regulatory level. Regulatory level- 0.2 mg/L. U043.

SECTION 14 TRANSPORT INFORMATION

U.S. DOT 49 CFR 172.101:
PROPER SHIPPING NAME: Vinyl chloride, stabilized
ID NUMBER: UN1086
HAZARD CLASS OR DIVISION: 2.1
LABELING REQUIREMENTS: 2.1
QUANTITY LIMITATIONS:
PASSENGER AIRCRAFT OR RAILCAR: Forbidden
CARGO AIRCRAFT ONLY: 150 kg

CANADIAN TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS:
SHIPPING NAME: Vinyl chloride, stabilized
UN NUMBER: UN1086
CLASS: 2.1

SECTION 15 REGULATORY INFORMATION

U.S. REGULATIONS:
CERCLA SECTIONS 102a/103 HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 302.4): Vinyl chloride: 1 LBS RQ
SARA TITLE III SECTION 302 EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355.30): Not regulated.

SARA TITLE III SECTION 304 EXTREMELY HAZARDOUS SUBSTANCES (40 CFR 355.40): Not regulated.

SARA TITLE III SARA SECTIONS 311/312 HAZARDOUS CATEGORIES (40 CFR 370.21):
ACUTE: Yes
CHRONIC: Yes
FIRE: Yes
REACTIVE: Yes
SUDDEN RELEASE: Yes

SARA TITLE III SECTION 313 (40 CFR 372.65): Vinyl chloride
This product contains a toxic chemical or chemicals subject to the reporting requirements of Section 313 of Title III of the Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986 and 40 CFR 372.

OSHA PROCESS SAFETY (29CFR1910.119): Quantities of 10000 pounds or more are regulated.

STATE REGULATIONS: California Proposition 65:
Known to the state of California to cause the following: Cancer (Feb 27, 1987)

CANADIAN REGULATIONS:
This product has been classified in accordance with the criteria of the Controlled Products Regulations (CPR) and the MSDS contains all of the information required by the CPR.
WHMIS CLASSIFICATION: A, B1, D1A, D2A, D2B.

NATIONAL INVENTORY STATUS:
U.S. INVENTORY (TSCA): Listed on inventory.
TSCA 12(b) EXPORT NOTIFICATION: Not listed.

CANADA INVENTORY (DSL/NDSL): Listed on DSL.

SECTION 16 OTHER INFORMATION

NFPA RATINGS (SCALE 0-4): HEALTH=2 FIRE=4 REACTIVITY=2
HMIS RATINGS (SCALE 0-4): HEALTH=2* FLAMMABILITY=4 REACTIVITY=2

This information is intended solely for the use of individuals trained in the NFPA and/or HMIS systems.
Rated using 2nd Edition HMIS Instructions.

Revise: 3
Date: August 20, 2009
MSDS SUMMARY OF CHANGES
Change of ASC LOGO
Licensed to: Supplier to make unlimited paper copies for ASC customer only.

The information in this MSDS was believed to be accurate and represents the best information currently available to us. However, we make no warranty of merchantability or any other warranty, express or implied, with respect to such information, and we assume no liability resulting from its use. Users should make their own investigations to determine the suitability of the information for their particular purposes. In no event shall PT ASC be liable for any claims, losses, or damages of any third party or for lost profits or any special, indirect, incidental, consequential or exemplary damages, howsoever arising, even if PT ASC has been advised of the possibility of such damages.

SAFETY DATA SHEET PVC RESINS

1 IDENTIFICATION OF THE SUBSTANCE/PREPARATION AND COMPANY

Identification of the substance

PVC resin VICIR

Company

Companhia Industrial de Resinas Sintéticas, CIRES, S.A.
Apartado 20
Samouqueiro-Avanca
3864-752 ESTARREJA
PORTUGAL

Tel: +351-234 811 200
Fax: +351-234 811 204
E-mail: cires@cires.pt

2 COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

Chemical characterisation

Chemical name: Polyvinyl chloride (PVC)
CAS Nr.: 9002-86-2
Concentration (wt%): > 99%

3 HAZARDS IDENTIFICATION

No human health and environmental effects

4 FIRST-AID MEASURES

Eye contact

Flush with plenty of water at least for 10 minutes

5 FIRE-FIGHTING MEASURES

Suitable extinguishing media

Water spray, dry chemical, foam, carbon dioxide

Risk of exposure arising from the substance or combustion vapour

Hazard combustion products: Hydrochloric acid (CAS N.: 7647-01-0)

Fire-fighting protective equipment

Use personal respiratory equipment

Use protective clothing against chemical products

6 ACCIDENTAL RELEASE MEASURES

Personal precautions

No special measures required, beyond those described in sections 7 and 8

Environmental precautions

Clean the area

Methods for cleaning up

Collect the spilled product preferably by vacuum cleaning, and dispose in containers. Keep containers tightly closed and labelled

7 HANDLING AND STORAGE

Handling

Avoid generation and accumulation of dusts, keeping clean the working area. If possible use local exhaust extraction over processing area

Take precautions against static discharge

Storage

Avoid generation and accumulation of dusts, keeping clean and well ventilated the storage area

The goods should be storage on pallets (avoiding direct contact with floor), at room temperature (less than 40° C) and in dry environment and protected from direct sun light

Other precautions

Avoid temperatures above the decomposition temperature (see section 9)

Avoid nacked flames and sparks

8 EXPOSURE CONTROLS AND PERSONAL PROTECTION

Technical preventive measures

Use local exhaust ventilation

Specific control parameters

Substance	CAS N.°	TLV	TWA

Personal protection equipment

If the legal limit values cannot be assured, wear mask P2

Hand protection

Not required

Eyes protection

In case of the dust formation wear dust-prof goggles/face shields

Skin protection

Not required

9 PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Form: Solid (powder), white colour

Odour: Odourless

Solubility: Soluble in aromatic hydrocarbons

Density: 1380 kg/cm³ at 23° C

Decomposition temperature: Start at 100° C

Bulk density: 300 at 600 kg/cm³

Solubility in water: Insoluble

Auto-ingnition temperature: > 450° C

Minimum ignition temperature: > 220° C

Minimum ignition energy: > 2500 mJ

10 STABILITY AND REACTIVITY

Conditions to avoid

Temperatures above 100° C

Materials to avoid

Not known

Hazardous decomposition products

Hydrogen chloride vapours

11 TOXICOLOGICAL INFORMATION

Not known

12 ECOLOGICAL INFORMATION

Mobility

In aqueous medium the coarse particles settle. The fine particles stay in suspension

The fine particles disperse in the air

Persistence and degradability

Not biodegradable. Insoluble in water.

Biocumulation potential

Not bioaccumulative

13 DISPOSAL CONSIDERATIONS

Product disposal

Material recovery, energy recovery or landfilling are possible

Container disposal

Containers can be recycled, re-used or landfilled

14 TRANSPORT INFORMATION

Not dangerous for carriage under ADR, RID, IMO/IMDG and INATA/ICAO

15 REGULATORY INFORMATION

Explosivity class (dust): I

16 OTHER INFORMATION

Normative reference

ISO 11014-1:1994, Safety data sheet for chemical products - Part 1: Content and order of sections

The above information is related exclusively to the safety, health and environmental protection aspects of the product

Optimització del sistema de neteja dels reactors d'una planta de PVC by Freixes Guàrdia, Sílvia Tierno García, Manuel is licensed under a Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional License.

Puede hallar permisos más allá de los concedidos con esta licencia en http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ca