UAB Universitat Autònoma de Barcelona

Escola d'Enginyeria

FORMATECH
SOLUCIONS INDUSTRIALS

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FI DE GRAU
Enginyeria Química

Juny 2026

Carles Cervantes Ricaldi
Mario Fernández Herrán
Adrian Leo Herrera
Eric Miras Brea
Leandro Rafaelich Piulats
Uc Riera Rojas

TUTOR
Josep Anton Torà

CC BY SA

UAB Universitat Autònoma de Barcelona

Escola d'Enginyeria

FORMATECH
SOLUCIONS INDUSTRIALS

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FI DE GRAU
Enginyeria Química

Juny 2026

CAPÍTOL 5: SEGURETAT I HIGIENE

Taula de continguts

5.Seguretat i higiene 9

5.1. Introducció 9

5.2. Classificació de la planta 9

5.2.1. Classificació segons l'activitat econòmica 10

5.2.2. Classificació segons el Risc d'Accidents Greus (SEVESO III) 10

5.3. Substàncies químiques 10

5.3.1. Metanol 11

5.3.2. Formaldehid 13

5.3.3. Monòxid de Carboni 15

5.3.4. Triòxid de molibdè 17

5.3.5. Nitrogen 18

5.3.6. Therminol 66 19

5.4. Emmagatzematge de productes químics 20

5.4.1. Normatives aplicables 20

5.4.1.1. Metanol 21

5.4.1.2. Solució formaldehid 37 % 22

5.4.2. Requisits tècnics per a l'emmagatzematge de Metanol (TE-101) 23

5.4.2.1. Distancia de seguretat i emplaçament 23

5.4.2.2. Cubeta de retenció 24

5.4.2.3. Seguretat tècnica i sistemes de ventilació 25

5.4.2.4. Operacions de càrrega i descàrrega 26

5.4.3. Requisits tècnics per a l'emmagatzematge de la solució de formaldehid al 37% (TE-501 i TE-502) 27

5.4.3.1. Distància de seguretat i emplaçament 27

5.4.3.2. Cubetes de retenció 28

5.4.3.3. Seguretat tècnica i ventilació 29

5.4.3.4. Operacions de càrrega i descàrrega 31

5.4.4. Etiquetatge 32

5.5. Senyalització a la planta 33

5.5.1. Colors de seguretat i formes geomètriques 33
5.5.2. Senyals en forma de panell 34
5.5.2.1. Senyals d'advertència 34
5.5.2.2. Senyalització de prohibició 35
5.5.2.3 Senyalització d'obligació 36
5.5.2.4 Senyalització de lluita contra incendis 36
5.5.2.5 Senyalització de salvament i socors 37
5.5.3 Senyals lluminosos 38
5.5.4 Senyals acústiques 38
5.5.4 Senyals gestuals 38
5.5.5 Senyalització de conduccions 41
5.5.6 Senyalització al transport 41
5.6 Higiene 42
5.6.1 Disposicions mínimes de seguretat i salut 43
5.6.1.1. Ordre, neteja i manteniment 43
5.6.1.2. Condicions ambientals (Annex III) 43
5.6.2 Higiene personal 44
5.7 Equips de Protecció Individual (EPI) 45
5.7.1 Protecció de les vies respiratòries 45
5.7.1.1 Classificació dels equips seleccionats 45
5.7.1.2 Especificació tècnica dels filtres 45
5.7.2 Protecció de les mans 46
5.7.3 Protecció ocular i facial 47
5.7.4 Protecció del cos i peus 47
5.7.4.1 Roba de protecció química i antiestàtica 47
5.7.4.2 Calçat de seguretat 48
5.7.5 Protecció del cap (Casc de seguretat) 48
5.7.6 Protecció de l'oïda 48
5.7.7. Manteniment, conservació i substitució dels EPI 48
5.7.7.1. Inspecció i neteja 49
5.7.7.2 Emmagatzematge 49
5.7.7.3 Vida útil i criteris de substitució 49

5.7.7.4 Registre de manteniment 50

5.8 Prevenció de riscos laborals 50

5.8.1 Marc normatiu i gestió de la prevenció 50

5.8.2 Metodologia de l'avaluació de riscos 51

5.8.2.1 Estimació de la Severitat (S) 51

5.8.2.2 Estimació de la Probabilitat (P) 51

5.8.2.3 Valoració i Nivells de Risc (NR) 52

5.8.2.4 Criteris d'actuació i control 52

5.8.3 Seguretat en el treball: Riscos mecànics i físics 53

5.8.3.1 Caigudes al mateix i a diferent nivell 53

5.8.3.2 Cops, xocs i atrapaments 54

5.8.3.3 Risc elèctric i electricitat estàtica 54

5.8.3.4 Risc per soroll i vibracions 55

5.8.4 Ergonomia i disseny del lloc de treball 55

5.8.4.1 Càrrega física i manipulació manual de càrregues 55

5.8.4.2 Disseny ergonòmic de la Sala de Control 56

5.8.5 Psicosociologia aplicada 57

5.8.7 Mesures organitzatives i formació 57

5.8.7.1 Permisos de Treball Especial (PTE) 58

5.8.7.2 Formació i informació (Art. 18 i 19 LPRL) 58

5.9 Primers auxilis 59

5.9.1 Marc legal i organització de l'assistència 59

5.9.2 Protocol d'actuació general: Mètode PAS 60

5.9.3 Protocols d'actuació específica per a risc químic 61

5.9.3.1 Primers auxilis per exposició a Metanol 61

5.9.3.2 Primers auxilis per exposició a Formaldehid (Formalina) 62

5.9.4 Equips d'emergència i descontaminació immediata 62

5.9.4.1 Dutxes de seguretat i rentaülls 62

5.9.4.2 Farmaciola i dotació mínima de material de cura 63

5.9.5 Gestió de l'emergència sanitària i trasllat 63

5.10 Seguretat contra incendis a la planta 63

5.10.1 Risc d'incendi 64

5.10.2 Tipus de focs 65
5.10.3 Protecció contra incendis 66
5.10.3.1 Classificació de l'establiment 67
5.10.3.2 Risc intrínsec per sector 67
5.10.4 Sistemas de detecció i alarma d'incendi 67
5.10.4 Protecció passiva d'incendis 69
5.10.4 Protecció activa d'incendis 70
5.10.4.1 Sistema d'abastiment d'aigua contra incendis 70
5.10.4.2 Xarxa d'hidrants exteriors 70
5.10.4.3 Boques d'incendi equipades 71
5.10.4.4 Sistemes de ruixadors automàtics d'aigua 72
5.10.4.5 Sistemes de diluvi 72
5.10.4.6 Sistema d'extinció automàtica per gasos inerts 73
5.10.4.6 Extintors portàtils 73
5.10.2 Risc d'explosió 74
5.10.2.1 Normativa ATEX i línia de defensa 74
5.10.3.2 Classificació de zones ATEX 75
5.10.3.3 Mesures de control en zones ATEX 77
5.10.3.3 Torxa de seguretat 78
5.11. Pla d'emergència intern 79
5.11.1. Introducció i objectius del pla 79
5.11.2 Organització humana de l'emergència 79
5.11.2 Tipus d'emergència 80
5.11.3 Pla exterior 81
5.12 Anàlisi de riscos 81
5.13. Bibliografia 186

5.Seguretat i higiene

5.1. Introducció

En qualsevol planta industrial, la seguretat i higiene són aspectes molt importants per evitar accidents que puguin posar en perill la integritat física de les persones o provocar un mal funcionament del procés, podent causar parades no desitjades i les pèrdues que aquestes comporten.

En una planta industrial que, a més a més, treballa amb compostos químics, com és el cas de la planta dissenyada en aquest projecte, la perillositat a la planta augmenta a causa dels diferents perills que poden comportar els productes químics i la seva interacció amb factors com altres productes, canvis de condicions o amb el mateix medi.

És per això que és molt important tenir molt ben estudiades les substàncies que es fan servir i els seus perills, així com saber tots els problemes que es poden donar a la planta, tenint pautes a seguir en el cas que es doni un problema per poder solucionar-ho en el menor temps possible.

A part de la seguretat, la higiene laboral també és molt important, ja que aquesta s'ha de mantenir perquè els treballadors de la planta puguin treballar en bones condicions, facilitant així el treball i evitant que el treball pugui afectar a la seva salut.

En aquest apartat s'estudiaran diferents punts com la classificació de productes químics, el seu emmagatzematge, la senyalització de la planta, Higiene, EPIs fets servir, seguretat laboral, risc d'incendis, d'explosions i plans d'emergència.

Al final de l'apartat s'ha fet també un anàlisi de riscos HAZOP per poder tenir classificats tots els possibles riscos i errors que hi pot haver en la planta i com actuar davant d'ells.

És crucial que totes aquestes situacions de perill exposades, així com les pautes a seguir en cas que passin, siguin conegudes pel personal per a actuar de manera ràpida en cas d'emergència, per això es considera crític en formar als treballadors en l'àmbit de la seguretat abans que comencin a treballar en la planta.

5.2. Classificació de la planta

La classificació de la planta és un pas administratiu obligatori que determina quines normatives de seguretat, inspeccions i controls ambientals s'apliquen a la instal·lació.

Aquesta classificació es realitza en funció de l'activitat industrial, la naturalesa de les substàncies manipulades i les quantitats emmagatzemades.

5.2.1. Classificació segons l'activitat econòmica

D'acord amb la Classificació Nacional d'Activitats Econòmiques[1]. la planta s'enquadra en el següent grup:

Codi CNAE: 2014 - Fabricació d'altres productes químics orgànics bàsics.

5.2.2. Classificació segons el Risc d'Accidents Greus (SEVESO III)

Aquesta és la classificació més crítica des del punt de vista de la seguretat industrial [2].

Atès que la planta emmagatzema i processa metanol (inflamable i tòxic) i formaldehid (tòxic i cancerigen) cal veure si algun supera el llindar màxim establert.

La quantitat de formaldehid emmagatzemat supera el nivell superior establert [2] , ja que és màxim 200 tones i se superarà clarament podent arribar fins i tot a triplicar el valor, per tant, s'ha d'establir un nivell superior de seguretat, cosa que comporta la planificació dels següents documents:

- **Informe de Seguretat:** Document tècnic que demostra que s'han identificat els perills d'accidents greus i s'han adoptat les mesures necessàries.
- **Sistema de Gestió de la Seguretat (SGS):** Estructura organitzativa que defineix les polítiques de prevenció i control de riscos.
- **Pla d'Emergència Interior (PEI):** Protocol d'actuació del personal de la planta davant d'un accident.
- **Pla d'Emergència Exterior (PEE):** En coordinació amb Protecció Civil (mitjançant el PLASEQCAT) [3] per protegir la població i l'entorn circumdant.

5.3. Substàncies químiques

En una planta química és essencial tenir identificades i classificades totes les substàncies químiques que es fan servir així com els perills que aquestes poden comportar. Això permet manipular de manera correcta aplicant les mesures de seguretat necessàries per a cada substància feta servir.

Per fer aquesta classificació de substàncies hi ha un reglament europeu per fer que aquesta classificació sigui igual en tot el marc europeu que és el Reglament (CE) nº 1272/2008 [4] i com la planta dissenyada està en la Unió Europea es farà servir aquesta classificació.

Les substàncies químiques perilloses presents en Formatech són: metanol, formaldehid, monòxid de carboni, triòxid de molibdè, nitrogen i Therminol 66.

A continuació es presenten els pictogrames, indicacions de perill i consells de prudència per a cadascuna de les substàncies fetes servir en la planta. Aquestes taules són les que hauran d'estar en les etiquetes de cadascun dels components de la planta.

També per a cada substància perillosa de la planta es poden veure altres paràmetres crítics per la seguretat de la planta i que s'hauran de tenir en compte en dissenyar la seguretat de la planta.

5.3.1. Metanol

A la taula 5.1. es pot veure els pictogrames, indicacions de perill [5] i els consells de prudència [6] pel metanol.

Taula 5.1. Pictogrames, indicacions de perill i consells de prudència pel metanol.

Pictogrames	 GHS02	 GHS06	 GHS08
Indicacions de perill	H225		
	H331		
	H311		
	H301		
	H370		
Consells de prudència (prevenció)	P210		
	P233		
	P280		
Consells de prudència (intervenció)	P301 + P310		
	P303 + P361 + P353		
	P304 + P340 + P311		

Indicacions de perill:

- **H225:** Líquid i vapors molt inflamables.
- **H301:** Tòxic en cas d'ingestió.
- **H311:** Tòxic en contacte amb la pell.
- **H331:** Tòxic en cas d'inhalació.
- **H370:** Provoca danys als òrgans (sistema nerviós central i nervi òptic).
- Consells de prudència (prevenció)
- **P210:** Mantenir allunyat de la calor, de superfícies calentes, d'espurnes, de flames obertes i de qualsevol altra font d'ignició. No fumar.
- **P233:** Mantenir el recipient hermèticament tancat.
- **P280:** Portar guants/ roba de protecció/ equip de protecció per als ulls/ la cara.
- Consells de prudència (intervenció)
- **P301 + P310:** EN CAS D'INGESTIÓ: Trucar immediatament a un CENTRE DE TOXICOLOGIA/ metge.
- **P303 + P361 + P353:** EN CAS DE CONTACTE AMB LA PELL (o els cabells): Treure immediatament tota la roba contaminada. Esbandir la pell amb aigua.
- **P304 + P340 + P311:** EN CAS D'INHALACIÓ: Transportar la persona a l'aire lliure i mantenir-la en una posició que li faciliti la respiració. Trucar a un CENTRE DE TOXICOLOGIA/ metge.

En la taula 5.2. es poden veure algunes dades crítiques del metanol per la seguretat de la planta [7] i el límit d'exposició diària al que es poden exposar els treballadors. [8]

Taula 5.2. Dades crítiques i límit d'explosió diària per al metanol.

Punt inflamació	9,7 °C
Temperatura d'autoignició	455 °C
Límit inferior d'explosivitat (LEL)	6 % vol. En aire
Límit superior d'explosivitat (UEL)	36,5 % vol. En aire
Pressió de vapor (a 20 °C)	12.9 kPa

Densitat relativa (aigua = 1)	0,79
VLA-ED (Exposició Diària)	200 ppm; 266 mg/m^3
VLA-EC (Exposició Curta)	No establert

5.3.2. Formaldehid

Com que el formaldehid no es trobarà de manera pura en cap moment del procés es faran els pictogrames, indicacions de perill i consells de prudència pel formaldehid en solució de 37% amb un 7% i la resta d'aigua.

A la taula 5.3. es poden veure els pictogrames, les indicacions de perill i els consells de prudència per al formaldehid en solució al 37% [9].

Taula 5.3. Pictogrames, indicacions de perill i consells de prudència per la solució de formaldehid 37%.

Pictogrames	 GHS02 GHS06 GHS08 GHS05
Indicacions de perill	H301 + H311
	H314
	H317
	H330
	H335
Indicacions de perill	H341
	H350
	H370
Consells de prudència (prevenció)	P202
	P210
	P280
Consells de prudència (intervenció)	P303 + P361 + P353
	P304 + P340 + P310
	P305 + P351 + P338

Indicacions de perill:

- **H226:** Líquid i vapors inflamables.
- **H301 + H311:** Tòxic en cas d'ingestió o en contacte amb la pell.
- **H314:** Provoca cremades greus a la pell i lesions oculars greus.
- **H317:** Pot provocar una reacció al·lèrgica cutània.
- **H330:** Mortal en cas d'inhalació.
- **H335:** Pot irritar les vies respiratòries.
- **H341:** Sospitós de provocar defectes genètics.
- **H350:** Pot provocar càncer.
- **H370:** Provoca danys als òrgans.
- **P202:** No manipuleu la substància fins que no hàgiu llegit i comprès totes les instruccions de seguretat.
- **P210:** Mantenir allunyat de la calor, de superfícies calentes, d'espurnes, de flames obertes i de qualsevol altra font d'ignició. No fumar.
- **P280:** Portar guants, roba de protecció i equip de protecció per als ulls i la cara.
- **P303 + P361 + P353:** EN CAS DE CONTACTE AMB LA PELL (o els cabells): Treure immediatament tota la roba contaminada. Esbandir la pell amb aigua.
- **P304 + P340 + P310:** EN CAS D'INHALACIÓ: Transportar la persona a l'exterior i mantenir-la en una posició que faciliti la respiració. Trucar immediatament a un CENTRE DE TOXICOLOGIA o a un metge.
- **P305 + P351 + P338:** EN CAS DE CONTACTE AMB ELS ULLS: Esbandir amb aigua acuradament durant uns quants minuts. Treure les lents de contacte si n'hi ha i resulta fàcil. Continuar esbandint.

En la taula 5.4. es poden veure algunes dades crítiques de la solució de formaldehid al 37% per la seguretat de la planta [10] i el límit d'exposició al que es poden exposar els treballadors [8]. És important destacar que, tot i que en el procés industrial el formaldehid es manipula principalment en solució aquosa al 37% p/p, els valors de control d'higiene industrial fan referència a la concentració de l'agent químic pur en l'aire ambiental. La raó és que els límits d'exposició professional estan dissenyats per protegir la salut del treballador davant la inhalació de vapors. Independentment de la riquesa de la solució

d'origen, el risc toxicològic depèn de la quantitat de molècules de formaldehid presents en la zona de respiració de l'operari.

Taula 5.4. *Dades crítiques i límit d'explosió diària per al formaldehid al 37%.*

Punt inflamació	63,9 °C
Temperatura d'autoignició	430 °C
Límit inferior d'explosivitat (LEL)	7 % vol. En aire
Límit superior d'explosivitat (UEL)	73 % vol. En aire
Pressió de vapor (a 20 °C)	0,2 kPa
Densitat relativa (aigua = 1)	1,09
VLA-ED (Exposició Diària)	0,3 ppm;0,37 mg/m^3
VLA-EC (Exposició Curta)	0,6 ppm;0,74 mg/m^3

5.3.3. Monòxid de Carboni

Tot i ser un subproducte de la reacció d'oxidació, la seva presència en els gasos de sortida del reactor i en el sistema de purga fa indispensable la seva caracterització. A la taula 5.5. es detallen els pictogrames, indicacions de perill [5] i consells de prudència [11].

Taula 5.5. Pictogrames, indicacions de perill i consells de prudència per al monòxid de carboni.

Pictogrames	 GHS02	 GHS04	 GHS06	 GHS08
Indicacions de perill	H226			
	H301 + H311			
	H314			
	H220			
	H280			
	H331			
	H360D			
	H372			

Consells de prudència (prevenció)	P202
	P210
Consells de prudència (intervenció)	P304 + P340 + P311
	P308 + P313

Indicacions de perill:

- **H220:** Gas extremadament inflamable.
- **H280:** Conté gas a pressió; perill d'explosió en cas d'escalfament.
- **H331:** Tòxic en cas d'inhalació.
- **H360D:** Pot danyar el fetus.
- **H372:** Provoca danys als òrgans (cor) rere exposicions prolongades o repetides.
- **P202:** No manipuleu la substància fins que no hàgiu llegit i comprès totes les instruccions de seguretat.
- **P210:** Mantenir allunyat de la calor, de superfícies calentes, d'espurnes, de flames obertes i de qualsevol altra font d'ignició. No fumar.
- **P304 + P340 + P311:** EN CAS D'INHALACIÓ: Transportar la persona a l'exterior i mantenir-la en una posició que faciliti la respiració. Trucar a un CENTRE DE TOXICOLOGIA o a un metge.
- **P308 + P313:** EN CAS d'exposició manifesta o presumpta: Consultar un metge.

En la taula 5.6. es poden veure algunes dades crítiques del metanol per la seguretat de la planta [12] i el límit d'exposició diària al que es poden exposar els treballadors [8]

Taula 5.6. Dades crítiques i límit d'explosió diària per al monòxid de carboni.

Temperatura d'autoignició	605 °C
Límit inferior d'explosivitat (LEL)	11,3 % vol. En aire
Límit superior d'explosivitat (UEL)	75,6 % vol. En aire
Densitat relativa (aire = 1)	0,97
VLA-ED (Exposició Diària)	20 ppm (23 mg/m^3)
VLA-EC (Exposició Curta)	100 ppm (117 mg/m^3)

5.3.4. Triòxid de molibdè

Mentre que els òxids de ferro són substàncies d'escassa toxicitat, el triòxid de molibdè presenta classificacions específiques de perill per a la salut i és per això que s'ha fet l'anàlisi de seguretat d'aquest component del catalitzador.

A la taula 5.7. es detallen els pictogrames, indicacions de perill i consells de prudència [5].

Taula 5.7. Pictogrames, indicacions de perill i consells de prudència per al triòxid de molibdè.

Pictogrames	 GHS08 GHS07
Indicacions de perill	H319
	H335
	H351
Consells de prudència (prevenció)	P202
	P261
	P280
Consells de prudència (intervenció)	P305 + P351 + P338
	P308 + P313

Indicacions de perill:

- **H319:** Provoca irritació ocular greu.
- **H335:** Pot irritar les vies respiratòries.
- **H351:** Se sospita que provoca càncer (per inhalació).
- **P202:** No manipular la substància abans d'haver llegit i comprès totes les instruccions de seguretat.
- **P261:** Evitar respirar la pols o els fums.
- **P280:** Portar guants, roba de protecció i equip de protecció per als ulls i la cara.
- **P305 + P351 + P338:** EN CAS DE CONTACTE AMB ELS ULLS: Esbandir amb aigua acuradament durant uns minuts. Treure les lents de contacte si n'hi ha i resulta fàcil. Continuar esbandint.

- **P308 + P313:** En cas d'exposició manifesta o presumpta: Consultar un metge.

En la taula 5.8. es poden veure algunes dades crítiques del triòxid de molibdè per la seguretat de la planta [13] i el límit d'exposició diària al que es poden exposar els treballadors [8].

Taula 5.8. Dades crítiques i límit d'explosió diària per al triòxid de molibdè.

Punt de fusió	795 °C
Densitat relativa (aigua = 1)	4,7
VLA-ED ((com a Mo soluble)	0,5 mg/m^3
VLA-ED (com a Mo insoluble)	100 ppm (117 mg/m^3)

5.3.5. Nitrogen

El nitrogen és essencial en la planta dissenyada, ja que tot i que no participa en la reacció, es fa servir per inertitzar i és present en la major part del procés perquè acompanya a l'oxigen que es fa servir com matèria primera.

A la taula 5.9. es detallen els pictogrames, indicacions de perill i consells de prudència [5].

Taula 5.9. Pictogrames, indicacions de perill i consells de prudència pel nitrogen.

Pictogrames	 GHS04
Indicacions de perill	H280
Consells de prudència (prevenció)	P403
	P410

Indicacions de perill:

- **H280:** Conté gas a pressió; pot explotar si s'escalfa.
- **P403:** Emmagatzemar en un lloc ben ventilat.

- **P410:** Protegir de la llum solar.

El nitrogen no té un valor de VLA-ED (com els 200 ppm del metanol) perquè no és tòxic químicament. La limitació la posa la concentració d'oxigen a l'aire, que mai ha de baixar del 19,5% [8] [5].

5.3.6. Therminol 66

El Therminol 66 és l'oli tèrmic fet servir en la planta per absorbir la calor que expulsa el reactor i que es reutilitza per escalfar altres equips, està en un circuit tancat, però, així i tot, s'han de tenir ben indicats els seus perills per si hi ha una fuita o s'ha de canviar el fluid.

A la taula 5.10. es detallen els pictogrames, indicacions de perill [5] i consells de prudència [14] .

Taula 5.10. Pictogrames, indicacions de perill i consells de prudència per el nitrogen.

Pictogrames	 GHS09
Indicacions de perill	H411
Consells de prudència (prevenció)	P273
Consells de prudència (intervenció)	P391
	P501

- **H411:** Tòxic per als organismes aquàtics, amb efectes nocius duradors.
- **P273:** Evitar l'emissió al medi ambient.
- **P391:** Recollir el vessament.
- **P501:** Eliminar el contingut o el recipient en una planta de recollida de residus autoritzada.

En la taula 5.11. es poden veure algunes dades crítiques del Therminol 66 per la seguretat de la planta [14] i el límit d'exposició diària al que es poden exposar els treballadors [8].

Taula 5.11. Dades crítiques i límit d'explosió diària per al Therminol 66.

Densitat relativa (aigua = 1)	1,013
VLA-ED (Exposició Diària)	2 ppm (20 mg/m^3)
VLA-EC (Exposició curta)	5 ppm (50 mg/m^3)

5.4. Emmagatzematge de productes químics

L'emmagatzematge de productes químics és una de les àrees més crítiques de la planta des del punt de vista de la seguretat industrial, ja que és el punt on més quantitat de producte químic es concentra. És per això que és molt important fer un bon disseny de la zona complint totes les normatives de seguretat necessàries i portant a terme les inspeccions i comprovacions necessàries per a evitar accidents que poden ser molt greus a causa de les grans quantitats de productes químics amb les que es treballa en la planta.

Tota aquesta part s'ha fet a partir del Reial decret 656/2017 [15].

5.4.1. Normatives aplicables

Les mesures que es prenen en dissenyar i mantenir l'emmagatzematge de substàncies químiques depèn de les característiques i la perillositat d'aquestes substàncies.

Aquesta perillositat la regula el Reial decret 656/2017 [15] on es classifica l'emmagatzematge de substàncies químiques amb un apartat de definicions generals i deu instruccions tècniques complementàries que estan fetes per productes químics que tenen major risc. Aquestes instruccions tècniques complementàries es poden veure a continuació:

- **ITC MIE-APQ-1:** Emmagatzematge de líquids inflamables i combustibles en recipients fixos.
- **ITC MIE-APQ-2:** Emmagatzematge d'òxid d'etilè en recipients fixos.

- **ITC MIE-APQ-3:** Emmagatzematge de clor.
- **ITC MIE-APQ-4:** Emmagatzematge d'amoníac anhidre.
- **ITC MIE-APQ-5:** Emmagatzematge de gasos en recipients a pressió mòbils.
- **ITC MIE-APQ-6:** Emmagatzematge de líquids corrosius en recipients fixos.
- **ITC MIE-APQ-7:** Emmagatzematge de líquids tòxics en recipients fixos.
- **ITC MIE-APQ-8:** Emmagatzematge de fertilitzants a base de nitrat amònic amb alt contingut en nitrogen.
- **ITC MIE-APQ-9:** Emmagatzematge de peròxids orgànics i de matèries autoreactives.
- **ITC MIE-APQ-10:** Emmagatzematge en recipients mòbils.

S'hauran de classificar les substàncies químiques que s'emmagatzemen en la planta segons les ITC que han de complir. Això es fa amb ajut de les indicacions de perill de cada substància que s'ha vist en l'apartat 5.3.

5.4.1.1. Metanol

El metanol és el reactiu principal del procés i presenta una doble perillositat que condiciona el seu emmagatzematge. D'una banda, la seva inflamabilitat i, de l'altra, la seva elevada toxicitat aguda i específica.

Taula 5.12. Classificació APQ del Metanol.

Frases H	ITC aplicable	Classe de perill	Categoria
H225	ITC APQ-1	Líquids inflamables	Categoria 2
H301,H311,H331	ITC APQ-7	Toxicitat aguda	Categoria 3
H370	ITC APQ-7	Toxicitat específica en determinats òrgans en exposició única	Categoria 1

Dins de la categoria la substància també està classificada en una classe que es pot trobar en la classificació específica de la ITC.

Segons l'Article 3 de l'Annex II del RD 656/2017 (pàg. 65792), les substàncies inflamables es classifiquen en funció del seu punt d'inflamació.

Atès que el metanol presenta un punt d'inflamació d'aproximadament de 10 °C, aquest s'enquadra dins de la Subclasse B1, definida per a productes amb un punt d'inflamació inferior a 38 °C.

A més de la seva inflamabilitat, el metanol presenta una elevada toxicitat, la qual cosa obliga a l'aplicació de la ITC APQ-7. Com que el metanol està classificat amb les indicacions de perill H301, H311 i H331 (Categoria 3) i H370 (Toxicitat específica en determinats òrgans), l'emmagatzematge s'ha de dissenyar complint els requisits de seguretat i salut d'aquesta instrucció.

5.4.1.2. Solució formaldehid 37 %

Taula 5.13. Classificació APQ de la solució de formaldehid 37%.

Frases H	ITC aplicable	Classe de perill	Categoria
H226	ITC APQ-1	Líquids inflamables	Categoria 3
H314	ITC APQ-6	Líquid corrosiu	Categoria 1
H330, H301, H311	ITC APQ-7	Toxicitat aguda	Categoria 1,2,3
H350	ITC APQ-7	Carcinogenicitat	Categoria 1A,1B
H370	ITC APQ-7	Toxicitat específica en determinats òrgans en exposició única	Categoria 1
H341	ITC-APQ-7	Mutagenicitat en cèl·lules germinals	Categoria 2

Per trobar la classe de la solució de formaldehid al 37% com té un punt d'inflamació de 63,9 °C classificaria com classe C, però com que aquest punt d'inflamació pot canviar depenent de la quantitat de metanol que conté, s'ha optat per dissenyar amb la subclasse B2 que és més restrictiva per evitar accidents a causa d'algun canvi en la composició.

5.4.2. Requisits tècnics per a l'emmagatzematge de Metanol (TE-101)

El metanol és un líquid inflamable de la Subclasse B1 i posseeix una Toxicitat Aguda de Categoria 3. El seu emmagatzematge als tancs TE-101 (278 m^3) i TE102 (278 m^3) ha de complir simultàniament amb l'ITC APQ-1 (Líquids inflamables) i l'ITC APQ-7 (Líquids tòxics), aplicant sempre la disposició més restrictiva.

5.4.2.1. Distancia de seguretat i emplaçament

A) Càlcul de la distància al límit de propietat

Per a la determinació de les distàncies de seguretat s'aplica el procediment descrit a l'Article 17 de la Instrucció Tècnica Complementària, considerant la distància entre el recipient i el límit de propietat exterior (Veure càlcul en manual de càlcul).

S'arriba a que la distància entre el tanc i el límit de la propietat haurà de ser de mínim 12 m.

A més de la distància al perímetre exterior, s'han definit les distàncies internes de seguretat respecte a altres elements de la planta. Seguint el Cuadro III-1 i aplicant els coeficients i mínims legals ja esmentats, s'estableix una separació de 12 metres respecte a les unitats de procés i edificis administratius. Així mateix, la distància entre els tancs i altres recipients d'emmagatzematge es fixa en un valor no inferior a D/4 (1,5 metres aproximadament) d'acord amb l'Article 18 de la ITC APQ-1.

B) Separació entre recipients

Segons la normativa la distància mínima entre parets dels tancs ha de ser de D/2. El tanc té un diàmetre extern de 6,184 metres, per tant, la distància mínima entre tancs serà de 3,092 metres que per simplificar s'arrodonirà a 3,5 metres.

C) Criteris d'emplaçament i ventilació

Per garantir la seguretat en cas de fuga de producte tòxic, s'han seguit les següents pautes d'ITC APQ-7:

- **Ubicació a l'aire lliure:** Els tancs s'ubiquen preferentment a l'exterior per afavorir la dispersió natural de vapors tòxics i evitar l'acumulació de mescles inflamables en recintes tancats.
- **Orientació i ventilació:** S'ha evitat la col·locació dels tancs en racons tancats o zones sense circulació d'aire, garantint que qualsevol emissió accidental es dissipi ràpidament.

D) Accessibilitat i proteccions

- **Accés d'emergència:** Es garanteix que almenys el 25% del perímetre de l'emmagatzematge sigui accessible per als serveis d'extinció d'incendis.
- **Vials de circulació:** Els camins d'accés tenen una amplada mínima de 5 m per permetre la maniobra de camions de bombers.
- **Proteccions contra impactes:** S'instal·laran barreres de protecció física en aquells punts del tanc o de la cubeta propers a les zones de pas de vehicles pesants per evitar danys estructurals per col·lisió.

5.4.2.2. Cubeta de retenció

El disseny de la cubeta de retenció per als tancs TE-101 i TE-102 s'ha realitzat per garantir el confinament total del producte en cas de fallada estructural del dipòsit, seguint les prescripcions de la ITC APQ-1 i la ITC APQ-7.

A) Dimensionament i capacitat

Quan una cubeta conté més d'un recipient la seva capacitat útil ha de ser com a mínim igual al volum del tanc més gran, però s'ha pres la decisió de fer la cubeta amb la capacitat per poder suportar el volum dels dos tancs pel perill que podria portar el fet que el metanol s'escampi per la planta.

Es dissenya un recinte rectangular amb murs de formigó armat. L'alçada dels murs s'ha calculat per contenir el volum total més un marge de seguretat (*freeboard*) per evitar desbordaments per pluja intensa.

Es fan els càlculs (veure manual de càlcul) i s'obté una cubeta de 21 metres de llarg, 21 metres d'ample i 1,5 metres d'alçada cosa que permet també garantir l'1 metre al voltant dels tancs que s'ha de deixar per garantir el pas de les inspeccions.

Tenint una capacitat neta de 573,3 m^3.

B) Impermeabilitat i resistència química

Atès que el metanol és un producte tòxic i pot contaminar els aqüífers, el disseny de la cubeta inclou mesures especials d'estanquitat requerides per la APQ-7.

- **Recobriment tècnic:** Les superfícies internes (terra i murs) estaran tractades amb un revestiment polimèric resistent a alcohols. Aquest recobriment garanteix que el formigó sigui totalment impermeable i no absorbeixi el producte.

- **Juntes d'estanquitat:** Totes les juntes de dilatació i de construcció de la cubeta segellaran amb materials elastòmers compatibles amb el metanol per evitar qualsevol filtració al subsol.

C) Drenatge

- **Vàlvula de tall:** La cubeta disposarà d'una arqueta de sortida amb una vàlvula de tall que romandrà sempre tancada sota procediment operatiu.
- **Gestió d'aigües pluvials:** Abans d'obrir la vàlvula per buidar l'aigua de pluja, un operari haurà de verificar mitjançant anàlisi ràpida que no hi ha presència de metanol.

D) Accessibilitat i detalls constructius

- La cubeta disposarà d'escales d'accés (internes i externes) fabricades en material ignífug i antilliscant, situades en punts oposats per garantir una via d'evacuació segura.
- Totes les línies de procés han de passar per sobre dels murs de la cubeta.
- La llosa de la cubeta ha de poder suportar més dels 200000 kg del pes ple dels tancs (més un marge de seguretat per si hi ha pluja o altres objectes que puguin augmentar el pes total).
- El sòl de la cubeta ha de tenir un pendent mínim d'1% perquè qualsevol líquid arribi al punt de recollida.

5.4.2.3. Seguretat tècnica i sistemes de ventilació

El disseny dels sistemes d'alleujament i control dels tancs tenen com a objectiu mantenir la integritat estructural de l'equip davant canvis de pressió interna i minimitzar l'alliberament de vapors tòxics i inflamables a l'atmosfera, d'acord amb els articles de la ITC APQ-1 i la ITC APQ-7.

A) Ventilació normal

Per gestionar els canvis de pressió derivats de l'ompliment/buidatge i de les variacions tèrmiques (expansió/contracció del vapor), s'instal·larà una vàlvula de pressió i buit que romandrà tancada per evitar pèrdues de producte, obrint-se només quan la pressió interna superi els valors de consigna. Al ser inflamable la línia de ventilació ha d'incorporar un apagallums per evitar que una ignició externa pugui propagar-se a l'interior del tanc.

B) Inertitzar amb nitrogen

Es preveu un sistema d'atmosfera inerta on s'introdueix nitrogen a la part superior del tanc per mantenir la concentració d'oxigen per sota del límit d'inflamabilitat que es controlarà amb un sistema de regulació i els seus controladors.

C) Ventilació d'emergència

En cas d'un incendi exterior l'augment de la cubeta provocaria un augment de pressió sobtat pel que s'instal·larà una ventilació d'emergència que s'obrirà automàticament en cas de sobrepressió per evitar una explosió catastròfica del tanc.

D) Tractament de vapors tòxics

A causa de la toxicitat del metanol, els gasos de sortida no es poden alliberar directament, s'ha de posar un filtre de carbó actiu, a més el punt final de descàrrega haurà d'estar a una alçada segura perquè no hi hagi dispersió de vapors en les zones de treball.

E) Instrumentació i control de nivell

El sobre ompliment és un dels principals accidents segons l'APQ-1, per tant, s'instal·la un transmissor de nivell amb dues alarmes: una alarma d'alt nivell per a quan el tanc arriba al 90% i una alarma que talla automàticament el flux en arribar al 95% de la capacitat.

5.4.2.4. Operacions de càrrega i descàrrega

El disseny de l'estació de descàrrega pels camions cisterna que subministren el metanol també ha de complir alguns punts segons la normativa.

A. Zona de descàrrega

- El camió s'estacionarà en una zona amb pendent cap a una canal de recollida que ha de ser independent de la cubeta del tanc i estar dissenyada per recollir el volum d'una possible ruptura de mànega. Aquesta canal ha de derivar a una arqueta de seguretat per evitar contaminar xarxes pluvials.
- Donat el risc de corrent estàtic havent-hi un líquid inflamable és obligatori connectar el camió a una presa a terra abans de començar el transvasament. De fet, s'instal·larà un controlador perquè el sistema de bombament no permeti l'arrencada si no detecta una connexió correcta a terra.

B. Control d'emissions

Es farà servir una línia de retorn de vapors, ja que tenint metanol, un compost inflamable i tòxic, no es poden deixar sortir els vapors generats a l'aire. Aquest sistema desplaçarà els vapors tornant-los a la cisterna mentre el líquid entra al tanc.

C. Proteccions extra

La zona on pot maniobrar el camió tindrà proteccions físiques per evitar que una mala maniobra colpegi alguna canonada o el mateix tanc.

A més a més, s'instal·larà un polsador d'aturada fàcilment accessible per tallar el subministrament elèctric i les vàlvules automàticament en cas d'emergència.

5.4.3. Requisits tècnics per a l'emmagatzematge de la solució de formaldehid al 37% (TE-501 i TE-502)

L'emmagatzematge de formaldehid (Formalina al 37%) es realitza en dos tancs verticals de 485 m^3 cadascun. El producte es classifica com a Subclasse B2 (és en teoria subclasse C, però per seguretat si hi ha algun canvi de composició s'ha optat per classificar com classe B2) (inflamable), Corrosiu (APQ-6) i Tòxic/Cancerigen (APQ-7) per tant, els requisits seran definits per aquestes normatives.

5.4.3.1. Distància de seguretat i emplaçament

A. Càlcul distància límit de propietat i distàncies internes

Per a la determinació de les distàncies de seguretat s'aplica el procediment descrit a l'Article 17 de la Instrucció Tècnica Complementària, considerant la distància entre el recipient i el límit de propietat exterior (Veure càlcul en manual de càlcul).

S'arriba a què la distància entre el tanc i el límit de la propietat haurà de ser de mínim 8 m.

Aplicant el mateix càlcul i el mínim legal per a B2 es manté una separació de 8 metres respecte als reactors i edificis administratius.

B. Separació entre recipients

Segons la normativa la distància mínima entre parets dels tancs ha de ser de D/2. El tanc té un diàmetre extern de 7,452 metres, per tant, la distància mínima entre tancs serà de 3,76 metres que per simplificar s'arrodonirà a 4 metres.

C. Criteris d'emplaçament i ubicació

Atesa la gran perillositat del formaldehid l'emplaçament ha de complir amb certes mesures:

- **Ubicació exterior:** S'ha d'ubicar a l'aire lliure per garantir una ventilació permanent evitant l'acumulació de vapors en cas de fuites.
- **Accessibilitat;** Almenys el 25% del perímetre de la cubeta ha de ser directament accessible pels serveis d'emergència i els camins perimetrals han de tenir una amplada mínima de 5 metres per permetre maniobres dels serveis d'emergència.
- S'han d'instal·lar barreres físiques en punts on els tancs o canonades estiguin exposats al trànsit de vehicles pesants de càrrega.
- Hi ha d'haver control de temperatura i el tanc ha d'estar protegit de temperatures extremes per evitar la polimerització del producte.
- Hi haurà una franja de protecció de 8 metres al voltant dels tancs que estarà lliure de vegetació i materials combustibles complint així l'àrea de dispersió necessària per a productes cancerígens i a més a més donant protecció extra contra incendis.

5.4.3.2. Cubetes de retenció

El disseny de la cubeta de retenció per als tancs de formalina TE-501 i TE-502 s'ha realitzat per garantir el confinament total del producte davant de qualsevol fuita o trencament catastròfic, complint simultàniament amb les ITC APQ-1, APQ-6 i APQ-7.

A. Dimensionament i capacitat

Quan una cubeta conté més d'un recipient la seva capacitat útil ha de ser com a mínim igual al volum del tanc més gran (485 m^3 en aquest cas). S'ha decidit fer servir les mateixes mesures que amb la cubeta del tanc del metanol (21 metres de llarg, 21 metres d'ample i 1,5 metres d'alt), ja que amb un volum net de 573,3 m^3 s'obté sobradament la capacitat requerida a més del marge de seguretat per pluja, l'espai d'inspecció d'un metre i la separació de 2 metres entre ells.

B. Impermeabilitat i resistència química

El formaldehid és un producte altament corrosiu pel formigó armat, per tant, totes les superfícies internes estaran tractades amb un revestiment de resina de vinil èster, un material específicament resistent a la formalina i al metanol fet servir com estabilitzant.

Les juntes de la cubeta se segellaran amb materials que mantinguin la resistència química permanent evitant qualsevol filtració al subsol d'un agent cancerigen.

C. Drenatge i pendents

Igual que en el metanol:

- **Pendent del sòl:** El sòl tindrà un pendent mínim de l'1% cap a l'arqueta de recollida.
- **L'arqueta de sortida** tindrà una vàlvula de tall sempre tancada que s'obrirà per buidar la pluja acumulada només després de dur a terme una anàlisi química per detectar possible presència de producte.

D. Detalls construcció

Totes les canonades han de passar per sobre dels murs.

Es disposaran d'escales d'accés fetes amb materials resistents a la corrosió en punts oposats per garantir una evacuació segura.

El sòl de la cubeta haurà de poder suportar la càrrega combinada d'ambdós equips a més d'un marge de seguretat per si hi ha pluja o altres objectes que puguin augmentar aquest pes.

5.4.3.3. Seguretat tècnica i ventilació

El sistema de ventilació i alleujament de pressió dels tancs de formalina s'ha dissenyat per garantir la integritat mecànica dels equips i, sobretot, per complir amb l'Article de la ITC APQ-7, que prohibeix l'emissió directa a l'atmosfera de vapors de productes cancerígens (H350).

A. Ventilació normal i Rentador de gasos

A diferència del metanol, els vapors desplaçats per variació tèrmica o de pressió no es poden ventejar directament a l'aire lliure:

- **Sistema de captació:** Les sortides de les vàlvules de pressió i buit (PVRV) de tots dos tancs es connecten a un col·lector comú d'acer inoxidable 316L.
- **Rentador de gasos:** Aquest col·lector dirigeix els vapors cap al tractament de gasos de la planta.
- S'ha d'instal·lar un apagallums per evitar la propagació d'una flama cap a l'interior del tanc el qual serà de Inox 316L per evitar que es faci malbé a causa de la corrosió.

B. Inertització amb nitrogen

Per tal de minimitzar la formació de paraformaldehid (sòlid) i eliminar el risc d'atmosfera explosiva:

Funció: Es manté una sobrepressió de nitrogen sec. Això evita l'entrada d'oxigen i d'humitat atmosfèrica, la qual cosa ajuda a mantenir l'estabilitat de la solució al 37%.

C. Ventilació d'emergència

Es preveu una escotilla d'alleujament d'emergència a cada tanc, calculada per al supòsit d'incendi a la cubeta.

Atesa la naturalesa cancerígena del formaldehid, l'alleujament d'emergència (escotilla de socors) no realitzarà una descàrrega directa a l'entorn immediat del tanc. S'han previst les següents mesures:

- **Canalització a zona segura:** Els vapors d'emergència es dirigiran mitjançant un col·lector d'acer inoxidable a una xemeneia d'evacuació segura situada a una alçada mínima de 15 m sobre el nivell del terra.
- **Dispersió controlada:** El disseny de la sortida de la xemeneia s'ha calculat per garantir que, en cas d'activació per incendi, la concentració de formaldehid a arran de terra se situï sempre per sota dels valors VLA-EC (Valor Límit Ambiental d'Exposició de Curt Termini).
- **Prioritat de seguretat:** En cas d'emergència extrema, es prioritza l'alleujament de pressió per evitar la ruptura catastròfica del recipient, utilitzant l'elevació i la dispersió com a mètode de protecció de la salut pública segons l'Article 10.2 de la ITC APQ-7.

D. Instrumentació i control de nivell

El sobre ompliment és un dels principals accidents segons l'APQ-1, per tant, s'instal·la un transmissor de nivell amb dues alarmes: una alarma d'alt nivell per a quan el tanc arriba al 90% i una alarma que talla automàticament el flux en arribar al 95% de la capacitat.

A més a més, s'instal·larà un control de temperatura per mantenir el producte entre 15 i 25 graus Celsius activant una alarma si la temperatura baixa massa (perquè pot polimeritzar) o puja massa (per risc de sobrepressió).

5.4.3.4. Operacions de càrrega i descàrrega

El disseny de l'estació de descàrrega pels camions cisterna que carreguen el formaldehid també ha de complir alguns punts segons la normativa.

A. Zona de càrrega

A diferència de la zona de metanol, la solera on s'estaciona el camió ha de suportar la naturalesa corrosiva del formaldehid:

- **Paviment impermeable:** La zona de descàrrega disposarà d'una solera de formigó amb un tractament superficial de resina vinil èster a causa de la seva capacitat corrosiva.
- **Canal i arqueta de recollida:** Es projecta un canal perimetral que deriva a una arqueta de seguretat independent a la de la cubeta
- Donat el risc de corrent estàtic havent-hi un líquid inflamable és obligatori connectar el camió a una presa a terra abans de començar el transvasament. De fet, s'instal·larà un controlador perquè el sistema de bombament no permeti l'arrencada si no detecta una connexió correcta a terra.

B. Control d'emissions

Atès que el formaldehid és un agent cancerigen (H350), el sistema de descàrrega ha de ser de circuit tancat:

- **Mànega de retorn:** A més de la mànega de líquid, es connectarà obligatòriament una línia de retorn de vapors des del tanc cap a la cisterna del camió.
- **Acoblaments de tancament ràpid:** S'utilitzaran connexions especials que minimitzen el degoteig en el moment de la desconnexió, evitant l'exposició de l'operari a vapors tòxics.

C. Proteccions extra

La zona on pot maniobrar el camió tindrà proteccions físiques per evitar que una mala maniobra colpegi alguna canonada o el mateix tanc.

A més a més, s'instal·larà un polsador d'aturada fàcilment accessible per tallar el subministrament elèctric i les vàlvules automàticament en cas d'emergència.

- **Equips de Protecció Individual (EPIs):** L'estació disposarà d'un armari de seguretat amb vestits de protecció química tipus 3 o 4, guants de nitril d'alta resistència i protecció respiratòria específica per a formaldehid.

- **Dutxa i renta ulls d'emergència:** Situats a una distància no superior a 10 metres del punt de connexió, per actuar immediatament en cas de contacte accidental amb el producte corrosiu.

5.4.4. Etiquetatge

És important que el personal i qualsevol persona que passi per a prop de punts d'emmagatzematge d'aquests productes químics pugui identificar els perills que pot portar la substància, per la qual cosa s'ha de posar un etiquetatge que sigui visible a una certa distància amb els perills d'aquestes substàncies. A continuació es poden veure en les figures 5.1. i 5.2. les etiquetes pel metanol i el formaldehid respectivament.



Figura 5.1. Etiqueta per el tanc d'emmagatzematge del metanol.



Figura 5.2. Etiqueta per els tancs d'emmagatzematge del formaldehid en solució.

5.5. Senyalització a la planta

La senyalització de seguretat i salut a la planta es configura com una mesura preventiva complementària d'extrema importància. El seu objectiu principal és condicionar, mitjançant missatges visuals, acústics o lluminosos, la conducta dels treballadors i del personal extern davant de riscos que no s'han pogut evitar o limitar prou mitjançant mesures de protecció col·lectiva o organitzatives.

El disseny i la implementació d'aquest sistema de comunicació visual s'ha realitzat d'acord amb el Reial Decret 485/1997[16] sobre disposicions mínimes en matèria de senyalització de seguretat i salut en el treball. Hi ha també una guia per fer la interpretació oficial d'aquest reial decret [17]. Tanmateix, per a la identificació específica de les substàncies químiques manipulades, s'ha integrat la normativa europea del Reglament CLP (CE 1272/2008)[18] garantint que els pictogrames de perill siguin coherents amb el Sistema Globalment Harmonitzat (GHS).

En aquest apartat es detallen els criteris seguits per a la selecció de colors, formes i ubicacions dels senyals, així com la codificació específica per a la identificació de conduccions i recipients d'emmagatzematge, assegurant una resposta ràpida i eficaç en condicions d'operació normal i d'emergència.

5.5.1. Colors de seguretat i formes geomètriques

L'ús de colors i formes geomètriques estandarditzades permet que el missatge de seguretat sigui reconegut de forma gairebé instantània, eliminant barreres lingüístiques i minimitzant el temps de reacció. A la següent taula es defineix el codi de colors segons el RD 485/1997 [16].

Taula 5.14. Diferents colors fets servir en senyals d'advertència i els seus significats.

Color de seguretat	Significat	Indicacions i aplicació	Color de contrast
Vermell	Prohibició/Perill	Comportaments perillosos; parada d'emergència; identificació d'equips de lluita contra incendis.	Blanc
Groc	Advertència	Atenció, precaució, verificació de riscos.	Negre
Blau	Obligació	Comportament o acció específica.	Blanc

Color de seguretat	Significat	Indicacions i aplicació	Color de contrast
Verd	Salvament o auxili	Portes, sortida d'emergència, rutes d'evacuació i llocs de primers auxilis.	Blanc

La combinació del color amb una forma específica reforça la intencionalitat del senyal:

- **Cercle:** Es fa servir per a senyals de prohibició (amb una banda transversal vermella) i per a senyals d'obligació (fons blau).
- **Triangle:** Es fa servir exclusivament per a senyals d'advertència (fons groc i vora negra).
- **Quadrat o Rectangle:** Es fa servir per a senyals d'informació, ja sigui de lluita contra incendis (fons vermell) o de salvament i socors (fons verd).

Per garantir la visibilitat, el color de seguretat ha d'ocupar com a mínim el 50% de la superfície del senyal (a excepció dels senyals de prohibició, on el vermell ha d'ocupar almenys el 35%).

5.5.2. Senyals en forma de panell

Els senyals en forma de panell són elements permanents instal·lats en suports fixos o directament sobre els equips. Segons el Reial decret 485/1997, aquests han de ser de materials resistents als agents atmosfèrics i a la corrosió química present a la planta. La seva implementació no només respon a un imperatiu legal, sinó a una necessitat operativa de mantenir un entorn de treball on els riscos siguin identificables de manera intuïtiva i permanent. La instal·lació s'ha de realitzar a una alçada i en una posició òptima respecte a l'angle visual, tenint en compte possibles obstacles i garantint que la il·luminació sigui suficient. També és important que es facin revisions periòdiques per assegurar que els senyals romanguin sempre visibles i nets. En zones de risc especials és important que els panells estiguin situats abans d'entrar en la zona de perill.

5.5.2.1. Senyals d'advertència

Aquests senyals tenen la missió d'alertar de la presència de riscos o perills imminents. Seguint els requisits del Reial Decret 485/1997, presenten forma triangular, amb pictograma negre sobre fons groc (el groc ha de cobrir com a mínim el 50% de la superfície) i vores negres. A la Figura 5.3. es mostren els diferents senyals existents i que es podrien disposar en certs punts de la planta.

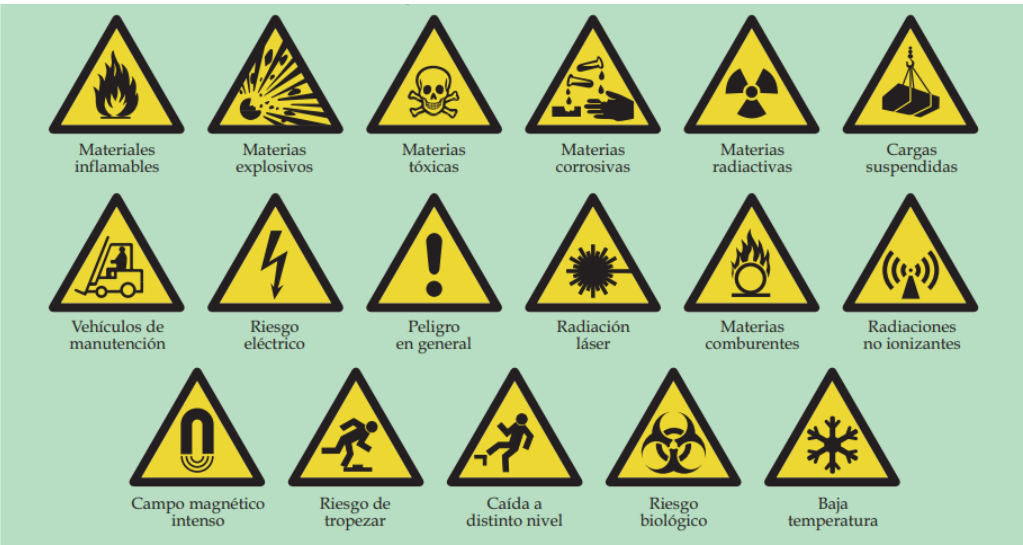

Figura 5.3. Senyals d'advertència a la planta segons la guia tècnica. [13]

Aquests senyals seran instal·lats al llarg de la planta en els punts on es consideri precís per la presència d'algun perill. És important que aquest senyal sigui visible abans d'arribar al perill per assegurar-se que els usuaris que passin per la zona del perill estiguin assabentats del perill abans d'arribar a la zona on és per poder així actuar de manera preventiva.

5.5.2.2. Senyalització de prohibició

Els senyals de prohibició tenen com a finalitat restringir comportaments o accions que podrien desencadenar un accident greu.

Segons el Reial Decret 485/1997, aquests senyals presenten una forma circular amb el pictograma negre sobre fons blanc, vora vermella i una banda transversal descendent a 45° que cobreix el pictograma. El color vermell ha d'ocupar, com a mínim, el 35% de la superfície del senyal.



Figura 5.4. Senyals de prohibició a la planta segons la guia tècnica. [13]

En treballar amb compostos inflamables en la major part de la planta, a prop de qualsevol punt on pugui haver-hi una fuga d'algun dels compostos s'instal·larà el senyal de prohibició de fumar o encendre foc. A més a més, s'instal·larà en punts crítics el senyal d'entrada prohibida a persones no autoritzades per evitar riscos per contacte o inhalació de substàncies nocives.

5.5.2.3 Senyalització d'obligació

Els senyals d'obligació s'encarreguen d'indicar el comportament o l'acció específica que el personal ha de dur a terme per garantir la seva seguretat, principalment referida a l'ús obligatori d'Equips de Protecció Individual (EPI). Seguint les especificacions del Reial Decret 485/1997, aquests panells presenten una forma circular amb el pictograma blanc sobre un fons blau, el qual ha d'ocupar com a mínim el 50% de la superfície del senyal.



Figura 5.5. Senyals d'obligació a la planta segons la guia tècnica.[13]

Aquests senyals estaran presents en els punts on sigui necessari l'ús de EPIS. Hi ha posteriorment un apartat on s'estudien els EPIS que faran falta en la planta i, per tant, també els senyals d'obligació que s'hauran de posar en la planta.

5.5.2.4 Senyalització de lluita contra incendis

Aquests senyals tenen com a objectiu permetre la localització ràpida i inequívoca dels equips i instal·lacions d'extinció en cas de foc. D'acord amb el Reial Decret 485/1997, aquests panells tenen forma quadrada o rectangular, amb el pictograma blanc sobre un fons vermell (que ha d'ocupar com a mínim el 50% de la superfície).

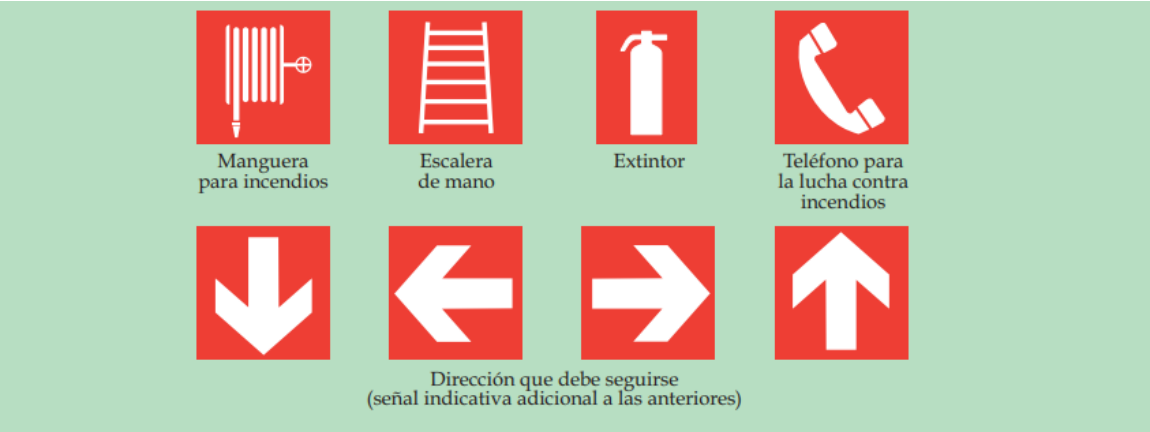

Figura 5.6. Senyals de lluita contra incendis a la planta segons la guia tècnica.

Segons el Reial decret 513/2017 sobre instal·lació de proteccions contra incendis [17] tots els senyals relatius a equips de lluita contra incendis i rutes de salvament seran fotoluminescents, garantint la seva visibilitat en cas de fallada del subministrament elèctric. S'instal·laran aquests senyals per la identificació dels diferents equips contra incendis que hi haurà.

5.5.2.5 Senyalització de salvament i socors

Els senyals de salvament estan dissenyats per guiar els operaris cap a les zones de seguretat o per indicar la ubicació de mitjans d'auxili mèdic. Seguint el criteri normatiu, són de forma quadrada o rectangular amb el pictograma blanc sobre fons verd.



Figura 5.7. Senyals de salvament i socors a la planta segons la guia tècnica.

Aquests senyals s'ubiquen a una alçada visible sobre cada equip d'auxili i segons el Reial decret 513/2017 sobre instal·lació de proteccions contra incendis [17] tots els senyals relatius a equips de lluita contra incendis i rutes de salvament seran fotoluminescents, garantint la seva visibilitat en cas de fallada del subministrament elèctric.

5.5.3 Senyals lluminosos

Aquesta categoria de senyalització s'utilitza per transmetre avisos d'alerta o d'emergència de manera immediata, especialment quan els senyals visuals estàtics (panells) no són suficients per captar l'atenció del personal. Aquests sistemes han de garantir una percepció clara i inequívoca en tot l'àmbit d'actuació previst sense arribar a produir enlluernaments que dificultin la visió.

Per posar un exemple de senyals lluminosos en la planta: s'instal·laran senyals lluminosos en les estacions de càrrega i descàrrega, s'activen balises de color ambre intermitent durant tot el temps que dura l'operació de transvasament, advertint del risc de moviment de vehicles i de la presència de mànegues connectades.

5.5.4 Senyals acústiques

Els senyals acústics s'encarreguen de transmetre les alarmes de seguretat mitjançant un codi de sons preestablert. El sistema s'ha dissenyat per tenir un nivell sonor superior al soroll ambiental de la planta, garantint que sigui audible fins i tot amb l'ús de protectors auditius.

S'utilitzen dos tipus de senyals acústics clarament diferenciats: un so intermitent per a situacions d'alerta o preemergència (que indica precaució o confinament), i un so continu i sostingut per a l'ordre d'evacuació general.

5.5.4 Senyals gestuals

Aquest tipus de senyalització consisteix en moviments o posicions dels braços i les mans, codificats de manera precisa, per guiar els operadors de vehicles pesants o maquinària en maniobres de precisió.

És imperatiu que els operaris coneguin a la perfecció aquests senyals per tal que siguin capaços d'actuar de manera immediata en veure el senyal.

A) Gestos generales

Significado	Descripción	Ilustración
Comienzo: Atención. Toma de mando.	Los dos brazos extendidos de forma horizontal, las palmas de las manos hacia adelante.	
Alto: Interrupción. Fin del movimiento.	El brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano hacia adelante.	
Fin de las operaciones.	Las dos manos juntas a la altura del pecho.	

B) Movimientos verticales

Significado	Descripción	Ilustración
Izar.	Brazo derecho extendido hacia arriba, la palma de la mano derecha hacia adelante, describiendo lentamente un círculo.	
Bajar.	Brazo derecho extendido hacia abajo, palma de la mano derecha hacia el interior, describiendo lentamente un círculo.	
Distancia vertical.	Las manos indican la distancia.	

Figura 5.8. Senyals gestuals generals i per moviments verticals a la planta segons la guia tècnica.

C) Movimientos horizontales

Significado	Descripción	Ilustración
Avanzar.	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el interior, los antebrazos se mueven lentamente hacia el cuerpo.	
Retroceder.	Los dos brazos doblados, las palmas de las manos hacia el exterior, los antebrazos se mueven lentamente, alejándose del cuerpo.	
Hacia la derecha: Con respecto al encargado de las señales.	El brazo derecho extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano derecha hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
Hacia la izquierda: Con respecto al encargado de las señales.	El brazo izquierdo extendido más o menos en horizontal, la palma de la mano izquierda hacia abajo, hace pequeños movimientos lentos indicando la dirección.	
Distancia horizontal.	Las manos indican la distancia.	

D) Peligro

Significado	Descripción	Ilustración
Peligro: Alto o parada de emergencia.	Los dos brazos extendidos hacia arriba, las palmas de las manos hacia adelante.	
Rápido.	Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen con rapidez.	
Lento.	Los gestos codificados referidos a los movimientos se hacen muy lentamente	

Figura 5.9. Senyals gestuals generals i per moviments horitzontals i perills a la planta segons la guia tècnica.

5.5.5 Senyalització de conduccions

La identificació de les canonades que transporten fluids a través de la planta és un factor de seguretat vital per a l'explotació i el manteniment de la instal·lació. Atès que la planta gestiona productes inflamables, corrosius i tòxics, s'ha adoptat un sistema de codificació per colors basat en la norma UNE 1063:2000 [19], la qual permet identificar el contingut de les conduccions de manera ràpida i a distància.

El sistema d'identificació consta de tres elements fonamentals: el color de fons (que indica la naturalesa del fluid), la llegenda de text (nom de la substància) i el sentit del flux.

Fluido	Grupo	Color básico	Color adicional	Color de los caracteres
Agua	1	Verde	-	Blanco
Vapor	2	Rojo	-	Blanco
Aire	3	Gris	-	Negro
Gases inflamables	4	Amarillo	Rojo	Negro
Gases no inflamables	5	Amarillo	Negro	Negro
Ácidos	6	Naranja	-	Negro
Alcalís	7	Violeta	-	Blanco
Líquidos y sólidos inflamables	8	Marrón	Rojo	Blanco
Líquidos y sólidos no inflamables	9	Marrón	Negro	Blanco
Oxígeno	0	Azul	-	Blanco

Figura 5.10. Color identificatiu de tubs segons UNE 1063:2000.

A més del color, les canonades estaran senyalitzades amb anells o fletxes de color contrastat (blanc o negre segons el fons) que indicaran la direcció del moviment del fluid. Aquestes fletxes se situaran a prop de les vàlvules, en els canvis de direcció, en els passos de murs i a intervals regulars en trams rectes.

A sobre del color de fons, s'inclourà un text clar amb el nom de la substància i, si la pressió o la temperatura són crítiques, s'especificaran els seus valors d'operació.

5.5.6 Senyalització al transport

El transport de mercaderies perilloses per carretera està regulat pel Reial Decret 97/2014. Qualsevol vehicle cisterna que accedeixi per a les operacions de càrrega de metanol o formaldehid ha de complir estrictament amb els requisits de senyalització exterior per identificar el risc de la càrrega de forma ràpida i a distància.

La senyalització consisteix en un panel taronja que té en la part superior el número d'identificació del perill de la substància i en la part inferior un codi que identifica la substància transportada.

A continuació en la figura 5.11 es pot veure la senyalització que haurà de portar el transport del formaldehid i a la figura 5.12 l'etiqueta que haurà de portar el transport de metanol. [20]



Figura 5.11. Senyals de formaldehid en el seu transport.



Figura 5.12. Senyalització del metanol en el seu transport.

5.6 Higiene

La higiene industrial es defineix com la disciplina preventiva que s'encarrega d'anticipar, identificar, avaluar i controlar els factors ambientals o tensions sorgides en el lloc de treball que poden provocar malalties, pèrdua de salut i benestar, o una incomoditat significativa entre els treballadors. A la planta la gestió de la higiene és crítica a causa de la naturalesa dels productes manipulats.

L'objectiu d'aquest apartat és establir les mesures tècniques i organitzatives necessàries per mantenir els nivells d'exposició per sota dels límits legalment establerts, garantint un entorn de treball segur des del punt de vista químic, físic i biològic.

5.6.1 Disposicions mínimes de seguretat i salut

El marc normatiu bàsic que regeix les condicions dels llocs de treball a l'Estat espanyol és el Reial Decret 486/1997 [21] Aquesta normativa estableix les condicions d'infraestructura, ordre i ambient que ha de complir qualsevol instal·lació industrial. També es pot consultar la guia tècnica que explica aquest Reial Decret de manera oficial. [22]

5.6.1.1. Ordre, neteja i manteniment

L'ordre i la neteja són pilars fonamentals per reduir la probabilitat d'accidents laborals, especialment en zones amb risc de vessament químic.

Zones de pas i evacuació: Les vies de circulació han d'estar lliures d'obstacles en tot moment i clarament senyalitzades. S'ha previst un disseny que permeti el pas segur de persones i equips de manteniment.

Neteja periòdica: S'han establert protocols de neteja sistemàtica, eliminant immediatament qualsevol taca de greix o producte químic que pugui fer el sòl lliscant o generar vapors.

Gestió de residus: Les deixalles i restes de productes químics (com EPIs usats) es dipositaran en recipients tancats i degudament etiquetats per evitar l'acumulació de vapors tòxics a l'ambient.

5.6.1.2. Condicions ambientals (Annex III)

Aquest annex regula els paràmetres que garanteixen el confort i la salut respiratòria del personal:

- **Temperatura:** En els llocs de treball tancats (sala de control i laboratori), la temperatura es mantindrà entre 17 °C i 27 °C. A la zona de procés exterior, es prioritzarà la ventilació natural i l'ús de roba de treball adequada segons l'estacionalitat.
- **Humitat relativa:** Es mantindrà en un interval d'entre el 30% i el 70% per evitar molèsties o irritacions en les mucoses dels treballadors.

- **Ventilació:** S'ha dissenyat un sistema que garanteix una renovació mínima de l'aire de 50 m3/h per treballador en espais tancats. En aquelles àrees on es puguin emetre substàncies perilloses (com el formaldehid), es disposarà d'extractors localitzats per captar el contaminant en l'origen abans que es dispersi per la planta.

5.6.2 Higiene personal

En una instal·lació que processa substàncies amb toxicitat aguda i potencial cancerigen, les normes d'higiene personal passen a ser un protocol de seguretat d'obligat compliment. L'objectiu és minimitzar el temps de contacte amb els contaminants i evitar la ingesta o absorció accidental, així com la propagació de substàncies químiques fora de les zones controlades.

S'estableixen les següents mesures operatives[22]:

- **Roba de treball i gestió de vestuaris:** Queda prohibit l'ús de roba de carrer durant l'activitat laboral. L'empresa proporcionarà roba de treball específica. Els vestuaris estan equipats amb un sistema de doble taquilla: una per a la roba neta (carrer) i una altra per a la roba de treball, separades físicament per evitar la contaminació creuada. La roba de treball serà rentada en la mateixa fàbrica, no es podrà extreure de la fàbrica per evitar que surti un agent cancerigen a l'exterior.
- **Higiene de mans i cura personal:** Els operaris han de realitzar una neteja exhaustiva de mans després de cada procés i, obligatòriament, abans de menjar o abandonar la planta.
- **Accessoris i joies:** Es prohibeix l'ús de joies. Aquests objectes poden quedar atrapats en parts mòbils acumular residus químics en contacte amb la pell o generar guspires per electricitat estàtica.
- **Cura dels cabells i protecció facial:** Els cabells llargs s'han de portar recollits per evitar l'atrapament.

També s'estableixen les següents prohibicions d'acord amb el Reial Decret 374/2001 [23] en les zones de treball:

- **Menjar i beure:** L'entrada d'aliments o begudes està totalment prohibida per evitar el risc d'ingesta de productes químics.
- **Tabac:** Prohibició absoluta de fumar, tant pel risc d'ignició (metanol) com per la possible contaminació mà-boca.

- **Aplicació de cosmètics:** Queda prohibit aplicar-se cremes o productes de cura personal a les zones on hi hagi presència de vapors o pols química.

5.7 Equips de Protecció Individual (EPI)

L'ús d'EPIs a la planta es regeix pel Reial Decret 773/1997[24]. Tots els equips seleccionats disposen de la marcació CE i compleixen amb les normes UNE específiques per a riscos químics. Atesa la presència de metanol i formaldehid, la selecció dels materials s'ha basat en la seva resistència a la permeació i degradació química.

5.7.1 Protecció de les vies respiratòries

Segons el RD 773/1997 [24] l'ús d'equips de protecció individual de les vies respiratòries (EPIVR) és obligatori en qualsevol operació on el sistema de ventilació general o l'extracció localitzada no garanteixin concentracions per sota dels valors VLA-ED i VLA-EC definits anteriorment.

El seu ús serà obligatori per qualsevol tasca on hi hagi un mínim risc de poder quedar exposat a algun dels agents químics perillosos per les vies respiratòries.

5.7.1.1 Classificació dels equips seleccionats

S'han seleccionat dos tipus d'equips en funció de la naturalesa de la tasca i la concentració estimada del contaminant:

- **Equips depuradors (Filtrants):** Utilitzen l'aire de l'ambient fent-lo passar a través d'un filtre que reté els gasos o partícules. Es faran servir per a tasques rutinàries de mostreig i inspecció.
- **Equips aïllants (Autònoms):** Proporcionen aire des d'una font externa independent de l'atmosfera de la planta. Es reserven exclusivament per a situacions d'emergència (fuites massives) o treballs en espais confinats on la concentració de vapors pugui desplaçar l'oxigen.

5.7.1.2 Especificació tècnica dels filtres

Els filtres tenen protecció específica per certs compostos, és per això que s'han de tenir diferents filtres que es faran servir segons el compost que s'esperi trobar en el lloc de l'activitat realitzada.

En primer lloc, pel metanol s'ha trobat que el fabricat recomana l'ús de filtre tipus AX [6]. Aquest està dissenyat per atrapar compostos orgànics de baix punt d'ebullició que el carbó actiu normal no atrapa de manera efectiva. És molt important saber que aquest filtre ha de ser llençat en acabar la jornada, ja que tot i no estar en ús el metanol pot traspassar el filtre posant en perill al pròxim usuari d'aquest.

Per la solució de formaldehid al 37% el fabricant recomana un filtre de tipus ABEK [9] tot i que hi ha filtres específics pel formaldehid en solució [25] per tant, s'optarà pels específics ,ja que es considera que amb un agent cancerigen millor prendre totes les mesures possibles per evitar que els treballadors entrin en contacte amb ell.

5.7.2 Protecció de les mans

La protecció de les mans és un requisit crític. A diferència dels guants de protecció mecànica, els guants de protecció química han d'actuar com una barrera molecular estanca. Per a la seva selecció, no només s'ha tingut en compte el material, sinó també els assajos de permeància, degradació i penetració davant les substàncies de procés.

Per escollir els guants s'han consultat les fitxes dels dos productes [6] i [9].

S'ha decidit que per al metanol es faran servir guants de goma butílica que tenen un temps de penetració de 480 minuts amb un gruix de 0,7 mm. Seran fets servits per a quan es manipuli el metanol pur que arriba com reactiu.

En el cas del formaldehid s'ha decidit agafar dos guants diferents que es faran servir depenent de la tasca a realitzar. En primer lloc, es disposarà de guants de nitril de 0,4 mm resistents a immersió amb un temps de penetració de 480 minuts. Aquest es faran servir per tasques de manteniment o altres activitats que puguin portar a una exposició prolongada de l'usuari a la solució de formaldehid. Per una altra banda, s'ha decidit disposar de guants de 0,2 mm també de nitril que tindran un temps d'exposició de només 60 minuts que es faran servir per a l'anàlisi al laboratori, ja que ofereixen més llibertat de moviment i si s'entra en contacte amb la substància serà de manera breu.

Abans de fer ús dels guants s'haurà de comprovar que no hi hagi porus o microtalls i qualsevol guant exposat a formaldehid o metanol de manera directa haurà de ser llençat (en el cas dels de 60 minuts) i en el cas dels 480 minuts es podran rentar i continuar fent servir fins que es detecti degradació o s'apropi el seu temps d'ús màxim recomanat.

5.7.3 Protecció ocular i facial

L'exposició dels ulls a esquitxades líquides o vapors concentrats de metanol i formaldehid és un dels riscos més greus a la planta. Mentre que el metanol pot provocar danys sistèmics per absorció a través de les mucoses, el formaldehid actua com un agent corrosiu i altament irritant.

Es faran servir ulleres de muntura integral que compleixen la norma governamental EN-166 [6] [9], ja que així ofereixen una protecció estanca contra els possibles vapors. Pel fet que es faran servir en alguns casos conjuntament amb una màscara respiratòria, s'aplicarà en les ulleres un tractament antiboira per evitar reduir la visibilitat de l'operari.

Per a operacions amb un risc més elevat com podria ser la presa de mostres del reactor o la connexió/desconnexió dels braços de la zona de càrrega s'optarà per fer servir una pantalla facial per protegir tota la cara. Aquest també haurà de ser antiboira per seguretat.

5.7.4 Protecció del cos i peus

La protecció de l'esquelet i les extremitats inferiors s'ha dissenyat sota un enfocament dual: la resistència química davant del formaldehid i la seguretat ignífuga/antiestàtica davant del metanol. Tots els equips compleixen amb el RD 773/1997 [24] i les normes UNE-EN derivades.

5.7.4.1 Roba de protecció química i antiestàtica

S'han definit diferents nivells de protecció segons la zona i la tasca.

- **Ús diari:** El personal operatiu utilitzarà granotes que siguin antiestàtiques retardants de la flama. Aquesta vestimenta es farà servir en totes les zones de treball i durant tota la jornada laboral. Aquestes granotes no generen guipes per fricció evitant possibles incendis pel seu contacte amb metanol. Aquesta granota haurà de ser resistent a petites esquitxades de productes químics.
- **Per operacions de risc elevat:** S'usaran granotes que també siguin antiestàtiques retardants de la flama, però a més a més hauran de ser resistents a un contacte directe amb els productes químics de la planta, no només a esquitxades, ja que en aquestes operacions poden comportar un contacte prolongat amb aquests productes químics.

5.7.4.2 Calçat de seguretat

El calçat és un element crític per a la seguretat en una planta química, actuant com a punt de connexió a terra del treballador.

Aquest calçat de seguretat ha de tenir una certa resistència mínima contra impactes per ser un entorn industrial i prevenir de possibles impactes. També haurà de ser resistent a la degradació química per evitar que els productes químics puguin arribar en contacte amb el treballador. Una altra propietat molt important és que el calçat de seguretat ha de tenir propietats antiestàtiques per garantir que no es produeixi energia electroestàtica en la planta per culpa d'aquest calçat.

5.7.5 Protecció del cap (Casc de seguretat)

La protecció del crani és obligatòria a totes les àrees de procés, emmagatzematge i manteniment d'acord amb la norma. El casc no només protegeix contra la caiguda d'objectes o cops contra estructures fixes, sinó que en el nostre cas actua com una barrera addicional contra esquitxades químiques des de nivells superiors. El casc ha de poder ajustar-se correctament per garantir que el casc no caigui durant moviments bruscos o inclinacions.

5.7.6 Protecció de l'oïda

L'exposició al soroll a la planta prové principalment de les bombes de transvasament, els ventiladors del sistema d'extracció i el pas de fluids a alta pressió per les canonades. Segons el RD 286/2006, és obligatori l'ús de protecció auditiva quan el nivell de soroll diari equivalent supera els 85 dB [26]. És important no sobreprotegir perquè l'operari ha de poder escoltar de manera correcta les indicacions verbals d'altres operaris i els senyals acústics d'emergència.

- **Taps auditius:** Per a ús general en zones de procés. Són d'un sol ús i ofereixen un nivell d'atenuació suficient per reduir el soroll de fons de les bombes a nivells segurs.
- **Orelleres acoblades al casc:** Per a operacions de manteniment en zones d'alta intensitat sonora. Aquestes ofereixen una atenuació superior i són més fàcils de posar i treure durant tasques intermitents.

5.7.7. Manteniment, conservació i substitució dels EPI

L'eficàcia d'un Equip de Protecció Individual no depèn exclusivament de la seva selecció tècnica inicial, sinó de la seva integritat al llarg del temps. Un manteniment deficient pot

provocar la degradació dels polímers o la saturació dels carbons actius, deixant l'operari exposat. S'estableix un protocol estricte de revisió i conservació seguint les instruccions específiques dels fabricants.

5.7.7.1. Inspecció i neteja

Tots els equips han de ser inspeccionats abans i després de cada ús.

- **Equips de protecció respiratòria i ocular:** Després de cada torn, les màscares integrals i les ulleres s'han de netejar amb aigua tèbia i sabó neutre per eliminar restes de formalina o suor. S'ha de prestar especial atenció a les vàlvules d'exhalació de les màscares, garantint que no hi hagi residus que n'impedeixin el tancament hermètic.
- **Roba i guants:** S'han de revisar buscant talls, punxades o canvis en la coloració que indiquin degradació química.

5.7.7.2 Emmagatzematge

L'emmagatzematge correcte evita la degradació prematura dels materials:

- **Condicions ambientals:** Els EPI s'han de guardar en llocs frescos, secs i protegits de la llum solar directa.
- **Seguretat dels filtres:** Els filtres s'han d'emmagatzemar en bosses hermètiques quan no s'utilitzin. Atès que el carbó actiu absorbeix contaminants de l'aire ambient per simple exposició, un filtre guardat sense segellar es podria saturar fins i tot sense ser fet servir per l'operari.

5.7.7.3 Vida útil i criteris de substitució

S'estableixen criteris clars per a la retirada dels equips:

- **Filtres AX (Metanol):** Els filtres AX es consideren d'un sol ús (màxim un torn de treball). S'han de descartar obligatòriament al final de la jornada laboral.
- **Filtres de Formaldehid:** Se substituiran immediatament si l'operari detecta qualsevol olor característica del producte o si augmenta la resistència a la respiració.
- **Guants de Nitril/Butil:** Es descartaran si presenten signes d'inflament enduriment o si han superat el temps de permeació acumulat recomanat pel fabricant.

- **Caducitat:** Tots els equips tenen una data de caducitat impresa. Un cop superada, l'equip s'ha de retirar encara que sembli nou, ja que les propietats físiques dels materials ja no estan garantides.

5.7.7.4 Registre de manteniment

Cada operari disposarà d'una fitxa de seguiment on quedarà reflectida la data d'entrega dels EPI, les substitucions de filtres realitzades i les revisions periòdiques dels equips de complexitat més elevada (com els equips autònoms).

5.8 Prevenció de riscos laborals

La Prevenció de Riscos Laborals a la planta es defineix com el conjunt d'activitats i mesures adoptades en totes les fases d'activitat de l'empresa amb la finalitat d'evitar o disminuir els riscos derivats del treball. A diferència dels apartats anteriors, centrats específicament en el contaminant químic, aquest bloc aborda la seguretat des d'una perspectiva sistèmica i multidisciplinària, integrant la seguretat en el treball, l'ergonomia, la psicosociologia i la gestió organitzativa.

L'objectiu principal és garantir que la interacció entre el personal operatiu, la maquinària de procés i les substàncies químiques (metanol i formaldehid) es realitzi sota condicions de control total, minimitzant la sinistralitat.

5.8.1 Marc normatiu i gestió de la prevenció

La política preventiva de la instal·lació s'articula entorn de la Llei 31/1995, de 8 de novembre, de Prevenció de Riscos Laborals [27]. Aquesta llei estableix l'obligació de l'empresari de protegir els treballadors davant els riscos laborals, així com els drets i deures dels empleats en matèria preventiva.

Per al desplegament d'aquesta llei, la planta se sotmet al Reial Decret 39/1997. En funció de la dimensió de la planta i la perillositat dels processos químics realitzats, s'estableixen els següents criteris de gestió:

- **Model Organitzatiu:** Atès que la plantilla és inferior als 250 treballadors, però l'activitat està inclosa en l'Annex I del RD 39/1997 (per manipulació de substàncies cancerígenes com el formaldehid), l'empresa concertarà la prevenció amb un Servei de Prevenció Aliè(SPA). Aquest servei cobrirà les especialitats de Seguretat en el Treball, Higiene Industrial, i Ergonomia i

Psicosociologia Aplicada. La Vigilància de la Salut també es gestionarà de forma externa.

- **Recursos Preventius:** Tot i la subcontractació de l'SPA, designarà treballadors designats amb formació superior per actuar com a enllaç directe a la planta i garantir el compliment diari de les normes.
- **Auditoria de Seguretat:** A causa de la presència de formaldehid (Annex I), la planta estarà sotmesa a una auditoria externa del sistema de prevenció cada dos anys, tal com marca la normativa per a activitats de risc especial, en lloc dels quatre anys habituals [28].

5.8.2 Metodologia de l'avaluació de riscos

La identificació i valoració dels riscos laborals es realitza seguint el mètode d'Avaluació General de Riscos de l'INSST [29]. Aquest mètode permet analitzar cada lloc de treball i operació, determinant la magnitud del risc a partir de la relació entre la probabilitat que es produeixi un dany i la severitat de les seves conseqüències.

El procés s'estructura en tres fases: estimació de la severitat, estimació de la probabilitat i valoració final del risc.

5.8.2.1 Estimació de la Severitat (S)

La severitat es categoritza en funció de la magnitud del dany potencial sobre la salut del treballador o la integritat de les instal·lacions:

- **Lleugerament danyós (LD):** Danys superficials que no impedeixen la continuïtat de la jornada o requereixen només primers auxilis com per exemple talls petits o cops lleugers.
- **Danyós (D):** Lesions que provoquen incapacitat temporal o danys significatius a la salut com per exemple fractures menors o cremades de segon grau.
- **Extremadament danyós (ED):** Lesions greus, malalties permanents o mortals com amputacions, intoxicacions agudes per metanol amb danys al sistema nerviós o efectes cancerígens deguts a una exposició prolongada al formaldehid.

5.8.2.2 Estimació de la Probabilitat (P)

La probabilitat es determina analitzant la freqüència de l'exposició, l'estat de les proteccions col·lectives i el compliment dels protocols de treball:

- **Baixa (B):** El dany ocorrerà rarament. Existeixen proteccions redundants i el personal està altament format com per exemple el vessament en un circuit tancat i automatitzat.
- **Mitjana (M):** El dany ocorrerà en algunes ocasions. Les mesures preventives són suficients, però poden fallar com contacte durant l'anàlisi de mostres si no s'ajusta bé els EPI.
- **Alta (A):** El dany ocorrerà gairebé sempre o amb molta freqüència si no s'intervé. Manca total o parcial de mesures de control, no hauria de passar en una instal·lació industrial ben dissenyada i gestionada.

5.8.2.3 Valoració i Nivells de Risc (NR)

Mitjançant el producte de la probabilitat per la severitat, s'obté la següent taula amb els riscos que comporten aquestes combinacions de severitat i probabilitat.

NR = P *S

Taula 5.15. Riscos que comporten las combinacions de severitat i probabilitat..

Severitat→ Probabilitat ↓	Lleugerament Danyós (LD)	Danyós (D)	Extremadament Danyós (ED)
Baixa (B)	Risc Trivial (TR)	Risc Tolerable (TO)	Risc Moderat (MO)
Mitjana (M)	Risc Tolerable (TO)	Risc Moderat (MO)	Risc Important (I)
Alta (A)	Risc Moderat (MO)	Risc Important (I)	Risc Intolerable (IN)

5.8.2.4 Criteris d'actuació i control

Un cop determinada la magnitud del risc s'apliquen els següents criteris d'actuació per gestionar les deficiències detectades:

- **Trivial (TR):** No requereix acció específica, només mantenir els controls existents.
- **Tolerable (TO):** No cal millorar l'acció preventiva de forma immediata, però s'han de considerar millores econòmiques i fer revisions periòdiques.

- **Moderat (MO):** S'han de fer esforços per reduir el risc. Les mesures s'han d'implantar en un període determinat. Si el risc moderat està associat a conseqüències extremadament danyoses, cal una vigilància més estricta.
- **Important (I):** No s'ha de començar el treball fins que s'hagi reduït el risc. Si el treball ja s'està realitzant, s'ha d'intervenir amb urgència. Requereix una inversió prioritària en proteccions col·lectives.
- **Intolerable (IN):** S'ha d'aturar l'activitat immediatament. Si no és possible reduir el risc fins i tot amb recursos il·limitats, el procés ha de quedar prohibit.

Aquesta valoració de riscos laborals es farà ja amb la fàbrica en funcionament atès que hi ha molts factors que no es poden preveure en el disseny i es descobreixen quan ja es té la fàbrica en funcionament.

5.8.3 Seguretat en el treball: Riscos mecànics i físics

En aquest apartat es descriuen els perills d'origen mecànic i físic derivats de la infraestructura i la maquinària de la planta.

5.8.3.1 Caigudes al mateix i a diferent nivell

Són els accidents més freqüents en entorns industrials. Es produeixen quan l'operari perd l'equilibri a causa d'irregularitats en el terreny o pèrdua de contacte en alçada.

Naturalesa del risc:

- **Mateix nivell:** Presència de canonades de procés arran de terra, acumulació de líquids que fan el paviment lliscant, o zones de pas mal il·luminades.
- **Diferent nivell:** Inspeccions fora de plataformes protegides, o ús d'escales de mà per a tasques de manteniments.

Mesures preventives:

- **Disseny de superfícies:** Ús de paviments industrials amb tractament antilliscant i instal·lació de reixetes de drenatge en zones on sigui habitual l'ús d'aigua.
- **Proteccions col·lectives:** Totes les plataformes i escales d'accés a tancs han de disposar de baranes de seguretat de gairebé 1 metre d'alçada, amb llistó intermedi i sòcol.
- **Sistemes anticaigudes:** Instal·lació de línies de vida fixes en aquells punts on l'operari hagi de sortir de la plataforma protegida per realitzar inspeccions.

5.8.3.2 Cops, xocs i atrapaments

Risc vinculat directament a la interacció amb elements mòbils de la instal·lació (bombes, ventiladors, agitadors).

Naturalesa del risc:

Atrapament de mans o roba en els eixos de transmissió de les bombes centrífugues o en els motors dels agitadors dels reactors. També inclou els xocs contra elements fixos (estructures de suport de canonades a baixa altura).

Mesures preventives:

- **Resguards fixos:** Instal·lació de carcasses de protecció que impedeixin el contacte físic amb qualsevol part mòbil mentre l'equip estigui en marxa.
- **Distàncies de seguretat:** Disseny de la planta garantint passadissos amplis per a la circulació de carretons elevadors, separats de les zones de vianants.
- **Dispositius d'enclavament:** En equips crítics, l'obertura de la protecció ha de provocar l'aturada immediata de la màquina.
- **Ús correcte d'EPI:** Ús per part dels treballadors de l'EPI indicat en tot moment de manera correcta.

5.8.3.3 Risc elèctric i electricitat estàtica

Dins d'aquesta indústria química, el risc elèctric és doble: el dany per electrocució i el risc de ser font d'ignició.

Naturalesa del risc:

- **Contacte directe/indirecte:** Tocar parts metàl·liques sota tensió a causa d'una fallada en l'aïllament dels motors de les bombes.
- **Descàrregues electroestàtiques:** Els fluids en fluir per les canonades genera electricitat estàtica per fricció. Una espurna provocada per aquesta acumulació pot causar una explosió si hi ha vapors presents.

Mesures preventives:

- **Aïllament:** Ús d'equips amb un grau de protecció aïllant-los elèctricament i quadres elèctrics tancats amb pany i clau.

- **Pressa a terra:** Totes les estructures metàl·liques, tancs, reactors i braços de càrrega han d'estar connectats a una xarxa de terra comuna per dissipar les càrregues estàtiques de forma contínua.
- **Protecció diferencial:** Instal·lació d'interruptors diferencials d'alta sensibilitat que tallin el subministrament davant de qualsevol derivació inesperada.

5.8.3.4 Risc per soroll i vibracions

És un risc físic que afecta la salut a llarg termini

Naturalesa del risc: Soroll continu generat pel gir dels motors de gran potència, el pas de gasos a alta velocitat o les vibracions dels compressors i bombes que es transmeten a l'estructura de la planta.

Mesures preventives:

- **Aïllament acústic:** Instal·lació de pantalles o carcasses insonoritzant en els equips més sorollosos.
- **Manteniment preventiu:** Un bon alineament dels eixos i la lubricació dels rodaments redueixen dràsticament el soroll mecànic.
- **Antivibracions:** Ús de suports antivibratoris a la base de les bombes per evitar que la vibració es transmeti a tot l'edifici.

5.8.4 Ergonomia i disseny del lloc de treball

L'ergonomia s'aplica amb l'objectiu d'adaptar el lloc de treball, les màquines i l'entorn a les capacitats i limitacions físiques i psicològiques del treballador. Un disseny ergonòmic deficient no només provoca trastorns musculoesquelètics sinó que augmenta la probabilitat d'error humà en el control del procés.

5.8.4.1 Càrrega física i manipulació manual de càrregues

En la manipulació de productes com el metanol i el formaldehid, sovint s'utilitzen formats de bidons o sacs per a additius. La manipulació incorrecta d'aquests pesos és la causa principal de lesions dorsolumbars.

Naturalesa del risc: Aixecament i transport de bidons de, o l'esforç excessiu en l'obertura de vàlvules manuals de gran diàmetre que hagin pogut quedar bloquejades.

Mesures preventives:

- **Automatització i ajudes mecàniques:** S'ha prioritzat el transvasament de productes mitjançant bombes i canonades. Per al moviment de càrregues pesades (com motors de recanvi o bidons) la planta disposa de transpalets elèctrics i ponts grua per evitar que el treballador hagi de fer l'esforç directament.
- **Límit de pes:** Segons les recomanacions de l'INSST [30] s'estableix un límit de 25 kg per a la manipulació manual. Qualsevol objecte que superi aquest pes ha de ser mogut obligatòriament entre dues persones o amb mitjans mecànics.
- **Formació postural:** Els operaris rebran instrucció sobre la tècnica correcta d'aixecament per minimitzar la pressió sobre les vèrtebres tal com es pot veure en la figura següent.



Figura 5.13. Forma correcte de aixecar un objecte.

5.8.4.2 Disseny ergonòmic de la Sala de Control

La sala de control és el cervell de la planta. Un operari cansat o amb molèsties físiques té més probabilitats de passar per alt una alarma crítica.

Naturalesa del risc: Fatiga visual per reflexos a les pantalles, dolors cervicals per postures mantingudes i estrès per un entorn sorollós o mal il·luminat.

Mesures preventives [31]:

- **Pantalles de visualització de dades:** Els monitors es col·loquen a una alçada tal que el límit superior de la pantalla estigui al nivell dels ulls. S'utilitzen filtres antireflexos i es garanteix una distància mínima de 40 cm.
- **Mobiliari ajustable:** Les cadires de la sala de control són ergonòmiques, amb suport lumbar regulable, base de cinc braços amb rodes i reposa braços. Les taules permeten prou espai per a les cames i per recolzar els canells durant l'ús del teclat.
- **Confort ambiental:** La il·luminació es manté en un nivell correcte per a tasques de lectura, amb llums indirectes per evitar enlluernaments. Així mateix, el sistema de climatització manté un confort tèrmic constant, evitant corrents d'aire que puguin causar distraccions o molèsties.

5.8.5 Psicosociologia aplicada

Tot i ser una disciplina més abstracta, la psicosociologia és fonamental en indústries químiques de procés continu com la nostra.

Naturalesa del risc: L'estrès derivat de la responsabilitat de gestionar substàncies perilloses, la fatiga mental per l'atenció sostinguda a les pantalles i els problemes derivats del treball a torns.

Mesures preventives:

- **Organització dels torns:** S'ha dissenyat un sistema de rotació de torns (matí, tarda i nit) que minimitzi l'impacte en la salut, facilitant períodes de descans suficients entre cicles.
- **Definició de funcions:** Evitar la sobrecàrrega de tasques mitjançant una clara definició de rols i protocols d'actuació senzills i directes.
- **Pausa i descans:** S'estableixen pauses curtes però freqüents durant el torn de vigilància a la sala de control per evitar la "ceguera davant l'alarma" i la pèrdua de concentració.

5.8.7 Mesures organitzatives i formació

La seguretat operativa no es basa només en proteccions físiques, sinó en un sistema de gestió que regula l'activitat humana. Les mesures organitzatives garanteixen que les

tasques crítiques es realitzin sota protocols estandarditzats i per personal degudament qualificat.

5.8.7.1 Permisos de Treball Especial (PTE)

Els Permisos de Treball són documents oficials interns que autoritzen la realització de tasques no rutinàries que comporten un risc elevat. Mitjançant el PTE, el cap de planta o el responsable de seguretat valida que s'han pres totes les precaucions abans d'iniciar l'activitat.

- Treballs en espais confinats Dins de la planta per exemple en els reactors o emmagatzematges per a inspecció o neteja es considera una operació de risc extrem per falta d'oxigen o acumulació de vapors tòxics de metanol.

Protocol: Abans d'entrar, cal realitzar un amidament de l'atmosfera interior amb un detector de gasos. És obligatòria la presència d'un recurs preventiu (vigilant exterior) i l'ús d'equips de ventilació forçada.

Treballs en calent: Es considera treball en calent qualsevol operació que generi calor, flames o guspires com soldadures en zones on hi hagi presència de metanol.

- Protocol: Cal verificar l'absència d'atmosferes explosives . S'ha de delimitar la zona, retirar qualsevol material inflamable en un radi de 10 metres i disposar d'extintors d'incendis a peu de l'obra.

C. Procediment LOTO: Per a qualsevol manteniment mecànic o elèctric, s'aplica el bloqueig físic de les fonts d'energia (vàlvules i interruptors) per evitar posades en marxa accidentals mentre l'operari treballa.

5.8.7.2 Formació i informació (Art. 18 i 19 LPRL)

La Llei de Prevenció de Riscos Laborals estableix que l'EPI és l'última barrera; la primera és el coneixement del treballador. [29]

Informació: L'empresa té l'obligació d'informar cada treballador sobre els riscos específics del seu lloc de treball i les mesures de protecció. Això inclou el lliurament i explicació de les Fitxes de Dades de Seguretat (SDS) del metanol i el formaldehid, així com el coneixement del Pla d'Emergència de la planta.

Formació: La formació ha de ser teòrica, pràctica, suficient i adequada. Atès que manipulem un cancerigen (formaldehid), es realitzarà una formació específica [32] centrada en:

- Riscos per a la salut derivats de l'exposició a agents mutàgens i cancerígens.
- Ús correcte dels equips de protecció respiratòria (ajust de màscares i canvi de filtres).
- Protocols d'higiene personal per evitar la contaminació creuada.

5.9 Primers auxilis

Els primers auxilis a la planta es defineixen com el conjunt de mesures i actuacions d'emergència que es realitzen en el mateix lloc de l'accident, amb material improvisat o de farmaciola, fins que el lesionat pugui rebre assistència mèdica professional.

En un entorn on es manipulen substàncies amb toxicitat aguda com el Metanol i agents corrosius/cancerígens com el Formaldehid, la immediatesa és crítica. El protocol de primers auxilis no només busca salvar vides, sinó minimitzar l'absorció sistèmica de tòxics i evitar danys permanents en teixits sensibles.

5.9.1 Marc legal i organització de l'assistència

L'organització dels primers auxilis a la instal·lació no és una elecció voluntària, sinó que respon a un imperatiu legal i tècnic:

1. **Llei 31/1995** [27]**:** Estableix l'obligació de l'empresari d'analitzar les possibles situacions d'emergència i adoptar les mesures necessàries en matèria de primers auxilis, designant el personal encarregat de posar-les en pràctica.
2. **Reial Decret 486/1997** [21]**:** Defineix les condicions mínimes dels llocs de treball pel que fa a la dotació de material de cura i la senyalització dels equips de socors.

Per garantir l'eficàcia d'aquests preceptes, l'organització a la planta s'estructura de la següent manera:

- **Designació de l'Equip de Primers Auxilis (EPA)**: Donada la perillositat del procés, cada torn de treball comptarà amb un mínim de dos operaris designats com a part de l'EPA. Aquests treballadors rebran formació específica i actualitzada anualment en reanimació cardiopulmonar (RCP) i protocols químics.

- **Recursos materials:** La planta disposarà d'una farmaciola central i diverses farmacioles portàtils o armariets situats estratègicament prop de les zones de risc (tancs, reactors i laboratori).
- **Coordinació externa:** L'EPA actua com el primer esglaó de la cadena de socors, tenint l'obligació de comunicar-se immediatament amb el 112 i facilitar als serveis mèdics les Fitxes de Dades de Seguretat (SDS) dels productes implicats per agilitzar l'administració d'antídots.

5.9.2 Protocol d'actuació general: Mètode PAS

Davant qualsevol situació d'emergència a la planta, tot el personal, hagi estat designat o no com a part de l'Equip de Primers Auxilis, ha d'aplicar la seqüència d'actuació PAS (Protegir, Avisar i Socórrer). Aquesta cadena d'accions garanteix que la intervenció sigui segura i coordinada.

1. P de PROTEGIR

Abans d'apropar-se a l'accidentat, cal assegurar-se que l'entorn és segur tant per a la víctima com per al socorrista. En una planta química, això implica:

- **Identificar la font del risc:** Verificar la causa de l'accident.
- **Controlar el risc:** Si és possible, tancar vàlvules d'emergència o desconnectar interruptors elèctrics des de la distància.
- **Equipament:** El socorrista mai ha d'entrar en una zona de fuita sense l'EPI respiratori adequat encara que vegi un company a terra. La protecció pròpia és la prioritat absoluta.

2. A d'AVISAR

Un cop la zona està protegida, cal posar en marxa la cadena de socors interna i externa:

- **Alarma interna:** Activar el polsador d'emergència més proper o comunicar-se per ràdio/telèfon amb la sala de control indicant: Lloc exacte, tipus d'accident i producte implicat.
- **Trucada al 112:** El responsable de seguretat o el cap de torn contactarà amb els serveis d'emergència externs, facilitant la informació tècnica de les Fitxes de Dades de Seguretat (SDS) perquè les unitats mòbils vinguin preparades per a risc químic.

3. S de SOCÓRRER

És l'última fase, on es realitza l'atenció directa a la víctima:

- **Avaluació primària:** Comprovar l'estat de consciència i la respiració.
- **Prioritat química:** Si l'accidentat està contaminat per formalina o metanol, la primera mesura de "socors" és la descontaminació immediata (portar la víctima a la dutxa o rentaülls), ja que el dany químic continua actuant mentre el producte estigui sobre la pell o els ulls.
- **Mantenir la calma:** No moure l'accidentat a menys que sigui estrictament necessari per a la seva seguretat (risc d'explosió o col·lapse d'estructura) i esperar l'arribada del personal especialitzat.

5.9.3 Protocols d'actuació específica per a risc químic

Davant d'un accident amb productes químics, el temps de reacció és el factor que determina el pronòstic de la víctima. Seguint les Fitxes de Dades de Seguretat (SDS) i les recomanacions de l'Institut Nacional de Toxicologia, s'estableixen els següents protocols:

5.9.3.1 Primers auxilis per exposició a Metanol

El metanol és un tòxic sistèmic que s'absorbeix ràpidament per totes les vies. [6]

- **Inhalació:** Traslladar immediatament la víctima a una zona amb aire fresc i mantenir-la en repòs. Si la respiració és irregular, el personal de l'EPA administrarà oxigenoteràpia si es disposa dels mitjans.
- **Contacte ocular:** Esbandir amb aigua abundant o sèrum fisiològic durant almenys 15 minuts. Tot i que no és tan corrosiu com el formaldehid, l'absorció ocular pot contribuir a la toxicitat general.
- **Contacte dèrmic:** El metanol traspassa la pell fàcilment. Cal retirar la roba i el calçat contaminat sota la dutxa de seguretat, rentant la zona afectada amb aigua durant 15 minuts.
- **Ingestió:** No induir mai el vòmit per evitar el risc d'aspiració pulmonar. Si la persona està conscient, esbandir la boca amb aigua i traslladar-la urgentment a un hospital, advertint que es tracta d'una intoxicació per metanol per a l'administració d'antídots.

5.9.3.2 Primers auxilis per exposició a Formaldehid (Formalina)

El formaldehid és un agent altament reactiu, corrosiu i sensibilitzant. El seu efecte és immediat i localitzat sobre les mucoses i la pell.[9]

- **Contacte ocular (Emergència crítica):** El formaldehid pot fixar les proteïnes de la còrnia en segons. L'ús del rentaülls ha de ser instantani, mantenint les parpelles obertes i movent l'ull en totes direccions durant un mínim de 20 minuts.
- **Inhalació:** Provoca irritació severa, tos i, en concentracions altes, edema de glotis o edema pulmonar (que pot aparèixer hores després). Cal trasllat hospitalari obligatori encara que la víctima sembli recuperar-se.
- **Contacte dèrmic:** Provoca cremades químiques i sensibilització (al·lèrgies permanents). Es requereix l'ús de la dutxa d'emergència i la retirada de qualsevol joia o element que pugui retenir el producte contra la pell.
- **Ingestió:** El formaldehid és corrosiu per al tracte digestiu. Es tractarà com una ingesta de producte càustic: no induir el vòmit i trasllat hospitalari immediat.

5.9.4 Equips d'emergència i descontaminació immediata

En una instal·lació química on el risc d'esquitxada per corrosius (formaldehid) i tòxics (metanol) és permanent, els equips de descontaminació actuen com la mesura de control de danys més eficaç. [15]

5.9.4.1 Dutxes de seguretat i rentaülls

S'instal·laran unitats combinades de dutxa i rentaülls en zones crítiques (descàrrega de cisternes, bombes de transvasament i zona de reactors). Les especificacions tècniques són [33]

- **Ubicació:** Els equips han d'estar situats a una distància que permeti arribar-hi en menys de 10 segons o un recorregut màxim de 15 metres, sense obstacles que n'impedeixin l'accés.
- **Cabal i Pressió:** * Dutxa: Ha de subministrar un cabal mínim de 60 L/min, tot i que es recomana dissenyar per a 75 L/min per garantir una rentada eficaç de tot el cos.
- **Rentaülls:** Cabal mínim de 10 L/min, amb difusors protegits contra la pols que s'alliberin automàticament en activar l'equip.

- **Temperatura de l'aigua:** L'aigua ha de ser tèbia (15-37 °C). L'aigua massa freda pot provocar un xoc tèrmic o tancar els porus de la pell, atrapant el químic; l'aigua massa calenta pot accelerar la reacció química o l'absorció del metanol.
- **Accionament:** El mecanisme d'activació (palanca o tirador) ha de ser de fàcil accés i permetre el funcionament de mans lliures; és a dir, un cop activada, la dutxa o el rentaülls ha de continuar funcionant sense que l'operari hagi de mantenir premut el polsador.

5.9.4.2 Farmaciola i dotació mínima de material de cura

La planta disposarà d'una farmaciola centralitzada sota la supervisió de l'EPA. El contingut mínim serà [21]:

- **Material de cura:** Desinfectants i antisèptics autoritzats, gases estèrils, cotó hidròfil, benes, esparadrap, apòsits adhesius, tisores, pinces i guants d'un sol ús.
- **Solucions específiques:** S'incorporaran ampolles de sèrum fisiològic portàtils per a una primera intervenció ocular ràpida.
- **Documentació:** Una còpia impresa de les Fitxes de Dades de Seguretat (SDS) i una llista amb els telèfons d'emergència (112 i Institut Nacional de Toxicologia).

5.9.5 Gestió de l'emergència sanitària i trasllat

L'actuació de l'Equip de Primers Auxilis (EPA) finalitza amb l'entrega de l'accidentat als serveis mèdics professionals. En aquest punt, la gestió de la informació és vital:

1. **Identificació exacta:** Cal informar al personal de l'ambulància sobre la substància exacta
2. **Temps d'exposició:** Comunicar quant de temps ha estat la víctima en contacte amb el producte i quines mesures de descontaminació s'han aplicat
3. **Entrega de la SDS:** S'entregarà físicament la SDS del producte als metges de l'ambulància per facilitar l'elecció del tractament hospitalari.

5.10 Seguretat contra incendis a la planta

El disseny preventiu i la resposta davant d'un incendi és un dels pilars més importants en la seguretat d'una planta i més si es treballa amb compostos inflamables com el metanol arribant en certs punts de la planta a temperatures molt elevades.

En aquest apartat, en primer lloc, es desenvolupa la identificació i classificació dels riscos d'incendis presents en la planta per estudiar a continuació les mesures preventives per evitar els incendis i els protocols d'acció que s'han de seguir en la planta davant d'un incendi per reduir els efectes d'aquest.

5.10.1 Risc d'incendi

Perquè es doni un incendi en la planta han de coexistir tres factors crítics, sense un d'aquests factors l'incendi no es dona, per això és molt important evitar que aquests tres factors coexisteixin en el mateix espai de la planta.

Els tres factors crítics són els següents:

- **Combustible:** És la substància que, en presència d'una energia d'activació és capaç de reaccionar de manera ràpida i exotèrmica. Per la planta de Formatech un combustible podria ser el metanol.
- **Comburent:** És la substància que reacciona químicament amb el combustible per permetre i mantenir la combustió. El comburent més típic és el mateix oxigen de l'aire atmosfèric.
- **Font d'ignició:** És l'energia necessària per iniciar la reacció de combustió entre el combustible i el comburent. Pot ser una superfície calenta així com qualsevol espurna.

L'absència de qualsevol d'aquests tres factors impedeix completament la formació d'un incendi.

També s'ha de recordar que cada substància té diferents maneres d'actuar davant d'un incendi i no qualsevol substància serveix per lluitar contra el foc on es veu involucrada una substància específica. És important saber com lluitar contra el foc generat per cada substància de la planta, informació que es pot trobar en les fitxes de seguretat i que es resumeix en la següent taula [7].

Taula 5.16. Mesures de lluita contra el foc dels diferents compostos de la planta..

Substància	Perill	Lluita contra foc	Específics
Metanol	Líquid molt inflamable categoria 2 amb risc d'incendi en contacte amb substàncies incompatibles. Toxicitat aguda.	Fer servir aigua polvoritzada, pols, escuma resistent a l'alcohol o diòxid de carboni	Crema amb una flama blavosa (quasi imperceptible visualment). El vapor es mescla bé amb l'aire formant

Substància	Perill	Lluita contra foc	Específics
		NO fer servir aigua a pressió, ja que es pot escampar el metanol encès propagant l'incendi.	fàcilment atmosferes explosives. Vapors més pesats que aire i poden expandir-se pel sòl.
Formaldehid solució 37%	Líquid inflamable categoria 3. Mortal en cas d'inhalació	Fer servir aigua polvoritzada, pols, escuma o diòxid de carboni NO fer servir aigua a pressió, ja que es pot escampar el metanol encès propagant l'incendi.	Vapors més pesats que aire i poden expandir-se pel sòl. El vapor es mescla bé amb l'aire formant fàcilment atmosferes explosives.
Therminol 66	Fluid tèrmic a alta temperatura. Provoca perill crònic pel medi ambient	Fer servir aigua polvoritzada, pols, escuma o diòxid de carboni. NO fer servir aigua a pressió, ja que es pot escampar el metanol encès propagant l'incendi.	Formació d'òxids de carboni perillosos per combustió incompleta.

5.10.2 Tipus de focs

En funció del tipus de combustible present a l'incendi els focs es poden classificar en cinc classes d'acord amb la normativa UNE-2-1994/A1 2005 [34]:

- **Classe A:** Són focs de combustibles sòlids i generalment de natura orgànica on la combustió es realitza normalment amb formació de brases.
- **Classe B:** Són focs de combustibles líquids o sòlids liquables.
- **Classe C:** Són focs de combustibles que en condicions normals de pressió i temperatura es troben en estat gasós.
- **Classe D:** Són focs de metalls.
- **Classe F:** Són focs que tenen per combustible olis i greixos.

Es classificaran per cada àrea de la planta les classes d'incendi que hi poden ocórrer en la següent taula:

Taula 5.17. Classes d'incendis possibles en cada àrea de la planta.

Àrea	Classes d'incendis possibles
A-100	B
A-200	B,C
A-300	B,C
A-400	C
A-500	B
A-600	A,B
A-700	-
A-800	A
A-900	B
A-1000	A,B
A-1100	A
A-1200	B
A-1300	A
A-1400	A
A-1500	A

5.10.3 Protecció contra incendis

Una vegada identificats els riscos d'incendi potencials per cada àrea es desenvolupa el disseny dels sistemes tècnics de protecció contra incendis. L'objectiu és definir les barreres que actuaran per detectar i extingir qualsevol incendi de forma ràpida i eficaç.

Per més claredat s'estructurarà en tres categories: Sistemes de detecció, sistemes de protecció activa i sistemes de protecció passiva.

Les normatives fetes servir seran el Reial Decret 164/2025 [35] que estableix la seguretat contra incendis en establiments industrials i el Reial Decret 513/2017 [36] que és el reglament d'instal·lacions contra incendis de manera general així com les normatives associades que es poden trobar dins d'aquests dos RD.

5.10.3.1 Classificació de l'establiment

En el RD 164/2025 es pot veure segons la tipologia de l'edifici i la relació amb el veïnatge com es classifiquen les indústries.

Com la planta de Formatech ocupa totalment uns edificis que estan a una distància superior als tres metres a l'edifici més pròxim d'altres establiments estant aquesta distància lliure d'elements susceptibles a propagar l'incendi la planta es considera un edifici de tipus C cosa que s'haurà de tenir en compte per les mesures antiincendis.

5.10.3.2 Risc intrínsec per sector

Donada la naturalesa inflamable dels compostos fets servir en la planta i els grans volums de compostos que es fan servir es considerarà l'establiment industrial com de risc intrínsec alt per dimensionar els sistemes de protecció contra incendis. No s'individualitzaran les diferents àrees de la planta sinó que es dissenyarà el sistema antiincendis amb la seguretat màxima per tota la planta garantint una cobertura total contra el foc en tota la planta.

5.10.4 Sistemas de detecció i alarma d'incendi

L'objectiu principal d'aquest sistema és detectar qualsevol indici d'incendi en el menor temps possible permetent l'actuació immediata dels sistemes d'extinció d'incendi i l'evacuació segura del personal de la planta.

El sistema de detecció de la planta es divideix segons la tecnologia més adequada per a la naturalesa de cada àrea: Polsador manual d'alarma

- S'instal·laran a la totalitat de les àrees de la planta. Estaran ubicats visiblement a prop de sortides d'emergència. S'han de situar amb la part superior estant a una altura d'entre 80 i 120 cm i la distància màxima a recórrer des de qualsevol punt a un polsador no pot superar els 25 metres.
- En ser una planta classificada d'alt risc el polsador desencadena accions d'emergència, i per això seran obligatòriament de doble acció el que vol dir que

l'operari haurà de trencar una coberta abans de poder prémer el polsador evitant trets accidentals.

- Cada polsador disposarà d'un senyal de seguretat amb el pictograma corresponent de material fotoluminescent per garantir la seva visibilitat en cas de fallada en la llum. El pictograma es pot veure en la figura següent.



Figura 5.14. Pictograma de polsador manual d'alarma.

- L'activació d'un dels polsadors enviarà una alarma a la sala de control que en un temps màxim de deu segons activarà el protocol de sirenes i megafonia per evacuar la zona afectada.

Detectors òptics de fums

- S'ubicaran en zones tancades on el combustible principal generi fums visibles (Incendi Classe A). Són les àrees A-800, A-1100, A-1200, A-1300, A-1400.
- Cada detector pot cobrir una superfície màxima de 60 m2 i en cas de passadissos estrets els detectors es distribuiran de manera que la distància lineal entre ells no superi els 15 metres.
- Els detectors han de col·locar-se a una distància mínima d'un metre respecte a qualsevol boca d'impulsió d'aire per evitar que el flux d'aire retardi la resposta del detector.

Detectors de temperatura

- S'ubicaran en zones on es generin de manera habitual fums que provocarien falses alarmes amb detectors òptics. Són les àrees A-600,A-1000 i A-1500.
- Cada detector pot cobrir una superfície màxima d'entre 20 i 30 metres quadrats en funció de l'alçada del sostre. El radi màxim des del centre del detector fins a qualsevol cantonada de la sala ha de ser de 4,5 metres.

Detectors de flama

- S'ubicaran en les àrees de procés, ja que el metanol crema amb una flama pràcticament invisible i no genera fums fent que els detectors òptics fallin. Per una altra banda, els detectors de temperatura no serveixen perquè al no ser àrees que es troben en un espai tancat, no s'acumularia prou temperatura per activar-ho a temps. Són les àrees A-100, A-200, A-300, A-400,A-500 i A-900.
- Els detectors es col·locaran sobre estructures elevades per garantir la visió òptica directa de la zona. Cada equip disposarà d'un angle de visió d'entre 90 i 120 graus i una distància màxima de 25 metres amb el detector.
- A causa de l'alt impacte que suposa l'activació de l'alarma automàtica que para el procés, no es pararà el procés fins que dos dels detectors detectin la flama en la mateixa àrea.

5.10.4 Protecció passiva d'incendis

La protecció passiva de la planta són els elements constructius i estructurals dissenyats per resistir els efectes tèrmics d'un incendi sense col·lapsar per impedir la propagació del foc cap a sectors adjacents. Segons les normatives els requisits de disseny són els següents:

- Totes les estructures de les naus de procés i magatzems (A-100, A-200, A-300, A-400, A-500, A-900) han de garantir una estabilitat mínima de R 90 (90 minuts de resistència sota l'acció directa del foc).
- Totes les estructures que separen els sectors industrials amb les zones de servei o administratives han de tenir una resistència al foc mínima d'EI 180 (180 minuts d'aïllament tèrmic) per garantir que el personal disposi de prou temps per executar l'aturada segura de la planta.
- La superfície màxima per un sector d'incendi és de 2500 m2
- Totes les obertures i portes de pas entre sectors d'incendi han de tenir portes tallafocs amb una classificació mínima d'EI 90 (90 minuts d'aïllament tèrmic) amb un mecanisme d'auto tancament.
- Tots els punts de canonades o cables que travessin una paret entre sectors d'incendi hauran de tenir un sistema de segellat tallafocs amb la mateixa classificació EI que la paret que travessen per evitar que l'incendi es propagui d'un sector a un altre a través d'aquests buits.

- Els materials fets servir pels sòls, parets i sostres de zones tancades han de ser d'un material que eviti la propagació ràpida de la flama o l'emissió de fums tòxics.
- Des de qualsevol punt de les àrees tancades fins a una sortida segura a l'exterior un operari no pot caminar més de 25 metres si hi ha una sola sortida o 50 metres si hi ha dues sortides en direccions oposades.
- Portes han de tenir un mínim de 80 cm de pas net i s'han d'obrir sempre en el sentit d'evacuació.

5.10.4 Protecció activa d'incendis

Els sistemes de protecció activa comprenen el conjunt d'instal·lacions i equips encarregats d'extingir el foc de qualsevol brot d'incendi a la planta.

5.10.4.1 Sistema d'abastiment d'aigua contra incendis

- A causa de tenir una planta de risc intrínsec alt, en l'àrea A-700 s'ha de disposar d'un sistema d'abastament d'aigua independent de la xarxa pública que ha de garantir un temps de funcionament autònom continu d'un mínim de 90 minuts. S'ha fet una aproximació comparant amb sistemes d'altres plantes i faran falta aproximadament 600 m^3 (5,6 metres de radi i 6 metres d'alçada).
- El tanc ha de disposar d'un sistema d'ompliment automàtic de la xarxa i d'un dispositiu visual de mesura de nivell continu.
- Pel bombeig d'aigua el tanc ha de disposar de dues bombes que tinguin la capacitat per bombejar el 100% del cabal necessari i una d'elles ha de ser alimentada per una font diferent de l'electricitat de la planta (Dièsel per exemple).
- L'aturada de les bombes només es podrà fer de manera manual quedant totalment prohibit qualsevol mena d'aturada automàtica per evitar que un error porti a apagar les bombes durant una emergència.

5.10.4.2 Xarxa d'hidrants exteriors

- S'ha d'instal·lar un anell d'hidrants a voltant de la planta que cobreixi la totalitat de les façanes i perímetres de la planta sencera.
- Els hidrants instal·lats han de tenir tres boques: dues boques laterals de 70 mm i una boca central de 110 mm.

- Els hidrants han d'estar mínim a 5 metres i màxim a 15 metres de la façana de l'edifici.
- Entre hidrant i hidrant no pot haver-hi més de 40 metres a les zones crítiques de procés (A-100, A-200, A-300, A-400, A-500 i A-900) i a 60 metres a les altres zones.
- Cada hidrant ha de poder funcionar a una pressió de 7 bars sota condicions de màxim cabal durant 90 minuts i un cabal mínim de 1000 litres per minut en operar dos hidrants de manera simultània.
- Cada hidrant ha de disposar d'una senyalització fotoluminescent tal com es pot veure a la següent figura:



Figura 5.15. Senyalització per els hidrants exteriors.

5.10.4.3 Boques d'incendi equipades

- S'han d'instal·lar boques de 45 mm en zones industrials i de 25 mm en àrees de caràcter administratiu.
- S'han d'instal·lar de manera que no hi hagi una distància superior de 30 metres entre qualsevol punt d'una sala i la boca d'incendi.
- El sistema hidràulic ha de poder donar una pressió de 2 bars i 200 l/min per dues boques que funcionin de manera simultània durant 90 minuts.
- El centre de la vàlvula d'obertura ha de quedar a una alçada màxima d'1,20 metres.

- Cada armari disposarà d'un senyal fotoluminescent tal com es pot veure en la següent figura:



Figura 5.16. Senyalització per boques d'incendi equipades.

5.10.4.4 Sistemes de ruixadors automàtics d'aigua

- S'han d'instal·lar en sectors d'incendi que superin la càrrega de foc fixada per a risc alt per tants s'instal·laran en les àrees A-100 i A-500.
- El sistema ha de ser de xarxa humida que vol dir que les canonades de distribució estan plenes d'aigua a pressió perquè en el moment que s'activi el sistema l'aigua surti de manera instantània.
- Els ruixadors hauran d'activar-se mitjançant una ampolla de vidre que es trenca en assolir certa temperatura (entre 79 i 93 graus). Aquesta activació ha de ser local, volent dir que només s'obriran els ruixadors que reben calor directa del foc evitant inundar àrees no afectades.
- Cada capçal de ruixador cobrirà màxim 9 m^2 i la distància màxima entre qualsevol paret i un ruixador serà d'1,75 metres.
- El sistema ha de poder garantir una descàrrega de 12,5 litres per minut per metre quadrat durant 90 minuts.

5.10.4.5 Sistemes de diluvi

- S'han de tenir sistemes de diluvi instal·lats en les instal·lacions que operen amb matèries altament inflamables i que no disposin de sistema de ruixadors, per tant, s'instal·laran en les àrees A-200, A-300,A-400, A-900.

- Quan es detecta un foc i es confirma des de la sala de control s'obre la vàlvula de cop inundant completament la superfície de l'àrea afectada en menys de 5 segons.
- També s'instal·laran monitors fixos en les àrees d'activació manual per poder causar la inundació des de la mateixa àrea afectada.

5.10.4.6 Sistema d'extinció automàtica per gasos inerts

- En instal·lacions químiques de risc alt els centres de control (A-800) han de disposar d'una protecció activa d'extinció que no faci servir ni aigua ni pols.
- Els gasos inerts hauran d'estar emmagatzemats en una bateria d'ampolles a alta pressió en una sala annexa a la sala de control hi ha d'haver prou gas per baixar la concentració d'oxigen a la sala de 21% a 11%.
- Només s'activa si dos dels detectors de fum detecten l'incendi per evitar una activació errònia.
- Quan s'activa s'ha d'activar un compte enrere de 30 segons per seguretat per permetre que tots els operaris abandonin la sala abans que es produeixi la inertització.
- Hi ha d'haver un polsador d'aturada per si es tracta d'una falsa alarma.
- La sala de control ha de poder retenir el gas durant mínim 10 minuts i tindrà en la part superior vàlvules d'alleujament que s'activaran durant els primers segons per evitar el pic de pressió quan s'injecten massivament els gasos.
- El sistema ha de poder injectar el 95% del gas requerit en menys de 60 segons.

5.10.4.6 Extintors portàtils

- S'instal·laran unitats de 9 kg en les àrees (A-100, A-200, A-300, A-400, A-500 i A-900) amb pols ABC.
- S'instal·laran unitats de 5 kg en la resta d'àrees amb CO_2.
- La distància entre qualsevol punt de la nau fins a un extintor no pot ser de més de 15 m en cap cas.
- La part superior de l'extintor s'ubicarà entre 0,8 i 1,2 metres respecte al sòl.

- Cada extintor disposarà d'un senyal fotoluminescent tal com es pot veure en la següent figura:



Figura 5.17. Senyalització per extintor portàtil.

5.10.2 Risc d'explosió

Mentre que el risc d'incendi avalua la propagació del foc en estructures o materials, el risc d'explosió avalua la deflagració instantània que genera una ona de pressió destructiva capaç de col·lapsar l'estructura en molt poc temps.

L'objectiu d'aquest capítol és establir les mesures de protecció contra explosions per complir amb el Reial Decret 681/2003 [37] i les directives europees per fabricants d'equips (ATEX 2014/34/UE [38]) i per la seguretat de l'usuari (ATEX 1992/92/CE[39]).

El component més crític en la planta per la seva facilitat per crear atmosferes explosives és el metanol. Que presenta un comportament extremadament volàtil en el procés.

Perquè es produeixi una explosió s'han de complir dos factors més a part dels tres factors abans esmentats en incendis (Combustible, Comburent i Font d'ignició):

- **Dispersió:** El gas ha d'estar barrejat amb l'aire dins del rang d'explosivitat de la substància.
- **Confinament:** Ha d'haver-hi un recinte tancat on s'acumuli pressió abans de produir-se l'ona de xoc.

5.10.2.1 Normativa ATEX i línia de defensa

El ATEX regula legalment qualsevol barreja amb l'aire, en condicions atmosfèriques, de substàncies inflamables en forma de gasos, vapors, boires o pols, en la qual, després d'una ignició, la combustió es propaga a la totalitat de la barreja no cremada.

El RD 681/2003 estableix una piràmide d'ordre en el disseny de línies de defensa que s'han de seguir obligatòriament:

- **Primera línia de defensa:** Impedir l'ATEX actuant sobre el comburent o el combustible per aquest motiu s'ha aplicat un matalàs de nitrogen als tancs d'emmagatzematge i s'ha d'implantar en les naus tancades un sistema de ventilació calculat per diluir qualsevol fuita de vapor per sota del 25% del seu límit inferior d'explosivitat.
- **Segona línia de defensa:** Si per motius operatius l'atmosfera explosiva és inevitable de forma puntual, s'actua sobre la font d'ignició anul·lant qualsevol guspira.
- **Tercera línia de defensa:** Si l'explosió es produeix per un error s'han de preveure mesures passives per mitigar l'explosió.

5.10.3.2 Classificació de zones ATEX

Per sistematitzar el nivell de perill la normativa classifica les àrees de risc en funció de la freqüència i durada amb la qual apareix la mescla explosiva en l'àrea.

Atès que les matèries primeres, productes intermedis i rutes de síntesi d'aquest establiment industrial es troben exclusivament en estat líquid o gasós, s'exclou d'aquest estudi la classificació d'àrees per pols combustible.

- **Zona 0:** És aquella àrea de treball en la qual una atmosfera explosiva és present de manera permanent, amb molta freqüència o durant llargs períodes de temps en condicions normals de treball.
- **Zona 1:** És aquella àrea de treball en la qual és probable la formació ocasional d'una atmosfera explosiva en condicions normals de treball.
- **Zona 2:** És aquella àrea de treball en la que no és probable la formació d'una atmosfera explosiva o en la qual si es forma aquesta atmosfera només roman durant un període de temps molt breu en condicions normals de treball.

Seguint aquesta classificació es classificaran les zones de la planta en zones ATEX tal com es pot veure en la següent taula:

Taula 5.18. Classificació ATEX de les àrees de la planta

Àrea de la planta	Zona ATEX	Zona de perill
A-100	Zona 0	Interior dels tancs d'emmagatzematge, canonades i bombes.
	Zona 1	Connexió de càrrega/descàrrega, Al voltant de les vàlvules de ventilació.
	Zona 2	Interior de la cubeta de retenció sencera.
A-200	Zona 0	Interior dels bescanviadors, el mesclador i els reactors així com les seves canonades de connexió.
	Zona 1	Al voltant de les brides de connexió, vàlvules de seguretat i aixetes de presa de mostra.
	Zona 2	Volum al voltant de tots els equips que treballen amb metanol.
A-300	Zona 0	Interior de les columnes, bescanviadors, bombes i mescladors.
	Zona 1	Entorn de les brides de connexió, aixetes de pressa i vàlvules de seguretat.
	Zona 2	Volum al voltant de tots els equips que treballen amb metanol.
A-400	Zona 0	Interior de canonades i COV
	Zona 1	Entorn de les brides de connexió, aixetes de pressa i vàlvules de seguretat.
	Zona 2	Volum al voltant de tots els equips que treballen amb metanol.
A-500	Zona 0	Interior dels tancs d'emmagatzematge, canonades i bombes.
A-500	Zona 1	Connexió de càrrega/descàrrega, Al voltant de les vàlvules de ventilació.
	Zona 2	Interior de la cubeta de retenció sencera.
A-900	Zona 1	Punts d'acoblament de les mànegues.
	Zona 2	Superfície total de la zona.
A-1000	Zona 2	Totes les parts del laboratori on es manipulin petites quantitats de productes inflamables.

5.10.3.3 Mesures de control en zones ATEX

En compliment del RD 681/2003 s'estableixen una sèrie de mesures de seguretat amb l'objectiu d'anul·lar qualsevol perill en les zones ATEX.

Mesures de seguretat organitzatives

Són aquelles barreres de procediment i administratives obligatòries per tot el personal que accedeixi a les zones de risc, ja sigui personal propi o extern.

- La planta mantindrà un document de protecció contra explosions on es recullin les avaluacions de risc i els plànols de zonificació actualitzats que haurà d'estar en tot moment a la disposició de l'autoritat laboral.
- Queda prohibit efectuar qualsevol operació de manteniment o reparació en zones ATEX sense un permís específic ATEX escrit i signat pel cap de seguretat. Si l'operació requereix treballs en calent es tallarà el procés abans de realitzar el treball.
- Tot el personal d'operacions i manteniment rebrà formació específica sobre riscos de zona ATEX així com de la senyalització i els protocols d'actuació.
- Prohibició de dispositius no certificats: Es prohibeix l'entrada a zones ATEX amb qualsevol equip elèctric que no disposi de certificació ATEX.

Mesures de seguretat físiques

- Tots els equips elèctrics de la zona de risc disposaran de marcatge CE seguint la icona internacional d'antiexplosius Ex.
- Totes les estructures mecàniques han d'estar interconnectades elèctricament entre si i a la xarxa general de terra a la planta. A la zona de càrrega i descàrrega s'instal·larà un dispositiu de posada a terra pel camió que evitarà que les bombes funcionin si el camió no està connectat a terra.
- S'instal·laran en àrees amb alguna Zona 1, sensors de detecció de gasos que han de tenir dues alarmes: Una prealarma per a quan la concentració de metanol sigui 10% del seu límit inferior d'explosivitat per poder actuar i una alarma d'evacuació per a quan se superi el 25% de límit inferior d'explosivitat.

Requisits per a Equips en Zona 0:

- Categoria ATEX obligatòria 1G.

- Nivell de protecció d'equip (EPL Ga) que garanteix un nivell de seguretat molt alt fent l'equip segur en condicions normals i en cas d'avaria fins i tot en cas d'avaria amb dues fallades simultànies.
- Per la instrumentació es fan servir controladors amb seguretat intrínseca (Ex ia) que limita el voltatge i el corrent per sota del llindar d'ignició del metanol.
- Queda totalment prohibit instal·lar qualsevol equip mecànic que pot patir fricció directa en una Zona ATEX 0.
- Per petits components elèctrics on els elements poden espurnejar, estan totalment embeguts en una resina estanca que impedeix el contacte físic amb el gas.

Requisits per a Equips en Zona 1:

- Categoria ATEX obligatòria 2G o superior
- Nivell de protecció d'equip (EPL Gb) que garanteix un nivell de seguretat alt dissenyant l'equip per no ser una font d'ignició en el seu funcionament normal ni tampoc quan pateix una avaria previsible.
- Per la instrumentació es fan servir elements amb seguretat intrínseca (Ex ib)
- S'instal·len envolvents antideflagrants en equips amb motors grans per retenir una possible extensió i que no surti a l'exterior.

Requisits per a Equips en Zona 2:

- Categoria ATEX obligatòria 3G o superior
- Nivell de protecció d'equip (EPL Gc) que garanteix un nivell de seguretat normal dissenyant l'equip per no ser una font d'ignició en el seu funcionament normal.
- Els equips com llums LED han de ser no espurnejants (Ex n) en condicions d'ús normal.

5.10.3.3 Torxa de seguretat

S'instal·la una torxa de seguretat a on aniran els gasos alliberats en cas d'emergència i els que es queden atrapats en els equips en cas d'aturada total per evitar el seu alliberament a l'atmosfera atès que el formaldehid és mortal i el metanol pot crear amb molta facilitat atmosferes explosives. Aquesta torxa disposa d'un sistema d'encesa automàtic.

- La torxa s'ha d'ubicar a l'àrea més aïllada de la parcel·la
- La radiació arran de terra no pot superar 1,58 kW/m^2 a les zones d'accés públic garantint que qualsevol persona pugui romandre de forma indefinida sense sofrir danys i 4,73 kW/m^2 a les àrees on els operaris hagin d'executar accions d'emergència permetent un temps d'exposició segur de diversos minuts.

5.11. Pla d'emergència intern

5.11.1. Introducció i objectius del pla

El pla d'emergència és el document operatiu de la planta per l'organització de recursos en cas de sinistres. El pla es redacta seguint les normatives del Reial decret 840/2015 [40] així com el Decret 82/2010 [41] de la Generalitat de Catalunya.

El pla d'emergència intern té dos objectius principals, primerament organitza l'actuació immediata en cas d'emergència i garanteix l'evacuació segura de tots els operaris de la planta. En segon lloc, estableix els canals de comunicació amb les autoritats per si fos necessari activar un pla d'emergència exterior del sector químic.

Es realitzaran simulacres per tal d'avaluar l'efectivitat del pla d'emergència així com per detectar errors i millores aplicables. Aquests han de ser periòdics i variar en causa i gravetat.

5.11.2 Organització humana de l'emergència

Quan sona l'alarma tenir una jerarquia d'emergència ben pensada ajuda a poder actuar més ràpidament i de manera més eficaç.

Les figures que s'expliquen a continuació han d'estar presents en tots als torns, volent dir que per cada torn hi haurà algú que sigui aquesta figura perquè un accident pot ocórrer en qualsevol moment.

- **Cap d'emergència:** S'ubica en la zona segura de la sala de control. Rep la informació de l'accident i ordena l'evacuació general i si cal, pot trucar a emergències per demanar ajuda externa.
- **Cap d'intervenció:** Es dirigeix al lloc de l'accident i dirigeix sobre el terreny les operacions d'extinció i rescat coordinant els equips d'intervenció. És la persona que ha d'explicar la situació als bombers quan aquests arriben.

- **Equip de primera intervenció:** Està constituït per tots els operaris del torn, són els primers a arribar al punt de sinistre i la seva funció és atacar immediatament al foc amb mitjans manuals. Si el foc supera la capacitat dels mitjans manuals s'han de retirar per seguretat i entra l'equip de segona intervenció.
- **Equip de segona intervenció:** Un grup d'operaris que compten amb formació avançada en emergències químiques i són els encarregats de desplegar els mitjans de gran capacitat de la planta com les boques d'incendi equipades. Disposen d'un armari d'emergència amb equips complets de bombers per la intervenció.
- **Equip d'evacuació i alarma:** Format per personal que no està directament lligat al procés químic i la seva única missió és evacuar a tot el personal el més ràpid possible comprovant que ningú es queda enrere.

És important que tots els treballadors coneguin molt bé la seva funció en cas d'emergència.

5.11.2 Tipus d'emergència

A continuació es presenten els diferents nivells d'emergència i els recursos que s'han de mobilitzar per a cada nivell. Es poden veure en la taula següent:

Taula 5.19. Classificació dels nivells d'emergència

Nivell d'emergència	Àrea afectada	Recursos a mobilitzar	Avís als serveis d'emergència
Nivell 1: Conat	Un punt molt localitzat.	Equip de primera intervenció de la zona	No
Nivell 2: Parcial	Una part important de la planta	Equip de segona intervenció i cap d'intervenció	Sí (Avís preventiu d'informació)
Nivell 3 General	Tota la planta	Tota la plantilla (Evacuació) + Cossos externs	Sí, activació immediata del pla d'emergència exterior.

5.11.3 Pla exterior

Atès que la planta supera els llindars inferiors de la directiva Seveso la planta està obligada a implementar un pla d'emergència exterior el qual és redactat i executat de forma directa per la Direcció General de Protecció Civil de la Generalitat de Catalunya.

En el mateix moment que es detecti que un sinistre evoluciona cap a una emergència general o que els efectes superin el perímetre de la parcel·la s'haurà de realitzar una trucada immediata d'emergència a la qual es transmetrà la següent informació:

- Identificació exacta de l'empresa i localització de la planta
- Substàncies químiques implicades
- Mesures de mitigació internes que s'estan executant
- Evolució meteorològica local

Una vegada arribin els bombers el cap d'intervenció ha d'explicar detalladament la situació proporcionant fitxes de seguretat dels productes, els plànols de la planta i la posició de les vàlvules crítiques.

5.12 Anàlisi de riscos

L'anàlisi HAZOP és una metodologia d'avaluació de riscos de tipus qualitativa, sistemàtica i predictiva utilitzada àmpliament en la indústria química de procés. L'objectiu principal d'aquest estudi és identificar tant els perills potencials per a la seguretat del personal i de les instal·lacions com els problemes d'operativitat que puguin afectar el rendiment correcte de la planta de producció de formaldehid.

En tractar-se d'un procés que involucra substàncies altament inflamables i tòxiques i reaccions químiques fortament exotèrmiques, l'HAZOP esdevé una eina indispensable per garantir que el disseny de la planta disposi de prou capes de protecció davant de qualsevol desviació de les variables d'operació.

L'estudi es basa en paraules guies les quals es poden veure a la taula.

Taula 5.20. Paraules guia

Paraula guia	**No s'aconsegueixen les intencions previstes en el disseny**
No	Augment quantitatiu sobre la intenció de disseny
Més	Disminució quantitativa sobre la intenció de disseny
Menys	Disminució quantitativa de la variable
A més	Augment qualitatiu amb la funció desitjada es realitza una activitat addicional
Part de	Disminució qualitativa
Invers	S'obté l'efecte contrari al desitjat
En lloc de	No s'obté l'efecte desitjat

	Anàlisi de riscos -HAZOP			Full 1/10
	Àrea	**Equip principal**	**Ítems**	**Data**
	A-100	Tanc de metanol	T-101,T-102, P-101,P-102, P-103,P-104	27/5/2026

Límits del node: Comprèn els tancs d'emmagatzematge de metanol líquid, la línia de recepció i càrrega des del camió cisterna, la línia d'injecció de nitrogen i la línia d'aspiració que connecta el tanc amb les bombes de transferència cap al procés de reacció (bombes incloses).

Substàncies presents: Metanol i Nitrogen

HAZOP	Equip Principal: Tanc de metanol		Àrea: A-100		Full 2/10
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux d'entrada de metanol.	-Bomba s'espatlla o es queda sense energia durant la descàrrega del camió. -Camió es queda completament buit abans d'acabar operació programada	-El nivell de tanc no puja -El sensor de cabal de la bomba en marca 0 -Salta alarma de baix cabal	-S'atura el procés d'ompliment del tanc. -Si el camió s'ha quedat buit risc que la bomba treballi en sec i es faci malbé	Mitjançant commutació manual tancar les vàlvules de bomba trencada i si s'ha espatllat la bomba, obrir les de la bomba paral·lela
		Vàlvula d'entrada al tanc tancada per algun error. (Per seguretat és Fail Close)	-L'indicador de cabal marcarà zero. -El sensor de posició de la vàlvula indicarà error o tancat -Nivell de tanc no es mou	El metanol no pot entrar al tanc produint un augment de pressió perillós en la canonada	Disposar d'un dispositiu de seguretat que atura la bomba automàticament si detecta pujada de pressió anòmala en la canonada

HAZOP	Equip Principal: Tanc de metanol		Àrea: A-100		Full 3/10
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux d'entrada de metanol.	Obstrucció de la línia d'aspiració	-El nivell de tanc no puja -El sensor de cabal de la bomba en marca 0 -Salta alarma de baix cabal	Es talla el pas del líquid cap a la bomba podent entrar en cavitació	Pla de manteniment preventiu per la revisió i neteja de la línia d'aspiració.
	Flux de Nitrogen d'inertització	Avaria a la màquina generadora de nitrogen	-El sensor de pressió interna del tanc detectarà caiguda de pressió -Activa l'alarma de baixa pressió	El tanc es queda sense aportació de N2, en buidar el metanol es genera un buit que pot forçar l'entrada d'oxigen podent crear atmosfera explosiva	Es tindran bombones d'emergència de N2 amb commutació manual per poder fer servir mentre es repara la màquina generadora.
		Trencament o fissura de la canonada de transport que va des del generador fins al tanc de metanol	-La pressió a la línia de gas d'entrada marcarà zero - Activa l'alarma de baixa pressió	El nitrogen s'escapa abans d'entrar el tanc amb el risc d'entrada d'oxigen	Es tindran bombones d'emergència de N2 amb commutació manual per poder fer servir mentre es repara la fissura.

HAZOP	Equip Principal: Tanc de metanol		Àrea: A-100		Full 4/10
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de Nitrogen d'inertització	Bloqueig mecànic de la vàlvula reguladora	-Caiguda de pressió del tanc -Alarma de baixa pressió	Es talla l'entrada de gas generant risc de caiguda de pressió i entrada d'oxigen	S'ha definit que la vàlvula de nitrogen sigui "Fail Open" perquè en cas d'emergència el tanc quedi inundat de nitrogen.
	Flux de sortida de metanol	Avaria de la bomba de sortida	-El cabalímetre de la bomba marcarà zero -Activació de l'alarma de baix cabal	El reactor es queda sense alimentació de reactiu aturant la producció de la planta	Mitjançant commutació manual, tancar la bomba que està espatllada i obrir la bomba paral·lela.
		Obstrucció del filtre de línia d'aspiració	-El cabal baixa a 0 en el cabalímetre -Activació alarma de baix cabal	Es tanca el pas de líquid cap al procés, la bomba entra en cavitació	Pla de manteniment preventiu per la revisió i neteja de la línia d'aspiració.

HAZOP	Equip Principal: Tanc de metanol		Àrea: A-100		Full 5/10
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de sortida de metanol	Vàlvula de sortida del tanc tancada per algun error. (Per seguretat és Fail Close)	-L'indicador de cabal marcarà zero. -El sensor de posició de la vàlvula indicarà error o tancat -activació alarma de baix cabal	La bomba comença a treballar contra vàlvula tancada augmentant la pressió de manera perillosa en la canonada.	Disposar d'un dispositiu de seguretat que atura la bomba automàticament si detecta pujada de pressió anòmala en la canonada
Més	Nivell del tanc	Error de l'operador en programar el volum de descàrrega del camió superior a la capacitat disponible al tanc	-Es veu en l'indicador de nivell -Activació d'alarma d'alt nivell	El tanc s'omple de més i si no s'actua pot arribar a desbordar el metanol	-S'activa el switch de nivell molt alt per aturar la bomba -Per si això fallés s'ha instal·lat una cubeta de retenció al voltant del tanc.
		Bloqueig de la vàlvula d'entrada en posició completament oberta	-El nivell continuarà pujant tot i donar l'ordre de tancar -Alarma d'alt nivell	El flux no es pot tallar quan toca provocant el sobre ompliment del tanc	-S'activa el switch de nivell molt alt per aturar la bomba -Per si això fallés s'ha instal·lat una cubeta de retenció al voltant del tanc.

HAZOP	Equip Principal: Tanc de metanol		Àrea: A-100		Full 7/10
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Temperatura	Exposició directa i prolongada del tanc a una alta radiació solar	-Es veu una pujada excessiva en el sensor de temperatura -Salta alarma d'alta temperatura	El metanol s'escalfa augmentant la pressió i generant més gasos augmentant el risc d'incendi	-S'ha pintat el tanc de color blanc -En cas d'arribar a una temperatura del líquid extrema el switch d'alta temperatura obre una dutxa de sostre per refredar l'equip
Menys	Pressió	La bomba de sortida està encesa, però la vàlvula de nitrogen està encallada en posició tancada	-Es veu una baixada de pressió en el sensor. -Activació d'alarma de baixa pressió	El tanc fa buit de forma dràstica podent arribar en cas extrem a implosionar	- S'ha instal·lat un switch per apagar la bomba de sortida immediatament si la pressió interior del tanc arriba a un límit crític -Com a seguretat final la vàlvula d'alleujament és de pressió/buit i s'obre cap a l'exterior deixant entrar aire al tanc abans que implosioni. Aquesta vàlvula portarà un paraflamas

HAZOP	Equip Principal: Tanc de metanol		Àrea: A-100		Full 8/10
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Pressió	Operació de buidatge molt ràpida coincidint amb una baixada de temperatura exterior.	-Es veu baixada de pressió en el sensor. -Activació d'alarma de baixa pressió	El gas del tanc es contrau pel fred i sumat al buidatge del tanc, pot generar buit en l'interior poden provocar una implosió	S'ha instal·lat un switch per apagar la bomba de sortida immediatament si la pressió interior del tanc arriba a un límit crític
	Nivell	Descuit de l'operador en el control de l'inventari	-Es detecta en el sensor de nivell on surt un nivell baix -S'activa l'alarma de baix nivell si arriba a baixar molt	Baixa la quantitat de reactiu disponible podent causar si no s'actua una manca total havent de tallar el procés	S'ha de calcular quant reactiu queda disponible i veure si s'ha de fer un encàrrec d'emergència per assegurar la continuïtat del procés
		Error de lectura en el llaç de control de nivell	-Només es pot detectar de manera indirecta, ja que el controlador falla	Baixa la quantitat de reactiu disponible i no es veu en el controlador podent provocar una manca de reactius	S'ha instal·lat un interruptor de baixíssim nivell que talla el corrent de les bombes de sortida si es detecta un nivell massa baix

HAZOP	Equip Principal: Tanc de metanol		Àrea: A-100		Full 9/10
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Nivell	Ruptura o fissura en el tanc d'emmagatzematge	-Es detecta en el sensor de nivell on surt un nivell baix -S'activa l'alarma de baix nivell si arriba a baixar molt	Es provoca un vessament del reactiu amb el risc que això comporta	-Realitzar revisions periòdiques dels elements -S'ha implementat una cubeta de retenció per retenir el vessament
Part de	Composició metanol	Entrada d'humitat a través d'alguna part mal segellada o durant un manteniment	-Controls analítics rutinaris de laboratori	Es veu rebaixada la puresa del reactiu, cosa que pot canviar la reacció atès que no es preveu aquest canvi de puresa.	-Es duen a terme controls analítics rutinaris per detectar les desviacions -Es manté sobrepressió constant de nitrogen per evitar que entri aire
	Aïllament tèrmic del tanc	Degradació d'alguna part de l'aïllament tèrmic per envelliment cops, etc.	-Es detecta visualment -El sensor de temperatura marca canvis més bruscos	El sol escalfarà molt més ràpid el metanol podent activar la protecció per altes temperatures abans	Es realitza un programa de manteniment i inspecció periòdica de l'estat de l'aïllament.

HAZOP	Equip Principal: Tanc de metanol		Àrea: A-100		Full 10/10
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Invers	Flux de sortida de metanol	Una sobrepressió dràstica dins del reactor combinada amb una fallada de la vàlvula de retenció.	-El cabalímetre de la línia marca valors negatius o un error de mesura	Entrada de productes calents i mescles des del reactor podent contaminar el metanol pur i generant un risc per culpa de l'augment de temperatura	S'ha instal·lat un sistema de doble vàlvula de retenció i un switch automàtic que tanca la vàlvula de la línia si la pressió del reactor supera el límit de seguretat

FORMATECH SOLUCIONS INDUSTRIALS	Anàlisi de riscos -HAZOP			Full 1/26
	Àrea	Equip principal	Ítems	Data
	A-200	Mesclador de gasos	F-201/202, C201a/201b, M201,E201,E202	31/5/2026

Límits del node: Comprèn el bescanviador al qual arriba el metanol des de la zona d'emmagatzematge, els compressors d'aire amb els seus filtres que introdueixen l'aire en el mesclador on es mescla amb el metanol gas per anar a parar posteriorment al bescanviador previ al reactor també present en aquest node.

Substàncies presents: Metanol, Nitrogen, Oxigen

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 2/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux d'aire cap a mesclador	Fallada en el compressor que l'atura de cop	-El cabalímetre d'aire es posa a zero -Alarma de baix cabal	El mesclador deixa de rebre aire, però continua rebent metanol, descontrolant la ràtio de mescla podent entrar en rang d'inflamabilitat	-S'instal·la un switch que tanca la vàlvula d'entrada de metanol al mesclador. En fer això augmentarà la pressió activant el switch de l'àrea 100 que apaga les bombes i el switch del bescanviador que també s'aturarà. -Es fa commutació manual al compressor de reserva
		Bloqueig total del filtre d'aspiració	-El cabalímetre d'aire es posa a zero -Alarma de baix cabal	El mesclador deixa de rebre aire, però continua rebent metanol, descontrolant la ràtio de mescla podent entrar en rang d'inflamabilitat	-Es faran revisions i rentats periòdics dels filtres -S'instal·la un switch que tanca la vàlvula d'entrada de metanol al mesclador.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 3/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de metanol gas cap al mesclador	Bloqueig o tancament accidental de la vàlvula de sortida del bescanviador (Fail Close)	-El cabalímetre de metanol es posa a zero -Alarma de baix cabal	El mesclador només rep aire atmosfèric, no hi ha perill d'explosió, però es produeix una aturada total de la producció i el catalitzador es pot danyar	S'instal·la un switch que atura el compressor i tanca la vàlvula de sortida del mesclador per tal de protegir el reactor.
	Flux de fluid calefactor cap al bescanviador de metanol pur	La vàlvula de control de temperatura es bloqueja i es tanca completament (Fail Close)	-Es veu en el sensor de temperatura de la sortida del bescanviador -Alarma de baixa temperatura	El metanol no rep la calor necessària entrant en forma líquida cap al mesclador on no es mesclarà amb l'aire fase gas i si arriba al reactor en fase líquida pot danyar el catalitzador	S'instal·la un switch de seguretat que tanca la vàlvula de sortida del bescanviador si la temperatura de sortida cau per sota del punt de rosada del metanol

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 4/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de fluid calefactor cap al bescanviador després del mesclador	La vàlvula de control de temperatura es bloqueja i es tanca completament (Fail Close)	-Es veu en el sensor de temperatura de la sortida del bescanviador -Alarma de baixa temperatura	La mescla d'aire i metanol entra freda al reactor provocant una pèrdua de producció i acumulació de reactius sense reaccionar	S'instal·la un switch que tanca la vàlvula d'entrada al reactor si la temperatura és insuficient per mantenir la reacció per evitar enviar reactius freds
	Flux de metanol líquid cap a bescanviador	Bloqueig de la vàlvula entre la bomba i el bescanviador (Fail Close)	-Es llegeix en el cabalímetre d'entrada de metanol -Alarma de baix cabal	El bescanviador es queda sense líquid per evaporar, però es continua aportant calor a l'equip buit. El mesclador només rep aire i la producció s'atura	S'instal·la un switch per aturar automàticament el compressor si es talla el flux de metanol.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 5/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de sortida de mesclador	Bloqueig o tancament erroni de la vàlvula entre el mesclador i el bescanviador (Fail Close)	-Es veu per la discrepància de pressions havent-hi una pujada al mesclador i una caiguda a zero al bescanviador -Alarma d'alta pressió al mesclador	Es continua empenyent aire i metanol gas cap al mesclador que no té sortida, la pressió pot danyar el mesclador provocant una fuita de gasos, amb el metanol gas sent un gas calent.	S'instal·la un switch de pressió que atura el compressor i el subministrament de metanol si la pressió del mesclador arriba a una pressió crítica.
	Flux de sortida del bescanviador previ al reactor	Bloqueig o tancament erroni de la vàlvula entre el bescanviador i el reactor (Fail Close)	-Es veu en el controlador de pressió del bescanviador -Alarma d'alta pressió al bescanviador	La mescla gasosa queda atrapada rebent calor i pressió degut a que continuen entrant reactius. Risc de trencament a causa de la sobrepressió amb fuita de gasos molt calents	S'instal·la una vàlvula de seguretat a la sortida del bescanviador per alleujar de forma segura el gas acumulat mentre que s'activa un switch que talla el subministrament d'aire i metanol al mesclador.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 6/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de nitrogen d'emergència	Bloqueig de la vàlvula de la línia de neteja (Tot i ser Fail Open degut algun error mecànic)	Es detecta a la línia de serveis mitjançant transmissor de pressió	En cas de produir-se una aturada d'emergència el sistema no es pot inertitzar amb nitrogen quedant els gasos estancats podent crear una atmosfera perillosa	Es porten a terme inspeccions periòdiques del sistema per assegurar que la vàlvula es pot quedar oberta en cas d'emergència
		Fallada del subministrament degut a fallada en generador de nitrogen	Es veu si hi ha fallada mecànica o de subministrament en el generador de nitrogen	En cas de produir-se una fallada la línia d'emergència no tindrà nitrogen disponible per inertitzar	Per evitar que això passi en una fallada general elèctrica es connectarà la línia a una reserva d'ampolles de nitrogen independents dedicades exclusivament a la seguretat del node en comptes de al generador de nitrogen.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 7/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Senyal	Fallada a un llaç de control del sistema	El sistema de control no té senyal	Al no rebre dades el sistema de control deixaria la vàlvula fixe en la última posició podent desviar el procés sense que el tècnic s'adoni	Tota la instrumentació estarà programada per a que enviï una alarma si la senyal cau a zero per poder actuar de manera immediata
Més	Flux d'aire	Error del sistema de control que obre sencera la vàlvula d'entrada d'aire	-Es llegeix en el cabalímetre un augment del cabal -Activació d'alarma d'alt cabal	Es dilueix la mescla, no hi ha risc d'explosió però refreda el corrent i pot portar a problemes de temperatura en el reactor	El sistema s'ha programat per limitar l'obertura de la vàlvula una mica per sobre del màxim necessari per la producció per evitar que s'obri del tot i entri moltíssim més aire

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 8/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Flux d'aire	El motor del compressor es revoluciona	-El cabalímetre d'aire detecta un pic al flux -El mesurador de pressió indica una sobrepressió	-Augment de la pressió de la línia posant en risc les connexions i el filtre del compressor -Entra més cabal d'aire per tant es dilueix la mescla (però no tant com en el cas anterior)	S'instal·la un switch al variador de freqüència del motor que desconnecta l'equip si es superen les RPM màximes i canvia automàticament a fer servir el compressor paral·lel per no aturar la producció mentre es revisa el compressor danyat
		Baixada dràstica de la temperatura exterior augmentant la densitat de l'aire	El cabalímetre detecta pic de flux màssic	El compressor introdueix més massa d'oxigen de la prevista amb la mateixa potència podent refredar la mescla i alterar la reacció	El sistema de control es programa amb una compensació per temperatura per tenir aquesta en compte a l'hora de calcular el cabal.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 9/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Flux d'aire	Manteniment del filtre d'aspiració	-L'indicador de pressió del filtre cau a zero -El cabalímetre d'aire registre un augment brusc de cabal	El compressor troba el conducte lliure i provoca un pic instantani de cabal cap al mesclador al perdre la resistència provocada per el filtre	Es fixa que quan es faci qualsevol intervenció en el filtre del compressor s'ha de passar manualment a fer servir el compressor paral·lel que no té el filtre en intervenció
	Flux de metanol líquid cap el bescanviador E-201	La vàlvula de regulació del cabal es bloqueja oberta al 100 %	-Es llegeix amb el cabalímetre de la línia d'entrada -Alarma d'alt cabal	El bescanviador no pot vaporitzar tot el líquid i arriben gotes de líquid al mesclador que no es mesclen i baixen la temperatura de la mescla	S'instal·la una vàlvula de tall ràpid que tanca el pas si el cabal supera un límit crític

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 10/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Flux de metanol líquid cap el bescanviador E-201	Augment incontrolat de la pressió de descàrrega de la bomba	-El cabalímetre d'entrada detecta l'excés -El sensor de pressió mostra una alta pressió	Es descompensa la mescla aire/metanol podent fer que la mescla entri en el rang d'explosivitat amb risc d'explosió en el bescanviador previ al reactor	S'instal·la un by-pass que s'obre automàticament al detectar un augment de la pressió i retorna el líquid sobrant al tanc abans d'entrar al bescanviador
		Error humà al tancar la vàlvula manual del by-pass després d'un manteniment	-Es veu un augment en el cabal que arriba al bescanviador	El metanol entra per duplicat provocant un risc crític de saturar el bescanviador i crear una mescla explosiva en el mesclador	S'instal·la una alarma que s'activa quan la vàlvula manual està oberta i es detecta flux en la vàlvula automàtica
	Flux de fluid calefactor al bescanviador E-201	La vàlvula de regulació del fluid tèrmic s'obre al 100% per error	-Es veu un augment de la temperatura de la sortida del bescanviador -Alarma d'alta temperatura	Evaporació massiva del metanol pujant la pressió dins del bescanviador amb el risc que això comporta	S'instal·la un switch per tancar automàticament la vàlvula de servei si la temperatura de sortida supera el límit segur

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 11/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Flux de fluid calefactor al bescanviador E-201	Error de programació demanant un setpoint massa alt	-El sensor de temperatura reflecteix una pujada -S'activa alarma d'alta temperatura	Evaporació massiva del metanol pujant la pressió dins del bescanviador amb el risc que això comporta	Es fixa un límit al programari impedint que cap operador pugui introduir un setpoint per sobre del límit segur de temperatura
	Flux de fluid calefactor al bescanviador E-202	La vàlvula de regulació del fluid tèrmic s'obre al 100% per error	- Es veu un augment de la temperatura de la sortida del bescanviador -Alarma d'alta temperatura	La mescla aire-metanol es sobreescalfa i en cas extrem podria arribar a la temperatura d'auto ignició	S'instal·la un switch que tanca la vàlvula d'entrada al reactor i talla el subministrament de mescla al bescanviador -Si s'arriba a temperatura extrema s'activarà el disc de ruptura instal·lat al equip que buidarà el gas abans de que aquest pugui explotar

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 12/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Flux de fluid calefactor al bescanviador E-202	Error de programació demanant un setpoint massa alt	-El sensor de temperatura reflecteix una pujada -S'activa alarma d'alta temperatura	La mescla aire-metanol es sobreescalfa i en cas extrem podria arribar a la temperatura d'auto ignició	Es fixa un límit al programari impedint que cap operador pugui introduir un setpoint per sobre del límit segur de temperatura
	Pressió general dins del Node	Tancament total o bloqueig accidental de la vàlvula d'entrada al reactor (Fail Close) amb la planta en marxa	-Els diferents controladors de pressió del node marquen una pujada de pressió -Pot arribar a activar-se l'alarma d'alta pressió	El aire i el gas metanol segueixen empenyent contra una vàlvula tancada cosa que pot rebentar parts del node provocant una fuita	-S'activarà el switch que talla el subministrament del aire i metanol Al arribar a una pressió extrema s'activaria el disc de ruptura instal·lat al bescanviador E-202 per evitar el trencament de els equips.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 13/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Pressió general dins del Node	Obstrucció o taponament del llit catalític del reactor	-Es llegeix primerament en el controlador de pressió situat en el bescanviador E-202 -Alarma d'alta pressió	El gas es troba una restricció per entrar al reactor i la pressió es comença a acumular afectant al node augmentant el risc de fuites	S'instal·la un switch que si es supera la pressió d'operació, s'inicia una seqüencia d'aturada de l'alimentació de reactius
		Reacció d'auto ignició en el bescanviador E-202	-Els controladors de el node de pressió registren un pic instantani -El sensor de temperatura registra la pujada de temperatura	Explosió interna en els equips podent destruir els equips del node	-Al arribar a una pressió extrema s'activaria el disc de ruptura instal·lat al bescanviador E-202 per evitar el trencament de els equips. -Si per algun motiu s'arriba a l'auto ignició per alguna fallada del disc de ruptura s'injecta el nitrogen de seguretat per asfixiar el foc

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 14/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Temperatura	L'aire comprimit surt molt més calent per una fallada del sistema de refrigeració del compressor	-L'indicador de abans del mesclador mostra valors anòmals -Alarma de alta temperatura a la línia d'aire	L'aire entra calent al mesclador i al escalfar-se en el bescanviador posterior es supera la temperatura màxima establerta generant un risc de seguretat	Si l'aire de sortida del compressor supera un límit de temperatura, el compressor s'atura i es commuta manualment al altre compressor paral·lel per no parar la producció
		Falla el llaç de control del bescanviador	-Al fallar el llaç de control es pot veure perquè el cabal del fluid calefactor augmenta de manera anòmala	El llaç de control dona una temperatura menor de la real provocant un augment de la temperatura del fluid sense que el controlador ni la alarma alerti al operari	-S'instal·la als dos bescanviadors un sensor de temperatura alternatiu per poder contrastar les dades. Si la diferència entre els dos controladors passa de cert valor s'envia una alarma a l'operari

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 15/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Concentració de metanol a la mescla	Pèrdua de calibratge de composició del mesclador	-El cabalímetre de metanol mostrarà una discrepància al de l'aire -Alarma de desviació de ràtio	-El sistema de control falla en la lectura i entra més metanol del que hauria augmentant la concentració de metanol de la mescla podent entrar en el rang d'inflamabilitat	S'instal·la un analitzador de composició redundant. Si hi ha discrepància entre els dos lectors s'envia una alarma a l'operari
	Concentració d'aire en la mescla	Pèrdua de calibratge de composició del mesclador	-El cabalímetre d'aire mostrarà una discrepància al del metanol -Alarma de desviació de ràtio	El sistema de control falla i entra més aire del que hauria, no suposa un perill d'inflamabilitat però es surt de la zona òptima de reacció	S'instal·la un analitzador de composició redundant. Si hi ha discrepància entre els dos lectors s'envia una alarma a l'operari

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 16/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Flux d'aire cap al mesclador	Obstrucció progressiva del filtre d'aspiració de l'aire	Es llegeix per l'indicador de pressió diferencial del filtre que augmenta	El compressor perd capacitat d'aspiració i disminueix el cabal d'aire. Com que el metanol es manté la mescla es torna massa rica en metanol i pot entrar en rang d'inflamabilitat	-Es programen revisions i neteges periòdiques dels filtres -Es programa una alarma per quan s'arribi a certa caiguda de pressió moment en el qual s'haurà de netejar el filtre tot i no tocar en aquell moment una neteja periòdica
		Caiguda progressiva de la freqüència del motor del compressor	El cabalímetre del aire detecta una baixada de cabal	Disminueix el cabal d'aire. Com que el metanol es manté la mescla es torna massa rica en metanol i pot entrar en rang d'inflamabilitat	S'instal·la una alarma que llança un avís abans que el motor perdi massa inèrcia però poder solucionar el problema

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 17/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Flux d'aire cap al mesclador	La vàlvula de regulació de la línia es tanca parcialment per un error del controlador	El cabalímetre mostra que el cabal real està sota del setpoint demanat	Restricció al pas d'aire .Com que el metanol es manté la mescla es torna massa rica en metanol i pot entrar en rang d'inflamabilitat	Si la posició real de la vàlvula no es correspon amb l'ordre del controlador durant un curt període de temps es genera un avís de manteniment
	Flux de metanol líquid cap al bescanviador E-201	Pèrdua d'eficiència de la bomba d'emmagatzematge de metanol	El cabalímetre mostra una disminució del cabal	Arriba menys metanol al mesclador i la mescla es torna pobre en metanol. El reactor perderà eficiència .	-El llaç està configurat per regular la vàlvula de manera automàtica per compensar la pèrdua d'eficiència de la bomba. -Es realitzen revisions periòdiques de la bomba.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 18/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Flux de metanol líquid cap al bescanviador E-201	La vàlvula de regulació de la línia es tanca parcialment per un error del controlador	El cabalímetre mostra que el cabal real està sota del setpoint demanat	Com es manté l'alimentació d'aire la mescla es torna pobre en metanol. Això no comporta risc d'inflamabilitat però redueix el rendiment del procés	Si la posició real de la vàlvula no es correspon amb l'ordre del controlador durant un curt període de temps es genera un avís de manteniment.
		Obertura parcial per error de la vàlvula manual del by-pass	El cabalímetre registra una caiguda i el llaç ho intenta compensar obrint la vàlvula molt més de l'habitual	Una part del metanol bombejat torna al tanc en lloc d'anar al procés reduint la quantitat que arriba al mesclador i per tant el rendiment de reacció	-Es registren els valors normals d'obertura de la vàlvula per cert cabal i si es veu una gran desviació d'aquest es fa una inspecció a la línia.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 19/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Fluid calefactor del bescanviador E-201	La vàlvula de regulació es queda tancada de més per un error mecànic	-El sensor de temperatura de gas indica una caiguda -Alarma de baixa temperatura	El bescanviador no rep prou calor per evaporar tot el metanol per tant arriba líquid al mesclador que fa que la temperatura de la mescla sigui inferior afectant al rendiment de la reacció	S'instal·la un switch de seguretat que talla l'aportació de metanol al mesclador si detecta que el gas surt per sota del punt d'ebullició del metanol
		Embrutiment gradual dels tubs	El sensor de la sortida de metanol va caient al llarg dels dies	El metanol no s'evapora de forma eficient per tant pot arribar líquid al mesclador que fa que la temperatura de la mescla sigui inferior afectant al rendiment de la reacció	Programar inspeccions i neteges periòdiques de l'intercanviador durant les parades de la planta.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 20/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Fluid calefactor del bescanviador E-201	Pèrdua de pressió a la línia general	En el sensor de temperatura del bescanviador es veu una caiguda de temperatura	El metanol no s'evapora de forma eficient per tant pot arribar líquid al mesclador que fa que la temperatura de la mescla sigui inferior afectant al rendiment de la reacció	Instal·lar un sensor de pressió de servei general que avisa l'operador si el fluid tèrmic perd pressió per sota del límit
	Fluid calefactor del bescanviador E-202	La vàlvula de regulació es queda tancada de més per un error mecànic	-El sensor de temperatura de gas indica una caiguda -Alarma de baixa temperatura	La mescla metanol aire s'introdueix al reactor per sota de la temperatura establerta causant una baixada de rendiment de la reacció	S'instal·la un switch que atura l'alimentació de reactius al reactor si la temperatura cau d'un valor crític

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 21/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Fluid calefactor del bescanviador E-202	Embrutiment gradual dels tubs	El sensor de la sortida de la mescla va caient al llarg dels dies	La mescla metanol aire s'introdueix al reactor per sota de la temperatura establerta causant una baixada de rendiment de la reacció	Programar inspeccions i neteges periòdiques de l'intercanviador durant les parades de la planta.
		Pèrdua de pressió a la línia general	En el sensor de temperatura del bescanviador es veu una caiguda de temperatura	La mescla metanol aire s'introdueix al reactor per sota de la temperatura establerta causant una baixada de rendiment de la reacció	Instal·lar un sensor de pressió de servei general que avisa l'operador si el fluid tèrmic perd pressió per sota del límit
	Pressió general dins del node	Fuita menor en tubs juntes o algun equip	Els sensors de pressió dels diferents equips del node marquen una tendència a la baixa	Una fuita de metanol gasós calent cap a l'atmosfera de la planta podent provocar un incendi i danys personals per contacte	S'instal·la una xarxa de sensors de gasos en l'àrea de procés amb alarma per a evacuació ràpida en cas de fuita.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 22/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Temperatura al fluid calefactor	Un error en la sala de màquines de servei o en altres equips.	El controlador de temperatura de la caldera principal veu una baixada de temperatura	El metanol surt fred i en cas extrem en estat líquid del bescanviador E-201 i també surt fred del bescanviador E-202 degut a que és un error de la línia de serveis baixant el rendiment de reacció	S'instal·la un switch que talla l'entrada de la mescla al reactor si la temperatura d'entrada dels reactius és massa baixa.
	Concentració de metanol	Fallada en sensor de composició que marca erròniament una concentració molt alta	-El controlador de composició mostra un valor de metanol major al que les cabalímetres mostren -Alarma desviació de ràtio	El sistema de control enganyat tanca la vàlvula de metanol al mesclador fent que la mescla sigui gairebé tot aire extingint la reacció al reactor degut a falta d'un dels reactius.	Es programa un switch que bloqueja l'entrada al reactor i avisa a l'operador si la relació real del cabal es desvia del rang òptim fet servir en condicions normal

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 23/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
A més	Reacció de metanol no desitjada	El metanol s'evapora en el bescanviador E-201 i a més pateix una reacció no desitjada catalitzada per impureses metàl·liques de les parets	-El sensor de temperatura del bescanviador mostra un canvi inusual de temperatura -Es detecten traces de subproductes no desitjats als anàlisi	Es consumeix metanol abans d'arribar al reactor i es generen productes no desitjats que disminueixen el rendiment de la planta	-Els tubs fets servir han de ser d'acer inoxidable d'alta qualitat per evitar traces d'altres materials metàl·lics
	Reacció de metanol no desitjada	La mescla s'escalfa al bescanviador E-202 i a més inicia una reacció prematura del metanol	-El sensor de temperatura a la sortida del bescanviador pujarà per sobre del valor del fluid calefactor -Alarma d'alta temperatura	La canonada actua com un reactor sense control cosa que pot descontrolar la temperatura i arribar a sofrir una auto ignició de la mescla	S'instal·la switch que talla el metanol gas i activa el nitrogen d'emergència si la temperatura de sortida del bescanviador és molt major a la demanada.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 24/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Part de	Composició d'oxigen a la línia d'entrada	Incendi proper al compressor que aspira fums	Es pot detectar de manera visual per la presència d'un incendi a prop de la planta	L'aire d'alimentació es contamina amb fums per tant té molta menys concentració de oxigen aturant la reacció per falta de reactiu	Si es detecta un incendi a prop de la planta el prou gran per provocar que el compressor aspiri el fum s'ha d'aturar la producció degut a la falta de un dels reactius
	Composició metanol perd la seva puresa	Fallada en el proveïdor que envia metanol amb un major contingut d'aigua o altres components	-El sensor de temperatura indica que costa més evaporar el fluid	-Els reactius no tenen les composicions planificades per tant s'altera tot el procés	Es pauta que s'ha de dur a terme un anàlisi en laboratori de cada lot de reactiu que arriba per assegurar-se de que la composició és la declarada per el proveïdor

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 25/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Invers	Flux de gasos del reactor cap el node	Sobrepressió brutal dins del reactor superant la pressió d'impulsió del compressor	-El transmissor de pressió d'abans de el reactor marca de cop error, zero o un canvi de signe -Alarma d'alta pressió al reactor	Els gassos calents del reactor retrocedeixen cap a el bescanviador E-201 podent provocar la destrucció dels equips i un risc crític de incendi en mesclar-se amb més aire	S'instal·la una vàlvula de no retorn just abans del reactor per impedir físicament el retorn de gasos des de el reactor una vegada han entrat en aquest
	Flux metanol cap a línia d'aire	Aturada sobtada del compressor mentre línia de metanol gas funciona	-El cabalímetre de aire cau a zero de cop -S'activa alarma de baix cabal	El metanol gasós no troba contra-pressió de l'aire i entra a la canonada d'aire que entra al mesclador. Això genera una atmosfera explosiva en una línia no dissenyada per gasos explosius podent explotar si el compressor torna a funcionar	S'instal·la vàlvula de retenció a la línia d'entrada d'aire just abans de l'entrada al mesclador per evitar que el metanol pugui entrar.

HAZOP	Equip Principal: Mesclador de gasos		Àrea: A-200		Full 26/26
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Invers	Flux de mescla gas cap a E-201	Parada de la bomba d'alimentació de metanol líquid al bescanviador E-201 mentre compressor funciona	-El cabalímetre de metanol cau a zero	L'aire comprimit empeny cap a enrere a través del mesclador entrant a la línia de metanol podent crear una mescla explosiva a el bescanviador E-201	S'instal·la vàlvula de retenció a la línia d'entrada de metanol just abans de l'entrada al mesclador per evitar que l'aire pugui entrar.
En lloc de	Operació general	Posada en marxa sense haver inertitzat després de parada.	-No hi ha alarmes automàtiques per això	Les canonades estan plenes de aire atmosfèric quan es torna a posar en marxa el procés després de una parada programada creant immediatament una mescla explosiva amb el primer metanol que s'evapori	-Per poder iniciar de nou el procés és obligatori que el tècnic inertitzi. En la seqüencia de posada en marxa haurà de constar quan i qui ha inertitzat per assegurar que es faci

Anàlisi de riscos -HAZOP			Full 1/12
Àrea	**Equip principal**	**Ítems**	**Data**
A-200	Reactor	R-201 , R-202	2/6/2026

Límits del node: Al ser un element crític s'ha decidit que aquest node comprendrà només els dos reactors amb els seus circuits de refrigeració, llaços de controls i vàlvules. Per tant aquest node va de la sortida del bescanviador E-202 a l'entrada del bescanviador E-301 ambdós equips no inclosos

Substàncies presents : Metanol, Nitrogen, Oxigen, Formaldehid, Monòxid de carboni, aigua , oli tèrmic

HAZOP	Equip Principal: Reactor		Àrea:A-200		Full 2/12
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de reactius cap a un dels reactor	La vàlvula de regulació de cabal de un dels reactors es bloqueja totalment per fallada elèctrica (Fail Close)	-El cabalímetre d'entrada marca zero -Alarma de baix cabal	Tota la mescla d'entrada es desvia cap el altre reactor provocant una sobrecàrrega augmentant la pressió al equip podent danyar-ho	S'instal·la un switch que talla automàticament el flux des-de el bescanviador previ al reactor si es detecta un cabal zero en un dels reactors
	Flux de reactius cap als dos reactors	La vàlvula de regulació de cabal dels dos reactors es bloqueja totalment per fallada elèctrica (Fail Close)	-Els dos cabalímetres d'entrada marquen zero -Alarma de baix cabal en els dos reactors	No entren reactius al reactor però els equips anterior continuen produint causant un augment de pressió als tubs i equips previs	S'instal·la un switch que talla automàticament el flux des-de el bescanviador previ al reactor si es detecta un cabal zero en un dels reactors
		Parada d'emergència en cadena per fallada en altre equip	-Els dos cabalímetres d'entrada marquen zero -Alarma de baix cabal en els dos reactors	No entren reactius a cap dels reactors extingint completament la reacció però el sistema queda en un estat segur	S'activa neteja de nitrogen per desplaçar els gasos i evitar condensació o formació de subproductes en el reactor durant la parada

HAZOP	Equip Principal: Reactor		Àrea: A-200		Full 3/12
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de oli tèrmic	Avaria mecànica en el circuit d'oli tèrmic de servei	-Mesurador de cabal d'oli indica zero -Els sensors de temperatura del reactor es disparen ràpidament -Alarma de alta temperatura	Es perd la capacitat de dissipar la calor de reacció de la reacció altament exotèrmica. La temperatura puja molt provocant un embalament tèrmic que pot fondre els tubs i portar a un accident greu	S'instal·la un switch de molt alta temperatura que talla instantàniament les vàlvules d'aliment i buida el reactor cap a la torxa si es detecta un valor de temperatura molt alt.
		Tancament accidental de les vàlvules de control de temperatura per fallada de senyal	-Mesurador de cabal d'oli indica zero -Els sensors de temperatura del reactor es disparen ràpidament -El llaç de control indica vàlvula tancada al 100% -Alarma de alta temperatura	Es perd la capacitat de dissipar la calor de reacció de la reacció altament exotèrmica. La temperatura puja molt provocant un embalament tèrmic que pot fondre els tubs i portar a un accident greu	Les vàlvules de l'oli tèrmic es especifiquen Fail Open per a que en cas de pèrdua de electricitat o aire s'obrin completament per assegurar la refrigeració d'emergència

HAZOP	Equip Principal: Reactor		Àrea: A-200		Full 4/12
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Temperatura	No hi ha aportació de calor inicial al reactor al fer una posada en marxa	-Sensor de temperatura del reactor -Alarma de baixa temperatura	Al fer la posada en marxa el reactor està fred i no s'activa la reacció per tant els reactius passen sense reaccionar inundant el següent equip amb reactius purs	Es bloqueja automàticament les vàlvules de reactius fins que el reactor hagi assolit una temperatura mínima establerta on es pugui donar a terme l'activació de la reacció
	Reacció	Desactivació completa del catalitzador a causa del mal funcionament d'altres equips que puguin arrossegar substàncies tòxiques per el catalitzador	-Sensor de temperatura del reactor mostra una baixada degut a que no hi ha reacció -Concentració de sortida de formaldehid serà zero	El metanol gas i l'oxigen coexisteixen dins del reactor sense transformar-se. Es perd el 100% de la producció i s'envia una mescla gasosa altament explosiva al següent equip	Es calcula contínuament de manera automàtica el balanç de calor per llençar una alarma si es detecta que no hi ha generació de calor exotèrmica

HAZOP	Equip Principal: Reactor		Àrea: A-200		Full 5/12
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Flux de reactius cap a un dels reactors	La vàlvula de regulació del cabal d'entrada falla i s'obre de més per un error humà	-Cabalímetre d'entrada detecta un pic -Alarma d'alt cabal	Sobrecàrrega de reactius en el reactor afectat. L'oli tèrmic pot no poder retirar tota la calor. Augment dràstic de la velocitat de reacció i risc de generar un punt calent	-La vàlvula està limitada per no poder posar un setpoint superior al màxim requerit
	Flux d'oli tèrmic	Vàlvula d'oli tèrmic s'obre automàticament per algun error (Fail Open)	-Cabalímetre d'oli tèrmic mostra un cabal màxim -Alarma de baixa temperatura al reactor	El reactor es refreda en excés provocant una baixada dràstica en la conversió de la reacció i si dura molt pot arribar a desactivar la reacció	S'instal·la una alarma que avisa al operador per a intervenció manual si l'obertura de la vàlvula no es correspon amb les necessitats del balanç

HAZOP	Equip Principal: Reactor		Àrea: A-200		Full 6/12
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Temperatura	Envelliment o degradació del catalitzador creant canals preferents	El sensor del reactor detecten temperatures diferents	Es pot iniciar un embalament tèrmic degut a l'acumulació local de calor que accelera les reaccions podent degradar el catalitzador o destruir l'equip de manera catastròfica	-El sensor disposa de diverses entrades. Si es veu una gran diferència entre certs punts del reactor s'envia una alarma a l'operador. -És important portar una bona revisió del catalitzador i canviar-ho quan sigui necessari
		L'oli tèrmic que prové de la unitat central arriba massa calent per fallada del seu propi refrigerant.	-Sensor de temperatura de l'oli indica valors alts	El reactor comença a acumular energia tèrmica provocant un augment generalitzat de la temperatura al reactor amb el risc de que es descontroli la reacció	S'ha instal·lat sensor de temperatura a l'oli tèrmic, si el refrigerant arriba a un valor alt, es redueix la càrrega de reactius per no parar la producció completament

HAZOP	Equip Principal: Reactor		Àrea: A-200		Full 7/12
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Pressió	La vàlvula de regulació de pressió del reactor es queda bloquejada en posició tancada	El transmissor de pressió detecta una gran pujada de pressió	Acumulació de gasos a alta pressió en el reactor. Risc de col·lapsar provocant la fuita tòxica de formaldehid i altres compostos	S'instal·la un risc de ruptura que alleuja el gas directament cap a la torxa per evitar ruptura catastròfica del equip.
	Concentració de CO a la sortida del reactor	Degradació del catalitzador afavorint la reacció secundària	-Els anàlisi a la sortida del reactor detecten una major quantitat de CO	La generació de formaldehid cau. A més com el CO és un gas altament tòxic s'eleva el risc de seguretat	Es duen a terme anàlisis rutinaris de els productes de sortida del reactor. Quan es supera un cer valor establert de CO es planifica una substitució de catalitzador

HAZOP	Equip Principal: Reactor		Àrea: A-200		Full 8/12
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Flux de reactius cap al reactor	La vàlvula de regulació d'entrada es queda encallada més tancada del compte	-El cabalímetre d'entrada detecta caiguda de cabal -Alarma de baix cabal	El reactor treballa per sota de la capacitat de disseny i es refreda per la disminució de reacció	Si la vàlvula d'entrada es queda un cert temps en una posició que no és la demanada per el controlador, s'envia una alarma al operari
		Embrutiment gradual dels filtres de la línia d'alimentació	Hi ha gradualment més diferència de pressions entre el equip previ al reactor i el propi reactor	El reactor treballa per sota de la capacitat de disseny i es refreda per la disminució de reacció	S'estableix un pla de manteniment per a la neteja dels equips durant les parades tècniques programades
	Flux d'oli tèrmic	Pèrdua gradual de rendiment de la bomba d'oli per desgast	-El mesurador de cabal d'oli indica una tendència a la baixa -El sensor de temperatura al reactor comença a pujar	Risc d'embalament tèrmic ja que el sistema perd capacitat per retirar la calor de la reacció exotèrmica	-Es fan inspeccions rutinàries de les bombes -S'instal·la un switch que talla automàticament les vàlvules d'entrada de reactius si qualsevol sensor del reactor supera el límit segur.

HAZOP	Equip Principal: Reactor		Àrea: A-200		Full 9/12
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Temperatura	Fallada del llaç de control de temperatura del servei d'oli tèrmic	-El sensor de temperatura a l'oli indica valors baixos	L'oli refreda en excés els tubs del reactor disminuint el rendiment de la reacció i en cas extrem provocant l'extinció de la reacció	S'instal·la una alarma de desviació de temperatura d'oli que restringeix l'obertura de la vàlvula si el oli cau per sota del límit operatiu.
	Pressió	Caiguda de pressió en equips previs per pèrdua d'eficiència o avaria	-El controlador de pressió al reactor indica una tendència a la baixa -Alarma de baixa pressió	El gas passa més poc a poc pels tubs alterant el temps de residència òptim fent caure el rendiment i la selectivitat de la reacció i disminuint la qualitat del producte	El sistema de control del reactor s'ha programat per tancar parcialment la sortida per intentar retenir la pressió de disseny d'operació dins del reactor

HAZOP	Equip Principal: Reactor		Àrea: A-200		Full 10/12
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Pressió/Cabal de sortida	Aparició d'alguna fuita en el reactor	-Es veu una disminució de la pressió en el reactor al llarg del temps -Es veu disminució en el cabal de sortida sense canviar el cabal d'entrada	Fuita cap a l'atmosfera de gasos molt calents, altament tòxics i inflamables. Risc d'intoxicació severa del personal de planta i risc d'incendi a l'àrea del reactor	S'instal·len per tot el àrea de reacció detectors de gasos tòxics. En cas de que els detectors detectin un valor perillós s'activa una alarma per l'evacuació de la zona. Conjuntament amb l'alarma s'activa un switch que talla instantàniament l'alimentació de reactius i s'injecta nitrogen d'escombrat
A més	Presència de traces metàl·liques en el gas d'entrada	Corrosió interna de les canonades de línies anterior arrossegades fins reactor	-Si és poc no es pot detectar excepte amb anàlisi de producte on sortiran productes no desitjats	Les partícules metàl·liques poden catalitzar altres reaccions generant productes no desitjats	Es fan servir metalls passivats en totes les canonades del procés i es duen a terme inspeccions rutinàries de tots els tubs durant les parades de producció

HAZOP	Equip Principal: Reactor		Àrea: A-200		Full 11/12
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Part de	Presència d'aigua líquida a l'entrada del reactor	Degut a error en algun equip anterior o en les connexions	-Sensors de temperatura detecten caigudes brusques locals -Alarma de baixa temperatura	L'aigua líquida entra en contacte amb el catalitzador provocant un xoc tèrmic que pot destruir-ho de manera irreversible	Es du a terme una inspecció rutinària de tots els equips previs al reactor per assegurar el seu correcte funcionament
Invers	Flux invers des de la torre d'absorció posterior als reactors cap a reactors	Pèrdua massiva de pressió en el reactor o els seus equips anteriors mentre la torre continua amb pressió normal	-El sensor de cabal de sortida del reactor detecta comportament anòmal	Els gasos retrocedeixen cap al reactor en sentit contrari provocant una inundació de vapor d'aigua i altres components sobre els catalitzadors podent provocar degradació química i corrosió interna dels tubs	S'instal·len vàlvules de retinguda a la sortida de cada reactor que actuen com a barrera mecànica per evitar el retrocés de gasos

HAZOP	Equip Principal: Reactor		Àrea: A-200		Full 12/12
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
En lloc de	Aigua líquida en lloc d'oli tèrmic	Error humà en la fase d'arrencada posterior a una parada on s'oblida de desconnectar un brancal de neteja	-Indicador de pressió d'oli llança alarmes de comportament anòmal -Indicador de temperatura d'oli llança alarmes de comportament anòmal	Quan el reactor comença a escalfar-se per la reacció l'aigua dels tubs s'evapora instantàniament. L'aigua pateix una expansió brutal podent rebentar el reactor	-Protocol estricte de desconnexió de qualsevol línia feta servir durant manteniment abans de poder arrencar
	Oli tèrmic degradat en lloc del de disseny	Manca de manteniment del fluid tèrmic provocant que l'oli es degradi	-Es detecta una pèrdua de càrrega major a l'oli	L'oli perd la seva conductivitat tèrmica reduint la transferència de calor. El reactor no es pot refrigerar correctament podent provocar un embalament tèrmic	S'estableixen revisions periòdiques de l'oli tèrmic per analitzar el seu estat de degradació

FORMATECH SOLUCIONS INDUSTRIALS	Anàlisi de riscos -HAZOP			Full 1/16
	Àrea	**Equip principal**	**Ítems**	**Data**
	A-300	Columna d'absorció	E-301,P-301a, P-301b,AC-301, P-302a,P-302b	3/6/2026

Límits del node: Comprèn el bescanviador posterior al reactor per el que passa la mescla abans de ser enviada a la columna d'absorció que també està inclosa en aquest node així com les bombes que bombegen l'aigua a la columna d'absorció també estan incloses en aquest node. La bomba de sortida de la columna d'absorció quer impulsa el producte a el següent bescanviador també s'inclou. També s'inclou el circuit d'aigua de refredament feta servir en el bescanviador

Substàncies presents : Metanol, Nitrogen, Oxigen, Formaldehid, Monòxid de carboni, aigua , aigua de refrigeració

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 2/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de gas des de el reactor	Aturada d'emergència del reactor tancant les vàlvules de sortida d'aquest	-Transmissor de cabal d'entrada detecta caiguda a zero -Alarma de baix cabal	La columna es queda sense càrrega gasosa mentre que l'aigua de cap continua caient i inundant la base de la columna	S'instal·la switch de seguretat que si detecta que no arriba gas des de el reactor tanca la vàlvula reguladora d'aigua de caps i atura les bombes de entrada d'aigua i de sortida de la columna
		Encallament de la vàlvula en posició tancada per error (Fail Close)	-Transmissor de cabal d'entrada detecta caiguda a zero -Alarma de baix cabal	La columna es queda sense càrrega gasosa mentre que l'aigua de cap continua caient i inundant la base de la columna	S'instal·la switch de seguretat que si detecta que no arriba gas des de el reactor tanca la vàlvula reguladora d'aigua de caps i atura les bombes de entrada d'aigua i de sortida de la columna

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 3/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux d'aigua per cap	Aturada sobtada de la bomba en operació	-El cabalímetre de la bomba passa a marcar zero -S'activa alarma de baix cabal	No hi ha aigua per absorbir el gas per tant passa de llarg sortint directament en fase gas per el cap de la columna desbordant el sistema de tractament podent causar emissions tòxiques	S'instal·la un sistema de commutació automàtica a la bomba paral·lela per evitar que es deixi de subministrar aigua mentre es soluciona el problema amb la bomba que estava en operació
		La vàlvula de regulació de cabal es tanca completament per pèrdua d'electricitat	-El cabalímetre de la bomba passa a marcar zero -S'activa alarma de baix cabal -La vàlvula indica posició totalment tancada	No hi ha aigua per absorbir el gas per tant passa de llarg sortint directament en fase gas per el cap de la columna desbordant el sistema de tractament podent causar emissions tòxiques	Es dissenya la vàlvula de regulació de cabal per ser Fail Open obrint-se en cas d'emergència.

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 4/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de sortida del fons de la columna	Aturada sobtada de la bomba en operació	-El cabalímetre de la bomba passa a marcar zero -S'activa alarma de baix cabal -El sensor de nivell de la columna comença a pujar	Inundació de la columna. Si el nivell arriba a la zona d'entrada de gas provoca un augment de pressió en el bescanviador anterior i el reactor	-S'instal·la un switch que s'activa si s'arriba a un nivell alt per aturar les bombes d'aigua de cap i l'entrada de gas - S'instal·la un sistema de commutació automàtica a la bomba paral·lela per evitar parar el procés mentre es soluciona el problema
		El llaç de control de nivell falla i envia un senyal erroni del 0% tancant la vàlvula de descàrrega completament	-Indicador de posició de la vàlvula mostra que està tancada al 100%	Inundació de la columna. Si el nivell arriba a la zona d'entrada de gas provoca un augment de pressió en el bescanviador anterior i el reactor	-Instal·lació se sensor de nivell redundant. Si hi ha un desviament entre els dos sensors s'activa una alarma a l'operador per fer una revisió

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 5/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux d'aigua de refrigeració a l'intercanviador	Fallada en la línia d'aigua de refrigeració de la fàbrica tallant el subministrament d'aigua	El sensor de temperatura de la sortida del bescanviador es dispara	El gas de reacció no es refreda entrant a temperatura molt alta cosa que vaporitza l'aigua d'absorció trencant el equilibri i s'escapen més productes per caps	S'instal·la un switch d'emergència que atura l'alimentació de reactius a la columna quan es supera una temperatura límit d'aquests
	Flux de gasos per cap de la columna	La vàlvula de regulació de pressió de cap queda totalment tancada per error	-El transmissor de pressió detecta una gran pujada -Alarma d'alta pressió	Els gasos no es poden evacuar i s'acumulen pressuritzant la columna provocant un risc de trencament de l'equip i fuga de gasos tòxics	-Es dissenya la vàlvula de regulació de cabal per ser Fail Open obrint-se en cas d'emergència -Al ser paràmetre crític s'instal·la una vàlvula de seguretat independent que alleuja gasos directament cap al sistema de tractament al superar una certa pressió

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 6/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Nivell de líquid a la base de la columna	La vàlvula de regulació s'ha quedat completament oberta per error buidant tota la base per error	-El sensor de nivell de la base marca 0% -Alarma de baix nivell	El gas de procés de l'entrada comença a escapar-se per la canonada de fons cap a les bombes i el següent node contaminant de gasos tòxics i inflamables les següents etapes	S'instal·la un switch per aturar les bombes de fons automàticament si es detecta un nivell massa baix en la columna
Més	Flux d'aigua de refrigeració al bescanviador	El llaç de control de temperatura de sortida del gas falla elèctricament ordenant una obertura major de la vàlvula de servei de la requerida	-Cabalímetre de la línia d'aigua de refrigeració indica un consum màxim -Temperatura del gas a la sortida baixa	Sobre refredat del gas. Si el gas es refreda per sota del punt dels límits operatius comença a condensar dins del tub del bescanviador	Es programa una restricció d'obertura màxima per evitar que el gas es refredi per sota dels límits operatius.

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 7/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Pressió al bescanviador	Augment de pèrdua de càrrega a la columna d'absorció	Transmissor de pressió indica valors majors	El gas es comprimeix en el bescanviador alterant l'equilibri de fases podent provocar condensacions i si puja molt pot causar desperfectes a l'equip.	Es porten a terme revisions rutinàries en les parades de producció de la columna per evitar un augment de la pèrdua de càrrega en aquesta
	Flux d'aigua absorbent per cap	El llaç de control ordena erròniament una major obertura de la vàlvula reguladora	-El cabalímetre d'aigua de cap detecta el pic alt de cabal -Alarma d'alt cabal	El nivell de la base de la columna comença a pujar posant en risc la columna i a més a més s'obté un formol més diluït	Com la vàlvula és Fail Open s'instal·la també un switch que atura els motors de les bombes per talla r l'aigua si es detecta un nivell molt alt.
	Temperatura a la columna	L'intercanviador perd eficàcia	-El sensor de temperatura marca un valor major -Alarma d'alta temperatura	Es trenca l'equilibri d'absorció i això permet que s'escapi més formaldehid gas saturant el sistema de rentat de gasos	S'instal·la un switch que talla l'alimentació si la temperatura d'entrada del reactiu és massa alta

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 8/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Pressió a la columna	Acumulació de gasos per fallada de la vàlvula de regulació de pressió	-El transmissor de pressió detecta una gran pujada -Alarma d'alta pressió	Els gasos no es poden evacuar i s'acumulen pressuritzant la columna provocant un risc de trencament de l'equip i fuga de gasos tòxics	-Es dissenya la vàlvula de regulació de cabal per ser Fail Open obrint-se en cas d'emergència -Al ser paràmetre crític s'instal·la una vàlvula de seguretat independent que alleuja gasos directament cap al sistema de
	Nivell a la columna	El llaç de nivell de la base falla i envia senyal erroni de baix nivell tancant la vàlvula de sortida de més erròniament	-L'indicador de la vàlvula mostra que està més tancada del demanat	El líquid comença a omplir la base podent arribar a tapar físicament la canonada d'entrada de gasos de reacció podent causar sobrepressió en equips anteriors	S'instal·la un switch que atura l'entrada d'aigua de cap si s'arriba a un nivell alt crític

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 9/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Concentració de CO	Funcionament no òptim de la reacció en el reactor generant excés de CO	-Els anàlisi rutinaris detecten una concentració de CO fora de rang	S'envia més CO cap a tractament de gasos augmentant el risc de fuita i augmentant la toxicitat d'aquesta fuita	S'instal·len detectors de CO a la part superior de l'estructura per evitar aspiració accidental de CO per part dels operaris
Menys	Aigua de refrigeració al bescanviador	La vàlvula de control es queda parcialment encallada per pèrdua de calibratge o brutícia al llaç	-El cabalímetre de la línia d'aigua de refrigeració marca un descens. -La temperatura de sortida del gas augmenta	El gas de reacció no es refreda prou entrant a temperatura alta cosa que vaporitza l'aigua d'absorció trencant el equilibri i s'escapen més productes per caps	S'instal·la un switch d'emergència que atura l'alimentació de reactius a la columna quan es supera una temperatura límit d'aquests

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 10/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Aigua de refrigeració al bescanviador	Embrutiment dels tubs per falta de manteniment	-Augment gradual de la temperatura de sortida del gas -El cabalímetre de la línia d'aigua de refrigeració marca un descens.	El gas de reacció no es refreda prou entrant a temperatura alta cosa que vaporitza l'aigua d'absorció trencant el equilibri i s'escapen més productes per caps	-Es programen inspeccions i neteges dels tubs rutinàries en les parades de producció -S'instal·la un switch d'emergència que atura l'alimentació de reactius a la columna quan es supera una temperatura límit d'aquests
	Pressió a la línia d'aigua de refrigeració	Caiguda de pressió a la xarxa general per fuita o avaria	-Els sensors de la línia d'aigua marquen baixada de pressió	El cabal d'aigua disminueix. L'aigua atrapada a el bescanviador s'escalfarà de més podent entrar en ebullició posant en perill el equip	El llaç de control obrirà la vàlvula de servei al 100% per compensar però si segueix pujant la temperatura s'activarà un switch per aturar els reactors

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 11/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Flux d'entrada de gasos a la columna	Baixada de producció per avaria en el reactor	-El cabalímetre d'entrada de gasos indica tendència a la baixa	-El gas no té prou força i l'aigua goteja cap avall fent caure en picat l'eficiència d'absorció	El llaç de control d'aigua actuarà aportant menys aigua per poder continuar amb l'absorció correcta i poder continuar la producció tot i que surti menys producte
	Flux d'aigua d'absorció	La vàlvula de regulació de cabal es queda parcialment encallada més tancada de la posició de consigna	-El cabalímetre detecta caiguda de cabal. - La posició de la vàlvula no és la de consigna	No hi ha prou aigua per rentar augmentant la quantitat de gas que s'escapa cap al sistema de tractament de gasos saturant-ho	S'instal·la switch que si el cabal d'aigua baixa per sota del límit crític s'atura l'alimentació de reactius del reactor
		Desgast o pèrdua de rendiment de la bomba	La pressió de descàrrega de la bomba cau de forma gradual	No hi ha prou aigua per rentar augmentant la quantitat de gas que s'escapa cap al sistema de tractament de gasos saturant-ho	Si es detecta una pèrdua de rendiment de la bomba massa gran es fa commutació manual a l'altre bomba en paral·lel i s'aplica el tractament necessari

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 12/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Pressió	La vàlvula de regulació cap a gasos es queda totalment encallada en posició totalment oberta (Fail Open)	El transmissor de pressió detecta una caiguda brusca de pressió	Al caure la pressió s'altera l'equilibri de fases la qual cosa redueix radicalment l'eficiència d'absorció enviant formaldehid cap el sistema de tractament de gasos	Com la vàlvula és Fail Open si falla i s'obre completament arribarà una alarma al operador que podrà obrir la vàlvula manual regulant manualment la pressió de la columna mentre s'arregla el problema de la vàlvula automàtica
		Fuita a la columna o els seus tubs	-El transmissor de pressió detecta un descens lent en el temps	Risc crític degut a la fuita fe gasos tòxics podent posar en risc als operaris per la seva inhalació	-S'instal·len detectors de gasos al voltant de l'estructura connectats a una alarma d'evacuació que s'activa quan es detecten valors perillosos per la salut

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 13/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Temperatura de la columna	Onada de fred refredant l'entrada d'aigua	Onada de fred	Xoc tèrmic , si és massa fred es pot produir una solidificació del fluid gasós de formaldehid podent danyar la columna que no està preparada per suportar sòlids	S'aïllen tèrmicament de manera correcta els tubs d'aigua que puguin quedar exposats al ambient molt fred per evitar que l'aigua es refredi
	Nivell de la columna	La vàlvula de regulació s'ha quedat més oberta del que hauria per error buidant el fons del equip	-El sensor de nivell de la base disminuirà -Alarma de baix nivell	El gas de procés de l'entrada pot començar a escapar-se per la canonada de fons cap a les bombes i el següent node contaminant de gasos tòxics i inflamables les següents etapes	S'instal·la un switch per aturar les bombes de fons automàticament si es detecta un nivell massa baix en la columna

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 14/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
A més	Entrada de fase addicional a l'aigua de cap	Degradació de la bomba filtrant oli de lubricació cap al corrent	Es pot observar per terbolesa en les mostres dels anàlisi del producte	L'oli crea una segona fase líquida impedint el contacte entre aigua i gas perdent eficàcia d'absorció i a més contaminant el producte final de fons	Programar revisions preventives de les bombes per evitar l'embrutiment del producte i la pèrdua d'eficàcia d'absorció
	Arrossegament de líquid pel corrent de gas de cap	A causa d'una velocitat de gas molt elevada, el gas arrossega gotes cap a la línia de sortida de gas	-Augmenta el consum de el tractament de gasos	El líquid va al tractament de gasos que no està preparat per treballar amb líquids freds i es pot danyar	S'instal·la un separador de gotes just a la sortida de gasos de cap per retenir qualsevol fase líquida

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 15/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Part de	Només s'absorbeix part del formaldehid gas	Obstrucció d'algun dels canals de distribució d'aigua per la columna o part del ruixador	El llaç indica que el cabal d'aigua total és correcte però la columna perd eficiència	L'aigua de absorció només es distribueix per part de la columna. El formaldehid gas que passa per aquestes zones no s'absorbeix i escapa per caps	-Es programen revisions periòdiques durant les parades i s'instal·la un ruixador redundant per no deixar cap punt de la columna sense aigua
	El fluid bombejat per cues de sortida perd part del líquid	Evaporació parcial de les fraccions més volàtils en la mateixa canonada abans d'arribar a la bomba	-Es detecten diferències de consum elèctric en les bombes de fons -Les bombes de bons emeten sorolls	Cavitació en les bombes erosionant severament les bombes amb risc de trencament i fuga dels gasos tòxics	S'estableix un nivell de líquid mínim a la columna per evitar completament la formació de bombolles a la sortida
Invers	Flux invers de fluids de la columna cap al reactor	Aturada d'emergència als reactors que es queden sense pressió en refredar-se	-Sensor de pressió del reactor indica una baixada -Sensor de temperatura abans del bescanviador sofreix descens	Contaminació catastròfica del reactor on es pot desactivar el catalitzador i risc d'explosió per sobrepressió	S'instal·la vàlvula de retenció i es programa la seva inspeccions en parades de manteniment per assegurar que no es quedi encallada en cas d'emergència

HAZOP	Equip Principal: Columna absorció		Àrea: A-300		Full 16/16
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Invers	Flux invers de fluids de la zona de destil·lació cap a la columna	Sobrepressió en la columna de destil·lació que empeny el fluid cap enrere	-Sensor de cabal mostra valors estranys, inversos o zero	El formaldehid que ja havia sortit torna enrere trencant la bomba i inundant la columna de absorció	S'instal·la vàlvula de retenció i es programa la seva inspeccions en parades de manteniment per assegurar que no es quedi encallada en cas d'emergència
	Flux de gasos a la columna cap a línia d'aigua de absorció	Sobrepressió severa a la columna combinat amb una caiguda de pressió a la xarxa d'aigua	-Sensor de cabal mostra valors estranys, inversos o zero -Pic de pressió en la columna	Contaminació de la xarxa d'aigua amb gasos tòxics que viatgen enrere. Si l'aigua es fa servir en altres punts de la planta es genera un risc d'intoxicació del personal al establir contacte amb ella	S'instal·la vàlvula de retenció i es programa la seva inspeccions en parades de manteniment per assegurar que no es quedi encallada en cas d'emergència

FORMATECH SOLUCIONS INDUSTRIALS	Anàlisi de riscos -HAZOP			Full 1/13
	Àrea	**Equip principal**	**Ítems**	**Data**
	A-300	Columna de destil·lació	E-302,CN-301, TP-301,E-302, RB-301	3/6/2026

Límits del node: Comprèn el bescanviador posterior a la columna d'absorció i previ a la columna de destil·lació així com la pròpia columna de destil·lació amb el seu reboiler i el seu reflux

Substàncies presents : Metanol, Nitrogen, Oxigen, Formaldehid, Monòxid de carboni, aigua, oli tèrmic, aigua refrigeració

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 2/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Temperatura en el bescanviador previ a la columna	El llaç de control es bloqueja erròniament tallant completament l'aportació d'oli tèrmic	-El sensor de temperatura de sortida indica que el fluid es manté a la temperatura d'entrada -Alarma baixa temperatura	El formaldehid entra completament fred a la columna aturant la destil·lació i fent malbé el producte final	Si la temperatura cau per sota d'un límit crític s'ha instal·lat un switch que tanca la vàlvula de sortida de la columna per evitar contaminar el producte final
	Flux d'alimentació a la columna	Aturada per emergència dels equips del node anterior	-El cabalímetre de l'entrada marca zero de cop	Sense entrada de fluid es destrueix el perfil de separació i s'asseca la columna	S'instal·la un switch que talla l'aportació de calor al reboiler de la columna per a que no escalfi en sec evitant danys
		Error humà durant un manteniment deixant completament tancada la vàlvula de bloqueig d'entrada a la columna	-Cabalímetre d'alimentació marcarà zero -Pressió de la línia d'entrada augmenta molt	Tall instantani de l'aportació de fluid. Sense entrada de fluid es destrueix el perfil de separació i s'asseca la columna	S'instal·la un switch que talla l'aportació de calor al reboiler de la columna per a que no escalfi en sec evitant danys

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 3/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de reflux en la columna	La vàlvula de regulació de reflux es queda totalment bloquejada en posició tancada per error	-Indicador de posició de la vàlvula marca tancat al 100% -Nivell del tanc acumulador comença a pujar	Sense reflux la part superior de la columna s'asseca de manera que el formaldehid puja lliurament cap al condensador fent que s'escapi part del formaldehid	S'instal·la una alarma de alt nivell del tanc d'acumulació que avisa a l'operari si aquest s'omple més del compte
		Encallament en posició tancada de la vàlvula de retenció impedint el retorn del reflux cap a la columna	-Cabalímetre de reflux marcarà zero	Es destrueix el perfil tèrmic de la columna augmentant la pèrdua de formaldehid	Es programa la vàlvula per ser Fail Open perquè davant d'un error s'obri completament per inundar la columna de reflux
	No hi ha oli tèrmic al reboiler	Tall general de la línia per avaria	-Els sensors de la línia de vapor marcaran cabal de zero -Sensor de temperatura de la columna detecta una baixada	Sense calor el líquid de fons deixa de bullir acumulant tot el líquid al fons diluint completament el producte final	S'instal·la un switch que tanca la vàlvula de sortida si detecta una baixada de temperatura per sota de la crítica per evitar contaminar el producte final

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 4/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	No hi ha oli tèrmic al reboiler	Vàlvula es tanca al 100% per error del llaç (Fail Close per seguretat)	-El indicador de la vàlvula mostra que està totalment tancada -Sensor de temperatura de la columna detecta una baixada	Sense calor el líquid de fons deixa de bullir acumulant tot el líquid al fons diluint completament el producte final	S'instal·la un switch que tanca la vàlvula de sortida si detecta una baixada de temperatura per sota de la crítica per evitar contaminar el producte final
	Nivell a la columna	El llaç de nivell falla enviant un senyal fals d'alt nivell provocant que es descarregui tot el fons de la columna	-Sensor real de nivell marcarà zero -Alarma de baix nivell	El líquid de la base es buida del tot. El reboiler es queda treballant en sec podent portar a una deformació d'aquest a més els vapors es poden escapar cap als tancs d'emmagatzematge provocant una pujada de pressió en aquests	S'instal·la un switch que tanca immediatament la vàlvula de descàrrega de productes i l'entrada d'oli tèrmic al reboiler al detectar una baixada de nivell perillosa per protegir el producte i el equip

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 5/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Nivell al tanc d'acumulació	La vàlvula de purga s'encalla completament oberta per fallada (Fail Open)	Sensor de nivell del tanc cau al 0%	Es perd totalment el flux de reflux assecant la part superior de la columna deixant escapar més formaldehid	Si el nivell de reflux del tanc cau per sota d'una franja mínima s'envia una alarma a l'operari
Més	Temperatura al bescanviador previ a la columna	El llaç de control falla ordenant una major aportació d'oli tèrmic	-El sensor de temperatura detecta una pujada de la temperatura -Alarma d'alta temperatura	La mescla s'escalfa en excés i comença a bullir abans d'entrar a la columna podent causar danys en el equip i les seves canonades.	S'instal·la un switch que tanca de cop la vàlvula d'oli tèrmic cap al bescanviador si la temperatura supera un límit crític de seguretat
	Aportació de producte des de la columna de absorció	-Error en el procés anterior que provoca un augment en la quantitat de producte de sortida d'aquest	-El cabalímetre detecta un pic de cabal -Es registra una caiguda de temperatura a la sortida del bescanviador	L'intercanviador no pot aportar prou calor arribant el fluid a menys temperatura a la columna descompensant el equilibri d'aquesta i alterant el procés	El llaç d'oli està preparat per poder aportar un excés d'oli però si es veu superat s'activarà un switch que tancarà l'entrada a la columna

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 6/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Flux de reflux en la columna	La vàlvula de regulació es bloqueja en una posició més oberta de la requerida	-Temperatura de la part superior de la columna cau	L'aportació d'excés de reflux condensa vapors de més assecant el condensador i descompensant el balanç establert en la columna	El tanc disposa d'una vàlvula de baix nivell que tanca la vàlvula per protegir el tanc si aquest es buida de més
	Temperatura al reboiler	El llaç de control de temperatura falla i envia un senyal erroni obrint de més la vàlvula de control del fluid tèrmic	-Sensor de temperatura de la part baixa de la columna es dispara. -Alarma de alta temperatura	L'ebullidor genera un volum de vapor major al de disseny per tant el gas puja a major velocitat arrossegant líquids cap el condensador de caps	S'instal·la un switch que tanca la vàlvula d'aportació de fluid tèrmic al reboiler si la temperatura de la columna supera un límit crític
	Pressió a la columna	Acumulació de brutícia que obstrueix parcialment la columna	-El control de pressió detecta una pujada	El vapor queda obstruït provocant una sobrepressió augmentant el risc de trencament del equip	S'instal·la una vàlvula de seguretat per alleujar la pressió abans de que superi una pressió crítica per el sistema

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 7/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Nivell a la base de la columna	La vàlvula de descàrrega de fons es queda en una posició més tancada del demanat	-Es veu un augment del nivell de la base -Alarma d'alt nivell	S'inunda la columna bloquejant la sortida de vapors del reboiler augmentant la pressió en el equip i augmentant el risc de tractament del mateix	S'instal·la switch que talla l'entrada de fluid tèrmic en el reboiler i atura l'alimentació a la columna per frenar la inundació del equip
Menys	Temperatura al bescanviador previ a la columna	El llaç de control falla ordenant una menor aportació d'oli tèrmic	-El sensor de temperatura de la sortida del bescanviador detecta una disminució de la temperatura -Alarma de baixa temperatura	El fluid entra a la columna subrefredat reduint l'eficiència global i podent portat a diluir el producte	S'instal·la switch que obre de cop la vàlvula de aportació de fluid tèrmic si es detecta una temperatura molt baixa per contrarestar la baixa temperatura fins que s'arribi de nou a la temperatura de disseny

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 8/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Aportació de producte des de la columna de absorció	Error en el procés anterior que provoca una disminució en la quantitat de producte de sortida d'aquest	-El cabalímetre d'entrada mostra un valor inferior al de disseny -Augmenta la temperatura de la sortida del bescanviador	Com hi ha menys líquid però la carcassa manté l'aportació d'oli tèrmic el formaldehid s'escalfa de més podent començar a bullir abans d'entrar a la columna podent causar danys en el equip i les seves canonades.	-El sistema està preparat per treballar amb menys cabal regulant l'aportació d'oli tèrmic fins a un punt -S'instal·la un switch que tanca de cop la vàlvula d'oli tèrmic cap al bescanviador si la temperatura supera un límit crític de seguretat
	Pressió a la columna	La columna pateix una fuita per ruptura	-Sensor de pressió de la columna detecta una baixada	- La pèrdua de pressió causa una parada del procés i a més a més causa la fuita de gasos o vessaments de líquids depenent el punt de la columna on es dona la fuita	Es programen revisions periòdiques amb els seus manteniments per evitar fuites a la columna degut a falta de manteniment

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 9/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Pressió a la columna	Rebliment de la columna pateix desperfectes creant buits	-Sensor de pressió de la columna detecta una baixada	Pèrdua d'eficàcia per contacte, provocant una baixada brusca de rendiment de destil·lació	Es programen revisions periòdiques amb els seus manteniments per evitar desperfectes en el rebliment degut a la fatiga del material
	Temperatura a el reboiler	El llaç de control de temperatura falla i envia un senyal erroni tancant de més la vàlvula de control del fluid tèrmic	-Sensor de temperatura de la part baixa de la columna detecta baixada de temperatura -Alarma de baixa temperatura	No s'evapora el fluid requerit descompensant el perfil tèrmic de la columna. Si la columna arriba a temperatures molt baixes el formaldehid pot polimeritzar embrutant la columna i fent-la malbé	S'instal·la un switch que talla la sortida cap al tanc si la temperatura disminueix per sota de un valor crític per evitar fer malbé el producte final.

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 10/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Flux de reflux en la columna	La vàlvula de regulació es bloqueja en una posició més tancada de la requerida	-Temperatura de la part superior de la columna puja	La part superior de la columna queda totalment seca i fent que el formaldehid s'escapi en fase gas cap al destil·lat de cap	El llaç de control reacciona tancant la vàlvula de purga per retenir el màxim de líquid mantenint el reflux actiu de disseny en la mesura del possible per poder mantenir la producció
	Nivell a la base de la columna	La vàlvula de descàrrega de fons es queda en una posició més oberta del demanat	-Es veu una disminució del nivell de la base -Alarma de baix nivell	Es perd la pressió necessària per empènyer el líquid cap a el reboiler el qual es queda sense circulació de fluid provocant un sobreescalfament dels pocs productes que arriben	S'instal·la un switch que tanca immediatament la vàlvula de descàrrega de productes i l'entrada d'oli tèrmic al reboiler al detectar una baixada de nivell perillosa per protegir el producte i el equip

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 11/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
A més	Presència d'una altre fase a l'aliment	Fissura en el bescanviador filtrant una part del oli tèrmic cap el producte	-Es poden veure en els anàlisi de qualitat fets en els diferents corrents per un embrutiment visible	Contaminació del producte amb oli tèrmic disminuint la seva qualitat. A més com l'oli és hidròfob impedeix que la pel·lícula d'aigua mulli el rebliment anul·lant el contacte gas-líquid	-Es porten a terme anàlisis de els productes de diferents parts de la planta per assegurar que no es dona contaminació en cap equip. -Es porten a terme revisions periòdiques de els diferents equips per evitar fissures en els equips
	Entrada de gasos a la línia de procés	Error humà que no purga correctament la línia després de un manteniment deixant aire a l'interior	Es veu comportaments anòmals dels diferents paràmetres del sistema	L'oxigen pot afavorir reaccions secundàries que poden generar components corrosius danyant el equip i contaminar el producte amb productes no desitjats	S'implementa un protocol per assegurar-se de que es purga correctament la línia abans de que es torni a encendre el procés després d'un manteniment

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 12/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
A més	Reacció a l'interior del rebliment	Zones fredes durant un llarg temps fent que el formaldehid superi el límit d'estabilitat solidificant-se	-Augment progressiu de la pressió a la columna -Cau la transmissió de calor en la columna	Genera un bloqueig mecànic del pas de vapor podent arribar a una aturada total de la planta per fer una neteja	Es duen a terme revisions i neteges periòdiques per evitar zones fredes en la columna
	Presència d'aigua de refrigeració al circuit de reflux	Trencament d'un dels tubs del condensador permetent que l'aigua de refrigeració es mescli amb el fluid de procés	-Increment del nivell del tanc acumulador que no es deu a canvis de cabal -Desviació de balanç de matèria	L'aigua de la torre conté altres compostos com sals. Aquesta aigua es retorna per reflux a la columna on s'evapora el líquid i es queden les sals creant incrustacions que disminueixen l'àrea efectiva del procés	-Es porten a terme revisions periòdiques de els diferents equips per evitar fissures en els equips

HAZOP	Equip Principal: Columna destil·lació		Àrea: A-300		Full 13/13
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Invers	Flux des de la columna cap al preescalfador	Aturada de les bombes d'alimentació del node anterior	-Cabalímetre mostra error, zero o valors negatius	El fluid calent de la columna retrocedeix cap a la línia anterior provocant xocs tèrmics i perills com riscos de tractament per el incorrecte flux dels components	S'instal·la vàlvula de retenció per evitar que surtin de la columna els productes una vegada han entrat
	Flux des de l'àrea d'emmagatzematge cap a la base de la columna	Sobrepresurització accidental del tanc de formaldehid	-Cabalímetre mostra error, zero o valors negatius	El formaldehid concentrat ja emmagatzemat torna enrere cap a la base a causa de la diferència de pressió. Això bloqueja el camí del vapor obligant parar el procés	S'instal·la vàlvula de retenció per evitar que tornin a entrar els productes a la columna una vegada han sortit de la columna cap a productes

FORMATECH SOLUCIONS INDUSTRIALS	Anàlisi de riscos -HAZOP			Full 1/11
	Àrea	**Equip principal**	**Ítems**	**Data**
	A-300	Mesclador final	P103a/103b, E-303, M-301	3/6/2026

Límits del node: Comprèn el bescanviador de calor posterior a la columna de destil·lació , la bomba que porta el metanol des-de el emmagatzematge fins el mesclador i el mesclador final d'on surt el producte final de la planta.

Substàncies presents : Metanol, Formaldehid, aigua, aigua refrigeració

HAZOP	Equip Principal: Mesclador final		Àrea: A-300		Full 2/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de formaldehid cap al mesclador	La vàlvula de descàrrega de fons de la columna anterior es tanca completament per emergència o fallada	-Cabalímetre marcarà zero	-El mesclador només rep metanol pur des de la bomba per tant s'enviaria només metanol a l'emmagatzematge contaminant tot el producte final	S'instal·la un switch que talla automàticament la bomba d'entrada de metanol al mesclador si detecta un cabal zero en la sortida de la columna
	Flux de metanol pur cap al mesclador	Avaria sobtada de la bomba de metanol pur	-Cabalímetre bomba marcarà zero -Alarma per fallada de bomba	El formaldehid entra al tanc final sense rebre metanol per estabilitzar podent polimeritzar massivament inutilitzant el tanc i fent malbé tot el producte emmagatzemat	Si es detecta avaria sobre una de les bombes s'activa commutació automàtica cap a la bomba paral·lela per no aturar el procés mentre es resol l'avaria

HAZOP	Equip Principal: Mesclador final		Àrea: A-300		Full 3/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de metanol pur cap al mesclador	Error humà deixant totalment tancada la vàlvula manual prèvia a la bomba	Cabalímetre bomba marcarà zero	El formaldehid entra al tanc final sense rebre metanol per estabilitzar podent polimeritzar massivament inutilitzant el tanc i fent malbé tot el producte emmagatzemat	S'implementen pautes per assegurar que no es deixi cap vàlvula en posició incorrecta en la posada en marxa.
	Flux d'aigua de refrigeració en el bescanviador previ a el mesclador	-Fallada en el servei o trencament de la canonada de subministrament	-Sensor de temperatura de la sortida del bescanviador es dispara -Alarma d'alta temperatura	El formaldehid entra al mesclador sense refredar fent que el metanol aportat bulli al entrar al mesclador generant gas que pot provocar trencaments amb una fuita de productes inflamables i tòxics calents	S'instal·la un switch que tanca automàticament les aportacions tant de el producte de la columna com de metanol al mesclador si es supera una temperatura crítica

HAZOP	Equip Principal: Mesclador final		Àrea: A-300		Full 4/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Flux de sortida de la columna de destil·lació	El llaç de nivell de fons de la columna es descalibra enviant més cabal del que hauria	El cabalímetre de sortida marca un pic alt	-El bescanviador es veu desbordat per l'excés de fluid calent que entra i no el pot refredar fins al punt de consigna podent evaporar el metanol que entra cosa que pot provocar trencaments amb una fuita de productes inflamables i tòxics calents	El llaç d'aigua de refrigeració està preparat per un augment de cabal aportant més aigua de refrigeració però quan s'apropa a la capacitat màxima s'activa una alarma d'alta temperatura per alertar a l'operari
		Un pic de pressió a la columna de destil·lació empeny el líquid de fons amb més força a través de la línia de descàrrega	-El controlador de pressió de la columna sofreix un pic El cabalímetre de sortida marca un pic alt	L'excés de cabal supera la proporció de metanol que s'injecta sortint el producte final amb menys metanol de la requerida augmentant el risc de polimerització del formaldehid	Es disposa d'un control de relació de cabals que augmenta el cabal de metanol automàticament si detecta una pujada de cabal de sortida de la columna de destil·lació

HAZOP	Equip Principal: Mesclador final		Àrea: A-300		Full 5/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Temperatura al formaldehid d'entrada al mesclador	Baixada de rendiment o reducció de cabal d'aigua de refrigeració al bescanviador de calor	-El controlador de temperatura mostra una pujada -Alarma d'alta temperatura	El formaldehid no es refreda prou i en trobar-se amb el metanol es provoca una ebullició parcial del metanol generant pèrdua d'eficiència en el mesclador	-S'instal·la un switch que tanca la vàlvula de sortida de la columna de destil·lació quan s'arriba a superar un límit crític de seguretat de temperatura. -Es fan inspeccions rutinàries dels bescanviadors per evitar una baixada de rendiment massa important

HAZOP	Equip Principal: Mesclador final		Àrea: A-300		Full 6/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Flux de metanol des de l'emmagatzematge	El llaç de control de la bomba falla enviant major cabal del que hauria per error	-Cabalímetre mostra una pujada que no es correspon al setpoint	L'excés de cabal de metanol genera producte fora de les especificacions normals augmentant el risc d'incendi perquè hi ha més presència d'un fluid inflamable	S'instal·la una alarma que avisa a l'operari si el cabal de la línia de metanol és massa alt en proporció al cabal de producte de la columna de destil·lació
	Pressió al mesclador	Obstrucció progressiva a l'interior del mesclador	Es veu un augment gradual de la pressió al mesclador	El mesclador queda sotmès a una alta pressió generant risc extrem de rebentament amb risc de fuita de fluids tòxics i inflamables	S'han establert protocols de inspeccions i neteja del mesclador en les parades tècniques

HAZOP	Equip Principal: Mesclador final		Àrea: A-300		Full 7/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Flux de sortida de la columna de destil·lació	El llaç de nivell de fons de la columna es descalibra enviant menys cabal del que hauria	El cabalímetre de sortida marca un pic baix	El producte es refreda de més degut a que és menys quantitat amb el mateix flux d'aigua de refrigeració. Si baixa molt el formaldehid pot polimeritzar danyant el mesclador	El llaç d'aigua de refrigeració està preparat per una disminució de cabal aportant menys aigua de refrigeració
		Acumulació de capes sòlides internament als tubs	-El cabal de sortida final cau lentament al llarg del temps	Es frena la descàrrega del fons de la columna obligant a reduir la capacitat general de la planta de producció	Es monitoritza el cabal de sortida de producte per poder programar neteges abans de que hi hagi una reducció crítica de la producció

HAZOP	Equip Principal: Mesclador final		Àrea: A-300		Full 8/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Temperatura al formaldehid d'entrada al mesclador	Augment de cabal d'aigua de refrigeració al bescanviador de calor per error	-El controlador de temperatura mostra una baixada -Alarma de baixa temperatura	El formaldehid pot polimeritzar si disminueix massa la temperatura bloquejant els tubs del procés	Switch de seguretat que tanca la vàlvula de subministrament d'aigua de refrigeració si es cau per sota d'una temperatura crítica fins a estabilitzar-se la temperatura
	Flux de metanol des de l'emmagatzematge	El llaç de control de la bomba falla enviant menor cabal del que hauria per error	Avaria mecànica de la bomba de metanol	S'injecta un cabal d'estabilitzador inferior al nominal tenint un formaldehid no estabilitzat que pot polimeritzar i produir sòlids en el tanc o els equips	S'instal·la un switch que commuta automàticament a la bomba paral·lela si es veu una baixada perillosa del cabal de metanol

HAZOP	Equip Principal: Mesclador final		Àrea: A-300		Full 9/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Pressió al mesclador	Trencament d'alguna part del mesclador causant una fuita	Es detecta baixada del cabal de sortida sense motiu visible	Hi ha un vessament de productes químics amb els problemes per la salut i el medi ambient que això comporta	Es duen a terme inspeccions periòdiques per detectar possibles punts de fuita i solucionar els problemes abans de que es doni la fuita
		Desgast de les parts internes del mesclador	Es detecta una menor pèrdua de càrrega en el mesclador i una incorrecta mescla	Mescla incompleta on no tot el formaldehid queda estabilitzat cosa que pot provocar la seva polimerització cap a sòlid	Es programen revisions periòdiques internes del mesclador en les parades de producció per poder canviar les peçes desgastades abans de que afectin al procés

HAZOP	Equip Principal: Mesclador final		Àrea: A-300		Full 10/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
A més	Presència d'aigua de refrigeració en el producte	Fissura en el bescanviador filtrant-se l'aigua de refrigeració al producte	Augment de cabal de sortida del procés de manera anòmala	El producte es dilueix de més incomplint l'especificació de producte 37% formaldehid i l'aigua de refrigeració conté altres compostos com sals que es poden quedar al mesclador i provocar obstruccions	Es programen revisions periòdiques internes del bescanviador en les parades de producció per poder detectar els possibles punts de fuita abans de que es trenquin completament

HAZOP	Equip Principal: Mesclador final		Àrea: A-300		Full 11/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
A més	Presència de aire al metanol	Entrada d'aire per un trencament mecànic en la bomba de metanol	La bomba vibra i emet sorolls de cavitació	Risc extrem d'explosió degut a la introducció d'oxigen al metanol pur generant un risc d'atmosfera explosiva a més d'espatllar la bomba degut a la cavitació	Es programen revisions de la bomba per evitar la formació de fissures que permetin l'entrada d'aire
Invers	Flux de producte cap a la línia de metanol	Aturada de la bomba per avaria mentre la resta del procés continua en funcionament normal	-El cabalímetre de la bomba detecta un error, flux negatiu o zero.	Contaminació del metanol dels tancs deixant a la planta sense reactiu forçant la parada de producció	S'instal·la una vàlvula d'anti-retorn per a que la mescla no surti del mesclador una vegada ha entrat prevenint que torni als tancs d'emmagatzematge

FORMATECH SOLUCIONS INDUSTRIALS	Anàlisi de riscos -HAZOP			Full 1/11
	Àrea	**Equip principal**	**Ítems**	**Data**
	A-500	Tanc de producte final	TE-501,TE-502, P-501a,P-501b	3/6/2026

Límits del node: Comprèn els tancs d'emmagatzematge del producte final amb el seu circuit de refrigeració i inertització així com les bombes fetes servir per descarregar el producte cap a els camions cisterna on es transporta el producte

Substàncies presents : Metanol, Formaldehid, nitrogen, aigua, oli tèrmic

HAZOP	Equip Principal: Tanc de producte final		Àrea: A-500		Full 2/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de formaldehid d'entrada	Activació accidental de switch d'alt nivell al tanc que talla de cop les vàlvules d'entrada al tanc	-No es veu un augment en el nivell dels tancs -Posició vàlvules d'entrada completament tancada	El producte queda retingut en la canonada que ve del bescanviador generant una sobrepressió que pot causar desperfectes en aquesta	Si es tanquen les vàlvules d'entrada al tanc al 100% s'envia una alerta al operari per revisar que de veritat hi hagi un alt nivell i talli la producció si cal per evitar l'acumulació de productes a la canonada
	Flux tèrmic en els serpentins interns del tanc	Fallada en la xarxa general d'oli tèrmic	-Sensor de temperatura del tanc indica una major variació si varia la temperatura exterior -Alarma de baixa temperatura	El formaldehid es pot refredar massa sobretot a l'hivern i en caure per sota del llindar d'estabilitat comença a polimeritzar formant un sòlid que inutilitza el producte i el propi tanc	L'alarma de baixa temperatura s'ha programat per avisar al operari amb suficient marge per actuar avisant molt abans d'arribar a temperatura crítica

HAZOP	Equip Principal: Tanc de producte final		Àrea: A-500		Full 3/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de nitrogen d'inertització	Tall total al subministrament de la fàbrica	-Transmissor de pressió cau a zero -Alarma de baixa pressió	Pèrdua d'inertització i risc de formació d'atmosfera explosiva. Si el tanc succiona aire atmosfèric per poder contrarestar la pèrdua de pressió qualsevol espurna podria provocar una deflagració catastròfica	Es tindran bombones d'emergència de N2 amb commutació manual per poder fer servir mentre es repara la màquina generadora

HAZOP	Equip Principal: Tanc de producte final		Àrea: A-500		Full 4/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de nitrogen d'inertització	Bloqueig mecànic de la vàlvula reguladora	-Transmissor de pressió cau a zero -Alarma de baixa pressió	Pèrdua d'inertització i risc de formació d'atmosfera explosiva. Si el tanc succiona aire atmosfèric per poder contrarestar la pèrdua de pressió qualsevol espurna podria provocar una deflagració catastròfica	S'ha definit que la vàlvula de nitrogen sigui "Fail Open" per a que en cas d'emergència el tanc quedi inundat de nitrogen.
		Trencament o fissura de la canonada de transport que va des de el generador fins al tanc de metanol	-Transmissor de pressió cau a zero -Alarma de baixa pressió	El nitrogen s'escapa abans d'entrar el tanc amb el risc d'entrada d'oxigen	Es tindran bombones d'emergència de N2 amb commutació manual per poder fer servir mentre es repara la fissura.

HAZOP	Equip Principal: Tanc de producte final		Àrea: A-500		Full 5/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux de sortida del tanc	Aturada de la bomba de descàrrega	-Cabalímetre cau a zero de cop -Avís d'averia a la bomba	S'atura la càrrega tallant el subministrament cap a cisternes	S'instal·la un sistema de commutació automàtica que posa en marxa la bomba paral·lela per evitar aturar la càrrega mentre es soluciona el problema de la bomba
	Senyal	Fallada a un llaç de control del sistema	El sistema de control no té senyal	Al no rebre dades el sistema de control deixaria la vàlvula fixe en la última posició podent desviar el procés sense que el tècnic s'adoni	Tota la instrumentació estarà programada per a que enviï una alarma si la senyal cau a zero per poder actuar de manera immediata

HAZOP	Equip Principal: Tanc de producte final		Àrea: A-500		Full 6/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Flux de producte entrant	La vàlvula de control es descalibra quedant-se més oberta en un tanc	-El nivell del tanc comença a pujar a una velocitat major a la habitual	Si no es reacciona a temps es pot inundar el tanc poden provocar un abocament tòxic	-S'instal·la alarma d'alt nivell per avisar a l'operador -S'instal·la switch que tanca automàticament l'entrada de producte si es supera un nivell crític -S'instal·la una cubeta de retenció amb capacitat per retenir tot el líquid del tanc per evitar que l'abocament arribi al sòl

HAZOP	Equip Principal: Tanc de producte final		Àrea: A-500		Full 7/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Temperatura	La vàlvula de control del oli tèrmic es descalibra obrint erròniament més del compte	-Es veu un augment en la temperatura interna del tanc	Sobreescalfament del producte, si el producte s'arriba a vaporitzar es crea una sobrepressió crítica en el tanc	S'instal·la una vàlvula d'alleujament de pressió obrint-se abans d'arribar a la pressió màxima de disseny del equip per evacuar el gas cap a la torxa -En cas de arribar a una temperatura del líquid extrema el switch de alta temperatura obre una dutxa de sostre per refredar l'equip
	Pressió	Fallada de la vàlvula reguladora que es queda completament oberta (Fail Open)	-Es veu un augment de pressió en el sensor de pressió -Alarma de alta pressió	Augment de la pressió a l'interior del tanc podent deformar parts d'aquests provocant una possible fuita	S'instal·la una vàlvula d'alleujament de pressió obrint-se abans d'arribar a la pressió màxima de disseny del equip

HAZOP	Equip Principal: Tanc de producte final		Àrea: A-500		Full 8/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Més	Pressió	Bloqueig de la línia de ventilació del tanc durant l'ompliment	-Es veu un augment de pressió en el sensor de pressió -Alarma de alta pressió	El formaldehid entra ocupant espai i com el gas interior no pot sortir es provoca una sobrepressió ràpidament	S'instal·la un sostre que , si es sofreix una sobrepressió extrema les soldadures del sostre es trenquen abans alliberant el gas cap a l'atmosfera en cas de gran emergència evitant vessaments
	Nivell del tanc	Error de lectura o calibratge del sensor de nivell	-Només es pot veure de manera indirecta ja que el controlador falla	L'operador veu al controlador que el tanc té un valor inferior al real i introdueix formaldehid de més	-S'instal·la un sensor de nivell redundant per contrastar les mesures a la pantalla. -Tot i fallar el sensor , el switch de nivell molt alt s'activarà si s'arriba al punt

HAZOP	Equip Principal: Tanc de producte final		Àrea: A-500		Full 9/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Pressió	La bomba de sortida està encesa però la vàlvula de nitrogen està encallada en posició tancada	-Es veu una baixada de pressió en el sensor. -Activació d'alarma de baixa pressió	El tanc fa buit de forma dràstica podent arribar en cas extrem a implosionar	- S'ha instal·lat un switch per apagar la bomba de sortida immediatament si la pressió interior del tanc arriba a un límit crític -Com a seguretat final la vàlvula d'alleujament és de pressió/buit i s'obre cap a l'exterior deixant entrar aire al tanc abans de que implosioni. Aquesta vàlvula portarà un paraflamas per evitar que cap guspira entri al tanc
	Nivell	Ruptura o fissura en el tanc d'emmagatzematge	-Es detecta en el sensor de nivell on surt un nivell baix	Es provoca un vessament del reactiu amb el risc que això comporta	-Realitzar revisions periòdiques dels elements

HAZOP	Equip Principal: Tanc de producte final		Àrea: A-500		Full 10/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Menys	Nivell	Descuit del operador en el control de l'inventari	-Es detecta en el sensor de nivell on surt un nivell baix -S'activa l'alarma de baix nivell si arriba a baixar molt	Baixa la quantitat de producte disponible podent causar si no s'actua una manca de producte havent d'aturar les entregues rutinàries	S'ha de calcular quant producte queda disponible i veure si s'ha de entregar menys per evitar que es buidi del tot
	Temperatura	Fallada en el sistema d'oli tèrmic	-Es detecta una baixada de temperatura en el tanc	El formaldehid es pot refredar massa sobretot a l'hivern i en caure per sota del llindar d'estabilitat comença a polimeritzar formant un sòlid que inutilitza el producte i el propi tanc	L'alarma de baixa temperatura s'ha programat per avisar al operari amb suficient marge per actuar avisant molt abans d'arribar a temperatura crítica

HAZOP	Equip Principal: Tanc de producte final		Àrea: A-500		Full 11/11
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
Part de	Aïllament tèrmic del tanc	Degradació d'alguna part de l'aïllament tèrmic per envelliment cops etc.	-Es detecta visualment -El sensor de temperatura marca canvis més bruscos	El sol escalfarà molt més ràpid el producte podent activar la protecció per altes temperatures abans	Es realitza un programa de manteniment i inspecció periòdica de l'estat de l'aïllament.
Invers	Flux d'entrada de producte	Una sobrepressió dràstica dins del tanc	-El cabalímetre de la línia marca valors negatius o un error de mesura	Tornada del producte cap al mesclador creant una sobrepressió i alterant completament l'equilibri del procés	S'ha instal·lat una vàlvula de retenció i un switch automàtic que tanca la vàlvula de la línia si la pressió del reactor supera el límit de seguretat

	Anàlisi de riscos -HAZOP			Full 1/5
	Àrea	Equip principal	Ítems	Data
	-	Altres	-	5/6/2026

Límits del node: Es fa per últim un HAZOP d'altres riscos no associats a la línia de procés principal com a tal

HAZOP	Altres		Àrea: -		Full 2/5
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Aire a pressió	Fallada en el subministrament deixant tota la planta aire a pressió	El manòmetre d'entrada de la línia baixa a zero	-Incapacitat de moure les vàlvules pneumàtiques, es talla tot el procés i al acabar-se de cop el subministrament d'aire els processos de seguretat com deixar les vàlvules en posició segura (Fail Open/Fail Close) o inertitzar no es poden dur a terme	S'instal·la un tanc pulmó d'aire d'emergència amb capacitat per alimentar la col·locació de les vàlvules en la seva posició de fallada i el procés d'inertització en cas d'emergència

HAZOP	Altres		Àrea: -		Full 3/5
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Electricitat	Fallada del subministrament elèctric a tota la planta per problemes externs	-S'apaga tota la planta parant tots els equips elèctrics de la planta	S'atura completament el procés i la planta i es perd la electricitat en la sala de control per tant es perd completament el control dels paràmetres crítics de diferents equips havent el perill de que es descontroli algun sense que el tècnic s'adoni	S'instal·la un sistema d'alimentació alternatiu per poder alimentar els següents element crítics en cas d'emergència: La sala de control per controlar els paràmetres, sistema d'aire a pressió i per mantenir els detectors de fas, alarmes i sistemes d'incendi durant un temps per assegurar la parada de la planta de manera segura

HAZOP	Altres		Àrea: -		Full 4/5
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Temperatura en el RTO	Tall en el subministrament de combustible per el RTO	-El sensor de temperatura detecta una caiguda brusca	Emissió de gasos tòxics i risc d'explosió ja que els gasos passen sense cremar-se a l'atmosfera	S'instal·la un switch que envia el flux de sortida a la torxa en cas de detectar-se una baixada massa gran en la temperatura del RTO per evitar la fuga a l'atmosfera de productes tòxics
	Flux d'aigua de refrigeració	Aturada de les torres , les bombes de distribucions o la canonada general que van cap a planta	-Cabalímetre de col·lector general marca zero -Augment de temperatura en els fluids dels bescanviadors que refreden	Col·lapse tèrmic de la planta, sense aigua de refrigeració tot el procés es descontrola i pot portar a situacions de perill en tota la planta	-Si es detecta un error greu en el distribuïdor general de l'aigua que porti temps reparar s'ha d'aturar completament la producció de la planta

HAZOP	Altres		Àrea: -		Full 5/5
Paraula Guia	**Variable**	**Causa**	**Indicador**	**Conseqüència**	**Acció Preventiva/Correctora**
No	Flux d'oli tèrmic	Aturada del sistema de distribució d'oli tèrmic per una avaria en el sistema	-Temperatura dels equips de oli tèrmic varia -Cabal d'oli tèrmic de zero	Col·lapse tèrmic de la planta, sense oli tèrmic tot el procés es descontrola i pot portar a situacions de perill en tota la planta	-Si es detecta un error greu en el distribuïdor general d'oli tèrmic que porti temps reparar s'ha d'aturar completament la producció de la planta

5.13. Bibliografia

[1] Real Decreto 475/2007, de 13 de abril, por el que se aprueba la Clasificación Nacional de Actividades Económicas 2009 (CNAE-2009). (2007, 28 de abril). *Boletín Oficial del Estado*, (102). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-8824

[2] Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. (2015, 20 de octubre). *Boletín Oficial del Estado*, (251), 97531-97581. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-11268

[3] GENERALITAT DE CATALUNYA. (s. f.). *Pla especial d'emergència exterior del sector químic de Catalunya (PLASEQCAT)*. Departament d'Interior. https://interior.gencat.cat/ca/arees_dactuacio/proteccio_civil/plans-proteccio-civil/plans-especials/plaseqcat/

[4] Reglamento (CE) nº 1272/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, y por el que se modifican y derogan las Directivas 67/548/CEE y 1999/45/CE y se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006. (2008, 31 de diciembre). *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 353, 1-1355. https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2008-82637

[5] AGENCIA EUROPEA DE SUSTANCIAS Y MEZCLAS QUÍMICAS. (s. f.). *ECHA Chem*. Recuperado el 19 de abril de 2026, de https://chem.echa.europa.eu/

[6] MERCK LIFE SCIENCE S.L. (23 de diciembre de 2025). *Ficha de datos de seguridad: Metanol (Versión 8.3)*. Sigma-Aldrich. https://www.sigmaaldrich.com

[7] INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. (s. f.). *Fichas Internacionales de Seguridad Química (FISQ)*. Ministerio de Trabajo y Economía Social. Recuperado el 20 de abril de 2026, de https://www.insst.es/documentacion/colecciones-tecnicas/fisq

[8] INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. (2025). *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España 2025*. Ministerio de Trabajo y Economía Social. https://www.insst.es

[9] MERCK LIFE SCIENCE S.L. (24 de diciembre de 2025). *Ficha de datos de seguridad: Formaldehído Solución (Versión 6.14)*. Supelco. https://www.sigmaaldrich.com

[10] INSTITUT FÜR ARBEITSSCHUTZ DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG. (s. f.). *Methanol*. GESTIS-Stoffdatenbank. Recuperado el 20 de abril de 2026, de https://gestis-database.dguv.de/data?name=010520

[11] MERCK LIFE SCIENCE S.L. (26 de diciembre de 2025). *Ficha de datos de seguridad: Carbon monoxide (Versión 9.2)*. Aldrich. https://www.sigmaaldrich.com

[12] INSTITUT FÜR ARBEITSSCHUTZ DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG. (s. f.). *Carbon monoxide*. GESTIS-Stoffdatenbank. Recuperado el 20 de abril de 2026, de https://gestis-database.dguv.de/data?name=001110

[13] INSTITUT FÜR ARBEITSSCHUTZ DER DEUTSCHEN GESETZLICHEN UNFALLVERSICHERUNG. (s. f.). *Molybdenum trioxide*. GESTIS-Stoffdatenbank. Recuperado el 21 de abril de 2026, de https://gestis.dguv.de/data?name=002030

[14] EASTMAN CHEMICAL COMPANY. (s. f.). *Therminol 66 heat transfer fluid*. https://www.eastman.com/en/products/product-detail/71093438/therminol-66-heat-transfer-fluid

[15] Real Decreto 656/2017, de 7 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1277/2003, de 10 de octubre, por el que se establecen las bases generales sobre autorización de c entros, servicios y establecimientos sanitarios. (2017, 22 de julio). *Boletín Oficial del Estado*, (174). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-8755

[16] Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. (1997, 23 de abril). *Boletín Oficial del Estado*, (97). https://www.boe.es/eli/es/rd/1997/04/14/485/con]

[17] INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO. (2023). *Guía técnica sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo*. Ministerio de Trabajo y Economía Social. https://www.insst.es

[18] Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. (2017, 12 de junio). *Boletín Oficial del Estado*, (139), 48349-48386. https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/05/22/513

[19] ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE NORMALIZACIÓN. (2000). *Caracterización de las materias que circulan por tuberías no puestas a tierra* (UNE 1063:2000).

[20] UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA. (s. f.). *Listado de Mercancías Peligrosas por número ONU*. GUIAR. Recuperado el 27 de abril de 2026, de https://guiar.unizar.es/1/MMPP/List_ONU.htm

[21] Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. (1997, 23 de abril). *Boletín Oficial del Estado*, (97). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8669

[22] INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. (2015). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo*. Ministerio de Empleo y Seguridad Social. https://www.insst.es

[23] Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. (2001, 1 de mayo). *Boletín Oficial del Estado*, (104). https://www.boe.es/eli/es/rd/2001/04/06/374/con

[24] Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. (1997, 12 de junio). *Boletín Oficial del Estado*, (140). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-12735

[25] 3M. (s. f.). 3M *respirator selection guide*. https://multimedia.3m.com/mws/media/639110O/3m-respirator-selection-guide.pdf

[26] Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. (2006, 11 de marzo). *Boletín Oficial del Estado*, (60). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2006-4414

[27] Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. (1995, 10 de noviembre). *Boletín Oficial del Estado*, (269). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292

[28] Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. (1997, 31 de enero). *Boletín Oficial del Estado*, (27). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-1853

[29] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1996). *Evaluación de riesgos laborales*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. https://www.insst.es

[30] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2022). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de la manipulación manual de cargas*. Ministerio de Trabajo y Economía Social. https://www.insst.es

[31] Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización. (1997, 23 de abril). *Boletín Oficial del Estado*, (97). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-8671

[32] Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. (1997, 24 de mayo). *Boletín Oficial del Estado*, (124). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1997-11145

[33] Asociación Española de Normalización. (2007). *Duchas de seguridad de emergencia. Parte 1: Duchas de cuerpo entero conectadas a la red de agua* (UNE-EN 15154).

[34] Dirección General de Protección Civil y Emergencias. (s. f.). *Manual de primera intervención frente al fuego*. Ministerio del Interior. https://www.interior.gob.es/opencms/pdf/archivos-y-documentacion/documentacion-y-publicaciones/publicaciones-

descargables/proteccion-civil/Manual_de_primera_intervencion_frente_al_fuego_126131093.pdf

[35] Real Decreto 164/2025, de 4 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. (2025, 10 de abril). *Boletín Oficial del Estado*, (87). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2025-7190

[36] Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. (2017, 25 de mayo). *Boletín Oficial del Estado*, (124). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-5761

[37] Real Decreto 681/2003, de 12 de junio, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. (2003, 18 de junio). *Boletín Oficial del Estado*, (145). https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-12229

[38] Directiva 2014/34/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 26 de febrero de 2014, sobre la armonización de las legislaciones de los Estados miembros en materia de aparatos y sistemas de protección para uso en atmósferas explosivas. (2014, 29 de marzo). *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 96, 309-356. http://data.europa.eu/eli/dir/2014/34/oj

[39] Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 1999, relativa a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas. (2000, 28 de enero). *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, L 23, 57-64. http://data.europa.eu/eli/dir/1999/92/oj

[40] Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. (2015, 20 de octubre). *Boletín Oficial del Estado*, (251), 97531-97581. https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-11268

[41] Decret 82/2010, de 29 de juny, pel qual s'aprova el catàleg d'activitats i centres obligats a adoptar mesures d'autoprotecció i es fixa el contingut d'aquestes mesures. (2010, 2 de julio). Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, (5662), 51221-51241. https://portaljuridic.gencat.cat/eli/es-ct/d/2010/06/29/82