



UNIVERSITAT
ROVIRA I VIRGILI



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

Treball de Fi de Grau

Disseny i implementació d'una unitat pel tractament dels gasos de combustió dels forns de procés



2n Q – 2022/2023 Enginyeria Química

Identificació: TFGEQ_2316

Membres de l'equip:

Ber Fontgibell, Marc
del Castillo Morata, Ingrid
Sabino Berroa, Valerie Arlenis

Professor responsable: Josep Maria Vendrell Ciurana

Tarragona, 03 de setembre de 2023

Departament d'Enginyeria Química. Universitat Rovira i Virgili.

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

TÍTOL DEL TFGEQ: 2316 - Disseny i implementació d'una Unitat pel tractament dels gasos de combustió dels forns de procés

SUBTÍTOL

AUTOR: Ingrid del Castillo Morata

CURS ACADÈMIC: 2022/2023

VIST I PLAU DEL TUTOR ACADÈMIC

En/Na Josep Maria Vendrell Ciurana

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

és adequat i en conseqüència recomana la seva defensa

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

Signatura:



Data:

18/08/2023

DECLARACIÓ D'ABSÈNCIA DE CONFLICTES DE CONFIDENCIALITAT

En/Na Josep Maria Vendrell Ciurana, en la seva capacitat de supervisor extern^(*) del treball fa constar que ha revisat el contingut del TFGEQ i que no conté cap informació que pugui ser considerada com confidencial per part de l'empresa Asfaltos Españoles S.A.

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

Signatura:



Data:

18/08/2023

ÍNDIX

1. Introducció.....	1
1.1. Identificació del projecte.....	1
2. Etapa preliminar.....	1
2.1. Descripció del projecte.....	1
2.2. Abast del projecte.....	2
2.3. Planificació inicial del projecte.....	3
2.4. Estudi de les alternatives.....	6
2.4.1. Processos d'injecció d'absorbent.....	8
2.4.1.1. Selecció de l'absorbent.....	8
2.4.2. Mètodes de separació.....	9
2.4.3. Fluidificació del sòlid.....	9
2.4.3.1. Injeccions d'aire.....	9
2.4.3.2. Vibradors industrials.....	10
3. Bases pel desenvolupament del projecte.....	11
3.1. Bases de disseny.....	11
3.1.1. Especificacions de l'alimentació.....	11
3.1.2. Especificacions del corrent de sortida de gasos.....	11
3.1.3. Normes i codis de disseny.....	12
3.2. Dades pel desenvolupament de l'enginyeria.....	12
3.2.1. Caracterització de l'emplaçament.....	12
3.2.1.1. Localització.....	13
3.2.1.2. Climatologia.....	13
3.2.2. Serveis disponibles.....	13
3.2.3. Preu de l'energia.....	13
4. Enginyeria bàsica.....	14
4.1. Elaboració de diagrames.....	14
4.1.1. Diagrama de blocs.....	14
4.1.2. Diagrama PFD (Process Flow Diagram).....	14
4.1.3. Diagrama P&ID (Piping & Instrumentation Diagram).....	14
4.1.4. Diagrama Plot Plan.....	14
4.2. Disseny bàsic.....	23
4.2.1. Selecció del material de les canonades.....	23
4.2.2. Disseny i llistat de canonades.....	23
4.2.3. Disseny i llistat d'instrumentació i control.....	28
4.2.3.1. Selecció de vàlvules.....	34
4.2.4. Estratègia de control.....	36
4.3. Disseny d'equips.....	39
4.3.1. Estudi de la cinètica.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.1.1. Procediment de càlcul.....	39
4.3.1.2. Resultats de l'estudi de la cinètica.....	40
4.3.2. Sitja S-101.....	44
4.3.3. Filtre de mànigues sobre-sitja F-101.....	46
4.3.4. Filtre de mànigues F-102.....	48
4.3.5. Precipitador electroestàtic.....	50
5. Seguretat de la planta.....	53

5.1.	<i>Estudi Hazard and Operability (HazOp)</i>	53
6.	Manteniment de les instal·lacions	89
7.	Identificació i avaluació d'aspectes ambientals	92
7.1.	<i>Classificació dels aspectes ambientals</i>	92
7.1.1.	Aspectes Ambientals amb limitacions legals.....	92
7.1.2.	Aspectes Ambientals amb limitacions de referència	92
7.1.3.	Aspectes Ambientals sense límits legals ni de referència.....	92
7.2.	<i>Identificació dels aspectes ambientals</i>	92
7.2.1.	Aspectes Ambientals Directes.....	92
7.2.2.	Aspectes Ambientals Indirectes	92
7.2.3.	Aspectes Ambientals d'Emergència.....	93
7.3.	<i>Avaluació dels aspectes ambientals</i>	93
7.3.1.	Aspectes Ambientals Directes i Indirectes	93
7.3.1.1.	Resultats dels Aspectes Ambientals Directes i Indirectes	93
7.3.2.	Aspectes Ambientals d'Emergència.....	94
7.3.2.1.	Resultats dels Aspectes Ambientals d'Emergència	94
8.	Manual d'operació	95
8.1.	<i>Verificacions prèvies</i>	95
8.2.	<i>Posada en marxa</i>	95
8.3.	<i>Funcionament del procés</i>	95
8.4.	<i>Parada i buidatge del sistema</i>	96
8.4.1.	Parada normal.....	96
8.4.2.	Parada d'emergència.....	96
9.	Avaluació econòmica	97
10.	Conclusions	100
11.	REFERÈNCIES	102
12.	ANNEXOS	104
A.	Estudi d'alternatives	105
A.1.	<i>Mètodes de separació</i>	105
B.	Enginyeria bàsica	106
B.1.	<i>Selecció del material de les canonades</i>	106
B.2.	<i>Estudi de la cinètica</i>	108
C.	ENGINYERIA BÀSICA	113
C.1.	<i>Elaboració balanç de matèria</i>	113
C.2.	<i>Disseny dels filtres</i>	114
C.2.1.	Disseny del filtre F-101	114
C.2.2.	Disseny del filtre F-102.....	120
C.3.	<i>Disseny del precipitador electroestàtic^[9]</i>	121
D.	Metodologia miniLOPA per l'anàlisi SEMI-quantitatiu DEL HazOp	123

E.	Metodologia per la valoració i jerarquitzaçió dels Aspectes Ambientals	130
E.1.	<i>Aspectes Ambientals Directes i Indirectes</i>	130
E.1.1.	Mètode de valoració	130
E.1.2.	Criteri de jerarquitzaçió	130
E.1.3.	Criteris per la valoració de la freqüència d'aparició	130
E.1.4.	Criteris per la valoració de la magnitud relativa	130
E.1.5.	Criteris per la valoració de la gravetat de les conseqüències ambientals	132
E.2.	<i>Aspectes Ambientals d'Emergència</i>	134
E.2.1.	Criteri de jerarquitzaçió	135
E.2.2.	Criteris per la valoració de la probabilitat d'ocurrència	135
E.2.3.	Criteris per la valoració de la capacitat de control existent	135
E.2.4.	Criteris per la valoració de la gravetat de les conseqüències	135
F.	Avaluació econòmica	137
F.1.	<i>Càlcul de costos pels filtres</i>	137
F.1.1.	Càlcul de costos pel filtre F-101	137
F.1.2.	Càlcul de costos pel filtre F-102	140
F.2.	<i>Càlcul de costos pel precipitador electroestàtic^[11]</i>	144
F.3.	<i>Estudi econòmic</i>	147
G.	Fitxes de seguretat	148

1. INTRODUCCIÓ




1.1. Identificació del projecte

Taula 1.1. Identificació del projecte.

Títol	Disseny i implementació d'una unitat pel tractament dels gasos de combustió dels forns del procés
Identificador	TFGEQ_2316
Tutor	Josep Maria Vendrell Ciurana
Localització i data	Tarragona, 03 de setembre de 2023
Autors	Marc Ber Fontgibell Ingrid del Castillo Morata Valerie Arlenis Sabino Berroa

Per poder identificar el treball realitzat per cada membre de l'equip, s'ha creat un codi de colors. Aquest codi de colors es mostrarà en el cantó superior dret de cada pàgina. A continuació es mostra la distribució de colors.

Taula 1.2. Distribució de colors

Tots els autors	Sense color	
Ber Fontgibell, Marc	Verd	
del Castillo Morata, Ingrid	Rosa	
Sabino Berroa, Valerie Arlenis	Taronja	

2. ETAPA PRELIMINAR

En aquesta etapa es defineixen les característiques generals del projecte, així com les consideracions que s'han seguit i la seva planificació.

2.1. Descripció del projecte

Els gasos de combustió es produeixen com a resultat de la combustió de combustibles fòssils com el carbó, el petroli i el gas natural en processos industrials i la generació d'energia. Aquests gasos típicament contenen contaminants nocius com òxids de nitrogen (NOx), òxids de sofre (SOx), monòxid de carboni (CO) i partícules (PM), que tenen impactes ambientals i de salut negatius.

A Catalunya, l'organisme responsable de la monitorització del compliment de les legislacions ambientals a la indústria és la Generalitat. Aquesta monitorització es realitza emprant dispositius de mesura deslocalitzats que envien les dades d'emissions directament a l'organisme responsable d'aplicar sancions per l'incompliment dels límits ambientals.

Malgrat el fet que la operativa dels processos es realitza sempre complint els límits ambientals, en ocasions específiques (de fallada o problemes als processos) es pot donar el cas

que durant un període de temps (normalment reduït) s'excedeixin els límits d'emissions a les plantes químiques. Per tant, actualment moltes empreses estan buscant formes de garantir que no es produeixin aquests pics d'emissions a les seves instal·lacions.

Per abordar aquestes qüestions, s'han desenvolupat diversos tractaments de gasos de combustió per reduir les emissions de contaminants de processos industrials i generació d'energia. Alguns tractaments comuns inclouen l'ús de sistemes de dessulfuració de gasos de combustió, sistemes de reducció catalítica selectiva (SCR), precipitadors electroestàtics (ESP), i filtres de teixits.

Els sistemes FGD eliminen el diòxid de sofre (SO_2) dels gasos de combustió mitjançant l'ús d'un procés químic que el converteix en un sòlid o líquid que pot ser eliminat de forma segura. Els sistemes SCR, d'altra banda, utilitzen un convertidor catalític per reduir les emissions de NO_x convertint-les en nitrogen i vapor d'aigua. Els filtres ESP i de tela són tractaments mecànics que utilitzen càrregues electroestàtiques o bosses de tela per capturar i eliminar partícules dels gasos de combustió.

Els tractaments dels gasos de combustió exerceixen un paper important en la mitigació dels efectes negatius sobre el medi ambient i la salut dels processos industrials i la generació d'energia. En reduir les emissions de contaminants nocius, aquests tractaments ajuden a promoure un aire més net i un medi ambient més saludable per a tots.

Els combustibles fòssils han tingut i tenen una significant contribució en la producció d'energia mundial. El major inconvenient que tenen a banda de ser fonts d'energia no renovables, és que la seva combustió genera diferents contaminants que són perjudicials i alliberats a l'atmosfera.

Per tal de promoure el desenvolupament sostenible, calç reduir les emissions d'aquestes emissions de contaminants. Entre elles, es troben les emissions de SO_2 , que causen danys severos i irreversibles a la salut humana i al medi ambient. La exposició a elevades concentracions de SO_2 pot causar dificultats i malalties respiratòries i l'empitjorament de malalties cardiovasculars ja existents. A més dels problemes de salut, el SO_2 provoca una deposició àcida al medi ambient. Aquesta deposició provoca l'acidificació de superfícies aquoses, malmet el fullatge dels arbres i els cultius agrícoles i pot causar pluja àcida en contacte amb l'oxigen i la humitat de l'aire.

2.2. Abast del projecte

El projecte consisteix en el disseny i implementació d'una unitat de tractament terciari amb l'objectiu de minimitzar les emissions de SO_2 del corrent residual gasós de sortida dels forns de procés, ja que es preveu en un futur proper una restricció en el nivell d'emissions d'aquest contaminant en comparació a l'actual, segons l'article 2 del Reial Decret 1800/1995. La implementació de la unitat de dessulfuració serà estudiada per la refinaria de petroli Asfaltos Españoles S.A.

Malgrat el fet que les emissions actuals per part de l'empresa es troben molt per sota del dels 100 mg/Nm^3 de SO_2 , es preveu que el futur projecte de llei ambiental pugui reduir els límits ambientals per a l'emissió d'aquest contaminant fins a un valor inferior als 35 mg/Nm^3 . Aquestes emissions baixes per part de l'empresa, són possibles gràcies a l'existència d'un pre-

tractament que dessulfura el gas natural abans de la seva combustió, reduint així la quantitat de SO₂ als forns.

Per tant, l'objectiu d'aquest projecte és la implementació d'un tractament terciari per disminuir la quantitat de diòxid de sofre al corrent de la sortida dels fums del forn, el qual té un cabal de $8,47 \cdot 10^4$ Nm³/h.

El projecte es basa en l'estudi de diverses alternatives de tractaments de SO₂ que determina la tècnica més òptima a emprar en funció de diferents factors rellevants en el procés del refí.

L'abast del projecte consta del disseny de tots els equips necessaris en el procés terciari de dessulfuració seleccionat, tenint en compte que es disposa d'un espai aproximat de 10x12,5 m. S'identificaran i s'avaluaran els aspectes ambientals del procés, de forma que no suposi cap risc ambiental. També s'estudiarà la seguretat mitjançant un anàlisi HazOp i una estratègia de control i manteniment per tal de minimitzar els possibles escenaris perillosos. Finalment, es realitzarà un estudi econòmic de la implementació d'aquesta unitat terciària, per poder aproximar els seus costos.

2.3. Planificació inicial del projecte

S'ha realitzat un diagrama de Gantt per mostrar de manera visual la planificació inicial del projecte (pàgina 3). La planificació inicial no s'ha pogut seguir tal com es mostra, sinó que s'ha hagut de modificar i modelar, afegint fites i duracions més realistes i reorganitzant els recursos per poder seguir el camí crític més fàcilment i, així, aconseguir finalitzar el projecte correctament. La planificació real es mostra en la pàgina 4.

Disseny i implementació d'una unitat pel tractament dels gasos de combustió dels forns del procés

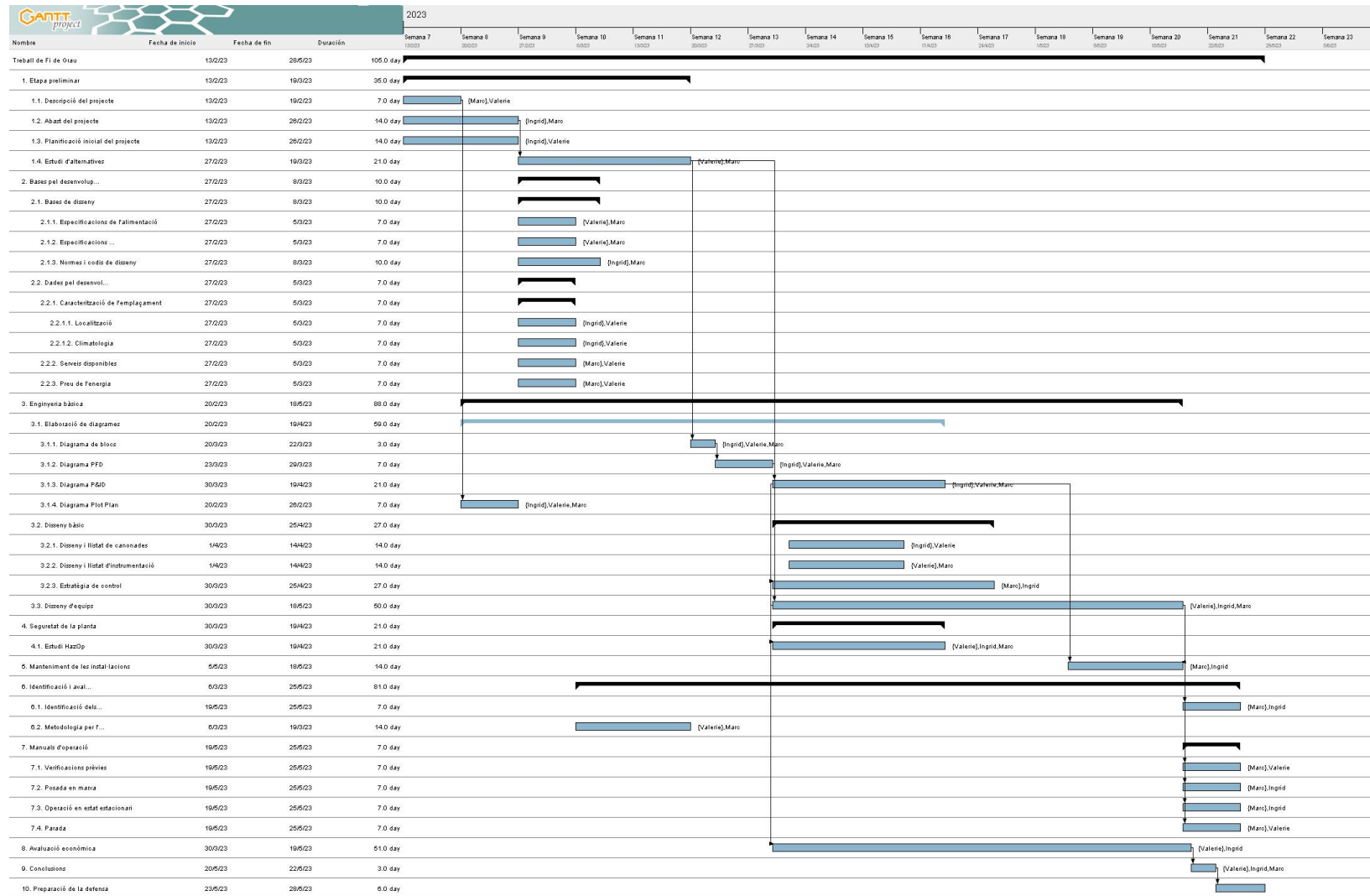


Figura 2.3.1. Planificació inicial del projecte.

Disseny i implementació d'una unitat pel tractament dels gasos de combustió dels forns del procés

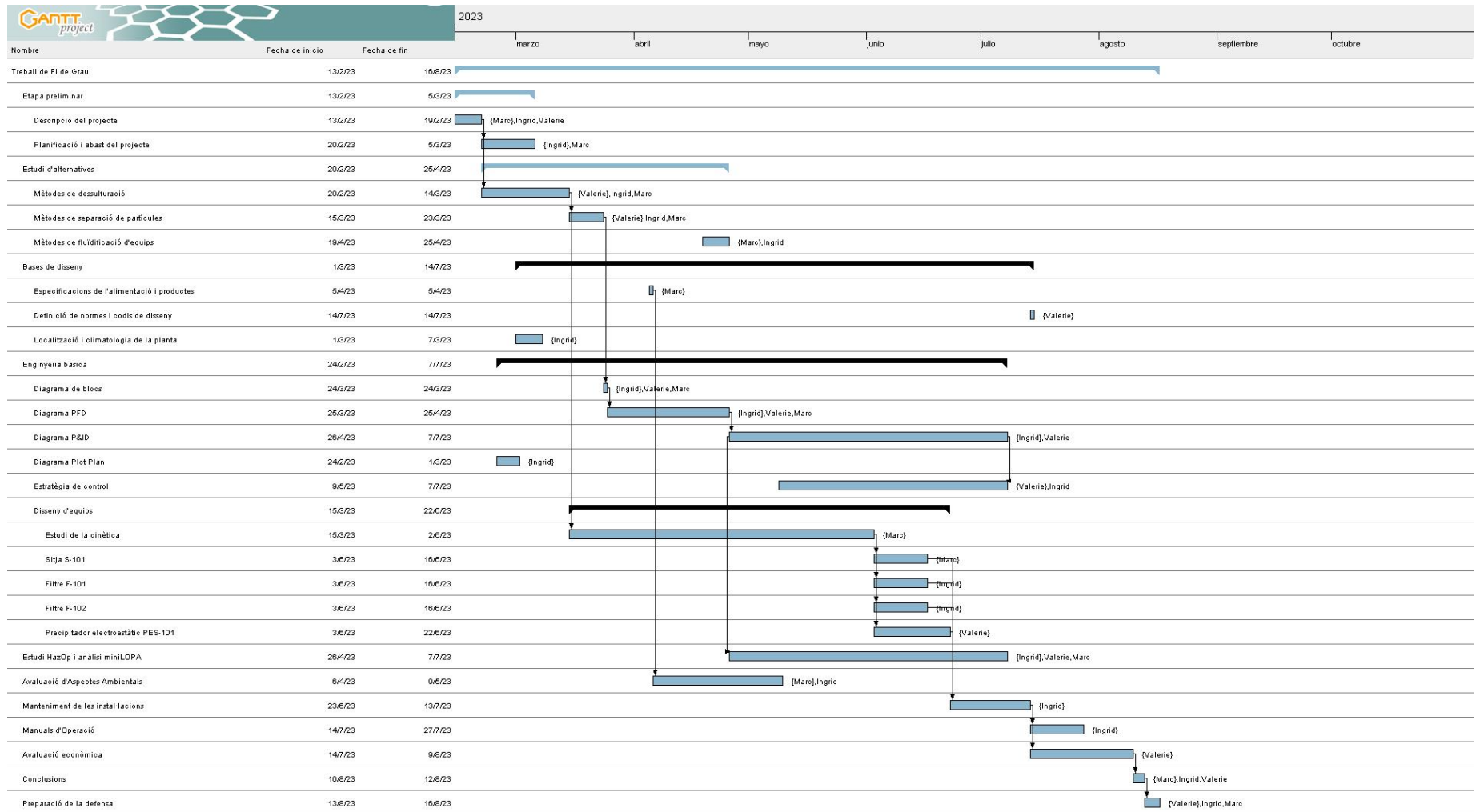


Figura 2.3.2. Planificació real del projecte.

2.4. Estudi de les alternatives

En primer lloc, s'han dividit els diferents processos de dessulfuració com a regeneratius i no regeneratius i s'han estudiat les seves característiques.

Taula 2.4.1. Característiques dels processos de dessulfuració regeneratius i no regeneratius.

Tipus de procés	Característiques
Regeneratiu	<ul style="list-style-type: none"> - Els SO_x es transformen i recuperen en forma d'altres substàncies (subproductes) que es poden vendre. - L'absorbent es pot tornar a utilitzar després d'un tractament químic o tèrmic. - Són processos suficientment consolidats. - La seva complexitat és alta. - Tenen costos d'inversió elevats. - Major consum d'energia. - Costos d'operació i manteniment més alts que els processos no regeneratius.
No regeneratiu	<ul style="list-style-type: none"> - Els SO_x són eliminats com a residu sòlid i no solen tenir altra utilitat (excepte en un procés en específic). - L'absorbent no es regenera, és rebutjat. - Costos d'operació i manteniment menors que els processos regeneratius.

S'ha decidit que s'estudiaran els processos no regeneratius, ja que els processos regeneratius són d'ús poc freqüent degut als seus inconvenients (elevada complexitat i alts costos). A més a més, el procés de regeneració suposaria l'addició d'equips extra i la venda dels subproductes no compensa l'augment dels costos.

La tècnica d'absorció, també anomenada rentat, per eliminar SO_x, apareix en la Decisió d'Execució de la Comissió, de 9 d'octubre de 2014, per la que s'estableixen les conclusions sobre les millors tècniques disponibles (MTD) conforme a la Directiva 2010/75/UE del Parlament Europeu i del Consell, sobre les emissions industrials procedents del refí del petroli i de gas.

Els processos d'absorció poden classificar-se com a humits, semisecs i secs. Majoritàriament, s'utilitzen els sistemes de dessulfuració de gasos de combustió (FGD) humits. A continuació, s'exposa una taula amb les característiques dels diferents processos d'absorció (humits, semisecs i secs).

Taula 2.4.2. Característiques dels processos d'absorció humits, semisecs i secs.

Tipus de procés	Característiques
Humit	<ul style="list-style-type: none"> - Processos més utilitzats (80% del total dels sistemes de dessulfuració). - Elevada eficiència d'eliminació de SO_x (fins a 98%).

- Alta fiabilitat.
 - Elevat cost (no es considera MTD en instal·lacions de menys de 100 MWt).
 - S'utilitzen absorbents disponibles en grans quantitats en diversos països i solen ser econòmics.
 - Instal·lacions de grans dimensions.
 - Inversió elevada.
 - Refredament dels gasos de combustió.
 - Poden generar residus costosos d'eliminar, encara que no perillosos.
- Semisec**
- Es pot realitzar a la temperatura de sortida dels gasos de combustió (no afecta).
 - Tecnologia consolidada
 - Operació senzilla
 - Baixos costos d'inversió.
 - Dimensions menors de les instal·lacions en comparació amb els processos humits.
 - Consum energètic relativament baix.
 - Utilitza majors quantitats d'absorbent.
 - Diferents rangs de cost dels absorbents.
 - Gran part del absorbent no reacciona, per tant, s'ha de reciclar un alt percentatge de residu sòlid que es forma.
- Sec**
- Normalment té percentatges de reducció d'entre 30 – 50% però pot arribar a rendiments del 70 – 80% si es recircula el producte de la reacció.
 - Procés simple.
 - Té flexibilitat de funcionament respecte a la càrrega de la caldera.
 - Baix cost d'inversió i funcionament.
 - Dimensions necessàries petites.
 - Possibilitat d'adaptar fàcilment les plantes existents.
 - No existeixen problemes de corrosió.
 - Poc manteniment necessari.
 - Baix consum d'energia.
 - No es generen aigües residuals.
 - Es poden produir residus secs, molts d'ells tòxics.
-

- Problemes de formació d'escòries que poden obstruir les canonades.
- Embrutiment dels intercanviadors de calor.

S'han descartat els sistemes d'absorció humits, ja que el caudal de gasos residuals és molt elevat, la qual cosa fa que les dimensions necessàries per la instal·lació arribin a unes magnituds molt grans i que, per tant, no sigui un procés viable.

Així doncs, s'ha decidit que el mètode d'absorció seca és el més factible en aquest cas, ja que les dimensions necessàries són petites i és fàcilment adaptable en plantes existents.

2.4.1. Processos d'injecció d'absorbent

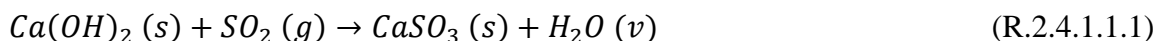
En els sistemes d'absorció seca, predominen els processos d'injecció d'absorbent per via seca (DSI). La DSI és un procés de tractament de gasos de combustió basat en la injecció per via seca d'un reactiu en el conducte de gasos de combustió, prèvia a una unitat de filtració.

En aquest procés, l'absorbent reacciona amb els contaminants en fase gasosa en un pas únic en el conducte de gasos de combustió i la reacció continua en l'equip de separació posterior, on també s'aïlla el producte de la reacció i el reactiu no reaccionat per poder retornar-lo a procés recirculant-lo al conducte de gasos i millorant així l'eficiència del procés.

2.4.1.1. Selecció de l'absorbent

Com absorbent s'utilitzarà calç hidratada ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), ja que és l'absorbent amb la capacitat de neutralització més alta en processos d'absorció seca. La calç hidratada no és combustible ni inflamable, però pot reaccionar amb àcids donant lloc a reaccions molt exotèrmiques.

La calç hidratada reacciona amb el diòxid de sofre donant lloc a la següent reacció:



S'ha escollit utilitzar *Sorbacal SPS*, una calç hidratada altament porosa i activada del proveïdor *Sorbacal*. Les seves propietats es mostren en la taula següent, en comparativa amb les de la calç hidratada estàndard.

Taula 2.4.1.1.1. Propietats de la calç hidratada estàndard i *Sorbacal SPS*.

	Calç hidratada estàndard	<i>Sorbacal SPS</i>
Puresa (%)	> 90	> 93
BET <i>Specific surface area</i> (m²/g)	< 18	> 40
<i>Total pore volume</i> (cm³/g)	< 0,10	> 0,20
D50 (µm)	4 – 6	5 – 8

El principal motiu de l'elecció d'aquesta calç és que la seva BET *Specific Surface Area* és molt més elevada que la d'una calç hidratada estàndard. Aquest paràmetre influeix molt en l'eficiència del procés, de manera que, quan més gran sigui, més eficiència tindrà.

La seva fitxa de seguretat es mostra en l'annex G.

2.4.2. Mètodes de separació

S'ha escollit utilitzar un precipitador electroestàtic com a mètode de separació de les partícules sòlides i purificació del corrent gasós enviat a xemeneia. En l'Annex A.1 es presenta una taula comparativa amb els diferents avantatges i inconvenients de les diferents alternatives de mètodes de separació estudiades. L'ús d'aquest equip permet la recollida de partícules pulverulentes i redueix tant la quantitat de residu final de sòlids com el flux de recirculació.

El funcionament del precipitador electroestàtic afavoreix l'eficiència de la reacció gràcies a l'augment del temps de residència del sòlid dins d'aquest.

Les vibracions que es produeixen en el seu interior pels cops dels martells, que sacsegen els plats col·lectors del precipitador electroestàtic (*rapping system*) per aconseguir eliminar les partícules sòlides adherides, donen lloc a una desorció del gas residual no reaccionat.

La desorció del gas que no ha reaccionat a la superfície de les partícules de calç permet augmentar la superfície reactiva, de forma que la moció mecànica d'aquest equip millora l'eficiència ja que la calç que es recircula té major capacitat per a adsorbir els gasos de combustió.

2.4.3. Fluïdificació del sòlid

Per poder fluïdificar el sòlid i afavorir la seva mobilització en els equips, s'ha optat per utilitzar dos mètodes diferents: injeccions d'aire i vibradors industrials.

2.4.3.1. Injeccions d'aire

S'ha decidit utilitzar injeccions d'aire per fluïdificar la sitja on s'emmagatzema la calç hidratada fresca que arriba des de cisterna, ja que compta amb majors dimensions i en el seu interior s'acumulen més quantitats de sòlid.

Aquestes injeccions estaran monitoritzades a través d'electrovàlvules que obriran cada cert temps per garantir el pas de l'absorbent cap al conducte de gasos de combustió. D'aquesta manera, es pot assegurar l'eliminació de possibles embussos (*clogging*).

2.4.3.2. Vibradors industrials

Existeixen diferents tipus de vibradors industrials, segons el tipus de motor que utilitzen. A continuació, es troben detallades les característiques dels diferents tipus de vibradors industrials.

Taula 2.4.3.2.1. Característiques dels diferents tipus de vibradors industrials.

Tipus de vibrador industrial		Característiques
Elèctrics		<ul style="list-style-type: none"> - Requeriments mínims de manteniment <ul style="list-style-type: none"> - Econòmics - Consum d'energia baix - No emeten sorolls forts - Adaptables a diferents requeriments
Neumàtics	De turbina	<ul style="list-style-type: none"> - Alta freqüència giratòria <ul style="list-style-type: none"> - Gran potencia - Baixos requeriments d'aire <ul style="list-style-type: none"> - Poc desgast - Costos de manteniment reduïts - Desplaçament de material sec i fi
	Oscil·latoris	<ul style="list-style-type: none"> - Baix nivell sonor - Consum energètic eficient - A prova d'explosions <ul style="list-style-type: none"> - Fàcils d'operar - Còmodes de netejar
	D'impacte	<ul style="list-style-type: none"> - Utilitza la força d'impacte - Opera a nivells sonors reduïts <ul style="list-style-type: none"> - Procés delicat - Consum energètic eficient

S'han triat els vibradors neumàtics d'impacte a pistó, ja que la seva instal·lació i posada en marxa és molt senzilla, no requereixen manteniment i tenen baix consum d'aire.

Aquests tipus de vibradors són comunament utilitzats en sitges i tremuges i, a banda d'utilitzar-se com a sistemes de fluidificació, són útils també per la neteja de filtres, per aquest motiu, s'utilitzaran vibradors neumàtics de pistó en els diferents equips del procés on s'acumulen sòlids, exceptuant el precipitador electroestàtic, que compta amb el seu propi sistema de colpejat.

3. BASES PEL DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE

3.1. Bases de disseny

3.1.1. Especificacions de l'alimentació

En el procés dissenyat es disposa de 2 alimentacions diferenciades:

Taula 3.1.1.1. Especificacions de les diverses alimentacions del sistema.

Entrada	Fase	P (barg)	Cabal	Composició (màssica)
Sortida del forn (gasos de combustió)	Gas	0,11	$8,47 \cdot 10^4$ Nm ³ /h	3,61% CO ₂ 75,70% N ₂ 2,81% H ₂ O 17,88% O ₂ 0,004 % SO ₂
Calç hidratada des de camió cisterna	Sòlid	0,20	47,5 kg/h	100% Ca(OH) ₂

3.1.2. Especificacions del corrent de sortida de gasos

El procés consta de 2 principals sortides:

Taula 3.1.2.1. Especificacions del corrent de sortida de gasos cap a xemeneia.

Sortida	Fase	P (barg)	Cabal	Composició (molar)
Xemeneia	Gas	0,11	$8,47 \cdot 10^4$ Nm ³ /h	3,61% CO ₂ 75,70% N ₂ 2,81% H ₂ O 17,88% O ₂ 0,001 % SO ₂ 0,005 % partícules
Big bag	Sòlid	0	44,4 kg/h	100% partícules

Les partícules estan formades per CaSO₃ i reactiu no reaccionat, Ca(OH)₂.

3.1.3. Normes i codis de disseny

A continuació es mostren les normes i codis de disseny utilitzats en els diferents equips del procés.

- Canonades: normativa ANSI (*American National Standards Institute*).
- Materials: codi ASTM (*American Society for Testing and Materials*) / UNE-EN (Normalización Española) 10255:2005
- Recipients: codi ASME (*American Society of Mechanical Engineers*).
- Aspectes ambientals: ISO 14001: 2015.
- Vàlvules d'alleujament de pressió: ASME (*American Society of Mechanical Engineers*), Secció VIII.
- Diagrames de flux e instrumentació: DIN ISO 10628.

3.2. Dades pel desenvolupament de l'enginyeria

3.2.1. Caracterització de l'emplaçament

L'empresa Asfaltos Españoles S.A. (ASESA) es troba ubicada al Polígon Industrial d'Entrevies de la província de Tarragona. Els principals accessos a les instal·lacions de l'empresa són per carretera o per vies ferroviàries.

Per carretera, es pot accedir des de l'autovia de Tarragona a Salou, concretament el ramal C-31B, des de l'autovia A-27 de Tarragona – Montblanc, també des de la carretera nacional N-340 que uneix Cádiz i Barcelona o bé des de la T-11 que enllaça Tarragona i Reus.

Les línies de ferrocarril que travessen el polígon són Barcelona–Cádiz i Barcelona–Madrid.

La zona no presenta accidents geogràfics importants. Les lleres d'aigua més properes són la riera de la Boella i el riu Francolí.



Figura 3.2.1.1. Vista aèria de l'empresa ASESA (límits marcats en vermell).^[1]

3.2.1.1. Localització

Taula 3.2.1.1.1. Dades de localització de l'empresa.^[1]

Nom de l'empresa	Asfaltos Españoles S.A. (ASESA)
Direcció	Carretera de Salou, s/n
Codi postal	43004
Municipi (Província)	Tarragona (Tarragona)
Latitud / Longitud	41° 6' 16,70'' N / 1° 12' 42,29'' E

3.2.1.2. Climatologia

Taula 3.2.1.2.1. Dades meteorològiques de l'emplaçament.^[2]

Paràmetre meteorològic	Valor considerat	
Temperatura ambient (°C)	17,4	
Temperatura mitjana del terreny (°C)	17,4	
Humitat relativa (%)	76	
Velocitat del vent (m/s) i estabilitat predominant	4,05 D	1,46 F
Direcció predominant del vent en estabilitat predominant	O	N

3.2.2. Serveis disponibles

A continuació, es llisten els serveis o *utilities* necessaris en el procés dels que es disposa i les seves característiques.

Taula 3.2.2.1. Característiques dels serveis disponibles.

Servei	Caudal (m³/h)	T (°C)	P (barg)	Qualitat	Voltatge (V)	Característiques
Aire	No limitat	25 (ambient)	7,00	79% N ₂ 21% O ₂	-	Aire sec
Electricitat	No limitada	-	-	-	480 V	Corrent alterna de 50 Hz de freqüència a partir de sistema trifàsic.

3.2.3. Preu de l'energia

El preu net de l'energia per ús industrial a Espanya s'ha trobat bibliogràficament al Butlletí Estadístic^[3] i va ser de 0,180 €/kWh al darrer any 2022, és a dir, 180 €/MWh.

4. ENGINYERIA BÀSICA

En aquest apartat es presenten els diagrames que mostren el procés, així com el disseny bàsic dels diferents equips i components que conformen el sistema (canonades, instrumentació, vàlvules...) i l'estratègia de control.

4.1. Elaboració de diagrames

S'han elaborat diferents diagrames per tal de facilitar la comprensió del sistema.

4.1.1. Diagrama de blocs

Veure pàgina 15.

4.1.2. Diagrama PFD (*Process Flow Diagram*)

Veure pàgina 16 (diagrama PFD), pàgines 17 i 18 (balanç de matèria) i pàgina 19 (llegenda).

4.1.3. Diagrama P&ID (*Piping & Instrumentation Diagram*)

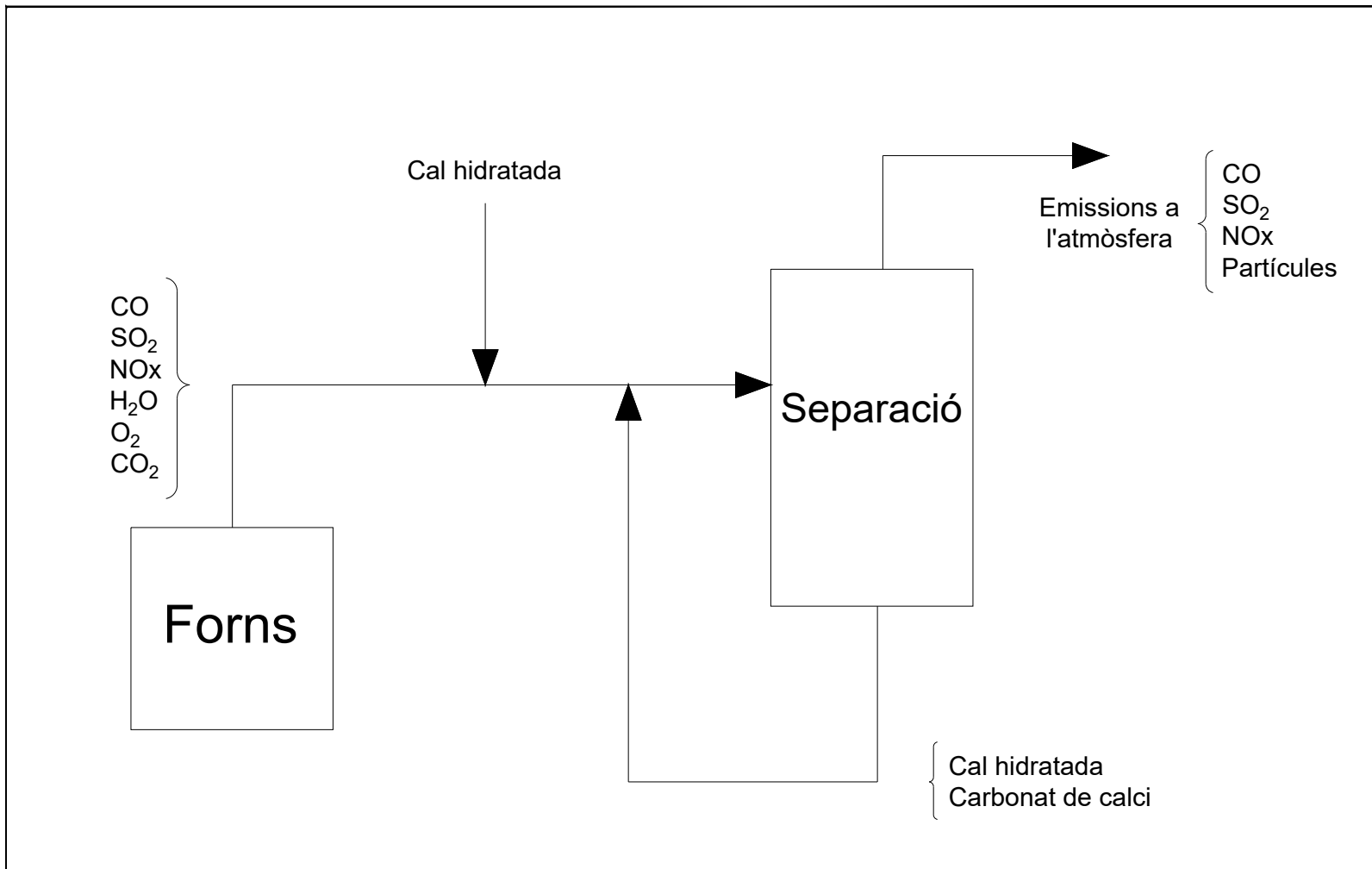
Veure pàgina 19 (llegenda) i pàgines 20 i 21 (diagrama P&ID).

El procés compta amb discs de ruptura per protegir contra possible buit, ja que, en aquest cas en què no s'utilitza cap substància perillosa però el reactiu és sòlid, l'addició d'una vàlvula de tipus PVRV podria ser contraproduent pel fet que és molt més propensa a taponar-se pel sòlid.

S'han afegit sistemes de trampes de vapor en els corrents d'aire de servei per mostrar una solució en cas que l'aire pogués arribar humit.

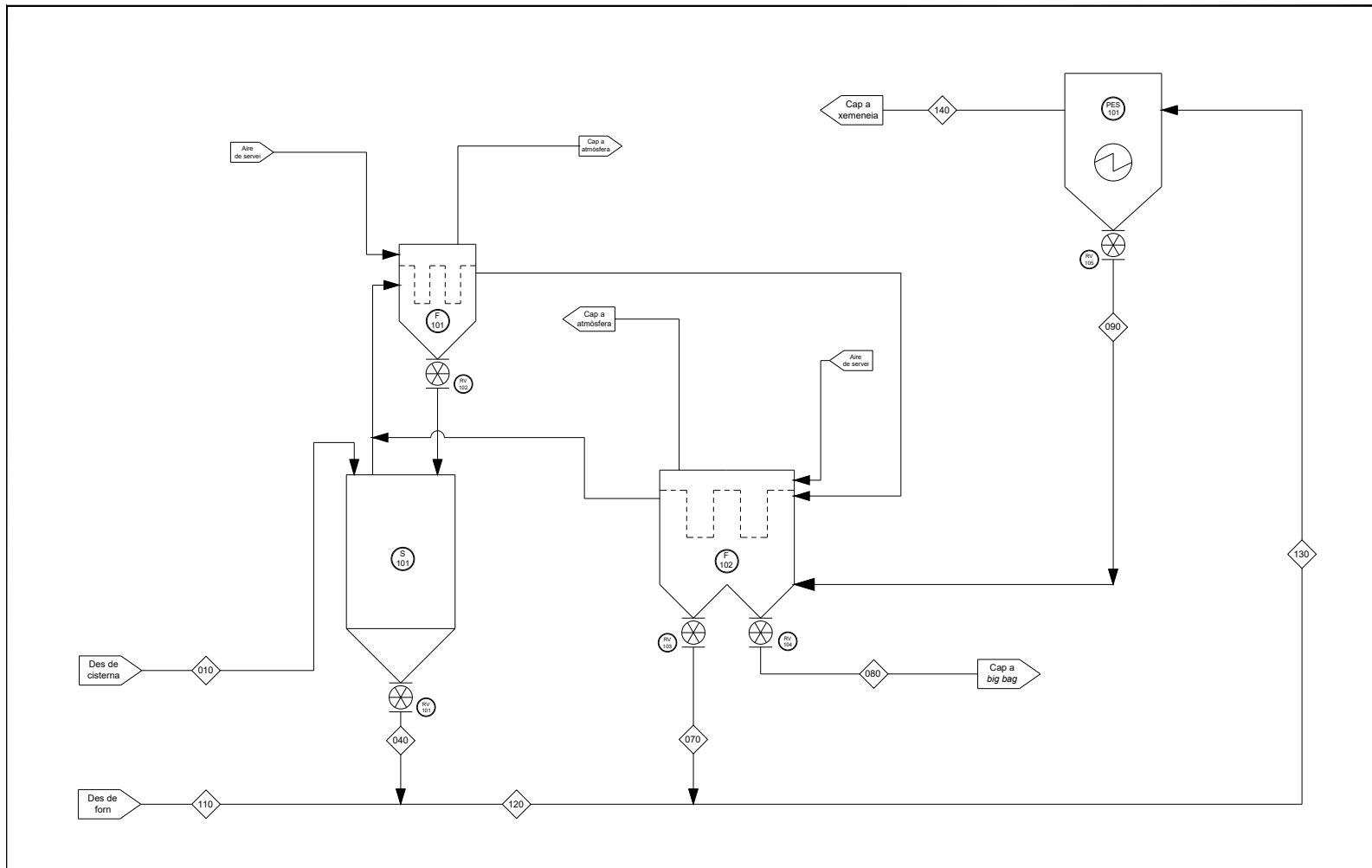
4.1.4. Diagrama *Plot Plan*

Veure pàgina 22.



REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE	DESIGNED	DIAGRAMA DE BLOCS TRACTAMENT DEL CORRENT DE GASOS DE COMBUSTIÓ DELS FORNS DEL PROCÉS
01	NEW	ID		13-03											Ingrid del Castillo Morera DRAWN	
															Ingrid del Castillo Morera CHECKED	
															Marc Beny Valere Sabino APPROVED	
															PROJECT NUMBER: TFCGQ 2116 SCALE: 1:69 BLOCK: 1 DWG: 1/007	

Disseny i implementació d'una unitat pel tractament dels gasos de combustió dels forns del procés



REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE	REVISION	DESIGNER	PROJECT NUMBER	SCALE	BLOCK	FIGURE
01	OLD	ID		13-03	05	NEW	ID		24-05							Inglad del Casallo Morala	PPG 216	NO A ESCALA	1	1/80
02	OLD	ID		29-04												Inglad del Casallo Morala				
03	OLD	ID		11-05												Checked				
04	OLD	ID		18-05												Approved				

Taula 4.1.2.1. Balanç de matèria del procés.

Corrent	010	110	040	120	070	080	130	090	140
P (barg)	7,00	0,11	0,20	0,11	0,20	0,20	0,11	0,20	0,11
T (°C)	25,0	115,0	25,0	115,0	25,0	25,0	115,0	25,0	115,0
Fase	S	V	S	S+V	S	S	S+V	S	S+V
Cabal màssic (kg/h)									
Diòxid de carboni	-	3,90E+03	-	3,90E+03	-	-	3,90E+03	-	3,90E+03
Nitrogen	-	8,18E+04	-	8,18E+04	-	-	8,18E+04	-	8,18E+04
Aigua	-	3,03E+03	-	3,03E+03	-	-	3,03E+03	-	3,03E+03
Oxigen	-	1,93E+04	-	1,93E+04	-	-	1,93E+04	-	1,93E+04
Diòxid de sofre	-	4,10E+00	-	4,10E+00	-	-	6,20E-01	-	6,20E-01
Hidròxid de calci	1,20E+04	-	4,75E+01	4,75E+01	8,81E+02	3,94E+01	9,28E+02	9,20E+02	4,62E+00
Sulfit de calci	-	-	-	-	1,12E+02	5,00E+00	1,12E+02	1,17E+02	5,90E-01
TOTAL	1,20E+04	1,08E+05	4,75E+01	1,08E+05	9,92E+02	4,44E+01	1,09E+05	1,04E+03	1,08E+05

Continuació Taula 4.1.2.2. Balanç de matèria del procés.

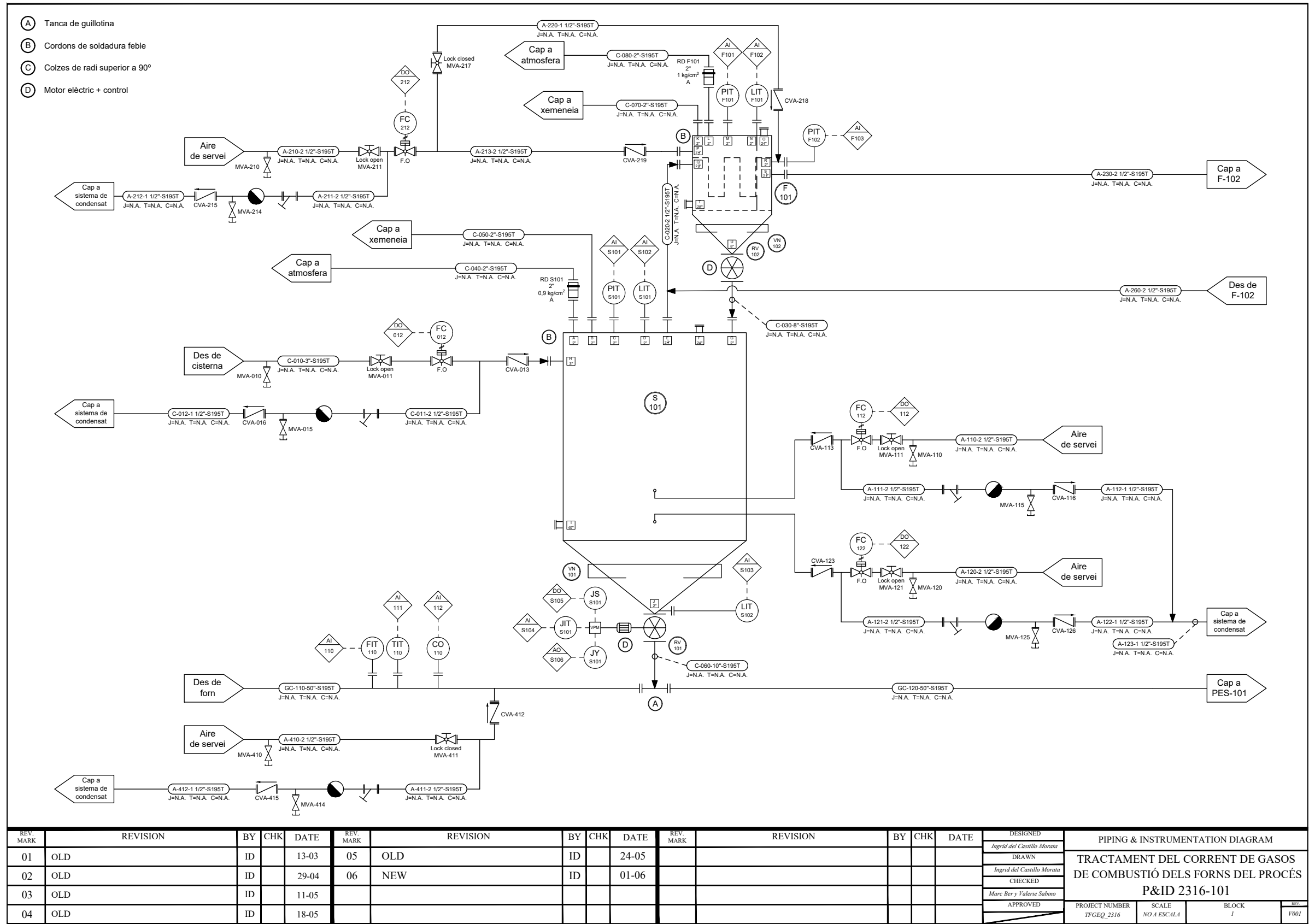
Corrent	010	110	040	120	070	080	130	090	140
Fracció màssica									
Diòxid de carboni	-	3,61E-02	-	3,61E-02	-	-	3,58E-02	-	3,61E-02
Nitrogen	-	7,57E-01	-	7,57E-01	-	-	7,50E-01	-	7,57E-01
Aigua	-	2,81E-02	-	2,80E-02	-	-	2,78E-02	-	2,81E-02
Oxigen	-	1,79E-01	-	1,79E-01	-	-	1,77E-01	-	1,79E-01
Diòxid de sofre	-	3,80E-05	-	3,79E-05	-	-	5,69E-06	-	5,74E-06
Hidròxid de calci	1,00E+00	-	1,00E+00	4,40E-04	8,88E-01	8,87E-01	8,51E-03	8,88E-01	4,28E-05
Sulfit de calci	-	-	-	-	1,12E-01	1,13E-01	1,02E-03	1,12E-01	5,46E-06
TOTAL	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

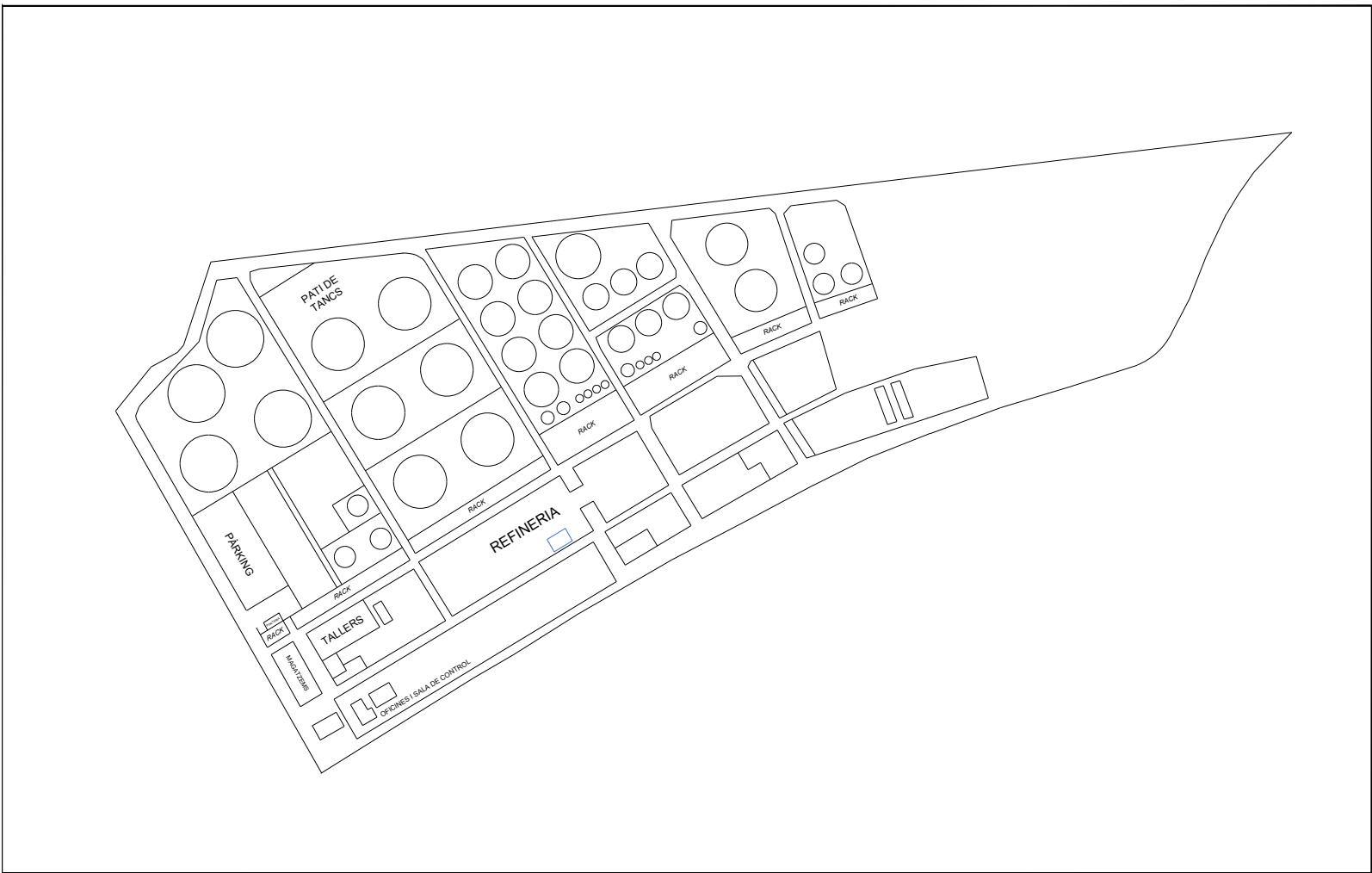
El balanç de matèria es troba explicat a l'Annex C.1.

Disseny i implementació d'una unitat pel tractament dels gasos de combustió dels forns del procés

Identificació de canonades				Equips				Control i instrumentació				Eскурçaments																																																																																			
<p>Designació del servei GC Gasos de combustió A Aire de servei C Cal RD Disc de ruptura</p> <p>Identificació de la línia</p> <p>Diàmetre extern de la línia</p> <p>Material de la línia</p> <p>Calorifugat (N.A. / Tipus de Gruix)</p> <p>Tracejat (N.A. / Tipus) ST (H/MS/LS) Vapor (Pressió) EL Elèctric</p> <p>Camisa (N.A. / Tipus) HS Vapor d'alta pressió MS Vapor de mitja pressió LS Vapor de baixa pressió</p>				<p>Sitja</p> <p>Filtre de mànigues</p> <p>Precipitador electrostàtic</p> <p>Filtre de doble tolva</p> <p>Vàlvula rotativa</p> <p>Vibrador neumàtic</p> <p>Zona de vapor</p> <p>Trampa de vapor</p> <p>Zona de condensat</p> <p>Filtre per sistema de trampa de vapor</p>				<p>Transmissió de senyal pneumàtica</p> <p>Transmissió de senyal elèctrica</p> <p>Instrument amb unió per brida Tipus d'instrument: FT- Mesurador de cabal LT- Mesurador de nivell PT- Mesurador de pressió TT- Mesurador de temperatura XT- Mesurador de composició ZS- Mesurador de posició ZSC- Indicador de posició d'interruptor (tancat)</p> <p>Identificació de l'instrument</p> <p>Instrument amb unió elèctrica Tipus d'instrument: JT- Mesurador de potència</p> <p>Identificació de l'instrument</p> <p>Actuador pneumàtic Tipus d'actuador: FC- Controlador de flux PC- Controlador de pressió IH- Emissor de senyal elèctrica</p> <p>Identificació de l'actuador</p> <p>Actuador elèctric Tipus d'actuador: JY- Regulador de potència JS- Interruptor de potència (encès/tancat)</p> <p>Identificació de l'actuador</p> <p>Ordre Tipus de senyal: DI- Entrada digital DO- Sortida digital AI- Entrada analògica AO- Sortida analògica</p> <p>Identificació de l'ordre</p> <p>Elements de seguretat</p> <p>Identificació de l'equip de seguretat</p> <p>Orifici</p> <p>Pressió d'actuació</p> <p>Avis de trencament (Alarmat / No alarmat)</p> <p>Disc de ruptura</p>				<p>Es una forma escureçada de</p> <p>Es una forma escureçada de</p> <p>*C (closed, tancat) per vàlvules F.O. *O (open, obert) per vàlvules F.O. *Display a camp</p>																																																																																			
<p>Canonades</p> <p>Entrada de procés</p> <p>Sortida de procés</p> <p>Línia de procés / servei</p> <p>Unió per "T" (soldada)</p> <p>Brida</p> <p>Tap roscat</p> <p>Reductor</p> <p>Mesura de la canonada d'entrada Mesura de la canonada de sortida</p> <p>Boca d'home</p>												<p>Anotacions</p> <p>Nota a la part superior del diagrama</p> <p>Identificació de l'embocadura</p> <p>Identificació de l'equip</p>																																																																																			
												<p>Vàlvules</p> <p>MVX-111</p> <p>Vàlvula manual de bola</p> <p>FC 111</p> <p>Vàlvula automàtica de bola</p> <p>CVX-111</p> <p>Vàlvula antiretorn (Check)</p> <p>Vàlvula de purga</p> <p>Vàlvula de mostra</p>																																																																																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>REV. MARK</th> <th>REVISION</th> <th>BY</th> <th>CHK</th> <th>DATE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>01</td> <td>OLD</td> <td>ID</td> <td></td> <td>13-03</td> </tr> <tr> <td>02</td> <td>OLD</td> <td>ID</td> <td></td> <td>29-04</td> </tr> <tr> <td>03</td> <td>OLD</td> <td>ID</td> <td></td> <td>11-05</td> </tr> <tr> <td>04</td> <td>OLD</td> <td>ID</td> <td></td> <td>18-05</td> </tr> </tbody> </table>				REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE	01	OLD	ID		13-03	02	OLD	ID		29-04	03	OLD	ID		11-05	04	OLD	ID		18-05	<table border="1"> <thead> <tr> <th>REV. MARK</th> <th>REVISION</th> <th>BY</th> <th>CHK</th> <th>DATE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>05</td> <td>NEW</td> <td>ID</td> <td></td> <td>24-05</td> </tr> </tbody> </table>				REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE	05	NEW	ID		24-05	<table border="1"> <thead> <tr> <th>REV. MARK</th> <th>REVISION</th> <th>BY</th> <th>CHK</th> <th>DATE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE						<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESIGNED</th> <th>PROJECT NUMBER</th> <th>SCALE</th> <th>BLOCK</th> <th>REV.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Ingrid del Castillo Morata</td> <td>TFGEQ_2316</td> <td>NO A ESCALA</td> <td>1</td> <td>V001</td> </tr> <tr> <td>DRAWN</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ingrid del Castillo Morata</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>CHECKED</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Marc Bery Valerie Sabino</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>APPROVED</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				DESIGNED	PROJECT NUMBER	SCALE	BLOCK	REV.	Ingrid del Castillo Morata	TFGEQ_2316	NO A ESCALA	1	V001	DRAWN					Ingrid del Castillo Morata					CHECKED					Marc Bery Valerie Sabino					APPROVED				
REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE																																																																																											
01	OLD	ID		13-03																																																																																											
02	OLD	ID		29-04																																																																																											
03	OLD	ID		11-05																																																																																											
04	OLD	ID		18-05																																																																																											
REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE																																																																																											
05	NEW	ID		24-05																																																																																											
REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE																																																																																											
DESIGNED	PROJECT NUMBER	SCALE	BLOCK	REV.																																																																																											
Ingrid del Castillo Morata	TFGEQ_2316	NO A ESCALA	1	V001																																																																																											
DRAWN																																																																																															
Ingrid del Castillo Morata																																																																																															
CHECKED																																																																																															
Marc Bery Valerie Sabino																																																																																															
APPROVED																																																																																															

Disseny i implementació d'una unitat pel tractament dels gasos de combustió dels forns del procés





REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE	REV. MARK	REVISION	BY	CHK	DATE	DESIGNED	PLOT PLAN TRACTAMENT DEL CORRENT DE GASOS DE COMBUSTIÓ DELS FORNS DEL PROCÉS		
01	NEW	ID		13-03											<i>Ingrit del Castillo Morata</i>			
															DRAWN			
															<i>Ingrit del Castillo Morata</i>			
															CHECKED			
															<i>Marc Rey i Valeriu Sobirà</i>			
															APPROVED			
															PROJECT NUMBER	SCALE	BLOCK	REV.
															FFC002_2316	1:69	1	1/00

4.2. Disseny bàsic

4.2.1. Selecció del material de les canonades

Per escollir el material de les canonades, s'han tingut en compte les característiques de les substàncies que hi circularan.

Les especificacions del corrent de gasos de combustió es mostren a la Taula 2.1.1.1. Aquest corrent conté diòxid de carboni (CO₂) i aigua (H₂O), que reaccionen formant àcid carbònic, el qual, generalment, té un efecte corrosiu en les canonades d'acer al carboni.

Per els conductes on circulen gasos de combustió o aire de servei, que poden ocasionar corrosió, s'han especulat dues opcions. L'empresa ASESa utilitza acer galvanitzat per les seves canonades d'aire de servei. Per altra banda, s'ha contemplat també la possibilitat d'utilitzar un acer de baix aliatge (Veure Annex B.1). Els acers de baix aliatge tenen major resistència a la corrosió que els acers no aliats. També presenten una bona tenacitat i resistència estructural, per la qual cosa són adients per sistemes a pressió, com és el transport d'aire comprimit de servei. En l'Annex B.1. es mostren diferents alternatives d'acers de baix aliatge i les seves característiques.

Finalment, s'ha decidit utilitzar acer galvanitzat com a material de les canonades que transporten aire de servei i gasos de combustió, ja que es tracta d'un material més econòmic i és totalment viable donades les condicions del procés (no existeix cap requeriment especial i les condicions de treball no són extremes). En l'Annex B.2. es pot veure una comparativa entre l'acer de baix aliatge G20Mo5 i l'acer galvanitzat. S'utilitzarà soldadura per minimitzar les fugues en connexions i pèrdues de pressió.

Per les canonades on circulen sòlids, s'ha decidit utilitzar acer al carboni.

Els acers al carboni son molt resistents i econòmics. El seu principal inconvenient és la vulnerabilitat front la corrosió, però en aquests casos no circula cap substància que pugui ocasionar un risc de corrosió, per tant és adequat utilitzar aquest material.

S'utilitzarà un acer al carboni sense aliatges, concretament, l'acer al carboni 1.0026 amb designació S195T, ja que és apte per soldar i rosca.

4.2.2. Disseny i llistat de canonades

La següent taula mostra el llistat de les diferents línies del procés.

Taula 4.2.2.1. Llistat de canonades.

Identificació	Des de	Cap a	Fluid	Material	Galvanitzat	T (°C)	P _{in} /P _{out} (barg)	OD/ID (in)	L (m)	SCH/NPS (in)	Paint
GC-110	Forn	Injecció de sòlid de S-101	Gasos de combustió	Acer al carboni S195T	Sí	115,0	0,11	60,325/49,251	10,0	SCH 80 50	Taronja
GC-120	Injecció de sòlid de S-101	Injecció de sòlid de F-102	Gasos de combustió + absorbent	Acer al carboni S195T	Sí	115,0	0,11	60,325/49,251	10,0	SCH 80 50	Taronja
GC-130	Injecció de sòlid de F-102	PES-101	Gasos de combustió + absorbent	Acer al carboni S195T	Sí	115,0	0,11	60,325/49,251	10,0	SCH 80 50	Taronja
GC-140	PES-101	Xemeneia	Gasos de combustió nets	Acer al carboni S195T	Sí	110,0	0,11	60,325/49,251	10,0	SCH 80 50	-
C-010	Cisterna	S-101	Calç hidratada + aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	3,500/3,068	12,0	SCH 40 3	-
C-020	S-101	F-101	Aire + calç hidratada	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	0,20	2,875/2,469	2,0	SCH 40 2 1/2	-
C-030	F-101	S-101	Calç hidratada	Acer al carboni S195T	No	25,0	0,15	8,625/7,981	0,5	SCH 40 8	-
C-040	S-101	Xemeneia	Aire + calç hidratada	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	0,15	2,375/2,067	10,0	SCH 40 2	-

Continuació Taula 4.2.2.1. Llistat de canonades.

Identificació	Des de	Cap a	Fluid	Material	Galvanitzat	T (°C)	P _{in} /P _{out} (barg)	OD/ID (in)	L (m)	SCH/N PS (in)	Paint
C-050	S-101	Atmosfera	Aire + calç hidratada	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	0,15	2,375/2,067	11,5	SCH 40 2	-
C-060	S-101	Conducte gasos de combustió	Calç hidratada	Acer al carboni S195T	No	25,0	0,15	10,750/10,0 20	5,0	SCH 40 10	-
C-070	F-101	Xemeneia	Aire + calç hidratada	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	0,20	2,375/2,067	10,0	SCH 40 2	-
C-080	F-101	Atmosfera	Aire + calç hidratada	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	0,20	2,375/2,067	11,5	SCH 40 2	-
A-110	ASESA	S-101	Aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	2,875/2,469	10,0	SCH 40 2 1/2	Blau
A-120	ASESA	S-101	Aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	2,875/2,469	10,0	SCH 40 2 1/2	Blau
A-210	ASESA	A-211/A-220/A-213	Aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	2,875/2,469	20,0	SCH 40 2 1/2	Blau
A-220	A-210/A-211	PIT F102	Aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	1,900/1,610	5,0	SCH 40 1 1/2	Blau
A-230	F-101	F-102	Aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	2,875/2,469	20,0	SCH 40 2 1/2	Blau

Continuació Taula 4.2.2.1. Llistat de canonades.

Identificació	Des de	Cap a	Fluid	Material	Galvanitzat	T (°C)	P _{in} /P _{out} (barg)	OD/ID (in)	L (m)	SCH/NPS (in)	Paint
A-240	ASESA	A-242/A-241/A-244	Aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	2,875/2,469	5,0	SCH 40 2 1/2	Blau
A-241	A-240/A-242	F-102	Aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	2,875/2,469	5,0	SCH 40 2 1/2	Blau
A-244	A-241/A-240	PIT F104	Aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	1,900/1,610	5,0	SCH 40 1 1/2	Blau
C-310	F-102	Atmosfera	Aire + calç hidratada	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	0,15	2,375/2,067	13,5	SCH 40 2	-
C-320	F-102	Xemeneia	Aire + calç hidratada	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	0,15	2,375/2,067	12,0	SCH 40 2	-
A-260	F-102	C-020	Aire + calç hidratada	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	2,875/2,469	12,0	SCH 40 2 1/2	-
C-330	F-102	Conducte gasos de combustió	Calç hidratada	Acer al carboni S195T	No	25,0	0,15	10,750/10,020	5,0	SCH 40 10	-
C-340	F-102	<i>Big bag</i>	Calç hidratada	Acer al carboni S195T	No	25,0	0,15	12,750/11,938	15,0	SCH 40 12	-
C-350	PES-101	F-102	Calç hidratada	Acer al carboni S195T	No	110,0	0,20	10,750/10,020	10,0	SCH 40 10	-

Continuació Taula 4.2.2.1. Llistat de canonades.

Identificació	Des de	Cap a	Fluid	Material	Galvanitzat	T (°C)	P _{in} /P _{out} (barg)	Diàmetre (in)	L (m)	SCH/NPS (in)	Paint
A-410	ASESA	GC-110	Aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	2,875/2,469	10,0	SCH 40 2 1/2	Blau
A-420	ASESA	GC-130	Aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	2,875/2,469	10,0	SCH 40 2 1/2	Blau
A-430	ASESA	C-350	Aire	Acer al carboni S195T	Sí	25,0	7,00	2,875/2,469	10,0	SCH 40 2 1/2	Blau

4.2.3. Disseny i llistat d'instrumentació i control

En aquest apartat es descriuen els elements de control seleccionats per al procés.

Les característiques de les diferents vàlvules es recullen en la Taula 4.2.3.1 mentre que els instruments que conformen el sistema es llisten en la Taula 4.2.3.2.

Taula 4.2.3.1. Llistat de vàlvules.

Identificació	DN (")	Descripció	Tipus	Tipus de connexió	Línia/Equip	Fabricant	Model	Material
ABV 011	3	Vàlvula automàtica	<i>Ball valve</i>	Bridada	C-010	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
MVA 012	2 ½	Vàlvula manual	<i>Ball valve</i>	Bridada	C-010	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
CVA 013	1	Vàlvula antiretorn	<i>Check valve</i>	Bridada	C-010	Flowserve	Vàlvules de retenció de disc basculant <i>Check</i>	Acer al carboni 1.0026
ABV 211	3	Vàlvula automàtica	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-211	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
MVA 212	2 ½	Vàlvula manual	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-220	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
MVA 213	2 ½	Vàlvula manual	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-211	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
CVA 214	1	Vàlvula antiretorn	<i>Check valve</i>	Bridada	A-211	Flowserve	Vàlvules de retenció de disc basculant <i>Check</i>	Acer al carboni 1.0026
CVA 215	1	Vàlvula antiretorn	<i>Check valve</i>	Bridada	A-220	Flowserve	Vàlvules de retenció de disc basculant <i>Check</i>	Acer al carboni 1.0026
ABV 111	3	Vàlvula automàtica	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-110	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
MVA 112	2 ½	Vàlvula manual	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-110	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026

Continuació Taula 4.2.3.1. Llistat de vàlvules.

Identificació	DN	Descripció	Tipus	Tipus de connexió	Línia/Equip	Fabricant	Model	Material
CVA 113	1	Vàlvula antiretorn	<i>Check valve</i>	Bridada	A-110	Flowserve	Vàlvules de retenció de disc basculant <i>Check</i>	Acer al carboni 1.0026
ABV 121	3	Vàlvula automàtica	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-120	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
MVA 122	2 ½	Vàlvula manual	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-120	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
CVA 123	1	Vàlvula antiretorn	<i>Check valve</i>	Bridada	A-120	Flowserve	Vàlvules de retenció de disc basculant <i>Check</i>	Acer al carboni 1.0026
MVA 241	2 ½	Vàlvula manual	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-250	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
ABV 242	3	Vàlvula automàtica	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-241	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
MVA 243	2 ½	Vàlvula manual	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-241	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
CVA 244	1	Vàlvula antiretorn	<i>Check valve</i>	Bridada	A-241	Flowserve	Vàlvules de retenció de disc basculant <i>Check</i>	Acer al carboni 1.0026
CVA 245	1	Vàlvula antiretorn	<i>Check valve</i>	Bridada	A-250	Flowserve	Vàlvules de retenció de disc basculant <i>Check</i>	Acer al carboni 1.0026

Continuació Taula 4.2.3.1. Llistat de vàlvules.

Identificació	DN	Descripció	Tipus	Tipus de connexió	Línia/Equip	Fabricant	Model	Material
MVA 411	2 ½	Vàlvula manual	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-410	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
CVA 412	1	Vàlvula antiretorn	<i>Check valve</i>	Bridada	A-410	Flowserve	Vàlvules de retenció de disc basculant <i>Check</i>	Acer al carboni 1.0026
MVA 421	2 ½	Vàlvula manual	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-420	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
CVA 422	1	Vàlvula antiretorn	<i>Check valve</i>	Bridada	A-420	Flowserve	Vàlvules de retenció de disc basculant <i>Check</i>	Acer al carboni 1.0026
MVA 431	2 ½	Vàlvula manual	<i>Ball valve</i>	Bridada	A-430	Emerson	KTM Serie EB7	Acer al carboni 1.0026
CVA 432	1	Vàlvula antiretorn	<i>Check valve</i>	Bridada	A-430	Flowserve	Vàlvules de retenció de disc basculant <i>Check</i>	Acer al carboni 1.0026

Taula 4.2.3.2. Llistat d'instruments.

Identificació	Descripció	Tipus	Rang de mesura	Tipus de connexió	Línia/Equip	Fabricant	Model
FIT 110	Transmissor i indicador de cabal	Tub de Pitot	-	Bridada	GC-110	Wika	FLC-APT-E
TIT 110	Transmissor i indicador de temperatura	Sensor termoparell	0 a 200 °C	Bridada	GC-110	Siemens	SITRANS TS
PIT S101	Transmissor i indicador de pressió	Sensor capacitiu	0,01 barg a 3 barg	Bridada	S-101	Siemens	SITRANS P300 per pressió relativa i absoluta
LIT S101	Transmissor i indicador de nivell	Sensor de radar	Fins 10 m	Bridada	S-101	Emerson	Rosemount™ 5300 Level Transmitter
LIT S102	Transmissor i indicador de nivell	Cèl·lula de càrrega	500 kg a 2 t	Bridada	S-101	Inteco®	PR 6203
PIT F101	Transmissor i indicador de pressió	Sensor capacitiu	0,01 barg a 3 barg	Bridada	F-101	Siemens	SITRANS P300 per pressió relativa i absoluta
LIT F101	Transmissor i indicador de nivell	Sensor de radar	Fins 10 m	Bridada	F-101	Emerson	Rosemount™ 5300 Level Transmitter
PIT F102	Transmissor i indicador de pressió	Sensor capacitiu	0,01 barg a 3 barg	Bridada	F-101	Siemens	SITRANS P300 per pressió relativa i absoluta

Continuació Taula 4.2.3.2. Llistat d'instruments.

Identificació	Descripció	Tipus	Rang de mesura	Tipus de connexió	Línia/Equip	Fabricant	Model
PIT F103	Transmissor i indicador de pressió	Sensor capacitiu	0,01 barg a 3 barg	Bridada	F-102	Siemens	SITRANS P300 per pressió relativa i absoluta
LIT F102	Transmissor i indicador de nivell	Sensor de radar	Fins 10 m	Bridada	F-102	Emerson	Rosemount™ 5300 Level Transmitter
PIT F104	Transmissor i indicador de pressió	Sensor capacitiu	0,01 barg a 3 barg	Bridada	F-102	Siemens	SITRANS P300 per pressió relativa i absoluta
LIT F103	Transmissor i indicador de nivell	Cèl·lula de càrrega	500 kg a 2 t	Bridada	F-102	Inteco®	PR 6203
PMIT 151	Transmissor i indicador de partícules	Comptador de partícules	4 – 10 µm(c) d'acord amb la ISO 11171	Bridada	GC-150	PAMAS	PAMAS S50
PMIT 152	Transmissor i indicador de partícules	Comptador de partícules làser	4 – 10 µm(c) d'acord amb la ISO 11171	Bridada	GC-150	PAMAS	PAMAS S50

4.2.3.1. Selecció de vàlvules

S'han valorat diferents alternatives a l'hora de seleccionar les vàlvules presents en el procés. Per escollir els tipus de vàlvules, s'ha realitzat una comparació entre les diferents possibilitats.

Taula 4.2.3.1.1. Vàlvules per aturar la circulació del fluid (vàlvules de tancament).

Tipus de vàlvula	Característiques
Vàlvula de bola	<ul style="list-style-type: none"> - No obstrueixen el cabal del fluid en posició oberta - Garanteixen una bona estanqueïtat en posició tancada. - S'utilitzen per gasos i líquids. - Maniobra ràpida. - Econòmiques. - Risc que es produeixin cops d'ariet.
Vàlvula <i>Pinch</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Resistència mínima de fricció. - No presenten fugues ni obstruccions. - Pas reduït. - Funciona amb aire neumàtic. - S'utilitza per sistemes de transport neumàtic de material en sitges. - Risc de trencament per punxada.
Vàlvula de guillotina	<ul style="list-style-type: none"> - Molt compactes. - Es poden utilitzar amb fluids carregats de partícules sòlides. - Són estanques a l'entrada. - En posició oberta, la pèrdua de càrrega és molt baixa. - Apertures i tancaments lents. - Necessiten manteniment regular per corregir problemes de desgast.
Vàlvula de membrana	<ul style="list-style-type: none"> - Per processos higièncs i asèptics (quan el fluid necessita estar ben aïllar de qualsevol possible contaminació). - Gairebé no provoquen pèrdues de càrrega. - Estanqueïtat excel·lent. - Requereixen manteniment regular, especialment si el fluid ve carregat de partícules sòlides. - S'ha d'assegurar que el material de la membrana suporta les condicions de temperatura i pressió. - No disponibles per grans diàmetres.
Vàlvula de comporta	<ul style="list-style-type: none"> - Pèrdues de càrrega mínimes - Operació lenta - Evita els efectes dels cops d'ariet - Poca resistència a la circulació - Econòmiques

- Fàcils d'operar
 - Alta capacitat
 - Tanca hermètica molt eficient
-

S'han escollit les vàlvules de bola com a vàlvules per bloquejar el pas del fluid, tant automàtiques com manuals, ja que són les més econòmiques, presenten una maniobra ràpida i garanteixen bona estanqueïtat.

Per les vàlvules de purga s'utilitzaran vàlvules de comporta, ja que són econòmiques, fàcils d'operar i no restringeixen el pas del fluid.

Per evitar el retorn del fluid, s'han valorat diferents tipus de vàlvules antirretorn.

Taula 4.2.3.1.2. Vàlvules de retenció (antirretorn).

Tipus de vàlvula antirretorn	Característiques
De clapeta oscil·lant	<ul style="list-style-type: none">- Manteniment fàcil- Estanqueïtat òptima- Durabilitat- Pèrdues de càrrega mínimes
Retenció de bola	<ul style="list-style-type: none">- Senzilles- Econòmiques- Disseny compacte- Alta fiabilitat- Pocs requeriments de manteniment- Construcció amb auto-neteja- Pèrdues de càrrega mínimes
De papallona	<ul style="list-style-type: none">- Comunament utilitzades en sistemes de caudals baixos i intermitents- Adequades per reduir el risc de cop d'ariet

Finalment, s'utilitzaran vàlvules *Check* de clapeta com a vàlvules antiretorn, ja que són les més emprades pel bloqueig de flux a contracorrent.

4.2.4. Estratègia de control

Amb la finalitat de dissenyar una estratègia de control pel procés, primerament s'han identificat els equips i línies del sistema de control i les seves variables més rellevants.

Taula 4.2.4.1. Equips i línies del sistema de control i variables rellevants.

Equip o línia	Variables rellevants
Sitja d'emmagatzematge de calç hidratada (S-101)	- Nivell - Pressió - Cabal de calç hidratada a injectar
Filtre de sitja (F-101)	- Nivell - Pressió - Sortida a l'atmosfera
Filtre de doble tremuja (F-102)	- Nivell - Pressió - Caudal de calç hidratada a injectar - Sortida a l'atmosfera
Precipitador electroestàtic (PES-101)	- Composició de gasos cap a xemeneia

Per simplificar la interpretació de la estratègia de control, la Taula 4.2.4.2 i la Taula 4.2.4.3. mostren diferents escenaris d'operació de les vàlvules automàtiques i de les vàlvules rotatives i els escenaris que podrien requerir l'activació de les alarmes del sistema.

Taula 4.2.4.2. Criteris d'obertura (verd); tancament (vermell) i operativa segons necessitat (blau) de les vàlvules automàtiques per diferents situacions operacionals. A: vàlvula oberta; C: vàlvula tancada; A/C: vàlvula oberta/tancada segons convingui.

	Manteniment	Posada en marxa	Funcionament	Buidatge	Neteja	Molt alta pressió	Alta pressió	Pressió dins del SP	Baixa pressió	Molt baixa pressió	Molt alt nivell	Alt nivell	Nivell dins del SP	Baix nivell	Molt baix nivell
Set Point (barg, nivell %)	-	-	-	-	-	4	3	1	<1	<0,5	>80	80	80-20	20	<20
FC 012 (entrada de calç hidratada a S-101 amb transport neumàtic)	C	A	A/C	C	C	C	C	A/C	A/C	A/C	C	C	A/C	A/C	A/C
FC 112 (entrada d'aire de servei per fluidificar a S-101)	C	A	A	A	A/C	C	C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C
FC 122 (entrada d'aire de servei per fluidificar a S-101)	C	A	A	A	A/C	C	C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C
FC 212 (entrada d'aire de servei a F-101)	C	C	A/C	A/C	A	C	C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C
FC 242 (entrada d'aire de servei a F-102)	C	C	A/C	A/C	A	C	C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C	A/C

Taula 4.2.4.3. Taula de control de les vàlvules rotatives.

	Manteniment	Posada en marxa	Funcionament	Buidatge	Neteja	Variable de mesura	Instrument A	Instrument B	Selecció de l' instrument	Habilitació
JY S101 (injecció de calç hidratada des de S-101)	T	C	C	NC	NC		FIT 110	JIT F102	-	Sempre
JY F101 (sortida de calç hidratada de F-101 cap a S-101)	T	C	C	NC	NC		LIT F101		-	Sempre
JY F102 (injecció de calç hidratada des de F-102)	T	C	C	NC	NC		JIT S101	PIT F103	-	Sempre
JY F103 (sortida de calç hidratada des de F-102 cap a <i>big bag</i>)	T	C	C	NC	NC		LIT F102	LIT F103	Valor més baix	Sempre
JY 105 (sortida de calç hidratada des de PES-101 cap a F-102)	T	C	C	NC	NC		LIT F102	LIT F103	Valor més alt	Sempre

4.3. Disseny d'equips

S'han dissenyat els diferents equips presents en el procés tenint en compte els requeriments i necessitats d'aquest sistema.

4.3.1. Dimensionament del ducte

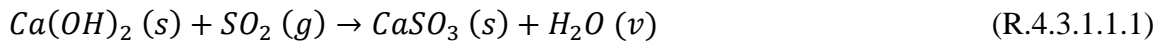
En aquest apartat es desenvolupa el dimensionament del ducte on té lloc la reacció de dessulfuració. Per tant, cal conèixer prèviament la situació inicial i els objectius que es volen aconseguir, que es troben a la següent taula.

Taula 4.3.1.1. Condicions inicials i objectius a assolir.

	Inicial (mg/Nm ³)	Objectiu (mg/Nm ³)
Concentració SO₂ al 3% d'O₂ a fums secs	104	< 30
Concentració de partícules sòlides	0	< 100

4.3.1.1. Procediment de càlcul

Es segueix la reacció química global de dessulfuració amb calç hidratada següent:



La cinètica de la reacció^[4] segueix la següent reacció:

$$\frac{dX}{dt} = K_I * \frac{BET}{12,9} * \exp\left(-\frac{12,9 * K_{II} * X}{\frac{RH}{100} * BET * Y_{SO_2}}\right) \quad (R.4.3.1.1.2)$$

On X és la conversió de la reacció, t és el temps (en segons), K_I i K_{II} són dues constants que tenen un valor de 0,0768 i 0,0019 respectivament. BET és la *Specific Surface Area* que depèn del tipus d'absorbent, RH és la humitat relativa dels fums, i Y_{SO₂} és la fracció molar de SO₂ del corrent de fums. La humitat relativa dels fums és del 38,4% i la fracció molar de SO₂ segons el balanç de matèria és 1,78 · 10⁻⁵.

Descomponent la equació anterior, la formula queda de la següent manera:

$$\int_0^X \frac{dX}{\exp\left(-\frac{12,9 * K_{II} * X}{\frac{RH}{100} * BET * Y_{SO_2}}\right)} = K_I * \frac{BET}{12,9} * \int_0^t dt \quad (R.4.3.1.1.3)$$

$$\int_0^X \frac{dX}{\exp\left(-\frac{12,9 * 0,0019 * X}{\frac{38,4}{100} * 40 * 1,78 * 10^{-5}}\right)} = 0,0768 * \frac{40}{12,9} * \int_0^t dt \quad (R.4.3.1.1.4)$$

Per tant, com més temps de residència més afavorirà la conversió de la reacció.

La conversió de la reacció es calcula mitjançant la següent equació:

$$X = X_0 + \frac{Y_{SO_2} * E_{SO_2} \%}{100} * \frac{\varepsilon_g * \rho_g}{\varepsilon_{lime} * \rho_{Ca(OH)_2}} \quad (R.4.3.1.1.5)$$

On X és la conversió final, X₀ és la conversió a l'inici de la canonada, Y_{SO₂} és la fracció molar de SO₂, E_{SO₂}% és la eficiència de dessulfuració, ε_g és la fracció volumètrica del gas en relació al volum de la canonada (m³/m³), ρ_g és la densitat molar del gas (mol/m³), ε_{lime} és la fracció volumètrica de la calç hidratada en relació al volum de la canonada (m³/m³) i ρ_{Ca(OH)₂} és la densitat molar de la calç hidratada (mol/m³).

Al conèixer la eficiència de dessulfuració, amb la següent equació s'obté la concentració final de SO₂.

$$C_{SO_2 final} = C_{SO_2 inicial} - \frac{C_{SO_2 inicial} * E_{SO_2} \%}{100 * (1 + \frac{E_{ESP} \%}{100})} \quad (R.4.3.1.1.6)$$

$E_{ESP} \%$ és la eficiència de dessulfuració a l'equip que s'encarrega de separar les partícules sòlides del corrent gasós. Com posteriorment s'explica, l'equip escollit és un precipitador electroestàtic, el qual té una eficiència del 10%.^[4]

El procediment de càlcul ha consistit en donar una conversió final X de tal manera que s'iguali la equació (R.2.4.1.2.4). El temps (t) fa referència al temps de residència del sòlid a la canonada, que es calcula amb la següent equació:

$$t_s = \frac{n_r + n_f}{n_f} * t_g \quad (R.4.3.1.1.7)$$

On n_r és el cabal de recirculació de calç, n_f és el cabal d'entrada de calç i t_g és el temps de residència del gas.

$$t_g = \frac{L}{u_g} \quad (R.4.3.1.1.8)$$

On L és la longitud de la canonada i u_g és la velocitat real del gas.

$$u_g = \frac{u_0}{\varepsilon_g} = \frac{Q \cdot A}{\varepsilon_g} \quad (R.4.3.1.1.9)$$

ε_g es calcula amb la següent equació:

$$\varepsilon_g = \frac{1}{1 + \left(\frac{n_f + n_r}{Q_g * \rho_{lime}} \right)} \quad (R.4.3.1.1.10)$$

On Q_g és el cabal de fums de combustió (m^3/s) i ρ_{lime} és la densitat molar de la calç.

Una vegada es calcula t_s es troba una part de l'equació (R.2.4.1.2.4) i la única incògnita restant és la conversió (X).

Amb la funció *Solver* de l'aplicació *Microsoft Excel*, s'obté el valor de la conversió requerit i seguidament es calcula la eficiència de dessulfuració ($E_{SO} \%$) i posteriorment la concentració de SO_2 final ($C_{SO_2 final}$).

Les primeres conclusions extretes de l'estudi de la cinètica van ser que, els paràmetres a tenir més en compte per obtenir una alta dessulfuració dels fums, han de ser el cabal d'entrada de calç, la recirculació, el temps de residència del sòlid modificant la longitud de la canonada i la geometria del diàmetre/costats.

4.3.1.2. Resultats del dimensionament del ducte

La primera decisió presa ha sigut que la canonada principal on hi passen els fums de combustió sigui cilíndrica. Això és degut a que al afegir un reactiu sòlid, una canonada amb geometria quadrangular o rectangular podrien sorgir zones mortes on s'acumuli la calç. Això pot ocasionar que els gradients de concentració, velocitat i temperatures es vegin afectats es perdi eficiència de dessulfuració.

Seguidament es va estudiar el cabal de calç d'entrada. El cabal de calç d'entrada també es pot conèixer com la relació molar de Calci/Sofre (CAS). Com més elevat sigui el valor CAS vol dir que s'afegeix més Calci, és a dir calç hidratada, que no Sofre (SO_2). A continuació hi ha un gràfic on s'estudia els diferents valors de CAS en dos diferents longituds de la canonada que conté els fums de combustió i on es produeix la reacció.

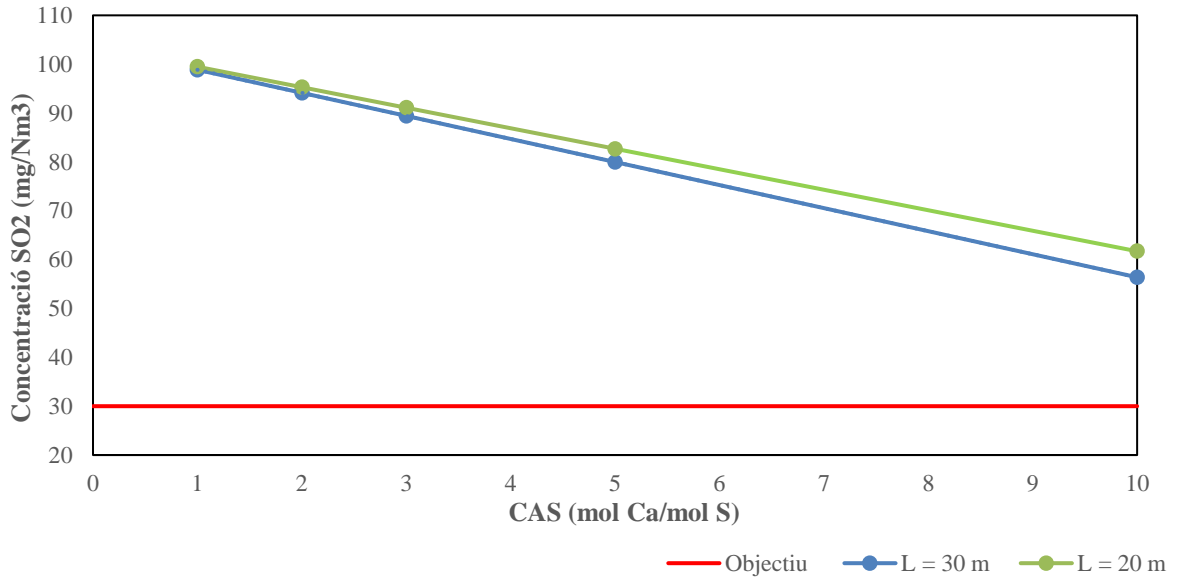


Figura 4.3.1.2.1. Gràfic d'estudi del valor CAS sense recirculació en dues longituds de canonada.

Es poden treure dos conclusions d'aquest gràfic. La primera és que com més longitud de canonada augmenta el temps de residència fent que augmenti la conversió i per tant reduint la concentració de SO₂.

També es pot comprovar que, encara s'afegeixi 10 vegades més calç en relació al SO₂ existent (CAS 10), no s'aconsegueix l'objectiu establert. Per tant, cal analitzar un altre paràmetre que afavoreixi a la dessulfuració.

A continuació s'ha estudiat la velocitat a la que circulen els fums per la canonada. El rang de velocitats típiques dels gasos és de 20-30 m/s. Per tant s'ha ajustat els diàmetres per a que circulin a 20 m/s i 30 m/s respectivament. Els valors dels diàmetres són 49" i 40". A més a més, s'ha afegit com afectaria la recirculació al procés, fent que en aquest estudi, el cabal de recirculació és el mateix que el cabal d'entrada de calç hidratada (R1).

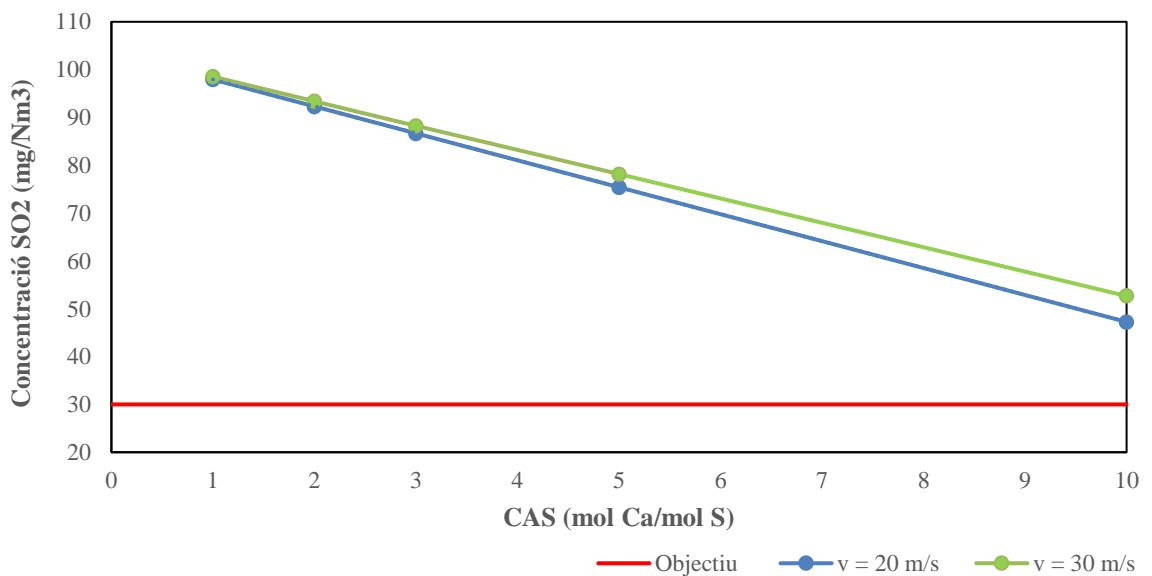


Figura 4.3.1.2.2. Estudi CAS amb R1 per diferents velocitats dels fums de combustió.

Es pot comprovar que amb menys velocitat i per tant, un diàmetre de canonada més gran s'aconsegueix reduir més la concentració de SO₂. També s'ha visualitzat com la recirculació ha beneficiat a la cinètica de la reacció.

Una vegada conegudes els valors de la longitud i del diàmetre de la canonada adients, cal estudiar més en profunditat el cabal de recirculació. En l'anterior gràfic s'ha comprovat que amb R1 no s'aconsegueix arribar al objectiu, per tant s'ha d'augmentar el cabal de recirculació.

En el següent gràfic s'ha estudiat diferents valors de CAS, és a dir, diferents cabals d'entrada del calç hidratada i diferents valors de cabals de recirculació.

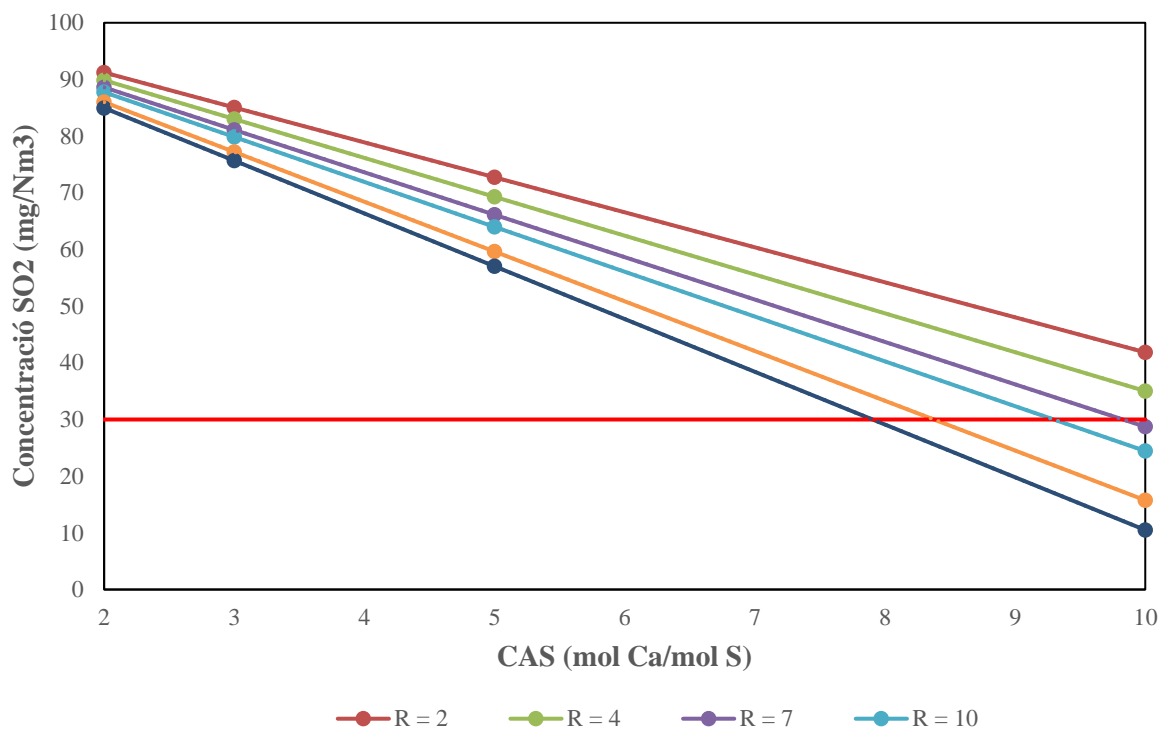


Figura 4.3.1.2.3. Estudi del cabal d'entrada de calç i el de recirculació.

Es pot veure com només s'assoleix l'objectiu desitjat en 4 ocasions. En totes elles el valor de CAS és 10, és a dir, que el cabal d'entrada de calç és 10 vegades superior al cabal de SO₂ entrant. Si el valor de CAS és 9 en canvi, s'assoleix l'objectiu en dues ocasions i la concentració de SO₂ és superior en comparació a CAS 10.

S'aconsegueix sobrepassar l'objectiu amb recirculació 7, 10, 20 i 30. Per tant, amb CAS 10 es pot variar el cabal de recirculació entre R7 i R30 en funció si es vol reduir més o menys la concentració de SO₂, sent CAS10 i R30 les millors condicions per reduir el contaminant.

Ara bé, cal tenir en compte que en aquesta unitat de dessulfuració s'emeten partícules sòlides. Si en alguna de les condicions acceptables anteriors es sobrepassa el límit d'emissions, aquesta queda descartada.

A continuació es mostra un gràfic dels valors de concentracions de SO₂ i de partícules per a CAS 10 i R7, R10, R20 i R30.

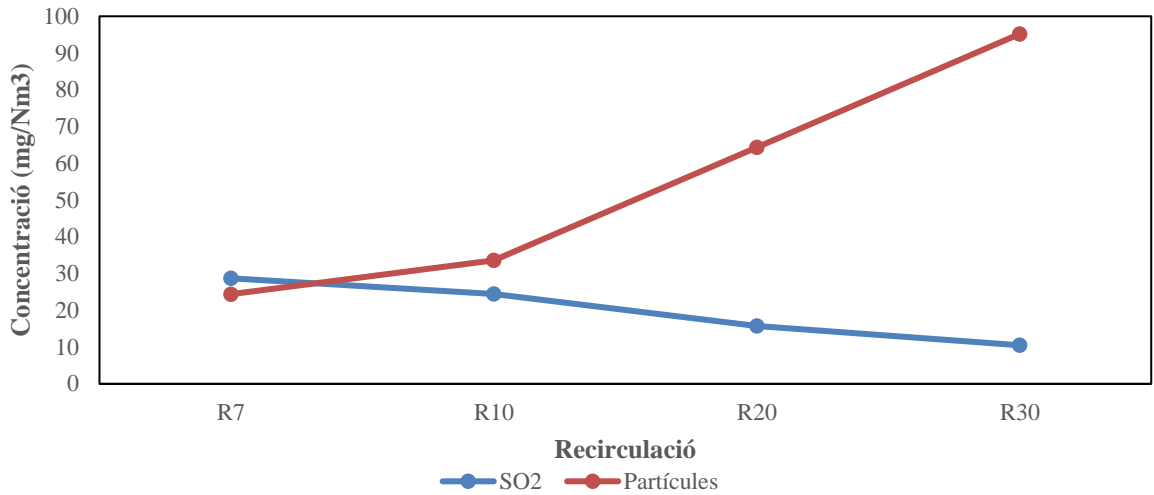


Figura 4.3.1.2.4. Gràfic de concentracions de SO₂ i partícules front cabal de recirculació.

Es comprova que com més cabal de recirculació, la concentració de partícules a la sortida augmenta. En qualsevol d'aquestes quatre condicions, assoleixes l'objectiu de dessulfuració (< 30 mg/Nm³) i no es supera el límit de emissió de partícules (< 100 mg/Nm³). Per tant les condicions de treball poden ser variables, tenint en compte que si la recirculació és més alta, es redueix més la concentració de SO₂ però augmenta la concentració de partícules. Si la recirculació és més baixa, no es redueix tant la concentració de SO₂ però es veu compensat per la baixa emissió de partícules.

Fins ara aquest estudi s'ha realitzat en unes condicions on el cabal de fums d'entrada sempre ha sigut el mateix. Ara bé, per a ser més rigorosos, cal tenir en compte tots els escenaris possibles que puguin sorgir. En aquest cas s'ha estudiat com afectaria l'augment del cabal de fums de combustió, ja sigui per un augment de la càrrega, per alguna fuga que faci entrar aire a la canonada etc. S'ha duplicat el cabal d'entrada per veure com es veuria afectat, tenint en compte que és una situació hipotètica.

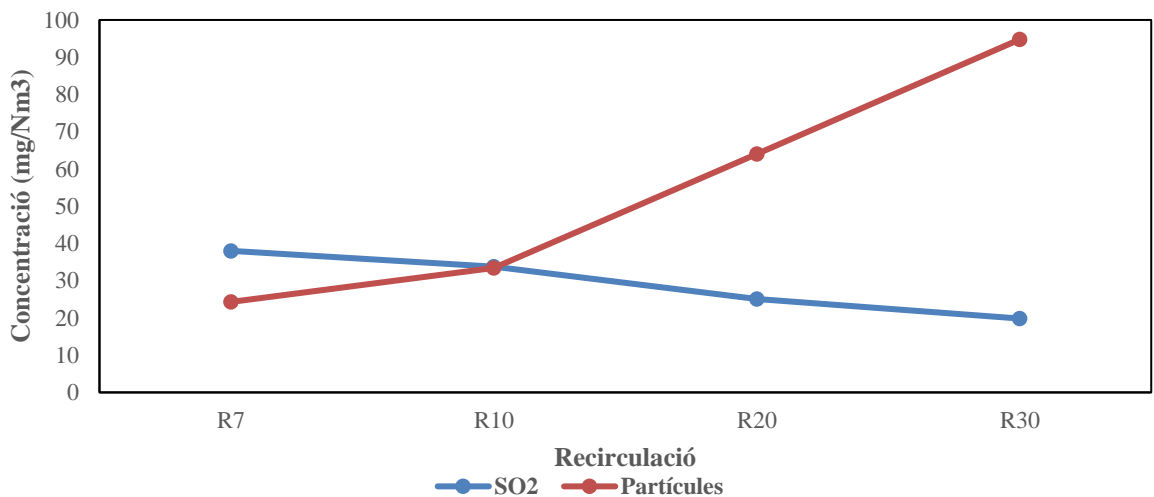


Figura 4.3.1.2.5. Gràfic de concentracions de SO₂ i de partícules amb 100% d'excés del cabal inicial per diferents valors de recirculació.

Es pot visualitzar que si s'augmenta el cabal, la concentració de SO₂ es veu negativament afectada i en canvi la concentració de partícules es manté pràcticament igual. Es pot comprovar que no s'assoleix l'objectiu de dessulfuració amb R7 i R10.

Per tant, s'ha decidit que les condicions estàndard de treball són CAS10 i R20. Amb CAS10 i R30 és cert que s'aconsegueix reduir al màxim la concentració de SO₂, però la concentració de partícules es troba molt a prop del límit d'emissions i qualsevol variació en les condicions del procés podria sobrepassar-lo.

A continuació es mostra una taula amb totes les decisions preses i els resultats obtinguts. Tots els càlculs i resultats restants es troben a l'Annex B.2.

Taula 4.3.1.2.1. Resultats obtinguts.

Paràmetre	Valor
Diàmetre (")	49"
Longitud (m)	30
Cabal d'entrada de calç hidratada, CAS 10 (kg/h)	47,5
Cabal de recirculació, R20 (kg/h)	992
Conversió de la reacció	0,072
Eficiència de dessulfuració (%)	93,3
Concentració final de SO₂ (mg/Nm³)	15,7
Concentració final de partícules (mg/Nm³)	64,3

4.3.2. Sitja S-101

Aquest equip s'encarrega d'emmagatzemar la calç hidratada, el reactiu necessari per a la dessulfuració dels fums de combustió. Té un volum de 28,5m³, amb un 80% de volum útil. Té una capacitat per a abastir 8 dies el procés de dessulfuració. Per tant el camió cisterna hauria de restablir la sitja cada 7 dies per tal de tenir un volum mínim.

Com es pot comprovar a la secció de Notes del full d'especificacions, es requereixen 38 kg de Zinc per recobrir la sitja per tal de que l'acer sigui galvanitzat.

Per obtenir aquesta quantitat s'ha utilitzat la següent equació:

$$m \text{ (kg)} = A \text{ (m}^2\text{)} * e \text{ (m)} * \rho \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \quad (\text{E.4.3.2.1})$$

On A és l'àrea total de la sitja, e és l'espessor del recobriment de zinc i l'altre és la densitat del zinc.

L'àrea total té un valor de 53,1 m², l'espessor del recobriment és de 0,1 mm i la densitat del zinc és de 7140 kg/m³.

1	PROYECTO	TFGEQ_2316	ESPECIFICACIÓN		Nº	
2	EMPRESA	ASESA ASFALTOS ESPAÑOLES SA			HOJA Nº	1 de 2
3	FÁBRICA		Recipientes		FECHA	
4	PLANTA				PREPARADO	
5	PLANTA		TFGEQ_2316		REVISADO	
6	ÍTEM	S 101			APROBADO	
7	SERVICIO				Nº UNIDADES	
8						
9	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN	Emmagatzament de calç hidratada			
10		PRODUCTO	Ca(OH)2			
11		TEMPERATURA	25,00 °C			
12		PRESIÓN	0,22 kg/cm2g			
13		DENSIDAD	400,00 kg/m3			
14	CONSTRUCCIÓN	DIMENSIONES	DIÁMETRO	2,52 m		
15			LONG. / ALT.	6,46 m		
16		FONDOS	ESPEJOR	6,30 mm		
17			SUPERIOR	Toriesfèric		
18			INFERIOR	Cònic		
19		VOL. / PESO	VOL. ÚTIL	22,78 m3		
20			VOL. TOTAL	28,48 m3		
21			PESO	1.257,00 kg		
22		INSTALACIÓN	Vertical amb 4 potes			
23		AISLAMIENTO				
24	PINTURA	Galvanitzat (Zinc)				
25						
26	MATERIALES	DESCRIPCIÓN		COMENTARIOS		
27		CUERPO	K01702			
28		TAPAS/FONDOS	K01702			
29		BRIDAS CUERPO	K01702			
30		VALONA BRIDAS CUERPO	-			
31		BRIDAS TUBULADUR.	K01702			
32		TUBULADURAS	K01702			
33		PLACA PARTICIÓN	-			
34		CORTACORRIENTES	-			
35		SOPORTES PARA INTERNOS	-			
36		TORNILLOS/TUERCAS INT.	-			
37		TORNILLOS/TUERCAS EXTER.	-			
38		JUNTAS INTERIOR	-			
39		JUNTAS EXTERNAS	-			
40	SOPORTES EXTERIORES	K01702				
41						
42						
43	TUBULADURAS	MARCA	CANT.	SERVICIO	D.N.	RATING
44			1	Boca per a l'entrada calç hidratada	2,5"	
45			1	Boca de sortida calç hidratada	1"	
46			2	Boca per al mesurador de nivell	2"	
47			1	Boca per al mesurador de pressió	2"	
48			1	Boca per al disc de ruptura	3"	
49			1	Boca d'home	40"	
50			1	Boca cap a la línia C-020	2,5"	
51			1	Boca de la línia C-030	2,5"	
52			1	Boca cap a atmosfera	3"	
53		2	Boca d'entrada d'aire de servei	1,5"		
54						
55						
56						
57						
58	NOTAS	Agitació mitjançant vibrador industrial al cap cònic				
59		Escala verticals per a que els operaris puguin pujar a la sitja				
60		38 kg de Zinc necessaris per a recobrir la sitja				
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						

4.3.3. Filtre de mànigues sobre-sitja F-101

Aquest equip es troba connectat al cap de la sitja principal per evitar l'emissió de concentracions elevades de partícules sòlides suspeses en l'aire neumàtic que entra a la sitja.

Durant les operacions d'ompliment i fluïdificació de la sitja S-101, l'aire neumàtic d'injecció, arrossega petites partícules de sòlid cap a la part superior d'aquesta. Abans d'alliberar el corrent d'aire carregat de partícules a l'exterior, passa per aquest filtre de mànigues, que reté les partícules sòlides, netejant així l'aire perquè pugui sortir cap a l'atmosfera complint amb els límits legals.

Les impureses transportades amb l'aire, es depositen en la paret externa dels elements de filtració i decanten en la sitja sobre la que es troba instal·lat el filtre.

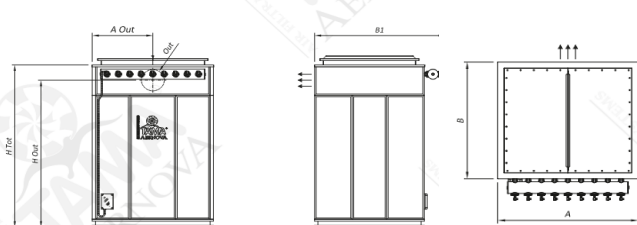

Per netejar els elements filtrants, es llegeix la caiguda de pressió i s'injecta un doll d'aire comprimit que aconsegueix desprendre i precipitar les partícules col·locades en l'exterior de les mànigues quan la pressió diferencial assoleix un punt alt. Per aconseguir una bona neteja, s'injectaran 74 L/m^2 d'aire^[5].

El filtre F-101 té una sortida cap al filtre F-102 en la part inferior per permetre que l'aire de neteja, carregat de partícules, pugui circular a través de les mànigues favorablement.

El filtre és del tipus *Pulse Jet*, ja que ofereix un cost més baix i té una eficiència del 95% per aconseguir reduir la concentració de partícules sòlides fins a 46 mg/Nm^3 . Els càlculs detallats del seu disseny es mostren en l'annex C.2.1.

A continuació, es mostra la seva fitxa d'especificacions amb les dades més rellevants.

FILTER DATA SHEET

1		DATA	FEED	FILTRATE	BACKWASH	CAKE	
2	OPERATIONAL PERFORMANS	Fluid	Particules sòlides en aire	Cal hidratada			
3		Flow Process Basis	Kg/s	0,0323	2,00E-04		
4		Flow Filter Bass	Kg/s				
5		Density	Kg/m3	1,1614	400		
6		Viscosity	Pa.s				
8		Solids in stream	vol%-wt%	0,005	100		
9		Particle Size (Avg)	microns		5		
10		Normal Max Oper Press	1 bar (eff.)				
11		Normal Max Oper Temp	25 °C				
12		Allowable Pressure Drop	0,014 bara				
13							
14		Maximum Cake Volume:	m3				
15		Cycle: precoat preparation time;	s				
16		Filter aid preparation time;	s				
17		Filtering time;	s				
18		Cleaning / Backwash time:	600 s				
19		Total time between successive filter cycles:	s				
21	DESIGN		Shell Filter Heads		Code:		
22		Design Pressure (eff.)	4 barg			Material Acer al carboni S195T galvanitzat	
23		Design Temperature	80 °C			Radiograph:	
24		Hydrostatic Test (eff)	bar			Stress Relieve:	
25		Corr.Allow.: Shell / Heads	mm				
26		Joint Efficiency: Shell / Heads %					
27		Insulation	No				
32	CONSTRUCTION DETAILS	Filter Tank:	Horizontal Vertical X	Size mm ID x	Type Heads		
33		Elements: Area/Element	1,33 m2	No. Req'd	mm ID x	mm ODX	mm Length
34		Leaves: Area/Leaf	m2: No. Req'd	Leaf Height	mm	Leaf Spacing	mm
35		Element or Leave Pore Size (Avg.)	micron:	Minimum Particle Size Retained	5 microns		
36		Maximum Cake Thickness	mm	Gross Filter Volume	m3		
38		Filter Fabric; Material	Polipropilè				
41		G/C ratio:	8,23 ft/min				
43	Weight Empty/Full of Water	/	N		N		
44	NOZZLE SCHEDULE	Service	Mark	No	Size	Rtg.	Drawing 
45		Entrada	Q	1	2 1/2"		
46		Sortida sòlid	U	1	8"		
47		Venteig	K	1	2"		
48		Entrada aire neteja	P	1	2 1/2"		
49		Sortida aire neteja	S	1	2 1/2"		
50		Disc de ruptura	L	1	2"		
51		Boca d'home superior	O	1	24"		
52	Boca d'home inferior	T	1	28"			
53	MATERIALS	Item	Thickness	Mat'l Class			
54		Filter Heads	mm				
55		Filter Shell	mm				
56		Lining	mm				
57	Leaves						
58	Manufacturer: Tama Aernova						
59	Type: Baghouse Filter Model: Pulco Air NT-NTA						
0							
REV.		DATE	PREP.	APPR.	 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química		

4.3.4. Filtre de mànigues F-102

Aquest equip es tracta d'un filtre de mànigues de doble tremuja on s'acumulen els sòlids provinents del precipitador electroestàtic i es recircula una part d'aquest cap al corrent gasós, mentre que una altra part s'extreu i s'envia cap a una *big bag* per poder emmagatzemar-lo.

Les partícules sòlides entren per la part inferior del filtre arrossegades per un corrent d'aire que facilita la seva mobilització. Un cop dins, es dirigeixen cap a la part superior, passant pel medi filtrant, on queden retingudes, de manera que l'aire net surt per la part superior del filtre.

El filtre compta amb una connexió d'aire de servei per netejar la pols atrapada en les teles filtrants, que s'injecta quan la caiguda de pressió és significativa. La neteja s'efectua mitjançant un doll d'aire comprimit a 7 bar controlat per un programador de cicles amb variació regulable de temps i pausa.


El corrent de sortida del precipitador electroestàtic, en què predomina la calç hidratada, s'injecta a la part inferior del filtre F-102, per tal que el sòlid s'acumuli en la part de sota i contaminei mínimament l'aire carregat de partícules provinent del filtre F-102, que s'injecta el més proper possible a les mànigues del filtre.

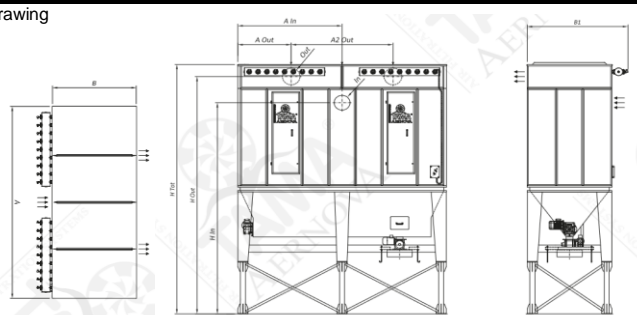
Per l'altra banda del filtre F-102, surt una línia que connecta amb l'entrada del filtre F-101, de manera que l'aire de neteja pot circular en un cicle tancat entre els dos filtres.

Aquest filtre és del tipus *Pulse Jet* degut a que, econòmicament, és el més viable. Té una eficiència del 99% que permet aconseguir una concentració de partícules sòlides de 97 mg/Nm³. Els càlculs del disseny de l'equip es mostren en l'annex C.2.2.

A continuació, es mostra la fitxa d'especificacions del filtre on es troba recollida la informació més rellevant.

FILTER DATA SHEET

1	DATA			FEED		FILTRATE		BACKWASH		CAKE	
2	Fluid			Particules sòlides en aire		Cal hidratada					
3	Flow Process Basis			Kg/s		0,0348		1,70E-03			
4	Flow Filter Bass			Kg/s							
5	Density			Kg/m3		1,1614		400			
6	Viscosity			Pa.s							
8	Solids in stream			vol%-wt%		0,05		100			
9	Particle Size (Avg)			microns				5			
10	Norma Max Oper Press			2 bar (eff.)							
11	Norma Max Oper Temp			25 °C							
12	Allowable Pressure Drop			0,025 bara							
13											
14	Maximum Cake Volume:			m3							
15	Cycle: precoat preparation time;			s							
16	Filter aid preparation time;			s							
17	Filtering time;			s							
18	Cleaning / Backwash time:			600 s							
19	Total time between successive filter cycles:			s							
21				Shell		Filter		Heads		Code:	
22	Design Pressure (eff.)			4 barg						Material Acer al carboni S195T galvanitzat	
23	Design Temperature			80 °C						Radiograph:	
24	Hydrostatic Test (eff)			bar						Stress Relieve:	
25	Corr.Allow.: Shell / Heads			mm							
26	Joint Efficiency: Shell / Heads %										
27	Insulation			No							
32	Filter Tank: Horizontal			Vertical		X		Size mm ID x		Type Heads	
33	Elements: Area/Element			7,75 m2		No. Req'd		mm ID x		mm ODx mm Length	
34	Leaves: Area/Leaf			m2: No. Req'd		; Leaf Height		mm; Leaf Spacing		mm	
35	Element or Leave Pore Size (Avg.)			microns		; Minimum Particle Size Retained		5 microns			
36	Maximum Cake Thickness			mm		Gross Filter Volume		m3			
38	Filter Fabric; Material			Polipropilè							
41	G/C ratio:			7,14 ft/min							
43	Weight Empty/Full of Water			/ N						N	
44	Service			Mark		No		Size		Rtg.	
45	Entrada			F6		1		10"			
46	Sortida sòlid					2		10"/12"			
47	Venteig			F7		1		2"			
48	Entrada aire neteja			Y		1		2 1/2"			
49	Sortida aire neteja			F3		1		2 1/2"			
50	Disc de ruptura			F8		1		2"			
51	Entrada des de F-101			Z		1		2 1/2"			
52	Boca d'home			X/F4		2		35"/28"			
53	Item			Thickness		Mat'l Class					
54	Filter Heads			mm							
55	Filter Shell			mm							
56	Lining			mm							
57	Leaves										
58	Manufacturer:			Tama Aernova							
59	Type:			Baghouse Filter		Model:		Pulco Air NT-NTA			
0											
REV.				DATE		PREP.		APPR.		 UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Química Departament d'Enginyeria Química	



4.3.5. Precipitador electroestàtic

Aquest equip es tracta d'un dispositiu que s'empra per a la captura de partícules mitjançant la seva ionització, atraient-les amb una càrrega electroestàtica induïda. La funció d'aquest equip és garantir que la concentració de les partícules sòlides en suspensió al corrent gasos es troben per sota del límit establert.

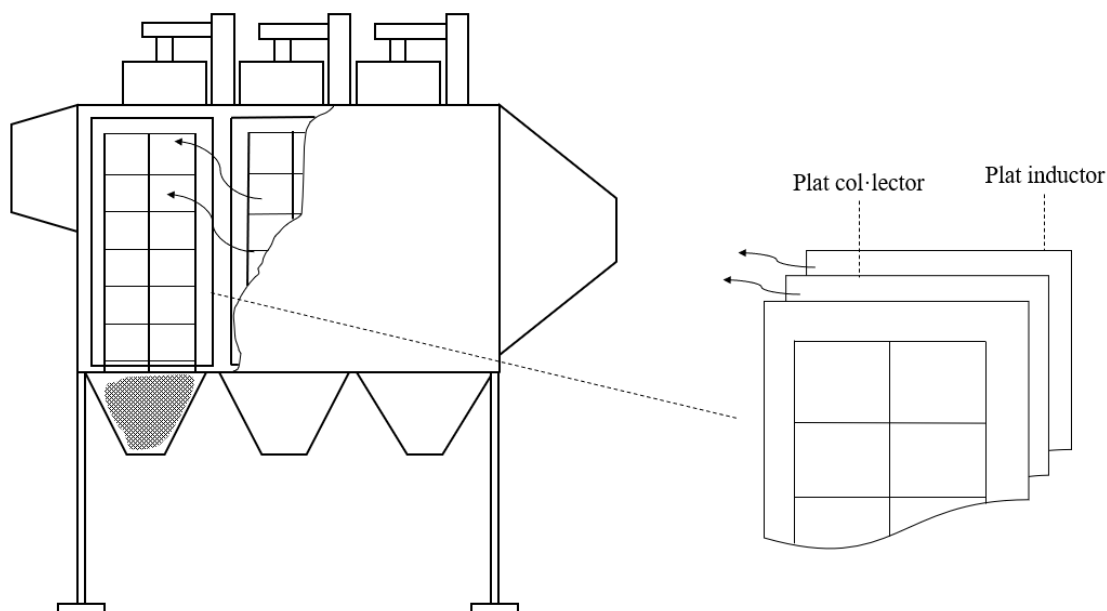


Figura 4.3.5.1. Esquema del funcionament del precipitador electroestàtic.

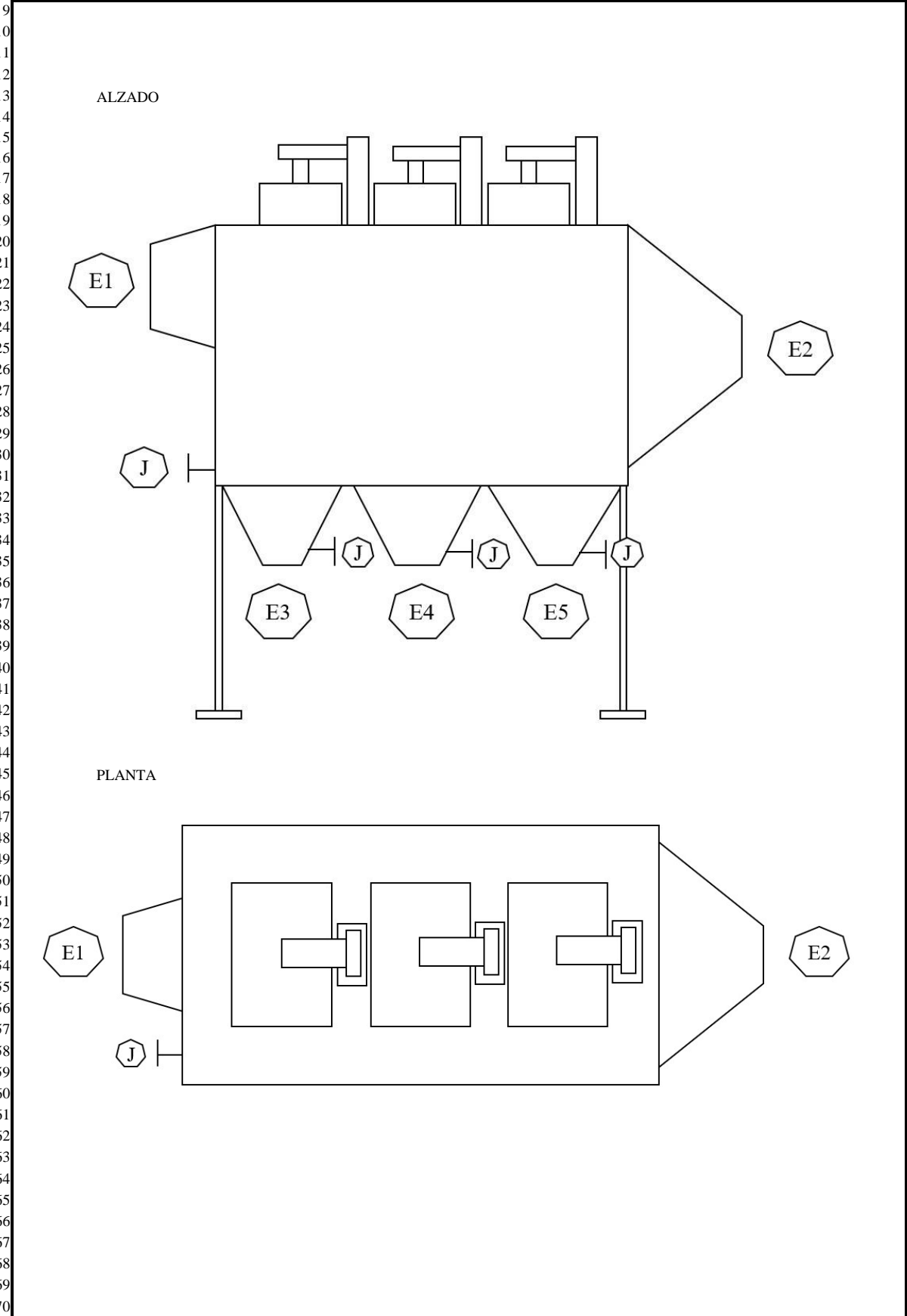
Els precipitadors electroestàtics (ESP) són àmpliament utilitzats en aplicacions industrials per controlar la contaminació atmosfèrica i eliminar les partícules dels corrents de gas. Alguns avantatges dels precipitadors electroestàtics inclouen: alta eficiència, costos de funcionament baixos, manteniment baix, operabilitat a un ample rang de temperatures, no necessiten elements consumibles per al seu funcionament i tenen una empremta petita.

Els diferents components d'un precipitador electroestàtic inclouen elèctrodes, subministrament elèctric trifàsic de 50 Hz i 480 V, un armari de control, un transformador d'alt voltatge, un rectificador, una tremuja i aïlladors. El funcionament d'aquesta unitat de tractament és el següent: el cabal de gasos que va cap a la sortida de xemeneia, entra al precipitador electroestàtic passant per una cambra on es troben els elèctrodes de plaques carregats elèctricament; les partícules en suspensió són atretes a les plaques per la inducció electroestàtica quedant-se adherides a les plaques.

El despreniment de la pols es realitza emprant agitació mecànica amb moció de sacsejat. D'aquesta forma, els sòlids cauen cap a la zona de recollida. El gas net surt de la cambra i se'n va cap a la sortida de gasos, mentre que les partícules sòlides són recollides a les tremuges inferiors del precipitador. L'equip PES-101 ha estat dissenyat per a assolir una eficiència de 99.5%.

1	PROYECTO	TFGEQ 2316	ESPECIFICACIÓN PRECIPITADOR ELECTROESTÁTICO			N°			
2	EMPRESA	ASESA S.A				HOJA N°	1 de 2		
3	FÁBRICA					FECHA			
4	PLANTA					PREPARADO			
5			ASESA S.A.			REVISADO			
6						APROBADO			
7	ÍTEM	PES 101				N° UNIDADES	1		
8	SERVICIO								
9	OPERACIÓN	DESCRIPCIÓN							
10		PRODUCTO							
11		TEMPERATURA	115.00	°C					
12		PRESIÓN	8.00	kg/cm2g					
13		DENSIDAD	400	kg/m3					
14	CONSTRUCCIÓN	DIMENSIONES	ANCHO	7.00	m	DISEÑO Y PRUEBA	CÓDIGOS	ASME VIII S.I.	
15			LONG. / ALT.	8.00	m			CONDICIONES DE DISEÑO	TEMPERAT.
16			ESPESOR	5.00	mm		PRESIÓN		12 kg/cm2 g
17		FONDOS	INFERIOR	1.50	m		DENSIDAD	400 kg/m3	
18				VOL. / PESO	SCA		35.40	m2	PRESIÓN DE PRUEBA
19		VOL. TOTAL	150.00		m3		NEUMÁTICA		
20		PESO	5,000.00		kg		ESPEJOR DE CORROSIÓN	3.175	mm
21		INSTALACIÓN			EFICACIA DE SOLDADURA		1		
22		AISLAMIENTO			ALIVIO DE TENSIONES		-		
23		PINTURA			RADIOGRAFIADO		Sí		
24									
25									
26	DISEÑO				DESCRIPCIÓN	COMENTARIOS			
27		ÁREA TOTAL			32.00	m2			
28		LONGITUD			8.00	m			
29		ALTURA TOTAL			13.65	m			
30		DISTANCIA ENTRE PLATOS			0.50	m			
31		ÁREA TOTAL DE COLECTOR			340.00	m2			
32		LONGITUD TOTAL DE CORONA			390.00	m			
33		VELOCIDAD DEL GAS			1.25	m/2			
34		ÁREA ESPECÍFICA DE COLECCIÓN			35.40	m			
35									
36									
37									
38									
39									
40									
41									
42									
43	TUBULADURAS	MARCA	CANT.	SERVICIO		D.N.	RATING		
44		J	4	Boca de hombre		24"			
45		E1	1	Salida de gases		156"			
46		E2	1	Entrada de gases		40"			
47		E3	1	Salida sólidos		9"			
48		E4	1	Salida sólidos		9"			
49		E5	1	Salida sólidos		9"			
50									
51									
52									
53									
54									
55									
56									
57									
58	NOTAS								
59									
60									
61									
62									
63									
64									
65									
66									
67									
68									
69									
70									

1	PROYECTO	TFGEQ 2316	ESPECIFICACIÓN	N°	
2	EMPRESA	ASESA S.A		HOJA N°	2 de 2
3	FÁBRICA		PRECIPITADOR ELECTROESTÁTICO	FECHA	
4	PLANTA			PREPARADO	
5	ÍTEM		ASESA S.A.	REVISADO	
6	SERVICIO			APROBADO	
7				N° UNIDADES	1
8					



5. SEGURETAT DE LA PLANTA

5.1. Estudi Hazard and Operability (HazOp)

S'ha realitzat un estudi HazOp per poder identificar els riscos del procés. A partir de la metodologia d'anàlisi de riscos semi-quantitativa, miniLOPA, s'han caracteritzat les diverses conseqüències i s'han estimat les freqüències dels successos iniciadors per poder garantir que els escenaris plantejats compten amb les suficients capes de protecció. S'aprofundeix en la metodologia seguida en l'annex D.

A continuació es presenten les Taules HazOp per a cadascun dels 3 nodes en els que s'ha dividit el procés.

S'ha extret l'apartat de "Recomanacions" del HazOp, ja que totes les recomanacions han estat implementades en el procés.

A més a més, l'escenari d'altra composició en aire de servei no es considera possible, ja que l'aire de servei que s'utilitza compta amb una etapa d'assecatge prèvia que aconsegueix obtenir un aire pur sense humitat. No obstant, el HazOp mostra com a salvaguarda la opció d'afegir un purgador de vapor pels casos en què es pogués donar la condensació d'aire amb petits percentatges d'humitat.

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (1) GASOS DE COMBUSTIÓ, CONDUCTE DES DE FORNS DE PROCÉS FINS A PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101, SORTIDA CAP A XEMENEIA I RECIRCULACIÓ DE SÒLID A PROCÉS. Inclou vàlvules rotatives RV-105/106/107.

Intenció: Enviar els gasos de combustió procedents dels forns de procés prèviament tractats mitjançant injeccions de calç hidratada per disminuir la quantitat de SO₂ presents en el corrent gasós. Separar en el precipitador electroestàtic PES-101 la fase gas de la fase sòlida per recircular el sòlid no reaccionat cap a procés. Mantenir unes emissions de SO₂ dins dels límits establerts per la pròpia empresa.

Paràmetre: Nivell

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Menys	Menys nivell	1. Qualsevol causa.	1.1. No té conseqüències rellevants per a la seguretat.								
Més	Més nivell	2. Obstrucció de la vàlvula rotativa RV-103.	2.1. Acumulació de sòlid en el PES-101. Pujada del nivell de sòlids i possible arrossegament de partícules cap a xemeneia.	2.1.1. Pèrdua de l'eficiència en PES-101 i possible incompliment dels límits ambientals en partícules sòlides.	2	-1	C	2.1.1.1. Augment de potencia de la vàlvula de purga RV-104 de sòlid cap a <i>big bag</i> . (1) 2.1.1.2. Aturada de la vàlvula rotativa RV-101. (1)	2	-3	D

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (1) GASOS DE COMBUSTIÓ, CONDUCTE DES DE FORNS DE PROCÉS FINS A PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101, SORTIDA CAP A XEMENEIA I RECIRCULACIÓ DE SÒLID A PROCÉS. Inclou vàlvules rotatives RV-105/106/107.

Intenció: Enviar els gasos de combustió procedents dels forns de procés prèviament tractats mitjançant injeccions de calç hidratada per disminuir la quantitat de SO₂ presents en el corrent gasós. Separar en el precipitador electroestàtic PES-101 la fase gas de la fase sòlida per recircular el sòlid no reaccionat cap a procés. Mantenir unes emissions de SO₂ dins dels límits establerts per la pròpia empresa.

Paràmetre: Cabal

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
No	No Cabal	3. Aturada dels forns del procés.	3.1. L'arribada de fums es para.	3.1.1. No té conseqüències per a la seguretat.							
Més	Més Cabal	4. Augment del cabal de gas natural que crema al forns. Major producció de fums.	4.1. Augment de la velocitat del gas que entra al precipitador electroestàtic.	4.1.1. No hi ha conseqüències per la seguretat. El ducte i el precipitador electroestàtic estan sobredimensionats.							
Menys	Menys Cabal	5. Augment del cabal que entra al forn.	5.1. Augment del cabal de gas natural que crema al forn. Major	5.1.1. La producció de fums es para. No hi ha conseqüències per la seguretat. El							

			producció de fums.	cabalímetre FIT 110 detecta la falta de cabal de fums i va parant la injecció de sòlids.
Invers	Invers Caudal	6.	6.1. No té conseqüències rellevants per a la seguretat.	

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (1) GASOS DE COMBUSTIÓ, CONDUCTE DES DE FORNS DE PROCÉS FINS A PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101, SORTIDA CAP A XEMENEIA I RECIRCULACIÓ DE SÒLID A PROCÉS. Inclou vàlvules rotatives RV-105/106/107.

Intenció: Enviar els gasos de combustió procedents dels forns de procés prèviament tractats mitjançant injeccions de calç hidratada per disminuir la quantitat de SO₂ presents en el corrent gasós. Separar en el precipitador electroestàtic PES-101 la fase gas de la fase sòlida per recircular el sòlid no reaccionat cap a procés. Mantenir unes emissions de SO₂ dins dels límits establerts per la pròpia empresa.

Paràmetre: Pressió

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Menys	Menys Pressió en PES-101	7. Impossible. No hi ha vàlvules que es puguin tancar, ocasionant buit.	7.1. No té	conseqüències rellevants per a la seguretat.							
Més	Més Pressió en PES-101	8. Augment de cabal en l'entrada de fums.	8.1. L'equip està sobredimensionat de forma que no hi ha	conseqüències rellevants per a la seguretat.							

9. Augment de la temperatura dels gasos.	9.1. L'operació del precipitador electroestàtic no es veu afectada per la temperatura. No hi ha conseqüències rellevants per a la seguretat.
--	--

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (1) GASOS DE COMBUSTIÓ, CONDUCTE DES DE FORNS DE PROCÉS FINS A PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101, SORTIDA CAP A XEMENEIA I RECIRCULACIÓ DE SÒLID A PROCÉS. Inclou vàlvules rotatives RV-105/106/107.

Intenció: Enviar els gasos de combustió procedents dels forns de procés prèviament tractats mitjançant injeccions de calç hidratada per disminuir la quantitat de SO₂ presents en el corrent gasós. Separar en el precipitador electroestàtic PES-101 la fase gas de la fase sòlida per recircular el sòlid no reaccionat cap a procés. Mantenir unes emissions de SO₂ dins dels límits establerts per la pròpia empresa.

Paràmetre: Temperatura

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Menys	Menys temperatura	10. Qualsevol causa.	10.1. Hi ha una disminució de la temperatura als gasos que entren.	10.1.1. Sense conseqüències rellevants per a la seguretat.							
Més	Més temperatura	11. Fallada control del forn.	11.1. Per una fallada del control de la combustió del forn, la temperatura augmenta.	11.1.1. El material de construcció del ducte té una temperatura alta de fusió, sense conseqüències per a la seguretat.							

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (1) GASOS DE COMBUSTIÓ, CONDUCTE DES DE FORNS DE PROCÉS FINS A PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101, SORTIDA CAP A XEMENEIA I RECIRCULACIÓ DE SÒLID A PROCÉS. Inclou vàlvules rotatives RV-105/106/107.

Intenció: Enviar els gasos de combustió procedents dels forns de procés prèviament tractats mitjançant injeccions de calç hidratada per disminuir la quantitat de SO2 presents en el corrent gasós. Separar en el precipitador electroestàtic PES-101 la fase gas de la fase sòlida per recircular el sòlid no reaccionat cap a procés. Mantenir unes emissions de SO2 dins dels límits establerts per la pròpia empresa.

Paràmetre: Composició

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Altra	Altra	12. Mal funcionament del forn (presència de CO al conducte).	12.1. Mal funcionament de l'etapa prèvia del procés, es detecta CO.	12.1.1. Presència de CO per sota del nivell de pre-alarma.	2	-1	C	12.1.1.1. El detector CO-110 avisa de presència de CO al conducte. Procediment operatiu per a revisar l'estat del forn.	2	-3	D
	Composició			12.1.2. Presència de CO per damunt del nivell de pre-alarma.	3	-1	B	12.1.2.1. El detector CO-110 avisa de presència de CO al conducte. Enclavament SIL2. (2) 12.1.2.2. S'obre el llaç de control FC-132 per la	3	-4	D

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (1) GASOS DE COMBUSTIÓ, CONDUCTE DES DE FORNS DE PROCÉS FINS A PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101, SORTIDA CAP A XEMENEIA I RECIRCULACIÓ DE SÒLID A PROCÉS. Inclou vàlvules rotatives RV-105/106/107.

Intenció: Enviar els gasos de combustió procedents dels forns de procés prèviament tractats mitjançant injeccions de calç hidratada per disminuir la quantitat de SO2 presents en el corrent gasós. Separar en el precipitador electroestàtic PES-101 la fase gas de la fase sòlida per recircular el sòlid no reaccionat cap a procés. Mantenir unes emissions de SO2 dins dels límits establerts per la pròpia empresa.

Paràmetre: Fase

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Altra	Altra Fase en aire de servei	13. Temperatura baixa en les etapes prèvies.	13.1. Presència d'aigua líquida per condensació.	13.1.1. Formació de guix en els conductes. Possible risc de taponament.	2	-2	C	13.1.1.1. Afegir una trampa d'aire per a evitar la presència de líquids en el conducte. (1)	2	-3	D

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (1) GASOS DE COMBUSTIÓ, CONDUCTE DES DE FORNS DE PROCÉS FINS A PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101, SORTIDA CAP A XEMENEIA I RECIRCULACIÓ DE SÒLID A PROCÉS. Inclou vàlvules rotatives RV-105/106/107.

Intenció: Enviar els gasos de combustió procedents dels forns de procés prèviament tractats mitjançant injeccions de calç hidratada per disminuir la quantitat de SO₂ presents en el corrent gasós. Separar en el precipitador electroestàtic PES-101 la fase gas de la fase sòlida per recircular el sòlid no reaccionat cap a procés. Mantenir unes emissions de SO₂ dins dels límits establerts per la pròpia empresa.

Paràmetre: Serveis

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Sense	Sense Serveis	14. Fallada del sistema elèctric.	14.1. No hi ha electricitat per alimentar el precipitador electroestàtic ni la vàlvula rotativa.	14.1.1. Parada del procés de tractament de gasos. Procediment operatiu per a vàlvules, posició segura (CSO). Connexió de xarxa interna a la instal·lació (xarxa elèctrica auxiliar). No conseqüències de seguretat.							

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (2) CALÇ HIDRATADA IMPULSADA PER AIRE NEUMÀTIC. DES DE CISTERNA CAP A SITJA S-101, FILTRE F-101 I INJECCIÓ EN CONDUCTE DE GASOS DE COMBUSTIÓ. FLUIDIFICACIÓ DE LA SITJA S-101 MITJANÇANT AIRE DE SERVEI. Inclou vàlvules rotatives RV-101/102.

Intenció: Emmagatzemar reactiu sòlid en la sitja S-101 per injectar en el conducte de gasos de combustió i produir una dessulfuració. Evitar que partícules sòlides surtin cap a l'atmosfera amb l'aire neumàtic que les transporta mitjançant l'ús del filtre F-101. Fluidificar la sitja S-101 per garantir la injecció de calç hidratada i, per tant, la dessulfuració.

Paràmetre: Nivell

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Menys	Menys nivell en sitja S-101	15. Fallada del llaç de control de la vàlvula rotativa RV-101. Augment de potència.	15.1. Possible buidatge complet de la sitja S-101.	15.1.1. Reactiu insuficient. Equips no preparats per controlar la quantitat de partícules. Incompliment dels límits legals.	2	-2	C	15.1.1.1. Alarma de baix nivell. (1)	2	-4	D
				15.1.2. Possibilitat de buit i col·lapse de la sitja.	2	-2	C	15.1.1.2. Indicació potència de les vàlvules rotatives a panell. (1)			
				15.1.2.1. Trencament del disc de ruptura RD X per controlar la pressió. (2)	2	-4	D				
				15.1.3. Possibilitat d'entrada de gasos de combustió en la sitja.	2	-2	C	15.1.3.1. Activació de la tanca de guillotina. (1)	2	-4	D

							15.1.3.2. Indicació potència de les vàlvules rotatives a panell. (1)				
	Menys nivell en filtre F-101	16. Fallada de la vàlvula rotativa RV-102. Augment de potència.	16.1. Buidatge complet del filtre.	16.1.1. Possibilitat de col·lapse del filtre.	2	-1	C	16.1.1.1. Trencament del disc de ruptura RD X per controlar la pressió. (2)	2	-4	D
							16.1.1.2. Indicació potència de les vàlvules rotatives a panell. (1)				
				16.1.2. Possibilitat de caudal invers d'aire contaminat. Ineficiència del filtre. Incompliment dels límits legals.	2	-1	C	16.1.2.1. Activació de la tanca de guillotina. (1)	2	-3	D
							16.1.1.2. Indicació potència de les vàlvules rotatives a panell. (1)				
Més	Més nivell en filtre F-101	17. Fallada de la vàlvula RV-102. Aturada de la vàlvula.	17.1. Acumulació de sòlid i nivell per sobre del <i>Set Point</i> .	17.1.1. Possibilitat de trencament de l'equip per sobrepressió.	3	-1	B	17.1.1.1. Alarma d'alt nivell. (1)	3	-9	D
							17.1.1.2. Venteig cap a atmosfera (3)				
							17.1.1.3. Trencament de la costura de soldadura				

dèbil al cap del filtre F-101. (4)

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (2) CALÇ HIDRATADA IMPULSADA PER AIRE NEUMÀTIC. DES DE CISTERNA CAP A SITJA S-101, FILTRE F-101 I INJECCIÓ EN CONDUCTE DE GASOS DE COMBUSTIÓ. FLUIDIFICACIÓ DE LA SITJA S-101 MITJANÇANT AIRE DE SERVEI. Inclou vàlvules rotatives RV-101/102.

Intenció: Emmagatzemar reactiu sòlid en la sitja S-101 per injectar en el conducte de gasos de combustió i produir una dessulfuració. Evitar que partícules sòlides surtin cap a l'atmosfera amb l'aire neumàtic que les transporta mitjançant l'ús del filtre F-101. Fluidificar la sitja S-101 per garantir la injecció de calç hidratada i, per tant, la dessulfuració.

Paràmetre: Caudal

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
No	No Cabal en injecció	18. Fallada de la vàlvula rotativa RV-101. Aturada de la vàlvula	18.1. Falta de reactiu per reduir la quantitat de SO ₂ .	18.1.1. Incompliment dels límits legals d'emissions de SO ₂ .	2	-1	C	18.1.1.1. Augment de potència de la vàlvula rotativa RV-103 per assegurar la relació CAS. (1) 18.1.1.2. Indicació en marxa/aturada de les vàlvules rotatives a panell. (1)	2	-3	D
		19. Fallada de la tanca	19.1. Same as 18.1.	19.1.1. Same as 18.1.1.	2	-1	C	19.1.1.1. Augment de potència de la vàlvula	2	-3	D

		de guillotina. Tancament complet.						rotativa RV-103 per assegurar la relació CaS. (1)			
								19.1.1.2. Indicació en marxa/aturada de les vàlvules rotatives a panel. (1)			
Més	Més Cabal en injecció	20. Fallada de la vàlvula rotativa RV-101. Augment de la potencia de la vàlvula	20.1.Excés de reactiu en conducte de gasos de combustió.	20.1.1. Sistema de filtració no preparat per concentracions més elevades de partícules sòlides. Possible incompliment dels límits legals d'emissions de partícules sòlides.	2	-1	C	20.1.1.1. Disminució de la potència de la vàlvula rotativa RV-103 per assegurar la relació CAS. (1) 20.1.1.2. Indicació potència de les vàlvules rotatives a panell. (1)	2	-3	D
Menys	Menys Cabal en injecció	21. Fallada de la vàlvula rotativa RV-101. Baixada de la potència	21.1. Falta de reactiu per reduir la quantitat de SO ₂ .	21.1.1. Incompliment dels límits legals d'emissions de SO ₂ .	2	-1	C	21.1.1.1. Augment de potència de la vàlvula rotativa RV-103 per assegurar la relació CaS. (1) 21.1.1.2. Indicació en marxa/aturada de les	2	-3	D

		de la vàlvula.							vàlvules rotatives a panel. (1)			
Invers	Invers Caudal en injecció	22. Same as 15.	22.1. Same as 15.1.	22.1.1. Same as 15.1.3.	2	-2	C		22.1.3.1. Activació de la tanca de guillotina. (1)	2	-4	D
									22.1.3.2. Indicació potència de les vàlvules rotatives a panell. (1)			

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (2) CALÇ HIDRATADA IMPULSADA PER AIRE NEUMÀTIC. DES DE CISTERNA CAP A SITJA S-101, FILTRE F-101 I INJECCIÓ EN CONDUCTE DE GASOS DE COMBUSTIÓ. FLUIDIFICACIÓ DE LA SITJA S-101 MITJANÇANT AIRE DE SERVEL. Inclou vàlvules rotatives RV-101/102.

Intenció: Emmagatzemar reactiu sòlid en la sitja S-101 per injectar en el conducte de gasos de combustió i produir una dessulfuració. Evitar que partícules sòlides surtin cap a l'atmosfera amb l'aire neumàtic que les transporta mitjançant l'ús del filtre F-101. Fluidificar la sitja S-101 per garantir la injecció de calç hidratada i, per tant, la dessulfuració.

Paràmetre: Pressió

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Menys	Menys Pressió en S-101	23. Same as 15.	23.1. Same as 15.1.	23.1.1. Same as 15.1.2.	2	-2	C	23.1.1.1. Trencament del disc de ruptura RD X per controlar la pressió. (2)	2	-4	D

				23.1.2. Same as 15.1.3.	2	-2	C	23.1.2.1. Activació de la tanca de guillotina. (1)	2	-4	D
								23.1.2.2. Indicació potència de les vàlvules rotatives a panell. (1)			
Menys pressió en F-101	24. Same as 16.	24.1. Same as 16.1.	24.1.1. Same as 16.1.1.	24.1.1.1. Trencament del disc de ruptura RD X per controlar la pressió. (2)	2	-1	C	24.1.1.1. Trencament del disc de ruptura RD X per controlar la pressió. (2)	2	-4	D
				24.1.1.2. Indicació potència de les vàlvules rotatives a panell. (1)				24.1.1.2. Indicació potència de les vàlvules rotatives a panell. (1)			
			24.1.2. Same as 16.1.2.	24.1.2.1. Activació de la tanca de guillotina. (1)	2	-1	C	24.1.2.1. Activació de la tanca de guillotina. (1)	2	-3	D
				24.1.2.2. Indicació potència de les vàlvules rotatives a panell. (1)				24.1.2.2. Indicació potència de les vàlvules rotatives a panell. (1)			
Més	Més Pressió en F-101	25. Same as 17			3	-1	B		3	-9	D

Més Pressió en S-101	26. Obstrucció de la sortida d'aire cap al filtre F-101.	26.1. Impossibilitat d'escapament de l'aire de neteja.	26.1.1. Impossibilitat d'alleujar la pressió. Possible trencament per sobrepressió.	3	-1	B	26.1.1.1. Trencament de la costura de soldadura dèbil a la part superior de la sitja. (4). 26.1.1.2. Venteig cap a xemeneia. (3)	3	-8	D
----------------------	--	--	---	---	----	---	---	---	----	---

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (2) CALÇ HIDRATADA IMPULSADA PER AIRE NEUMÀTIC. DES DE CISTERNA CAP A SITJA S-101, FILTRE F-101 I INJECCIÓ EN CONDUCTE DE GASOS DE COMBUSTIÓ. FLUIDIFICACIÓ DE LA SITJA S-101 MITJANÇANT AIRE DE SERVEI. Inclou vàlvules rotatives RV-101/102.

Intenció: Emmagatzemar reactiu sòlid en la sitja S-101 per injectar en el conducte de gasos de combustió i produir una dessulfuració. Evitar que partícules sòlides surtin cap a l'atmosfera amb l'aire neumàtic que les transporta mitjançant l'ús del filtre F-101. Fluidificar la sitja S-101 per garantir la injecció de calç hidratada i, per tant, la dessulfuració.

Paràmetre: Temperatura

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Menys	Menys temperatura	27. Pujada de la temperatura de l'aire.	27.1. Entrada de polsos d'aire a més alta temperatura.	27.1.1. Sense conseqüències de seguretat.							

Més	Més temperatura	28. Temperatura de l'aire extremadament baixa (<0°C)	28.1. Possibilitat de condensació en els tubs	28.1.1. Possibilitat de corrosió si la situació s'allarga en el temps.	2	-2	C	28.1.1.1. Trampa de vapor en línia d'aire de servei.	2	-3	D
			28.2. Humidificació del sòlid. Possible enduriment i incapacitat de desplaçament d'aquest.	28.2.1. Same as 26.1.1.	3	-1	B		3	-8	D

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (2) CALÇ HIDRATADA IMPULSADA PER AIRE NEUMÀTIC. DES DE CISTERNA CAP A SITJA S-101, FILTRE F-101 I INJECCIÓ EN CONDUCTE DE GASOS DE COMBUSTIÓ. FLUIDIFICACIÓ DE LA SITJA S-101 MITJANÇANT AIRE DE SERVEI. Inclou vàlvules rotatives RV-101/102.

Intenció: Emmagatzemar reactiu sòlid en la sitja S-101 per injectar en el conducte de gasos de combustió i produir una dessulfuració. Evitar que partícules sòlides surtin cap a l'atmosfera amb l'aire neumàtic que les transporta mitjançant l'ús del filtre F-101. Fluidificar la sitja S-101 per garantir la injecció de calç hidratada i, per tant, la dessulfuració.

Paràmetre: Composició

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Altra	Altra Composició en calç hidratada	29. Entrega de producte erroni. Cisterna errònia.	29.1. Impossibilitat de reacció. No disminució de la concentració de SO ₂ .	29.1.1. Emissions de SO ₂ fora dels límits legals.	2	-2	C	29.1.1.1. Procediment de revisió i confirmació del producte correcte abans d'ompliment. (1)	2	-3	D

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (2) CALÇ HIDRATADA IMPULSADA PER AIRE NEUMÀTIC. DES DE CISTERNA CAP A SITJA S-101, FILTRE F-101 I INJECCIÓ EN CONDUCTE DE GASOS DE COMBUSTIÓ. FLUIDIFICACIÓ DE LA SITJA S-101 MITJANÇANT AIRE DE SERVEI. Inclou vàlvules rotatives RV-101/102.

Intenció: Emmagatzemar reactiu sòlid en la sitja S-101 per injectar en el conducte de gasos de combustió i produir una dessulfuració. Evitar que partícules sòlides surtin cap a l'atmosfera amb l'aire neumàtic que les transporta mitjançant l'ús del filtre F-101. Fluidificar la sitja S-101 per garantir la injecció de calç hidratada i, per tant, la dessulfuració.

Paràmetre: Fase

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Altra	Altra Fase	30. Same as 28.	30.1. Same as 28.1.		2	-2	C		2	-3	D
			30.2. Same as 28.2.		3	-1	B		3	-8	D

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (2) CALÇ HIDRATADA IMPULSADA PER AIRE NEUMÀTIC. DES DE CISTERNA CAP A SITJA S-101, FILTRE F-101 I INJECCIÓ EN CONDUCTE DE GASOS DE COMBUSTIÓ. FLUIDIFICACIÓ DE LA SITJA S-101 MITJANÇANT AIRE DE SERVEI. Inclou vàlvules rotatives RV-101/102.

Intenció: Emmagatzemar reactiu sòlid en la sitja S-101 per injectar en el conducte de gasos de combustió i produir una dessulfuració. Evitar que partícules sòlides surtin cap a l'atmosfera amb l'aire neumàtic que les transporta mitjançant l'ús del filtre F-101. Fluidificar la sitja S-101 per garantir la injecció de calç hidratada i, per tant, la dessulfuració.

Paràmetre: Serveis

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Sense	Sense Serveis	31. Fallada d'aire d'instruments.	31.1. FC-211 (FO) FC-111 (FO) FC-121 (FO) Les electrovàlvules romandran obertes en cas de fallada.	31.1.1. No conseqüències de seguretat. Es garanteix la fluidificació dels equips.							
		32. Fallada elèctrica.	32.1. No hi ha electricitat per alimentar les vàlvules rotatives.	32.1.1. Parada del procés de tractament de gasos. Procediment operatiu per a vàlvules, posició segura (CSO). Connexió de xarxa interna a la instal·lació (xarxa elèctrica auxiliar).							

	No conseqüències de seguretat.
32.2. Aturada dels equips elèctrics.	32.2.1. Aturada dels forns. No arribada de gasos de combustió. No conseqüències de seguretat.

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (3) RECIRCULACIÓ DE PARTÍCULES SÒLIDES DE CALÇ HIDRATADA SUSPESES EN AIRE DE SERVEI DES DE PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101 I FILTRE F-101 CAP A FILTRE F-102. Inclou vàlvules rotatives RV-103/104.

Intenció: Recircular el sòlid no reaccionat prèviament separat en el precipitador electroestàtic PES-101 cap a procés per millorar la eficiència de la dessulfuració. Connectar els filtres F-101 i F-102 entre sí per poder mobilitzar l'aire subministrat per netejar els sòlids acumulats. Separar part del sòlid i enviar-lo cap a *big bag* per evitar acumulacions massa grans de sòlid en F-101 i tenir possibilitat de distribució posterior.

Paràmetre: Nivell

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Menys	Menys nivell en filtre F-102	33. Fallada de la vàlvula rotativa RV-105. Aturada de la vàlvula.	33.1. Relació CAS insuficient. Pèrdua de la eficiència de la reacció.	33.1.1. Incompliment dels límits legals	2	-1	C	33.1.1.1. Augment de potencia de la vàlvula rotativa RV-101. (1) 33.1.1.2. Indicació en marxa/aturada vàlvules rotatives a panell. (1)	2	-3	D
		34. Reducció de la potència de la vàlvula rotativa RV-105.	34.1. Baixada del nivell del filtre F-102 per sota de la pressió hidrostàtica mínima. Possibilitat d'entrada de	34.1.1. Sortida de gasos bruts cap a xemeneia. Infracció dels límits legals.	2	-1	C	34.1.1.1. Alarma de baix nivell en LIT F103. (1) 34.1.1.2. Aturada de la vàlvula rotativa RV-104. (1)	2	-3	D

			gasos de combustió dins del filtre per caudal invers.						
		35. Fallada del Llaç de control de nivell. Llegeix més nivell.	35.1. Augment de la potència de la vàlvula rotativa RV-104. Relació CAS insuficient. Pèrdua de l'eficiència de la reacció.	35.1.1. Same as 34.1.1.	2	-1	C		2 -3 D
Més	Més nivell en filtre F-102	36. Fallada de la vàlvula rotativa RV-103. Aturada de la vàlvula.	36.1. Obstrucció sortida d'aire de servei.	36.1.1. Pressurització del filtre F-102 i possibilitat de trencament per sobrepressió.	3	-1	B	36.1.1.1. Augment de la potència de la vàlvula rotativa R-104. (1) 36.1.1.2. Venteig cap a xemeneia. (3) 36.1.1.3. Indicació en marxa/aturada de les	3 -5 D

						vàlvules rotatives a panell. (1)			
37.	37.1. Same as 36.1.	3	-1	B	37.1.1.1. Augment de la potència del vibrador pneumàtic. (1)	3	-5	D	
	Obstrucció de la vàlvula rotativa RV-103 per enduriment del sòlid.				37.1.1.2. Venteig cap a xemeneia (3)				
					37.1.1.3. Indicació en marxa/aturada de les vàlvules rotatives a panell. (1)				
38.	38.1. Same as 36.1.	3	-1	B	38.1.1.1. Ruptura de la costura de soldadura dèbil al cap del filtre F-102. (4)	3	-5	D	
	Fallada de la vàlvula rotativa RV-104. Aturada de la vàlvula.				38.1.1.2. Indicació en marxa/aturada vàlvules rotatives a panell. (1)				
39.	39.1. Same as 36.1.	3	-1	B		3	-5	D	
	Obstrucció de								

la vàlvula rotativa RV-104.									
40. Fallada del llaç de control de nivell. Llegeix menys nivell.	40.1. Disminució de la potència de la vàlvula rotativa RV-104. Possibilitat d'aturada de la vàlvula.	40.1.1. Incompliment dels límits legals	3	-1	B	40.1.1.1. Augment de potència de la vàlvula rotativa RV-101. (1) 40.1.1.2. Indicació en marxa/aturada vàlvules rotatives a panell. (1)	3	-5	D

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (3) RECIRCULACIÓ DE PARTÍCULES SÒLIDES DE CALÇ HIDRATADA SUSPESES EN AIRE DE SERVEI DES DE PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101 I FILTRE F-101 CAP A FILTRE F-102. Inclou vàlvules rotatives RV-103/104.

Intenció: Recircular el sòlid no reaccionat prèviament separat en el precipitador electroestàtic PES-101 cap a procés per millorar la eficiència de la dessulfuració. Connectar els filtres F-101 i F-102 entre sí per poder mobilitzar l'aire subministrat per netejar els sòlids acumulats. Separar part del sòlid i enviar-lo cap a *big bag* per evitar acumulacions massa grans de sòlid en F-101 i tenir possibilitat de distribució posterior.

Paràmetre: Caudal

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
No	No Cabal de sòlid	41. Obstrucció de la vàlvula rotativa RV-103 per enduriment del sòlid.	41.1. Relació CAS insuficient. Pèrdua de la eficiència de la reacció.	41.1.1. Incompliment dels límits legals.	2	-1	C	41.1.1.1. Augment de la potencia del vibrador pneumàtic. (1) 41.1.1.2. Indicació en marxa/aturada vàlvules a panell. (1)	2	-3	D
		42. Same as 33.			2	-1	C		2	-3	D

No Cabal d'aire de servei	43. Fallada de la electrovàlvula FC-242.	43.1. La electrovàlvula romandrà oberta en cas de fallada. FC-242 (FO)	43.1.1. No conseqüències de seguretat.							
	44. Fallada del llaç de control de pressió diferencial per embrutiment.	44.1. Incertesa de l'estat dels filtres.	44.1.1. Possible pèrdua de l'eficiència. Possible incompliment dels límits legals.	2	-1	C	44.1.1.1. Obertura manual de la vàlvula MVA-241 per netejar el mesurador. (1)	2	-3	D
							44.1.1.2. Revisió dels mesuradors de pressió inclòs en <i>check-list</i> . (1)			
No Cabal venteig cap a xemeneia	45. Impediment de pas del fluid per taponament.	45.1. Pèrdua de pressió en F-102.	45.1.1. Possibilitat de col·lapse.	2	-1	C	45.1.1.1. Trencament del disc de ruptura RD X per controlar la pressió. (2)	2	-3	D
Més	Més Cabal de sòlid	46. Augment de potencia de RV-105.	46.1. Augment de nivell en F-102. Equip sobredimensionat.				46.1.1. Sense conseqüències de seguretat.			

Menys	Menys Cabal de sòlid	47. Same as 34.	2	-1	C	2	-3	D
Invers	Invers Cabal	48. Same as 34.	2	-1	C	2	-3	D

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (3) RECIRCULACIÓ DE PARTÍCULES SÒLIDES DE CALÇ HIDRATADA SUSPESES EN AIRE DE SERVEI DES DE PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101 I FILTRE F-101 CAP A FILTRE F-102. Inclou vàlvules rotatives RV-103/104.

Intenció: Recircular el sòlid no reaccionat prèviament separat en el precipitador electroestàtic PES-101 cap a procés per millorar la eficiència de la dessulfuració. Connectar els filtres F-101 i F-102 entre sí per poder mobilitzar l'aire subministrat per netejar els sòlids acumulats. Separar part del sòlid i enviar-lo cap a *big bag* per evitar acumulacions massa grans de sòlid en F-101 i tenir possibilitat de distribució posterior.

Paràmetre: Pressió

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Menys	Menys Pressió	49. Same as 33.			2	-1	C		2	-3	D
		50. Same as 34.			2	-1	C		2	-3	D
		51. Same as 35.			2	-1	C		2	-5	D
Més	Més Pressió	52. Same as 36.			3	-1	B		3	-5	D
		53. Same as 37.			3	-1	B		3	-5	D
		54. Same as 38.			3	-1	B		3	-5	D

55. Same as 39.	3	-1	B	3	-5	D
56. Same as 40.	3	-1	B	3	-5	D

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (3) RECIRCULACIÓ DE PARTÍCULES SÒLIDES DE CALÇ HIDRATADA SUSPESES EN AIRE DE SERVEI DES DE PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101 I FILTRE F-101 CAP A FILTRE F-102. Inclou vàlvules rotatives RV-103/104.

Intenció: Recircular el sòlid no reaccionat prèviament separat en el precipitador electroestàtic PES-101 cap a procés per millorar la eficiència de la dessulfuració. Connectar els filtres F-101 i F-102 entre sí per poder mobilitzar l'aire subministrat per netejar els sòlids acumulats. Separar part del sòlid i enviar-lo cap a *big bag* per evitar acumulacions massa grans de sòlid en F-101 i tenir possibilitat de distribució posterior.

Paràmetre: Temperatura

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Menys	Menys temperatura	57. Pujada de la temperatura de l'aire	57.1. Entrada de polsos d'aire a més alta temperatura dins el filtre F-102.	57.1.1. Sense conseqüències de seguretat.							
Més	Més temperatura	58. Temperatura de l'aire extremadament baixa (<0°C)	58.1. Possibilitat de condensació en els tubs.	58.1.1. Possibilitat de corrosió si la situació s'allarga en el temps.	2	-2	C	58.1.1.1. Trampa de vapor en línia d'aire de servei.	2	-3	D
			58.2. Humidificació del sòlid. Possible enduriment i incapacitat de	58.2.1. Same as 36.1.1.	3	-1	B		3	-5	D

desplaçament
d'aquest.

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (3) RECIRCULACIÓ DE PARTÍCULES SÒLIDES DE CALÇ HIDRATADA SUSPESES EN AIRE DE SERVEI DES DE PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101 I FILTRE F-101 CAP A FILTRE F-102. Inclou vàlvules rotatives RV-103/104.

Intenció: Recircular el sòlid no reaccionat prèviament separat en el precipitador electroestàtic PES-101 cap a procés per millorar la eficiència de la dessulfuració. Connectar els filtres F-101 i F-102 entre sí per poder mobilitzar l'aire subministrat per netejar els sòlids acumulats. Separar part del sòlid i enviar-lo cap a *big bag* per evitar acumulacions massa grans de sòlid en F-101 i tenir possibilitat de distribució posterior.

Paràmetre: Fase

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Altra	Altra Fase en aire de servei	59. Same as 58.	59.1. Same as 58.1.		2	-2	C		2	-3	D
			59.2. Same as 58.2.		3	-1	B		3	-5	D

Empresa: ASFALTOS ESPAÑOLES, S.A.

Ubicació: Tarragona

Instal·lació: Unitat de dessulfuració

Node: (3) RECIRCULACIÓ DE PARTÍCULES SÒLIDES DE CALÇ HIDRATADA SUSPESES EN AIRE DE SERVEI DES DE PRECIPITADOR ELECTROESTÀTIC PES-101 I FILTRE F-101 CAP A FILTRE F-102. Inclou vàlvules rotatives RV-103/104.

Intenció: Recircular el sòlid no reaccionat prèviament separat en el precipitador electroestàtic PES-101 cap a procés per millorar la eficiència de la dessulfuració. Connectar els filtres F-101 i F-102 entre sí per poder mobilitzar l'aire subministrat per netejar els sòlids acumulats. Separar part del sòlid i enviar-lo cap a *big bag* per evitar acumulacions massa grans de sòlid en F-101 i tenir possibilitat de distribució posterior.

Paràmetre: Serveis

PG	DESVIACIÓ	CAUSES	ESCENARI	CONSEQÜÈNCIES	C	F	R	SALVAGUARDES	C	F	R
Sense	Sense Serveis	60. Fallada d'aire d'instruments.	60.1. FC-242 (FO) Les electrovàlvules romandran obertes en cas de fallada.	60.1.1. No conseqüències de seguretat. Es garanteix la fluidificació dels equips.							
		61. Fallada elèctrica.	61.1. No hi ha electricitat per alimentar les vàlvules rotatives.	61.1.1. Parada del procés de tractament de gasos. Procediment operatiu per a vàlvules, posició segura (CSO). Connexió de xarxa interna a la instal·lació (xarxa elèctrica auxiliar). No conseqüències de seguretat.							

61.2. Aturada dels
equips elèctrics.

61.2.1. Aturada dels
forns. No arribada de
gasos de combustió.
No conseqüències de
seguretat.

6. MANTENIMENT DE LES INSTAL·LACIONS

S'ha desenvolupat un pla de manteniment preventiu, verificació i calibratge dels equips i inspeccions reglamentàries corresponents per tal de minimitzar la freqüència i l'impacte de les fallades, basat en les instruccions del Real Decret 809/2021, de 21 de setembre, pel qual s'aprova el Reglament d'equips a pressió i les seves instruccions tècniques complementàries.

Taula 6.1. Pla de manteniment preventiu de les instal·lacions.

Equip	Descripció del manteniment	Tipus d'intervenció			Periodicitat	Intern/Extern
		Inspecció/ Intervenció	Verificació/ Calibratge	Inspeccions legals		
Alarmes	Activació per comprovar funcionament	X			Semestral	Intern
Vàlvules	Inspecció per verificar bon estat	X			Diari	Intern
Discs de ruptura	Inspecció per verificar bon estat	X			Diari	Intern
	Verificació del correcte funcionament i ajust si s'escau		X		Annual	Intern
	Inspecció periòdica (recomanació del fabricant) particular de l'equip			X	Cada 6 anys	Extern (O.C.)
Indicadors de pressió	Inspecció per verificar el bon estat	X			Diari	Intern
	Verificació del correcte funcionament amb manòmetre de referència i corresponent ajust si s'escau		X		Annual	Intern
Indicadors de nivell	Inspecció per verificar el bon estat	X			Diari	Intern
	Verificació del correcte funcionament i corresponent ajust si s'escau		X		Annual	Intern
Indicadors de temperatura	Inspecció per verificar el bon estat	X			Diari	Intern
	Verificació del correcte funcionament i corresponent ajust si s'escau		X		Annual	Intern

Continuació Taula 6.1. Pla de manteniment preventiu de les instal·lacions.

Equip	Descripció del manteniment	Tipus d'intervenció			Periodicitat	Intern/Extern
		Inspecció/ Intervenció	Verificació/ Calibratge	Inspeccions legals		
Mesuradors de partícules	Inspecció per verificar el bon estat	X			Diari	Intern
	Verificació del correcte funcionament		X		Annual	Intern
Vàlvules rotatives	Inspecció per verificar el bon estat	X			Diari	Intern
	Verificació del correcte funcionament		X		Annual	Intern
	Revisió del lubricant dels rodaments del motor				Trimestral	Intern
Vibradors	Inspecció per verificar el bon estat	X			Diari	Intern
	Verificació del correcte funcionament		X		Annual	Intern
Instal·lació en conjunt, incloent S-101, F-101, F-102 i PES-101	Inspecció per verificar el bon estat i l'absència de fuites	X			Diari	Intern
	Inspecció nivell A			X	3 anys	Extern (E.I.)
	Inspecció nivell B			X	6 anys	Extern (O.C.)
	Inspecció nivell C			X	12 anys	Extern (O.C.)
Canonades	Inspecció nivell B			X	6 anys	Extern (O.C.)
	Inspecció nivell C			X	12 anys	Extern (O.C.)

On E.I. vol dir empresa instal·ladora i O.C. organisme de control autoritzat.

Es disposarà de *stock* de recanvi de les següents peces o equips crítics en el magatzem de manteniment per actuar ràpid en cas de fallada:

- Mànigues de filtres
- Vàlvules rotatives
- Juntes per a les vàlvules

A continuació es mostra el *check-list* per a la inspecció dels principals equips del procés.

Taula 6.2. *Check-list* per a la inspecció dels filtres de mànigues.^[5]

Component	Inspeccionar i observar
Mànigues	Desgast per abrasió o envelliment. Tensió errònia. Mànigues sense elasticitat. Ruptures.
Manòmetres	Marxa normal de diferència de pressió.
Estructura	Perns deformats. Ruptura de les soldadures. Corrosió.
Canonades i conductes	Corrosió. Orificis. Danys externs. Subjeccions amb perns. Incrustacions de pols.
Vàlvules de pulsos d'aire	Escoltar l'esclat d'aire comprimit.
Vàlvules	Fuites. Funcionament correcte.

Taula 6.3. *Check-list* per a la inspecció de la sitja.

Component	Inspeccionar i observar
Estructura	Perns deformats. Ruptura de les soldadures. Corrosió.
Canonades i conductes	Corrosió. Orificis. Danys externs. Subjeccions amb perns. Incrustacions de pols.
Vàlvules de pulsos d'aire	Escoltar l'esclat d'aire comprimit.
Vàlvules	Fuites. Funcionament correcte.

Taula 6.4. *Check-list* per a la inspecció del precipitador electroestàtic.^[6]

Component	Inspeccionar i observar
Elèctrodes	Desgast per abrasió o envelliment. Talls. Verticalitat. Captació correcta de les partícules.
Tubs col·lectors	Deformacions. Esquerdes.
Estructura	Perns deformats. Ruptura de les soldadures. Corrosió. Desnivell. Danys en ancoratges i unions.
Canonades i conductes	Corrosió. Orificis. Danys externs. Subjeccions amb perns. Incrustacions de pols.

7. IDENTIFICACIÓ I AVALUACIÓ D'ASPECTES AMBIENTALS

S'han identificat i avaluat, seguint la metodologia emprada per ASES, els diferents aspectes ambientals que suposa la implementació del sistema secundari de dessulfuració en la planta, de forma que ha permès establir mètodes d'actuació i així reduir l'impacte ambiental sobre l'entorn en què s'opera.

7.1. Classificació dels aspectes ambientals

Els aspectes ambientals s'han diferenciat classificant-los en els següents tipus.

7.1.1. Aspectes Ambientals amb limitacions legals

Els Aspectes Ambientals amb limitacions legals (o amb límit autoritzat) són aquells que disposen de límits establerts per disposició legal, és a dir, límits legals o normatius.

7.1.2. Aspectes Ambientals amb limitacions de referència

Els Aspectes Ambientals amb limitacions de referència, també anomenats d'estàndard establert, són aquells que tenen un límit establert (límit de referència) o bé per conveni o bé sota el criteri de l'empresa (ASESA). La superació d'aquests límits no implica l'incompliment de la llei.

7.1.3. Aspectes Ambientals sense límits legals ni de referència

Els Aspectes Ambientals sense límits legals ni de referència són tots aquells dels que no es disposa un límit, ja sigui legal o de referència. Aquests aspectes es sotmeten a un seguiment per observar la seva evolució en el temps.

7.2. Identificació dels aspectes ambientals

Els aspectes ambientals es defineixen com aquells elements de les activitats, productes o serveis que es duen a terme a l'empresa i que poden tenir incidència en el medi ambient, així com emissions, abocaments, sorolls, consums, etc.

En primer lloc, s'han classificat i definit els diversos tipus d'aspectes ambientals per poder identificar-los posteriorment.

7.2.1. Aspectes Ambientals Directes

Els Aspectes Ambientals Directes són aquells derivats de l'activitat de l'empresa i sobre els que es té un control de gestió, com són:

- Consums (matèries primeres, recursos naturals, combustibles i energia)
- Emissions i immissions
- Sorolls
- Residus

7.2.2. Aspectes Ambientals Indirectes

Els Aspectes Ambientals Indirectes són aquells derivats de l'activitat de l'empresa i sobre els que no es té un control de gestió total.

S'ha considerat que la realització d'aquest projecte no deriva a cap Aspecte Ambiental Indirecte notori.

7.2.3. Aspectes Ambientals d'Emergència

Els Aspectes Ambientals d'Emergència són aquells que apareixen sota condicions d'operació no controlades, com accidents i situacions d'emergència potencial. S'estudiaran els següents:

- Vessaments
- Incendis
- Fuites
- Tallades de subministrament elèctric

7.3. Avaluació dels aspectes ambientals

Un cop identificats tots els aspectes ambientals, s'estableixen els criteris per poder quantificar l'impacte ambiental d'aquests i identificar així aquells que són significatius amb la finalitat de poder-los reduir.

Per dur a terme l'avaluació, es considera el comportament dels diferents aspectes ambientals sota diferents circumstàncies o situacions, normals o anormals, a més a més de prevenir els impactes en les situacions d'emergència.

7.3.1. Aspectes Ambientals Directes i Indirectes

Per l'avaluació dels Aspectes Ambientals Directes i Indirectes, es consideren les següents variables en condicions d'operació controlades (tant en situació normal com anormal):

- Freqüència d'aparició de l'aspecte (F)
- Magnitud relativa de l'aspecte (M)
- Gravetat de les conseqüències ambientals de l'aspecte (C)

La metodologia utilitzada per la valoració dels aspectes ambientals directes i indirectes i els criteris de jerarquitització que s'han tingut en compte es mostren en l'Annex E.

7.3.1.1. Resultats dels Aspectes Ambientals Directes i Indirectes

A continuació es mostra la quantificació i valoració dels diferents Aspectes Ambientals Directes, ja que no s'han pogut identificar Aspectes Indirectes.

Taula 7.3.1.1.1. Resultats de la valoració dels Aspectes Ambientals Directes.

Vector	F	M	C	V_t	Classificació
Consum de matèries primeres	3	1	2	9	No significatiu
Emissions atmosfèriques sense possible mesurament (partícules)	3	3	3	18	Significatiu
Emissions atmosfèriques sense possible mesurament (SO₂)	1	1	3	4	No significatiu
Residus de subproducte sòlid	3	3	2	15	Significatiu

Una vegada calculats els valors dels vectors es pot apreciar que els aspectes considerats com significatius són aquells que tenen relació amb les partícules sòlides. Això és degut a que en el procés actual no s'utilitzen, però intervenen en la implementació d'aquest nou tractament afegit, que redueix la concentració de SO₂ però a canvi emet partícules sòlides a l'atmosfera i requereix l'eliminació de residus no perillosos. No obstant, gràcies a aquesta unitat de tractament de gasos de combustió, el vector d'emissions atmosfèriques de SO₂ es considera com a no significatiu.

7.3.2. Aspectes Ambientals d'Emergència

Les variables considerades en l'avaluació dels Aspectes Ambientals d'Emergència són:

- Probabilitat de que tingui lloc el succés considerat (P)
- Capacitat de control existent (C)
- Gravetat de les conseqüències (S)

La metodologia utilitzada per la valoració dels aspectes ambientals d'emergència i els criteris de jerarquitització que s'han tingut en compte es mostren en l'Annex E.

7.3.2.1. Resultats dels Aspectes Ambientals d'Emergència

A continuació, es mostra la quantificació i valoració dels diferents Aspectes Ambientals d'Emergència que s'han tingut en compte.

Taula 7.3.2.1.1. Resultats de la valoració dels Aspectes Ambientals d'Emergència.

Vector	P	C	S	V_t	Classificació
Incendis	1	1	3	3	No significatiu
Fuites	2	1	3	6	No significatiu
Talls de subministrament elèctric	1	1	1	1	No significatiu

8. MANUAL D'OPERACIÓ

En aquest apartat s'especifiquen els passos que s'han de seguir en les diferents operacions del procés (posada en marxa i aturada) i el funcionament del procés quan es troba en actiu. Degut a la simultaneïtat de les operacions del tractament, operar aquest procés necessitaria de 2 operadors, 1 supervisor i 1 coordinador. Sent aquests dos últims, personal especialitzat i qualificat per a operar el precipitador electroestàtic.

8.1. Verificacions prèvies

S'han de realitzar les següents verificacions prèvies abans de posar en marxa el procés.

- Verificar la llista de discs cecs per a procurar que cap estigui posat.
- Verificar l'estat de cadascuna de les línies i equips.
- Verificar la correcta posició de totes les vàlvules.
- Verificar la disponibilitat de reactiu.
- Verificar la disponibilitat dels serveis (aire d'instruments i electricitat).
- Verificar que la instrumentació rep i envia senyal a sala de control.
- Comprovar que vàlvules, sensors i equips amb requeriments d'electricitat reben subministrament elèctric.
- Verificar que vàlvules de purga i venteig estan tancades.

8.2. Posada en marxa

En primer lloc, serà necessari omplir la sitja S-102 amb reactiu des de cisterna. S'assegurarà que la vàlvula rotativa RV-101 està parada i que s'ha activat la tanca de guillotina al fons de la sitja pel correcte compliment d'aquesta.

Durant l'operació d'ompliment, s'ha d'assegurar que el filtre F-101 es troba en correcte funcionament, la vàlvula RV-102 i el vibrador pneumàtic acoblat al filtre es posaran en marxa quan el mesurador PIT-F101 detecti una pressió mínima per assegurar que hi ha nivell suficient dins de l'equip.

Un cop els forns es trobin en funcionament, quan el mesurador PIT-S101 detecti una pressió mínima per assegurar un cert nivell dins la sitja, s'obrirà la tanca de guillotina, es posarà en marxa la vàlvula rotativa RV-101 segons la mesura de caudal donada pel transmissor FIT-110 i s'activaran les electrovàlvules FC-111 i FC-121 per fluidificar l'equip.

Prèviament a injectar reactiu dins del conducte de gasos de combustió, es posarà en marxa el precipitador electroestàtic juntament amb la vàlvula rotativa RV-105.

A l'hora, s'assegurarà el funcionament del filtre F-102.

Quan el mesurador de pressió PIT-F103 detecti que la pressió dins del filtre F-102 és la mínima per assegurar un cert nivell de sòlid, s'encendrà la vàlvula rotativa RV-103 i s'ajustarà amb la relació necessària de calç.

Quan el nivell dins el filtre F-102 sobrepassi mínimament el valor del *set point*, s'engegarà la vàlvula rotativa RV-104.

8.3. Funcionament del procés

El reactiu, calç hidratada, s'injecta des de la sitja S-101 directament en el conducte de gasos de combustió.

El filtre sobre-sitja F-101 s'encarrega de controlar les emissions de partícules de l'aire carregat de partícules que entra a la sitja F-101.

Dins del conducte de gasos, la calç hidratada procedent de la sitja S-101 i de la recirculació, reacciona amb els òxids de sofre. Aquest corrent gasós amb partícules de sòlid s'envia al precipitador electroestàtic, on es netegen els gasos i s'envien cap a xemeneia.

Els sòlids recollits es transporten amb aire fins al filtre F-102, on una part d'aquests es recircula i una altra part es recull en una *big bag* per la seva possible venda.

8.4. Parada i buidatge del sistema

8.4.1. Parada normal

En primer lloc, s'aturaran els forns per evitar que arribin gasos de combustió al procés. S'obriran les vàlvules manuals MVA-411 i MVA-421 per fer passar aire de neteja pel conducte de gasos i que aquest arrossegui el sòlid restant en la sitja S-101. També s'enviaran polsos d'aire mitjançant l'obertura temporal de les electrovàlvules FC-111 i FC-121 per treure possibles incrustacions de sòlid a les parets de la sitja.

El filtre F-101 estarà en funcionament durant la neteja de la sitja S-101 fins que es buidi completament.

De la mateixa manera, el filtre F-102 estarà actiu, enviant tot el sòlid que arriba des del PES-101 cap a *big bag* a través de la vàlvula rotativa RV-104.

Es comprovarà que la pressió dins dels equips sigui igual a l'atmosfèrica mitjançant els mesuradors i indicadors de pressió PIT-F101, PIT F-102, PIT-S101, PIT-F103 i PIT-F104 per assegurar que aquests s'han buidat correctament. En aquest moment, es procedirà a aturar els equips F-101 i F-102, juntament amb les vàlvules rotatives RV-101, RV-102, RV-103 i RV-104 i els seus respectius vibradors.

Pel que fa la línia principal de gasos, quan la pressió indicada per PIT-120 sigui igual a la de l'aire comprimit que s'injecta (7 barg), es podrà confirmar que les línies s'han omplert d'aire de neteja, i per tant, s'han buidat correctament, per tant, es podrà aturar l'equip PES-101 juntament amb la seva vàlvula rotativa corresponent.

8.4.2. Parada d'emergència

És possible que, en algun moment, es produeixi una situació que impliqui l'aturada forçada del sistema, és a dir, una parada d'emergència. Això pot ser degut a diferents factors tals com el mal funcionament d'un equip o d'altres problemes inesperats.

En aquests casos, des de la sala de control, es polsarà el botó de parada d'emergència, que implica l'aturada immediata de tots els equips i instrumentació que es troben vinculats a la xarxa elèctrica. Es tancaran les vàlvules manuals necessàries per evitar el pas de fluid en el circuit i es localitzarà el problema per solucionar-lo amb la major rapidesa possible.

9. AVALUACIÓ ECONÒMICA

Amb la finalitat de determinar la viabilitat econòmica de la incorporació del tractament terciari dissenyat, amb els seus respectius equips, s'han dimensionat els equips i s'ha calculat els costos associats a cadascun dels equips, des de la construcció, la instal·lació i els costos anuals directes e indirectes associats (Veure Annex F).

Taula 9.1. Costos del procés de tractament de gasos.

Equip	Cost equip (€)	Cost instal·lat (€)	Costos d'operació (€/any)
F-102	186,797	205,477	133,000
PES-101	1,184,308	1,302,739	562,286
S-101	292,857	322,143	95,652
F-101	78,549	86,403	116,000
Control	3,405,040	3,745,544	80,000
Canonades	703,622	773,984	77,398
Total (mil€)	5851,17	6436,29	931,33
Total (M€)	5,85	6,44	0,91

Per a determinar la viabilitat econòmica primer s'ha d'establir quins són els casos que s'estudien i les opcions plantejades. La incorporació del tractament terciari permetrà a la refinaria mantenir la seva producció malgrat que la normativa mediambiental es torni més restrictiva, mentre que no incorporar el tractament terciari significaria la parada de la producció una vegada la nova normativa entri en vigor.

L'avaluació econòmica s'ha fet tenint en compte el cost d'oportunitat que implicaria la parada de la producció, tenint en compte el preu de venda del producte i la capacitat de producció de la planta durant un dia, s'han suposat ingressos diaris per concepte de venda de producte de 100.000 euros/dia.

De forma que s'han determinat el cost de la construcció de la instal·lació que es de 6,44 M€ i el cost d'operació total de 931 milers €/any.

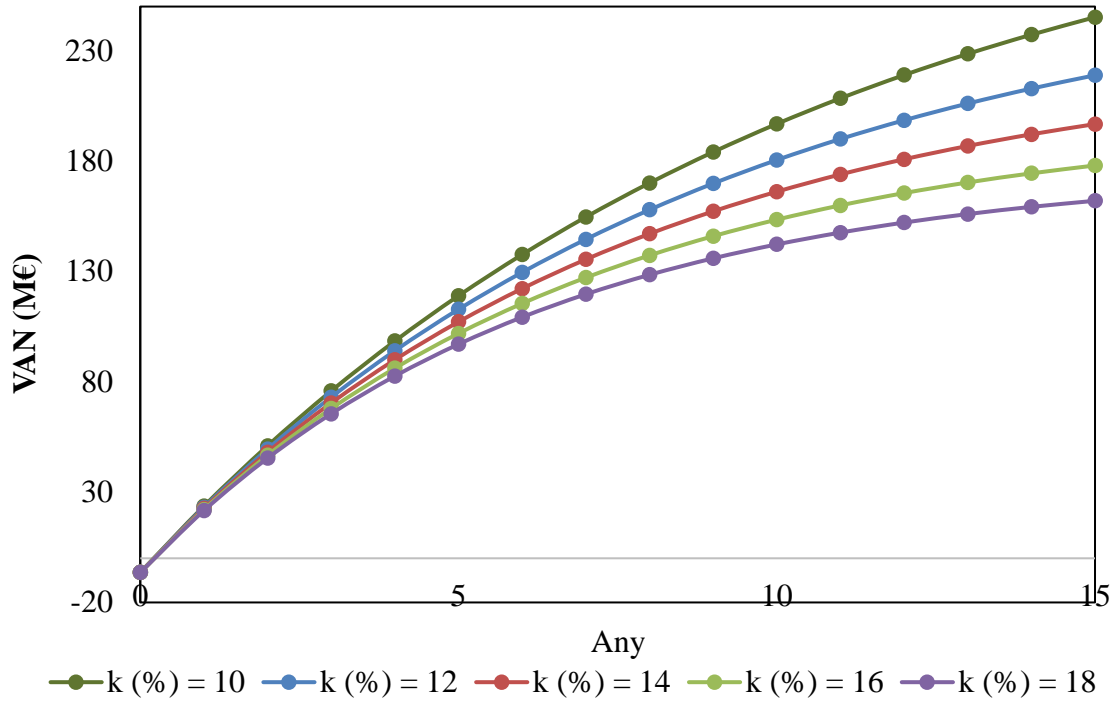


Figura 9.1. Estudi del VAN del projecte per a diferents costos d'oportunitat.

S'ha calculat el VAN en funció dels diferents costos d'oportunitat per a un període de 15 anys, suposat que el valor residuals dels equips de la instal·lació posterior a l'esgotament de la seva vida útil correspon al 10% del valor inicial dels equips.

També s'ha calculat el VAN per a diferents anys, i els *cash flows* resultants per a diferents anys en funció del cost d'oportunitat.

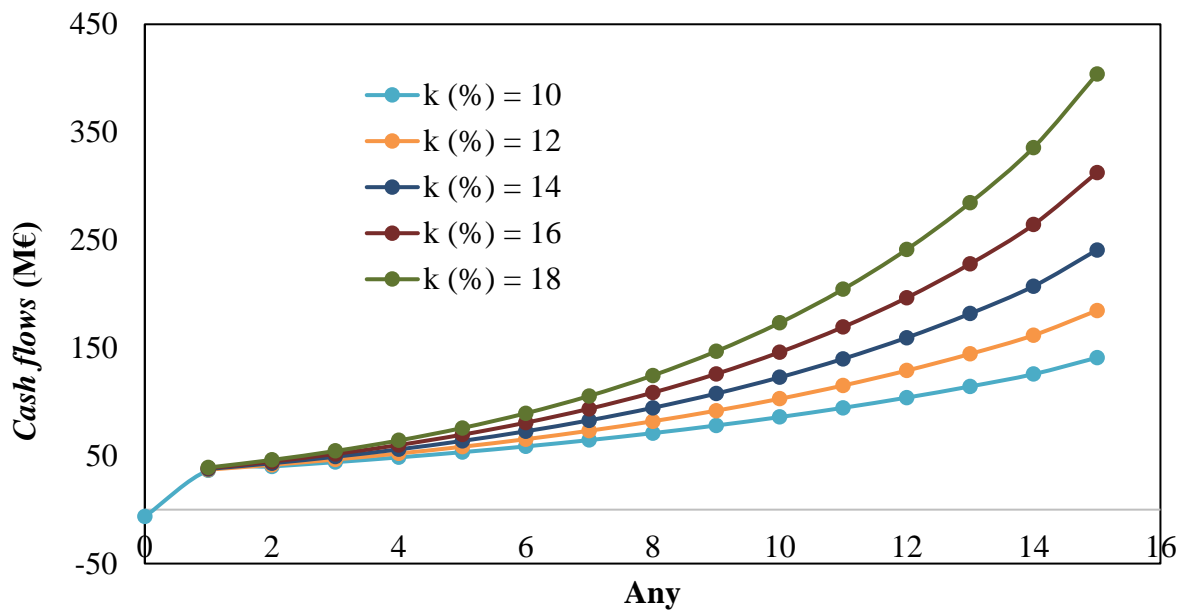


Figura 9.2. *Cash flows* anuals per a diferents costos d'oportunitat.

Com es pot veure a la Figura 9.1., el VAN disminueix a mesura que augmenta el cost d'oportunitat, però els beneficis econòmics d'implementar aquest tractament, respecte a parar la producció dona uns beneficis tan grans que fins al cas de major cost d'oportunitat el VAN roman positiu.

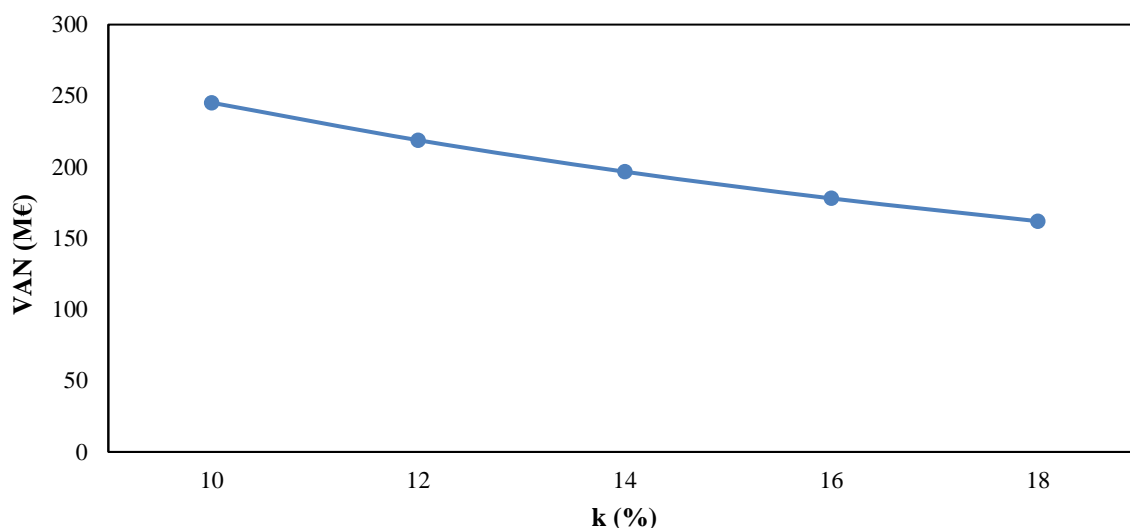


Figura 9.3. Estudi del VAN per a diferents costos d'oportunitat.

Per a realitzar l'anàlisi d'inversió, s'ha escollit un cost d'oportunitat del 14%.

La taxa interna de rentabilitat pel projecte, suposant un cost d'oportunitat del 14% resulta inferior al cost d'oportunitat, de forma que el VAN és positiu, donant previsions econòmiques favorables per al desenvolupament del projecte.

S'ha determinat que el *Payback Period* és 3 mesos, per tant l'inversor recuperarà els seus diners en 3 mesos.

De cara als inversors, la taxa de retorn de la inversió és del 255%. A més, creix de forma exponencial al llarg dels anys no solament garantint a l'inversor la recuperació de la inversió inicial en un temps curt, si no que a més la inversió generarà beneficis anualment.

10. CONCLUSIONS

S'ha estudiat la implementació d'una unitat pel tractament dels gasos de combustió dels forns del procés de la planta de l'empresa ASES S.A., concretament SO₂, amb l'objectiu de minimitzar les emissions d'aquest contaminant davant la previsió de properes restriccions en els límits de concentracions permeses legalment. Per aconseguir assolir els nous objectius en els límits d'emissions, s'ha proposat aplicar un mètode de dessulfuració a partir d'injecció de l'absorbent calç hidratada i s'han dissenyat els equips que intervenen en el procés.

En primer lloc, s'ha realitzat l'estudi de diferents alternatives de procés, com són el mètode de dessulfuració, la selecció de l'absorbent, el mètode de separació de partícules, el mètode de fluidificació dels equips o el material de les canonades.

Com a mètode de dessulfuració s'ha escollit la injecció d'absorbent, ja que altres alternatives no eren viables degut a l'elevat caudal de gasos de combustió a tractar. S'utilitzarà calç hidratada Sorbacal SPS com absorbent, ja que compta amb característiques i propietats convenients per l'eficiència de la reacció. Per aconseguir separar les partícules sòlides del corrent de gasos, s'ha decidit utilitzar un precipitador electroestàtic, ja que el seu disseny mecànic permet aconseguir una major eficiència.

La primera conclusió que s'ha tret del procés seleccionat és que, en cas de que sigui possible, sempre és preferent la utilització de mètodes humits per a tractaments de dessulfuració ja que aquests mètodes presenten millor resultats emprant operacions unitàries amb costos més baixos.

Els processos on predomina presència de compostos sòlids, es dificulta el transport de matèria. És per això que s'han seleccionat vibradors pneumàtics per fluidificar els equips i evitar possibles obstruccions incrustacions o enduriments de sòlid. També s'ha optat per afegir un sistema de polsos d'aire comprimit en l'equip on s'emmagatzemarà el sòlid. S'ha triat l'acer al carboni S195T com a material per a les canonades degut a les condicions i característiques dels fluids que hi circularan. En alguns casos, s'afegirà una capa de galvanitzat per protegir contra corrosió.

S'ha conclòs que per la naturalesa de la reacció, a la qual els reactius estan en fase gasosa i sòlida, és complicat assolir una alta eficiència i es necessiten estudiar rigorosament les condicions per a procurar l'estat òptim de tots els paràmetres que afecten a la cinètica de la reacció. Ja que, els mecanismes de reacció que tenen lloc a aquest procés són complexos i per tal de que la reacció tingui lloc, primer ha d'existir una adsorció del gas a la superfície del sòlid i que el reactiu adherit reaccioni amb el sòlid.

Els diferents equips que conformen la unitat, s'han dissenyat d'acord amb les necessitats del procés i els seus respectius codis de disseny, assegurant el seu correcte funcionament.

S'ha elaborat el diagrama P&ID juntament amb una estratègia de control i s'ha realitzat un estudi HazOp i un anàlisi miniLOPA per assegurar la seguretat del procés i el seu funcionament òptim. També, s'han avaluat els Aspectes Ambientals directes i d'emergència que suposaria la instal·lació del procés, indicant aquells que són significatius.

Per altra banda, s'ha preparat un Pla de manteniment preventiu dels equips, així com el *check-list* necessari de cada equip per garantir el correcte funcionament del procés i disminuir possibles fallades.

Els procediments d'operació del procés s'han descrit per tal de crear un manual d'operació d'aquest i, així, facilitar la comprensió i l'actuació front les diferents etapes del procés.

Finalment, s'ha realitzat l'avaluació econòmica de la implementació del projecte, que determina que el valor de la inversió equivaldria a 6,44 M€ i el valor d'operació total seria de 0,91 M€/any. S'ha fet l'estudi per a diferents costos d'oportunitat ($k=10\%$, 12% , 14% , 16% i 18%) per observar el grau d'afectació sobre els *cash flows* anuals i, d'aquesta manera, trobar el VAN que suposa cadascun d'aquests.

Per un cost d'oportunitat del 14% , el projecte presenta un VAN de 170 M€ y un *Payback Period* de 3 mesos.

L'anàlisi de la inversió implica que és molt rentable malgrat el fet que aquest tipus de projecte implica una despesa, això es deu a que el cas que s'analitza és el de poder implementar un tractament que garanteix la producció. De forma que el benefici que s'estudia, és el propi de la producció; aquest anàlisi demostra que malgrat la inversió, aquesta és poc significativa quan es compara amb els beneficis que venen de mantenir la planta en operació.

La execució d'aquest projecte assegura la reducció de les emissions de SO_2 fins a $15,7 \text{ mg/Nm}^3$. No obstant, genera noves emissions de fins $64,3 \text{ mg/Nm}^3$ de partícules en suspensió.

Actualment, aquest tipus de tractaments continuen en estat d'investigació i es continua desenvolupant tecnologia que permet que els processos químics siguin cada vegada menys contaminants.

11. REFERÈNCIES

- [1] Google Maps (s.f.). <https://www.google.es/maps/place/Asesa/@41.1058567,1.2157015,72m/data=!3m1!1e3!4m6!3m5!1s0x12a3e2cdce94fc17:0xe90a65607593a6b1!8m2!3d41.1045414!4d1.2120473!16s%2Fg%2F1q5b18b21?hl=es>
- [2] Idescat. Anuari Estadístic de Catalunya. Meteorologia. precipitació, humitat relativa i vent. Comarques i Aran. (s.f.). <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=aec&n=16342>
- [3] Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (21 de febrero de 2023). Boletín estadístico del Ministerio. Energía y emisiones. IV.12. Precio neto de la electricidad para uso doméstico y uso industrial. https://www.mincotur.gob.es/es-es/IndicadoresyEstadisticas/BoletinEstadistico/Energ%C3%ADa%20y%20emisiones/4_12.pdf
- [4] Ortiz, F. G., & Ollero, P. (2003). Flue-Gas desulfurization in an advanced in-Duct desulfurization process: an empirical model from an experimental Pilot-Plant study. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42(25), 6625-6637. <https://doi.org/10.1021/ie030185t>
- [5] ICT FILTRATION. (s.f.). *MANUAL GENERAL PARA REVISIÓN Y MANTENIMIENTO DE FILTROS*.
- [6] Quintanilla Mejia, L. F. (2015). *Efectos de las variables de proceso y mantenimiento en precipitadores electrostaticos - Planta de ácido SPCC*. [Tesis]. Universidad Nacional de San Agustín.
- [7] Nyssen, O., Heiszwolf, J. H., & Lhoist Business Innovation Centre [Lhoist]. (s.f.). *Dry powdered lime for acidic gas removal in coal fired power plant* [Diapositivas]. BiOxySorb. https://bioxysorb.eu-projects.de/Portals/30/Dry%20powdered%20lime%20for%20acidic%20gas%20removal%20in%20coal%20fired%20power%20plant_LHOIST.pdf
- [8] Turner, J. H., Viner, A. S., McKenna, J. D., Jenkins, R. E., & Vatauvuk, W. M. (1987). Sizing and costing of fabric filters. *Journal Of The Air & Waste Management Association*, 37(6), 749-759. <https://doi.org/10.1080/08940630.1987.10466261>
- [9] Turner, J. H., Lawless, P., Yamamoto, T., Coy, D. W., Greiner, G., McKenna, J. D., & Vatauvuk, W. M. (1988). Sizing and costing of electrostatic precipitators. *Journal Of The Air & Waste Management Association*, 38(4), 458-471. <https://doi.org/10.1080/08940630.1988.10466396>
- [10] Turner, J. H., Viner, A. S., Jenkins, R. E., Vatauvuk, W. M., & McKenna, J. D. (1987). Sizing and Costing of fabric filters Part II: Costing Considerations. *Journal Of The Air & Waste Management Association*, 37(9), 1105-1112. <https://doi.org/10.1080/08940630.1987.10466306>
- [11] Turner, J. H., Lawless, P., Yamamoto, T., Coy, D. W., Greiner, G., McKenna, J. D., & Vatauvuk, W. M. (1988b). Sizing and costing of electrostatic precipitators. *Journal Of The Air*

& *Waste Management Association*, 38(5), 715-726.
<https://doi.org/10.1080/08940630.1988.10466413>

12. ANNEXOS

A. ESTUDI D'ALTERNATIVES

A.1. Mètodes de separació

Per a separar les partícules sòlides de la resta del corrent, existeixen diferents mètodes presentats en la taula següent.

Taula A.1.1. Característiques dels diferents mètodes de separació.

Mètode	Avantatges	Inconvenients
Cicló	<ul style="list-style-type: none"> - Alta eficiència. Capaçs d'aconseguir eficiències de fins al 99%. - Baix cost en comparació amb altres tipus de sistemes de filtració. - Operació simple. Disseny senzill i fàcils d'operar. <ul style="list-style-type: none"> - Requeriments de manteniment mínims. - Mida compacta. - Capacitat d'operar a altes temperatures. - Inexistència de parts mòbils. Risc de fallada mecànica reduït. 	<ul style="list-style-type: none"> - Separació limitada per la mida de partícules. Aconseguen eficiències menors en partícules de diàmetre de fins a 5 micròmetres. - Tendència a generar caigudes de pressió significatives. - Possibilitat d'abrasió deguda a la elevada velocitat de les partícules. - Intolerància a la corrosió. <ul style="list-style-type: none"> - Vulnerabilitat a la presència d'humitat. - Problemes de soroll. - Flexibilitat limitada.
Filtre	<ul style="list-style-type: none"> - Alta eficiència. Normalment s'aconsegueixen eficiències d'eliminació de fins al 99%. - Manteniment senzill. <ul style="list-style-type: none"> - Llarga vida útil. - Flexibilitat. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cost d'instal·lació alt. <ul style="list-style-type: none"> - Requeriment de manteniment periòdic. - Poden causar caigudes de pressió. - Eficàcia limitada en certs tipus de contaminants. - Vida útil limitada per condicions d'operació. - Requisits de mida i espai.
Precipitador electroestàtic	<ul style="list-style-type: none"> - Alta eficiència. Són capaços d'eliminar fins al 99% de les partícules dels corrents de gas. - Costos de funcionament baixos, ja que no requereixen 	<ul style="list-style-type: none"> - Cost de capital alt. - Sensibles a la humitat. No poden operar eficientment en ambients humits. - Requisit d'alt voltatge. <ul style="list-style-type: none"> - Producció d'ozó (contaminant de l'aire

- | | |
|---|---|
| <p>una quantitat significativa d'energia per operar.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Components de llarga durada i una necessitat poc freqüent de peces de reemplaçament. <ul style="list-style-type: none"> - Adequats per l'ús en processos d'alta temperatura. - No necessiten consumibles. | <p>nociu) en certes condicions de funcionament.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Requisits de manteniment. Requereixen una neteja periòdica i inspeccions per assegurar el seu rendiment òptim. <ul style="list-style-type: none"> - Requisit d'espai. |
|---|---|

B. ENGINYERIA BÀSICA

B.1. Selecció del material de les canonades

A continuació, es mostra una comparativa entre els acers al carboni no aliats i els acers de baix aliatge.

Taula B.1.1. Comparativa de les característiques i propietats dels tipus d'acer amb baix contingut en carboni.

Propietat/característica	Acers al carboni (no aliats)	Acers de baix aliatge
Tenacitat	Alta	Alta
Soldabilitat	Alta	Baixa
Resistència	Baixa	Alta
Resistència a la corrosió	Baixa	Alta
Fragilitat	Baixa	Alta
Econòmic	Sí	Sí
Mecanitzable	Sí	Sí

La taula següent mostra les característiques de l'acer de baix aliatge ASTM A217 en diferents graus.

Taula B.1.2. Acers de baix aliatge i característiques.

Tipus d'acer de baix aliatge	Característiques
ASTM A217 WC6	<ul style="list-style-type: none"> - Resistència a les temperatures extremes o elevades variacions de temperatura - Excel·lent resistència a la corrosió <ul style="list-style-type: none"> - Resistència - Durabilitat

	- Duresa
ASTM A217 WC5	- Bona resistència a la corrosió en aigua salada, líquids clorats, àcids sulfúrics, ... - Fiabilitat - Durabilitat - Resistència a altes temperatures
ASTM A217 WC1	- Tenacitat - Resistència a altes temperatures - Duresa - Menor ductilitat - Resistència al desgast - Resistència a elevades pressions - Resistència a l'abració - Excel·lent resistència a la corrosió

L'acer de baix aliatge ASTM A217 WC1 (G20Mo5), a més de comptar amb propietats i característiques favorables per transportar tant aire de servei com gasos de combustió, té una proporció d'aliatges menor que la resta d'acers estudiats, per tant, el seu cost és més baix.

S'ha realitzat una comparativa entre l'acer de baix aliatge ASTM A217 WC1 i l'acer galvanitzat.

Taula B.1.3. Característiques i propietats de l'acer de baix aliatge ASTM A217 WC1 i l'acer galvanitzat.

Acer de baix aliatge ASTM A217 WC1	Acer galvanitzat
Econòmic (quantitat baixa d'aliatges)	Més econòmic (només s'afegeix una capa de Zn)
Excel·lent resistència a la corrosió	Bona resistència a la corrosió
Resistència al desgast i abració	Apte per les condicions de procés (no hi ha pressions i temperatures extremes) (
Resistència a temperatures i pressions extremes	Elevada durabilitat (entre 50-100 anys en entorns industrials i costa)
Resistència a canvis agressius i sobtats de temperatura i pressió	No requereix manteniment
Gran resistència estructural	Gran flexibilitat i mal·leabilitat

B.2. Estudi del conducte de gasos

A continuació es mostren els resultats dels paràmetres necessaris per a l'estudi de la cinètica. Les condicions de treball són CAS10 i R7, R10, R20 i R30.

Primer de tot en la següent taula es troben paràmetres que són fixos per als càlculs posteriors.

Taula A.2.1. Constants pels càlculs cinètics

Paràmetres	Resultats
Densitat calç hidratada (kg/m³)	400
Densitat molar calç hidratada (mol/m³)	5399
Cabal volumètric sec total (m³/s)	23,6
Cabal molar SO₂ (mol/h)	64,1
Densitat fums (kg/m³)	0,971
Densitat molar fums (mol/m³)	33,1
Velocitat fums (m/s) (u_g)	20
Fracció molar SO₂	1,77·10 ⁻⁵
Àrea canonada (m³)	1,18
Volum canonada (m³)	35,3

A continuació es troben els paràmetres necessaris de càlcul per a CAS10 i R7.

Taula A.2.2. Resultats obtinguts per a CAS 10 i R7

Paràmetres	Resultats
ϵ_g	0,999
t_g (s)	1,499
t_s (s)	11,99
n_f (mol/s)	0,178
n_r (mol/s)	1,245
ϵ_{lime}	1,12·10 ⁻⁵
X	0,062
$C_{SO_2 final}$ (mg/Nm³)	28,7

E_{SO_2} (%)	79,5
Concentració partícules (mg/Nm³)	24,4

A continuació es troben els paràmetres necessaris de càlcul per a CAS10 i R10.

Taula A.2.3. Resultats obtinguts per a CAS 10 i R10

Paràmetres	Resultats
ε_g	0,999
t_g (s)	1,499
t_s (s)	16,49
n_f (mol/s)	0,178
n_r (mol/s)	1,779
ε_{lime}	$1,54 \cdot 10^{-5}$
X	0,065
$C_{SO_2 final}$ (mg/Nm ³)	24,4
E_{SO_2} (%)	84,0
Concentració partícules (mg/Nm³)	33,6

A continuació es troben els paràmetres necessaris de càlcul per a CAS10 i R20.

Taula A.2.4. Resultats obtinguts per a CAS 10 i R20

Paràmetres	Resultats
ε_g	0,999
t_g (s)	1,499
t_s (s)	31,49
n_f (mol/s)	0,178
n_r (mol/s)	3,559
ε_{lime}	$2,94 \cdot 10^{-5}$
X	0,072

$C_{SO_2 final}$ (mg/Nm ³)	15,7
E_{SO_2} (%)	93,3
Concentració partícules (mg/Nm ³)	64,3

A continuació es troben els paràmetres necessaris de càlcul per a CAS10 i R30.

Taula A.2.5. Resultats obtinguts per a CAS 10 i R30

Paràmetres	Resultats
ε_g	0,999
t_g (s)	1,499
t_s (s)	46,5
n_f (mol/s)	0,178
n_r (mol/s)	5,338
ε_{lime}	$4,34 \cdot 10^{-5}$
X	0,077
$C_{SO_2 final}$ (mg/Nm ³)	10,5
E_{SO_2} (%)	98,9
Concentració partícules (mg/Nm ³)	95,2

A continuació es troben els paràmetres necessaris de càlcul amb un 100% d'excés de cabal de fums d'entrada. A la taula següent es mostren els paràmetres per a CAS10 i R7.

Taula A.2.6. Resultats obtinguts per a CAS 10 i R7 amb 100% d'excés de cabal de fums d'entrada.

Paràmetres	Resultats
ε_g	0,999
t_g (s)	0,749
t_s (s)	5,99
n_f (mol/s)	0,356
n_r (mol/s)	2,491
ε_{lime}	$2,03 \cdot 10^{-6}$

X	0,054
$C_{SO_2 final}$ (mg/Nm³)	38,0
E_{SO_2} (%)	69,6
Concentració partícules (mg/Nm³)	24,3

Taula A.2.7. Resultats obtinguts per a CAS 10 i R10 amb 100% d'excés de cabal de fums d'entrada.

Paràmetres	Resultats
ε_g	0,999
t_g (s)	0,749
t_s (s)	8,25
n_f (mol/s)	0,356
n_r (mol/s)	3,559
ε_{lime}	$2,79 \cdot 10^{-6}$
X	0,058
$C_{SO_2 final}$ (mg/Nm³)	33,7
E_{SO_2} (%)	74,2
Concentració partícules (mg/Nm³)	33,4

Taula A.2.8. Resultats obtinguts per a CAS 10 i R20 amb 100% d'excés de cabal de fums d'entrada.

Paràmetres	Resultats
ε_g	0,999
t_g (s)	0,749
t_s (s)	15,75
n_f (mol/s)	0,356
n_r (mol/s)	7,12
ε_{lime}	$5,32 \cdot 10^{-6}$

X	0,065
C_{SO_2final} (mg/Nm³)	25,1
E_{SO_2} (%)	83,4
Concentració partícules (mg/Nm³)	64,0

Taula A.2.9. Resultats obtinguts per a CAS 10 i R30 amb 100% d'excés de cabal de fums d'entrada.

Paràmetres	Resultats
ε_g	0,999
t_g (s)	0,749
t_s (s)	23,25
n_f (mol/s)	0,356
n_r (mol/s)	10,7
ε_{time}	$7,88 \cdot 10^{-6}$
X	0,069
C_{SO_2final} (mg/Nm³)	19,8
E_{SO_2} (%)	88,9
Concentració partícules (mg/Nm³)	94,8

C. ENGINYERIA BÀSICA

C.1. Elaboració balanç de matèria

Per tal d'elaborar el balanç de matèria s'ha seguit el següent procediment. Cal tenir en compte que prèviament l'estudi de la cinètica ha d'estar finalitzat. Si el balanç de matèria convergeix amb els resultats obtinguts, es pot confirmar que l'estudi és vàlid.

S'ha suposat una eficiència del precipitador electroestàtic del 99,5%.

Per calcular el cabal màssic de partícules que surt del PES-101 amb els fums de combustió s'usa la següent equació:

$$m_{s,EF} = \frac{(n_r + n_f) * \left(1 - \left(\frac{\eta_{ef}}{100}\right) * MW_r\right)}{1000} \left(\frac{kg}{s}\right) \quad (C.1.1)$$

On η_{ef} és la eficiència del precipitador % i MW_r és la massa molecular mitjana de les partícules (g/mol).

MW_r es calcula mitjançant la següent equació:

$$MW_r = MW_{CaSO_3} * X + MW_{CaOH_2} * (1 - X) \quad (C.1.2)$$

On X és la conversió de la reacció i MW_{CaSO_3} el pes molecular del $CaSO_3$ i MW_{CaOH_2} el pes molecular de la calç hidratada.

Per calcular el cabal màssic de partícules que recollida el PES-101 s'usa la següent equació:

$$m_{coll,EF} = \frac{(n_r + n_f) * \left(\frac{\eta_{ef}}{100} * MW_r\right)}{1000} \left(\frac{kg}{s}\right) \quad (C.1.3)$$

Per calcular el cabal màssic de partícules que es purga del sistema s'usa la següent equació:

$$m_{purg} = \frac{\left((n_r + n_f) * \left(\frac{\eta_{ef}}{100}\right) - n_r\right) * MW_r}{1000} \left(\frac{kg}{s}\right) \quad (C.1.4)$$

El balanç màssic global del procés es calcula amb la següent equació:

$$n_f * \frac{MW_r}{1000} = m_{s,EF} + m_{purg} \quad (C.1.5)$$

Els paràmetres necessaris per al balanç de matèria amb CAS 10 i R20 es troben a la següent taula.

Taula C.1.1. Paràmetres per al balanç de matèria.

Paràmetres	Resultats
MW_{CaSO_3} (g/mol)	120,17
MW_{CaOH_2} (g/mol)	74,09
MW_r (g/mol)	77,4
X	0,072
n_r (mol/s)	0,178
n_f (mol/s)	3,56
η_{ef} (%)	99,5

A continuació es troben els resultats del balanç de matèria per a CAS 10 i R20.

Taula C.1.2. Resultats del balanç de matèria.

Paràmetres	Resultats
$m_{s,EF}$ (kg/h)	5,21
$m_{coll,EF}$ (kg/h)	1036
m_{purg} (kg/h)	44,4

C.2. Disseny dels filtres

C.2.1. Disseny del filtre F-101

La següent taula mostra les dades a partir de les quals s'ha treballat en el disseny del filtre F-101.

Taula C.2.1.1. Dades del filtre F-101.

Paràmetre	Valor (unitats en sistema anglosaxó)	Valor (unitats en sistema internacional)
Caudal volumètric d'aire	58,86 ft ³ /min	2,78 · 10 ⁻² m ³ /s
Temperatura aire (K)	77 °F	298,15 K
Concentració de partícules	0,16 g/ft ³	5807 mg/m ³
Concentració de partícules (normal)	-	917,27 mg/Nm ³
Diàmetre mitjà de partícules	-	5 µm ^[7]

Un dels paràmetres més rellevants a l'hora de dissenyar un filtre és la relació aire-tela (gas-to-cloth ratio, G/C). Per trobar aquest valor, s'ha seguit el procediment descrit per l'Agència de Protecció Ambiental, EPA (Turner et. al., 1987).^[8]

Aquest valor es pot extreure de la Taula I tant per filtres d'aire invers com per filtres *pulse jet* com a típics valors de disseny. En aquest cas, s'agafarien els valors de relació aire-tela per al contaminant "limestone", ja que la calç hidratada és un derivat d'aquest, per tant, es tindria una relació G/C de 2,7 ft³/min per a filtres d'aire invers i 8 ft³/min per a filtres *pulse jet*.

Table I. Gas-to-cloth ratios^a (ft³/min)/(ft² of cloth area).¹³

Dust	Shaker/woven	
	Reverse-air/woven	Pulse jet/felt
Alumina	2.5	8
Asbestos	3.0	10
Bauxite	2.5	8
Carbon black	1.5	5
Coal	2.5	8
Cocoa, chocolate	2.8	12
Clay	2.5	9
Cement	2.0	8
Cosmetics	1.5	10
Enamel frit	2.5	9
Feeds, grain	3.5	14
Feldspar	2.2	9
Fertilizer	3.0	8
Flour	3.0	12
Fly ash	2.5	5
Graphite	2.0	5
Gypsum	2.0	10
Iron ore	3.0	11
Iron oxide	2.5	7
Iron sulfate	2.0	6
Lead oxide	2.0	6
Leather dust	3.5	12
Lime	2.5	10
Limestone	2.7	8
Mica	2.7	9
Paint pigments	2.5	7
Paper	3.5	10
Plastics	2.5	7
Quartz	2.8	9
Rock dust	3.0	9
Sand	2.5	10
Sawdust (wood)	3.5	12
Silica	2.5	7
Slate	3.5	12
Soap, detergents	2.0	5
Spices	2.7	10
Starch	3.0	8
Sugar	2.0	7
Talc	2.5	10
Tobacco	3.5	13
Zinc oxide	2.0	5

^a Generally safe design values—application requires consideration of grain loading and particle characteristics such as size distribution and electrostatic properties.

Figura C.2.1.1. Taula I extreta de Turner et. al., 1987. Relacions aire-tela.

Per altra banda, també es pot estimar el valor de la relació aire-tela, de manera que per a filtres d'aire invers es calçcula segons l'equació E.X.X.

$$V = A \cdot B \cdot C \tag{C.2.1.1}$$

on V és la relació G/C en ft/min i els valors de A, B, C s'extreuen de la Taula III de [REFERENCIA].

Table III. Manufacturer's factor method for estimating gas-to-cloth ratios for shaker baghouses.^{a,b}

4/1 ratio		3/1 ratio		2.5/1 ratio		2/1 ratio		1.5/1 ratio	
Material	Operation	Material	Operation	Material	Operation	Material	Operation	Material	Operation
Cardboard	1	Asbestos	1, 7, 8	Alumina	2, 3, 4, 5, 6	Ammonium phosphate fert.	2, 3, 4, 5, 6, 7	Activated charcoal	2, 4, 5, 6, 7
Feeds	2, 3, 4, 5, 6, 7	Aluminum dust	1, 7, 8	Carbon black	4, 5, 6, 7	Diatomaceous earth	4, 5, 6, 7	Carbon black	11, 14
Flour	2, 3, 4, 5, 6, 7	Fibrous mat'l.	1, 4, 7, 8	Cement	3, 4, 5, 6, 7	Dry petrochem.	2, 3, 4, 5, 6, 7, 14	Detergents	2, 4, 5, 6, 7
Grain	2, 3, 4, 5, 6, 7	Cellulose Mat'l.	1, 4, 7, 8	Coke	2, 3, 5, 6	Dyes	2, 3, 4, 5, 6, 7	Metal fumes,	
Leather dust	1, 7, 8	Gypsum	1, 3, 5, 6, 7	Ceramic pigm.	4, 5, 6, 7	Fly ash	10	oxides and other	
Tobacco	1, 4, 6, 7	Lime (hydrated)	2, 4, 6, 7	Clay and brick dust	2, 4, 6, 12	Metal powders	2, 3, 4, 5, 6, 7, 14	solid dispersed	
Supply air	13	Perlite	2, 4, 5, 6	Coal	2, 3, 6, 7, 12	Plastics	2, 3, 4, 5, 6, 7, 14	products	10, 11
Wood, dust, chips	1, 6, 7	Rubber chem.	4, 5, 6, 7, 8	Kaolin	4, 5, 7	Resins	2, 3, 4, 5, 6, 7, 14		
		Salt	2, 3, 4, 5, 6, 7	Limestone	2, 3, 4, 5, 6, 7	Silicates	2, 3, 4, 5, 6, 7, 14		
		Sand*	4, 5, 6, 7, 9, 15	Rock, ore dust	2, 3, 4, 5, 6, 7	Starch	6, 7		
		Iron scale	1, 7, 8	Silica	2, 3, 4, 5, 6, 7	Soaps	3, 4, 5, 6, 7		
		Soda ash	4, 6, 7	Sugar	3, 4, 5, 6, 7				
		Talc	3, 4, 5, 6, 7						
		Machining Operation	1, 8						
Cutting—1		Mixing—4		Conveying—7		Furnace fume—10		Intake cleaning—13	
Crushing—2		Screening—5		Grinding—8		Reaction fume—11		Process—14	
Pulverizing—3		Storage—6		Shakeout—9		Dumping—12		Blasting—15	

B. Fineness factor		C. Dust load factor.	
Micron size	Factor	Loading gr/ft ³	Factor
>100	1.2	1-3	1.2
50-100	1.1	4-8	1.0
10-50*	1.0	9-17*	0.95
3-10	0.9	18-40	0.90
1-3	0.8	>40	0.85
<1	0.7		

Figura C.2.1.2. Taula III extreta de Turner et. al., 1987. Mètode de factors del fabricant per l'estimació de la relació aire-tela per filtres d'aire invers.

Per al material "limestone", els valors són A = 2,5/1 ratio B = 0,8; C = 1,2. Per tant, el valor de G/C és calcula segons l'equació E.X.X.

$$V = 2,5 \cdot 0,8 \cdot 1,2 = 2,4 \text{ ft/min} \tag{C.2.1.2.}$$

Per a filtres *pulse jet*, la relació G/C es calcula mitjançant la següent equació:

$$V = A \cdot B \cdot 2,647 \cdot T^{-0,2335} \cdot (0,7471 + 0,0853 \cdot \ln D) \cdot 1,0873 \cdot L^{-0,06021} \tag{C.2.1.3.}$$

on A i B s'extreuen de la Taula IV de Turner et. al., 1987, T és la temperatura en °F (entre 50 i 257); D és el diàmetre mitjà de la partícula en µm; L és la concentració de partícules a l'entrada en g/ft³ (entre 0,05 i 100).

Table IV. Factors for pulse-jet gas-to-cloth ratios.¹⁵

A. Material factor				
15 ^a	12	10	9.0	6.0 ^b
Cake mix	Asbestos	Alumina	Ammonium phosphate-fertilizer	Activated carbon
Cardboard dust	Buffing dust	Aspirin	Cake	Carbon black (molecular)
Cocoa	Fibrous and cellulosic material	Carbon black (finished)	Diatomaceous earth	Detergents
Feeds	Foundry shakeout	Cement	Dry petrochemicals	Fumes and other dispersed products direct from reactions
Flour	Gypsum	Ceramic pigments	Dyes	Powdered milk
Grain	Lime (hydrated)	Clay and brick dusts	Fly ash	Soaps
Leather dust	Perlite	Coal	Metal powder	
Sawdust	Rubber chemicals	Fluorspar	Metal oxides	
Tobacco	Salt	Gum, natural	Pigments, metallic and synthetic	
	Sand	Kaolin	Plastics	
	Sandblast dust	Limestone	Resins	
	Soda ash	Perchlorates	Silicates	
	Talc	Rock dust, ores and minerals	Starch	
		Silica	Stearates	
		Sorbic acid	Tannic acid	
		Sugar		

B. Application factor	
Nuisance venting Relief of transfer points, conveyors, packing stations, etc.	1.0
Product collection Air conveying-venting, mills, flash driers, classifiers, etc.	0.9
Process gas filtration Spray driers, kilns, reactors, etc.	0.8

^a In general physically and chemically stable materials.

^b Also includes those solids that are unstable in their physical or chemical state due to hygroscopic nature, sublimation, and/or polymerization.

Figura C.2.1.3. Taula IV extreta de Turner et. al., 1987. Factors per la relació gas-tela en filtres *pulse jet*.

En aquest cas, A = 10; B = 0,8 i D = 0,8, mentre que les altres dades es troben en la Taula X.X.X. Per tant, es calcula el valor de la relació aire-tela.

$$V = 10 \cdot 0,8 \cdot 2,647 \cdot 77^{-0,2335} \cdot (0,7471 + 0,0853 \cdot \ln 5) \cdot 1,0873 \cdot 0,16^{-0,06021} = 8,23 \text{ ft/min} \quad (\text{C.2.1.4})$$

Es conclou que el filtre de tipus *pulse jet* és el disseny més econòmic, ja que la seva relació G/C és major.

A partir de la relació G/C i el caudal d'aire, es troba l'àrea de tela neta:

$$A_{neta} = \frac{Q_v^{aire}}{G/C} \quad (\text{C.2.1.5})$$

$$A_{neta} = \frac{58,86 \text{ ft}^3/\text{min}}{8,23 \text{ ft/min}} = 7,15 \text{ ft}^2 \quad (\text{C.2.1.6})$$

A partir de l'àrea neta, s'aproxima un valor d'àrea bruta de tela segons la Taula II de Turner et. al., 1987.

Table II. Approximate guide to estimate gross cloth area.¹⁴

Net cloth area (ft ²)	Gross cloth area (ft ²) multiply by:
1-4,000	2
4,001-12,000	1.50
12,001-24,000	1.25
24,001-36,000	1.17
36,001-48,000	1.125
48,001-60,000	1.11
60,001-72,000	1.10
72,001-84,000	1.09
84,001-96,000	1.08
96,001-108,000	1.07
108,001-132,000	1.06
132,001-180,000	1.05
above 180,001	1.04

Figura C.2.1.4. Taula II extreta de Turner et. al., 1987. Guia aproximada per estimar l'àrea bruta de tela.

Com que l'àrea neta es troba entre 1 – 4000 ft², es pot estimar l'àrea bruta multiplicant el valor d'àrea neta per 2, així:

$$A_{bruta} = A_{neta} \cdot 2 = 7,15 \text{ ft}^2 \cdot 2 = 14,30 \text{ ft}^2 = 1,33 \text{ m}^2 \quad (\text{C.2.1.7})$$

Es calcula la caiguda de pressió mitjançant les següents equacions:

$$\Delta P = (PE)_{\Delta w} + K_2 \cdot W_0 \cdot V \quad (\text{C.2.1.8})$$

on:

ΔP : caiguda de pressió (en inch H₂O)

V: velocitat de filtració (en ft/min)

K_2 : resistència específica del contaminant (en [inch H₂O/(ft/min)]/(lb/ft²))

W_0 : densitat superficial (en lb/ft²)

$$(PE)_{\Delta w} = [S_e + (K_2)_c \cdot W_c] \cdot V \quad (\text{C.2.1.9})$$

$$(PE)_{\Delta w} = 6,08 \cdot V \cdot P_j^{-0,65} \quad (\text{C.2.1.10})$$

on:

V: relació aire-tela (ft/min)

P_j : pressió del puls de neteja (psig)

S'han assumit un valor de K_2 de 15 [inch H₂O/(ft/min)]/(lb/ft²), un valor de P_j de 100 psig i un interval de neteja de 10 min.

$$W_0 = C_i \cdot V\theta \quad (\text{C.2.1.11.})$$

on:

C_i : concentració del contaminant a l'entrada (en g/ft³)

$V\theta$: relació aire-tela (funció del temps)

$$W_0 = 0,16 \frac{g}{ft^3} \cdot \frac{1 lb}{7000 g} \cdot 8,23 \frac{ft}{min} \cdot 10 min = 0,0016 lb/ft^2 \quad (C.2.1.12)$$

$$\Delta P = 6,08 \cdot 8,23 \frac{ft}{min} \cdot 100^{-0,65} psig + \frac{15 \frac{inch H_2O}{ft/min}}{lb/ft^2} \cdot 0,0016 \frac{lb}{ft^2} \cdot 8,23 \frac{ft}{min} = 2,75 inch H_2O \quad (C.2.1.13)$$

Per tenir en compte l'estructura del filtre i les canonades, es considera un factor multiplicador del 2,5 en la caiguda de pressió. Per tant, finalment, s'obté que la caiguda de pressió és de 6,87 inch H₂O o 0,017 bar.

S'ha seleccionat el material de les teles del filtre a partir de la caracterització dels diferents materials que es mostra a la Taula V de Turner et. al., 1987.

Table V. Properties of leading fabric materials.²⁰

Fabric	Temp (°F) ^a	Acid resistance	Alkali resistance	Flex abrasion
Cotton	180	Poor	Very good	Very good
Creslan ^b	250	Good in mineral acids	Good in weak alkali	Good to very good
Dacron ^c	275	Good in most mineral acids; dissolves partially in concentrated H ₂ SO ₄	Good in weak alkali; fair in strong alkali	Very good
Dynel ^c	160	Little effect even at high concentration	Little effect even in high concentration	Fair to good
Fiberglas ^d	500	Fair to good	Fair to good	Fair
Filtron ^e	270	Good to excellent	Good	Good to very good
Gore-Tex ^f	Depends on backing	Depends on backing	Depends on backing	Fair
Nomex ^c	375	Fair	Excellent at low temperature	Excellent
Nylon ^c	200	Fair	Excellent	Excellent
Orlon ^c	260	Good to excellent in mineral acids	Fair to good in weak alkali	Good
Polypropylene	200	Excellent	Excellent	Excellent
Teflon ^c	450	Inert except to fluorine	Inert except to trifluoride, chlorine, and molten alkaline metals	Fair
Wool	200	Very good	Poor	Fair to good

^a Maximum continuous operating temperatures recommended by the Industrial Gas Cleaning Institute.

^b American Cyanamid registered trademark.

^c Du Pont registered trademark.

^d Owens-Corning Fiberglas registered trademark.

^e W. W. Criswell Div. of Wheelabrator-Fry, Inc., trade name.

^f W. L. Gore and Co., registered trademark.

Note: Reference 8 provides an extensive table of fabrics and their fiber, construction, and electrical properties.

Figura C.2.1.5. Taula V extreta de Turner et. al., 1987. Propietats dels principals materials per tela.

S'escull el polipropilè com a material per la tela, ja que és comunament utilitzat en els filtres i és econòmic. Encara que no es tenen condicions extremes, ofereix bones propietats.

Per últim, es calcula l'eficiència necessària per tal que la concentració de partícules a la sortida del filtre sigui menor al límit establert de 100 mg/Nm³ mitjançant l'eina *Solver*, sabent que l'eficiència es calcula segons l'equació C.2.1.14.

$$\eta = \frac{C_{inicial} - C_{final}}{C_{inicial}} \quad (C.2.1.14)$$

D'aquesta manera, es troba que es necessita una eficiència del 95% per aconseguir una concentració final de partícules de 45,86 mg/Nm³.

C.2.2. Disseny del filtre F-102

La següent taula mostra les dades a partir de les quals s'ha treballat en el disseny del filtre F-101.

Taula C.2.2.1. Dades del filtre F-101.

Paràmetre	Valor (unitats en sistema anglosaxó)	Valor (unitats en sistema internacional)
Cabal volumètric d'aire	60,39 ft ³ /min	2,85 · 10 ⁻² m ³ /s
Temperatura aire (K)	77 °F	298,15 K
Concentració de partícules	1,73 g/ft ³	61126 mg/m ³
Concentració de partícules (normal)	-	9655 mg/Nm ³
Diàmetre mitjà de partícules	-	5 μm ^[7]

Seguint el mateix procediment que en l'annex C.2.1, s'han trobat les relacions aire-tela amb les diferents metodologies i per als diferents tipus de filtres. Els resultats es mostren a continuació.

Taula C.2.2.2. Relacions aire-tela pel filtre F-102.

	Filtre d'aire invers	Filtre <i>Pulse Jet</i>
Mètode Taula I (Figura C.2.1.1) (ft ³ /min)	2,7	8,0
Mètode Equació C.2.1.1 (aire invers) i C.2.1.3 (<i>Pulse Jet</i>) (ft/min)	2,4	7,1

A partir de la Taula C.2.2.2, es conclou que el més rentable econòmicament és dissenyar aquest filtre com a *Pulse Jet*, ja que ofereix majors valors per a la relació G/C.

Amb aquesta informació, es calculen l'àrea neta i bruta segons les equacions C.2.1.5. i C.2.1.7 i s'obté que els seus valors són 41,73 ft² i 83,46 ft² respectivament, és a dir, l'àrea bruta serà de 7,75 m².

Suposant una llargada de les mànigues de 10 ft, es calcula l'àrea per màniga de 5 1/8 inch de diàmetre de polièster:

$$A_{màniga} = 5 \frac{1}{8} inch \cdot \frac{1 ft}{12 inch} \cdot \pi \cdot 10 ft = 13,42 ft^2 \quad (C.2.1.15)$$

Es calcula el nombre de mànigues que podrà tenir el filtre.

$$N_{mànigues} = \frac{A_{tela}}{A_{màniga}} = \frac{83,45 \text{ ft}^2}{13,42 \text{ ft}^2} = 6,22 \text{ mànigues} \quad (\text{C.2.1.16})$$

El filtre tindrà 7 mànigues.

Es calcula la caiguda de pressió en el filtre F-102 a partir de les següents suposicions.

Taula C.2.2.3. Valors suposats pel càlcul de la caiguda de pressió en F-102.

Paràmetre	Valor suposat
K_2	15 [inch H ₂ O/(ft/min)]/(lb/ft ²)
P_j	100 psig
Interval de neteja	10 min

Es troba que la caiguda de pressió és de 4,07 inch H₂O a partir de les equacions C.2.1.8, C.2.1.9, C.2.1.10 i C.2.1.11. Afegint un factor del 2,5 per tenir en compte la seva estructura i canonades, la caiguda de pressió total és de 10,18 inch H₂O, o 0,025 bar.

Les teles del filtre seran de polipropilè. Les seves propietats es poden observar en la Taula V de Turner et. al., 1987 (Figura C.2.1.5).

L'eficiència es calcula segons l'equació C.2.1.14, obtenint una eficiència del 99% amb una emissió de partícules en suspensió de 96,55 mg/Nm³.

C.3. Disseny del precipitador electroestàtic^[9]

Primer s'ha determinat la velocitat de migració emprant la següent expressió:

$$SCA = -\frac{\ln(p)}{w_e} \quad (\text{C.3.1})$$

On:

w_e = velocitat efectiva de migració de partícula (m/s)

p = penetració (fracció).

Tenint en compte que la eficiència (E_f) és una funció de la penetració:

$$E_f = 100 \cdot (1 - p) \quad (\text{C.3.2})$$

Es pot determinar que l'expressió que relaciona l'àrea específica de col·lecció amb l'eficiència és la següent:

$$SCA = \frac{-\ln(1-E_f)}{w_e} \quad (\text{C.3.3})$$

Sota l'assumpció que l'efecte corona és negligible (igual a 0) degut a que la resistivitat de la pols és baixa. Per tant, el següent pas és determinar la distribució de mida de partícula (MMDi) o assumir un valor estimat. S'ha escollit una mida de 3 µm, ja que pel tipus de partícula amb el qual es treballa és adequat.

Els valors de *sneakage* (S_N) i de *reentrainment* (RR) són de 0.10 (precipitador electroestàtic de plats) i 0.124 (partícula semblant al ciment).

Es selecciona el valor per al tamany de partícula més penetrant (MMDp) i el valor de *rapping puff size* (MMDr).

$$\text{MMDp} = 2 \mu\text{m}$$

MMDr = 5 μm per a partícules amb MMDi > 5 μm o MMDr = 3 μm per partícules amb MMDi < 5 μm .

Emprant valors de permissivitat de l'aire pur a en el buit, tenint en compte el valor de la viscositat del gas. El valor del camp elèctric i el valor mitjà del camp elèctric per als elèctrodes es pot determinar el valor del factor de pèrdues (LF).

$$LF = S_N + RR - S_N \cdot RR \quad (\text{C.3.4})$$

Amb el qual, després s'assumeix el nombre més petit de seccions per al precipitador electroestàtic per aconseguir el major valor de l'eficiència.

$$LF^n < p \quad (\text{C.3.5})$$

Posteriorment, es determina la secció de penetració mitjana:

$$p_s = p^{1/n} \quad (\text{C.3.6})$$

Després es calcula la penetració de la secció de col·lecció:

$$p_c = \frac{p_s - LF}{1 - LF} \quad (\text{C.3.7})$$

Els factors de canvi de mida de partícula són:

$$D = p_s = S_N + p_c(1 - S_N) + RR(1 - S_N)(1 - p_c) \quad (\text{C.3.8})$$

També la mida mitjana de partícula s'ha de tenir en compte:

$$\text{MMDrp} = \frac{RR(1 - S_N)(1 - p_c)\text{MMDr}}{D} \quad (\text{C.3.9})$$

Després, s'han calculat les mides de partícules per diferents seccions.

Section	MMDs
1	MMD1 = MMDi
2	MMD2 = {MMD1 \times S _N + [(1 - p _c) \times MMDp + p _c \times MMD1] \times p _c /D + MMDrp
3	MMD3 = {MMD2 \times S _N + [(1 - p _c) \times MMDp + p _c \times MMD2] \times p _c /D + MMDrp
.	.
.	.
n	MMDn = {MMDn - 1 \times S _N + [(1 - p _c) MMDp + p _c \times MMDn - 1] \times p _c /D + MMDrp

Figura C.3.1.. Expressions emprades per al dimensionament de les seccions del precipitador electroestàtic (Turner et al., 1988).

La suma de l'àrea de col·lecció a diferents seccions és la que determina l'àrea total de col·lecció, aquest mètode permet aconseguir una estimació més propera a la realitat per a la construcció d'aquest equip.

L'obtenció d'aquest valor, permet el correcte dimensionament i càlcul de costos de l'equip.

D. METODOLOGIA MINILOPA PER L'ANÀLISI SEMI-QUANTITATIU DEL HAZOP

Els passos a seguir en la metodologia miniLOPA són:

1. Identificar una conseqüència i les seves possibles causes. En aquest cas, aquest pas es du a terme a partir de l'anàlisi HazOp.
2. Identificar el succés iniciador i estimar la seva freqüència.
3. Identificar les capes de protecció disponibles i estimar la probabilitat de fallada en demanda de la capa, treballant amb exponents.
4. Trobar la nova freqüència mitigada per les salvaguardes que siguin IPL (Independent Protection Layers).
5. Trobar el nivell de risc a la matriu de risc.
6. Analitzar si el nivell de risc és acceptable.

Per l'anàlisi semi-quantitatiu, en primer lloc es categoritzen les conseqüències pels escenaris individuals segons la taula següent.

Taula D.1. Taula qualitativa de categorització de nivell de conseqüència.

Nivell 1	Nivell 2	Nivell 3	Nivell 4	Nivell 5
Persones: Sense conseqüències o ferida menor sense baixa. Lleuger efecte sobre la salut (desconfort, irritació menor).	Persones: Ferida no severa amb possible baixa. Efecte menor i reversible sobre la salut (restricció reversible de l'exercici).	Persones: Una o més ferides severes amb baixa. Dany major e irreversible sobre la salut (restricció irreversible de l'exercici).	Persones: De 1 a 3 morts o deshabilitació permanent.	Persones: Incident major amb amplies implicacions, inclòs morts múltiples.
Comunitat: Sense efecte o molèstia al públic.	Comunitat: Molèstia al públic amb sorolls o olors.	Comunitat: Ferides menors.	Comunitat: Ferides majors.	
Medi Ambient: Incident que no impliqui notificació a les Autoritats o violació de la Llicència Ambiental.	Medi Ambient: Incident que impliqui notificació a les Autoritats o violació de la Llicència Ambiental.	Medi Ambient: Fuga de substàncies que puguin posar en risc la salut/seguretat del públic.	Medi Ambient: Fuga que impliqui: la evacuació o parada d'instal·lacions no-Basell, restriccions en la circulació, o afectació al	Medi Ambient: Fuga causant de danys permanents i severes al medi ambient extern al <i>site</i> .

			subministrament d'aigua potable.
Reputació: Limitat efecte localç	Reputació: Efecte advers sobre la opinió pública regional, autoritats localçs o grups d'acció	Reputació: Efecte advers sobre la opinió pública nacional, o sobre la modificació de llicències ambientals.	Reputació: Efecte advers sobre la opinió pública internacional, o sobre la concessió de noves llicències ambientals.
Equips: Danys (incloent foc) mínim amb cost estimat ** de 35000€ - 350000€	Equips: Danys (incloent foc) mitjà amb cost estimat ** de 350000€ - 3500000€	Equips: Danys (incloent foc) importants amb cost estimat ** de 3,5MM€ - 35MM€	Equips: Gran/total (incloent foc) destrucció d'una àrea de producció amb un cost estimat ** superior a 35MM€

** Danys a equips inclou recanvis i pèrdues de producció.

Un cop categoritzades les conseqüències, s'analitzen les freqüències dels successos iniciadors. A continuació es mostren alguns exemples.

Taula D.2. Freqüències de successos iniciadors.

Causa	Freqüència (per any o per oportunitat)
INTERVENCIÓ HUMANA	
Error humà (al realitzar una activitat rutinària, ben entrenat, sense estrès, sense fatiga). L'activitat es realitza amb una freqüència alta (diàriament, setmanalment) pel general més de 10 vegades per any	1x10 ⁻² per oportunitat o 1x per any
Error humà (al realitzar una activitat rutinària, ben entrenat, sense estrès, sense fatiga). L'activitat es realitza amb baixa freqüència, normalment menys de 10 vegades per any	1x10 ⁻¹ per oportunitat
Manipulació de vàlvula errònia (on les vàlvules es manipulen regularment)	1x per 10 anys
Tasca rutinària, una vegada per dia	1x per any
Tasca rutinària, una vegada per mes	1x per 10 anys
Tasques no rutinàries, sota estrès	1x per 10 anys

CAUSES INSTRUMENTALS/MECÀNIQUES

Fallada general crítica del Sistema de Control (DCS)	1x per 10 ² anys
Fallada primària d'Element de Control (un sensor, un controlador, un element final)	1x per 10 anys
Fallada d'equip elèctric rotatiu, parada imprevista (inclosa fallada d'energia)	1x per 10 anys
Fuita en canonada – 1% de la secció (per 30 m de canonada)	
Fins 200 mm de diàmetre	1x per 10 ³ anys
200 – 610 mm diàmetre	1x per 10 ⁴ anys
> 610 mm diàmetre	1x per 10 ⁵ anys
Fuita en canonada – 10% de la secció (per 30 m de canonada)	
Fins 200 mm de diàmetre	1x per 10 ⁴ anys
200 – 610 mm diàmetre	1x per 10 ⁵ anys
> 610 mm diàmetre	1x per 10 ⁷ anys
Fuita en canonada – 100% de la secció (per 30 m de canonada)	
Fins 200 mm de diàmetre	1x per 10 ⁴ anys
200 – 610 mm diàmetre	1x per 10 ⁶ anys
> 610 mm diàmetre	1x per 10 ⁷ anys
Fallada de junta/envasat	1x per 10 ² anys
Fallada de junta/envasat	1x 10 ⁴ anys per junta
Fallada residual d'un equip a pressió	1x per 10 ⁵ anys
Fallada aire d'instruments	1x per 10 ² anys
Ruptura completa de màniga	1x per 10 ² anys
Fallada energia (Sistema simple)	1x per any
Fallada energia (Sistema redundant)	1x per 10 anys

CAUSES EXTERNES

Entrega del producte erroni (per exemple cisterna errònia, documents erronis, error humà)	1x per 10 ² anys
Intervenció de tercers (impacte extern, vehicle, etc)	1x per 10 ² anys
Núvol de gas gran (causes afegides)	1x per 10 ² anys
Petit foc (causes afegides)	1x per 10 anys
Gran foc (causes afegides)	1x per 10 ² anys

El següent pas és donar un valor al risc a partir de la matriu de riscos semi quantitativa.

Taula D.3. Matriu de riscos semi quantitativa.

Freqüència (any ⁻¹)	Conseqüència				
	Nivell 1	Nivell 2	Nivell 3	Nivell 4	Nivell 5
10 ⁰	D	B	A	A	A
10 ⁻¹	D	C	B	A	A
10 ⁻²	D	C	B	B	A
10 ⁻³	D	D	C	B	B
10 ⁻⁴	D	D	C	C	B
10 ⁻⁵	D	D	D	C	C
10 ⁻⁶	D	D	D	D	C

Quan el risc és A: mitigació instantània a B o parada de la planta; B: prendre urgentment les mesures necessàries per assegurar operació estable; C: prendre tan aviat com es pugui les mesures necessàries per assegurar operació estable; D: no fer res.

Finalment, per mitigar la freqüència dels successos iniciadors, s'afegeixen salvaguardes. Cadascuna d'aquestes té un cert crèdit IPL que disminueix la freqüència dels successos, de manera que s'alleuja el risc. S'han de posar tantes salvaguardes com sigui necessari per assegurar que el risc és nul, és a dir, D.

A continuació es mostren alguns exemples de salvaguardes amb els seus respectius crèdits IPL.

Taula D.4. Crèdits de les capes independents de protecció (IPL).

Descripció de la protecció	Crèdit IPL	Comentaris
EQUIPS MECÀNICS		
Dispositiu d'alleujament de pressió – sense vàlvules d'aïllament	4	Servei net. Ben dissenyat, fabricat, instal·lat i provat. Proves documentades.
Dispositiu d'alleujament de pressió – sense vàlvules d'aïllament	2	Servei brut (brutícia, corrosió, polímer, etc...) Ben dissenyat, fabricat, instal·lat i provat. Proves documentades.
Dispositius d'alleujament de pressió amb vàlvula d'aïllament en la entrada	3	Servei net. Ben dissenyat, fabricat, instal·lat i provat. Proves documentades.

controlada per procediment administratiu		
Dispositius d'alleujament de pressió amb vàlvula d'aïllament en la entrada controlada per procediment administratiu	2	Servei brut (brutícia, corrosió, polímer, etc...) Ben dissenyat, fabricat, instal·lat i provat. Proves documentades.
Dispositius d'alleujament de pressió amb vàlvula d'aïllament en la entrada i sortida, i controlades per procediment administratiu	2	Servei brut (brutícia, corrosió, polímer, etc...) Ben dissenyat, fabricat, instal·lat i provat. Proves documentades.
Disc de ruptura	3	Servei net. Ben dissenyat, fabricat, instal·lat i provat. Proves documentades.
Disc de ruptura	2	Servei brut (brutícia, corrosió, polímer, etc...) Ben dissenyat, fabricat, instal·lat i provat. Proves documentades.
Protecció mecànica d'excés de velocitat	1	Testejada regularment d'acord amb el proveïdor i la freqüència ajustada depenent de resultats de les proves. Proves documentades.
Vàlvula manual bloquejada per cadenat o cadena	1	Els bloqueigs només s'utilitzen en escenaris on la manipulació de la vàlvula és el succés iniciador.
Vàlvula anti-retorn	1	Servei net. Adequada per la seva aplicació. Ben dissenyada, fabricada, instal·lada i amb proves documentades al menys anualment. L'interval de proves pot modificar-se depenent de l'èxit de les proves realitzades.
Orifici de restricció	2	Servei net, no corrosiu, sense erosió i que de forma efectiva restringirà el caudal a no més del caudal especificat, sota totes les condicions i pressions aigües amunt.
Vàlvules limitadores de caudal	1	Servei net, escenari d'excés de caudal.
EQUIPS INSTRUMENTALS		
Llaç de control (DCS o PLC)	1	Segons IEC-61511, nivell de IPL màxim 1.

Llaç de control automàtic	1	La fallada del llaç no contribueix a l'esdeveniment iniciador i es mantenen correctament tots els elements del llaç.
Llaç de control manual	1	No més de 5 minuts per l'actuació. La fallada del llaç no contribueix a l'esdeveniment iniciador i es mantenen correctament tots els elements del llaç.
Llaç de control simple	1	Sense intervenció humana. Ha de ser independent d'altres IEs i IPLs.
Llaç de control simple	1	Sense intervenció humana. 1 nivell de crèdit màxim per escenari. La placa base és l'únic component compartit amb altre IEs o IPLs.
Llaç de control pneumàtic	1	La fallada del llaç no contribueix a l'esdeveniment iniciador i es mantenen correctament tots els elements del llaç.
Manoreductor	1	Ajust manual del dispositiu reductor.
Enclavament SIL 1	1	Tot d'acord a IEC-61508 i IEC-61511.
Enclavament SIL 2	2	Tot d'acord a IEC-61508 i IEC-61511.
Enclavament SIL 3	3	Tot d'acord a IEC-61508 i IEC-61511.

INTERVENCIÓ HUMANA

Acció d'operador	0	L'operador ha de seguir un procediment de resposta d'emergència operativa sota alt estrès (perill de vida) i amb menys de 5 minuts per valorar el problema, determinar un curs d'acció i respondre.
Acció d'operador	1	Acció simple, ben documentada, amb indicacions clares i fiables, i temps de resposta >10 minuts.
Acció manual d'operador en camp	1	Temps de resposta >10 minuts. Els sensors i alarmes són testejats i la formació de l'operador inclou la resposta requerida.
Acció com resposta a una alarma	1	Temps de resposta >10 minuts en camp o >5 minuts des de sala de control. Sense distraccions per altres alarmes.

Acció com resposta a una lectura en camp o anàlisi de mostres	1	El temps entre lectures o resultats de l'anàlisi és com a màxim 2 vegades el temps necessari perquè el succés iniciador es propagui fins la conseqüència.
Doble comprovació	1	Com s'especifica en el procediment i grups de treball independents.
Procediment d'operació	1	Acció simple, ben documentada.
Procediment d'operació especial	1	Procediment basat en <i>check-list</i> , executat per dos persones, amb menys de 10 passos i amb més de 40 minuts per detectar i corregir errors.

EQUIPS DE MITIGACIÓ

Cubetes, paraments ignífugs, sectors d'incendi, confinaments, etc.	2	Disseny i implementació d'acord amb les normes aplicables. Manteniment i inspecció periòdica necessària i documentada.
Equip anti-propagació de flama/detonació	2	Elimina la possibilitat de retrocés a través d'un sistema de canonades fins a un recipient, tanc o atmosfera. La Probabilitat de Fallada en Demanda (PDF) es basa en l'adequat disseny, instal·lació i manteniment. Servei net.
Equip anti-propagació detonació	1	Embrutiment o difícil servei.
Equip anti-propagació de flama	1	Manteniment rutinari.
Venteig sense vàlvula	3	Evitarà la sobrepressió. Servei net.
Ignifugat	2	Redueix l'entrada de calor i proporciona temps addicional per despressuritzar, evacuar, realitzar intervenció contra el foc, etc.
Paret anti-explosió/ <i>bunker</i>	3	Protegeix equips, edificis i persones contra explosió
Sobreixidor	3	Sense obstruccions
EPI especial	1	

E. METODOLOGIA PER LA VALORACIÓ I JERARQUITZACIÓ DELS ASPECTES AMBIENTALS

E.1. Aspectes Ambientals Directes i Indirectes

E.1.1. Mètode de valoració

La valoració final dels Aspectes Ambientals Directes i Indirectes s'obté per les següents expressions.

- En situacions normals en condicions controlades:

$$V_t = F \cdot (M + C) \quad (E.1.1.1)$$

- En situacions anormals en condicions controlades:

$$V_t = (F \cdot (M + C)) \cdot 1,2 \quad (E.1.1.2)$$

on:

V_t : valoració total

F: freqüència

M: magnitud

C: gravetat

E.1.2. Criteri de jerarquització

Els aspectes es jerarquitzen segons els criteris que s'exposen a la Taula E.1.2.1 en funció del resultat de la valoració total (V_t).

Taula E.1.2.1. Criteri de jerarquització pels Aspectes Ambientals Directes i Indirectes.

Valoració	Classificació de l'aspecte
$V_t > 12$	Significatiu
$0 \leq V_t \leq 12$	No significatiu

E.1.3. Criteris per la valoració de la freqüència d'aparició

Taula E.1.3.1. Criteris per valorar la freqüència d'aparició.

Freqüència d'aparició	Valor F
Alta Es presenta habitualment, en continu o amb una freqüència d'aparició ≥ 1 vegada/mes	3
Mitja Es presenta en circumstàncies que es repeteixen amb una freqüència d'aparició < 1 vegada/mes i ≥ 1 vegada/any	2
Baixa Es presenta en circumstàncies que es repeteixen amb una freqüència d'aparició < 1 vegada/any	1

E.1.4. Criteris per la valoració de la magnitud relativa

Taula E.1.4.1. Criteris per valorar la magnitud relativa.

Tipus d'aspecte	Magnitud relativa	Valor M
1. Consum de recursos energètics	Alta Consum registrat supera en un percentatge $\geq 15\%$ l'estàndard establert.	3

2. Consum d'aigua	Mitja	Consum registrat supera en un percentatge $\geq 5\%$ l'estàndard establert, i es $<$ al 15%.	2
3. Consum de matèries primeres			
4. Consum de matèries auxiliars	Baixa	Consum registrat supera en un percentatge $< 5\%$ l'estàndard establert; o sense estàndard establert.	1
5. Emissions amb paràmetres (Focus emissors, etc.)	Alta	Valor del paràmetre $100\% > P \geq 90\%$ del límit autoritzat. En cas de no realitzar mesures, el criteri serà: Incidències registrades superen en un percentatge $> 15\%$ l'estàndard establert	3
	Mitja	Valor del paràmetre P: $70\% \leq P < 90\%$ del límit autoritzat. En cas de no realitzar mesures, el criteri serà: Incidències registrades superen en un percentatge $\geq 5\%$ l'estàndard establert, i $<$ al 15%.	2
	Baixa	Valor del paràmetre P $> 70\%$ del límit autoritzat; o sense límit establert. En cas de no realitzar mesures el criteri serà: Incidències registrades superen en un percentatge $< 5\%$ l'estàndard establert.	1
6. Emissions atmosfèriques sense possible medicació (Valor dels paràmetres contaminants característics: SO ₂ , NO _x , etc.)	Alta	Emissions registrades superen en un percentatge $> 15\%$ l'estàndard establert	3
	Mitja	Emissions registrades superen en un percentatge $\geq 5\%$ l'estàndard establert, i $<$ al 15%	2
	Baixa	Emissions registrades superen en un percentatge $> 5\%$ l'estàndard establert	1
7. Sorolls i olors	Alta	Valor del paràmetre $100\% > P \geq 90\%$ del límit autoritzat. En cas de no realitzar mesures el criteri serà: S'han rebut més de 3 queixes/comentaris/notificacions referents a sorolls/olors.	3

	Mitja	Valor del paràmetre P: $70\% \leq P < 90\%$ del límit autoritzat. En cas de no realitzar mesures el criteri serà: S'han rebut entre 1-3 queixes/comentaris/notificacions referents a sorolls/olors	2
	Baixa	Valors del paràmetre P < 70% del límit autoritzat; o sense límit establert. En cas de no realitzar mesures el criteri serà: No s'han rebut queixes referents a sorolls/olors.	1
8. Residus generats	Alta	Quantitats generades superen en un percentatge $\geq 15\%$ a l'estàndard establert	3
	Mitja	Quantitats generades superen en un percentatge $\geq 5\%$ a l'estàndard establert, i < al 15%	2
	Baixa	Quantitats generades superen en un percentatge < 5% a l'estàndard establert; o sense estàndard establert	1
9. Capacitat de control	Alta	Existeixen mesures per controlar el succés previst, encara que no depenen directament de l'empresa	1
	Mitja	Existeixen algunes mesures de control, encara que en situacions extremes es podria perdre el control per part de terceres persones	2
	Baixa	No existeixen mesures especials de control i es coneix que les terceres persones no les controlen	3

E.1.5. Criteris per la valoració de la gravetat de les conseqüències ambientals

Taula E.1.5.1. Criteris per valorar la severitat de les conseqüències ambientals.

Tipus d'aspecte	Gravetat de les conseqüències		Valor C
1. Consum de recursos energètics	Alta	- Recursos escassos no renovables (energia elèctrica, combustibles)	3
2. Consum d'aigua		- Recursos renovables localment escassos (aigua)	

3. Consum de matèries primeres		- Matèries perilloses i/o generadores de residus perillosos	
4. Consum de matèries auxiliars	Mitja	- Matèria no perillosa i generadora de residus no perillosos	2
	Baixa	- Matèria no perillosa i no generadora de residus	1
5. Emissions atmosfèriques (Valor dels paràmetres contaminants característics)	Alta	Quan tenint en compte les circumstàncies locals es produeix una afecció sensible de l'entorn (senyals en l'entorn de les instal·lacions de brutícia per emissions de pols o existència de queixes per les emissions)	3
	Mitja	Quan tenint en compte les circumstàncies locals es poden produir afeccions poc importants - Opacitat de les emissions de les calderes	2
	Baixa	Quan tenint en compte les circumstàncies locals, la afecció causada al medi receptor es qualificable de poca o nul·la. - Emissions de CO ₂ i CO de calderes relativament petites	1
6. Sorolls i olors	Alta	En aquells casos en què la instal·lació es troba localitzada en les proximitats de zones especialment sensibles (zones residencials o sanitàries) i s'hagin registrat queixes	3
	Mitja	En aquells casos en què la instal·lació es troba localitzada en zones especialment sensibles i no s'hagin registrat queixes; o en zones de sensibilitat mitja (zones comercials)	2
	Baixa	En aquells casos en què la instal·lació es troba localitzada en zones no especialment sensibles o quan la seva contribució als nivells de immissió de sorolls/olors sigui menyspreable front als procedents d'altres fonts (instal·lació situada en les immediacions d'una autopista, en el cas de sorolls)	1
7. Residus generats	Alta	Residus catalogats com a perillosos destinats a operacions d'eliminació	3

	Mitja	Residus catalogats com a perillosos destinats a operacions que porten a una possible utilització/valoració.	2
		Residus catalogats com no perillosos destinats a operacions d'eliminació	
	Baixa	Residus no catalogats com a perillosos destinats a operacions que porten a una possible utilització	1
8. Capacitat de control	Alta	Conseqüències greus per danys greus en la instal·lació o externament, afeccions greus a les persones i/o al medi ambient, quan en aquest últim cas es sobrepassen els límits de les instal·lacions	3
	Mitja	En aquest grup s'enquadren els danys personals i danys importants en l'interior de la instal·lació o externament, les repercussions ambientals circumscrites a l'interior de les instal·lacions, i les afeccions a les persones i al medi ambient que sobrepassen el límit de les instal·lacions no catalogables com greus	2
	Baixa	En aquest grup s'enquadren els danys menyspreables i lleugers en l'interior de la instal·lació o externament, les repercussions ambientals menyspreables o lleugeres circumscrites a l'interior de les instal·lacions	1

E.2. Aspectes Ambientals d'Emergència

Per a cada Aspecte Ambiental d'Emergència, la valoració final s'obté mitjançant la següent expressió:

- En situacions d'emergència:

$$V_t = P \cdot C \cdot S \quad (E.2.1)$$

on:

V_t: valoració total

P: probabilitat

C: capacitat de control

S: gravetat

E.2.1. Criteri de jerarquitització

Les situacions potencials es jerarquitzan tal i com es mostra a la Taula E.2.1.1. segons el resultat de la valoració total.

Taula E.2.1.1. Criteri de jerarquitització pels Aspectes Ambientals d'Emergència.

Valoració de la situació potencial	Classificació de la situació
$V_t \geq 20$	Significatiu
$V_t < 20$	No significatiu

E.2.2. Criteris per la valoració de la probabilitat d'ocurrència

Taula E.2.2.1. Criteris per valorar la probabilitat d'ocurrència.

Probabilitat d'ocurrència		Valor P
Alta	Succés bastant possible, s'ha produït amb certa freqüència en aquest tipus d'instal·lacions	3
Mitja	Succés poc freqüent, s'ha produït algun cop en aquest tipus d'instal·lacions; o s'ha produït o ha estat a punt de succeir algun cop en la història de la instal·lació	2
Baixa	Succés molt improbable, per no haver-se produït mai fins a dia d'avui i per estar catalogat com a tal en aquest tipus d'instal·lació	1

E.2.3. Criteris per la valoració de la capacitat de control existent

Taula E.2.3.1. Criteris per valorar la capacitat de control existent.

Capacitat de control		Valor C
Baixa	No existeixen mesures especials de control	3
Mitja	Existeixen algunes mesures de control, encara que en situacions extremes es podria perdre el control	2
Alta	Existeixen mesures per controlar el succés previst	1

E.2.4. Criteris per la valoració de la gravetat de les conseqüències

Taula E.2.4.1. Criteris per valorar la gravetat de les conseqüències.

Gravetat de les conseqüències		Valor S
Alta	Conseqüències greus per danys greus en la instal·lació, afeccions greus a les persones i/o al medi ambient, quan en aquest últim cas es sobrepassen els límits de les instal·lacions. <ul style="list-style-type: none"> - Incendi de substàncies o materials amb despreniment de gasos molt tòxics - Vessament de substàncies tòxiques o perilloses en el medi aquàtic receptor que afecten a la qualitat de les aigües residuals i al funcionament de la EDAR 	5

Mitja	<p>En aquest grup s'enquadren els danys personals i danys importants en l'interior de la instal·lació, les repercussions ambientals circumscrites a l'interior de les instal·lacions, i les afeccions a les persones i al medi ambient que sobrepassen el límit de les instal·lacions no catalogables com greus.</p> <ul style="list-style-type: none">- Incendi limitat en l'interior de les instal·lacions- Vessament d'una substància perillosa en l'interior de les instal·lacions amb generació de quantitats relativament importants de residus perillosos- Vessament de contaminants no perillosos en quantitats i/o concentracions que sobrepassen els límits autoritzats i que poden causar algún tipus d'afecció al medi receptor no catalogable com greu	3
Baixa	<p>En aquest grup s'enquadren els danys menyspreables i lleugers en l'interior de la instal·lació, les repercussions ambientals menyspreables o lleugeres circumscrites a l'interior de les instal·lacions.</p> <ul style="list-style-type: none">- Vessaments de petites quantitats de substàncies perilloses amb generació de residus perillosos- Deteriorament de materials amb generació de residus no perillosos- Danys de diversa índole en les instal·lacions que no alteren sensiblement la seva capacitat de funcionament	1

F. AVALUACIÓ ECONÒMICA

F.1. Càlcul de costos pels filtres

F.1.1. Càlcul de costos pel filtre F-101

Per calcular els costos del filtre F-101, s'utilitza la següent equació que descriu el cost d'equipament per un filtre de tipus *pulse jet* segons Turner, Viner, Jenkins, et al., 1987.^[10]

$$\text{Cost equip (€)} = 9688 + 5,552 \cdot ft^2 \quad (\text{F.1.1.1})$$

$$\text{Cost equip} = 9688 + 5,552 \cdot 14,30 ft^2 = \text{€}9767,39 \quad (\text{F.1.1.2})$$

Com que no es requereix aïllament ni acer inoxidable, no hi ha cap cost afegit.

A partir de la Taula I de Turner, Viner, Jenkins, et al., 1987, es troba que els costos per àrea de les mànigues per a un filtre de tipus *pulse jet* amb extracció de les mànigues per la part superior, 5 1/8 inch de diàmetre de polièster és de €0,59/ft².

S'ha escollit aquest material per a les mànigues ja que és el més econòmic i no existeix cap requeriment especial en termes de condicions.

Es calcula el cost total de la tela:

$$\text{Cost tela} = \frac{\text{€}0,59}{ft^2} \cdot 14,30 ft^2 = \text{€}8,44 \quad (\text{F.1.1.3})$$

S'assumeixen diferents costos auxiliars estimats extrets de Turner, Viner, Jenkins, et al., 1987.

La següent taula mostra els costos directes pel filtre F-101.

Taula F.1.1.1. Costos pel sistema de filtració sobre-sitja de tipus *pulse jet* F-101.

Costos de la compra de l'equip	
Filtre	\$9784,45
Tela i mànigues	8,44
Equipament auxiliar	20900
	\$30675,82 = A
Instrumentació i control, 0,1A	3067,58
Taxes, 0,03A	920,27
Transport, 0,05 ^a	1533,79
	\$36197,47 = B
Costos directes d'instal·lació	

Disseny i implementació d'una unitat pel tractament dels gasos de combustió dels forns del procés

Fonaments i suports, 0,04B	1447,90
Muntatge i manipulació, 0,50B	18098,74
Elèctric, 0,08B	28995,80
Canonades, 0,01B	361,97
Red de conductes, 0,07B	2533,82
Pintura, 0,02B	723,95
Costos directes d'instal·lació totals	<hr/> \$26062,18
Costos directes totals	\$62259,65
Costos indirectes	
Enginyeria i supervisió, 0,10B	3619,75
Construcció i gastos de camp, 0,20B	7239,49
Tarifa de construcció, 0,10B	3619,75
Tarifa de posada en marxa, 0,01B	361,97
Tarifa d'actuació, 0,01B	361,97
Contingències, 0,03B	1085,92
Costos indirectes totals	<hr/> \$16288,86
Inversió de capital total	\$78548,51

Segons l'última actualització respecte el canvi de dòlars estatunidencs a EUR, 1€ equival a 0,91EUR. Així doncs, es conclou que la inversió de capital total en el filtre F-101 equivaldria a 71534,13€.

La següent taula mostra els costos anuals pel sistema de filtre de mànigues F-101.

Taula F.1.1.2. Costos anuals pel sistema de filtració sobre-sitja F-101.

Costos anuals directes	
Mà d'obra operativa	
Operador, 6 h/dia × 360 dies/any × €12/h	\$25920,00
Supervisor, 15% de l'operador	3888,00
Materials d'operació	-
Manteniment	
Mà d'obra, 3 h/dia × 360 dies/any × €13,20/h	14256,00
Material, igual als costos de mà d'obra	14256,00
Peces de recanvi, mànigues	7,28
Serveis	
Electricitat	126,45
Aire comprimit	9763,89
Eliminació de residus	7,17
Costos directes anuals totals	\$68224,78
Costos anuals indirectes	
Despeses generals, $0,6 \times (25920 + 3888 + 14256 + 14256) =$	34992,00
Impost a la propietat, $0,01 \times 78596,79 =$	785,49
Assegurança, $0,01 \times 78596,79 =$	785,49
Administració, $0,02 \times 78596,79 =$	1570,97
Cost de recuperació del capital, $(78596,79 - 28,16 - 59,81 \times 1,08) \times 0,1175 =$	9227,97
Costs indirectes anuals totals	\$47361,91
Cost anual total	\$116000,00 (arrodonit)

Pel cost de mà d'obra de recanvi de mànigues, s'han assumit 10 minuts per cada màniga. En aquest cas, només és necessària una unitat de màniga. El cost de mà d'obra pel manteniment es considera €21,12/h.

Els cost pel recanvi de les mànigues es calcula mitjançant la següent equació:

$$CRC_B = (C_B + C_L) \cdot CRF_B \quad (\text{F.1.1.4})$$

on:

CRC_B : cost de recanvi de les mànigues (\$/any)

C_B : cost inicial de les mànigues, incloent impostos i transport (\$)

C_L : cost de mà d'obra pel recanvi (\$)

CRF_B : factor de recuperació del capital (per un 10% de taxa d'interès i una vida útil de 2 dies, s'assumeix 0,5762).

Finalment,

$$CRC_B = \left[(\$8,44 \cdot 1,08) + \left(10 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot \frac{\$21,12}{1 \text{ h}} \right) \right] \cdot 0,5762 = \$7,28 \quad (\text{F.1.1.5})$$

El cost anual que suposa l'electricitat es calcula segons:

$$Cost_{electricitat} = 0,000181 \cdot Q_{vol}^{aire} \cdot \Delta P \cdot t \cdot Preu_{energia} = 0,000181 \cdot 58,86 \frac{ft^3}{min} \cdot 6,87 \text{ inch } H_2O \cdot 8640 \frac{h}{any} \cdot \frac{\$0,2}{kWh} = \$126,45 \quad (F.1.1.6)$$

Per calcular el cost de l'aire comprimit:

$$Cost_{aire \text{ comprimit}} = 2 \frac{scfm}{1000 \text{ acfm}} \cdot 58,86 \text{ acfm} \cdot \frac{\$0,16}{1000 \text{ scfm}} \cdot 60 \frac{min}{h} \cdot 8640 \frac{h}{any} = \$9763,89 \quad (F.1.1.7)$$

Per l'eliminació de residus, es suposa un cost de \$20/t dins el *site* per al 100% d'eficiència de recollida.

$$Cost_{eliminació \text{ residus}} = 0,16 \frac{g}{ft^3} \cdot \frac{1 \text{ lb}}{7000 \text{ g}} \cdot \frac{58,86 \text{ ft}^3}{min} \cdot \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{8640 \text{ h}}{1 \text{ any}} \cdot \frac{1 \text{ t}}{2000 \text{ lb}} \cdot \frac{\$20}{t} = \$7,17 \quad (F.1.1.7)$$

Els costos totals anuals del filtre F-101 són de 106000€.

F.1.2. Càlcul de costos pel filtre F-102

S'utilitza l'equació F.1.1.1 per calcular el cost d'equipament del filtre F-102 de tipus *pulse jet* segons Turner, Viner, Jenkins, et al., 1987.

$$Cost_{equip} = 9688 + 5,552 \cdot 83,46 \text{ ft}^2 = 410151,36 \quad (F.1.2.1)$$

Com que no es requereix aïllament ni acer inoxidable, no hi ha cap cost afegit.

A partir de la Taula I de Turner, Viner, Jenkins, et al., 1987 (Figura F.1.2.1), es troba que els costos per àrea de les mànigues per a un filtre de tipus *pulse jet* amb extracció de les mànigues per la part superior, $5^{1/8}$ inch de diàmetre de polièster és de \$0,59/ft².

Table I. Bag prices (3rd quarter 1986 \$/ft²).³

Type of cleaning	Bag diameter (inches)	Type of material ^a						
		PE	PP	NO	HA	FG	CO	TF
Pulse jet, TR ^b	4½ to 5½	0.59	0.61	1.88	0.92	1.29	NA	9.05
	6 to 8	0.43	0.44	1.56	0.71	1.08	NA	6.80
Pulse jet, BBR	4½ to 5½	0.37	0.40	1.37	0.66	1.24	NA	8.78
	6 to 8	0.32	0.33	1.18	0.58	0.95	NA	6.71
Shaker								
Strap top	5	0.45	0.48	1.28	0.75	NA	0.44	NA
Loop top	5	0.43	0.45	1.17	0.66	NA	0.39	NA
Reverse air with rings	8	0.46	NA	1.72	NA	0.99	NA	NA
	11½	0.47	NA	1.69	NA	0.76	NA	NA
Reverse air w/o rings	8	0.32	NA	1.20	NA	0.69	NA	NA
	11½	0.32	NA	1.16	NA	0.53	NA	NA

^a Materials:

PE = 16-oz polyester

PP = 16-oz polypropylene

NO = 14-oz Nomex

HA = 16-oz homopolymer acrylic

FG = 16-oz fiberglass with 10% Teflon

CO = 9-oz cotton

TF = 22-oz Teflon felt

NA = not applicable

^b Bag removal methods:

TR = Top bag removal (snap in)

BBR = Bottom bag removal

Figura F.1.2.1. Taula I extreta de Turner, Viner, Jenkins, et al., 1987. Preus de mànigues en el 3r quadrimestre de 1986 (\$/ft²).

S'ha escollit aquest material per a les mànigues ja que és el més econòmic i no existeix cap requeriment especial en termes de condicions.

Es calcula el cost total de la tela:

$$\text{Cost tela} = \frac{\$0,59}{ft^2} \cdot 101,38 ft^2 = \$49,24 \quad (\text{F.1.2.2.})$$

Com que el filtre té 7 mànigues, es calcula el cost total de les mànigues a partir de les següents equacions:

$$\text{Cost màniga} = 4,941 + 0,163 \cdot A_{màniga} \quad (\text{F.1.2.3})$$

$$\text{Cost màniga} = 4,941 + 0,163 \cdot 13,42 ft^2 = \$7,13/màniga \quad (\text{F.1.2.4})$$

$$\text{Cost total mànigues} = \frac{\$7,13}{màniga} \cdot 7 mànigues = \$49,90 \quad (\text{F.1.2.5})$$

S'assumeixen diferents costos auxiliars estimats extrets de Turner, Viner, Jenkins, et al., 1987.

La següent taula mostra els costos directes pel filtre F-101.

Taula F.1.2.1. Costos pel sistema de filtració sobre-sitja de tipus *pulse jet* F-101.

Costos de la compra de l'equip	
Filtre	\$10151,36
Tela i mànigues	99,14
Equipament auxiliar	62700
	\$72950,50 = A
Instrumentació i control, 0,1A	
Taxes, 0,03A	7295,05
Transport, 0,05 ^a	2188,51
	3647,52
	\$86081,59 = B
Costos directes d'instal·lació	
Fonaments i suports, 0,04B	3443,26
Muntatge i manipulació, 0,50B	43040,79
Elèctric, 0,08B	6886,53
Canonades, 0,01B	860,82
Red de conductes, 0,07B	6025,71
Pintura, 0,02B	1721,63
Costos directes d'instal·lació totals	\$61978,74
Costos directes totals	\$148060,33
Costos indirectes	
Enginyeria i supervisió, 0,10B	8608,16
Construcció i gastos de camp, 0,20B	17216,32
Tarifa de construcció, 0,10B	8608,16
Tarifa de posada en marxa, 0,01B	860,82
Tarifa d'actuació, 0,01B	860,82
Contingències, 0,03B	2582,45
Costos indirectes totals	\$38736,72
Inversió de capital total	\$186797,05

Segons l'última actualització respecte el canvi de dòlars estatunidencs a EUR, 1€ equival a 0,91EUR. Així doncs, es pot concloure que la inversió de capital total en el filtre F-102 equivaldria a 170116,07€.

La següent taula mostra els costos anuals pel sistema de filtre de mànigues F-102.

Taula F.1.2.2. Costos anuals pel sistema de filtració F-102.

Costos anuals directes	
Mà d'obra operativa	
Operador, 6 h/dia × 360 dies/any × €12/h	\$25920,00
Supervisor, 15% de l'operador	3888,00
Materials d'operació	-
Manteniment	
Mà d'obra, 3 h/dia × 360 dies/any × €13,20/h	14256,00
Material, igual als costos de mà d'obra	14256,00
Peces de recanvi, mànigues	46,87
Serveis	
Electricitat	192,23
Aire comprimit	10018,60
Eliminació de residus	77,42
Costos directes anuals totals	\$68655,11
Costos anuals indirectes	
Despeses generals, $0,6 \times (25920 + 3888 + 14256 + 14256) =$	34992,00
Impost a la propietat, $0,01 \times 187097,12 =$	1867,97
Assegurança, $0,01 \times 187097,12 =$	1867,97
Administració, $0,02 \times 187097,12 =$	3735,94
Cost de recuperació del capital, $(187097,12 - 3,52 - 10,25 \times 1,08) \times 0,1175 =$	21939,10
Costs indirectes anuals totals	\$64402,98
Cost anual total	\$133000,00 (arrodonit)

Pel cost de mà d'obra de recanvi de mànigues, s'han assumit 10 minuts per cada màniga. Com que es tenen 8 mànigues, el cost de mà d'obra pel manteniment es considera €21,12/h.

Els cost pel recanvi de les mànigues es calcula mitjançant l'equació F.1.2.6

$$CRC_B = [(\$49,24 \cdot 1,08) + (80 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot \frac{\$21,12}{1 \text{ h}})] \cdot 0,5762 = \$46,87 \quad (\text{F.1.2.6})$$

El cost anual que suposa l'electricitat es calcula segons:

$$Cost_{electricitat} = 0,000181 \cdot Q_{vol}^{aire} \cdot \Delta P \cdot t \cdot Preu \text{ energia} = 0,000181 \cdot 60,39 \frac{ft^3}{min} \cdot 10,18 \text{ inch } H_2O \cdot 8640 \frac{h}{any} \cdot \frac{\$0,2}{kWh} = \$192,23 \quad (\text{F.1.2.7})$$

Per calcular el cost de l'aire comprimit:

$$Cost_{aire \text{ comprimit}} = 2 \frac{scfm}{1000 \text{ acfm}} \cdot 60,39 \text{ acfm} \cdot \frac{\$0,16}{1000 \text{ scfm}} \cdot 60 \frac{min}{h} \cdot 8640 \frac{h}{any} = \$10018,60 \quad (\text{F.1.2.8})$$

Per l'eliminació de residus, es suposa un cost de \$20/t dins el *site* per al 100% d'eficiència de recollida.

$$Cost_{eliminació\ residus} = 1,73 \frac{g}{ft^3} \cdot \frac{1\ lb}{7000\ g} \cdot \frac{60,39\ ft^3}{min} \cdot \frac{60\ min}{1\ h} \cdot \frac{8640\ h}{1\ any} \cdot \frac{1\ t}{2000\ lb} \cdot \frac{\$20}{t} = \$77,42 \quad (F.1.2.9)$$

Els costos totals anuals del filtre F-102 són de 121000€.

F.2. Càlcul de costos pel precipitador electrostàtic^[11]

Els costos anuals directes d'un precipitador electrostàtic (PES) inclouen despeses com la mà d'obra (operació i supervisió), materials per a l'operació, peces de recanvi com ara rapers i elèctrodes, manteniment (tant mà d'obra com materials), serveis públics, eliminació de pols i tractament d'aigües residuals per a aigua humida. PES. Aquests costos poden variar significativament en funció de la ubicació i el temps, de manera que s'han d'adaptar al sistema ESP específic que s'està avaluant.

El funcionament adequat i la supervisió d'un precipitador electrostàtic (PES) són crucials per complir amb les normatives d'emissions i minimitzar els costos. Els PES són equips cars, i fins i tot els ben dissenyats es poden deteriorar ràpidament sense un manteniment adequat, cosa que comporta una substitució prematura. El funcionament i el manteniment efectius no només estalvien diners, sinó que també demostren els esforços de compliment a les agències de control de la contaminació. Tenir una persona dedicada responsable de coordinar tot el programa d'operació i manteniment dóna millors resultats en comparació amb les responsabilitats departamentals fragmentades. Aquest coordinador, sovint un enginyer, connecta amb diversos departaments, informa a la direcció de la planta i assegura un funcionament de el PES sense problemes. A les empreses amb diverses plantes, aquesta persona supervisa tots els PES i el temps que dediquen a les tasques relacionades amb el PES es converteix en una despesa operativa.

Aquest cost es pot expressar de la següent manera:

$$A.C. = X(LCC) \quad (F.2.1)$$

On:

A.C. = cost anual de coordinació (\$/any).

X = Fracció de temps invertit al PES.

LCC = cost anual individual del coordinador del PES (\$/any).

La informació d'on s'han extret les dades pel manteniment de l'equip es troben a la Publicació No. EPA/625/1-85/017 amb la corresponent guia recomanada pel correcte manteniment de l'equip.

Malgrat això, una dada indicativa es que un col·lector amb una àrea de 100,000 ft² pot requerir fins a 15 hores de manteniment setmanals durant 44 setmanes durant l'any, amb un cost de treball per concepte de manteniment de \$12,5/hora.

$$MC = 0.01 \cdot LFCC + cost\ trbeall \quad (F.2.2)$$

On:

MC = cost anual de manteniment (\$/any). De forma que:
 = $0.01 \cdot FCC + 0.0825A$ per a àrees superiors a 50,000 ft².
 = $0.01 \cdot FCC + 4,125$ per sota a 50,000 ft².
 A = Àrea de plats del PES (ft²).
 FCC = Cost de compra del PES (\$).

Els costos d'electricitat venen associats al consum d'electricitat per a la ventilació del gas i també pel sistema de *rappet* electromagnètic.

$$F.P. = 0.000181(Q)(\Delta P)(\theta') \quad (F.2.3)$$

On:

F.P. = requeriment elèctric per ventilació (kWh/any)
 Q = Cabal volumètric d'aire (acfm).
 ΔP = Caiguda de pressió.
 θ' = temps d'operació anual (h/any).

El consum d'electricitat per a generar el camp elèctric és el següent:

$$O.P. = 1.94 \cdot 10^{-3} A \theta' \quad (F.2.4)$$

On:

O.P. = Potència anual d'operació del PES (kWh/any)
 A = Àrea del plat del precipitador (ft²)
 θ' = temps d'operació anual (h/any).

Els costos d'eliminació de pols impliquen la manipulació de la pols recollida que no es pot reutilitzar ni vendre. Normalment, les despeses són d'uns 20 a 30 dòlars per tona per als residus no perillosos, excloent el transport. L'abocador de residus perillosos podria costar molt més, unes 10 vegades més. Els costos són específics de la ubicació, influïts per factors com la distància de transport, les tarifes de manipulació i les tarifes de descàrrega d'abocadors. Si es coneixen aquestes variables, donen lloc a una relació relacionada.ç:

$$D.D. = 4.29 \cdot 10^{-6} G \theta' Q \cdot (T + TM \cdot D) \quad (F.2.5)$$

On:

D.D = Cost anual de gestió de residus (\$/any)
 G = Concentració de pols en l'entrada del PES (gr/ft³)
 θ' = temps d'operació anual (h/any).
 Q = Cabal volumètric d'aire (acfm).
 T = Costes de descàrrega (\$/tonelada)
 TM = Coste global de Descàrrega (\$/tonelada·milla)
 D = Distància de transport de pols.

Taula F.2.1. Costos anuals del precipitador electroestàtic.

Costos anuals directes	
Mà d'obra operativa	
Operador, 3 h/dia × 360 dies/any × €12/h =	\$12960
Supervisor, 15% de l'operador =	1944
Coordinador, 1/3 de l'operador =	4320
Materials d'operació	
Manteniment	
Mà d'obra operativa	\$12960
MC = 0.01 X €528,709 + €4,125	9412
Serveis	
Electricitat per al sistema de ventilació	21018
Electricitat per la operació	15940
Neteja de residus	155676
Total costos anuals directes	\$221270
Costos anuals indirectes	
Despeses generals, 0.6 X (12,960 + 1,944 + 12,044) =	16169
Impostos propietat, 0.01 X 1,184,308 =	11843
Costos d'assegurança, 0,01x1,184,308 =	11843
Administració, 0,02x1,184,308 =	23686
Cost de recuperació del capital, (1,184,308) X 0.1175 =	139156
Total costos indirectes anuals	\$202697
Cost anual total	\$424000

Els costos anuals indirectes inclouen elements com la recuperació del capital, l'impost sobre la propietat, les assegurances, els costos administratius (sovint es coneix com a "G&A" o costos generals i administratius) i les despeses generals. El cost de recuperació de capital es calcula tenint en compte la vida útil de l'equip i el tipus d'interès anual. Tenint en compte un factor de conversió de 0,91EUR a dòlars estatunidencs, el cost anual total del precipitador electroestàtic és d'aproximadament 395000€

Per als PES (Precipitadors Electroestàtics), la seva vida útil varia de 5 a 40 anys, sent habituals 20 anys. A l'hora de calcular el cost de recuperació de capital dels PES, és recomanable basar-lo en el cost de capital instal·lat inicial. En essència: aquests costos indirectes engloben diversos factors més enllà de les despeses operatives directes.

$$CRC_s = TCI \cdot CRF_s \quad (F.2.6)$$

On:

CRCs = cost de recuperació de capital (\$/any)

TCI = Inversió total de capital (\$)

CRFs = Factor de recuperació de capital.

Això permet la determinació del cost anual total:

$$TAC = DC + IC - RC \quad (F.2.7)$$

On:

TAC = Cost anual total (€)

DC = Cost anual directe (€)

IC = Cost anual indirecte (€)

RC = Crèdits de recuperació anual (€)

Taula F.2.8. Costos de construcció del sistema del precipitador electroestàtic.

Costos directes	
Precipitador electroestàtic amb opcions estàndars	\$385358
Equipament auxiliar	\$62700
	448058
Instruments de control, 0,1A	\$44806
Impostos, 0,03A	\$13,442
Transport, 0,05A	\$22403
Cost total de l'equip comprat	\$528709
Costos instal·lació directes	
Bases i suports, 0,04B	\$21148
Manipulació	264355
Electrificació, 0,08B	42297
Canonades	5287
Aïllament canonades, 0,02B	10574
Pintura dels equipaments, 0,02B	10574
Total costos directes instal·lació	\$354235
Total costos instal·lació	\$882944
Costos indirectes	
Enginyeria i supervisió, 0,2B	105742
Construcció, 0,2B	105742
Impostos per construcció, 0,1B	52871
Factures per proves de funcionament i estudi de model	21148
Contingències, 0,03B	15861
Total costos indirectes	\$301364
Total inversió de capital	\$1184308

La inversió de capital total pel precipitador electroestàtic és d'aproximadament 1104000€.

F.3. Estudi econòmic

Per tal de poder realitzar l'estudi econòmic emprant la metodologia VAN, s'ha realitzat el següent diagrama de fluxos de caixa.

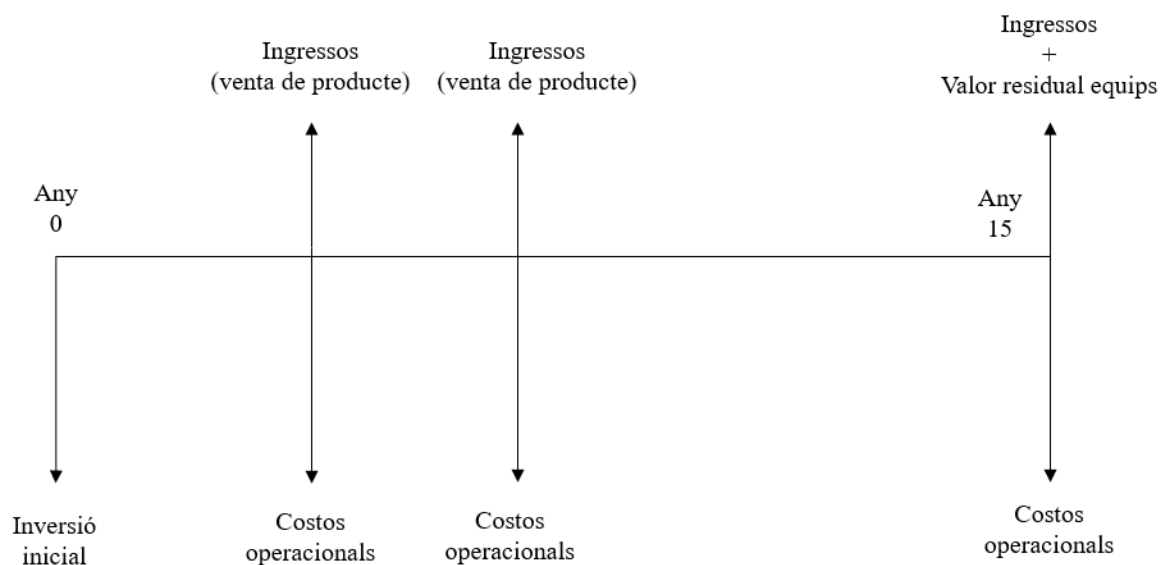


Figura F.3.1. Diagrama fluxos de caixa de l'estudi econòmic.

S'ha calculat el VAN del projecte d'acord amb la següent expressió:

$$VAN = I_{inicial} + \sum \frac{CF_n}{(1+k)^n} \quad (F.3.1)$$

D'igual manera, el *Payback Period*, s'ha calculat emprant la següent expressió:

$$PB = \frac{CF}{I_{inicial}} \quad (F.3.2)$$

La tasa interna de retorn de la inversió s'ha determinat de la següent manera:

$$ROI (\%) = \frac{I_{final} - I_{inicial}}{\text{Cost de la inversió}} \cdot 100 \quad (F.3.3)$$

G. FITXES DE SEGURETAT

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo el Reglamento (CE) No. 1907/2006

Versión 6.3

Fecha de revisión 12.04.2022

Fecha de impresión 18.03.2023

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa

1.1 Identificadores del producto

Nombre del producto : Sulfur dioxide

Referencia : 84692

Marca : Sigma-Aldrich

No. Índice : 016-011-00-9

REACH No. : 01-2119485028-34-XXXX

No. CAS : 7446-09-5

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados : Reactivos para laboratorio, Fabricación de sustancias

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía : Merck Life Science S.L.
Calle Maria de Molina 40
E-28006 MADRID

Teléfono : +34 916 619 977

Fax : +34 916 619 642

E-mail de contacto : serviciotecnico@merckgroup.com

1.4 Teléfono de emergencia

Teléfono de Urgencia : 900-868538 (CHEMTREC España)
+(34)-931768545 (CHEMTREC
internacional)

SECCIÓN 2. Identificación de los peligros

2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla

Clasificación de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008

Gases a presión (Gas licuado), H280

Toxicidad aguda, Inhalación (Categoría 3), H331


Corrosión cutáneas (Sub-categoría 1B), H314

Lesiones oculares graves (Categoría 1), H318


Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008

Pictograma	
Palabra de advertencia	Peligro
Indicación(es) de peligro	
H280	Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H331	Tóxico en caso de inhalación.
Declaración(es) de prudencia	
P260	No respirar el gas.
P280	Llevar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para los ojos/ la cara.
P303 + P361 + P353	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua.
P304 + P340 + P310	EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico.
P305 + P351 + P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.
P410 + P403	Proteger de la luz del sol. Almacenar en un lugar bien ventilado.
Declaración Suplementaria del Peligro	ninguno(a)

Etiquetado reducido (<= 125 ml)

Pictograma	
Palabra de advertencia	Peligro
Indicación(es) de peligro	
H331	Tóxico en caso de inhalación.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
Declaración(es) de prudencia	
P260	No respirar el gas.
P280	Llevar guantes/ ropa de protección/ equipo de protección para los ojos/ la cara.
P303 + P361 + P353	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagar la piel con agua.
P304 + P340 + P310	EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración. Llamar inmediatamente a un CENTRO DE TOXICOLOGÍA/ médico.
P305 + P351 + P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.

Declaración Suplementaria ninguno(a)
del Peligro

2.3 Otros Peligros

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

El contacto con líquido o gas refrigerado puede causar quemaduras frías y congelación.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancias

Formula : O₂S
Peso molecular : 64,06 g/mol
No. CAS : 7446-09-5
No. CE : 231-195-2
No. Índice : 016-011-00-9

Componente	Clasificación	Concentración
Dióxido de azufre		
No. CAS	7446-09-5	Press. Gas Liquefied gas; Acute Tox. 3; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; H280, H331, H314, H318
No. CE	231-195-2	
No. Índice	016-011-00-9	
		<= 100 %

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Recomendaciones generales

El socorrista necesita protegerse a si mismo. Mostrar esta ficha de seguridad al doctor que esté de servicio.

Si es inhalado

Tras inhalación: aire fresco. Llamar inmediatamente al médico. Tras parada respiratoria: inmediatamente respiración instrumental. Aplicar oxígeno en caso necesario.

En caso de contacto con la piel

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas. Aclararse la piel con agua/ducharse. Llame inmediatamente al médico.

En caso de contacto con los ojos

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo. Retirar las lentillas.

Por ingestión

Tras ingestión: hacer beber agua (máximo 2 vasos), evitar el vómito (ipeligro de perforación!). Llame inmediatamente al médico. No proceder a pruebas de neutralización.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Los síntomas y efectos más importantes conocidos se describen en la etiqueta (ver sección 2.2) y / o en la sección 11

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

Sin datos disponibles

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

Medios de extinción apropiados

Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

Óxidos de azufre

No combustible.

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Permanencia en el área de riesgo sólo con sistemas de respiración artificiales e independientes del ambiente. Protección de la piel mediante observación de una distancia de seguridad y uso de ropa protectora adecuada .

5.4 Otros datos

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: No respirar los gases. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Equipo de protección individual, ver sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Taponar la fuga y sacar el cilindro al exterior, si ello no ofrece peligro.

6.4 Referencia a otras secciones

Para eliminación de desechos ver sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura

Trabajar bajo campana extractora. No inhalar la sustancia/la mezcla. Evítese la generación de vapores/aerosoles.

Medidas de higiene

Sustituir inmediatamente la ropa contaminada. Protección preventiva de la piel. Lavar cara y manos al término del trabajo.

Ver precauciones en la sección 2.2

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento

Bien cerrado. Mantenerlo encerrado en una zona unicamente accesible por las personas autorizadas o calificadas. Alejado de sustancias inflamables y de fuentes de calor.

Contenidos bajo presión.

Clase de almacenamiento

Clase de almacenamiento (TRGS 510): 2A: Gases

7.3 Usos específicos finales

Aparte de los usos mencionados en la sección 1.2 no se estipulan otros usos específicos

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

Componentes con valores límite ambientales de exposición profesional.

Componente	No. CAS	Parámetros de control	Valor	Base
Dióxido de azufre	7446-09-5	TWA	0,5 ppm 1,3 mg/m ³	Europa. Directiva 2017/164/UE de la Comisión por la que se establece una cuarta lista de valores límite de exposición profesional indicativos
	Observaciones	Indicativo		
		STEL	1 ppm 2,7 mg/m ³	Europa. Directiva 2017/164/UE de la Comisión por la que se establece una cuarta lista de valores límite de exposición profesional indicativos
		Indicativo		
		VLA-ED	0,5 ppm 1,32 mg/m ³	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos - Tabla 1: Límites Ambientales de exposición profesional
		VLA-EC	1 ppm 2,64 mg/m ³	Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos - Tabla 1: Límites Ambientales de exposición profesional

8.2 Controles de la exposición

Protección personal

Protección de los ojos/ la cara

Use equipo de protección para los ojos probado y aprobado según las normas gubernamentales correspondientes, tales como NIOSH (EE.UU.) o EN 166 (UE).
Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

Protección Corporal

prendas de protección

Protección respiratoria

necesaria en presencia de vapores/nieblas. Nuestras recomendaciones sobre protección respiratoria se basan en las normas siguientes: DIN EN 143, DIN 14387 y otras normas relativas al uso de la protección respiratoria usada.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro tipo ABEK

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

Control de exposición ambiental

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

- | | |
|--|--|
| a) Estado físico | Gas licuado |
| b) Color | Sin datos disponibles |
| c) Olor | Sin datos disponibles |
| d) Punto de fusión/
punto de congelación | Punto/intervalo de fusión: -73 °C - lit. |
| e) Punto inicial de
ebullición e intervalo
de ebullición | -10 °C - lit. |
| f) Inflamabilidad
(sólido, gas) | El producto no es inflamable. |
| g) Inflamabilidad
superior/inferior o
límites explosivos | Sin datos disponibles |
| h) Punto de inflamación | Sin datos disponibles |
| i) Temperatura de
auto-inflamación | Sin datos disponibles |
| j) Temperatura de
descomposición | Sin datos disponibles |
| k) pH | Sin datos disponibles |
| l) Viscosidad | Viscosidad, cinemática: Sin datos disponibles
Viscosidad, dinámica: Sin datos disponibles |
| m) Solubilidad en agua | Sin datos disponibles |
| n) Coeficiente de
reparto n-
octanol/agua | No aplicable para sustancias inorgánicas |
| o) Presión de vapor | 1.779 mmHg a 21 °C |
| p) Densidad | 1,25 g/mL a 25 °C - lit. |
| Densidad relativa | Sin datos disponibles |
| q) Densidad relativa del | Sin datos disponibles |

- vapor
- r) Características de las partículas Sin datos disponibles
- s) Propiedades explosivas Sin datos disponibles
- t) Propiedades comburentes ningún

9.2 Otra información de seguridad

Densidad relativa del vapor 2,21 - (Aire = 1.0)

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Sin datos disponibles

10.2 Estabilidad química

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a temperatura ambiental).

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Riesgo de explosión con:

Flúor

hidruros

Peligro de ignición o de formación de gases o vapores combustibles con:

acetiluros

Peróxidos

azidas

cloratos

carburos

Reacción exotérmica con:

Acetileno

acroleína

Aminas

Amoniaco

halogenuros de halógeno

butadieno

Cloro

nitrocompuestos orgánicos

Óxido de etileno

Potasio

sodio

Agentes oxidantes fuertes

dióxido de nitrógeno

dietilo de cinc

10.4 Condiciones que deben evitarse

información no disponible

10.5 Materiales incompatibles

metales diversos

10.6 Productos de descomposición peligrosos

En caso de incendio: véase sección 5

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda

Oral: Sin datos disponibles

Estimación de la toxicidad aguda Inhalación - 4 h - 701 ppm - gas (Juicio de expertos)

Observaciones: Clasificado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008, Anexo VI (Tabla 3.1/3.2)

Estimación de la toxicidad aguda Inhalación - 4 h - 701 ppm - gas

(Juicio de expertos)

Observaciones: Clasificado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008, Anexo VI (Tabla 3.1/3.2)

Cutáneo: Sin datos disponibles

Corrosión o irritación cutáneas

Provoca quemaduras en la piel. Clasificado de acuerdo con el Reglamento (CE) 1272/2008, Anexo VI (Tabla 3.1/3.2)

Lesiones o irritación ocular graves

Provoca lesiones oculares graves.

Sensibilización respiratoria o cutánea

Sin datos disponibles

Mutagenicidad en células germinales

Sin datos disponibles

Carcinogenicidad

Sin datos disponibles

Toxicidad para la reproducción

Sin datos disponibles

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Sin datos disponibles

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Sin datos disponibles

Peligro de aspiración

Sin datos disponibles

11.2 Información Adicional

Propiedades de alteración endocrina

Producto:

Valoración

La sustancia/la mezcla no contienen componentes que tengan propiedades alteradoras endocrinas de acuerdo con el artículo 57(f) de REACH o el Reglamento delegado de la Comisión (UE) 2017/2100 o el Reglamento de la Comisión (UE) 2018/605 en niveles del 0,1 % o superiores.

RTECS: WS4550000

El producto causa severa destrucción de los tejidos de las membranas mucosas, el tracto respiratorio superior, los ojos y la piel., broncoconstricción, edema pulmonar
Según nuestras informaciones, creemos que no se han investigado adecuadamente las propiedades químicas, físicas y toxicológicas.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Sin datos disponibles

12.2 Persistencia y degradabilidad

Los métodos para la determinación de la degradabilidad biológica no son aplicables para las sustancias inorgánicas.

12.3 Potencial de bioacumulación

Sin datos disponibles

12.4 Movilidad en el suelo

Sin datos disponibles

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Esta sustancia/mezcla no contiene componentes que se consideren que sean bioacumulativos y tóxicos persistentes (PBT) o muy bioacumulativos y muy persistentes (vPvB) a niveles del 0,1% o superiores.

12.6 Propiedades de alteración endocrina

Producto:

Valoración : La sustancia/la mezcla no contienen componentes que tengan propiedades alteradoras endocrinas de acuerdo con el artículo 57(f) de REACH o el Reglamento delegado de la Comisión (UE) 2017/2100 o el Reglamento de la Comisión (UE) 2018/605 en niveles del 0,1 % o superiores.

12.7 Otros efectos adversos

Sin datos disponibles

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos

Producto

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto. Cilindros a presión: desecharlos únicamente en estado vacío! Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas. Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

14.1 Número ONU

ADR/RID: 1079

IMDG: 1079

IATA: 1079

14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas

ADR/RID: DIOXIDO DE AZUFRE
IMDG: SULPHUR DIOXIDE
IATA: Sulphur dioxide
Passenger Aircraft: Not permitted for transport
Cargo Aircraft: Not permitted for transport

14.3 Clase(s) de peligro para el transporte

ADR/RID: 2.3 (8) IMDG: 2.3 (8) IATA: 2.3 (8)

14.4 Grupo de embalaje

ADR/RID: - IMDG: - IATA: -

14.5 Peligros para el medio ambiente

ADR/RID: no IMDG Contaminante marino: IATA: no
no

14.6 Precauciones particulares para los usuarios

Sin datos disponibles

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

La hoja técnica de seguridad cumple con los requisitos de la Reglamento (CE) No. 1907/2006.

Legislación nacional

Seveso III: Directiva 2012/18/UE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas. : TOXICIDAD AGUDA

Otras regulaciones

Obsérvense las restricciones considerando la protección maternal de acuerdo a las más rigurosas nacionales.

Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes.

15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se ha llevado a cabo una evaluación de la seguridad química

SECCIÓN 16. Otra información

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H280	Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.
H318	Provoca lesiones oculares graves.
H331	Tóxico en caso de inhalación.

Otros datos

La información indicada arriba se considera correcta pero no pretende ser exhaustiva y deberá utilizarse únicamente como orientación. La información contenida en este documento esta basada en el presente estado de nuestro conocimiento y es aplicable a las precauciones de seguridad apropiadas para el producto. No representa ninguna garantía de las propiedades del producto. La Corporación Sigma-Aldrich y sus Compañías Afiliadas, no responderán por ningún daño resultante de la manipulación o

contacto con el producto indicado arriba. Dirijase a www.sigma-aldrich.com y/o a los términos y condiciones de venta en el reverso de la factura o de la nota de entrega. Copyright 2020 Sigma-Aldrich Co. LLC. Se autoriza la reproducción en número ilimitado de copias para uso exclusivamente interno.

La marca que aparece en el encabezado y/o el pie de página de este documento puede no coincidir visualmente con el producto adquirido mientras hacemos la transición de nuestra marca. Sin embargo, toda la información del documento relativa al producto permanece sin cambios y coincide con el producto solicitado. Para más información, póngase en contacto con mlsbranding@sial.com

SECCIÓN 1: IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

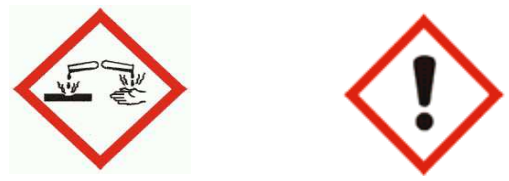
Nombre del producto:	SorbacalTM SPS		
Sinónimo/s:	Hidratar; cal hidratada con alto contenido de calcio; HL		
Nombre químico:	Hidróxido de calcio	Fórmula química:	Ca(OH)₂
Uso/s del producto:	Tratamiento de gases de combustión		
Fabricante:	Operaciones en EE. UU.: Lhoist Norteamérica 3700 Hulen St. Fort Worth, TX 76107 817-732-8164	Operaciones canadienses: Lhoist Norteamérica de Canadá, Inc. 20302-102B Ave. Langley, BC V1M 3H1 604-888-4333	

Teléfono de emergencia: Chemtrec 1-800-424-9300

SECCIÓN 2: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

Visión general de emergencia: SorbacalTM SPS es un polvo blanco inodoro. El contacto puede causar irritación en los ojos, la piel, el sistema respiratorio y el tracto gastrointestinal.

Pictogramas de peligro:



Efectos potenciales sobre la salud

- Ojos:** El contacto puede causar irritación grave o ardor en los ojos, incluido daño permanente. El contacto
- Piel:** puede causar irritación severa o ardor en la piel, especialmente en presencia de humedad. Este
- Ingestión:** producto puede causar irritación severa o ardor en el tracto gastrointestinal si se ingiere.
- Inhalación:** Este producto puede causar irritación severa del sistema respiratorio. La exposición prolongada puede causar daños permanentes. SorbacalTM SPS no está catalogado por MSHA, OSHA o IARC como carcinógeno. Sin embargo, este producto puede contener trazas de sílice cristalina en forma de cuarzo o cristobalita, que la IARC ha clasificado como carcinógeno humano del Grupo I cuando se inhala. La inhalación de sílice también puede provocar un trastorno pulmonar crónico, la silicosis.

Posibles efectos ambientales: Este material es alcalino y si se libera al agua o al suelo húmedo provocará un aumento del pH.

SECCIÓN 3: COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES

Ingrediente	Químico Fórmula	Común Nombre	Conc. (%)	CAS
Hidróxido de calcio	Ca(OH) ₂	Cal hidratada	> 90	1305-62-0
Óxido de magnesio	MgO	periclasa	< 3	1309-48-4
Carbonato de calcio	CaCO ₃	Caliza	< 3	1317-65-3
Carbonato de sodio	N / A ₂ CO ₃	Ceniza de soda	< 3	497-19-8
Hidróxido de sodio	NaOH	Soda caustica	< 2	1310-73-2
Sílice cristalina	SiO ₂	Cuarzo	< 2	14808-60-7

(La sílice cristalina se informa como sílice total y no sólo la fracción respirable)

SECCIÓN 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Ojos:	Enjuague los ojos inmediatamente con cantidades generosas de agua o solución para lavado de ojos si no hay agua disponible. Tire hacia atrás el párpado mientras enjuaga para asegurarse de que se haya eliminado todo el polvo de Sorbacal TM SPS. Busque atención médica de inmediato si el enrojecimiento inicial de los ojos no elimina el irritante. No se frote los ojos.
Piel:	Cepille o elimine la mayor cantidad posible de Sorbacal TM SPS. Lave el área expuesta con grandes cantidades de agua. Si se quema gravemente o si la irritación persiste, busque atención médica de inmediato.
Inhalación:	Traslade a la víctima al aire libre. Busque atención médica. Si la respiración se detiene, dé respiración artificial.
Ingestión:	No induzca el vomito. Busque atención médica de inmediato. Nunca administre nada por vía oral a menos que el personal médico se lo indique.
Condiciones médicas Agravado por la exposición:	El contacto puede agravar los trastornos de los ojos, la piel, el tracto gastrointestinal y el sistema respiratorio.

SECCIÓN 5: MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

Riesgos de incendio:	Sorbacal TM SPS no es combustible ni inflamable. Sin embargo, reacciona vigorosamente con los ácidos y puede liberar calor suficiente para encender materiales combustibles en casos específicos. Sorbacal TM SPS no se considera un riesgo de explosión, aunque la reacción con ácidos u otros materiales incompatibles puede romper los contenedores.
Extinción adecuada <small>Medios de comunicación:</small>	Utilice químico seco o CO ₂ extintor para extinguir el fuego circundante.
Fuego Instrucciones de lucha:	Mantenga al personal alejado y contra el viento del fuego. Evite el contacto con la piel o la inhalación del polvo. Use equipo completo para combatir incendios (equipo Bunker completo) y protección respiratoria (SCBA).
Peligroso Productos de combustión:	No aplica

SECCIÓN 6: MEDIDAS DE LIBERACIÓN ACCIDENTAL

Procedimientos para derrames/fugas:	No use agua en derrames de material a granel. Utilice equipo de protección personal adecuado.
Derrames pequeños:	Utilice métodos secos para recoger los materiales derramados. Evite generar polvo. No limpiar con aire comprimido. Guarde los materiales recolectados en recipientes de plástico o de metal que no sean de aluminio, secos y sellados. Los residuos en las superficies se pueden lavar con agua.
Derrames grandes:	Utilice métodos secos para recoger los materiales derramados. Evacúe el área a favor del viento durante las operaciones de limpieza para minimizar la exposición al polvo. Guarde los materiales derramados en recipientes de plástico o de metal que no sean de aluminio, secos y sellados.
Contención:	Minimice la generación de polvo y evite la liberación masiva a alcantarillas o vías fluviales.
Limpiar:	Los restos de material se pueden lavar con grandes cantidades de agua. El equipo se puede lavar con una solución suave de vinagre y agua o con detergente y agua.

SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Manejo:	Mantener en recipientes de plástico o de metal que no sean de aluminio bien cerrados. Proteja los recipientes de daños físicos. Evite el contacto directo de la piel con el material. Evite respirar el polvo.
Almacenamiento:	Almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado. No lo almacene cerca de ácidos u otros materiales incompatibles. Mantener alejado de la humedad. No almacene ni envíe en contenedores de aluminio.

SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICIÓN / PROTECCIÓN PERSONAL

Ingrediente	OSHA PEL, TWA 8/40h (mg/m ³)	ACGIH TLV, TWA 8/40h (mg/m ³)	RELACIÓN DE NIOSH, TWA 8/40h (mg/m ³)	IDLH NIOSH (mg/m ³)
Hidróxido de calcio	15(polvo total) 5(respirable)	5	5	n / A
Óxido de magnesio	15(polvo total) 5(respirable)	10	n / A	750
Carbonato de calcio	15(polvo total) 5(respirable)	10	10(polvo total) 5(respirable)	n / A
Carbonato de sodio	15(polvo total) 5(respirable)	10	10(polvo total) 5(respirable)	n / A
Hidróxido de sodio	2	2	2	n / A
Sílice cristalina	10/(SiO ₂ % + 2)(respirable)	0.025 (respirable)	0,05 (respirable)	50

Controles de ingeniería: Proporcione ventilación adecuada para mantener los PEL.

Protección respiratoria: Utilice respiradores aprobados por NIOSH/MSHA si la concentración en el aire excede los PEL.

Protección de la piel: Utilice guantes y calzado adecuados para evitar el contacto con la piel y la posibilidad de quemaduras. La ropa debe cubrir completamente brazos y piernas. Si la cal entra en contacto con la ropa o los guantes, quítese la ropa y la cal inmediatamente.

Protección para los ojos: Utilice gafas de seguridad con protectores laterales o gafas de seguridad. No se deben usar lentes de contacto cuando se trabaja con productos de cal.

Otro: Deben estar disponibles fuentes/estaciones para lavado de ojos y duchas de emergencia.

SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Apariencia: Polvo blanco que fluye libremente	Olor: Inodoro	Estado físico: Sólido
Punto de fusión (°C/°F): diciembre 580/ 1076	Punto de ebullición (°C/°F): n / A	Densidad a Granel: 25-32 libras/pies cúbicos
Gravedad específica (Aparente) g/cc: 0,4 - 0,55 (Verdadero) g/cc: 2,2 - 2,4		
Presión de vapor (mm Hg): n / A	Densidad del vapor: n / A	Tasa de evaporación: n / A
pH (25°C/77°F): 12.5	Solubilidad en agua: Ligeramente soluble en agua a > 1,0 g/L a 25 ^o C	

SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Químicamente estable, pero reacciona lentamente con el CO atmosférico.2para formar carbonato de calcio. Consulte también Incompatibilidad a continuación.

Productos de descomposición peligrosos: No se produce

Peligroso Polimerización: No se produce

**Incompatibilidad/
Condiciones para evitar:**

Evite el contacto con metales como aluminio, latón y zinc. SorbacalTM SPS no debe mezclarse ni almacenarse con los siguientes materiales, debido al potencial de reacción vigorosa y liberación de calor:

Ácidos (a menos que sea en un proceso controlado)	Anhidridos de ácidos orgánicos
Compuestos fluorados reactivos	Compuestos nitroorgánicos
Compuestos bromados reactivos	Compuestos reactivos de fósforo
Metales reactivos en polvo	Compuestos interhalogenados

SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

ORL-RATA LD50: 7,340 MG/KG

ORL-MUS LD50: 7.300 MG/KG

SorbacalTM SPS no está catalogado por MSHA, OSHA o IARC como carcinógeno, pero este producto puede contener trazas de sílice cristalina, que ha sido clasificada por la IARC como cancerígena para los humanos cuando se inhala en forma de cuarzo o cristobalita.

La inhalación, el contacto con la piel y los ojos son las vías de exposición más probables. Este material es irritante para la piel y gravemente irritante para los ojos.

SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA**Ecotoxicidad:**

Debido al alto pH de este producto, se esperaría que produjera una ecotoxicidad significativa tras la exposición a organismos y sistemas acuáticos en altas concentraciones (> 1 g/L).

Destino ambiental:

Este material no muestra ningún efecto de bioacumulación ni toxicidad por concentración en la cadena alimentaria. Los valores altos de pH disminuirán rápidamente con el tiempo como resultado de la recarbonatación.

Este material puede usarse en la estabilización o remediación de suelos y mostrará muy poca movilidad en los suelos.

SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES DE ELIMINACIÓN

Deseche de acuerdo con todas las regulaciones ambientales federales, estatales y locales aplicables. Si este producto, tal como se suministra y sin mezclar, se convierte en un desecho, cumplirá con los criterios de desecho peligroso según se define en la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos de EE. UU. (RCRA) debido al pH.

SECCIÓN 14: INFORMACIÓN DE TRANSPORTE

SorbacalTM SPS no está clasificado como material peligroso por el DOT de EE. UU. y no está regulado por el Transporte de Mercancías Peligrosas (TDG) cuando se envía por cualquier medio de transporte.

SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**Regulaciones de la EPA de EE. UU.:**

Códigos SARA 311/312:no enlistado
Sustancia química tóxica SARA (40 CFR 372.65):no enlistado
SARA EHS (sustancia extremadamente peligrosa) (40 CFR 355):no enlistado , Límite
Cantidad de planificación (TPQ):no enlistado
Todos los ingredientes químicos figuran en la lista de inventario TSCA de la EPA de EE. UU.

OSHA/MSHA**Regulaciones:**

Contaminante del aire (29 CFR 1910.1000, Tabla Z-1, Z-1-A): 5 mg/M³TWA-8
MSHA:no enlistado
Sustancia específicamente regulada por OSHA (29 CFR 1910):no enlistado

Regulaciones estatales:

Consulte a las autoridades estatales y locales para obtener orientación. Los componentes que se encuentran en este producto pueden contener trazas de elementos inherentes de origen natural (como, entre otros,

arsénico y cadmio) que pueden estar regulados por la Proposición 65 de California y otras regulaciones estatales.

Canadá:

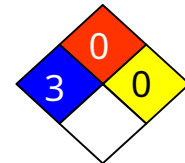
Clasificación WHMIS: Materiales "D2A" que causan otros efectos tóxicos

Clasificación WHMIS: Materiales corrosivos "E" (incluidos debido al efecto corrosivo sobre el aluminio)

Canadá DSL:[Listado](#)

SECCIÓN 16: OTRA INFORMACIÓN

Preparado por: Lhoist Norteamérica, Servicios técnicos 6 de agosto de 2012
 Fecha Preparada: agosto de 2012
 Revisión: 2012-1



Clase de peligro NFPA: Salud: 3 Inflamabilidad: 0 Inestabilidad: 0

Clase de peligro HMIS: Salud: 3* Inflamabilidad: 0 Peligro: 1 Protección personal: E
 Físico

Abreviaturas:

N / A	No disponible o no aplicable Agencia Internacional
IARC	para la Investigación del Cáncer Asociación
IATA	Internacional de Transporte Aéreo
ACGIH	Promedio ponderado en el tiempo de la Conferencia Americana de Higienistas
TWA	Industriales Gubernamentales
PEL	Límite de exposición permitido
TLV	Valor límite umbral
RELACIÓN	Límite de exposición recomendado
dic	Descomponer

Lhoist North America proporciona la información contenida en este documento de buena fe, pero no garantiza su exhaustividad o precisión. Este documento pretende ser únicamente una guía para el manejo preventivo adecuado del material por parte de una persona debidamente capacitada. Las personas que reciban esta información deben consultar a sus propios asesores técnicos y legales y/o ejercer su propio criterio para determinar si es apropiada para un propósito particular. Lhoist North America no ofrece ninguna representación ni garantía, ya sea expresa o implícita, incluidas, entre otras, garantías de comerciabilidad o idoneidad para un propósito particular con respecto a la información establecida en este documento o los productos a los que se refiere la información. En consecuencia, Lhoist North America no será responsable de ningún reclamo,