

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

GRAU D'ENGINYERIA QUÍMICA



Hugo Cortés Ramos

Laura Carrizosa Romero

Máximo Rodrigo Esquivel Silva

Marta Lorente Puerto

David Piqueras Díaz

Loris Tao Ribreau Soulier

Tutor: Josep Anton Torà

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

GRAU D'ENGINYERIA QUÍMICA

6. MEDI AMBIENT



ÍNDEX

6. Medi ambient	7
6.1 Introducció	7
6.2 Instruments obligatoris i/o de l'administració	9
6.2.1. Autorització, llicència i comunicació ambiental.....	9
6.2.1.1. Procediment i documentació per a l'Autorització Ambiental.....	10
6.2.2. Millores Tècniques Disponibles (MTD).....	10
6.2.3. Jerarquia de gestió de residus	11
6.2.4. Gestió de residus.....	12
6.2.4.1. Classificació i inventari de residus.....	13
6.2.4.2. Emmagatzematge intern i logística de residus	14
6.3 Gestió ambiental	14
6.3.1. Sistemes de Gestió Mediambiental: ISO 14001 i EMAS	15
6.3.1.1. Fases d'implantació del Sistema de Gestió Ambiental.....	16
6.3.2. Iniciativa Responsible Care	18
6.4 Contaminació acústica	18
6.4.1. Marc legal: Reial Decret 1367/2007	20
6.4.2. Fonts de soroll i compliment d'especificacions.....	21
6.5 Contaminació lumínica	21
6.5.1. Marc legal: Decret 190/2015 i zonificació.....	22
6.5.2. Normativa aplicable a la contaminació lumínica.....	23
6.5.3. Mesures de control i compliment	24
6.6 Avaluació de l'impacte ambiental (EIA)	25
6.6.1. Metodologia de la Matriu de Leopold	25
6.6.2. Estructura de la Matriu de Leopold adaptada a la planta	26
6.7 Programa de Vigilància Ambiental (PVA).....	28
6.7.1. Control d'emissions atmosfèriques	29
6.7.2. Control de vectors acústics i lumínics	29

6.7.3. Control de residus, sòls i aigües subterrànies.....	29
6.8 Residus sòlids industrials i el seu tractament	30
6.8.1. Catalitzador esgotat d'òxid de ferro i molibdè.	30
6.8.2. Materials adsorbents i fangs de purificació	31
6.8.3. Residus sòlids de manteniment mecànic.....	32
6.9 Emissions gasoses	32
6.9.1. Compliment normatiu i límits d'emissió	33
6.9.2. Emissions del venteig dels tancs d'emmagatzematge	33
6.10. Referències bibliogràfiques	35

6. Medi ambient

6.1 Introducció

El medi ambient es defineix com un sistema complex de factors físics, químics, biològics i socials capaços de causar efectes directes o indirectes, a curt o llarg termini, sobre els éssers vius i les activitats humanes. No es tracta només de l'entorn natural on es desenvolupa la vida, sinó que inclou també elements artificials, culturals i socioeconòmics que interactuen entre si.

Des de l'òptica de l'enginyeria, el medi ambient és el receptor de les externalitats de l'activitat industrial. Per tant, el seu manteniment implica gestionar aquest sistema de manera que es mantingui l'equilibri ecològic. En el context de la producció química, aquesta definició evoluciona cap al concepte de desenvolupament sostenible, on l'activitat humana s'ha d'ajustar a uns límits que permetin satisfer les necessitats actuals sense comprometre la capacitat de les generacions futures per satisfer les seves.

S'ha de tenir un compromís entre la sostenibilitat i el medi ambient. Per aquest motiu, la instal·lació es projecta sota l'economia circular, estructurant la gestió de recursos i residus al voltant d'un conjunt d'objectius estratègics ben definits:

- Fomentar l'economia circular: Transformar el model lineal tradicional en un sistema circular on el valor dels productes, els materials i els recursos es mantinguin en l'economia durant el màxim temps possible, minimitzant dràsticament la generació de residus no aprofitables. La representació d'aquesta es pot observar a la figura 6.1
- Reduir el consum de matèries primeres: Optimitzar la rendibilitat i eficiència del procés de fabricació de formaldehid mitjançant un ús responsable i racional dels recursos.
- Aconseguir la sostenibilitat i reduir la petjada de carboni: Mitigar l'impacte ambiental global de l'activitat industrial sobre l'entorn, implementant tecnologies netes que disminueixin les emissions de gasos amb efecte d'hivernacle i garanteixin la viabilitat de la planta.

Per assolir amb èxit aquests objectius, la planta de Methal Form Formaldehyde Solutions S.A. d'ara en endavant MF, materialitza la seva operació a través d'una estratègia basada en tres pilars fonamentals i consecutius de gestió:

1. **Reutilitzar:** Prioritzar la recuperació directa de corrents dins del mateix procés de manera immediata i sense transformacions estructurals per mitjà del reaprofitament de l'aigua de procés o la recirculació del metanol.

2. **Reciclar:** Tractar sistemàticament materials interns que, mitjançant una operació de purificació, filtració o condicionament, puguin reincorporar-se com a recursos útils en el cicle productiu de la mateixa planta.
3. **Valoritzar:** Transformant els corrents de rebuig en noves fonts de valor. Això inclou tant la valorització energètica com l'obtenció de subproductes comercialitzables, aconseguint que el residu final enviat a disposició o abocador sigui inferior.



Figura 6.1. Fonaments de l'economia circular

L'evolució de la indústria química en les darreres dècades ha marcat un canvi fonamental pel fet que la rendibilitat tècnica i econòmica d'un procés ja no s'entenen sense la seva viabilitat ambiental. La gestió mediambiental ha deixat de ser un tràmit per convertir-se en un pilar estratègic del desenvolupament sostenible. Perquè un procés productiu d'una fàbrica química sigui perfecte, el primer que s'ha de mirar és que sigui sostenible. Aquest terme es defineix per uns factors els quals estan relacionats entre si, aquests són el factor social, econòmic i mediambiental.

Aquest capítol té com a objectiu principal avaluar, prevenir i minimitzar l'impacte ambiental derivat del disseny i l'operació de la planta.

La naturalesa de l'activitat, que implica la transformació de matèries primeres inflamables i la generació de productes, exigeix un control exhaustiu sobre totes les fases del procés. Per garantir que la planta assoleixi els estàndards òptims de sostenibilitat, s'analitzen els instruments legals d'aplicació i s'integren les Millores Tècniques Disponibles (MTD) dictades per la Unió Europea per a la indústria química orgànica de gran volum.

Aquest apartat estableix les bases per demostrar que, mitjançant el disseny adequat i la implementació de sistemes de gestió ambiental reconeguts, és possible operar una planta química eficient mantenint un respecte absolut per l'ecosistema i la seguretat de l'entorn.

6.2 Instruments obligatoris i/o de l'administració

L'administració pública, a través del Departament de Territori i Sostenibilitat, estableix mecanismes de control per garantir que les activitats industrials operin sota paràmetres de protecció ambiental. El marc de referència a Catalunya és la Llei 20/2009 [2], del 4 d'octubre, de prevenció i control ambiental de les activitats (LPCAA).

Aquesta llei classifica les activitats en tres annexos segons el seu potencial impacte ambiental, determinant així el règim d'intervenció administrativa:

1. **Annex I** (Autorització ambiental): Activitats amb una incidència ambiental més elevada (equivalents a la normativa estatal IPPC).
2. **Annex II** (Llicència ambiental): Activitats amb incidència moderada.
3. **Annex III** (Comunicació ambiental): Activitats amb incidència escassa.

6.2.1. Autorització, llicència i comunicació ambiental

D'acord amb la Llei 20/2009, de prevenció i control ambiental de les activitats, la legislació catalana estableix diferents nivells d'intervenció administrativa segons l'impacte potencial de cada activitat.

En el cas de la planta de producció, l'activitat s'emmarca dins de l'Annex I, concretament en el sector de la indústria química orgànica de gran volum (LVOC).

El procés està subjecte al règim d'Autorització Ambiental amb declaració d'impacte ambiental (DIA). Aquesta autorització és un instrument d'intervenció integral que conforma en una sola resolució tots els permisos sectorials d'emissions atmosfèriques, abocaments, residus i sorolls. La seva obtenció és un requisit previ indispensable per a l'inici de la construcció i explotació de la planta, i obliga el titular a complir amb uns valors límit d'emissió (VLE) basats en les Millors Tècniques Disponibles (MTD).

És important destacar la diferència d'aquest tràmit respecte a les activitats amb menor incidència ambiental emmarcades a l'Annex II, les quals només requereixen una Llicència Ambiental que es resol en un termini màxim de sis mesos. Donada la complexitat i el gran volum de producció de MF, l'exigència administrativa és molt més estricta.

6.2.1.1. Procediment i documentació per a l'Autorització Ambiental

La sol·licitud per obtenir aquesta autorització s'ha de dirigir a l'Oficina de Gestió Ambiental Unificada (OGAU) corresponent. Per iniciar el tràmit previ a la construcció, l'empresa haurà de presentar un expedient exhaustiu, el qual ha d'incloure la següent documentació:

- **Projecte bàsic:** Una descripció detallada de l'abast de l'activitat, el procés d'oxidació catalític del metanol i les instal·lacions projectades.
- **Estudi d'Impacte Ambiental (EIA):** Document validat i signat per personal tècnic competent que avaluï les repercussions sobre l'entorn.
- **Documentació sobre accidents greus:** Informes preceptius segons la legislació sectorial. Aquest punt és crític atès que es manipulen substàncies altament inflamables com el metanol i tòxiques com el formaldehid.
- **Informe urbanístic:** Emès per l'ajuntament on s'ubicarà la planta per acreditar la compatibilitat de l'activitat amb el planejament urbanístic i la suficiència dels serveis.
- **Caracterització del sòl:** Informe sobre l'estat basal del sòl on s'emplaçarà l'activitat, indispensable per a activitats potencialment contaminants.
- **Designació de personal i confidencialitat:** Nomenament formal del personal tècnic responsable de l'execució del projecte i la declaració explícita d'aquelles dades de procés que requereixen confidencialitat.

Un cop presentada tota la documentació, el procés d'avaluació de l'Administració passa per diverses fases: verificació formal, anàlisi de suficiència tècnica, un període d'informació pública, i el corresponent tràmit d'audiència. Finalment, s'emet la proposta de resolució i la Declaració d'Impacte Ambiental, un procediment complex que legalment s'ha de dictar i notificar en un termini de vuit mesos.

Aquesta autorització caducarà si la planta no se sotmet a un control inicial un cop s'hagi posat en funcionament per verificar que s'adequa l'estudi presentat.

6.2.2. Millores Tècniques Disponibles (MTD)

Tal com s'indica en les especificacions del capítol, el disseny i l'operació de la planta s'alineen amb les Millores Tècniques Disponibles. Aquestes es defineixen com les tècniques més eficaces per evitar o reduir les emissions i l'impacte en el medi ambient, que siguin tècnicament i econòmicament viables.

Per a la fabricació de formaldehid, es pren com a referència el document BREF [14] (Best Available Techniques Reference Document) europeu relatiu a la Química Orgànica de Gran Volum (LVOC - Large Volume Organic Chemicals).

L'aplicació d'aquest document assegura que el procés utilitzat integra les millors pràctiques sectorials, com ara l'optimització de l'eficiència energètica del reactor, el control de les emissions de compostos orgànics volàtils i la gestió eficient de les aigües de procés.

6.2.3. Jerarquia de gestió de residus

La jerarquia de gestió de residus és un principi clau de la política ambiental que estableix un ordre de prioritats estrictes i seqüencial per a les accions de disseny, fabricació i gestió de materials, amb l'objectiu de minimitzar els impactes adversos sobre el medi ambient i la salut humana. Aquest concepte adoptat en l'àmbit europeu, s'estructura en cinc esglaons consecutius descendents: prevenció, preparació per a la reutilització, reciclatge, altres tipus de valorització com l'energètica i, com a última opció, l'eliminació o deposició en abocador controlat.

En el marc legal de Catalunya, aquest principi es regeix per la Llei 7/2022 [7], de 8 d'abril, de residus i sòls contaminats per a una economia circular, alineada amb la Directiva Marc de Residus de la Unió Europea.

Per a la planta, l'aplicació d'aquesta jerarquia és un element clau del disseny conceptual del procés Formox, assegurant que cada corrent de rebuig es tracti segons el seu màxim potencial de recuperació abans de ser considerat un residu final com es veu a la figura 6.2.



Figura 6.2. Seqüència de passos abans de considerar els residus finals.

A continuació, es detalla com s'aplica aquest ordre de prioritats en el procés de producció tal i com es pot veure a la figura 6.3:

- **Prevenció:** Constitueix l'esglaó més eficient. En el procés Formox, la prevenció s'aconsegueix mitjançant l'optimització de les condicions d'operació del reactor catalític per mitjà d'un catalitzador d'òxid de ferro i molibdè d'alta selectivitat. Això maximitza la conversió, reduint dràsticament la formació de subproductes no desitjats com el monòxid de carboni o l'àcid fòrmic.
- **Reutilització i Reciclatge:** Es prioritza la reincorporació de corrents interns. L'aigua generada com a subproducte en la mateixa reacció d'oxidació no es rebutja, sinó que es manté en el sistema per alimentar la part superior de la torre d'absorció, actuant com a dissolvent per absorbir el formaldehid gasós i ajustar la concentració desitjada.
- **Valorització energètica:** Els gasos de cua que surten de la part superior de la torre d'absorció no es poden reciclar directament per evitar l'acumulació d'inerts. En lloc d'emetre'ls, es condueixen cap a una altra torre d'absorció per separar i purificar el producte. L'energia tèrmica alliberada se sol valoritzar per generar vapor d'alta pressió, utilitzat posteriorment per accionar els compressors de la planta.
- **Eliminació:** Únicament aquells corrents sòlids o líquids que no es poden sotmetre a cap procés de recuperació tèrmica o material es destinen a eliminació mitjançant gestors autoritzats, sent el destí final la deposició controlada o la inertització química.



Figura 6.3. Orde de prioritat en el procés de producció de formaldehid de MF

6.2.4. Gestió de residus

La gestió de residus es defineix com el conjunt d'operacions logístiques, tècniques i administratives que tenen la finalitat de recollir, emmagatzemar de forma segura, transportar, tractar i disposar finalment les substàncies o materials obtinguts en una activitat industrial. Una gestió eficaç té com a objectiu garantir la traçabilitat completa del residu des del seu punt de generació fins a la seva destinació final, evitant qualsevol classe de contaminació creuada del sòl, de les aigües subterrànies o de l'atmosfera.

A les instal·lacions de MF, la gestió operativa es classifica d'acord amb la naturalesa dels residus generats durant les fases de funcionament i manteniment, dividint-se estrictament segons el codi de la Llista Europea de Residus (LER) en Residus Peril·losos (RP) i Residus No Peril·losos (RNP).

6.2.4.1. Classificació i inventari de residus

A. Residus Peril·losos (RP). Són aquells que presenten una o més de les característiques de peril·lositat inherent. En el procés, els principals corrents són:

1. **Catalitzador d'òxid de ferro i molibdè:** Es classifica segons el codi LER 16 08 02. És el residu més crític de la planta. El catalitzador perd activitat al cap d'uns 12-24 mesos d'operació i s'ha d'extreure del reactor multitubular. En tractar-se d'òxids de metalls pesants, és un residu sòlid perillós. Es recollirà en bidons tancats i s'enviarà a un gestor autoritzat extern per a la recuperació metal·lúrgica dels components químics principalment per a la recuperació del molibdè.
2. **Oli tèrmic (LER 13 02 05):** Es tracta d'un oli mineral utilitzat com a refrigerant el qual circula per la carcassa del reactor garantint el control estricte del perfil de temperatura del procés. Tot i que opera en un circuit tancat, l'oli tèrmic pateix fenòmens de degradació tèrmica i oxidació a causa de les altes temperatures de treball. Això provoca la pèrdua de les seves propietats de transmissió de calor i la formació de fangs que podrien embrutar l'intercanviador. Per aquest motiu, es requereix una substitució total del fluid aproximadament cada 5-8 anys, realitzant controls analítics anuals del seu estat per allargar la seva vida útil. Es classifica com a residu perillós. Quan es necessiti, serà retirat per un gestor de residus autoritzat per a la seva valorització energètica o, preferiblement, per a una regeneració química.
3. **Envasos plàstics o metàl·lics contaminats:** Es classifica segons el LER 15 01 10. Es tracta de bidons i contenidors que hagin contingut reactius de procés, additius o productes químics de laboratori de control de qualitat.
4. **Absorbents i draps contaminats:** Es classifica segons el codi LER 15 02 02. Correspon als materials utilitzats durant les tasques de manteniment preventiu en bombes o en la neteja de petites fuites de metanol o formaldehid.

B. Residus No Peril·losos (RNP). Són residus inerts o assimilables a urbans que no requereixen mesures crítiques de confinament, tot i que se sotmeten a recollida selectiva [4]:

1. **Ferralla metàl·lica:** Es classifiquen segons el LER 17 04 05 i són residus de canonades, brides o components mecànics substituïts durant les aturades de manteniment de la planta.

2. **Envasos no contaminats:** Es classifiquen segons el LER 15 01 01 / 15 01 02 on es troben cartó, palets de fusta i plàstics de l'embalatge de subministraments inerts.



Figura 6.4. Contenidors classificadors de la recollida selectiva

6.2.4.2. Emmagatzematge intern i logística de residus

Per assegurar el compliment de la normativa, es disposa d'un magatzem de residus dissenyat sota criteris de seguretat industrial:

- **Confinament i cubetes de retenció:** Tots els residus líquids perillosos s'ubiquen sobre cubetes de retenció individuals o col·lectives amb una capacitat igual al 100% del volum del dipòsit més gran, o al 10% del volum total emmagatzemat, evitant que qualsevol vessament accidental pugui fer malbé el terra de la planta.
- **Segregació i compatibilitat química:** Els residus s'agrupen per tipologies amb la finalitat d'evitar reaccions químiques perilloses. El magatzem es troba cobert per protegir els materials dels fenòmens meteorològics i de la radiació solar directa.
- **Etiquetatge i terminis:** Cada contenidor disposa d'una etiqueta homologada on figura el codi LER, les dades de la planta com a productor, la data d'inici de l'envasat i els pictogrames de perill corresponents. El termini màxim d'emmagatzematge a la planta és de sis mesos per als residus perillosos, obligant a programar recollides periòdiques amb l'Agència de Residus de Catalunya i el gestor de residus final triat.

6.3 Gestió ambiental

La gestió ambiental és un conjunt de mesures orientades a treballar de manera integral el sistema ambiental. És a dir, representa l'estratègia i els procediments perquè l'acció humana i l'activitat industrial afectin de la menor manera possible al medi ambient, amb l'objectiu d'aconseguir un desenvolupament sostenible.

Per a una planta de producció de formaldehid, on es manipulen substàncies perilloses com el metanol i el mateix formaldehid, la gestió ambiental no és només una obligació ètica, sinó que també és una necessitat operativa i legal.

Aquesta estratègia permet a l'empresa millorar la comprensió dels mecanismes de generació de contaminació, complir de manera proactiva amb la legislació vigent i reduir riscos associats a possibles accidents industrials.

Per estructurar aquesta gestió, la planta implementa Sistemes de Gestió Mediambiental (SGMA) reconeguts internacionalment i s'adherirà a programes sectorials d'excel·lència.

6.3.1. Sistemes de Gestió Mediambiental: ISO 14001 i EMAS

Un Sistema de Gestió Mediambiental és un mètode utilitzat per orientar a una organització a assolir i mantenir un funcionament conforme amb les finalitats establertes i responent eficaçment als canvis reglamentaris, socials i financers. Els SGMA aporten la base per avaluar que les operacions es duguin a terme conseqüentment amb la normativa mediambiental.

Per garantir l'excel·lència ambiental, la instal·lació adoptarà dues normatives fonamentals:

- **ISO 14001:** És una norma acceptada internacionalment que estableix com implantar un sistema de gestió ambiental eficaç. L'objectiu de l'aplicació de la normativa a la planta és gestionar l'equilibri entre el manteniment de la rendibilitat i la reducció de l'impacte mediambiental. Aquesta norma ens permetrà sistematitzar el control sobre les emissions atmosfèriques del reactor i la gestió de residus crítics com el catalitzador esgotat. Implantar aquest sistema també és una decisió estratègica de mercat. L'obtenció i exhibició d'aquesta certificació internacional la qual es pot veure a la figur 6.5, aporta els següents avantatges competitius:
 - **Prestigi i reputació corporativa:** Valida externament que la planta opera sota els estàndards ambientals més exigents, mitigant la percepció de risc associada a la indústria química.
 - **Obertura de mercats i captació de clients:** És un requisit contractual indispensable per homologar proveïdors, ja que en l'actualitat les grans multinacionals del sector químic i farmacèutic exigeixen aquesta certificació.
 - **Garantia de compliment legal:** Assegura el control estricte i l'actualització constant davant la normativa vigent en matèria d'emissions, sòls i residus peril·losos.
 - **Millora contínua:** Optimitza l'eficiència en el consum de recursos i minimitza els costos derivats de la gestió de residus.



Figura 6.5. Certificat ISO 14001

- Reglament EMAS [13] (Eco-Management and Audit Scheme): L'EMAS és una eina de gestió ambiental provinent de la normativa voluntària de la Unió Europea. Aquest reglament va un pas més enllà de l'ISO 14001, sent un símbol de gestió mediambiental modern i de transparència. La seva implantació obliga la planta a publicar una Declaració Ambiental periòdica verificada per organismes independents, on es detalla l'eficiència en el consum d'energia i el control de COV's, millorant la reputació i la confiança davant les autoritats i la societat.

6.3.1.1. Fases d'implantació del Sistema de Gestió Ambiental

La implantació del Sistema de Gestió Ambiental basat en la norma ISO 14001:2015 [16] a la planta s'estructura seguint el cicle de millora contínua PDCA de la figura 6.6 (Plan-Do-Check-Act). Aquest enfocament seqüencial assegura que els objectius ambientals es defineixen, s'executen, es monitoritzen i s'optimitzen.

Els passos per a l'establiment efectiu del sistema es divideixen en quatre grans blocs operatius:

1. Fase de Planificació (Plan): Constitueix la base del sistema i defineix el rumb ambiental de l'organització. Inclou les següents accions crítiques:

- Compromís de la direcció i política ambiental: Formulació d'una declaració pública institucional que defineixi el compromís de MethalForm Formaldehyde Solutions amb la prevenció de la contaminació, la millora contínua i el compliment legal.
- Revisió ambiental inicial: Diagnòstic exhaustiu per identificar la situació de partida de la planta, avaluant el teixit industrial i els entorns.
- Identificació d'aspectes i impactes ambientals: Determinació de totes les interaccions del procés amb el medi i l'avaluació de la seva importància.

- Requisits legals i objectius: Identificació i registre de tota la normativa aplicable i l'establiment de dades quantificables com el manteniment de les emissions de metanol per sota dels límits d'emissió.

2. Fase d'execució i implantació (Do): Consisteix a posar en pràctica tot el que s'ha planificat en l'etapa anterior.

- Definició d'estructura i responsabilitats: Assignació dels recursos humans, tecnològics i financers necessaris, nomenant un comitè de gestió ambiental responsable de coordinar el sistema.
- Formació i sensibilització: Programació de plans de capacitat tècnica per als operaris sobre la manipulació segura de substàncies químiques, gestió de residus perillosos i protocols de seguretat en el reactor.
- Comunicació i documentació: Establiment de canals de comunicació, i elaboració de la informació documentada obligatòria corresponent al manual del SGMA, procediments operatius estructurats, instruccions de treball i registres.
- Control operacional i resposta davant d'emergències: Disseny dels controls tècnics per a les operacions crítiques i definició del pla d'autoprotecció i emergència davant de possibles fuites o incendis químics.

3. Fase de verificació i control (Check): Destinada a supervisar el funcionament del sistema i mesurar-ne l'eficàcia.

- Seguiment i mesurament: Monitorització contínua i periòdica dels indicadors ambientals clau fixats en el Programa de Vigilància Ambiental (PVA).
- Avaluació del compliment legal: Verificació periòdica documentada per assegurar que la planta compleix amb la totalitat dels condicionants de l'Autorització Ambiental Unificada.
- Auditoria interna del SGMA: Realització d'inspeccions sistemàtiques i independents per part de personal auditor qualificat per determinar si el sistema s'adequa als requisits de la normativa i la correcta implantació.

4. Fase de revisió i millora (Act). Tanca el cicle aportant retroalimentació per reiniciar la planificació amb criteris de millora contínua. Els seus aspectes claus són:

- Revisió per la direcció: Anàlisi global dels resultats de les auditories, l'estat dels objectius assolits i les queixes o suggeriments de les parts interessades.
- Gestió de desviacions: Investigació de les causes de qualsevol anomalia detectada per executar accions correctores que n'evitin la repetició.

- Optimització sistemàtica: Formulació de nous objectius més ambiciosos per al següent període operatiu, consolidant la transició cap a una producció química completament neta i circular.



Figura 6.6. Passos cronològics per a l'establiment efectiu del sistema de millora contínua

6.3.2. Iniciativa Responsible Care

Més enllà de la certificació de les instal·lacions, l'empresa s'adherirà al programa Responsible Care. És la iniciativa global i voluntària del sector químic per la millora contínua de la seguretat, la salut i la protecció del medi ambient a totes les seves operacions, d'acord amb els principis del desenvolupament sostenible. A Espanya, la indústria química està representada per FEIQUE [15] (Federació Empresarial de la Indústria Química Espanyola), organisme encarregat d'impulsar aquesta iniciativa. L'adhesió a aquest programa aportarà els següents beneficis:

- Demostrar un compromís proactiu i transparent amb la sostenibilitat, operant de manera altament responsable.
- Formar part de la xarxa d'empreses químiques líders, les quals generen aproximadament el 70% de la producció química mundial sota aquests mateixos estàndards.
- Facilitar el compliment de la complexa legislació associada a la manipulació de substàncies perilloses, optimitzant alhora les condicions operacionals i de seguretat de la companyia.

6.4 Contaminació acústica

La contaminació acústica es defineix com la presència en el medi ambient de sorolls o vibracions per mitjà de qualsevol emissor acústic, que impliquin molèstia, risc o dany per a les persones, per al desenvolupament de les seves activitats o per als béns de qualsevol naturalesa, o que causin efectes significatius sobre el medi ambient.

En una planta química de producció de formaldehid, el control de les emissions sonores és un aspecte crític, ja que l'ús d'equips rotatius de gran potència i el transport de fluids a alta pressió poden generar nivells de soroll considerables que han de ser mitigats des de la fase de disseny. Industrialment, les emissions acústiques es classifiquen habitualment en tres categories principals segons el seu comportament:

- Soroll continu estable: Es caracteritza per mantenir un nivell de pressió sonora pràcticament constant amb variacions inferiors a 2 decibels al llarg del temps com per exemple en el cas de les bombes.
- Soroll no continu o fluctuant: Presenta oscil·lacions significatives i ràpides en la pressió sonora durant intervals de temps relativament curts, com pot ser el cas del trànsit de vehicles o les operacions de càrrega.
- Soroll intermitent: Es manifesta amb increments bruscos i notables del nivell sonor que duren menys de 15 minuts abans de retornar als nivells base de la instal·lació.

L'exposició prolongada a elevats nivells de soroll a les àrees d'operació constitueix un risc laboral important. Més enllà de la pèrdua d'audició induïda pel soroll, pot generar un increment de l'estrès i l'aparició de fatiga, factors que eleven de manera directa la probabilitat de patir accidents laborals. Per mitigar aquests impactes i protegir tant la salut humana com el medi ambient, és imprescindible realitzar un estudi i mesurament exhaustiu de les emissions acústiques, avaluant tant la immissió a l'interior de la planta de producció de formaldehid com la seva propagació cap a l'exterior de la parcel·la.

A les instal·lacions de MF, els nivells sonors es classifiquen prenent com a referència els criteris establerts per les normatives vigents i les recomanacions de l'Organització Mundial de la Salut (OMS):

- 10 - 30 dB: Nivell molt baix.
- 30 - 55 dB: Nivell baix o acceptable.
- 55 - 75 dB: Ambient sorollós.
- 75 - 100 dB: Soroll fort, requereix mesures de protecció i mitigació.
- > 100 dB: Soroll extremadament fort significant un risc greu per a la salut.

Per garantir el compliment d'aquest llimitar i evitar increments no desitjats deguts al desgast de components, s'implementarà un rigorós programa de manteniment preventiu i de control d'equips.

6.4.1. Marc legal: Reial Decret 1367/2007

El marc legal de referència per a aquest estudi és el Reial Decret 1367/2007, de 19 d'octubre, pel qual es desenvolupa la Llei 37/2003[4] del soroll, en el referent a zonificació acústica, objectius de qualitat i emissions acústiques. Aquesta normativa regula els límits de soroll i vibracions que la planta pot emetre. Zonificació acústica: La classificació de les àrees segons els límits d'emissió acústics es troben a la Taula 1, segons els criteris del Reial Decret.

Taula 6.1. Límits d'emissió acústica segons el tipus d'àrea (Reial Decret 1367/2007)

Tipus d'àrea acústica	Descripció	LKEQ,d (dB)	LKEQ,e (dB)	LKEQ,n (dB)
a	Sectors del territori amb predomini d'ús residencial	60	60	50
b	Sectors del territori amb predomini d'ús industrial	70	70	60
c	Sectors del territori amb predomini d'ús recreatiu i espectacles	70	70	75
d	Sectors del territori amb predomini d'ús terciari diferents del tipus c	65	65	55
e	Sectors amb ús sanitari, docent i cultural amb especial protecció	55	55	40

Font: Taula adaptada del Real Decret 1367/2007

Atès que la planta s'ubica en el polígon industrial de Tarragona, el terreny es classifica com a "Àrea tipus b" corresponent a sectors del territori amb predomini de sòl d'ús industrial.

Índexs d'avaluació: S'estableixen tres franges horàries per avaluar el soroll:

- **Període dia** (Ld), corresponent a la franja horària de 7:00 a 19:00.
- **Període tarda** (Le), corresponent a la franja horària de 19:00 a 23:00.
- **Període nit** (Ln), corresponent a la franja horària de 23:00 a 7:00.

Límits d'immissió per a noves activitats: Segons l'Article 24 del mateix decret, tota nova instal·lació industrial ha d'adoptar les mesures necessàries per no transmetre a l'exterior nivells superiors als legals.

Per a una àrea industrial corresponent al tipus b, els límits màxims establerts són:

- **Dia** (LKd): 65 decibels (dB).
- **Tarda** (LKe): 65 decibels (dB).
- **Nit** (LK_n): 55 decibels (dB).

Es compleixen els límits de la Taula 1 per a soroll transmès a l'interior i, segons l'Article 26, s'assegura que no es transmeten vibracions mecàniques que superin els límits de qualitat.

6.4.2. Fonts de soroll i compliment d'especificacions

Per a la realització d'aquest estudi acústic, s'identifiquen les fonts principals de soroll associades al reactor i als seus sistemes auxiliars:

1. **Compressor:** Equip crític pel seu soroll mecànic i aerodinàmic.
2. **Motors elèctrics:** Ventiladors de refrigeració i vibracions mecàniques.
3. **Vàlvules de control i canonades:** Soroll derivat de la turbulència del flux de gasos.
4. **Bombes de circulació:** Soroll hidràulic i de transmissió mecànica.

Tots els aparells i equips seleccionats per a aquest projecte compleixen estrictament amb les especificacions tècniques i els límits d'emissió definits en el Reial Decret 1367/2007 [8]. S'integren mesures correctores com l'ús d'aïllants acústics, silenciadors en les línies d'aspiració i descàrrega de gasos i zones antivibratòries per als equips rotatius. Es justifica que la planta no superarà els valors límit de 65/65/55 dB en el perímetre industrial, garantint així un impacte acústic mínim sobre l'entorn.

6.5 Contaminació lumínica

La contaminació lumínica es defineix com l'emissió de flux lluminós artificial en intensitats, direccions o rangs espectrals innecessaris per a la realització de les activitats previstes a la zona instal·lada. Aquest fenomen es manifesta principalment a través de la lluentor de fons o resplendor lluminosa nocturna, l'enlluernament i la intrusió de la llum en zones on no és requerida, alterant les condicions naturals de la foscor nocturna i afectant negativament els ecosistemes, la biodiversitat i la salut humana.

En una instal·lació industrial com en el cas de la planta de producció de formaldehid, la qual opera en règim continu de 24 hores, la il·luminació nocturna és un requisit indispensable per garantir la seguretat operacional dels treballadors, la vigilància del perímetre i la correcta visualització de la instrumentació de camp en àrees crítiques com és el cas del reactor i la zona d'emmagatzematge de metanol.

El disseny d'aquest sistema d'enllumenat s'executa sota criteris d'eficiència i prevenció per minimitzar l'impacte ambiental exterior.

6.5.1. Marc legal: Decret 190/2015 i zonificació

Per regular aquest impacte, la planta es regeix per la legislació catalana vigent, concretament la Llei 6/2001, de 31 de maig [1], d'ordenació ambiental de l'enllumenament per a la protecció del medi nocturn, i el seu desplegament mitjançant el Decret 190/2015 [3], de 25 d'agost. Aquesta normativa classifica el territori en diferents zones de protecció segons la seva vulnerabilitat a la contaminació lumínica.

El territori es classifica en diferents àrees de protecció per determinar els valors límit d'emissió cap al cel, l'enlluernament i la intrusió lumínica. L'establiment d'aquests objectius es regeix pels següents criteris de zonificació els quals es poden veure a la figura 6.7:

- **Zona E1:** Espais d'alt valor natural, parcs naturals o àrees properes a observatoris astronòmics on es requereix la preservació estricta de la foscor natural del cel nocturn. És la zona de màxima protecció.
- **Zona E2:** Zones periurbanes, sòl no urbanitzable o àrees rurals on es busca minimitzar la dispersió de llum artificial cap a l'entorn. Es requereix alta protecció.
- **Zona E3:** Àrees de sòl urbà d'ús residencial i comercial, així com zones d'ús industrial estàndard. S'admet una il·luminació viària i de seguretat amb protecció moderada.
- **Zona E4:** Espais que, per la seva activitat intensa durant les 24 hores o per requeriments molt estrictes de seguretat, justifiquen uns nivells d'il·luminació més elevats, com ara infraestructures de transport complexes o indústries amb operacions nocturnes crítiques i necessiten menor protecció.

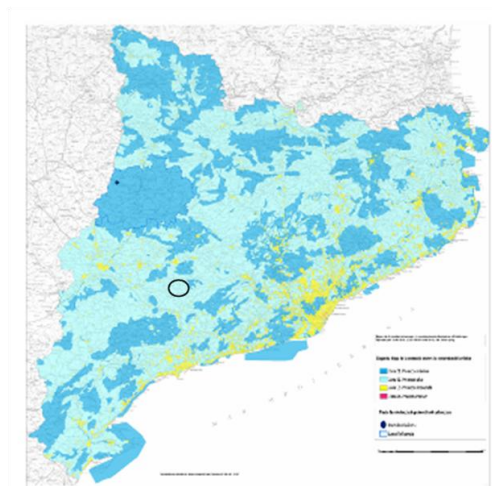


Figura 6.7. Zonificació del terreny segons la protecció lumínica

Segons la ubicació de la planta a l'àrea de Tarragona [7] i atès que es projecta en un sòl d'ús industrial, s'estableixen els següents paràmetres de compliment per a la instal·lació:

- Zonificació de la parcel·la: El polígon industrial es classifica com a Zona E3. Aquesta zona és l'adequada per a la il·luminació viària general dels accessos i l'activitat industrial logística estàndard cosa que permet un nivell de llum suficient per assegurar el trànsit i l'operativa logística.
- Requeriments de zona E4: Donat que la planta gestiona substàncies altament inflamables com són el metanol i el formaldehid, requereix vigilància visual constant. Es tenen requeriments estrictes de seguretat industrial i il·luminació d'emergència per facilitar les possibles intervencions nocturnes en els ambients de risc i zones classificades com a ATEX.

Tot i estar ubicada en àrees amb límits menys restrictius pel que fa a la llum, la normativa imposa l'obligació d'aplicar criteris de prevenció. Això implica l'ús de lluminàries eficients, on el flux lluminós es dirigeix exclusivament cap a terra per evitar l'emissió de llum cap al cel.

La instal·lació està dissenyada per complir amb tota la normativa vigent i es troba sota els límits legals de la contaminació lumínica, assegurant una il·luminació operativa i de seguretat eficaç amb una afectació mínima al medi ambient i al cel nocturn.

6.5.2. Normativa aplicable a la contaminació lumínica

El disseny, la instal·lació i l'operació del sistema d'enllumenat exterior es troben sotmesos a un marc normatiu estricte que incorpora des de la legislació d'àmbit autonòmic fins a directives europees. L'objectiu és garantir l'eficiència energètica, prevenir el buidatge de llum cap al cel nocturn i minimitzar els efectes de la resplendor sobre els ecosistemes.

Les normatives d'aplicació obligatòria s'estructuren de la següent manera:

- Àmbit Autonòmic:
 1. Llei 6/2001, del 31 de maig, d'ordenació ambiental de l'enlluernament per a la protecció del medi nocturn: Estableix els criteris bàsics de prevenció i correcció de la contaminació lumínica a Catalunya, regulant l'ús de lluminàries en funció de la zonificació de l'entorn.
 2. Decret 190/2015, del 25 d'agost, de desplegament de la Llei 6/2001. Desenvolupa reglamentàriament les condicions tècniques i els valors límit d'emissió del flux lluminós, definint paràmetres crítics.

- Àmbit Estatal:
 1. Reial Decret 1890/2008 [9], del 14 de novembre: Pel qual s'aprova el reglament d'eficiència energètica en instal·lacions d'enllumenat exterior i les seves instruccions tècniques complementàries. Aquesta norma fixa els requisits de rendiment energètic que han de complir els projectors de la parcel·la industrial.
 2. Llei 34/2007 [5], del 15 de novembre, de qualitat de l'aire i protecció de l'atmosfera. Marc legal que recull la contaminació lumínica com una forma de contaminació atmosfèrica basada en la introducció d'energia artificial en el medi.
 3. Llei 21/2013 [6], del 9 de desembre, d'avaluació ambiental la qual regula l'obligatorietat de valorar l'impacte del sistema lumínic dins de l'Estudi d'Impacte Ambiental global del projecte.
- Àmbit Europeu:
 1. Reglament (CE) n° 245/2009 [11] de la Comissió, del 18 de març del 2009. Aplica la Directiva 2005/32/CE en relació amb els requisits de disseny ecològic per a làmpades fluorescents i de descàrrega d'alta intensitat, regulant els components tècnics que poden operar en el sector industrial.
 2. Directiva 2009/125/CE [12] del Parlament Europeu i del Consell, del 21 d'octubre del 2009 el qual instaura el marc general per a l'establiment de requisits de disseny ecològic aplicables als productes relacionats amb l'energia, obligant a la implantació de tecnologies d'alta eficiència.

6.5.3. Mesures de control i compliment

El disseny de l'enllumenat exterior de la planta es realitza garantint que es compleixen tots els requisits legals del Decret 190/2015. Cal destacar que, per la mateixa naturalesa del procés químic de producció de formaldehid, pràcticament cap dels equips de procés emeten llum per si mateixos, de manera que l'impacte es limita exclusivament a l'enllumenat de suport instal·lat. Per assegurar el compliment, s'apliquen les següents estratègies:

1. **Orientació del flux:** Les lluminàries estan disposades garantint que la llum es dirigeixi exclusivament cap a terra i les zones de treball.
2. **Tecnologia LED d'eficiència:** S'utilitzen llums LED amb una temperatura de color adequada per minimitzar la dispersió de llum blanca-blava, per la protecció ambiental.
3. **Gestió horària:** S'implementen sistemes de regulació del flux lluminós per reduir la intensitat a partir de determinades hores de la nit en les zones no crítiques, mantenint només els nivells de seguretat necessaris.

6.6 Avaluació de l'impacte ambiental (EIA)

L'Avaluació de l'Impacte Ambiental (EIA) és un procediment tècnic i administratiu que té com a objectiu identificar, predir, interpretar i mitigar els efectes que l'execució d'un determinat projecte industrial pot causar sobre el medi ambient i la salut humana.

Aquesta eina analítica esdevé indispensable en l'enginyeria de processos, ja que permet integrar la variable ambiental des de la fase de disseny conceptual de la planta, garantint que l'activitat productiva es desenvolupi sota criteris de sostenibilitat i minimització de danys a l'entorn de forma proactiva.

Per a la planta, l'EIA permet ponderar com interactuen les diferents etapes des de la recepció de matèries primeres fins a l'emmagatzematge del producte final amb els factors ambientals del lloc d'implantació.

6.6.1. Metodologia de la Matriu de Leopold

Per a realitzar l'avaluació qualitativa i quantitativa dels impactes, es selecciona el mètode de la Matriu de Leopold.

Desenvolupada originalment pel Servei Geològic dels Estats Units, és una matriu de doble entrada que creua les accions del projecte que poden causar alteracions estructurals o operatives amb els factors ambientals de l'entorn que poden ser afectats. L'estructura de la matriu es fonamenta en els següents eixos:

- Accions del projecte: Representen les activitats o etapes de la planta que generen algun tipus de pertorbació. Es defineixen tant les accions de la fase de construcció com les operacions clau de la fase de funcionament. Corresponen a les columnes de la matriu.
- Factors ambientals: Representen els components del medi que poden rebre l'impacte, dividits en tres grans sistemes: medi físic, medi biòtic i medi socioeconòmic. Corresponen a les files de la matriu.

A cada cel·la on es preveu que una acció concreta generarà una alteració sobre un factor ambiental, es traça una línia diagonal i s'avaluen dos paràmetres numèrics en una escala de l'1 al 10. Els dos paràmetres que s'avaluen són els següents:

1. La magnitud: S'anota a la part superior esquerra de la cel·la i mesura l'escala de l'impacte. Fa referència a la quantitat física de l'alteració.

2. La importància: S'anota a la part inferior dreta de la cel·la i pondera la rellevància, la durabilitat o la transcendència d'aquella alteració.

Els valors assignats van precedits per un signe negatiu (–) si l'impacte perjudica l'entorn, o un signe positiu (+) si representa un benefici o una millora.

Per obtenir una lectura ràpida de l'estat ambiental del projecte, s'utilitza un codi de colors on els impactes negatius crítics o severs es mostren en tonalitats vermelles/taronges, els moderats en groc i els impactes positius en color verd. Finalment, es realitza un sumatori per files i columnes per identificar quines accions són les més agressives i quins factors reben una pressió més elevada.

6.6.2. Estructura de la Matriu de Leopold adaptada a la planta

A continuació, es presenta l'estructura formal de la Matriu de Leopold dissenyada per a MF la qual es pot observar a la taula 6.2. Les interaccions defineixen els punts on s'han d'avaluar numèricament la magnitud i la importància segons les dades de referència del projecte:

Taula 6.2 Representació de la matriu de Leopold de MF

		Emmagatzematge	Transport metanol	Compressor	Mescla i escalfament	Reactor	Generació d'Energia	Refredament	Absorbidor	Separació/purificació	Recirculació	Oficines i laboratoris	Càrrega i descàrrega
AMBIENT	Soroll i vibracions	-6 9	-3 7	-5 7	-5 7	-9 8		-5 7	-7 8	-6 8	-3 7	-5 7	-5 7
AIRE	Emissions i olors de COV's		-7 7			-7 8				-5 7		-5 8	-3 6
LLUM	Qualitat		-1 3									-6 5	-2 3
SÒL	Composició i qualitat	-4 4	-1 5										-3 5
SUBSÒL			-1 7										-2 5
RENOVABLES	Aigua	-5 6			-6 8			-6 8	-7 8			-3 6	-3 5
NO RENOVABLES	Oli tèrmic, plàstics	-5 6				-6 8							
	Energia elèctrica	-7 7		-6 8	-6 8	-6 9		-6 8	-4 8	-4 8		-3 7	
	Catalitzador (subs químc)	-5 6				-5 7							-6 8
PAISATGE	Paisatge de la zona												-5 7
POBLACIÓ	Treball		4 7	7 8	7 8			7 8	7 8	7 8	7 8	9 9	6 8
INFRAESTRUCTURA I SERVEIS	Accessos i carretera		6 8										-6 3
FACTORS ECONÒMICS	Economia	5 6	-3 8			7 8	6 7	4 5		6 7	4 5	4 6	-4 6

L'anàlisi de resultats obtinguts mitjançant la matriu permet extreure les conclusions definitives sobre la viabilitat ambiental del projecte en el seu entorn d'implantació. A través del sumatori dels valors d'importància i magnitud assignats a les interaccions, es pot avaluar el balanç net entre les alteracions negatives inherents al procés Formox i els impactes positius de caràcter socioeconòmic.

Les principals línies de conclusió que es deriven de l'estudi són les següents:

- Impactes en la fase de construcció: Es determinen com a impactes de caràcter temporal, reversible i de magnitud moderada-baixa. Les alteracions sobre el medi físic cessaran completament un cop finalitzat el muntatge mecànic de la planta, podent ser eliminades amb bones pràctiques d'obra.
- Impactes en la fase de funcionament: Tot i que la síntesi de formaldehid implica la manipulació de substàncies perilloses, la matriu demostra que els impactes potencials es mantenen en un rang altament controlat i compatible amb l'entorn. Això es deu al disseny preventiu de la planta on les emissions gasoses de metanol són inferiors a les establertes per la normativa, les cubetes de retenció eliminen el risc de contaminació de sòls per fuites, i l'aïllament d'equips absorbeix l'impacte acústic per sota dels 60 dB.
- Balanç socioeconòmic positiu: La matriu reflecteix clarament un fort impacte positiu i permanent en el sistema socioeconòmic local.

Com a conclusió, l'Avaluació de l'Impacte Ambiental determina que el projecte de la planta de formaldehid MF és ambientalment viable i sostenible. L'aplicació integrada de les Millores Tècniques Disponibles i el compliment estricte del programa de vigilància minimitzen els riscos ecològics, garantint un desenvolupament industrial segur i en perfecta harmonia amb la normativa vigent.

6.7 Programa de Vigilància Ambiental (PVA)

El Programa de Vigilància Ambiental és un instrument de control d'execució obligatòria que té com a finalitat garantir el compliment de les mesures correctores i protectores definides en l'Estudi d'Impacte Ambiental.

El PVA constitueix un sistema de seguiment operatiu i sistemàtic que permet verificar experimentalment la precisió de les prediccions d'impacte realitzades, detectar alteracions ambientals no previstes originades per l'activitat industrial i assegurar que els valors d'emissió es mantenen estrictament per sota dels Valors Límit d'Emissió (VLE) imposats per l'Autorització Ambiental.

S'ha dissenyat per supervisar de forma contínua o periòdica els vectors ambientals crítics associats a la síntesi de formaldehid. A continuació, es detallen els protocols de control:

6.7.1. Control d'emissions atmosfèriques

Aquest és el bloc més crític del programa donada la volatilitat i toxicitat de les matèries primeres i productes:

- Paràmetres a mesurar: Compostos Orgànics Volàtils totals, formaldehid gasós, metanol, monòxid de carboni i òxids de nitrogen.
- Punts de control: Totes les mesures es focalitzaran en els gasos de cua de les torres d'absorció.
- Freqüència: S'instal·larà un sistema de mesurament en continu per a l'oxigen com a indicadors de l'eficiència de la combustió, complementat amb analítiques isomètriques semestrals per part d'una Entitat de Control Ambiental (ECA) externalitzada per certificar les emissions de formaldehid i metanol.

6.7.2. Control de vectors acústics i lumínics

- Control acústic: Es realitzaran proves de quantificació del soroll de forma anual coincidint amb el règim de màxima capacitat de producció de la planta. S'avaluaran els nivells de pressió sonora en els límits de la parcel·la industrial, especialment a prop de les àrees on s'ubiquen els compressors d'aire i les bombes de fluid, garantint que no se superen els 60 dB establerts en el disseny tal com s'ha vist al llarg del capítol.
- Control lumínic: Es durà a terme una inspecció visual i de mesurament del flux lluminós instal·lat cada dos anys per comprovar que cap lluminària de la planta supera el flux establert i que es mantenen els criteris dins les zones.

6.7.3. Control de residus, sòls i aigües subterrànies

- Gestió de residus: Es mantindrà actualitzat en temps real el llibre de registre de productors de residus, verificant mensualment els volums emmagatzemats per garantir que cap residu perillós hi roman més de sis mesos.
- Sòls i aigües subterrànies: Per descartar qualsevol contaminació per fuites ocultes en els tancs d'emmagatzematge de metanol o formalina, es realitzarà una xarxa de piezòmetres perimetrals. Es faran analítiques d'aigües subterrànies amb caràcter anual controlant el carboni orgànic total (COT) i la presència de traces de metanol.

6.8 Residus sòlids industrials i el seu tractament

Els residus sòlids industrials es defineixen com aquells materials, substàncies o subproductes en estat sòlid o semisòlid que són descartats com a conseqüència directa de les operacions de transformació química, processos de purificació, activitats de manteniment o fluxos auxiliars.

El tractament d'aquests residus engloba el conjunt d'operacions físiques, químiques, tèrmiques o biològiques encaminades a modificar les seves característiques inherents, amb la finalitat de neutralitzar la seva perillositat, recuperar els components de valor material o energètic, i garantir un dipòsit final ambientalment segur i d'acord amb la legislació.

L'empresa es caracteritza per tenir una tecnologia altament neta que pràcticament no genera corrents residuals sòlids de forma contínua durant la reacció.

Es produeixen residus sòlids crítics de caràcter discontinu durant les operacions de manteniment preventiu i la renovació dels materials de reblliment dels equips. A continuació, es detallen els principals residus sòlids de la planta i el protocol tècnic establert per al seu tractament i disposició.

6.8.1. Catalitzador esgotat d'òxid de ferro i molibdè.

És el residu sòlid més significatiu i crític de la planta. El reactor multitubular opera amb un lilit catalític compost per òxids mixos de ferro i molibdè. .

Tal com s'ha vist, un cop extret del reactor en l'aturada tècnica, el material es confina en bidons metàl·lics estancs per evitar la dispersió de pols. El tractament no es realitza in situ, sinó que s'externalitza a un gestor de residus autoritzat especialitzat en metal·lúrgia extractiva o bescanvi iònic. El procés de tractament extern consisteix en una lixiviació química tal i com s'observa en la figura 6.8, per recuperar selectivament el molibdè i el ferro, reincorporant aquests metalls de gran valor a la cadena de subministrament de l'aliatge o de fabricació de nous catalitzadors, assolint així un objectiu d'economia circular.

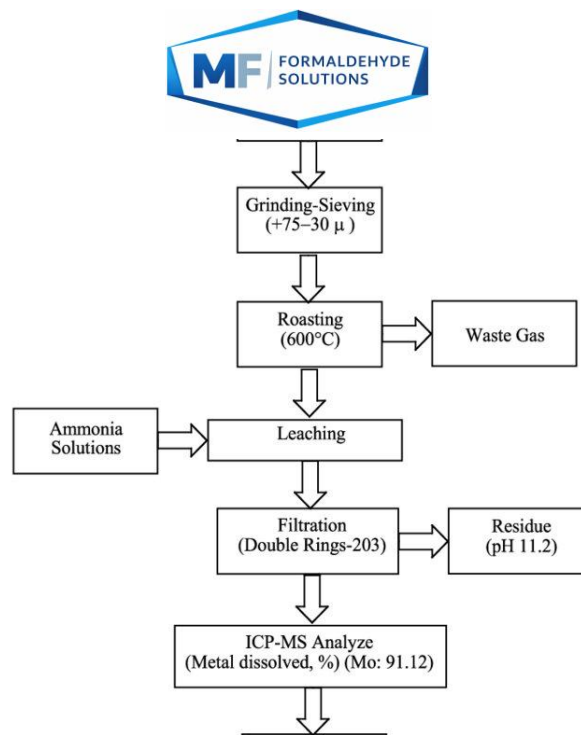


Figura 6.8. Diagrama de flux del procediment de la lixiviació química externa.

6.8.2. Materials adsorbents i fangs de purificació

Inclou els sòlids generats en els filtres de retenció de la línia de matèria primera per retenir traces de metalls o gomes, així com els draps, sepiolita i elements adsorbents utilitzats pels operaris. Aquests sòlids estan impregnats de metanol o formaldehid, fet que els confereix característiques de toxicitat i inflamabilitat.

Aquests residus es recullen en contenidors de polietilè d'alta densitat (PEAD) [9] tancats i ubicats en les cubetes de retenció del magatzem de residus. El seu tractament final consisteix en la incineració tèrmica controlada en plantes de tractament externes autoritzades.



Figura 6.9. Contenidors de polietilè d'alta densitat

6.8.3. Residus sòlids de manteniment mecànic

Ferralla metàl·lica de naturalesa inerta de l'acer inoxidable provinent de la substitució de tubs fets malbé del reactor, brides, vàlvules, juntes mecàniques o retalls de canonades durant les tasques de manteniment correctiu i preventiu de la planta.

Aquests materials se segregen directament en origen per evitar qualsevol contaminació creuada. S'emmagatzemen en contenidors oberts, com es mostra a la figura 10. El seu tractament és directament el reciclatge material, sent recollits per un gestor autoritzat que els trasllada a fonderies on es tornen a introduir en el cicle siderúrgic com a ferralla de recàrrega, eliminant al 100% la necessitat d'eliminació en abocador.



Figura 6.10. Contenidors metàl·lics oberts per als residus sòlids de manteniment mecànic

6.9 Emissions gasoses

Les emissions gasoses es defineixen com el conjunt de substàncies químiques gasoses, vapors, partícules o aerosols que són alliberats a l'atmosfera com a subproductes directes o indirectes d'un procés industrial.

En l'àmbit de l'enginyeria química, la gestió d'aquestes emissions és un dels vectors operacionals més estrictes, ja que molts d'aquests corrents contenen COVs o gasos de combustió que, en cas d'emetre's directament sense tractament, provocarien un deteriorament sever de la qualitat de l'aire, riscos de toxicitat local i una contribució directa a l'efecte d'hivernacle.

A MF, les emissions gasoses provenen principalment dels gasos de cua despresos a la part superior de la segona torre d'absorció.

6.9.1. Compliment normatiu i límits d'emissió

Per a operar de forma legal i segura, la instal·lació compleix rigorosament amb els límits imposats per la legislació ambiental d'emissions atmosfèriques, emmarcada en el Reial Decret 100/2011 [10], de 28 de gener, pel qual s'actualitza el catàleg d'activitats potencialment contaminadores de l'atmosfera, i sota les directrius del document de referència sobre les Millors Tècniques Disponibles per a la Química Orgànica de Gran Volum de la Unió Europea. Es compleixen amb la:

- Emissions de metanol inferiors a 35 ppmv: El disseny del sistema d'oxidació tèrmica i les torres d'absorció posteriors, asseguren la destrucció gairebé total del metanol residual, reduint la seva concentració a la xemeneia per sota dels valors màxims de 50 mg/Nm³ els quals corresponen a 35 ppmv de metanol. La quantitat de sortida de metanol és de 0.00001 en fraccions massiques resultant un valor de 9,04 ppmv, per tant la instal·lació emet un valor inferior als límits màxims permesos per la normativa catalana i estatal per a aquest tipus de compostos orgànics volàtils de classe B.

Amb aquests paràmetres operatius, MF demostra un compliment total de les condicions exigides en l'Autorització Ambiental, assegurant una operació neta que minimitza de forma contínua l'impacte d'emissions a l'ecosistema atmosfèric.

6.9.2. Emissions del venteig dels tancs d'emmagatzematge

Durant l'operació de buidatge i ompliment dels tancs d'emmagatzematge de metanol i formaldehid al 37%, es produeixen emissions gasoses associades al desplaçament de volum de gas present al tanc. Per tal de mantenir les condicions de pressió adequades i sobretot evitar l'entrada d'aire exterior, tots els tancs operen amb un sistema d'inertització amb nitrogen. Durant l'ompliment dels tancs amb reactius o productes, la introducció del líquid provoca un desplaçament a la part superior de la mescla gasosa existent, formada principalment per nitrogen amb restes de metanol per als tancs de reactius, o restes de formaldehid, metanol i aigua per als tancs de productes. Aquestes emissions no es poden alliberar directament a l'atmosfera, llavors es condueixen a l'àrea d'utilitats la qual disposa d'un sistema de tractament de gasos.

El tractament que se selecciona és un rentador de gasos anomenat scrubber que amb una certa quantitat d'aigua absorbeix els vapors de formaldehid i metanol presents en el corrent de nitrogen.



Aquesta tecnologia és especialment adequada pel fet que el formaldehid té una solubilitat elevada en aigua i el metanol és completament miscible en aquesta, així es permet la reducció de manera efectiva de les emissions dels compostos orgànics volàtils associats a les operacions d'emmagatzematge.

D'aquesta manera es garanteix el control complet de les emissions generades durant les operacions d'emmagatzematge, minimitzant l'impacte ambiental i contribuint al compliment dels requisits ambientals aplicables a la instal·lació.

6.10. Referències bibliogràfiques

[1] Comunitat Autònoma de Catalunya. (2001). Llei 6/2001, de 31 de maig, d'ordenació ambiental de l'enllumenament per a la protecció del medi nocturn. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, (3407), 8938-8944. Recuperat el 12 de maig de 2026, de portaljuridic.gencat.cat

[2] Comunitat Autònoma de Catalunya. (2009). Llei 20/2009, del 4 d'octubre, de prevenció i control ambiental de les activitats. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, (5482), 74811-74895. Recuperat el 25 de maig de 2026, de portaljuridic.gencat.cat

[3] Comunitat Autònoma de Catalunya. (2015). Decret 190/2015, de 25 d'agost, pel qual es desplega la Llei 6/2001, de 31 de maig, d'ordenació ambiental de l'enllumenament per a la protecció del medi nocturn. Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, (6946), 1-38. Recuperat el 2 de juny de 2026, de dogc.gencat.cat

[4] Jefatura del Estado. (2003). Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido. Boletín Oficial del Estado, (276), 40442-40456. Recuperat el 18 de maig de 2026, de boe.es

[5] Jefatura del Estado. (2007). Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. Boletín Oficial del Estado, (275), 46962-46987. Recuperat el 31 de maig de 2026, de boe.es

[6] Jefatura del Estado. (2013). Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Boletín Oficial del Estado, (296), 98118-98234. Recuperat el 5 de juny de 2026, de boe.es

[7] Jefatura del Estado. (2022). Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular. Boletín Oficial del Estado, (85), 47585-47754. Recuperat el 14 de maig de 2026, de boe.es

[8] Ministerio de la Presidencia. (2007). Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. Boletín Oficial del Estado, (254), 43214-43246. Recuperat el 22 de maig de 2026, de boe.es

[9] Ministerio de la Presidencia. (2008). Real Decreto 1890/2008, de 14 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de eficiencia energética en instalaciones de alumbrado exterior y sus instrucciones técnicas complementarias EA-01 a EA-07. Boletín Oficial del Estado, (279), 45988-46057. Recuperat el 1 de juny de 2026, de boe.es

[10] Ministerio de la Presidencia. (2011). Real Decreto 100/2011, de 28 de enero, por el que se actualiza el catálogo de actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera y se establecen las disposiciones básicas para su aplicación. Boletín Oficial del Estado, (25), 9494-9540. Recuperat el 19 de maig de 2026, de boe.es

[11] Unión Europea. (2009a). Reglamento (CE) nº 245/2009 de la Comisión, de 18 de marzo de 2009. Diario Oficial de la Unión Europea, L 76, 17-44. Recuperat el 3 de juny de 2026, de Diario Oficial de la Unión Europea, L 76, 17-44.

[12] Unión Europea. (2009b). Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009. Diario Oficial de la Unión Europea, L 285, 10-35. Recuperat el 27 de maig de 2026, de Diario Oficial de la Unión Europea, L 76, 17-44.

[13] Unión Europea. (2009c). Reglamento (CE) nº 1221/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de noviembre de 2009 (EMAS). Diario Oficial de la Unión Europea, L 342, 1-45. Recuperat el 4 de juny de 2026, de Diario Oficial de la Unión Europea, L 342, 1-45.

[14] European Integrated Pollution Prevention and Control Bureau [EIPPCB]. (2017). Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Large Volume Organic Chemicals. Joint Research Centre, European Commission. Recuperat el 15 de maig de 2026, de <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/production-large-volume-organic-chemicals>.

[15] Federación Empresarial de la Industria Química Española [FEIQUE]. (s.f.). Responsible Care: El programa global de la industria química para la sostenibilidad y la seguridad. Recuperat el 20 de maig de 2026, de <https://www.feique.org/responsible-care/>.

[16] International Organization for Standardization [ISO]. (2015). Sistemas de gestión ambiental — Requisitos con orientación para su uso (Norma ISO 14001:2015). Recuperat el 6 de juny de 2026, de [iso.org standard/60857.html](https://www.iso.org/standard/60857.html)

