



PLANTA PER LA FABRICACIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

TREBALL DE FINAL DE GRAU
ENGINYERIA QUÍMICA

Juny 2026

UAB
Universitat
Autònoma
de Barcelona

Escola
d'Enginyeria

Erik Benito
Alex García
Guillem Iglesias
Adrià Navarro
Mar Pastor
Alejandro Rasero

Tutor: Josep A. Torà





PLANTA PER LA FABRICACIÓ DE FORMALDEHID A PARTIR DE METANOL

TREBALL DE FINAL DE GRAU
ENGINYERIA QUÍMICA

Juny 2026

UAB
Universitat
Autònoma
de Barcelona

Escola
d'Enginyeria

Erik Benito
Alex García
Guillem Iglesias
Adrià Navarro
Mar Pastor
Alejandro Rasero

Tutor: Josep A. Torà



Taula de continguts

9.1 Introducció	2
9.2 Departaments de la planta	2
9.2.1 Departament de Direcció	2
9.2.2 Departament de Producció	3
9.2.3 Departament d'Enginyeria del procés	5
9.2.4 Departament de Manteniment.....	6
9.2.5 Departament d'Investigació i Desenvolupament	8
9.2.6 Departament de Qualitat.....	9
9.2.7 Departament de Seguretat, Salut i Medi Ambient	10
9.2.8 Departament de Logística	12
9.2.9 Departament d'Administració i Compres	13
9.3 Organigrama i personal de la planta	15
9.4 Calendari i organització dels torns	16
9.4.1 Calendari anual	16
9.4.2 Organització dels torns	16
9.5 Personal extern	17
9.6 Càrrega i descàrrega	18
9.7 Bibliografia.....	20

9.1 Introducció

Si es vol aconseguir un ambient segur, constant i rendible s'ha de confirmar el bon funcionament de la planta productiva. En aquest apartat, es descriuen les condicions operacionals de la planta, esmentant els paràmetres controlats, estratègies d'arrencada i aturada i les tècniques que assegurin l'estabilitat del sistema.

Com que es treballa amb un procés molt sensible tèrmicament i amb espècies perilloses com és el metanol, s'ha de detectar i controlar possibles desviacions per tal d'assegurar el funcionament òptim i segur. Conseqüentment, es parlarà de l'aprofitament energètic i els seus modes operatius.

Aquest capítol permet entendre i visualitzar l'organització del sistema operatiu en funcionament a partir de la sinergia entre equips rendibles i elements de control automatitzat que provoquen l'obtenció d'un sistema eficient i segur.

9.2 Departaments de la planta

Per garantir el bon funcionament de la planta, és necessari disposar d'una estructura que permeti cobrir totes les necessitats tècniques, operatives, logístiques i normatives. Seguidament, es presenten les diferents àrees de l'empresa, les seves funcions i el personal necessari per dur-les a terme.

El fet que tots els departaments treballin de manera coordinada i conjunta és molt important, encara que cadascun tingui unes funcions específiques. Una empresa és un equip conjunt, ja que l'eficiència o les dificultats d'una àrea poden afectar directament la resta. Per aquest motiu, cada departament de tenir la informació necessària per comprendre les necessitats de l'empresa en cada moment i poder actuar de forma coordinada davant qualsevol desviació que pugui alterar l'activitat de la planta.

9.2.1 Departament de Direcció

Parlant de la coordinació general de la planta i de la presa de decisions principals, el departament clau és el de Direcció. Aquest departament s'encarrega de supervisar el funcionament global de la instal·lació i assegurar que tots els departaments treballen de manera coordinada per complir els objectius de producció, qualitat, seguretat i rendibilitat.

En una planta de producció de formaldehid, la direcció té una funció molt important, ja que es tracta d'una instal·lació de funcionament continu on qualsevol desviació pot afectar la producció, la seguretat del procés o la qualitat del producte final. Per aquest motiu, és necessari tenir una figura responsable que tingui una visió global de la planta i pugui coordinar les diferents àrees.

Aquest departament treballa principalment en jornada diürna, ja que les seves funcions estan relacionades amb la gestió, la planificació i el seguiment general de la planta. Tot i això, el director de planta ha d'estar informat de les incidències importants que puguin aparèixer durant

qualsevol torn, sobretot si aquestes afecten la seguretat, la continuïtat de la producció o el compliment dels objectius establerts. El perfil de la persona definida és el següent:

Director de planta: és el responsable màxim de la instal·lació i s'encarrega de coordinar els diferents departaments. Supervisa el compliment del pla de producció, controla els indicadors de funcionament, participa en la presa de decisions estratègiques i garanteix que la planta treballi dins dels criteris de seguretat, qualitat, medi ambient i eficiència econòmica.

Aquesta figura no forma part dels torns de producció, però té responsabilitat sobre el conjunt de la planta i actua com a pont entre les diferents àrees tècniques i de gestió.

Les principals tasques que es realitzen en aquest departament són les següents:

- Coordinar el funcionament general de la planta, assegurant que els diferents departaments treballen de manera alineada amb els objectius establerts.
- Supervisar el compliment del pla de producció anual, tenint en compte la capacitat de la instal·lació, la disponibilitat dels equips i la demanda de producte final.
- Fer el seguiment dels principals indicadors de planta, com la producció obtinguda, el rendiment del procés, els consums de matèries primeres, la qualitat del producte, les parades i els indicadors de seguretat.
- Prendre decisions davant incidències importants que puguin afectar la continuïtat de la producció, la seguretat dels treballadors o el compliment ambiental de la instal·lació.
- Garantir que la planta compleix els requisits de seguretat, salut laboral i medi ambient, treballant conjuntament amb el departament corresponent.
- Participar en la definició de millores del procés, projectes d'optimització o modificacions tècniques que puguin augmentar l'eficiència i la fiabilitat de la planta.
- Supervisar els costos generals de la instal·lació, incloent-hi consum de matèries primeres, energia, manteniment, personal, serveis auxiliars i gestió de residus.
- Promoure la comunicació interna entre departaments, especialment en situacions que requereixen decisions conjuntes.

9.2.2 Departament de Producció

Quan es parla del rendiment operatiu del sistema el departament clau a mencionar és el de Producció. Aquest assegura l'eficiència, seguretat i viabilitat del procés segons les especificacions tècniques. Aquesta secció pren un objectiu clar: complir la producció demandada, i posada en comú amb el departament de vendes, seguint els requeriments de seguretat, medi ambient i qualitat.

Com que la planta està en marxa 330 dies sense parar (24 hores diàries), es requereixen torns rotatius per supervisar i dirigir l'operació productiva. Es treballa amb tres torns de 8 hores, obviant un quart torn en període de descans, amb l'objectiu d'abastir el procés amb els

professionals requerits. El sistema s'estructura comptant amb 7 treballadors per torn, els quals tenen els següents perfils:

Responsable de producció: coordina el departament, controlant tot el procés productiu i lidera juntament amb els responsables d'altres seccions.

Cap de torn: dirigeix les operacions, gestiona incidències, garanteix la producció i actua de pont amb altres àrees.

Operadors de sala de control: Controlen les automatitzacions del procés mitjançant el sistema SCADA. Calibren paràmetres crítics, gestionen alarmes i supervisen l'evolució de la producció.

Operadors de camp: S'ocupen de les inspeccions, obtenen mostres, realitzen comprovacions a temps real i actuen front maniobres manuals i d'emergència.

Operadors de serveis auxiliars: supervisen i controlen l'abastiment dels sistemes de suport necessaris pel funcionament de la planta.

Analitzant la demanda d'efectius d'aquest departament i els períodes de descans, es determina que aquesta àrea necessita com a mínim 31 treballadors. Aquestes persones treballen en torns diferents i conjuntament amb un grup de 2 enginyers de planta, per arribar a les necessitats de personal d'aquest departament.

Les principals tasques que es realitzen en aquest departament són les següents:

- Supervisar el sistema productiu per garantir una operació segura, estable i adequada del procés de síntesi de formaldehid.
- Atendre el compliment de les fórmules, procediments i normes d'operació, comprovant que cada etapa del procés es desenvolupi segons els criteris establerts per assegurar la qualitat del producte final.
- Gestionar incidències operatives, resoldre petites desviacions del procés i coordinar-se amb el departament de manteniment davant avaries o problemes tècnics.
- Coordinar-se amb el departament de logística per assegurar una correcta organització de les descàrregues, la càrrega de dipòsits i el moviment de matèries primeres i productes acabats.
- Col·laborar amb el departament de qualitat per garantir la correcta presa de mostres i el seu enviament al laboratori, amb l'objectiu de verificar que el producte compleix les especificacions requerides.

Aquest departament és primordial per garantir la qualitat, rendiment del procés i ha de construir-se amb professionals qualificats, formació continua i prevenció de desviacions per aconseguir el resultat desitjat.

9.2.3 Departament d'Enginyeria del procés

A l'hora de valorar l'anàlisi tècnica i de l'optimització del sistema, el departament encarregat és el d'Enginyeria de Procés. Aquest departament no s'ocupa directament de l'operació diària de la planta, sinó d'estudiar el comportament del procés, detectar desviacions i proposar millores que permetin treballar més eficientment, amb la màxima seguretat i estabilitat.

En la producció de formaldehid, aquest departament té una gran importància, ja que el procés està molt condicionat pel control de la temperatura del reactor, la conversió del metanol, la selectivitat cap al formaldehid, el rendiment de l'absorció i el consum de serveis auxiliars. Per aquest motiu, es requereix personal amb coneixements tècnics i amb les eines per interpretar les dades de planta i transformar-les en accions de millora.

Aquest departament treballa principalment en jornada diürna, ja que no forma part del personal que ha d'estar present de manera permanent durant els torns de producció. Tot i això, pot donar suport puntual en arrencades, parades, canvis de condicions d'operació o situacions en què sigui necessari analitzar algun problema del procés amb més profunditat. El sistema s'estructura comptant amb 2 treballadors, els quals tenen els següents perfils:

Enginyer de procés: analitza el funcionament global de la planta, revisa les variables principals del procés i dona suport tècnic al departament de producció. També estudia el comportament del reactor, l'absorció, els balanços de matèria i energia, i les possibles causes de desviacions respecte a les condicions esperades.

Enginyer de millora contínua: s'encarrega d'identificar oportunitats d'optimització dins la planta, amb l'objectiu de reduir consums, disminuir pèrdues, millorar el rendiment i augmentar la fiabilitat del procés. També pot participar en la revisió de procediments i en la proposta de modificacions operatives.

Interpretant necessitats tècniques de la planta i tenint en compte que es tracta d'un procés continu amb variables crítiques de control, es determina que aquesta secció necessita com a mínim 2 treballadors. Aquests, treballen habitualment en jornada diürna i donen suport als departaments de producció, manteniment, qualitat i seguretat, especialment quan s'han d'analitzar dades de procés o plantejar millores tècniques.

Les principals tasques que es realitzen en aquest departament són les següents:

- Analitzar les dades d'operació de la planta per comprovar que el procés treballa dins dels valors esperats.
- Estudiar el comportament del reactor multitubular, especialment el perfil de temperatura, la pèrdua de pressió i la possible aparició de desviacions que puguin afectar la selectivitat cap al formaldehid.
- Revisar el funcionament del sistema d'absorció, comprovant que la recuperació del formaldehid i del metanol sigui adequada i que el producte final compleixi amb la concentració requerida.
- Realitzar balanços de matèria i energia per comparar el funcionament real de la planta amb els valors de disseny i detectar possibles pèrdues, ineficiències o consums excessius.

- Proposar millores amb l'objectiu de reduir el consum de matèries primeres, energia o altres serveis auxiliars, mantenint sempre les condicions de seguretat i qualitat del producte.
- Participar en la planificació d'arrencades, parades i possibles modificacions del procés, assegurant que els canvis es realitzin de manera controlada i amb criteri tècnic.

El departament d'Enginyeria del procés permet entendre amb més detall el funcionament real de la planta i no limitar-se únicament a la seva operació. La seva presència ajuda a anticipar problemes, millorar el rendiment del sistema i prendre decisions basades en dades.

9.2.4 Departament de Manteniment

Una altra de les parts crucials del sistema és la disponibilitat i la fiabilitat dels equips de planta, la qual és abordada pel departament de Manteniment. Aquest departament és imprescindible per assegurar que tots els equips mecànics, elèctrics, d'instrumentació i de control funcionen correctament i que la planta pot operar de manera contínua sense parades no planificades.

Dins del procés utilitzat, el manteniment és una peça clau, ja que el sistema depèn del bon estat de molts equips crítics, com ara les bombes d'alimentació de metanol, els sistemes de circulació del refrigerant, els intercanviadors de calor, el reactor multitubular, la columna d'absorció, els tancs d'emmagatzematge, les vàlvules de control i els instruments de mesura. Una avaria en qualsevol d'aquests elements pot afectar directament la producció, la qualitat del producte o la seguretat de la instal·lació.

El sistema que segueix aquesta àrea és de jornada diürna, ja que moltes tasques de manteniment preventiu, revisió i planificació es duen a terme durant l'horari habitual de planta. Tot i això, ha de disposar de capacitat de resposta davant incidències, especialment si es produeix una avaria en un equip essencial durant l'operació. El sistema s'estructura comptant amb 11 treballadors, els quals tenen els següents perfils:

Responsable de manteniment: coordina el departament, planifica les intervencions preventives i correctives, organitza els recursos disponibles i prioritza les actuacions segons la importància dels equips. També és l'encarregat de gestionar les parades programades, els recanvis i la comunicació amb producció.

Tècnics de manteniment mecànic: s'encarreguen de revisar, reparar i mantenir els equips mecànics de la planta, com bombes, vàlvules, canonades, brides, filtres, intercanviadors, compressors o altres equips rotatius i estàtics. La seva feina és essencial per evitar fugues, vibracions, pèrdues de rendiment o fallades mecàniques.

Tècnic elèctric: supervisa i manté els motors, quadres elèctrics, variadors de freqüència, proteccions, cablejat i sistemes d'alimentació elèctrica. Aquest perfil és necessari perquè la major part dels equips de planta depenen d'un subministrament elèctric estable i segur.

Tècnic d'instrumentació i control: s'encarrega del manteniment i calibratge dels instruments de mesura, com sensors de temperatura, pressió, cabal i nivell. També revisa vàlvules de control i altres elements que permeten mantenir el procés dins dels valors establerts.

Per tal d'abastir els requeriments que la planta demanda a l'àrea esmentada, es determina que aquest departament necessita com a mínim 11 treballadors. Aquest personal treballa conjuntament amb producció per intervenir sobre els equips sense comprometre la seguretat del procés, i també col·labora amb enginyeria de procés quan una avaria o una pèrdua de rendiment pot estar relacionada amb el comportament global de la instal·lació.

Les principals tasques que es realitzen en aquest departament són les següents:

- Planificar i executar el manteniment preventiu dels equips principals de la planta per reduir el risc d'avaries i allargar la vida útil dels equips.
- Atendre incidències de manteniment correctiu quan es produeixen fallades en bombes, vàlvules, motors, instruments o línies de procés.
- Revisar l'estat mecànic de bombes, compressors, canonades, filtres, intercanviadors de calor i altres equips que formen part del procés productiu.
- Comprovar i mantenir els sistemes elèctrics de la planta, incloent-hi motors, quadres elèctrics, variadors, proteccions i sistemes d'emergència.
- Calibrar i verificar els instruments de mesura i control, assegurant que les lectures de temperatura, pressió, cabal i nivell siguin fiables.
- Revisar les vàlvules de control i els sistemes automàtics que regulen les condicions d'operació del procés.
- Donar suport durant les arrencades i parades de planta, comprovant que els equips estiguin disponibles i que les maniobres es realitzin en condicions segures.
- Coordinar-se amb el departament de producció abans d'intervenir sobre qualsevol equip, garantint que aquest es trobi correctament aïllat, descarregat i preparat per al treball.
- Gestionar els recanvis crítics de la planta, com juntes, segells mecànics, vàlvules, rodaments, sensors, components elèctrics i altres materials necessaris per evitar aturades prolongades.
- Participar en les parades programades de manteniment, aprofitant aquests períodes per realitzar inspeccions internes, neteges, substitucions i revisions que no es poden fer amb la planta en funcionament.
- Detectar problemes repetitius en els equips i proposar accions de millora per reduir la freqüència d'avaries.

Aquesta secció garanteix que la planta pugui mantenir una operació estable i segura al llarg del temps. En el procés FORMOX, on el control de temperatura és essencial, el bon estat dels equips i dels sistemes de control té una relació directa amb la seguretat del procés i amb la qualitat del producte final. Per aquest motiu, el manteniment no només actua quan hi ha una avaria, sinó que també treballa de manera preventiva per evitar desviacions, reduir parades i assegurar la continuïtat productiva.

9.2.5 Departament d'Investigació i Desenvolupament

El departament d'I+D+i no s'encarrega de l'operació directa de la instal·lació, sinó que té com a objectiu estudiar possibles millores del procés productiu, augmentar-ne l'eficiència i reduir-ne l'impacte ambiental.

En un procés FORMOX, aquest departament té un paper important, ja que el procés està condicionat per factors com l'activitat del catalitzador, la selectivitat cap al formaldehid, el control de la temperatura del reactor, el consum energètic i l'eficiència de l'etapa d'absorció. Encara que es tracta d'un sistema industrialment consolidat, sempre hi ha marge per analitzar el comportament real de la planta i proposar millores que permetin treballar de manera més eficient i sostenible.

Aquest departament opera en jornada diürna, ja que les seves tasques estan consten d'estudis tècnics, assajos, anàlisi de dades i desenvolupament de millores. Tot i això, aquesta secció dona suport puntual en situacions concretes, com canvis de catalitzador, modificacions del procés, proves de noves condicions d'operació o estudis de desviacions detectades a planta. El sistema compta amb 2 treballadors, els quals tenen els següents perfils:

Responsable d'I+D+i / tècnic de desenvolupament de procés: s'encarrega de coordinar els estudis de millora del procés, analitzar resultats i proposar possibles modificacions tècniques. També treballa conjuntament amb enginyeria de procés, producció, qualitat i medi ambient per identificar oportunitats d'optimització.

Tècnic de laboratori de desenvolupament: realitza assajos, proves analítiques i estudis experimentals relacionats amb la qualitat del producte, el comportament de mostres de procés o possibles millores en les condicions d'operació.

Tenint en compte les tasques del departament i el suport d'altres seccions de la planta es decideix comptar amb 2 treballadors. Aquest personal no forma part dels torns de producció, sinó que actua com a suport tècnic per millorar el rendiment global de la instal·lació i donar resposta a necessitats futures de desenvolupament.

Les principals tasques que es realitzen en aquest departament són les següents:

- Estudiar possibles millores en les condicions d'operació del reactor per afavorir la conversió del metanol i la selectivitat cap al formaldehid.
- Analitzar l'evolució de l'activitat del catalitzador al llarg del temps i valorar possibles estratègies per allargar-ne la vida útil o millorar-ne l'aprofitament.
- Col·laborar amb enginyeria de procés en l'anàlisi de dades de planta, especialment quan es detecten desviacions respecte als valors de disseny.
- Proposar millores per reduir el consum energètic, el consum d'aigua de refrigeració o altres serveis auxiliars.
- Estudiar possibles ajustos en l'etapa d'absorció per millorar la recuperació del formaldehid i reduir la pèrdua de metanol o altres compostos en els corrents gasosos.

- Realitzar assajos relacionats amb la qualitat i l'estabilitat del producte final, especialment en funció de la concentració de formaldehid, el contingut de metanol residual o les condicions d'emmagatzematge.
- Avaluar possibles mesures per reduir emissions, residus o corrents secundàries generades durant el procés.
- Donar suport tècnic en la implantació de noves metodologies de control, nous equips o modificacions menors del procés.
- Revisar informació tècnica, bibliografia, dades de proveïdors i experiències industrials que puguin ajudar a millorar el funcionament de la planta.
- Participar en projectes de sostenibilitat, eficiència energètica o reducció de l'impacte ambiental de la instal·lació.

Aquest departament és convenient perquè permet que la planta no només funcioni de manera estable, sinó que també pugui evolucionar i millorar amb el temps.

9.2.6 Departament de Qualitat

El departament de Qualitat s'ocupa de la verificació del correcte funcionament del procés. La seva principal missió és comprovar que les matèries primeres, els corrents de procés i el producte acabat compleixen els requeriments, assegurant que el formaldehid produït tingui la concentració i la qualitat requerides.

Els anàlisis de laboratori permeten detectar possibles desviacions del procés, com una conversió insuficient del metanol, una absorció incompleta del formaldehid o una presència elevada d'impureses.

Aquest departament treballa principalment en jornada diürna, tot i que en determinats moments pot ser necessari realitzar controls puntuals durant altres franges horàries, especialment en arrencades, parades, canvis de règim o incidències de procés. El sistema s'estructura comptant amb 5 treballadors, els quals tenen els següents perfils:

Responsable de qualitat: coordina el departament, valida els resultats analítics i assegura que el producte final compleix les especificacions establertes. També gestiona les possibles no conformitats, revisa els procediments de control i autoritza l'alliberament del producte quan aquest compleix els criteris de qualitat.

Analistes de laboratori: analitzen les matèries primeres, mostres intermèdies, aigües de procés i producte final. S'encarreguen de determinar paràmetres com la concentració de formaldehid, el contingut de metanol residual, l'acidesa, el pH, la densitat i altres característiques necessàries per controlar la qualitat del producte.

Tècnic de control de producte i expedicions: verifica que el producte emmagatzemat als dipòsits estigui correctament identificat, aprovat i preparat per a la seva expedició. També revisa la documentació associada, com els certificats d'anàlisi, i coordina amb logística la sortida del producte final.

Tenint en compte les necessitats de control de qualitat de la planta, es determina que aquest departament necessita com a mínim 5 treballadors. Es pren aquesta decisió, ja que els resultats analítics poden condicionar tant l'operació de la planta com l'expedició del producte acabat.

Les principals tasques que es realitzen en aquest departament són les següents:

- Analitzar la qualitat del metanol d'entrada per comprovar que la matèria primera compleix les condicions necessàries abans d'introduir-la al procés.
- Determinar la concentració de formaldehid en el producte final per a la seva comercialització.
- Controlar el contingut de metanol residual, ja que un valor elevat podria indicar una conversió incompleta al reactor o una separació poc eficient en les etapes posteriors.
- Mesurar paràmetres com el pH, l'acidesa, la densitat, el color o l'estabilitat del producte, amb l'objectiu de garantir que compleix els requisits de qualitat establerts.
- Analitzar mostres procedents de la columna d'absorció per comprovar que la recuperació del formaldehid i del metanol és adequada.
- Registrar i arxivar els resultats analítics per mantenir la traçabilitat del procés i poder justificar la qualitat del producte fabricat.
- Comunicar al departament de producció qualsevol desviació detectada en les mostres, per ajustar les condicions d'operació si és necessari.
- Validar els dipòsits de producte acabat abans de la seva expedició, assegurant que el seu enviament compleix les especificacions requerides.
- Preparar els certificats d'anàlisi i la documentació necessària per a la sortida del producte final.
- Gestionar quan una mostra no compleix els valors establerts, bloquejant el producte si és necessari fins que es decideixi el tractament adequat.

La importància d'aquesta secció és màxima, ja que s'encarrega de la validació dels paràmetres crítics i característiques del procés en determinats punts del mateix assegurant que els resultats estan dins dels rangs òptims i esperats. El departament de Qualitat actua com un punt de control imprescindible entre la producció i l'expedició del producte final.

9.2.7 Departament de Seguretat, Salut i Medi Ambient

Una àrea imprescindible en qualsevol planta productiva és la de prevenció riscos i compliment ambiental, la qual és responsabilitat del departament de Seguretat, Salut i Medi Ambient. Aquest, és l'encarregat de garantir que totes les activitats de la instal·lació es duen a terme en condicions segures, protegint tant els treballadors com l'entorn, i assegurant que la planta compleix la normativa aplicable.

En el cas d'una planta de producció de formaldehid, aquesta branca pren encara més importància, ja que es treballa amb substàncies que poden presentar riscos importants, com el metanol i el formaldehid. El metanol és inflamable i tòxic, mentre que el formaldehid és una substància irritant i perillosa si hi ha exposició per inhalació o contacte. A més, el procés inclou

una reacció exotèrmica, corrents gasosos, equips a pressió, sistemes de refrigeració, tancs d'emmagatzematge i possibles emissions o aigües residuals que s'han de controlar correctament.

La jornada diürna és el sistema principal aplicat als treballadors d'aquest departament, tot i que ha de donar suport a tota la planta i establir procediments que s'apliquin durant les 24 hores d'operació. També pot intervenir en situacions puntuals, com incidències, vessaments, treballs especials, parades de manteniment, inspeccions o emergències. El sistema s'estructura amb el servei de 2 treballadors, els quals tenen els següents perfils:

Responsable de seguretat, salut i medi ambient: coordina el departament i s'encarrega de definir les mesures preventives i ambientals de la planta. També supervisa el compliment de la normativa, revisa procediments de treball, coordina plans d'emergència i participa en la investigació d'incidents o desviacions relacionades amb la seguretat o el medi ambient.

Tècnic de prevenció de riscos laborals i medi ambient: dona suport en les inspeccions de seguretat, la gestió de permisos de treball, la formació dels treballadors, el control de l'ús d'EPIs i el seguiment ambiental de la instal·lació. A part, participa en la gestió de residus, emissions, aigües residuals i documentació legal associada.

Observant el volum de treball del departament mencionat, es determina que aquest necessita com a mínim 2 treballadors. Aquestes persones treballen conjuntament amb els demés departaments, ja que la seguretat i el medi ambient no depenen d'una única àrea, sinó de totes les activitats que es realitzen a la planta.

Les principals tasques que es realitzen en aquest departament són les següents:

- Identificar i avaluar els riscos associats al procés productiu, especialment els relacionats amb la manipulació de metanol, formaldehid, corrents gasosos, equips a pressió i sistemes de refrigeració.
- Definir les mesures de prevenció necessàries per reduir el risc d'accidents, exposicions químiques, incendis, fugues, vessaments o situacions d'emergència.
- Supervisar que els treballadors utilitzin correctament els equips de protecció individual, com guants, ulleres, protecció respiratòria, roba de treball adequada o altres elements necessaris segons la tasca realitzada.
- Gestionar els permisos de treball per a operacions especials, com manteniments en calent, treballs en altura, espais confinats, intervencions elèctriques o actuacions sobre equips que han contingut substàncies perilloses.
- Elaborar i revisar procediments de seguretat per a operacions habituals de planta, arrencades, parades, càrrega i descàrrega de productes químics i actuacions davant incidències.
- Controlar les condicions de treball per evitar l'exposició dels treballadors a vapors de metanol o formaldehid, especialment en zones de càrrega, laboratoris, tancs, punts de mostreig o possibles punts de fuga.

- Coordinar la formació del personal en matèria de seguretat, ús d'EPIs, actuació davant emergències, manipulació de productes químics i resposta davant vessaments.
- Mantenir actualitzat el pla d'emergència interior de la planta, definint com actuar davant incendis, fugues, vessaments, alarmes de gasos o altres situacions que puguin posar en risc les persones o la instal·lació.
- Realitzar inspeccions periòdiques de seguretat a les diferents zones de planta per detectar situacions insegures, deficiències en equips, problemes d'ordre i neteja o desviacions respecte als procediments establerts.
- Investigar incidents, accidents o quasi accidents, analitzant les causes.
- Gestionar els residus generats a la planta, incloent-hi residus de laboratori, absorbents contaminats, envasos, purgues, catalitzador gastat o altres materials.
- Mantenir la documentació ambiental i de seguretat actualitzada, incloent registres d'inspeccions, formacions, residus, emissions, incidents i controls.

La importància d'aquestes tasques fan que la planta funcioni amb criteris productius, garanties de seguretat i compliment ambiental.

9.2.8 Departament de Logística

El departament de logística s'encarrega de la gestió de matèries primeres, producte final, rebudes i expedicions de la planta. També, comprova la disponibilitat d'espai als dipòsits i la gestió dels materials que necessita la planta per operar amb normalitat.

Al ser un sistema que treballa contínuament, no es pot permetre interrupcions per falta de matèria primera o de capacitat d'emmagatzematge del producte final. El metanol ha d'estar disponible constantment per alimentar el procés, i el producte s'ha d'emmagatzemar i enviar correctament, complint les condicions de seguretat i qualitat establertes.

Aquesta secció treballa amb jornada diürna, tot i que dona suport en situacions d'emergència i programació dels altres torns. El sistema compta amb 7 treballadors, els quals tenen els següents perfils:

Responsable de logística: organitza la recepció de metanol, la sortida de producte i la disponibilitat dels dipòsits d'emmagatzematge. També coordina els transportistes, revisa la planificació de càrregues i descàrregues, i manté la comunicació amb producció, qualitat i administració per assegurar que les operacions es realitzen correctament.

Operaris de càrrega i descàrrega: s'encarreguen de les maniobres físiques associades a l'entrada de matèria primera i a la sortida del producte final. Realitzen connexions de mànegues, verificacions prèvies, control de vàlvules, comprovació de documentació i supervisió de les operacions per evitar vessaments, errors de producte o incidències de seguretat.

Personal de magatzem: gestiona els recanvis, consumibles, equips de protecció individual, material de laboratori, productes auxiliars i altres elements necessaris per al funcionament de

la planta. També controla l'estoc disponible i dona suport al departament de manteniment quan es requereixen materials per a una intervenció.

Les principals tasques que es realitzen en aquest departament són les següents:

- Planificar la recepció de metanol per garantir que sempre hi hagi disponibilitat suficient de matèria primera als dipòsits d'emmagatzematge.
- Coordinar la càrrega del producte final, assegurant que correspon a un dipòsit validat pel departament de qualitat.
- Controlar la capacitat disponible als tancs de matèria primera i de producte acabat, evitant situacions de sobrecompliment o manca d'espai d'emmagatzematge.
- Supervisar les operacions de càrrega i descàrrega de cisternes, comprovant connexions, vàlvules, mànegues, posada a terra i condicions generals de seguretat.
- Revisar la documentació associada a les entrades i sortides de producte, com albarans, fulls de càrrega, certificats d'anàlisi i registres interns de planta.
- Coordinar-se amb el departament de qualitat per assegurar que el producte final no s'expedeix fins que ha estat analitzat i aprovat.
- Comunicar-se amb producció per adaptar la planificació logística al ritme de fabricació, especialment quan hi ha variacions en la producció, parades o canvis en la disponibilitat de dipòsits.
- Mantenir l'ordre i la correcta identificació dels materials emmagatzemats, evitant confusions, pèrdues de material o retards en les intervencions.
- Col·laborar amb el departament de seguretat i medi ambient en la gestió de residus, envasos contaminats o materials que requereixen una manipulació especial.
- Registrar els moviments de materials i productes per mantenir la traçabilitat a la planta.

Aquest departament és necessari perquè permet mantenir una correcta continuïtat entre la producció, l'emmagatzematge i l'expedició del producte.

9.2.9 Departament d'Administració i Compres

La gestió documental, econòmica i organitzativa de la planta, és liderada pel departament d'Administració i Compres. Aquest departament no intervé directament sobre el procés productiu, però és necessari per assegurar que la planta disposa dels recursos, materials, serveis i documentació necessaris per funcionar correctament.

La planta necessita comprar matèries primeres, recanvis, equips de protecció, material de laboratori, serveis externs de manteniment, productes auxiliars i altres elements imprescindibles per a l'operació. A més, també es controla tota la documentació associada a la producció, expedicions, proveïdors, compres, albarans, factures, registres interns i comunicació entre departaments.

Aquest departament es compon per 5 treballadors que treballen en jornada diürna tot i que gestionen i relacionen departaments i treballadors presents en tots els torns. Els perfils de professionals que es troben en aquesta àrea són:

Administratiu de planta: s'encarrega de la gestió documental i del suport administratiu als diferents departaments. Controla registres interns, arxiva documentació, dona suport en la gestió de comandes, parts de treball, certificats, albarans i documentació associada a les entrades i sortides de producte.

Responsable de compres: gestiona l'adquisició de matèries primeres, recanvis, consumibles, serveis externs i materials necessaris per al funcionament de la planta. També manté el contacte amb proveïdors, compara ofertes, controla terminis de lliurament i assegura que els materials crítics estiguin disponibles quan es necessitin.

Responsable de finances: supervisa els recursos econòmics de la planta, controlant els pressupostos, les despeses i els costos de producció. També s'encarrega de gestionar pagaments, factures i inversions, així com d'analitzar la viabilitat econòmica de les operacions del procés. D'altra banda, dona suport a la direcció en la presa de decisions econòmiques i assegura que els recursos disponibles s'utilitzin de manera eficient.

Responsable de recursos humans (RRHH): organitza el personal de la planta, incloent-hi la selecció de nous treballadors, la contractació, la formació i el seguiment de cada departament. També s'encarrega de coordinar els torns, vacances i possibles substitucions, assegurant que sempre hi hagi el personal necessari per mantenir l'efectivitat del sistema. Per últim, dona suport en la gestió laboral dels treballadors i supervisa el compliment de les normes internes i de prevenció de cada treballador.

Les principals tasques que es realitzen en aquest departament són les següents:

- Gestionar la documentació interna de la planta, incloent-hi registres de producció, comunicacions internes, informes i documents de seguiment.
- Donar suport administratiu als diferents departaments, especialment en la preparació, revisió i arxiu de documentació operativa.
- Tramitar comandes de materials, recanvis, productes auxiliars, equips de protecció individual i consumibles necessaris per al funcionament de la planta.
- Gestionar la compra de matèries primeres i serveis externs, assegurant que es compleixen els terminis i les condicions acordades amb els proveïdors.
- Mantenir contacte amb proveïdors per sol·licitar pressupostos, comparar ofertes, revisar condicions comercials i fer el seguiment de les entregues.
- Revisar i arxivar certificats d'anàlisi, documents de qualitat o altra documentació associada a l'expedició del producte acabat.
- Controlar factures, albarans i documents relacionats amb compres, serveis contractats i materials rebuts.

- Mantenir actualitzats els registres de proveïdors, contractes, comandes i documentació administrativa de la planta.
- Ajudar en la planificació de compres per evitar trencaments d'estoc que puguin afectar la producció, el manteniment o el laboratori.
- Gestionar la documentació associada a empreses externes que accedeixen a la planta per realitzar treballs de manteniment, inspeccions, neteges o revisions reglamentàries.

Aquest departament és necessari perquè permet que la planta funcioni de manera ordenada i amb una correcta coordinació entre les necessitats tècniques i els recursos disponibles.

9.3 Organigrama i personal de la planta

Tenint presents els departaments i professionals necessaris per abastir el procés productiu, es presenta el nombre de treballadors necessaris en cada rol i el total de la planta. Aquesta informació es presenta a la *Taula 9.3.1*.

Taula 9.3.1. Personal de planta

Perfil	Personal per torn	Nombre de torns	Personal total per plantilla
Departament de Direcció			
Director de planta	1	1	1
Departament de Producció			
Responsable de producció	1	1	1
Cap de torn	1	5	5
Operador de sala de control	1	5	5
Operador de camp	3	5	15
Operador de serveix auxiliars	1	5	5
Departament d'Enginyeria del Procés			
Enginyer de procés	1	1	1
Enginyer de millora contínua	1	1	1
Departament de Manteniment			
Responsable de manteniment	1	1	1
Tècnic de manteniment de torn	1	5	5
Tècnic de manteniment mecànic	3	1	3
Tècnic elèctric	1	1	1
Tècnic d'instrumentació i control	1	1	1
Departament d'Investigació i Desenvolupament (I+D)			
Responsable de I+D	1	1	1
Tècnic de laboratori de desenvolupament	1	1	1
Departament de Qualitat			
Responsable de qualitat	1	1	1
Analista de laboratori	3	1	3
Tècnic de control de producte i expedicions	1	1	1
Departament de Seguretat, Salut i Medi Ambient			
Responsable de seguretat, Salut i Medi Ambient	1	1	1
Tècnic de previsions de riscos laborals	1	1	1
Departament de Logística			
Responsable de logística	1	1	1
Operaris de càrrega i descàrrega	2	2	4
Personal de magatzem	1	2	2
Departament d'Administració i Compres			
Administratiu de planta	1	1	1
Responsable de compres	1	1	1
Responsable financer	1	1	1
Responsable de recursos humans	2	1	2
Total	35		66

9.4 Calendari i organització dels torns

La planta treballa contínuament els 7 dies de la setmana durant les 24 hores del dia. Tot i això, la planta no treballa durant tot l'any sinó que s'organitza una parada de 35 dies per l'organització dels torns dels treballadors i el manteniment i funcionament òptim del sistema.

9.4.1 Calendari anual

Amb l'objectiu de realitzar el manteniment adequat, convertir la planta en un sistema segur i obtenir un procés el màxim eficient possible, es programa una aturada tècnica anual. Aquesta parada coincideix amb el període vocacional d'estiu per tal d'optimitzar la gestió de personal i reduir l'afectació a la productivitat del sistema.

La parada es realitza a partir del dia 2 d'agost fins al darrer dia del mateix mes. L'objectiu d'aquesta és realitzar manteniment preventiu i inspeccions exhaustives als equips claus així com intervencions més complexes. A part, també s'utilitza aquest període per implementar i instal·lar possibles millores o modificacions de la planta. Per últim, es prepara el sistema per abordar el procés cicle productiu amb la idea d'obtenir la màxima productivitat fins a la pròxima aturada (al posterior any).

En total, aquesta aturada sumarà 30 dies que faran que la planta produeixi durant 335 dies a l'any. Es deixa un marge de 5 dies en comparació a la productivitat anual requerida (330 dies/any) amb l'objectiu de prevenir possibles aturades imprevistes, desviacions del procés o parades puntuals programades per implementar un manteniment preventiu.

9.4.2 Organització dels torns

Com s'ha comentat anteriorment, els treballadors es divideixen per torns i es separen en dos grans grups per tal d'ajustar els seus horaris. El primer perfil de treballador és el que sempre ha d'estar present a la planta, sent exemple els operaris o tècnics de manteniment. Paral·lelament, es troba el personal que no ha d'estar present durant tot el procés productiu, com per exemple el departament de gestió administrativa.

Primerament, es determina que el personal que no necessita estar sempre present té un horari que va des de les 8:00 fins a les 17:00 hores (tenint 1 hora de descans al migdia per dinar).

Un dels aspectes més importants en la distribució dels horaris del personal és distribuir correctament els torns dels treballadors que han d'estar sempre presents en el procés. És per això que s'ha decidit repartir els mateixos en 5 torns rotatius comentats posteriorment. D'aquest torns, hi ha 3 que s'alternen cada dues setmanes i és el personal que treballa de dilluns a divendres.

Un altre cas, és el del personal que treballa de cap de setmana, el qual es dividirà en un torn diürn i un nocturn. Els dos torns són de 12 hores amb els seus descansos programats.

- Horari A: Matins de 6:00 a 14:00 hores (Dilluns a divendres)
- Horari B: Tardes de 14:00 a 22:00 hores (Dilluns a divendres)

- Horari C: Nits de 22:00 a 6:00 hores (Dilluns a divendres)
- Horari D: Diürn de 6:00 a 18:00 hores (Caps de setmana)
- Horari E: Nocturn de 18:00 a 6:00 hores (Caps de setmana)

Aquests torns són rotatius i varien setmanalment com s'ha comentat anteriorment.

A les figures 9.4.2 i 9.4.3 es mostra un exemple del que podria ser un calendari mensual d'horaris pels diferents torns.

Taula 9.4.2. Calendari de rotacions setmanals.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Matins	Red	Red	Red	Red	Red	Blue	Blue	Green	Green	Green	Green	Green	Purple	Purple	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Green	Green	Green
Tardes	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Green	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Red	Red	Red
Nits	Green	Green	Green	Green	Green	Purple	Purple	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Blue	Blue	Red	Red	Red	Red	Red	Purple	Purple	Green	Green	Green	Green	Green	Blue	Blue	Yellow	Yellow	Yellow

Taula 9.4.3. Llegendra de la taula 9.4.2

Torn 1	Red
Torn 2	Yellow
Torn 3	Green
Torn 4	Blue
Torn 5	Purple

9.5 Personal extern

Per tal d'obtenir tots els requeriments de planta tant a escala productiva com personalment, es considera el fet de subcontractar personal extern per arribar a complir tots amb un bon servei diari tant pel treballador com pel mateix procés. Encara que els treballadors externs no formin part de la mateixa producció o administració del sistema, les seves tasques són primordials perquè tots els altres departaments puguin dur a terme les seves comandes diàries sense preocupacions.

El primer servei subcontractat de la planta és el servei de neteja i manteniment de zones no productives. Aquesta persona es centra en ordenar i mantenir les zones d'oficines, vestuaris, passadissos, i zones comunes. L'horari d'aquesta àrea serà de dilluns a divendres en horaris poc concorreguts.

Per altra banda, es contracta un departament de seguretat i control d'accessos. És necessari obtenir aquest personal per tal de controlar i administrar els accessos i visites de la planta així com les entrades i sortides dels mitjans logístics. A part d'això, proporciona una seguretat total a partir de vigilància durant les 24 hores del dia i 7 dies de la setmana. Els horaris d'aquests treballadors també es distribueix en torns rotatius.

9.6 Càrrega i descàrrega

Les operacions de càrrega i descàrrega de la planta es plantegen tenint en compte tant les necessitats de producció com l'organització logística dels camions que accedeixen a la instal·lació. Aquestes operacions són de gran importància perquè permeten assegurar el subministrament continu de matèries primeres i garantir una sortida òptima del producte final.

En el cas del metanol, la descàrrega es realitza mitjançant camions cisterna de 30 tones. Cada camió necessita aproximadament 1 hora per completar la descàrrega, sense tenir en compte el temps previ de preparació de l'operació. Aquest temps addicional inclou tasques com la comprovació de la documentació del transport, la identificació del producte, la connexió de les mànegues, la posada a terra del camió, la revisió de les vàlvules i les verificacions de seguretat abans d'iniciar el transvasament.

A la planta es descarregarien 5 camions de metanol al dia, en funció del consum real del procés i de la capacitat d'emmagatzematge disponible. El procés es dimensiona amb l'objectiu de disposar d'una reserva suficient de metanol per cobrir aproximadament 4 dies d'operació. Gràcies a aquesta previsió, es redueix el risc d'aturades per falta de matèria primera i s'aconsegueix prou flexibilitat davant possibles retards en el transport o problemes puntuals de subministrament.

Parlant del producte final, la càrrega es fa en camions cisterna de 33 tones. La durada estimada de càrrega de cada camió és de 30 minuts, als quals caldria sumar el temps necessari per a les comprovacions prèvies i posteriors, com ara el control documental, la verificació del camió, la connexió de les línies de càrrega, el control del volum carregat i la desconexió segura un cop finalitzada l'operació.

La sortida de producte s'organitza mitjançant un cicle de 6 dies. La seqüència de càrrega segueix la metodologia mostrada a la *Taula 9.6.4*:

Taula 9.6.4. Cicles de càrrega del producte acabat.

Dia de cicle	Camions carregats	Producte carregat (Tn)
1	9	297
2	9	297
3	9	297
4	9	297
5	9	297
6	10	330

Amb aquesta planificació, en un cicle complet de 6 dies es carreguen un total de 55 camions els quals equivalen a 1.815 tones de producte final. Aquesta distribució permet mantenir una retirada constant del producte acabat sense acumular quantitats excessives als tancs d'emmagatzematge.

En conjunt, les operacions de càrrega i descàrrega s'han organitzat per aconseguir una logística àgil i ordenada dins de la planta. La zona destinada als camions permet una circulació senzilla, amb prou espai per fer maniobres, accedir als punts de càrrega i descàrrega i realitzar les connexions de manera segura. Aquesta organització simplifica el treball dels operaris, redueix els temps morts associats a l'espera dels camions i permet mantenir una bona coordinació entre producció, emmagatzematge i transport.

9.7 Bibliografia

- [1] Reniers, G. L. L. (2010). *A Management of Change approach for assessing and evaluating operational staffing levels (MocESL) in chemical plants*. Safety Science, 48(7), 885–893.
- [2] Gandía, P. M. (s/f). Organización y gestión en industrias químicas. Síntesis.
- [3] International Social Security Association. (2007). *Maintenance and Changes in Process Plants*. ISSA Prevention Series, No. 718.
- [4] Baldissone, G., Demichela, M., Camuncoli, G., & Comberty, L. (2017). *Formaldehyde Production Plant Modification: Risk Based Decision Making*. Chemical Engineering Transactions, 57, 703–708.
- [5] Demichela, M., Baldissone, G., & Camuncoli, G. (2017). *Risk-Based Decision Making for the Management of Change in Process Plants: Benefits of Integrating Probabilistic and Phenomenological Analysis*. Industrial & Engineering Chemistry Research, 56(50), 14873–14887.