

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FINAL DE GRAU
Enginyeria Química

Juny 2026

Tomás Cabeza Rabadán
Anna Del Río Duran
Arnau Martínez Valle
Júlia Pons Salvatella
Víctor Rico Fernández
Edgar Jordan Delgado

TUTOR
Rafa Bosch Palacios

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE DE FINAL DE GRAU
Enginyeria Química

CAPÍTOL 7: VALORACIÓ ECONÒMICA



Taula de contingut

7. Avaluació econòmica	2
7.1. Introducció	2
7.1.1. Objectius de l'avaluació econòmica	3
7.2. Forma Jurídica de FormalAir	3
7.1.3. Anàlisi del mercat	4
7.1.3.1. Breu introducció	4
7.1.3.2. Tendències de metanol y formaldehid	5
7.1.3.3. Anàlisi de la competència	6
7.1.3.4. Públic Objectiu	7
7.1.3.5. Factors de risc i claus d'èxit	8
7.1.3.6. Anàlisi DAFO	8
7.2. Estudi financer	10
7.3. Estimació de la inversió inicial	11
7.3.1. Capital immobilitzat	12
7.3.1.1. Cost del terreny	12
7.3.1.2 Cost dels equips	13
7.4.1.3. Mètode de VIAN	27
7.4.2. Capital Circulant	29
7.4.3 Posada en marxa	30
7.4.4. Inversió inicial total	30
7.5.1. Costos de fabricació (M)	31
7.5.2. Costos generals (G)	47
7.5.3. Costos totals de producció	50
7.6. Ingressos per vendes	50
7.7. Anàlisi de rendibilitat econòmica de la planta	51
7.7.1. Amortització	52
7.7.2 Fluxos de Caixa nets	52
7.7.3. Valor actual net i taxa de rendibilitat interna	57
7.7.4. Temps de retorn	58
7.8. Conclusions	60
7.9. Bibliografia	61

7. Avaluació econòmica

7.1. Introducció

Aquest capítol desenvolupa l'estudi d'avaluació econòmica corresponent al projecte FormalAir, planta de producció de formaldehid a partir de metanol. La realització del projecte queda condicionada a la demostració de la seva viabilitat econòmica i financera, aspecte imprescindible per justificar-ne la futura implantació industrial.

L'objectiu principal d'aquest apartat és analitzar la capacitat del projecte per generar beneficis i mantenir-se sostenible econòmicament a llarg termini dins del sector químic actual. Per aquest motiu, es realitza una valoració completa tant dels aspectes econòmics com de les condicions de mercat que envolten la producció de formaldehid.

En primer lloc, es presenta l'estructura empresarial i organitzativa de FormalAir, amb la finalitat d'entendre el funcionament intern de la companyia i la seva posició dins del sector industrial químic. A continuació, es desenvolupa un estudi de mercat enfocat al formaldehid, analitzant-ne la demanda actual i futura, les principals aplicacions industrials, la situació de la competència, les tendències del mercat i els possibles riscos econòmics associats a la producció i comercialització del producte. Aquest estudi permet identificar les oportunitats de creixement i posicionament de FormalAir dins del mercat químic.

Posteriorment, es calcula la inversió inicial necessària per a la construcció i posada en funcionament de la planta, incloent tant el capital immobilitzat com el capital circulant requerit per iniciar l'activitat productiva. Igualment, s'estimen els costos d'operació, manteniment i producció associats al procés de fabricació del formaldehid, així com les previsions de vendes i ingressos futurs.

Per tal d'avaluar la rendibilitat del projecte, es duu a terme un estudi dels fluxos de caixa previstos, a partir dels quals s'obtenen indicadors econòmics i financers com el Valor Actual Net (VAN) i la Taxa Interna de Retorn (TIR). Aquests indicadors permeten determinar si el projecte és econòmicament rentable i si ofereix una rendibilitat superior als nivells d'inflació i al cost del capital actual. També s'analitza el període de recuperació de la inversió inicial, ja que aquest factor influeix directament en el risc financer i en l'atractiu del projecte per a possibles inversors.

Finalment, es presenten les conclusions de l'estudi econòmic i financer amb l'objectiu de determinar si el projecte de la planta de producció de formaldehid desenvolupat per FormalAir és viable i sostenible des d'un punt de vista econòmic i financer.

7.1.1. Objectius de l'avaluació econòmica

- Realitzar un estudi sobre el mercat que ofereixi una imatge clara sobre l'àmbit on es fonamental el formaldehid, poder identificar el públic objectiu de FormalAir i suggerir quina podria ser una estratègia adequada mitjançant un anàlisi DAFO.
- Examinar la quantitat que els socis o altres potencials inversors externs han de destinar a la inversió del projecte.
- En valorar la inversió, és necessari determinar quin serà el període de recuperació de la inversió, quin és el costos mínim del capital per fer que la inversió sigui beneficiosa i segons aquest cost del capital, identificar quina rendibilitat obtindran els socis o inversors.
- Per assolir aquesta meta, cal elaborar una previsió dels ingressos i despeses que tindrà l'empresa encarregada de dur a terme el projecte.
- Entre aquestes despeses, es poden esmentar principalment les següents: costos energètics, salaris del personal i impostos entre d'altres.
- L'últim objectiu de l'avaluació econòmica és aprofitar els avantatges fiscals que corresponen a l'Estat Espanyol.

7.2. Forma Jurídica de FormalAir

FormalAir treballa com a Societat de Responsabilitat Limitada (S.L.), una de les formes societàries més utilitzades per a empreses de nova creació i projectes industrials. En aquest tipus de societat, el capital social està format per les aportacions econòmiques realitzades pels socis, dividides en participacions socials. Una de les característiques principals d'aquesta forma jurídica és que els socis no responen personalment dels deutes de l'empresa, sinó que la seva responsabilitat queda limitada al capital aportat. D'aquesta manera, el patrimoni personal dels socis queda protegit davant possibles obligacions econòmiques de la societat. [\[1\]](#)

Aquesta forma jurídica disposa de personalitat jurídica pròpia i independent de la dels seus membres, fet que permet a l'empresa actuar com a subjecte propi davant tercers, signar contractes, adquirir béns, assumir obligacions i desenvolupar la seva activitat empresarial. La Societat de Responsabilitat Limitada es troba regulada pel Reial decret legislatiu 1/2010, de 2 de juliol, pel qual s'aprova el text refós de la Llei de societats de capital. Aquesta normativa estableix el funcionament general de les societats de capital, incloent-hi les societats limitades, les societats anònimes i altres formes societàries.

Els principals òrgans socials que conformen una Societat Limitada són la Junta General de socis i l'òrgan d'administració. La Junta General de socis és l'òrgan de decisió principal de la societat i està formada pels socis de l'empresa. Entre les seves funcions es troben l'aprovació dels comptes anuals, la presa de decisions importants i el control general de l'activitat societària. D'altra banda, l'òrgan d'administració és l'encarregat de la gestió ordinària, la direcció i la representació legal de la societat davant tercers.

La Societat Limitada pot constituir-se amb un únic soci, en aquest cas com a societat limitada unipersonal, o amb diversos socis. Actualment, després de la modificació introduïda per la Llei 18/2022, de 28 de setembre, de creació i creixement d'empreses, el capital social mínim d'una Societat de Responsabilitat Limitada és d'1 euro. No obstant això, quan el capital social sigui inferior a 3.000 euros, la normativa estableix determinades mesures de protecció per als creditors, com

l'obligació de destinar una part del benefici a la reserva legal fins que la suma del capital social i aquesta reserva arribi als 3.000 euros. [\[2\]](#)

Entre els principals avantatges d'aquesta forma jurídica destaquen la limitació de la responsabilitat dels socis, la protecció del patrimoni personal, la possibilitat de constituir la societat amb un capital inicial reduït i una estructura organitzativa relativament flexible. A més, en comparació amb altres formes societàries com la societat anònima, la Societat Limitada sol presentar una gestió més senzilla i adequada per a empreses petites, mitjanes o projectes empresarials que no necessiten cotitzar en mercats borsaris.

Tot i aquests avantatges, la Societat Limitada també presenta algunes limitacions. Una de les principals és que la transmissió de les participacions socials pot estar més restringida que en altres formes societàries, ja que normalment es dona preferència als altres socis abans de vendre participacions a persones externes. A més, aquest tipus de societat no pot cotitzar en borsa, fet que pot limitar la seva capacitat per captar grans inversions externes en comparació amb una societat anònima. [\[3\]](#)

FormalAir ha escollit aquesta estructura jurídica tenint en compte les característiques inicials del projecte de producció de formaldehid a partir de metanol. Aquesta forma jurídica permet limitar el risc econòmic dels socis inversors, protegir el seu patrimoni personal i disposar d'una estructura empresarial flexible i adequada per a una empresa química de nova implantació industrial. Per aquest motiu, la Societat de Responsabilitat Limitada es considera una opció adequada per al desenvolupament inicial del projecte.

7.1.3. Anàlisi del mercat

7.1.3.1. Breu introducció

El formaldehid és un dels productes químics orgànics bàsics més importants a nivell industrial, amb una producció global situada al voltant dels 9-10 milions de tones anuals el 2024. Aquesta producció s'ha mantingut relativament estable en els darrers anys, amb una lleugera tendència a l'estancament després del màxim assolit el 2014.

La producció de formaldehid es concentra principalment a la regió Àsia-Pacífic, amb la Xina com a principal productor mundial (aproximadament el 25% de la producció global), seguida per l'Índia i altres economies emergents. El mercat està dominat per grans empreses químiques multinacionals com BASF, Celanese, Ercros, Hexion o Dow Chemical, tot i que també existeix una elevada fragmentació regional degut a la producció localitzada. [\[4\]](#) [\[5\]](#)

El formaldehid és un producte intermedi clau dins de la indústria química, utilitzat majoritàriament per a la producció de resines termoestables com la urea-formaldehid (UF), fenol-formaldehid (PF) i melamina-formaldehid (MF), que representen la major part del seu consum global. Aquest fet implica que el formaldehid rarament es comercialitza com a producte final, sinó com a matèria primera per a altres processos industrials.

Les resines derivades del formaldehid constitueixen més del 60% del seu ús total i són essencials en la fabricació de productes de fusta engineered (MDF, aglomerats, contraplacats), adhesives i materials de construcció. El sector de la construcció i el mobiliari és, per tant, el principal consumidor final, amb una demanda fortament vinculada al creixement urbà i a la indústria immobiliària. [\[6\]](#)

Altres aplicacions rellevants inclouen la producció de compostos químics com el MDI, pentaeritritol, butanodiol o poliacetals, així com usos en sectors com l'automoció, tèxtil, agricultura i tractament d'aigües. La seva versatilitat com a precursor químic el converteix en un producte clau dins de múltiples cadenes de valor industrial.

Des del punt de vista econòmic, el mercat global del formaldehid presenta un creixement moderat, amb previsions de CAGR entre el 2% i el 5% fins al 2030, impulsat principalment per la demanda en construcció i materials avançats. Tanmateix, el sector es veu condicionat per regulacions ambientals cada cop més estrictes (emissions de formaldehid o altres subproductes) i per l'augment dels tipus d'interès a Europa, que incrementen el cost del capital i poden afectar la rendibilitat de noves instal·lacions industrials. [\[7\]](#) [\[8\]](#)

Finalment, cal destacar que el formaldehid és un producte que es produeix generalment prop del punt de consum, degut a la seva baixa estabilitat i al cost associat al transport. Això limita el comerç internacional i fa que les plantes de producció estiguin fortament vinculades a la demanda local de derivats.

7.1.3.2. Tendències de metanol y formaldehid

El formaldehid i els seus principals derivats presenten una tendència de creixement moderat però sostingut en les darreres dècades, fortament lligada a la demanda de materials de construcció i productes derivats de la fusta. El sistema metanol-formaldehid mostra una dependència directa del sector de la construcció i del preu de la matèria primera (metanol).

El formaldehid és produït a partir de metanol mitjançant oxidació catalítica, i per tant la seva evolució de mercat està fortament condicionada tant per la disponibilitat com pel preu del metanol. Les fluctuacions en aquest *feedstock* impacten directament en els costos de producció i en el preu final del formaldehid. [\[9\]](#)

A més a més, cal esmentar que el formaldehid és principalment una matèria primera per a la producció de resines (UF, PF i MF). Per tant, la seva tendència depèn quasi exclusivament de la demanda d'aquests materials, especialment en sectors com la construcció, el mobiliari i els panells de fusta.

Les resines derivades del formaldehid representen el principal consum global i mostren una tendència creixent associada a l'augment de la urbanització i de la demanda de materials de baix cost. El sector de la construcció concentra aproximadament el 30% del consum total, actuant com a principal motor de creixement. [\[10\]](#) [\[11\]](#)

En el període recent (2024–2031), el mercat global del formaldehid presenta una tendència clarament creixent, amb una taxa de creixement anual composta (CAGR) al voltant del 5-6%, passant d'un valor aproximat de 7,9 mil milions de dòlars el 2022 a més de 12 mil milions previstos per al 2030.



Figura 8.1: Tendència del mercat del formaldehid 2024-2031

Tot i aquesta tendència positiva a llarg termini, el mercat del formaldehid presenta fluctuacions a curt termini degudes a factors com la variabilitat en la demanda de resines, crisis econòmiques o canvis en els costos del metanol. Per exemple, durant el període 2023-2025 s'han observat períodes d'estancament o caiguda de preus deguts a una demanda feble en els sectors del mobiliari i la construcció que es poden contribuir a crisis econòmiques causades per guerres internacionals.

En el cas de FormalAir, es produirà Formol al 37% estabilitzat amb un 8,8% de metanol, els preus d'aquest tipus de solució varien en un rang d'entre 0,5 i 0,65€/kg segons la regió, amb diferències significatives entre Àsia, Europa i Amèrica del Nord. Aquestes variacions reflecteixen diferències en costos de producció, regulacions ambientals i dinàmiques de demanda. [\[12\]](#) [\[13\]](#)

Per concloure, el formaldehid no experimenta una expansió significativa cap a nous mercats de consum final, sinó que el seu creixement està limitat per regulacions ambientals estrictes i per l'experiència dels sectors tradicionals. Tot i això, es preveu que el creixement continuï augmentant la demanda global.

7.1.3.3. Anàlisi de la competència

Les principals empreses productores de formaldehid es troben distribuïdes globalment, amb una elevada concentració a regions com Àsia (especialment la Xina), Europa i Amèrica del Nord. Es tracta d'un mercat altament competitiu i fragmentat, on coexisteixen grans multinacionals amb productors regionals de menor escala. Empreses com BASF, Celanese, Hexion o Dynea operen plantes amb capacitats de producció que poden superar les 200.000-300.000 tones anuals de formaldehid o derivats, valors molt superiors als habituals en plantes de nova implantació o a escala acadèmica. [\[14\]](#)

- Aquestes grans empreses es caracteritzen per una elevada integració vertical, ja que no només produeixen formaldehid sinó també els seus principals derivats, especialment resines urea-formaldehid (UF), fenol-formaldehid (PF) i melamina-formaldehid (MF). Aquesta integració els permet optimitzar costos, reduir la dependència del mercat extern i augmentar la competitivitat global. [\[15\]](#)
- Moltes d'aquestes companyies operen amb models de producció localitzada, situant les plantes de formaldehid a prop dels centres de consum (indústria de panells de fusta, mobiliari o construcció). Això respon tant a la baixa estabilitat del formaldehid com a la necessitat de minimitzar costos logístics, fet que suposa una barrera d'entrada per a nous competidors sense accés directe al mercat local.
- Un exemple rellevant és Hexion, que ha consolidat la seva posició global mitjançant l'expansió en el mercat de resines adhesives per a la indústria de la fusta, reforçant la seva integració en

la cadena de valor del formaldehid. De manera similar, BASF opera a escala global amb una estratègia basada en economies d'escala i diversificació de productes químics derivats. [\[16\]](#)

- En el cas del mercat europeu, la competència està fortament condicionada per regulacions ambientals estrictes (especialment en emissions de formaldehid), fet que obliga les empreses a invertir en tecnologies més netes i processos més eficients. Això pot representar una barrera tecnològica important per a nous entrants, però alhora una oportunitat per a plantes dissenyades amb criteris d'eficiència i sostenibilitat des de l'inici.

Finalment, cal destacar que el mercat del formaldehid no presenta una concentració extrema en forma de monopoli, sinó que està format per múltiples actors amb presència regional. Tot i això, les grans empreses mantenen un avantatge competitiu basat en la seva capacitat de producció, integració vertical i accés a matèries primeres com el metanol a costos competitiu.

7.1.3.4. Públic Objectiu

El principal factor que motiva la demanda de formaldehid és la seva utilització com a intermedi químic en la producció de resines termoestables, especialment urea-formaldehid (UF), fenol-formaldehid (PF) i melamina-formaldehid (MF), les quals tenen una aplicació directa en la indústria de la fusta, la construcció i els materials derivats. [\[17\]](#)

Per tant, FormalAir té com a públic objectiu principal aquelles empreses que utilitzen formaldehid com a matèria primera en els seus processos productius, especialment fabricants de resines adhesives i productors de panells de fusta *engineered* (MDF, aglomerats i contraplacats), situats preferentment a Europa o en zones amb alta concentració industrial.

Aquestes empreses actuen com a consumidors directes de formaldehid, integrant-lo en la seva cadena de producció per obtenir productes de major valor afegit. En molts casos, es tracta d'indústries amb una demanda contínua i estable, fet que afavoreix contractes de subministrament a llarg termini.

Adicionalment, FormalAir pot dirigir-se a empreses químiques que produeixen derivats del formaldehid com pentaeritritol, butanodiol, resines especials o plàstics tècnics. Aquest segment, tot i ser menor en volum, presenta un valor afegit superior i pot contribuir a diversificar la cartera de clients. També cal destacar que moltes grans empreses consumidores poden disposar de producció pròpia de formaldehid. [\[15\]](#)

Des d'un punt de vista geogràfic, el públic objectiu es concentra en regions amb una elevada activitat en els sectors de la construcció i del mobiliari. En el cas europeu, tot i tractar-se d'un mercat madur, la demanda es manté estable i està orientada cap a productes amb baixes emissions, fet que pot afavorir l'entrada de nous productors amb tecnologies més sostenibles.

Cal esmentar, que les empreses productores de formaldehid utilitzen processos continus i discontinus en els quals hi ha un subministrament continu de matèries primeres, en aquest cas, de metanol. Per tant, hi ha una demanda força estable durant tot l'any. Per aquest motiu, la comercialització del formaldehid per FormalAir S.L es durà a terme mitjançant comades anuals, és a dir, es farà un subministrament a les companyies de manera regular al llarg de l'any. Així doncs, es considera que el formaldehid no presenta variacions segons les estacions de l'any.

7.1.3.5. Factors de risc i claus d'èxit

Les empreses nombrades anteriorment i que actualment dominen el mercat global, tenen la capacitat d'ajustar els seus preus de venda en funció de la demanda i dels costos de producció, fet que podria dificultar la penetració de FormalAir al mercat si no es disposa d'un avantatge competitiu clar. [\[18\]](#) [\[19\]](#) [\[20\]](#)

No obstant això, aquest mateix escenari pot interpretar-se també com una oportunitat. Moltes d'aquestes grans companyies estan altament integrades verticalment i utilitzen el formaldehid principalment com a intermedi per a la producció de resines. Això implica que no sempre enfoquen la seva activitat a la venda directa de formaldehid, deixant espai a productors independents com FormalAir per subministrar a empreses que no disposen de producció pròpia o que prefereixen externalitzar-la.

Un altre factor de risc important és la dependència directa del preu del metanol, que constitueix la matèria primera principal en la producció de formaldehid. Les fluctuacions en el mercat del metanol (fortament lligat al preu del gas natural) poden afectar significativament els costos operatius i, per tant, la rendibilitat del procés.

Com s'ha comentat, la seva estabilitat es baixa, fet que limita la seva distribució a llarga distància i obliga a una correcta selecció de la ubicació de la planta, essent aquest un factor crític per a la viabilitat del projecte. [\[21\]](#)

Pel que fa als factors clau d'èxit, destaca principalment l'optimització dels costos de producció, especialment pel que fa al consum de metanol i a l'eficiència del reactor catalític. Un procés eficient energèticament i amb alt rendiment de conversió pot marcar la diferència en un mercat amb marges ajustats.

Un altre factor determinant és la capacitat d'oferir un producte amb elevada puresa i qualitat constant, adaptat als requisits de les indústries consumidores (especialment fabricants de resines). La fiabilitat en el subministrament i la continuïtat operativa de la planta són aspectes altament valorats pels clients industrials.

Finalment, la ubicació estratègica de la planta, situada al terme de Tarragona, Catalunya, i la proximitat als principals clients (indústria de la fusta, resines o química) constitueixen un element clau per reduir costos logístics i augmentar la competitivitat. Així mateix, la possible orientació cap a tecnologies més sostenibles i amb menors emissions pot representar un avantatge competitiu en el context actual de transició ecològica.

7.1.3.6. Anàlisi DAFO

Abans d'estudiar la viabilitat econòmica de la planta FormalAir, s'ha fet una anàlisi DAFO per conèixer millor la situació del projecte. Aquesta anàlisi serveix per veure els punts febles i forts de la planta, així com les possibles amenaces i oportunitats del mercat.

A la Taula 7.1 es mostra l'anàlisi DAFO de la planta de producció de formaldehid a partir de metanol. Aquesta taula ajuda a entendre quins aspectes poden afectar el funcionament i la rendibilitat de la planta, com ara el preu del metanol, la competència, la normativa ambiental i la demanda del sector de la construcció i del mobiliari.

Taula 7.1: Anàlisi DAFO

DAFO	
DEBILITATS	AMENACES
• Producte de baix valor afegit i marges reduïts, que obliga a operar amb grans volums i alta eficiència per assolir rendibilitat. A la dependència del preu del metanol, amb una correlació directa entre el cost de la matèria primera i la viabilitat econòmica del procés. • Limitacions logístiques degudes a la baixa estabilitat del formaldehid, que dificulta el transport a llarga distància i obliga a ubicar la planta prop del client final. • Escala de producció inferior a la de grans competidors, fet que pot limitar la capacitat de competir en preu en un mercat globalitzat.	• Competència elevada per part de grans empreses multinacionals amb economies d'escala i integració vertical. • Regulacions mediambientals cada cop més estrictes sobre emissions de formaldehid, especialment a Europa, que poden incrementar els costos d'inversió i operació. • Volatilitat en el preu del metanol i de l'energia, factors que poden afectar directament els costos de producció i reduir els marges de benefici. • Dependència del sector de la construcció i del mobiliari, que són cíclics i sensibles a crisis econòmiques, afectant la demanda de formaldehid.
FORTALESES	OPORTUNITATS
• Procés productiu consolidat i altament optimitzat (oxidació catalítica del metanol), amb tecnologia madura i àmpliament validada industrialment. Això redueix la incertesa tècnica i facilita el disseny de la planta. • Baix cost relatiu de la matèria primera (metanol), que permet produir un compost de gran volum amb una estructura de costos competitiva, especialment si es garanteix un subministrament estable. • Elevada demanda com a intermedi químic essencial en la producció de resines (UF, PF, MF), amb aplicacions en sectors clau com la construcció i el mobiliari. • Possibilitat de dissenyar la planta amb criteris moderns d'eficiència energètica i reducció d'emissions, fet que pot representar un avantatge respecte a instal·lacions antigues.	• Creixement sostingut de la demanda en economies emergents i en el sector de materials de construcció, especialment en productes derivats de la fusta. • Possibilitat d'orientar la producció cap a formaldehid de baixes emissions o resines més sostenibles, en línia amb les noves regulacions europees, generant un avantatge competitiu. • Existència de clients industrials que prefereixen externalitzar la producció de formaldehid en lloc d'integrar-la, creant nínxols de mercat per a productors independents. • Integració potencial amb altres processos químics o ampliació cap a derivats del formaldehid (diversificació), augmentant el valor afegit del projecte.

A partir de l'anàlisi DAFO realitzat, es pot concloure que la capacitat negociadora de FormalAir estarà fortament condicionada per la seva posició com a nou entrant en un mercat experimentat i altament competitiu. En aquest context, el poder de negociació amb els proveïdors serà limitat, especialment pel que fa al metanol, ja que es tracta d'una matèria primera estandarditzada amb preus marcats pel

mercat internacional. Tanmateix, la proximitat a fonts de subministrament o la negociació de contractes a llarg termini pot contribuir a estabilitzar els costos i reduir la volatilitat associada.

Gràcies a l'anàlisi es pot concloure l'existència d'oportunitats de mercat rellevants, especialment en aquells segments on la producció de formaldehid no està integrada verticalment o on es requereixen proveïdors externs per cobrir la demanda. Així mateix, la creixent pressió reguladora en matèria ambiental pot afavorir l'entrada de noves instal·lacions més eficients i sostenibles, com la plantejada per FormalAir, sempre que es dissenyi sota criteris d'optimització energètica i reducció d'emissions.

En aquest sentit, l'estratègia empresarial hauria d'orientar-se cap a la minimització de costos operatius, la ubicació estratègica de la planta a prop dels centres de consum i la diferenciació mitjançant la qualitat del producte i el compliment de les normatives ambientals. Addicionalment, la possibilitat d'establir acords de subministrament a llarg termini amb clients industrials pot contribuir a reduir la incertesa del mercat i garantir la viabilitat econòmica del projecte.

En el cas de FormalAir, el fet de ser completament autònoma respecte l'energia tèrmica requerida així com haver dissenyat una planta pràcticament automatitzada en la seva totalitat, redueix els costos d'OPEX i per tant permet vendre el producte final a preus més competitius.

7.2. Estudi financer

L'estudi financer constitueix una anàlisi destinada a determinar els recursos econòmics necessaris per desenvolupar el projecte de disseny i implantació de la planta de producció. A través de l'avaluació de la inversió inicial requerida, dels costos d'operació i producció, dels ingressos previstos i dels beneficis estimats, es pot determinar la viabilitat econòmica i la rendibilitat global del projecte.

Per a la posada en marxa d'una instal·lació industrial d'aquestes característiques, és imprescindible estudiar també les diferents opcions de finançament disponibles. Entre les principals fonts de finançament destaquen les aportacions dels socis, el capital social de l'empresa, els préstecs bancaris, les línies de crèdit, els préstecs ICO i possibles subvencions o ajudes públiques destinades al sector industrial i tecnològic.

Els préstecs ICO són instruments de finançament oferts per el Instituto de Crédito Oficial [\[22\]](#), organisme públic dependent de l'Estat espanyol, que opera mitjançant entitats bancàries col·laboradores. Aquest tipus de finançament acostuma a oferir condicions favorables per a les empreses, especialment pel que fa als terminis d'amortització, períodes de carència i tipus d'interès aplicats.

Les entitats financeres estableixen diferents requisits i condicions per concedir finançament als projectes empresarials. Habitualment, els interessos dels préstecs, tant a tipus fix com variable, es calculen a partir de l'EURÍBOR més un diferencial determinat per l'entitat bancària. Per aquest motiu, l'evolució d'aquest índex té una influència directa sobre el cost del finançament del projecte.

L'EURÍBOR (Euro Interbank Offered Rate) és l'índex de referència més utilitzat a Europa per calcular els interessos aplicables als préstecs i operacions financeres [\[23\]](#). Aquest indicador reflecteix el tipus d'interès mitjà al qual els principals bancs europeus es presten diners entre ells a curt i llarg termini. La seva evolució històrica mostra variacions importants al llarg dels anys, arribant fins i tot a presentar valors negatius en determinats períodes.

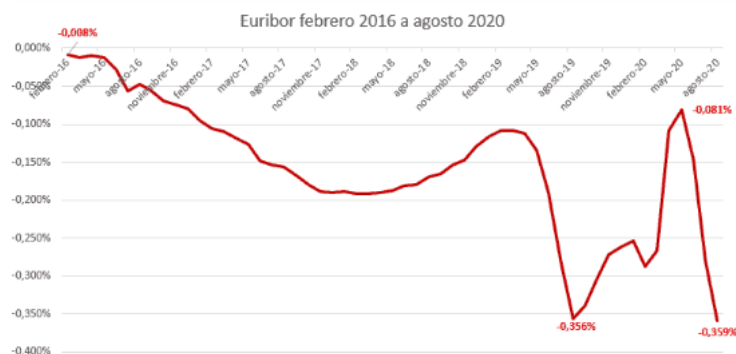


Figura 7.2. Avaluació històrica de l'EURIÍBOR

En cas que FormalAir requereís finançament extern per completar la inversió inicial de la planta, una de les opcions més interessants seria la sol·licitud d'una línia ICO, ja que ofereix unes condicions especialment avantatjoses per a empreses industrials de nova implantació i projectes amb elevades necessitats d'inversió inicial.

7.3. Estimació de la inversió inicial

La inversió inicial correspon al conjunt de recursos econòmics necessaris per poder iniciar i posar en funcionament el projecte industrial, en aquest cas la planta de producció de formaldehid a partir de metanol de FormalAir. L'objectiu principal d'aquesta inversió és adquirir tots els béns, equips i serveis imprescindibles per garantir el desenvolupament de l'activitat productiva i generar beneficis al llarg del temps.

Aquesta inversió inicial es divideix principalment en quatre grans apartats:

- **Despeses prèvies:** inclouen totes aquelles despeses que es produeixen abans de l'inici de l'activitat industrial, independentment que el projecte arribi o no a ser rentable. Dins d'aquest grup s'hi troben els estudis tècnics i de mercat, els tràmits administratius, les despeses de constitució de l'empresa i altres gestions necessàries per iniciar el projecte. Tot i ser necessàries, representen una part reduïda de la inversió total.
- **Capital immobilitzat:** correspon a la inversió destinada a l'adquisició dels actius fixos necessaris per al funcionament de la planta, com els terrenys, edificis, equips industrials, maquinària i instal·lacions auxiliars. Aquesta és una de les partides econòmiques més elevades del projecte. A excepció dels terrenys, aquests actius perden valor amb el pas del temps a causa de l'ús i el desgast, fet que obliga a aplicar amortitzacions al llarg de la seva vida útil. Aquestes amortitzacions es consideren un cost associat a l'activitat.
- **Capital circulant:** fa referència als recursos econòmics necessaris per garantir el funcionament quotidià de la planta durant l'activitat productiva. Inclou la compra de matèries primeres, el pagament de salaris, les despeses energètiques, el manteniment, els subministraments i la tresoreria disponible. Es tracta d'una partida molt important dins l'estructura econòmica del projecte i, a diferència del capital immobilitzat, no és amortitzable.
- **Despeses de posada en marxa:** engloba tots els costos associats a l'inici de l'activitat industrial i a la posada en funcionament de les instal·lacions. Dins d'aquesta categoria s'inclouen proves operatives, ajustos dels equips, despeses imprevistes i altres costos addicionals derivats de la

fase inicial d'operació de la planta. Les despeses relacionades amb la construcció i adequació de les instal·lacions també formen part de la inversió del projecte.

7.3.1. Capital immobilitzat

El capital immobilitzat correspon a la inversió necessària per construir la planta de producció de formaldehid de FormalAir i adquirir tots els equips i instal·lacions requerits per al seu funcionament. Aquesta partida inclou principalment el cost del terreny, la maquinària de procés, les instal·lacions auxiliars, les canonades, els sistemes elèctrics i les edificacions industrials. Es tracta de la inversió més important del projecte i el seu valor s'amortitza al llarg de la vida útil dels actius.

Per estimar el capital immobilitzat existeixen diferents metodologies de càlcul, com el mètode del factor global, del factor únic o del factor múltiple. En aquest projecte s'ha seleccionat el mètode de Vian, basat en el factor únic, ja que ofereix una estimació preliminar fiable dels costos industrials, amb un marge d'error aproximat d'entre el 10% i el 20%.

Aquest mètode permet calcular les diferents partides del capital immobilitzat a partir del cost principal dels equips del procés, aplicant factors de correcció associats a instal·lacions, serveis auxiliars, edificacions i altres elements de la planta.

Abans d'aplicar el mètode de Vian, ha estat necessari estimar el cost dels equips principals. Quan ha estat possible, s'han utilitzat preus facilitats per fabricants i proveïdors. En la resta de casos, els costos s'han calculat mitjançant correlacions econòmiques basades en els mètodes de Sinnott-Towler [24], àmpliament utilitzats en el disseny de plantes químiques.

7.3.1.1. Cost del terreny

El cost d'adquisició del terreny on s'instal·larà la planta de FormalAir representa una de les inversions inicials més importants del projecte. Aquest cost depèn principalment de dues variables: la superfície total necessària per a la implantació de la planta i el preu per metre quadrat del sòl industrial a la ubicació seleccionada.

En aquest cas, la planta s'ubicarà al polígon industrial Satèl·lits, situat a Tarragona (Espanya), una zona amb una forta tradició industrial i una localització estratègica per a activitats del sector químic. La proximitat al Port de Tarragona, al complex petroquímic de la zona i a les principals infraestructures de transport facilita tant el subministrament de matèries primeres com l'expedició dels productes finals. No obstant això, aquests avantatges logístics comporten també un increment del valor del sòl respecte a altres polígons industrials més allunyats.

Després de realitzar una recerca de mercat basada en els preus actuals de parcel·les industrials disponibles a la zona, s'ha considerat un valor de 264,70 €/m² [25] per al sòl industrial.

Considerant que la superfície total requerida per a la implantació de la planta és de 53.720 m², el cost total associat a l'adquisició del terreny s'ha estimat mitjançant l'Equació 7.1.

$$C_t = A_p \cdot P_p \quad (1)$$

- C_t : Cost del terreny (€)
- A_p : Àrea de la parcel·la (m^2)
- P_p : Preu del metre quadrat de la parcel·la (€/m²)

A continuació es calcula el cost del terreny de la planta mitjançant l'equació 7.1.

$$C_t = 53720 \, m^2 \cdot 264,7 \, \text{€}/m^2 = 14.219.684 \, \text{€}$$

El cost total d'adquisició del terreny s'ha estimat en 14.219.684 €. Aquest valor representa una part important de la inversió inicial del projecte, degut principalment a la gran superfície requerida i a la ubicació estratègica de la planta dins del polígon industrial Satèl·lits de Tarragona.

7.3.1.2 Cost dels equips

Per estimar el cost dels equips necessaris, es poden utilitzar diferents metodologies de càlcul aproximat basades en models empírics i correlacions econòmiques. En aquest projecte, com que no es disposa de pressupostos comercials reals ni de dades econòmiques específiques proporcionades per fabricants, s'ha optat per emprar mètodes teòrics d'estimació de costos.

Concretament, s'ha utilitzat el mètode de les correlacions econòmiques desenvolupat per Sinnott i Towler (2007), àmpliament emprat en el disseny preliminar de plantes químiques. Aquest procediment permet calcular una estimació del cost dels equips a partir de determinats paràmetres característics, com ara la capacitat, el volum, la superfície d'intercanvi, el cabal o la potència, depenent del tipus d'equip analitzat. Cada equip disposa de correlacions específiques i constants pròpies associades al seu disseny i funcionament.

Els valors obtinguts mitjançant aquestes correlacions corresponen a costos de referència de l'any 2007. Per aquest motiu, és necessari actualitzar econòmicament els resultats per adaptar-los als preus actuals del mercat industrial. Aquesta actualització s'ha realitzat utilitzant els índexs CEPCI [\[26\]](#) (Chemical Engineering Plant Cost Index), que permeten corregir l'evolució dels costos dins del sector de l'enginyeria química i dels equips industrials.

També cal destacar que part dels equips han sigut extrets del Simulador Aspen Hysys o de catàlegs industrials reals.

Addicionalment, també s'ha considerat l'índex CPI [\[27\]](#) (Consumer Price Index) per tenir en compte les variacions generals dels preus i de la inflació durant els darrers anys. Mitjançant l'aplicació combinada d'aquests índexs, s'obtenen estimacions econòmiques més representatives i ajustades al context industrial actual.

Per dur a terme el mètode de les correlacions s'utilitza l'Equació 7.2:

$$C_e = a + b \cdot S^n \quad (7.2)$$

- C_e : Cost del equip
- Constants a , b i n : Constants de la correlació
- S : Paràmetre característic de l'equip [\[28\]](#)

És important tenir en compte que els costos calculats mitjançant les correlacions proposades per Sinnott i Towler (2007) estan basats en dades econòmiques corresponents a anys anteriors i, per tant, no representen directament el valor actual dels equips industrials. Per aquest motiu, resulta necessari actualitzar aquestes estimacions econòmiques per adaptar-les a les condicions de mercat actuals i obtenir valors més realistes.

Per realitzar aquesta correcció econòmica, s'utilitzen els índexs CEPCI (Chemical Engineering Plant Cost Index), que permeten ajustar l'evolució dels costos dins del sector de l'enginyeria química i dels equips industrials al llarg del temps. A la Taula 7.2 es mostren els valors dels índexs CEPCI corresponents als anys 2007 i 2017, utilitzats com a referència per a l'actualització dels costos.

A més, també s'han considerat els índexs CPI (Consumer Price Index) dels anys 2017 i 2025, representats a la Taula 7.3, amb l'objectiu de tenir en compte la variació general dels preus i l'efecte de la inflació sobre els costos econòmics. No s'ha utilitzat informació corresponent a l'any 2026 perquè actualment no es disposa de dades oficials completament actualitzades per a aquest període.

Taula 7.2. Índex CEPCI (\$) dels anys 2007 i 2017

ANY	ÍNDEX CEPCI (\$)
2007	509,7
2017	567,5

Taula 7.3. Índex CPI (\$) dels anys 2017 i 2025

ANY	ÍNDEX CPI (\$)
2017	100
2025	97,1

Mitjançant l'aplicació de l'Equació 7.3 es pot corregir econòmicament el cost inicial dels equips calculat amb les correlacions de Sinnott i Towler, obtenint així una estimació adaptada als valors actuals de mercat. Aquesta actualització es realitza considerant tant l'evolució dels costos industrials del sector químic, mitjançant els índexs CEPCI, com la variació general dels preus i la inflació a través dels índexs CPI.

$$Ce(\$_{2025}) = Ce(\$_{2007}) \cdot \frac{CEPCI(2017)}{CEPCI(2007)} \cdot \frac{CPI(2025)}{CPI(2017)} \quad (3)$$

Un cop actualitzats els costos en dòlars, és necessari transformar-los a euros per adaptar-los al context econòmic europeu utilitzat en aquest projecte. Per fer aquesta conversió monetària s'ha considerat un tipus de canvi aproximat d'1 dòlar equivalent a 0,88 euros.

Cal tenir en compte que les correlacions econòmiques emprades originalment estan desenvolupades per estimar equips fabricats en acer inoxidable AISI 316L.

Tancs emmagatzematge

Per determinar el cost econòmic dels tancs d'emmagatzematge de la planta de FormalAir, s'han utilitzat correlacions de càlcul basades en models estimatius per a dipòsits cònics. Aquestes correlacions permeten obtenir una aproximació del cost dels equips a partir de les seves dimensions, capacitat i característiques constructives.

La planta disposa de dos tancs destinats a l'emmagatzematge de metanol, utilitzat com a matèria primera principal del procés, així com quatre tancs d'emmagatzematge de formaldehid per al producte final obtingut. Aquests equips tenen una funció essencial dins de l'operació de la planta, ja que permeten garantir la continuïtat del procés productiu, estabilitzar els cabals d'alimentació i assegurar una capacitat adequada d'emmagatzematge tant de reactius com de producte acabat.

L'estimació dels costos s'ha realitzat tenint en compte les dimensions dels dipòsits, el volum d'emmagatzematge requerit, les condicions operatives i els materials de construcció necessaris per treballar amb substàncies químiques com el metanol i el formaldehid.

A la Taula 7.4 es presenta el resum dels costos estimats corresponents als tancs d'emmagatzematge considerats en el projecte.

Taula 7.4. Costos associats als tancs d'emmagatzematge

TANCS EMMAGATZEMATGE I TANCS PULMÓ									
Ítem	Paràmetres de disseny	Valor del paràmetre	Material	Cost 2007 (\$)	Cost 2025 (\$)	Cost 2025 (€)	Cost unitari (ASI 316L)	Unitats	Cost total (€)
TE-101	Capacitat [m ³]	500	AISI 316L	95040	102748,8	90419,0	117544,7	1	235088,8
TE-102	Capacitat [m ³]	500	AISI 316L	95040	102748,8	90419,0	117544,7	1	
TE-601	Capacitat [m ³]	500	AISI 316L	95040	102748,8	90419,0	117544,7	1	470177,6
TE-602	Capacitat [m ³]	500	AISI 316L	95040	102748,8	90419,0	117544,7	1	
TE-603	Capacitat [m ³]	500	AISI 316L	95040	102748,8	90419,0	117544,7	1	
TE-604	Capacitat [m ³]	500	AISI 316L	95040	102748,8	90419,0	117544,7	1	
SUBTOTAL									705.267,98 €

Mescladors

Per al càlcul econòmic dels *mixers* utilitzats a la planta de FormalAir, s'ha considerat que el cost total d'aquests equips correspon a la suma del cost del cos del mesclador estàtic i els elements estàtics de mescla. D'aquesta manera, l'estimació inclou tant l'estructura principal de mescla com els elements mecànics necessaris per garantir una correcta homogeneïtzació dels corrents de procés.

L'estimació dels costos d'aquests equips s'ha realitzat considerant les dimensions, els cabals de treball i els materials de construcció requerits i buscant posteriorment equips industrials similars per tenir certa referència del preu.

Cal esmentar que el M-301, no es tracta d'un mesclador, és un distribuïdor de vapor, amb una funcionalitat inversa a la dels mescladors convencionals. És per aquest motiu que el seu preu és més elevat.

També mencionar que en el cas del M-201, es tracta d'un mesclador de gasos de grans dimensions, s'encarrega de mesclar el metanol evaporat amb el cabal d'aire i per tant és crucial una bona homogeneïtzació, per aquest motiu el seu cost és tan elevat.

A la Taula 7.5 es mostra el resum dels costos estimats corresponents als mescladors estàtics inclosos a la planta.

7.5. Costos associats a mescladors

MESCLADORS	
Ítem	Cost (€)
M-201	16000
M-202	1800
M-301	10500
M-302	1500
M-401	3500
M-701	1500
SUBTOTAL	34.800,00 €

Reactor

El reactor principal de la planta és un reactor multitubular de carcassa i tubs, un tipus de reactor molt utilitzat en la producció industrial de formaldehid gràcies a la seva bona capacitat per controlar la temperatura durant la reacció. La reacció química es produeix a l'interior dels tubs, mentre que per la carcassa circula el fluid refrigerant encarregat d'absorbir la calor generada pel procés.

El dimensionament del reactor s'ha realitzat mitjançant el simulador Aspen HYSYS, obtenint unes condicions d'operació de 15 bar a la carcassa i entre 2 i 1,31 bar als tubs. El sistema treballa amb un cabal de refrigerant de 10.730 kg/h i un cabal de corrent reactiu de 56.713 kg/h, amb temperatures pròximes als 200 °C. El reactor presenta un volum intern aproximat de 25,61 m³ a la carcassa i 10,79 m³ als tubs, així com un coeficient global de transferència de calor de 135 W/m²·K.

A partir dels resultats obtinguts durant el dimensionament del reactor a Aspen HYSYS i de les seves característiques de funcionament, s'ha estimat un cost aproximat de compra que es pot veure en la Taula 7.6, corresponent a l'equip principal necessari per operar el procés en condicions industrials.

Taula 7.6. Costos associats al reactor

REACTOR	
Ítem	Cost (€)
R-301	1410164
SUBTOTAL	1.410.164,00 €

Torre d'absorció

La torre d'absorció és un dels equips principals de la planta de producció de formaldehid, ja que permet la separació i recuperació del formaldehid present en el corrent gasós procedent del procés de reacció. En aquest equip, el gas entra en contacte amb el líquid absorbent, afavorint la transferència del formaldehid cap a la fase líquida i permetent obtenir la solució final de formaldehid.

Per a l'estimació econòmica d'aquest equip s'han tingut en compte les seves principals característiques de disseny, com l'alçada total, el material de construcció, el tipus de rebliment, el diàmetre intern i la presència d'accessoris com el sistema de pump around. En aquest cas, la torre disposa de rebliment tipus anells Raschig d'acer inoxidable, amb una alçada total de 18,8 metres i construcció en AISI 316L, material adequat per les condicions corrosives del procés.

A la Taula 7.7 es mostren les dades utilitzades per a l'estimació del cost de la torre d'absorció TA-401, incloent-hi les dades de rebliment, els accessoris i les principals dades de disseny de l'equip

7.7. Costos associats a la torre d'absorció

TORRE ABSORCIÓ	
Ítem	Cost (€)
TA-401	4250000
SUBTOTAL	4.250.000,00 €

Bescanviador de calor

Els intercanviadors de calor constitueixen equips imprescindibles dins del procés de producció de formaldehid, ja que intervenen en les diferents etapes de transferència tèrmica necessàries per al correcte funcionament de la planta.

Per a l'estimació econòmica d'aquests equips, s'ha adoptat una aproximació basada en intercanviadors de calor de tipus carcassa i tubs, ja que és la configuració més habitual en la indústria química per treballar amb fluids a diferents pressions i temperatures. Aquest tipus d'equip destaca per la seva robustesa, elevada eficiència tèrmica i facilitat de manteniment en processos industrials continus.

A la Taula 7.8 es presenta el resum dels costos estimats corresponents als intercanviadors de calor de la planta.

Taula 7.8. Costos associats a bescanviadors de calor

BESCANVIADORS DE CALOR	
Ítem	Cost (€)
BC-201	130013
BC-202	94569
BC-203	11192
BC-301	12748
BC-401	329245
BC-402	45925
BC-701	19941
SUBTOTAL	643.633,00 €

Calderes

En el cas de FormalAir, les calderes només són necessàries en el cas de la posada en marxa de la planta ja que un cop iniciat tot el procés la planta és plenament autosuficient i les calderes i equips complementaris a aquestes ja no seran necessaris que estiguin en funcionament.

En primer lloc, s'ha considerat necessària una caldera auxiliar d'oli tèrmic destinada a l'escalfament i evaporació inicial del metanol. Aquesta caldera subministra calor a un bescanviador instal·lat en sèrie amb el BC-201, de manera que permet substituir temporalment l'aportació tèrmica del procés fins que la planta assoleix el règim d'operació autosuficient.

El cabal de metanol a escalfar és de 5.086 kg/h, passant de 25 °C a 85 °C, amb una necessitat tèrmica estimada de 1.746,4 kW. Considerant un marge de disseny aproximat del 15 %, s'ha seleccionat una caldera d'oli tèrmic d'uns 2.000 kW. Com a referència comercial s'ha considerat una caldera d'oli tèrmic PIROBLOC GFT [29], ja que aquesta gamma cobreix potències industrials compreses entre 1.000 i 15.000 kW i és adequada per a aplicacions de transferència de calor en processos químics.

En segon lloc, Durant la fase de posada en marxa de la planta és necessari escalfar la barreja reactiva abans de la seva entrada al reactor, ja que en aquest punt el procés encara no és energèticament

autosuficient. Aquesta aportació tèrmica es realitza mitjançant el bescanviador BC-202, el qual treballa amb vapor d'aigua generat per una caldera auxiliar.

Les condicions requerides pel procés corresponen a la producció de vapor a 15 bar i 200 °C, amb un cabal aproximat de 1.325 kg/h i una demanda tèrmica de 854,3 kW. Considerant un marge de seguretat en el dimensionament, s'ha seleccionat una caldera industrial de vapor amb una capacitat aproximada de 1.500 kg/h.

Com a referència comercial s'ha considerat una caldera industrial del fabricant SINCAL [30], empresa especialitzada en sistemes de generació de vapor per a aplicacions industrials i químiques, amb equips compatibles amb les condicions de temperatura i pressió requerides en aquest procés.

Finalment, durant la fase de posada en marxa de la planta també és necessari disposar d'un sistema auxiliar capaç de subministrar aigua pressuritzada per al control tèrmic del reactor. Aquesta aportació es realitza mitjançant una caldera auxiliar destinada a generar aigua líquida a elevada temperatura, la qual circula pel sistema de refrigeració del reactor per absorbir la calor generada durant la reacció exotèrmica de producció de formaldehid.

Les condicions requerides pel procés corresponen a aigua líquida a 198 °C i 15 bar, amb un cabal aproximat de 10.730 kg/h. Considerant les necessitats tèrmiques del sistema i aplicant un marge de seguretat adequat, s'ha seleccionat una caldera industrial de tubs d'aigua amb una potència tèrmica aproximada de 2,2 MW.

Com a referència comercial s'ha considerat una caldera industrial del fabricant Bosch Industrial Boilers [31], empresa especialitzada en sistemes de generació tèrmica per a processos químics i industrials, amb equips compatibles amb les condicions de temperatura, cabal i pressió requerides en aquest procés.

A continuació, es recullen en la Taula 7.9 el recull de costos associats a les calderes de la planta.

7.9. Costos associats a calderes

CALDERES	
Ítem	Cost (€)
BO-701	180000
BO-702	120000
BO-703	240000
SUBTOTAL	540.000,00 €

Bombes

Les bombes són equips auxiliars necessaris per garantir la circulació dels diferents fluids al llarg de la planta. Encara que el cost individual d'una bomba és relativament baix en comparació amb altres equips de procés, el gran nombre d'unitats instal·lades fa que la seva contribució a la inversió total sigui rellevant.

El cost d'aquests equips depèn principalment del cabal a impulsar, de la potència requerida i dels materials de construcció utilitzats. A partir dels paràmetres de disseny obtinguts durant el dimensionament del procés, s'ha realitzat l'estimació econòmica de cadascuna de les bombes de la planta. A continuació es presenten els costos associats a les bombes en la Taula 7.10.

7.10. Costos associats a bombes

BOMBES											
Ítem	Paràmetres de disseny	Valor del paràmetre	Material	Cost 2007 (\$)	Cost 2025 (\$)	Cost 2025 (€)	Cost unitari (Propilè)	Cost unitari (ASI 316L)	Cost unitari (ASI 420L)	Unitats	Cost total (€)
P-101/P-102	Cabal (L/s)	12,5	AISI 316L	7087	7661,836762	6742,41635	4719,691445	-	-	2	9439,382891
P-103/P-104	Cabal (L/s)	1,79	AISI 316L	7250	7838,057926	6897,490975	-	8966,738268	-	2	17933,47654
P-105	Cabal (L/s)	0.38	AISI 316L	6986	7552,644507	6646,327166	-	-	7310,959882	1	7310,959882
P-401	Cabal (L/s)	4.32	AISI 316L	7669	8291,043619	7296,118385	-	9484,9539	-	1	9484,9539
P-701	Cabal (L/s)	1.17	AISI 316L	7139	7718,054557	6791,88801	-	-	7471,076811	1	7471,076811
P-601/602	Cabal (L/s)	44,44	AISI 316L	7669	8291,043619	7296,118385	-	9484,9539	-	2	18969,9078
SUBTOTAL											70609,75782

Bufadors

Els equips de compressió d'aire tenen una funció essencial dins del procés de producció de formaldehid, ja que permeten impulsar i transportar els diferents corrents gasosos al llarg de la planta. Dins d'aquesta categoria s'inclouen tant els bufadors principals com els bufadors emprats en diverses etapes del procés. L'estimació econòmica d'aquests equips s'ha realitzat mitjançant correlacions de cost de Sinnott, utilitzant la potència dels equips com a principal paràmetre de dimensionament.

A continuació es presenten els principals paràmetres de disseny i l'estimació econòmica associada a cadascun d'aquests equips a la Taula 7.11.

Taula 7.11. Costos associats a bufadors

BUFADORS									
Ítem	Paràmetres de disseny	Valor del paràmetre	Material	Cost 2007 (\$)	Cost 2025 (\$)	Cost 2025 (€)	Cost unitari (AISI 316L)	Unitats	Cost total (€)
B-101	Potència (kW)	200	ASI 316L	444718	480789,7165	423094,9505	296166,5	1	296166,5
B-102	Potència (kW)	200	ASI 316L	444718	480789,7165	423094,9505	336552,8	1	336552,8016
B-401	Potència (kW)	225	ASI 316L	342320	370086,0675	325675,7394	227973,0	1	227973,0176
B-402	Potència (kW)	225	ASI 316L	364605	394178,6359	346877,1996	242814,0	1	242814,0
SUBTOTAL									1.103.506,32 €

Regenerador tèrmic oxidatiu

L'oxidador tèrmic regeneratiu (RTO) representa una de les inversions més importants dins dels equips auxiliars de la planta. El seu cost està condicionat principalment pel cabal de gas a tractar, les elevades temperatures d'operació, la presència de sistemes de recuperació de calor i els requeriments de seguretat associats al tractament de corrents gasosos potencialment contaminants.

A més de l'estructura principal de l'equip, l'estimació econòmica considera els elements interns de recuperació tèrmica, el cremador, els ventiladors, els sistemes d'aïllament, la instrumentació de control i els diferents components auxiliars necessaris per al seu correcte funcionament. La necessitat de treballar a temperatures elevades i de garantir una alta eficiència de tractament fa que aquest tipus d'equips presenti un cost d'inversió superior al de la majoria d'unitats auxiliars de la planta.

L'estimació econòmica s'ha realitzat a partir de referències comercials d'equips industrials equivalents, considerant les característiques de disseny i la capacitat de tractament requerides pel procés. El seu preu final és pot observar a la Taula 7.12.

Taula 7.12. Costos associats a regenerador tèrmic oxidatiu

OXIDADOR TÈRMIC REGENERATIU	
Ítem	Cost (€)
RTO-501	1150000
SUBTOTAL	1.150.000,00 €

Torre de refrigeració

La torre de refrigeració és un equip auxiliar important dins de la planta de producció de formaldehid, ja que té la funció d'eliminar part de la calor generada durant el procés i mantenir els equips en unes condicions de treball adequades. Aquest sistema permet refredar l'aigua de servei que circula pels diferents circuits de refrigeració de la planta, afavorint així l'estabilitat i la seguretat de l'operació.

En aquest cas, la torre de refrigeració treballa amb un cabal d'aigua de 83.000 kg/h, equivalent aproximadament a 83 m³/h. L'aigua entra a la torre a una temperatura de 36,75 °C i surt a 25 °C, fet que permet reduir la temperatura del circuit de refrigeració abans de tornar-lo a utilitzar en el procés. Amb aquestes condicions, la torre presenta una capacitat de dissipació tèrmica aproximada de 1.133 kW.

Com a model de referència s'ha seleccionat la torre EWK-1000, del fabricant EWK Equipos de Refrigeración. Aquest equip està fabricat en polièster reforçat amb fibra de vidre, un material adequat per treballar en ambients industrials corrosius i en zones exposades a la brisa marina. A partir de les dades tècniques i comercials proporcionades pel fabricant, s'ha estimat el cost aproximat de compra de l'equip, que es presenta a la Taula 7.13.

Taula 7.13. Costos associats a la torre de refrigeració

TORRE DE REFRIGERACIÓ	
Ítem	Cost (€)
TR-701	35000
SUBTOTAL	35.000,00 €

Descalcificadora

El valor econòmic de la descalcificadora depèn principalment de la seva capacitat de tractament, del cabal d'aigua que pot processar i de la quantitat de resina d'intercanvi iònic necessària per garantir el correcte funcionament del sistema. Altres factors que influeixen en el cost són les dimensions dels dipòsits, els equips de regeneració, la instrumentació incorporada i el nivell d'automatització de la instal·lació.

Per a l'estimació del cost s'ha pres com a referència un equip comercial amb característiques similars a les requerides pel procés, seleccionat en funció de les necessitats de cabal i de la capacitat de tractament d'aigua de la planta. Aquesta metodologia permet obtenir una estimació representativa de la inversió associada al sistema de descalcificació. El cost estimat de l'equip es presenta a la Taula 7.14.

Taula 7.14. Costos associats a la descalcificadora

DESCALCIFICADORA	
Ítem	Cost (€)
DC-701	6668
SUBTOTAL	6.668,00 €

Després d'estimar individualment el cost de cadascun dels equips que formen part de la planta, es presenta a la Taula 7.15 un resum dels costos d'inversió agrupats segons les diferents àrees i unitats de procés de FormalAir.

Taula 7.15. Costos totals del equips

Equips	Cost 2025 (€)
Tancs d'emmagatzematge	705268
Mescladors	34800
Reactor	1410164

Torre d'absorció	4250000
Bescanviadors de calor	643633
Calderes	540000
Bombes	70610
Bufadors	1103506
Torre de refrigeració	35000
Descalcificadora	6668
Oxidador tèrmic regeneratiu	1150000
TOTAL	9.949.649,06 €

En conclusió, un cop considerades totes les estimacions econòmiques associades als equips principals i auxiliars de la planta, la inversió total corresponent als equips necessaris per al desenvolupament del projecte de FormalAir s'estima en 9.949.649,06 €. Aquest valor representa la base de la inversió en equips de procés i serveis auxiliars necessaris per garantir el correcte funcionament de la planta de producció de formaldehid.

7.4.1.3. Mètode de VIAN

Després de determinar els costos corresponents als equips principals de procés i al terreny destinat a la planta industrial, és necessari calcular la resta de partides que conformen el capital immobilitzat global del projecte. Amb aquesta finalitat, s'ha utilitzat el mètode de Vian, una metodologia d'estimació econòmica àmpliament emprada en enginyeria química per aproximar el cost total d'implantació d'una planta industrial.

Aquest mètode permet estimar no només el cost directe de la maquinària, sinó també altres despeses associades a la instal·lació, muntatge, canonades, instrumentació, serveis auxiliars, edificacions i altres elements necessaris per al funcionament de la planta. D'aquesta manera, es pot obtenir una aproximació molt més representativa de la inversió inicial requerida pel projecte.

A la Taula 7.16 es recullen les diferents partides econòmiques relacionades amb la maquinària i les instal·lacions, així com els percentatges o factors de càlcul utilitzats per estimar cadascun dels costos addicionals. Aquests valors no són fixes, sinó que poden variar en funció de les característiques particulars del projecte, del nivell de complexitat de la planta i dels criteris tècnics adoptats durant l'avaluació econòmica.

7.16. Mètode de Vian pel capital immobilitzat

Paràmetre	Descripció	Equació	Cost (€)
I1	Maquinària i aparells	X	
I2	Instal·lació	35-50% de X	
I3	Canonades i vàlvules	60% de X	
I4	Instrumentació	5-30% de X	
I5	Aïllaments	3-10% de X	
I6	Instal·lació elèctrica	10-20% de X	
I7	Terrenys i edificacions	Cost del Terreny + 12-15% de X	
I8	Instal·lacions auxiliars	25-70% de X	
Y	Capital físic o primari	Sumatori de I1-I8	
I9	Honoraris de projecte i direcció d'obra i muntatge	20-30% de Y	
Z	Capital directe o secundari	Y+I9	
I10	Contractista	4-10% de Z	
I11	Despeses imprevistes	10-30% de Z	
TOTAL		Z+I10+I11	

En el cas del projecte desenvolupat per FormalAir, s'ha decidit utilitzar valors mitjans dins dels intervals proposats pels factors del mètode de Vian. Aquesta elecció es deu al fet que la planta de producció de formaldehid presenta unes dimensions i un nivell de complexitat considerats intermedis dins del sector químic industrial.

L'única partida en què no s'ha aplicat un valor mig està relacionada amb les infraestructures i edificacions (I7), ja que el percentatge assignat depèn directament de la tipologia constructiva de la planta. En aquest projecte, la instal·lació combina zones interiors tancades, com les àrees de procés, laboratoris i oficines, amb espais oberts destinats a circulació interna, accessos i aparcaments. Per aquest motiu, s'ha considerat adient aplicar un factor corresponent a una edificació de tipus mixt, adoptant un valor del 12%.

A la Taula 7.17 es presenten els factors de càlcul seleccionats per a cadascuna de les partides del capital immobilitzat, així com els costos estimats obtinguts mitjançant l'aplicació del mètode de Vian.

7.17. Cost de les partides referents al mètode de Vian pel capital immobilitzat

Paràmetre	Descripció	Equació	Cost (€)
I1	Maquinària i aparells	X	9949649,1
I2	Instal·lació	40% de X	3979859,6
I3	Canonades i vàlvules	60% de X	5969789,4
I4	Instrumentació	10% de X	994965
I5	Aïllaments	5% de X	497482
I6	Instal·lació elèctrica	15% de X	1492447
I7	Terrenys i edificacions	Cost del Terreny + 12-15% de X	15413641,89
I8	Instal·lacions auxiliars	30% de X	2984895
Y	Capital físic o primari	Sumatori de I1-I8	41282729,44
I9	Honoraris de projecte i direcció d'obra i muntatge	20% de Y	8256546
Z	Capital directe o secundari	Y+I9	49539275
I10	Contractista	5% de Z	2476964
I11	Despeses imprevistes	12% de Z	5944713
TOTAL		Z+I10+I11	57.960.952,13 €

7.4.2. Capital Circulant

El capital circulant correspon al conjunt de recursos financers necessaris per garantir el funcionament diari de la planta durant totes les etapes de l'activitat productiva. Aquest capital permet cobrir despeses associades a la compra de matèries primeres, subministraments, serveis industrials, salaris del personal, operacions de manteniment i altres costos vinculats al funcionament habitual de la instal·lació.

A diferència del capital immobilitzat, el capital circulant es caracteritza per ser un recurs econòmic dinàmic, ja que es troba en moviment constant al llarg de tota la vida útil de la planta. Els recursos es recuperen progressivament mitjançant la venda del producte fabricat i tornen a reinvertir-se en el procés productiu per assegurar la continuïtat de l'activitat industrial.

Aquest concepte, també conegut com a fons de maniobra, constitueix un indicador important de la situació financera a curt termini de l'empresa, ja que permet valorar la capacitat de la companyia per afrontar les seves obligacions immediates i mantenir un nivell adequat de liquiditat. Un capital circulant suficient garanteix que la planta pugui operar amb normalitat sense problemes derivats de manca de tresoreria o disponibilitat econòmica.

Habitualment, el capital circulant s'estima com un percentatge del capital immobilitzat, situant-se generalment dins d'un interval comprès entre el 10% i el 30%. En aquest projecte s'ha adoptat un valor del 15%, considerat adequat per a una planta química de les característiques de FormalAir, ja que ofereix un equilibri entre la disponibilitat de recursos econòmics a curt termini i la capacitat financera inicial del projecte.

D'aquesta manera, el càlcul del capital circulant es realitza mitjançant l'Equació 7.4

$$Cc = 0.15 \cdot Ci \quad (4)$$

On: Cc és el capital circulant Si Ci és el capital immobilitzat

$$Cc = 0,15 \cdot 57.960.952,13\text{€} = 8.694.142,82\text{€}$$

El valor del total del capital circulant és 8.694.142,82€.

7.4.3 Posada en marxa

La partida corresponent a la posada en funcionament de la planta engloba totes les despeses econòmiques que es generen durant les primeres etapes d'operació, abans que la producció de formaldehid pugui desenvolupar-se de manera estable i rendible. Durant aquest període inicial és habitual que la planta encara no operi a ple rendiment, fet que provoca costos sense que existeixi encara una producció comercial completament consolidada.

Dins d'aquesta categoria s'inclouen diferents despeses relacionades amb l'arrencada industrial de la instal·lació, com ara la formació i adaptació del personal operatiu, les proves de funcionament dels equips, l'assistència tècnica externa, els serveis de consultoria especialitzada, les inspeccions reglamentàries, les gestions administratives i legals, així com altres costos imprevistos derivats de l'inici de les operacions.

Encara que aquesta partida econòmica acostuma a tenir una importància menor en comparació amb la inversió associada al capital immobilitzat, continua sent necessària per garantir que la planta pugui iniciar la seva activitat en condicions segures i adequades.

Per al projecte de FormalAir, el cost de posada en marxa s'ha estimat considerant un valor equivalent al 5% del capital immobilitzat total de la planta, percentatge habitual en projectes industrials del sector químic. El seu càlcul es realitza a partir de l'Equació 7.5.

$$Cp = 0.05 \cdot Ci \quad (5)$$

- On Cp és el capital circulant (€)
- On Ci és el capital immobilitzat (€)

$$Cp = 0,05 \cdot 57.960.952,13 \text{ €} = 2.898.047,6\text{€}$$

S'ha pogut calcular doncs que el valor de la posada en marxa correspon a 2.898.047,6€.

7.4.4. Inversió inicial total

Després de determinar els costos associats al capital immobilitzat, al capital circulant i a les despeses necessàries per a l'inici de l'activitat industrial, es pot calcular la inversió total requerida per a la

implantació de la planta. Aquesta inversió representa el conjunt de recursos econòmics necessaris per construir, equipar i posar en funcionament la instal·lació industrial de FormalAir.

El valor de la inversió inicial s'obté mitjançant la suma de totes les principals partides econòmiques del projecte, tal com mostra l'Equació 7.6:

$$I_0 = C_i + C_c + P_m \quad (6)$$

On:

- I_0 correspon a la inversió inicial total del projecte
- C_i representa el capital immobilitzat
- C_c és el capital circulant
- P_m fa referència a les despeses de posada en marxa de la planta.

$$I_0 = C_i + C_c + P_m = 57.960.952,13 + 8.694.142,82 + 2.898.047,6 = 69.553.143 \text{ €}$$

Per tant, la inversió inicial estimada necessària per al desenvolupament i posada en funcionament de la planta de producció de formaldehid de FormalAir és de 69.553.143€.

Aquest valor representa una inversió elevada, pròpia d'una instal·lació química de gran escala. Tot i això, aquesta magnitud econòmica queda justificada per diversos factors tècnics i industrials, especialment pels requisits dels materials de construcció dels equips principals, les condicions operatives del procés químic i les dimensions generals de la planta industrial.

7.5. Estimació dels costos de producció

Una vegada finalitzada la construcció de la planta i iniciada l'activitat productiva, l'empresa ha d'assumir una sèrie de costos operatius necessaris per garantir el funcionament continu de la instal·lació. Aquestes despeses estan associades a totes les activitats relacionades amb l'explotació de la planta industrial, incloent el consum de matèries primeres, les tasques de manteniment, els serveis auxiliars, la gestió tècnica i administrativa, així com altres costos derivats de l'operació diària.

Per facilitar l'anàlisi econòmica del projecte, aquests costos es classifiquen principalment en dos grans grups: els costos de fabricació (M), relacionats directament amb el procés productiu, i els costos generals (G), vinculats a activitats de suport, administració i gestió de la planta.

7.5.1. Costos de fabricació (M)

Els costos de fabricació (M) corresponen al conjunt de despeses directament associades al funcionament del procés productiu de la planta. Aquests costos inclouen tots els recursos necessaris per transformar les matèries primeres en producte final i garantir la continuïtat de l'activitat industrial.

Dins d'aquesta categoria es diferencien principalment els costos directes i els costos indirectes. Els costos directes són aquells relacionats de manera immediata amb la producció, com ara el consum de matèries primeres, subministraments energètics, serveis industrials o mà d'obra operativa. En canvi, els costos indirectes corresponen a despeses necessàries per al funcionament general de la planta, però que no poden associar-se directament a una operació concreta del procés productiu.

A més, aquests costos també es poden classificar en costos fixos i costos variables. Els costos fixos es mantenen relativament constants independentment del nivell de producció de la planta, mentre que els variables depenen directament de la capacitat productiva i del volum de fabricació.

A la Taula 7.18 es recullen les principals partides corresponents als costos de fabricació considerats per al projecte. Alguns d'aquests costos es calculen de forma directa a partir de les necessitats específiques de la planta de producció de formaldehid, com és el cas del consum de matèries primeres, energia o personal operatiu.

Taula 7.18. Costos de fabricació

Costos directes	Costos indirectes	
Variables	Variables	Fixes
1. Matèries primeres	4. Mà d'obra indirecta	11. Directius i empleats
2. Mà d'obra directa	5. Serveis generals	12. Amortització
3. Patents	6. Subministraments	13. Lloguers
	7. Conservació	14. Impostos fàbrica
	8. Laboratori	15. Assegurances
	9. Envasat	
	10. Expedició	

No obstant això, determinades partides econòmiques no es poden estimar amb tanta precisió en les fases preliminars del disseny industrial. En aquests casos, s'utilitzen factors estimatius basats en percentatges aproximats respecte d'altres costos coneguts i calculats directament.

A la Taula 7.19 es mostren els diferents intervals percentuals emprats per estimar aquestes partides de fabricació. La selecció final dels valors aplicats depèn del criteri tècnic i econòmic adoptat per l'empresa, així com de les característiques particulars de la planta i del procés industrial desenvolupat per FormalAir.

Taula 7.19. Rang de percentatges d'estimació dels costos de fabricació

Partida	Estimació	Estimació en relació a altres partides
M1	X	

M2	X	
M3	X	
M4		de 0.12*M2 a 0.45*M2
M5	X	
M6		de 0.002*I a 0.0015*I
M7		de 0.02*I a 0.1*I
M8		de 0.05*M2 a 0.25*M2
M9	X	
M10	X	
M11		de 0.1*M2 a 0.4*M2
M12		Diferents mètodes en relació a I
M13	X	
M14		Segons normativa en relació a I
M15		Segons cobertura en relació a I

Matèries primeres (M1)

La partida M1 engloba els costos derivats de l'adquisició de les matèries primeres necessàries per al funcionament del procés de producció de formaldehid. Aquestes substàncies constitueixen la base del procés químic i són imprescindibles per garantir la producció contínua de la planta.

En el cas del projecte desenvolupat per FormalAir, la principal matèria primera utilitzada és el metanol, que actua com a reactiu principal en la síntesi de formaldehid. A més, el procés requereix altres subministraments associats, com aire de procés i determinats serveis auxiliars necessaris per al correcte funcionament de les unitats de producció.

Els costos associats a aquesta partida depenen principalment del consum anual de matèries primeres i del preu de mercat dels diferents reactius utilitzats. Per aquest motiu, és necessari estimar tant les quantitats consumides com el cost unitari de cada substància per poder determinar el cost total anual associat a l'abastiment de la planta.

Atès que el metanol representa el principal consum de matèria primera del procés, aquesta partida constitueix una de les despeses operatives més importants dins dels costos de fabricació de la planta. Les fluctuacions en el preu de mercat del metanol poden influir de manera significativa sobre el cost global de producció del formaldehid. [\[32\]](#)

A la Taula 7.20 es mostra les estimacions dels costos anuals associats a les matèries primeres utilitzades, calculats a partir dels consums previstos de la planta i dels preus de referència considerats per al projecte.

Taula 7.20 Costos de les matèries primeres

Matèries primeres	Preu de compra (€/Tn)	Consum anual (Tn/any)	Consum anual (€/any)
Metanol	850	40208	34176800
TOTAL (M1)			34.176.800

Mà d'obra directa (M2)

La partida M2 correspon als costos derivats del personal directament implicat en les operacions productives de la planta. Aquesta categoria inclou els salaris dels treballadors que desenvolupen funcions relacionades amb el control, supervisió i operació del procés de producció de formaldehid, així com altres tasques essencials per garantir el funcionament continu de la instal·lació industrial.

Els costos de mà d'obra directa s'han estimat tenint en compte les diferents categories professionals necessàries per a l'operació de la planta, incloent operaris de procés, tècnics, supervisors i personal responsable de les àrees productives. La determinació dels salaris anuals s'ha realitzat prenent com a referència el conveni col·lectiu aplicable al sector de la indústria química.

A la Taula 7.21 es presenta la distribució total del personal de FormalAir segons els diferents departaments i funcions desenvolupades dins de la planta, així com els salaris anuals corresponents a cada categoria professional.

A més del salari brut dels treballadors, també s'ha considerat el cost associat a la Seguretat Social assumit per l'empresa. Per a aquesta estimació, s'ha aplicat una contribució aproximada del 30% sobre el salari brut anual de cada treballador, valor habitual dins del sector industrial químic.

Taula 7.21. Estimació de salaris dels treballadors de FormalAir

Departament	Càrrec de treball	Personal	Sou brut anual	Cost Segurat Social Anual	Cost Salarial anual/ persona	Cost salarial anual total
Direcció (D)	Director	1	80.000,00 €	24.000,00 €	104.000,00 €	104.000,00 €
Enginyeria (E)	Responsable de departament	1	50.000,00 €	15.000,00 €	65.000,00 €	65.000,00 €
	Enginyer de projectes	1	42.000,00 €	12.600,00 €	54.600,00 €	54.600,00 €
	Enginyeria de procés	1	42.000,00 €	12.600,00 €	54.600,00 €	54.600,00 €
Producció (P)	Responsable de departament	1	40.000,00 €	12.000,00 €	52.000,00 €	52.000,00 €

	Supervisor de torn	5	32.000,00 €	9.600,00 €	41.600,00 €	208.000,00 €
	Operaris de planta	20	28.000,00 €	8.400,00 €	36.400,00 €	728.000,00 €
	Operador sala de control	3	29.500,00 €	8.850,00 €	38.350,00 €	115.050,00 €
Manteniment (M)	Responsable de departament	1	30.000,00 €	9.000,00 €	39.000,00 €	39.000,00 €
	Mecànics/Operaris	5	27.500,00 €	8.250,00 €	35.750,00 €	178.750,00 €
Investigació i desenvolupament (I+D)	Responsable de departament	1	40.000,00 €	12.000,00 €	52.000,00 €	52.000,00 €
	Tècnic de laboratori	3	32.000,00 €	9.600,00 €	41.600,00 €	124.800,00 €
Administració (A)	Responsable de departament	1	40.000,00 €	12.000,00 €	52.000,00 €	52.000,00 €
	Tècnics administratius	4	26.000,00 €	7.800,00 €	33.800,00 €	135.200,00 €
Econòmic i comercial (EC)	Comercials i personal de finances	2	30.000,00 €	9.000,00 €	39.000,00 €	78.000,00 €
	Tècnic de compres	2	32.000,00 €	9.600,00 €	41.600,00 €	83.200,00 €
	Director financer	1	50.000,00 €	15.000,00 €	65.000,00 €	65.000,00 €
Seguretat, salut i media ambient (S)	Responsable de departament	1	40.000,00 €	12.000,00 €	52.000,00 €	52.000,00 €
	Coordinador de emergències	1	40.000,00 €	12.000,00 €	52.000,00 €	52.000,00 €
	Tècnic de prevenció de riscos laborals	1	38.000,00 €	11.400,00 €	49.400,00 €	49.400,00 €
Control de qualitat (CC)	Responsable de departament	1	40.000,00 €	12.000,00 €	52.000,00 €	52.000,00 €
	Tècnics laboratori	8	33.500,00 €	10.050,00 €	43.550,00 €	348.400,00 €
	Cap de laboratori	5	38.000,00 €	11.400,00 €	49.400,00 €	247.000,00 €
Recursos humans (RRHH)	Responsable RRHH	1	32.500,00 €	9.750,00 €	42.250,00 €	42.250,00 €

Costos de Patents i Llicències(M3)

La partida M3 fa referència als possibles costos associats a l'ús de patents industrials, llicències tecnològiques o drets d'exploatació vinculats al procés de producció utilitzat a la planta. Aquest tipus

de despesa és habitual en processos químics protegits per patents vigents, en els quals és necessari abonar determinats cànons o royalties per poder utilitzar la tecnologia desenvolupada per tercers.

En el cas del projecte de FormalAir, el procés seleccionat per a la producció de formaldehid a partir de metanol es basa en tecnologies àmpliament consolidades i utilitzades dins del sector químic industrial. Atès que les patents originals associades a aquest tipus de procés es consideren expirades o de lliure aplicació industrial, no és necessari assumir costos addicionals relacionats amb drets d'exploració o llicències tecnològiques.

Per aquest motiu, el valor econòmic assignat a la partida M3 es considera nul dins de l'estimació dels costos de fabricació.

Mà d'obra indirecta (M4)

La partida M4 engloba els costos corresponents al personal que, tot i no intervenir directament en les operacions productives de la planta, resulta imprescindible per garantir el correcte funcionament de l'activitat industrial. Dins d'aquesta categoria s'inclouen salaris associats a personal administratiu, direcció, recursos humans, manteniment general, logística, seguretat, laboratoris, qualitat i altres serveis de suport.

Els costos de mà d'obra indirecta acostumen a estimar-se com un percentatge dels costos de mà d'obra directa, ja que mantenen una relació proporcional amb les dimensions i l'activitat productiva de la planta. Habitualment, aquest percentatge es troba dins d'un interval aproximat d'entre el 12% i el 45% del cost total de mà d'obra directa.

En el cas de FormalAir, s'ha adoptat un valor estimatiu del 15% respecte dels costos de mà d'obra directa, considerant que es tracta d'una planta amb un nivell d'automatització elevat i una estructura organitzativa ajustada a les necessitats operatives del projecte.

A la Taula 7.22 es mostra l'estimació econòmica corresponent als costos de mà d'obra indirecta considerats per a la planta.

Taula 7.22. Costos de mà d'obra indirecta

Cost mà d'obra directa (M2)	3.032.250,00 €
Cost mà d'obra indirecta (M4)	454.837,50 €

Servies i subministraments (M5)

La partida M5 inclou totes les despeses relacionades amb els serveis auxiliars necessaris per garantir el funcionament correcte i continu de la planta de producció de formaldehid. Aquests costos corresponen als diferents subministraments i serveis industrials indispensables per al desenvolupament del procés productiu i per al manteniment de les condicions operatives de la instal·lació.

Dins d'aquesta categoria s'inclouen els costos associats al consum d'electricitat, aigua industrial, combustibles, gas natural i altres fluids de servei utilitzats durant l'operació de la planta. Igualment, també es consideren les despeses derivades de determinats serveis externs relacionats amb el tractament de residus i emissions generades pel procés químic.

- *Fluids de servei*

Dins dels fluids de servei de la planta de FormalAir es considera principalment el nitrogen industrial, utilitzat per a les operacions d'inertització d'equips, dipòsits i línies de procés. Aquest gas permet reduir la presència d'oxigen i evitar la formació d'atmosferes inflamables, especialment per la presència de metanol.

El subministrament de nitrogen es contractarà a una empresa externa especialitzada en gasos industrials, Air Liquide, que s'encarregarà de proporcionar el nitrogen necessari segons les necessitats de la planta. D'aquesta manera, FormalAir no haurà de produir nitrogen internament i podrà garantir un subministrament segur i adequat.

A la Taula 7.23 es mostra l'estimació econòmica corresponent al nitrogen industrial utilitzat com a fluid de servei per a la inertització de la planta.

Taula 7.23. Estimació dels costos associats als fluids de serveis subcontractats

Serveis	Consum (Tn/any)	Cost anual (€/any)
Nitrogen (Air liquide)	249,2	78.000,00 €
TOTAL		78.000,00 €

- *Consum elèctric*

El consum elèctric total de la planta representa una de les principals despeses operatives del procés productiu, ja que engloba el funcionament dels equips principals, els sistemes de bombeig, compressors, instrumentació, il·luminació industrial i la resta de serveis auxiliars necessaris per al correcte funcionament de la instal·lació.

Per a l'estimació dels costos energètics de la planta de FormalAir, s'ha considerat un preu mitjà de l'energia elèctrica de 0,08345 €/kWh [33], valor corresponent al preu mitjà final de l'electricitat a Espanya durant l'any 2025. Aquest valor s'ha utilitzat com a referència per calcular el cost anual associat al consum elèctric global de la planta.

Taula 7.24. Costos associats al consum elèctric dels equips

Equip	Potència (kW)	Temps de funcionament (h)	Consum (kWh/dia)	Cost (€/dia)	Cost (€/any)
-------	---------------	---------------------------	------------------	--------------	--------------

Blowers	B-101	200	24	4800	400,56	132184,8
	B-102	200	24	4800	400,56	132184,8
	B-401	225	24	5400	450,63	148707,9
	B-402	225	24	5400	450,63	148707,9
Bombes	P-101	0,125	8	1	0,08345	13,0182
	P-102	0,172	8	1,376	0,1148272	17,9130432
	P-103	0,301	24	7,224	0,6028428	198,938124
	P-104	0,301	24	7,224	0,6028428	198,938124
	P-105	0,134	24	3,216	0,2683752	88,563816
	P-401	0,535	24	12,84	1,071498	353,59434
	P-701	0,303	24	7,272	0,6068484	200,259972
	P-601	3,11	24	74,64	6,228708	2055,47364
	P-602	3,11	24	74,64	6,228708	2055,47364
Calderes	BO-701	2000	24	48000	4005,6	4005,6
	BO-702	1000	24	24000	2002,8	2002,8
TOTAL (kWh/dia)				92589,43	TOTAL	572.975,97 €

Taula 7.25. Consum i costos de la il·luminació de la planta

Serveis	Superfície (m ²)	Densitat de potència típica (W/m ²)	Potència (Kw)	Temps (h)	Consum (kWh/any)	Preu (€/any)
Zona de producció	7042	10	70,42	24	557726,4	46542,26808
Zones auxiliars	2840	12	34,08	10	134956,8	11262,14496
TOTAL					692683,2	57.804,41 €

- Instrumentació, sensors, alarmes i serveis auxiliars

Tant la instrumentació de control com els equips auxiliars de la planta representen un consum energètic important durant l'operació del procés productiu. Sistemes com sensors, vàlvules automàtiques, equips de control, bombes auxiliars, sistemes de ventilació, il·luminació i altres serveis de suport requereixen un subministrament elèctric continu per garantir el correcte funcionament de la planta.

Per aquest motiu, a la Taula 7.26 s'estima el consum elèctric anual associat a aquests equips, considerant el temps de funcionament previst i utilitzant valors de potència típics habituals en instal·lacions industrials similars. A partir d'aquest consum, també es determina el cost anual aproximat relacionat amb l'energia elèctrica requerida pels serveis auxiliars i la instrumentació de la planta.

Taula 7.26. Consum elèctric de la instrumentació i serveis auxiliars

Serveis auxiliars	Potència (kW)	Temps de funcionament	Consum (kWh/any)	Preu (€/any)
Instrumentació i sensors de planta	1	24	7920	660,92 €
Alarmes	2,5	24	19800	1.652,31 €
Ventilació en planta	10	24	79200	6.609,24 €
Ordinadors i pantalles	15	10	49500	4.130,78 €
Aparells i electrodomèstics	5	10	16500	1.376,93 €
Impressores	5	7	11550	963,85 €
Eines elèctriques al taller	25	8	66000	5.507,70 €
Climatització	8	5	13200	1.101,54 €
TOTAL			263670	22.003,26 €

Taula 7.27. Costos i consum totals de l'electricitat de la planta

Concepte	Consum elèctric anual (kW/any)	Cost anual (€/any)
Blowers	6732000	561.785,40 €
Bombes	62512,56	5.216,67 €
Calderes	72000	6.008,40 €
Instrumentació i serveis auxiliars	263670	22.003,26 €
Quadres elèctrics	1426036,51	119.002,75 €
TOTAL	7130182,56	714.016,48 €

- *Consum de gas natural*

El gas natural constitueix un dels serveis energètics auxiliars de la planta de FormalAir, sobretot, s'utilitza per garantir el funcionament de les calderes durant la posada en marxa de la planta, específicament dels sistemes tèrmics utilitzats durant el procés de producció. A més el consum de gas natural està directament relacionat amb la demanda energètica dels equips de calefacció i amb les primeres hores de funcionament de la planta.

També es té en compte l'ús de gas natural en el cas que durant l'any la planta tingués algun inconvenient i es tingui que tornar a utilitzar aquest combustible igual que s'utilitza a la posada en marxa.

Per tal d'estimar el cost anual associat al consum de gas natural, s'ha considerat el consum energètic total de les calderes i el temps d'operació previst durant l'any. A partir d'aquestes dades, es calcula el cost anual utilitzant un preu mitjà del gas natural de 0,045 €/kWh [\[34\]](#), valor representatiu del mercat espanyol durant l'any 2025 per a consumidors industrials i serveis energètics.

A la Taula 7.28 es presenta el consum estimat de gas natural de la planta i el cost anual associat al seu ús.

Taula 7.28. Costos i consum del gas natural

Consum de gas natural (kW/dia)	32589,432
Consum de gas natural (kWh/any)	10754512,56
Cost anual (€/any)	483.953,07 €

- *Consum d'aigua*

El consum d'aigua de la planta de FormalAir no està principalment relacionat amb el procés productiu, sinó amb els serveis generals i les instal·lacions auxiliars destinades al personal. L'aigua es consumeix principalment en zones com els vestuaris, laboratoris, oficines, serveis sanitaris i menjador de la planta.

Per estimar el cost anual associat al consum d'aigua, s'ha considerat una aproximació del consum diari total de la instal·lació en funció del nombre de treballadors i dels serveis disponibles a la planta. A partir d'aquest consum estimat, s'ha aplicat un preu de l'aigua de 2,35 €/m³ [35], valor representatiu del cost actual de subministrament i sanejament d'aigua per a ús industrial a Catalunya.

A la Taula 7.29 es mostra el consum anual estimat d'aigua de la planta i el cost econòmic associat.

Taula 7.29. Costos i consum de l'aigua

Consum d'aigua (m3/dia)	158
Cost anual (€/any)	122.529,00 €

- *Instal·lacions auxiliars*

Les instal·lacions auxiliars de la planta de FormalAir inclouen aquells elements que, tot i no participar directament en el procés de producció del formaldehid, són indispensables per garantir el funcionament segur i correcte de la instal·lació. En aquest apartat s'han considerat l'estació transformadora, necessària per assegurar el subministrament elèctric als diferents equips de la planta, i la instal·lació contra incendis, imprescindible per reduir els riscos associats a la manipulació de substàncies inflamables com el metanol.

A la Taula 7.30 es presenten els costos estimats d'aquestes instal·lacions auxiliars, que formen part de la inversió inicial necessària per a la posada en marxa de la planta.

Taula 7.30. Costos anuals totals associats a les instal·lacions auxiliars

Instal·lació auxiliar	Preu (€)
Estació transformadora	300.000,00 €
Instal·lació contra incendis	200.000,00 €
TOTAL	500.000,00 €

En resum, després d'analitzar els diferents serveis auxiliars i els seus respectius consums energètics i operatius, a la Taula 7.31 es presenta una recopilació global dels costos anuals associats al funcionament de la planta. Aquesta taula inclou el conjunt de despeses relacionades amb electricitat, gas natural, aigua, fluids de servei i altres subministraments necessaris per garantir l'operació contínua de la planta de FormalAir

Taula 7.31. Costos anuals totals associats al serveis generals de FormalAir

Concepte	Cost anual (€/any)
Fluids de servei	78.000,00 €
Electricitat	714.016,48 €
Gas Natural	483.953,07 €
Aigua	122.529,00 €
Instal·lacions auxiliars	500.000,00 €
TOTAL (M5)	1.820.498,55 €

Subministraments (M6)

La partida M6 correspon als costos associats als diferents subministraments i consumibles necessaris per al funcionament de la planta, però que no formen part directa de les matèries primeres del procés productiu. Dins d'aquesta categoria s'inclouen productes auxiliars, materials de manteniment, equips de protecció, reactius secundaris, lubricants, material d'oficina i altres consumibles utilitzats habitualment durant l'operació de la planta.

Atès que aquests costos són difícils de determinar amb exactitud en fases preliminars del projecte, la seva estimació acostuma a realitzar-se com un percentatge del capital immobilitzat total. Habitualment, aquesta partida se situa dins d'un interval aproximat d'entre el 0,2% i l'1,5% del capital immobilitzat.

En el cas de FormalAir, s'ha adoptat un valor intermedi del 0,8% del capital immobilitzat, considerat adequat per a una planta química d'aquestes característiques.

A la Taula 7.32 es presenten els costos anuals estimats corresponents als subministraments i consumibles de la planta.

Taula 7.32. Estimació dels costos anuals associats al subministres

Capital immobilitzat	57.960.952,13 €
Cost anual de subministres (M6)	463.687,62 €

Reparacions i manteniment (M7)

La partida M7 engloba les despeses associades a les tasques de manteniment i a les revisions periòdiques necessàries per garantir el correcte funcionament de la planta. Aquestes operacions inclouen activitats de manteniment preventiu, correctiu i inspeccions tècniques dels equips i instal·lacions industrials.

Els costos de manteniment acostumen a estimar-se com un percentatge del capital immobilitzat total de la planta, situant-se habitualment dins d'un interval aproximat d'entre el 5% i el 7%. En el cas del

projecte de FormalAir, s'ha considerat un valor del 5% del capital immobilitzat, ja que es considera una estimació adequada per a una planta química amb equips industrials continus i sistemes de control automatitzats.

A la Taula 7.33 es mostren els costos anuals estimats corresponents a les operacions de reparació, manteniment i revisió de les instal·lacions de la planta.

Taula 7.33. Estimació dels costos anuals associats a les reparacions i manteniment

Capital immobilitzat	57.960.952,13 €
Cost anual de reparacions i manteniment (M7)	2.898.047,61 €

Laboratoris (M8)

La partida M8 correspon als costos associats als laboratoris i als controls de qualitat necessaris per assegurar el correcte funcionament del procés productiu i garantir la qualitat tant de les matèries primeres com del formaldehid obtingut. Dins d'aquesta categoria s'inclouen les despeses relacionades amb anàlisis de procés, controls de qualitat, equips de laboratori, reactius analítics i personal tècnic de suport.

Els costos destinats als laboratoris acostumen a estimar-se com un percentatge dels costos de mà d'obra directa, situant-se habitualment dins d'un interval aproximat d'entre el 5% i el 25%. En el cas de FormalAir, s'ha adoptat un valor del 7,5% respecte de la mà d'obra directa, considerant les necessitats de control i seguiment pròpies d'una planta química de producció contínua.

A la Taula 7.34 es presenta l'estimació dels costos anuals associats als laboratoris i als sistemes de control de qualitat de la planta.

Taula 7.34. Estimació dels costos anuals associats als laboratoris

Cost mà d'obra directa (M2)	3.032.250,00 €
Cost anual dels laboratoris (M8)	227.418,75 €

Envasat (M9)

La partida M9 engloba els costos associats a les operacions d'envasat i condicionament del producte final abans de la seva distribució comercial. Aquest tipus de despeses poden incloure recipients, sistemes d'embalatge, etiquetatge i altres processos relacionats amb la preparació del producte per al seu transport i venda.

En el cas de FormalAir, el formaldehid produït s'emmagatzema temporalment en tancs d'emmagatzematge fins al moment de la seva expedició mitjançant camions cisterna especialitzats. Atès que el producte es comercialitza i transporta a granel, no és necessari realitzar processos d'envasat específics ni utilitzar recipients individuals d'emmagatzematge.

Per aquest motiu, no s'ha considerat cap cost addicional associat a l'envasat del producte final, i la partida M9 es considera nul·la dins de l'estimació dels costos de fabricació.

Expedició (M10)

La partida M10 correspon als costos associats a l'expedició i distribució del producte final des de la planta fins als clients. Aquestes despeses inclouen principalment les operacions de càrrega, transport i logística necessàries per comercialitzar el formaldehid produït a la planta de FormalAir.

Els costos de transport i expedició poden variar considerablement en funció de diferents factors, com el volum de producte transportat, la distància fins al destí final, la freqüència de les expedicions o el tipus de transport utilitzat. Per aquest motiu, resulta complex determinar un valor exacte durant les fases preliminars del projecte.

En el cas de FormalAir, s'ha optat per estimar aquesta partida considerant un valor equivalent al 10% dels costos anuals de mà d'obra directa. Aquesta aproximació es considera adequada tenint en compte l'activitat logística prevista de la planta, basada en la càrrega freqüent de camions cisterna destinats al transport de formaldehid a granel cap als clients finals.

A la Taula 7.35 es presenta l'estimació del cost anual associat a les operacions d'expedició i transport del producte.

Taula 7.35. Estimació de costos anuals associats a l'expedició de producte final

Cost mà d'obra directa (M2)	3.032.250,00 €
Cost anual de l'expedició (M10)	30.322,50 €

Directrius i treballadors (M11)

La partida M11 fa referència als costos associats a la direcció i supervisió del procés productiu, incloent personal tècnic responsable de la coordinació de les operacions de la planta i càrrecs vinculats a la gestió directa de la producció.

En el cas de FormalAir, aquests costos ja han estat incorporats prèviament dins de la partida corresponent a la mà d'obra directa, ja que els salaris del personal responsable de l'operació i supervisió de la planta s'han considerat dins d'aquella categoria.

Per aquest motiu, no s'ha afegit cap cost addicional associat a aquesta partida, i el valor de M11 es considera nul dins de l'estimació global dels costos de fabricació.

Amortització (M12)

La partida M12 correspon als costos d'amortització dels equips i instal·lacions de la planta. Aquest concepte representa la pèrdua progressiva de valor de la maquinària, equips industrials i altres actius fixos com a conseqüència de l'ús continuat, el desgast i el pas del temps.

Tot i que l'amortització constitueix un cost econòmic important dins de l'avaluació financera del projecte, en aquest cas no s'ha inclòs directament dins dels costos de fabricació de la planta. No obstant això, aquesta partida sí que es tindrà en compte posteriorment en l'estudi econòmic i financer, especialment durant el càlcul dels fluxos de caixa i dels indicadors de rendibilitat del projecte.

Lloguers (M13)

La partida M13 engloba els costos relacionats amb el lloguer de terrenys, maquinària o equips externs necessaris per al funcionament de la planta. Aquest tipus de despeses poden aparèixer quan determinats equips o instal·lacions no són propietat de l'empresa i requereixen contractes de lloguer o cessió d'ús.

En el cas de FormalAir, no s'ha considerat cap cost associat al lloguer de la parcel·la industrial, ja que el terreny destinat a la construcció de la planta és propietat de l'empresa.

D'altra banda, alguns serveis auxiliars i equips específics subcontractats, com els sistemes relacionats amb la inertització o el tractament de gasos residuals, sí que impliquen determinats costos externs. Tot i això, aquests costos s'han incorporat dins de la partida M5 corresponent als serveis generals, ja que estan directament vinculats als serveis auxiliars de la planta i no al lloguer general d'equips industrials.

Per aquest motiu, la partida M13 es considera nul·la dins de l'estimació dels costos de fabricació del projecte.

Taxes i impostos (M14)

L'apartat M14 correspon al conjunt de costos derivats de les obligacions administratives, tributàries i reguladores necessàries per al desenvolupament de l'activitat industrial de la planta. Aquestes despeses no estan relacionades directament amb els ingressos o beneficis obtinguts per l'empresa, sinó amb el compliment de requisits legals, fiscals i de gestió associats a l'operació de la instal·lació.

Dins d'aquesta categoria s'inclouen diferents conceptes com impostos municipals, taxes administratives, permisos, tràmits regulatoris i altres càrregues econòmiques vinculades al funcionament de la planta química.

En estudis preliminars d'avaluació econòmica, aquesta partida acostuma a estimar-se com una fracció percentual del capital immobilitzat total, utilitzant habitualment valors compresos entre el 0,5% i l'1%.

Per al projecte de FormalAir s'ha seleccionat un valor equivalent al 0,5% del capital immobilitzat, considerant-lo suficientment representatiu per a les necessitats administratives i fiscals previstes durant l'operació de la planta.

A la Taula 7.36 es recull l'estimació anual dels costos associats a impostos, taxes i altres obligacions administratives de la instal·lació.

Taula 7.36. Estimació de costos anuals associats a taxes i impostos

Capital immobilitzat	57.960.952,13 €
Cost anual per taxes i impostos (M14)	289804,7607

Assegurances(M15)

La partida M15 engloba les despeses associades a les pòlisses d'assegurança dels equips, instal·lacions i infraestructures de la planta. Aquestes assegurances tenen com a objectiu protegir la instal·lació davant possibles incidències operatives, avaries, accidents industrials o altres riscos associats a l'activitat química desenvolupada a la planta de FormalAir.

L'estimació d'aquesta partida econòmica es realitza habitualment com un percentatge del capital immobilitzat total de la planta. En aquest projecte s'ha considerat un valor equivalent a l'1% del capital immobilitzat, estimació habitual en instal·lacions industrials del sector químic.

A la Taula 7.37 es presenten els costos anuals estimats corresponents a les assegurances de la planta i dels equips industrials.

7.37. Estimació dels costos anuals de les assegurances d'equips i instal·lacions

Capital immobilitzat	57.960.952,13 €
Cost anual per assegurances (M15)	579.609,52 €

Un cop calculades individualment totes les partides que formen part dels costos de fabricació, es realitza l'agrupació global de totes elles amb l'objectiu d'obtenir el valor total dels costos de fabricació (M) associats a la planta de producció de formaldehid de FormalAir.

Aquest valor engloba el conjunt de despeses necessàries per garantir el funcionament continu i correcte de la planta industrial, incloent els costos relacionats amb les matèries primeres, la mà d'obra directa i indirecta, els serveis auxiliars, el consum energètic, el manteniment dels equips, els laboratoris de control de qualitat, el transport del producte i la resta de despeses operatives considerades dins de l'estudi econòmic.

L'agrupació d'aquestes partides permet obtenir una visió global del cost anual associat a l'operació de la planta i constitueix un dels principals indicadors econòmics del projecte, els resultats es mostren a la Taula 7.38. Aquest valor serà fonamental per a les etapes posteriors de l'avaluació econòmica, especialment en el càlcul dels costos totals d'operació, els fluxos de caixa i els indicadors de rendibilitat financera de la planta.

7.38. Costos de fabricació (M) de FormalAir

Partida	Cost (€/any)
Matèries primeres (M1)	34.176.800,00 €
Ma d'obra directa (M2)	3.032.250,00 €
Patents (M3)	-
Ma d'obra indirecta (M4)	454.837,50 €
Serveis generals (M5)	1.820.498,55 €
Subministres (M6)	463.687,62 €
Manteniment (M7)	2.898.047,61 €
Laboratori (M8)	227.418,75 €
Envasat (M9)	-
Expedició (M10)	30.322,50 €
Directius i treballadors (M11)	-
Amortització (M12)	-
Lloguers (M13)	-
Impostos (M14)	289.804,76 €
Assegurances (M15)	579.609,52 €
Costos de fabricació (M)	43.973.276,80 €

7.5.2. Costos generals (G)

Els costos generals corresponen al conjunt de despeses indirectes necessàries per al funcionament global de l'empresa i per a la correcta gestió de l'activitat industrial de la planta de FormalAir. Tot i que aquestes despeses no intervenen directament en el procés de producció del formaldehid, resulten imprescindibles per garantir l'organització, administració i desenvolupament de l'activitat empresarial.

Dins d'aquesta categoria s'inclouen diferents partides relacionades amb la gestió comercial, l'administració de l'empresa, les activitats financeres, la direcció corporativa i altres serveis de suport necessaris per al funcionament general de la companyia. També poden considerar-se despeses vinculades a activitats de venda, màrqueting, gestió documental, serveis externs i costos administratius generals.

En fases preliminars d'avaluació econòmica, aquests costos acostumen a estimar-se mitjançant percentatges aproximats aplicats sobre determinades partides econòmiques del projecte, utilitzant intervals de valors habituals dins del sector industrial químic.

A la Taula 7.39 es presenten els diferents rangs percentuals utilitzats per a l'estimació de les partides corresponents als costos generals de la planta.

7.39. Estimació dels costos generals

Partida	Estimació en relació a altres partides
G1	de 0.05*M a 0.2*M
G2	de 0.03*M a 0.06*M
G3	de 0 a 0.05*M

Despeses comercials (G1)

Aquesta partida engloba les despeses relacionades amb les activitats comercials i de promoció necessàries per a la distribució i comercialització del formaldehid produït a la planta de FormalAir. Dins d'aquests costos s'inclouen aspectes com la promoció comercial, les activitats de màrqueting, la gestió de vendes, la distribució del producte i altres despeses associades a la relació amb clients i proveïdors.

També es consideren costos vinculats a representants comercials, desplaçaments professionals, reunions tècniques, viatges corporatius i altres activitats necessàries per al desenvolupament comercial de l'empresa dins del sector químic.

Habitualment, aquest tipus de despeses s'estimen com un percentatge dels costos totals de fabricació, situant-se normalment dins d'un interval aproximat d'entre el 5% i el 20%. En el cas de FormalAir, s'ha adoptat una estimació del 5% sobre els costos de fabricació, considerant que és un valor adequat per a una planta industrial enfocada principalment a la producció i venda de producte químic a granel.

A la Taula 7.40 es mostren les despeses generals estimades corresponents a les activitats comercials i administratives de la planta.

Taula 7.40. Costos anuals per a despeses comercials

Costos de fabricació (M)	43.973.276,80 €
Cost anual per despeses comercials (G1)	2.198.663,84 €

Costos de gerència i administració (G2)

La partida corresponent de gerència i administració engloba totes les despeses relacionades amb les funcions directives i administratives necessàries per a la gestió de la planta de FormalAir. Aquests costos inclouen principalment les remuneracions del personal encarregat de la planificació, organització, coordinació i control de l'activitat empresarial.

Dins d'aquesta categoria s'inclouen les despeses associades a departaments com administració, direcció general, recursos humans, gestió financera i coordinació operativa de l'empresa. Tot i que aquestes funcions no intervenen directament en la producció de formaldehid, són essencials per garantir el correcte funcionament i la gestió eficient de la planta industrial.

En estudis econòmics preliminars, aquest tipus de costos acostuma a estimar-se aplicant un percentatge sobre els costos totals de fabricació. Habitualment, aquest valor es troba dins d'un

interval comprès entre el 3% i el 6%. Per al projecte de FormalAir, s'ha adoptat una estimació del 4% dels costos de fabricació, valor considerat adequat per a l'estructura organitzativa prevista de la planta.

A la Taula 7.41 es recullen les despeses anuals estimades corresponents a les activitats de gerència i administració de l'empresa.

Taula 7.41. Costos anuals per despeses de gerència i administració

Costos de fabricació (M)	43.973.276,80 €
Cost anual per despeses de gerència i administració (G2)	1.758.931,07 €

Costos d'inversió i serveis tècnics (G3)

Aquesta categoria engloba les despeses relacionades amb les activitats d'investigació, desenvolupament i assistència tècnica de la planta de FormalAir. Aquests costos tenen la finalitat de garantir la qualitat del formaldehid produït, optimitzar el rendiment del procés industrial i proporcionar suport tècnic especialitzat durant l'operació de la instal·lació.

Dins d'aquest grup de costos s'inclouen activitats vinculades a la millora dels processos productius, estudis tècnics, control operatiu, seguiment del rendiment dels equips i altres tasques relacionades amb la innovació i el suport tecnològic de la planta.

Els costos associats a investigació i serveis tècnics acostumen a estimar-se com un percentatge dels costos totals de fabricació, situant-se habitualment dins d'un interval aproximat d'entre el 0,5% i el 3%. En el cas de FormalAir, s'ha considerat un valor del 2% dels costos de fabricació, estimació coherent amb les necessitats tècniques i de control d'una planta química d'aquestes característiques.

A la Taula 7.42 es mostren els costos anuals estimats corresponents a les activitats d'investigació i serveis tècnics de la planta.

Taula 7.42. Costos anuals per investigació i serveis tècnics

Costos de fabricació (M)	43.973.276,80 €
Cost anual per investigació i serveis tècnics (G3)	1.758.931,07 €

Una vegada estimades totes les despeses corresponents als costos generals de la planta, es procedeix a realitzar l'agrupació global de totes les categories considerades amb l'objectiu d'obtenir el cost total anual associat a la gestió i funcionament general de FormalAir.

Aquest conjunt de costos inclou principalment les despeses comercials, administratives, directives, financeres, tècniques i de suport empresarial necessàries per garantir el correcte desenvolupament de l'activitat industrial.

L'anàlisi dels costos generals permet disposar d'una visió més completa de les necessitats econòmiques globals del projecte, ja que complementa els costos directament relacionats amb la fabricació del producte. A més, aquests valors seran necessaris per a les etapes posteriors de l'avaluació econòmica, especialment en el càlcul dels costos totals d'operació, els beneficis esperats i els principals indicadors de rendibilitat financera de la planta.

A la Taula 7.43 es presenta el resum dels diferents costos anuals associats als costos generals, així com el valor total estimat corresponent a aquesta categoria econòmica de la planta de FormalAir.

Taula 7.43. Costos generals (G) de FormalAir

Partida	Estimació en relació a altres partides
Cost anual per despeses comercials (G1)	2.198.663,84 €
Cost anual per despeses de gerència i administració (G2)	1.758.931,07 €
Cost anual per investigació i serveis tècnics (G3)	1.758.931,07 €
Costos generals (G)	5.716.525,98 €

7.5.3. Costos totals de producció

Un cop calculats els costos de fabricació i els costos generals de la planta, es procedeix a determinar el cost total de producció associat al funcionament global de FormalAir. Aquest valor representa el conjunt total de despeses anuals necessàries per garantir tant el desenvolupament del procés productiu com la gestió global de l'activitat industrial de la planta de producció de formaldehid.

Els costos totals de producció inclouen, d'una banda, totes les despeses directament vinculades a la fabricació del producte, com les matèries primeres, el consum energètic, la mà d'obra, el manteniment, els serveis auxiliars o el transport. D'altra banda, també incorporen els costos generals relacionats amb activitats administratives, comercials, directives, tècniques i de suport empresarial necessàries per al correcte funcionament de la companyia.

L'obtenció d'aquest valor és especialment important dins de l'avaluació econòmica del projecte, ja que permet conèixer el cost global anual requerit per operar la planta i constitueix una dada fonamental per a l'anàlisi posterior de rendibilitat, beneficis esperats, fluxos de caixa i viabilitat financera de la instal·lació.

El càlcul dels costos totals de producció es realitza mitjançant l'Equació 7.7:

$$C_p = M + G \quad (7)$$

- C_p correspon als costos totals de producció
- M representa els costos totals de fabricació
- G fa referència als costos generals de la planta

$$C_p = 43.973.276,8 + 5.716.525,98 = 49.689.802,78 \text{ €}$$

7.6. Ingressos per vendes

Els ingressos per vendes representen els beneficis econòmics obtinguts per la comercialització del formaldehid produït a la planta de FormalAir. Aquesta partida constitueix un dels elements més importants dins de l'avaluació econòmica del projecte, ja que permet determinar la capacitat de la planta per generar ingressos i recuperar la inversió realitzada.

Per estimar els ingressos anuals, és necessari definir un preu de venda representatiu del formaldehid dins del mercat químic actual. Aquest valor s'ha establert a partir d'una anàlisi del mercat europeu, considerant l'evolució recent dels preus del formaldehid i els valors de comercialització observats en el sector industrial.

D'acord amb les dades consultades, s'ha adoptat un preu de venda orientatiu del formaldehid de 0,54 €/kg [36], corresponent al valor mitjà del producte al mercat europeu durant l'any 2026 .

A partir d'aquest preu de venda i de la capacitat anual de producció prevista per la planta, es poden calcular els ingressos anuals estimats derivats de la venda del formaldehid produït per FormalAir. El càlcul dels ingressos es determina mitjançant l'Equació 7.8.

$$I = Q \cdot P \quad (8)$$

- I fa referència als ingressos per vendes anuals d'MDI (€/any)
- Q és la capacitat de producció del formaldehid (Tn/any)
- P és el preu de venda per kilogram (€/Tn)

$$I = 107.004.000 \cdot 0,54 = 57.782.160 \text{ €}$$

Els ingresos anuals de la planta de FormalAir son de 57.782.160 €.

7.7. Anàlisi de rendibilitat econòmica de la planta

En aquest apartat es realitza l'anàlisi de la viabilitat econòmica del projecte a partir de l'estudi dels fluxos de caixa nets generats per la planta de FormalAir. Mitjançant aquesta anàlisi es poden obtenir diferents indicadors financers que permeten valorar la rendibilitat i la conveniència econòmica de la inversió realitzada.

Els principals indicadors utilitzats per avaluar la viabilitat del projecte són el Valor Actual Net (VAN), la Taxa Interna de Retorn (TIR) i el període de retorn de la inversió o payback. Aquests paràmetres permeten analitzar la capacitat del projecte per generar beneficis econòmics al llarg del temps i recuperar la inversió inicial necessària per a la construcció i operació de la planta.

La rendibilitat d'una inversió depèn de la relació existent entre el capital invertit inicialment i els beneficis futurs esperats. Perquè un projecte industrial sigui econòmicament viable, és necessari que els ingressos generats siguin suficients per compensar tant la inversió inicial com els costos associats a l'activitat.

En aquest tipus d'anàlisi és fonamental considerar el valor temporal dels diners, ja que una determinada quantitat econòmica no té el mateix valor en el present que en el futur. Per aquest motiu, els fluxos de caixa futurs s'actualitzen mitjançant factors de descompte, permetent comparar-los amb el cost d'oportunitat del capital invertit i amb altres possibles alternatives d'inversió. Aquest principi constitueix la base del càlcul del VAN i de la resta d'indicadors financers utilitzats en l'avaluació econòmica del projecte.

7.7.1. Amortització

L'amortització és un concepte fonamental dins de l'avaluació econòmica i financera de qualsevol projecte industrial, ja que permet representar la pèrdua progressiva de valor dels actius al llarg del temps com a conseqüència de l'ús, el desgast i l'envelliment de les instal·lacions i equips. Aquest concepte és especialment important en plantes industrials, on la inversió inicial en maquinària i infraestructures és elevada.

Per calcular l'amortització dels diferents actius de la planta és necessari considerar diversos factors principals:

- **Valor inicial de l'actiu:** correspon al cost d'adquisició o inversió associada a cada equip o instal·lació.
- **Vida útil:** representa el període estimat durant el qual l'actiu podrà operar de manera eficient dins de la planta.
- **Valor residual:** és el valor aproximat que pot conservar l'actiu al final de la seva vida útil.

En el cas del projecte de FormalAir, s'ha considerat una vida útil estimada de 20 anys per a la planta de producció de formaldehid. A partir d'aquesta hipòtesi, es calcula l'amortització anual mitjançant el mètode d'amortització lineal, sistema en què la pèrdua de valor anual es manté constant durant tota la vida útil de la instal·lació.

El càlcul de l'amortització es realitza mitjançant l'Equació 7.9:

$$A = \frac{I - V_R}{t} \quad (9)$$

On:

- A és el valor anual de l'amortització (€)
- I correspon al capital immobilitzat (€)
- V_R representa el valor residual (€)
- t és la vida útil estimada de la planta (anys)

$$A = \frac{57.781.160 - 5.796.095}{20} = 2.599.253,25 \text{ €}$$

Així doncs, l'amortització anual correspon a 2.299.253,25€.

7.7.2 Fluxos de Caixa nets

L'estudi dels fluxos de caixa nets constitueix una de les eines més importants dins de l'avaluació econòmica i financera d'un projecte industrial, ja que permet analitzar l'evolució dels moviments reals de diners generats per l'activitat de la planta al llarg del temps. Aquest anàlisi és essencial per determinar la capacitat del projecte per generar liquiditat, recuperar la inversió inicial i mantenir una situació financera estable durant la seva vida operativa.

Els fluxos de caixa nets representen la diferència entre els ingressos econòmics obtinguts per la venda del formaldehid i el conjunt de despeses associades al funcionament de la planta, incloent costos de producció, despeses generals, impostos i altres costos operatius. A diferència d'altres indicadors comptables, els fluxos de caixa permeten analitzar l'efectiu real disponible generat pel projecte, aspecte fonamental per valorar-ne la viabilitat financera.

Mitjançant aquest estudi es pot observar l'evolució anual dels ingressos i despeses de la planta de FormalAir, així com la capacitat del projecte per generar beneficis econòmics sostenibles a llarg termini. A més, els fluxos de caixa nets constitueixen la base per al càlcul dels principals indicadors financers del projecte, com el Valor Actual Net (VAN), la Taxa Interna de Retorn (TIR) i el període de retorn de la inversió.

Per a l'elaboració d'aquest estudi s'ha considerat una vida útil de la planta de 20 anys, període durant el qual s'estimen els ingressos i despeses anuals associats al funcionament de la instal·lació. També s'ha tingut en compte la fiscalitat aplicable als beneficis empresarials, considerant un impost sobre el benefici brut del 15% durant els dos primers anys d'activitat i un tipus impositiu del 25% a partir del tercer any d'operació de la planta.

A la Taula 7.38 es presenten els fluxos de caixa nets anuals estimats per a la planta de producció de formaldehid de FormalAir al llarg de tota la vida útil del projecte.

7.38. Fluxos de caixa nets

ANY	0	1	2	3	4
Immobilitzat (€)	-14.219.684,00 €				
Capital circulant (€)	-8.694.143,00 €				
Valor residual (€)					
Ingresos anuals (€)		57.782.160,00 €	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €
Costos anuals (€)		-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €
Amortització (€)		-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €
Benefici brut (€)		5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €
Base imposable (€)		5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €
Impost sobre benefici		0	-823.965,75 €	-823.965,75 €	-1.373.276,25 €
Benefici net	-22.913.827,00 €	5.493.105,00 €	4.669.139,25 €	4.669.139,25 €	4.119.828,75 €
NCF (M€)	-22.913.827,00 €	5.493.105,00 €	4.669.139,25 €	4.669.139,25 €	4.119.828,75 €
ANY	5	6	7	8	9
Immobilitzat (€)					
Capital circulant (€)					
Valor residual (€)					
Ingresos anuals (€)	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €
Costos anuals (€)	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €
Amortització (€)	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €
Benefici brut (€)	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €
Base imposable (€)	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €
Impost sobre benefici	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €
Benefici net	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €
NCF (M€)	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €

ANY	10	11	12	13	14
Immobilitzat (€)					
Capital circulant (€)					
Valor residual (€)					
Ingresos anuals (€)	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €
Costos anuals (€)	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €
Amortització (€)	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €
Benefici brut (€)	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €
Base imposable (€)	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €
Impost sobre benefici	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €
Benefici net	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €
NCF (M€)	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €

ANY	15	16	17	18	19
Immobilitzat (€)					
Capital circulant (€)					
Valor residual (€)					
Ingresos anuals (€)	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €	57.782.160,00 €
Costos anuals (€)	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €	-49.689.802,00 €
Amortització (€)	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €	-2.599.253,00 €
Benefici brut (€)	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €
Base imposable (€)	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €	5.493.105,00 €
Impost sobre benefici	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €
Benefici net	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €
NCF (M€)	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €	4.119.828,75 €

ANY	20	21
Immobilitzat (€)		
Capital circulant (€)		8.694.143,00 €
Valor residual (€)		5.796.095,00 €
Ingresos anuals (€)	57.782.160,00 €	
Costos anuals (€)	-49.689.802,00 €	
Amortització (€)	-2.599.253,00 €	
Benefici brut (€)	5.493.105,00 €	
Base imposable (€)	5.493.105,00 €	
Impost sobre benefici	-1.373.276,25 €	-1.373.276,25 €
Benefici net	4.119.828,75 €	13.116.961,75 €
NCF (M€)	4.119.828,75 €	13.116.961,75 €

7.7.3. Valor actual net i taxa de rendibilitat interna

Per analitzar la rendibilitat econòmica del projecte de FormalAir s'utilitzen principalment dos indicadors financers: el Valor Actual Net (VAN) i la Taxa Interna de Retorn (TIR). Aquests paràmetres són àmpliament utilitzats en l'avaluació de projectes industrials, ja que permeten determinar si la inversió inicial requerida és capaç de generar beneficis suficients al llarg de la vida útil de la planta.

L'ús d'aquests indicadors és especialment important en projectes químics i industrials, on les inversions inicials acostumen a ser elevades i els ingressos econòmics es recuperen de manera progressiva durant períodes llargs de temps. Per aquest motiu, és imprescindible considerar el valor temporal dels diners, és a dir, el fet que una mateixa quantitat econòmica no té el mateix valor en el present que en el futur.

El Valor Actual Net (VAN) és un indicador financer basat en el càlcul dinàmic de la inversió que permet determinar el valor actual dels fluxos de caixa futurs generats pel projecte. Aquest paràmetre s'obté a partir de la suma de tots els ingressos i despeses futurs actualitzats al moment inicial de la inversió mitjançant una taxa de descompte determinada.

Mitjançant el VAN es pot determinar si el projecte genera valor econòmic real. Quan el VAN és positiu, significa que la inversió genera beneficis superiors al cost del capital invertit i, per tant, el projecte es considera econòmicament viable. En canvi, un VAN negatiu indica que els ingressos futurs no compensen la inversió inicial ni els costos associats al projecte.

El càlcul del VAN es realitza mitjançant l'Equació 7.10:

$$VAN = I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} \quad (10)$$

- I_0 és la inversió en el moment inicial
- n és la duració en anys
- t és l'interval de temps
- F_t és el valor del flux de caixa net en cada període

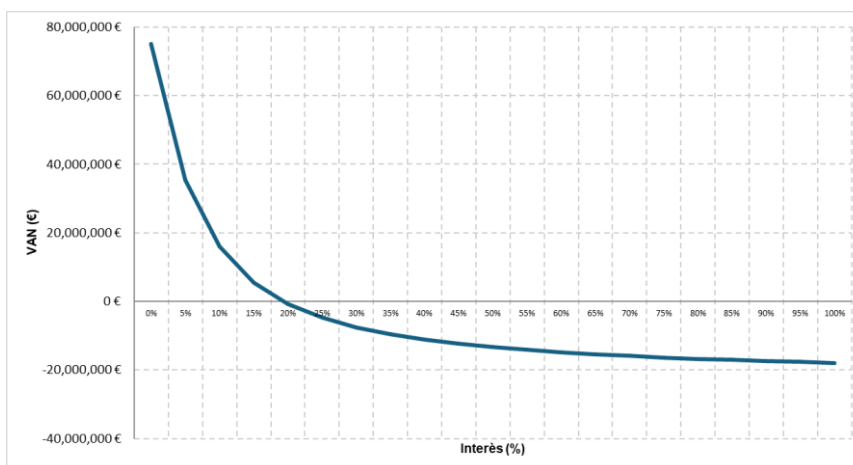


Figura 7.3. Representació gràfica del VAN respecte l'interès

A la Figura 7.3 es mostra l'evolució del Valor Actual Net (VAN) del projecte FormalAir en funció del tipus d'interès aplicat, entre el 0% i el 100%. Aquest gràfic permet analitzar la sensibilitat econòmica del projecte davant possibles variacions en la taxa d'actualització o en el cost del capital.

Com es pot observar, el VAN disminueix progressivament a mesura que augmenta el tipus d'interès. Això es deu al fet que els fluxos de caixa futurs tenen cada vegada menys valor en el moment actual quan s'aplica una taxa d'actualització més elevada. Per aquest motiu, com més alt és l'interès considerat, menor és el valor actual dels beneficis futurs generats per la planta.

Amb un tipus d'interès del 0%, el VAN és d'aproximadament 75,07 milions d'euros, ja que els fluxos de caixa futurs no es descompten. A un tipus d'interès del 10%, el VAN encara es manté positiu, amb un valor aproximat de 16,05 milions d'euros, fet que indica que el projecte continua generant valor econòmic en un escenari de finançament moderat.

La TIR obtinguda és aproximadament del 19,29%, valor que representa el tipus d'interès per al qual el VAN seria igual a zero. Per tant, el projecte FormalAir es considera econòmicament viable sempre que la taxa d'actualització o el cost del capital sigui inferior al 19,29%. A partir d'aquest valor, el VAN passaria a ser negatiu i la inversió deixaria de ser atractiva des del punt de vista financer.

7.7.4. Temps de retorn

El temps de retorn de la inversió, conegut també com a *Pay-Back Period*, és un indicador financer utilitzat per determinar el temps necessari perquè un projecte recuperi la inversió inicial realitzada mitjançant els beneficis generats durant la seva operació. Aquest paràmetre permet identificar el moment en què els fluxos de caixa acumulats compensen totalment el capital invertit en la construcció i posada en funcionament de la planta.

Aquest indicador és especialment útil en projectes industrials amb elevades inversions inicials, com és el cas de la planta de producció de formaldehid de FormalAir, ja que proporciona una estimació aproximada del període necessari per començar a obtenir retorn econòmic real de la inversió efectuada.

Tot i que es tracta d'un mètode relativament senzill comparat amb altres indicadors financers més complets, el temps de retorn ofereix una informació molt rellevant des del punt de vista de la seguretat financera i del risc econòmic del projecte. En general, com menor és el temps necessari per recuperar la inversió inicial, menor és l'exposició al risc financer i major és l'atractiu del projecte per a possibles inversors o entitats financeres.

El càlcul del temps de retorn es basa en l'acumulació progressiva dels fluxos de caixa nets generats anualment per la planta fins que la suma acumulada iguala la inversió inicial del projecte. Quan els fluxos de caixa varien d'un any a un altre, el càlcul es realitza utilitzant l'expressió corresponent mostrada a la Fórmula 7.11.

$$\text{Temps de retorn} = a + \frac{I_0 - b}{NCF_t} \quad (11)$$

- a és el període anterior a recuperar la inversió

- b és la suma acumulada dels fluxos de caixa nets fins el període
- I_0 és la inversió inicial
- NCF_t és el valor del flux de caixa net del període en què es recupera la inversió.

Tot i que el temps de retorn és un indicador molt útil per obtenir una primera aproximació del risc econòmic associat a una inversió, aquest mètode presenta diverses limitacions importants quan s'utilitza per analitzar la viabilitat global d'un projecte industrial. La seva principal utilitat consisteix a determinar amb quina rapidesa es recupera el capital invertit inicialment, aspecte especialment rellevant en projectes amb inversions elevades i períodes llargs d'exploació.

No obstant això, el mètode del *Pay-Back* no considera el valor temporal dels diners. Això significa que tracta de la mateixa manera els fluxos de caixa obtinguts en diferents moments del temps, sense tenir en compte factors econòmics com la inflació, les variacions dels tipus d'interès o el cost d'oportunitat del capital invertit. En la pràctica, els diners disponibles en el present tenen un valor superior als diners que es percebran en el futur, ja que aquests podrien haver estat invertits en altres alternatives financeres capaces de generar rendiment econòmic.

A més, aquest indicador únicament analitza el període necessari per recuperar la inversió inicial, però no té en compte els beneficis o pèrdues generats després d'aquest moment. Per tant, dos projectes podrien presentar el mateix temps de retorn però tenir rendibilitats finals molt diferents. Això fa que el *Pay-Back* ofereixi una visió parcial de la situació econòmica real del projecte i no permeti valorar completament la seva capacitat de generar beneficis a llarg termini.

En el cas d'una planta química com la de FormalAir, on la vida útil prevista és de diverses dècades i els fluxos econòmics es distribueixen durant molts anys, resulta especialment important utilitzar indicadors financers que incorporin l'efecte temporal del capital i permetin una anàlisi econòmica més precisa.

Per aquest motiu, el temps de retorn no s'utilitza com a únic criteri d'avaluació econòmica dins d'aquest estudi, sinó com un indicador complementari. L'anàlisi principal de la rendibilitat del projecte es basa en indicadors financers més complets, com el Valor Actual Net (VAN) i la Taxa Interna de Retorn (TIR), ja que aquests sí consideren l'actualització dels fluxos de caixa i permeten obtenir una valoració molt més realista de la viabilitat econòmica i financera de la planta de producció de formaldehid de FormalAir.

$$\text{Temps de retorn} = 4,96 \text{ anys}$$

A partir del càlcul del temps de retorn, s'obté que la inversió inicial del projecte FormalAir es recuperaria aproximadament en 4,96 anys. Aquest resultat indica que la planta començaria a recuperar completament la inversió durant el cinquè any de funcionament, ja que al final de l'any 4 encara queda una part pendent de recuperar.

El fet que el temps de retorn sigui inferior a la vida útil estimada de la planta, considerada en 20 anys, és un aspecte positiu per al projecte. Això significa que, un cop recuperada la inversió inicial, la planta encara disposaria de diversos anys d'activitat per generar fluxos de caixa nets positius.

Tot i això, cal tenir en compte que el temps de retorn és un indicador senzill, ja que només mostra el moment en què es recupera la inversió inicial, però no considera el valor temporal dels diners ni la

rendibilitat total del projecte durant tota la seva vida útil. Per aquest motiu, aquest resultat s'ha d'analitzar conjuntament amb altres indicadors econòmics, com el VAN i la TIR.

7.8. Conclusions

En aquest capítol s'ha dut a terme l'avaluació econòmica de la planta de producció de formaldehid a partir de metanol desenvolupada per FormalAir. L'estudi ha permès analitzar la situació del mercat, la inversió inicial necessària, els costos de producció, els ingressos previstos i els principals indicadors de rendibilitat del projecte.

En primer lloc, l'anàlisi de mercat mostra que el formaldehid és un producte químic important dins del sector industrial, especialment per la seva utilització com a matèria primera en la producció de resines urea-formaldehid, fenol-formaldehid i melamina-formaldehid. Aquestes resines tenen una aplicació directa en sectors com la construcció, el mobiliari i la fabricació de panells de fusta. Tot i que es tracta d'un mercat madur i amb una elevada competència, també existeixen oportunitats per a productors independents que puguin oferir un subministrament estable, proper als clients i adaptat a les exigències ambientals actuals.

Pel que fa a la inversió inicial, s'ha comprovat que el projecte requereix una aportació econòmica elevada, principalment pel cost del terreny, dels equips principals, de les instal·lacions auxiliars, del capital circulant i de les despeses de posada en marxa. Aquest fet és habitual en projectes industrials del sector químic, ja que la construcció d'una planta d'aquestes característiques implica una gran inversió en infraestructures, maquinària i sistemes de seguretat.

A nivell de costos, s'han considerat les principals partides associades al funcionament de la planta, com el consum de matèries primeres, energia, aigua, serveis auxiliars, manteniment, personal i costos generals. Entre aquests factors, destaca especialment la dependència del preu del metanol, ja que és la matèria primera principal del procés i pot influir directament en la rendibilitat final de la planta.

L'anàlisi dels ingressos indica que la planta pot generar una facturació anual important a partir de la venda de formaldehid. A partir dels fluxos de caixa nets calculats, s'han obtingut indicadors econòmics favorables. El VAN es manté positiu en escenaris de tipus d'interès moderats, fet que indica que el projecte és capaç de generar valor econòmic. A més, la TIR obtinguda és aproximadament del 19,29%, valor superior al cost del capital considerat, fet que reforça la viabilitat financera del projecte.

També s'ha calculat el temps de retorn de la inversió, que és d'aproximadament 4,96 anys. Aquest resultat indica que la inversió inicial es recuperaria pràcticament al final del cinquè any de funcionament. Tenint en compte que la vida útil estimada de la planta és de 20 anys, aquest període de recuperació es considera positiu, ja que la planta disposaria de molts anys posteriors per generar beneficis nets acumulats.

Tot i aquests resultats favorables, cal tenir present que la viabilitat econòmica del projecte depèn de diversos factors externs, com l'evolució del preu del metanol, el cost de l'energia, la demanda del sector de la construcció i del mobiliari, la competència de grans empreses productores i les exigències ambientals europees. Per aquest motiu, seria important garantir contractes de subministrament estables, optimitzar els costos de producció i mantenir un control estricte del procés i de les emissions.

En conclusió, els resultats obtinguts en l'avaluació econòmica indiquen que la planta FormalAir és viable des del punt de vista econòmic i financer. El projecte presenta una inversió inicial elevada, però també una capacitat significativa de generar ingressos, recuperar la inversió en un període raonable i obtenir una rendibilitat positiva al llarg de la seva vida útil. Per tant, es pot considerar que la implantació de la planta de producció de formaldehid és una proposta industrial econòmicament favorable, sempre que es mantinguin controlats els principals riscos del mercat i de l'operació.

7.9. Bibliografia

1. España. (2010). Real Decreto Legislativo 1/2010, de 2 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Sociedades de Capital. Boletín Oficial del Estado, núm. 161, de 3 de julio de 2010. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2010-10544>
2. España. (2022). Ley 18/2022, de 28 de septiembre, de creación y crecimiento de empresas. Boletín Oficial del Estado, núm. 234, de 29 de septiembre de 2022. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-15818>
3. Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa. (s. f.). Sociedad limitada: creación y puesta en marcha. Ministerio de Industria y Turismo. https://ipyme.org/PUBLICACIONES_EMPRESAS/Ciclo%20Vital%20de%20la%20Empresa/SRLC_reacionPuestaEnMarcha.pdf
4. IndexBox. (2026, 1 de febrer). Formaldehyde global market overview 2024. IndexBox. <https://www.indexbox.io/blog/formaldehyde-world-market-overview-2024-7/>
5. Straits Research. (2025). Formaldehyde market size, share & trends analysis report. Straits Research. <https://straitsresearch.com/report/formaldehyde-market>
6. Mordor Intelligence. (2026). Formaldehyde market size & share analysis: Growth trends & forecasts. Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/formaldehyde-market>
7. Mordor Intelligence. (2026). Asia-Pacific formaldehyde market size & share analysis: Growth trends & forecasts. Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/asia-pacific-formaldehyde-market>
8. Transparency Market Research. (2026). Formaldehyde market outlook 2036. Transparency Market Research. <https://www.transparencymarketresearch.com/formaldehyde-market.html>
9. Grand View Research. (2023). Formaldehyde market size, share & growth report, 2030. Grand View Research. <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/formaldehyde-market>
10. Mordor Intelligence. (2026). Formaldehyde market size & share analysis: Growth trends & forecasts 2026–2031. Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/formaldehyde-market>
11. TechSci Research. (2025). Formaldehyde market: Global industry size, share, trends, opportunity, and forecast. TechSci Research. <https://www.techsciresearch.com/report/formaldehyde-market/16676.html>

12. Spherical Insights. (s. f.). Global formaldehyde market size, share, and COVID-19 impact analysis. Spherical Insights. <https://www.sphericalinsights.com/reports/formaldehyde-market>
13. National Center for Biotechnology Information. (s. f.). Formaldehyde. PubChem. <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Formaldehyde>
14. Mordor Intelligence. (2026). Asia-Pacific formaldehyde market size & share analysis: Growth trends & forecasts 2026–2031. Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/asia-pacific-formaldehyde-market>
15. Mordor Intelligence. (2026). Formaldehyde market size & share analysis: Growth trends & forecasts 2026–2031. Mordor Intelligence. <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/formaldehyde-market>
16. Transparency Market Research. (2026). Formaldehyde market outlook 2031. Transparency Market Research. <https://www.transparencymarketresearch.com/formaldehyde-market.html>
17. Chrobak, J., Iłowska, J., Chrobok, A., & Baj, S. (2022). Formaldehyde-free resins for the wood-based panel industry: Alternatives to formaldehyde and novel hardeners. *Polymers*, 14(15), 3155. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9369507/>
18. Celanese. (s. f.). Formaldehyde solutions. Celanese. <https://www.celanese.com/products/formaldehyde>
19. Hexion. (s. f.). Formalin solutions. Hexion. <https://www.hexion.com/our-products/products-by-chemistry/formalin-and-derivatives/formalin-solutions>
20. Global Market Insights. (2026). Formaldehyde market size, share & industry analysis report. Global Market Insights. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/formaldehyde-market>
21. European Union. (2023). Commission Regulation (EU) 2023/1464 of 14 July 2023 amending Annex XVII to Regulation (EC) No 1907/2006 as regards formaldehyde and formaldehyde releasers. EUR-Lex. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1464/oj/eng>
22. Instituto de Crédito Oficial. (s. f.). ICO: Instituto de Crédito Oficial. <https://www.ico.es/>
23. Euribor.com.es. (s. f.). Valor del Euríbor actual. <https://www.euribor.com.es/valor-euribor/>
24. Towler, G., & Sinnott, R. (2021). *Chemical engineering design: Principles, practice and economics of plant and process design* (3rd ed.). Butterworth-Heinemann. <https://shop.elsevier.com/books/chemical-engineering-design/towler/978-0-12-821179-3>
25. CBRE. (s. f.). Preu mitjà del sòl urbà per m². Recuperat el 14 de maig de 2025 de <https://tasaciones.cbre.es/noticias-de-tasaciones/precio-medio-del-suelo-urbano-por-metro-cuadrado/>
26. Chemical Engineering. (s. f.). The Chemical Engineering Plant Cost Index. Chemical Engineering Online. <https://www.chemengonline.com/pci-home/>
27. Cornell University Library. (2025). Chemical engineering design: Cost indices. Cornell University Library. <https://guides.library.cornell.edu/CHEME4620/costindices>
28. Universitat Autònoma de Barcelona. (2025). Estimació costos Sinnott-Towler [PDF]. Campus Virtual UAB. https://e-aules.uab.cat/2025-26/pluginfile.php/174741/mod_folder/content/0/Estimaci%C3%B3%20costos%20Sinnott-Towler%20versi%C3%B3%20%20penjar.pdf?forcedownload=1

29. Pirobloc. (s. f.). Calderes de fluid tèrmic. Pirobloc.
<https://www.pirobloc.com/ca/productes/caldera-doli-termic/>
30. SINCAL. (s. f.). Calderas de vapor para cada necesidad. SINCAL. <https://sincal.es/calderas-de-vapor/>
31. Bosch Industriekessel GmbH. (s. f.). Referencias con vapor, calefacción y agua caliente. Bosch Industrial Heat. <https://www.bosch-industrial.com/es/es/referencias/>
32. Methanex Corporation. (2026, 31 de març). Methanex methanol price sheet. Methanex. <https://www.methanex.com/wp-content/uploads/Mx-Price-Sheet-March-31-2026.pdf>
33. Red Eléctrica de España. (2025). Precio medio final de la energía eléctrica en España. <https://www.sistemaelectrico-ree.es/es/informe-del-sistema-electrico/mercados/precio-medio-final>
34. Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. (2025). Precios y evolución del gas natural en España. <https://www.cnmc.es/>
35. Agència Catalana de l'Aigua. (2025). Cànon de l'aigua i tarifes de subministrament. Generalitat de Catalunya. <https://aca.gencat.cat/>
36. Business Analytiq. (2026). Formaldehyde price index. <https://businessanalytiq.com/procurementanalytics/index/formaldehyde-price-index/>