

UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona



METAFORM

DE METANOL A FORMOL | INNOVACIÓN QUÍMICA

Planta de Producció de Formaldehid

Treball de Fi de Grau

Juny 2026

AUTORES

Arcadi Baró Orfila
Guillem Casals Sendra
Roc Rossello Fonollosa
Sandro Alcantara Márquez
Javier Jaenes Fernández
Àlex Cabrera Sánchez

TUTOR

Rafa Bosch Palacios



UAB

Universitat Autònoma
de Barcelona



METAFORM

DE METANOL A FORMOL | INNOVACIÓN QUÍMICA

Planta de Producció de Formaldehid

Treball de Fi de Grau

Juny 2026

CAPÍTOL 7.
VALORACIÓ ECONÒMICA



7.1.Introducció.....	1
7.2.Estudi de mercat	1
7.2.1. Anàlisi de l'oferta i demanda del producte	1
7.2.2. Preus matèries primeres.....	4
7.2.2. Anàlisi DAFO	4
7.3. Estimació del capital a invertir	5
7.3.1. Estimació dels costos dels equips principals	5
7.3.2. Capital immobilitzat.....	14
7.3.3. Capital circulant	15
7.3.4. Posada en marxa.....	15
7.3.5. Capital a invertir total	16
7.4. Estructura de finançament	18
7.4.1. Fons propis i fons aliens	18
7.4.2. Quadre d'amortització del préstec i despeses financeres.....	19
7.5. Estimació de costos de producció (Costos d'operació).....	20
7.5.1. Estimació del cost de fabricació	21
7.5.1.1. Costos directes (matèries primeres, mà d'obra directa, serveis)....	21
7.5.1.2. Costos indirectes (amortització, assegurances, impostos de fàbrica)	22
7.5.2. Estimació del cost d'administració i vendes	22
Resum del Cost Total d'Operació (Costos de Producció Totals).....	23
7.6. Previsió d'ingressos.....	24
7.6.1. Vendes de producte principal i subproductes.....	24
7.6.2. Ingrés i cost marginal	25
7.7. Càlcul del punt d'equilibri (Break-even point).....	27
7.8. Anàlisi de rendibilitat.....	28
7.8.1. Elaboració del Flux de Caixa Net (Net Cash Flow)	28
7.8.2. Mètodes sense actualització (Estàtics)	30
7.8.2.1. Rendibilitat percentual (Taxa de Rendibilitat Mitjana).....	30

7.8.2.2. Període de reemborsament (Payback estàtic)	30
7.8.3. Mètodes amb actualització (Dinàmics).....	30
7.8.3.1. Valor Actual Net (VAN)	31
7.8.3.2. Taxa de Rendibilitat Intrínseca (TRI/TIR)	31
7.8.3.3. Període de reemborsament actualitzat (Payback dinàmic)	32
7.9. Anàlisi de sensibilitat	32
7.9.1. Sensibilitat davant la variació del preu del producte final (Formaldehid) .	33
7.9.2. Sensibilitat davant la variació del preu de la matèria primera (Metanol) .	33
7.9.3. Sensibilitat davant la variació de la Inversió Inicial (CAPEX)	34
7.10. Conclusions de la viabilitat econòmica	34
7.11 Referències bibliogràfiques.....	18

7.1.Introducció

Aquest capítol dona una valoració econòmica completa del projecte industrial de la planta de formaldehid per METAFORM mirant amb cura tots els factors que afecten la rendibilitat del projecte. L'objectiu principal és determinar si aquest projecte pot ser econòmicament viable fent una anàlisi Detallada per veure si té la capacitat de generar un profit durant el temps d'ús esperat de la planta.

L'estudi de la valoració econòmica es fa de forma gradual començant amb una investigació detallada del mercat del formaldehid per entendre millor el mercat, conèixer la competència i així determinar una estratègia d'operació.

Un cop establert el marc de mercat, es procedeix a quantificar la inversió necessària per posar en marxa la instal·lació. Primer s'estimarà el capital immobilitzat, partint del cost dels equips principals calculat amb el mètode de Sinnott-Towler, al qual s'afegeix el cost del terreny, el capital circulant i les despeses de posada en marxa. Seguidament, es detallen els costos de producció associats a l'operació continuada de la planta, distingint entre costos directes de fabricació i costos generals.

Finalment, a través de l'anàlisi del flux de caixa net, el valor actual net (VAN) i la taxa interna de retorn (TIR), es determina si el projecte ofereix una rendibilitat suficient per justificar la inversió.

7.2.Estudi de mercat

En aquest apartat es realitza l'estudi de mercat del formaldehid comercialitzat com formalina (formaldehid al 37%). L'estudi permet identificar les àrees d'aplicació del formaldehid, detectar tendències de creixement i definir estratègies a seguir.

Per finalitzar amb l'estudi de mercat es realitza un anàlisi DAFO especificat al context del projecte per identificar els punts forts i febles del projecte, així com les oportunitats o amenaces externes.

7.2.1. Anàlisi de l'oferta i demanda del producte

El formaldehid és un compost químic de gran importància industrial, àmpliament utilitzat com a matèria primera en la fabricació de resines, adhesius, productes químics intermedis i agents conservants. La seva principal aplicació es troba en la producció de resines urea-formaldehid, fenol-formaldehid i melamina-formaldehid, emprades extensament en la fabricació de fusta aglomerada, MDF, contraplacats i aïllants. Per aquest motiu, la indústria de la fusta, del mobiliari i la construcció constitueixen els principals sectors consumidors de formaldehid a escala mundial.[1]

Més enllà d'aquest ús majoritari, el formaldehid en la indústria química, s'utilitza com a intermedi en la síntesi de productes com el pentaeritritol, l'hexametilentetramina, el butanodiol i diversos additius industrials. També és emprat en sectors com el tèxtil, el paper, l'agricultura i la sanitat. [1]

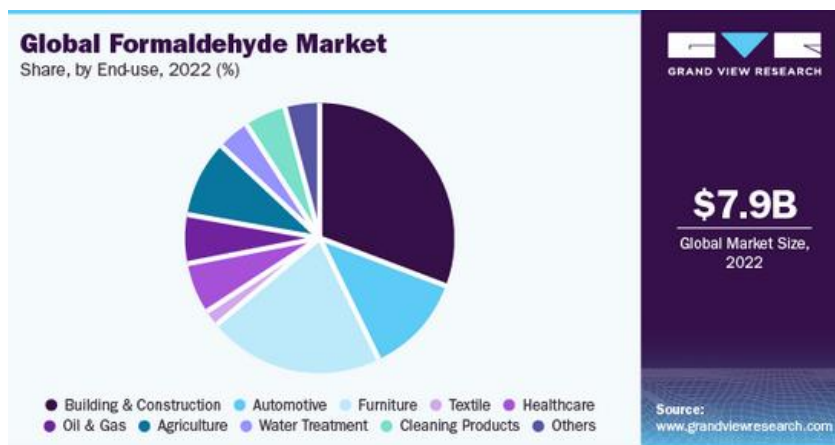


Figura 7.2.1. Divisió del mercat global del formaldehid [2]

El mercat global del formaldehid es troba en una fase de creixement sostingut, impulsat principalment pel sector de la construcció i de la fusta. En 2024, la demanda de formaldehid va estar de 26 milions de tones, amb una projecció de creixement anual del 5,05% fins al 2031. La regió d'Àsia-Pacífic domina el consum mundial amb un 56% del total de la demanda, seguida per Europa, amb una estructura molt més regulada i orientada a la producció de qualitat.[2]

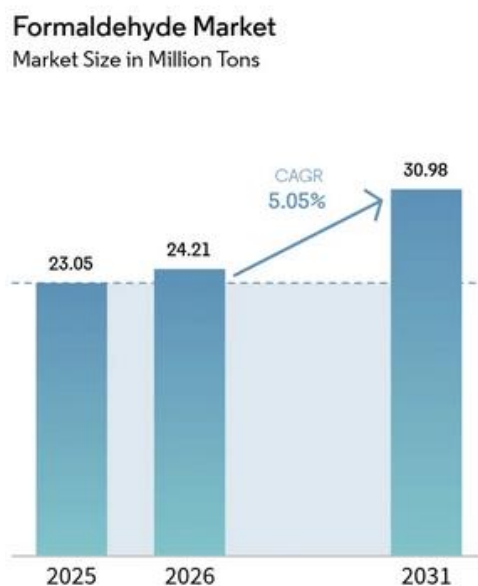


Figura 7.2.2. Estimació d'evolució del volum de mercat del formaldehid entre 2026 i 2031 [3]

Market Overview

Study Period	2020 - 2031
Market Volume (2026)	24.21 Million tons
Market Volume (2031)	30.98 Million tons
Growth Rate (2026 - 2031)	5.05% CAGR
Fastest Growing Market	Asia-Pacific
Largest Market	Asia-Pacific
Market Concentration	Medium

Figura 7.2.3. Resum estudi del mercat global de formaldehid [3]

Aquest creixement del mercat s'explica principalment per les següents raons:

- Expansió del sector de la construcció [4]: l'augment de la urbanització i de les inversions en infraestructures especialment als països emergents asiàtics, incrementen la demanda de taulers de fusta, aïllaments i altres bens derivats del formaldehid.
- Creixement de la indústria del mobiliari[5]: l'augment de producció de mobles i productes de fusta conglomerada impulsa directament el consum de resines de formaldehid.
- Desenvolupament industrials als països emergents[4]: economies com la Xina, l'Índia i diversos països del sud-est asiàtic continuen ampliant la seva capacitat productiva en sectors com la construcció, l'automoció, els electrodomèstics i la química, que consumeixen productes derivats del formaldehid.
- Millora de les formulacions i adaptació normativa[6]: malgrat les restriccions mediambientals i sanitàries sobre les emissions de formaldehid, la indústria ha desenvolupat resines de baixes emissions que permeten mantenir-ne l'ús en moltes aplicacions, especialment a Europa i Amèrica del Nord.

A nivell mundial i europeu, la competència esta bastant consolidada, on empreses de producció globals com BASF SE, Celanese Corporation, Hexion, BAKELITE i METAFRAX CHEMICALS son els majors competidors [3]. Això implica que el mercat del formaldehid estigui bastant concentrat.

A nivell competitiu a Espanya, el principal competidor seria Ercros amb diferents plantes a València i Osca. En el cas de la planta de METAFORM està idealment posicionada per aprofitar un radi logístic molt favorable d'aproximadament 300 km (és a dir, Catalunya, Aragó, Castelló). Per tant, Ercro pot dominar el mercat nacional a causa de la seva mida, però una combinació del cost i el risc associat al transport de formalina a llargues distàncies significa que els grans competidors no poden operar de manera eficient dins de la nostra àrea d'influència.

7.2.2. Preus matèries primeres

Preu metanol

Degut a les circumstàncies geopolítiques actuals, el preu del metanol ($\geq 99,85\%$), quasi s'ha duplicat, per tant, el preu actual no es el preu que s'ofereix en circumstàncies normals, així doncs, s'agafa el preu de desembre de 2025. El metanol s'importarà de Sud Amèrica, ruta directa per l'Atlàntic, donada la gran diferència de preu respecte al provinent d'Europa, gairebé un 50% més barat. Per tant, el preu per quilogram de metanol ($\geq 99,85\%$) és de 0,2924€/kg. Com es demanen grans quantitats de metanol, s'aplica un descompte de entre el 15-20% del PVP, per el seu transport i emmagatzematge des de Sud Amèrica se li aplicarà un encariment del 7%. Per tant, el preu final de la tona de metanol serà de 254,388 € [7].

7.2.2. Anàlisi DAFO

A la Taula següent es presenta la matriu de l'anàlisi DAFO de METAFORM:

Fortaleses (internes)	Debilitats (internes)
- Ubicació estratègica amb accés directa a matèries primeres - Sistema de producció en continu amb operativa ininterrompuda durant 330 dies l'any - Producte estandarditzat (37%/7%) amb alta acceptació en el mercat europeu - Flexibilitat comercial - Procés d'òxid de Fe-Mo: alta selectivitat, eficiència energètica superior al procés de plata i menor cost de catalitzador	- Manca d'integració vertical: METAFORM no transforma el HCHO en resines, limitant el marge capturat en la cadena de valor - Alta dependència del preu del metanol com a principal variable de cost - Empresa de nova creació sense cartera de clients consolidada ni reputació de mercat - Capacitat productiva limitada davant dels grans players europeus - Volatilitat del preu del producte final per la seva natura de commodity
Oportunitats (externes)	Amenaces (externes)
- Preus de formalina en màxims històrics a Europa (370 €/t, 2025): finestra d'entrada amb marges favorables - Sortida de productors europeus del mercat: reducció d'oferta i espai per a nous competidors regionals - Creixement sostingut de la demanda en construcció, taulells de fusta i automoció europea - Tendència a reduir importacions extracomunitàries per raons regulatòries i de petjada de carboni - Futura adopció de metanol renovable: avantatge en el posicionament d'una química més sostenible	- Classificació del formaldehid com a CMR 1B i nova regulació REACH (Entrada 77) en vigor l'agost de 2026: pressió sobre clients i possible reducció de demanda en alguns segments - Alta volatilitat del preu del metanol, lligat al gas natural i a factors geopolítics - Competència de grans integrats (BASF, Celanese, Hexion) amb major capacitat de resistència en cycles baixos de preus - Creixent demanda de resines lliures de formaldehid en aplicacions de consum final - Risc de sobre-capacitat futura si nous players entren al mercat atraïts per els preus actuals

7.3. Estimació del capital a invertir

7.3.1. Estimació dels costos dels equips principals

Per estimar els cost dels equips principals s'ha aplicat el mètode de correlacions de Sinnott & Towler G. (2007)[8], que permet obtenir una estimació del cost dels equips a partir de paràmetres característics del equip determinat. Els valors obtingut mitjançant aquestes correlacions corresponen a preus de referència del 2006, per tant, cal actualitzar-los a l'actualitat.

Per portar a terme aquesta actualització del cost de l'equips, s'utilitzaran els índex CEPCI (*Chemical Engineering Plant Cost Index*) per ajustar les variacions de preus fins l'actualitat.

L'equació de les correlacions és la següent:

$$C_e = a + b \cdot S^n$$

Equació 7.3.1

On:

- C_e : és el cost del equip en (\$)
- a, b i n: són constants que es poden consultar en la referència [8]
- S: és el paràmetre característic de l'equip.

A continuació, és mostren els valors dels índex CEPCI, per portar a terme l'actualització dels costos.

Taula 7.3.1: Índexs CEPCI

Any	Índex CEPCI
2006	507.6
2025	789.9

Per tant, el càlcul del cost actualitzat seria el següent.

$$C_{e(2025)}(\$) = C_{e(2006)}(\$) \cdot \frac{CEPCI_{2025}}{CEPCI_{2006}}$$

Equació 7.3.2

Com el cost calculat amb Sinnott & Towler G. (2007)[8] es dona USD, s'utilitzarà la conversió següent per passar de USD a EUR: 1 USD→0.86 EUR [consultat el 30/05/2026].

Finalment, és important destacar que el mètode de correlacions de Sinnott & Towler G. (2007) s'efectua per determinar els costos d'equips fabricats en AISI 304, però en el cas de la planta METAFORM, es treballa amb acer AISI 316L. Per estimar el càlcul és necessita una correlació per estimar els costos dels equips de procés construïts

en acer AISI 316L. EL valor d'aquesta correlació es de 1.3. Per tant, el preu final dels equips es calcula de la següent manera:

$$C_{e(2025)}(316L)(\text{€}) = C_{e(2025)}(304)(\text{€}) \cdot 1.3$$

Equació 7.3.3

- Tancs d'emmagatzematge i tancs pulmó:

S'han seleccionat la correlació pels tancs de tipus sostre flotant

Taula 7.3.3: Costos associats als tancs d'emmagatzematge i tanc pulmó

Tancs d'emmagatzematge i tancs pulmó							
Ítem	Paràmetre de disseny	Valor	Material	Cost (€ 2006)	Cost (€ 2025)	Unitats	Cost total (€)
TK-101/TK-106	Volum (m³)	207 m³	AISI 316L	206.456 €	320.886 €	6	1.925.316 €
TK-601/TK-104	Volum (m³)	207 m³	AISI 316L	206.456 €	320.886 €	4	1.283.544 €
TN-701	Volum (m³)	0,5 m³	AISI 316L	-	-	1	1.879 €
Subtotal							3.210.739 €

- Mescladors estàtics:

Taula 7.3.4: Costos associats als mescladors estàtics

Mescladors estàtics							
Ítem	Paràmetre de disseny	Valor	Material	Cost (€ 2006)	Cost (€ 2025)	Unitats	Cost total (€)
Mix-201	Cabal (L/s)	12500 L/s	AISI 316L	50.683 €	78.774 €	1	78.774 €
Mix-401	Cabal (L/s)	4,17 L/s	AISI 316L	1.998 €	4.034 €	1	4.034 €
Subtotal							82.808 €

- Reactors:

Per el càlcul dels cost del R-301, s'ha calculat com si fos un bescanviador de calor de carcassa i tubs, mentre que el reactor RC-501, s'ha calculat com un recipient a pressió vertical.

Taula 7.3.5: Costos associats als reactors

Reactors							
Ítem	Paràmetre de disseny	Valor	Material	Cost (€ 2006)	Cost (€ 2025)	Unitats	Cost total (€)
R-301	Àrea de bescanvi (m ²)	665.8 m ²	AISI 316L	152.497 €	235.349 €	1	235.349 €
RC-501	Massa de la carcassa (kg)	550 kg	AISI 316L	18.101 €	45.874€	1	45.874€
Subtotal							281.223 €

- Bescanviadors de calor i evaporadors:

Tant els evaporadors i bescanviadors, s'han dissenyat com un bescanviador de carcassa i tubs, s'ha escollit la correlació per el càlcul dels costos dels bescanviadors de carcassa i tubs.

Taula 7.3.6: Costos associats als bescanviadors de calor i evaporadors

Bescanviadors de calor i evaporadors							
Ítem	Paràmetre de disseny	Valor	Material	Cost (€ 2006)	Cost (€ 2025)	Unitats	Cost total (€)
E-201	Àrea de bescanvi (m ²)	47.4 m ²	AISI 316L	32.106 €	49.901 €	1	49.901 €
E-202	Àrea de bescanvi (m ²)	86 m ²	AISI 316L	37.612 €	58.478 €	1	58.478 €
I-201	Àrea de bescanvi (m ²)	83.8 m ²	AISI 316L	37.282 €	57.945 €	1	57.945 €
I-301	Àrea de bescanvi (m ²)	11.5 m ²	AISI 316L	27.796 €	43.202 €	1	43.202 €
I-401	Àrea de bescanvi (m ²)	58.3 m ²	AISI 316L	33.593€	52.212 €	1	52.212 €
I-501	Àrea de bescanvi (m ²)	74.7 m ²	AISI 316L	35.935 €	55.203 €	1	55.203 €
Subtotal							264.781€

- Columna d'absorció:

Per el càlcul de la columna d'absorció primer és calcula el cost del recipient a pressió afegint-ne després el volum de l'empacament en aquest cas anells metàl·lics Raschig.

Taula 7.3.7: Costos associats a la columna d'absorció

Columna d'absorció							
Ítem	Paràmetre de disseny	Valor	Material	Cost (€ 2006)	Cost (€ 2025)	Unitats	Cost total (€)
T-401	Massa carcassa (kg)/ Volum anells Raschig (m ³)	8000 kg/40 m ³	AISI 316L	3.343.110 €	5.196.059 €	1	5.196.059 €
Subtotal							5.196.059 €

- Calderes, Chillers i torres de refrigeració:

Per calcular el preu de les calderes d'oli tèrmic s'ha utilitzat la correlació de forns verticals per estimar els costos d'aquestes, degut a que es el més similar. En el cas del chillers, donat a que no hi ha ningun equip semblant en les correlacions s'ha estimat un cost.

Taula 7.3.8: Costos associats a les calderes, chillers i torres de refrigeració

Calderes, Chillers i Torres de refrigeració							
Ítem	Paràmetre de disseny	Valor	Material	Cost (€ 2006)	Cost (€ 2025)	Unitats	Cost total (€)
CV-701	Cabal vapor d'aigua (kg/h)	3000 kg/h	AISI 316L	147.688 €	229.683 €	1	229.683 €
CO-701	Potència (MW)	1,744 MW	AISI 316L	238.825 €	371.195 €	1	371.195 €
CO-701	Potència (MW)	1,453 MW	AISI 316L	216.780 €	336.932 €	1	336.932 €
CH-701/ CH-702	Potència (kW)	570 kW	AISI 316L	-	672.610 €	2	1.345.220 €
TR-701/TR-702	Cabal (L/s)	43,1	AISI 316L	210.695 €	320.985 €	2	641.970 €
Subtotal							2.925.000 €

- Bombes i compressors:

S'han seleccionat la correlació per les bombes del tipus centrífug d'una sola etapa i pels compressors la correlació per compressors centrífugs.

Taula 7.3.9: Costos associats a bombes i compressors

Bombes i compressors							
Ítem	Paràmetre de disseny	Valor	Material	Cost (€ 2006)	Cost (€ 2025)	1	Cost total (€)
P-101	Cabal (L/s)	1,85	AISI 316L	8.115 €	12.414 €	1	12.414 €
P-102	Cabal (L/s)	1,85	AISI 316L	8.115 €	12.414 €	1	12.414 €
P-701	Cabal (L/s)	0,31	AISI 316L	7.795 €	11.925€	1	11.925€
P-702	Cabal (L/s)	0,31	AISI 316L	7.795 €	11.925€	1	11.925€
P-601	Cabal (L/s)	3,99	AISI 316L	8.516 €	13.028 €	1	13.028 €
P-602	Cabal (L/s)	3,99	AISI 316L	8.516 €	13.028 €	1	13.028 €
K-701	Potència (kW)	942,8 kW	AISI 316L	1.691.759€	2.587.991 €	1	2.587.991 €
K-201	Potència (kW)	778,7 kW	AISI 316L	1.567.757 €	2.398.297 €	1	2.398.297 €
K-301	Potència (kW)	1.220 KW	AISI 316L	1.883.084 €	2.880.673 €	1	2.880.673 €
Subtotal							8.011.490 €

- Bufadors d'aire, generador de nitrogen, unitat de descalcificació d'aigua i sistema d'osmosi invrsa:

En el cas dels generadors de nitrogen i els bufadors d'aire, donat a que no hi ha ningun equip semblant en les correlacions s'ha suposat un cost. En canvi, la descalcificadora d'aigua s'ha estimat com una planta d'intercanvi iònic per l'aigua.

Taula 7.3.10: Costos associats als Bufadors d'aire, generador de nitrogen i unitat de descalcificació d'aigua

Bufadors d'aire, generador de nitrogen i unitat de descalcificació d'aigua
--

Ítem	Paràmetre de disseny	Valor	Material	Cost (€ 2006)	Cost (€ 2025)	Unitats	Cost total (€)
B-701/B-702	Cabal d'aire (m³/h)	55000 m³/h	AISI 316L	-	134.400 €	2	268.800 €
DC-701	Cabal d'aigua (m³/h)	26 m³/h	AISI 316L	74.743 €	114.340 €	1	114.340 €
GN-701/GN-702	Cabal de nitrogen (m³/h)	70	AISI 316L	-	95.000 €	2	190.000€
RO-701	Cabal d'aigua tractat (kg/h)	9850 kg/h	-	-	28.398 €	1	28.398 €
Subtotal							601.538 €

- Transformadors elèctrics:

Taula 7.3.11: Costos associats als transformadors elèctrics

Transformadors elèctrics							
Ítem	Paràmetre de disseny	Valor	Material	Cost (€ 2006)	Cost (€ 2025)	Unitats	Cost total (€)
TA-701/TA-702	Potència (kVA)	5000 kVA	AISI 316L	-	150.000 €	2	300.000 €
Subtotal							300.000 €

- Parc fotovoltaic:

Taula 7.3.12: Costos associats al parc fotovoltaic

Parc Fotovoltaic							
Ítem	Paràmetre de disseny	Valor	Material	Cost (€ 2026)	Cost (instal·lació)	Unitats	Cost total
Plaques solars	Superfície(€/m²)	6840 m²	Placa solar estàndard	950.000	100.000 €	1	1.050.000 €
Bateries	Unitats	1	CATL Tener estàndard	1.050.000	150.000€	1	1.200.000€

Subtotal	2.250.000 €
----------	-------------

Un cop calculat, el cost de tots els equips necessaris per garantir el funcionament de la planta METAFORM, es presenta el cost total dels equips principals

Taula 7.3.13. Cost total equips

Cost total equips (€)	23.123.638 €
-----------------------	--------------

7.3.2. Capital immobilitzat

Per determinar el valor del capital immobilitzat s'ha triat el mètode de factor múltiple de Vian.

Cost del terreny

Un cop es coneix el cost total dels equips, es pot procedir amb el càlcul del capital immobilitzat, però no abans d'haver calculat el cost del terreny.

Per determinar el cost del terreny, cal conèixer la superfície total de la parcel·la industrial requerida per la planta, i el preu del metre quadrat de sòl industrial en aquell moment en la ubicació donada. En aquest projecte la parcel·la donada està situada al polígon industrial Satèl·lits, Tarragona, Espanya, classificat com a sòl urbà d'ús industrial. Es tracta d'una ubicació privilegiada, ja que es troba molt propera al port de Tarragona, cosa que millora la logística i les comunicacions. Aquesta ubicació estratègica fa incrementar significativament el preu del sòl respecte d'altres zones més allunyades.

Després d'una recerca de mercat en preus actuals per a sòls industrials en la zona, s'ha considerat un preu del metre quadrat de 200 €/m².

$$C_{\text{terreny}} (\text{€}) = \text{Àrea parcel} \cdot \text{la} (m^2) \cdot \text{Preu del metre quadrat} \left(\frac{\text{€}}{m^2} \right)$$

Equació 7.3.4

$$C_{\text{terreny}} (\text{€}) = 53.720(m^2) \cdot 200 \left(\frac{\text{€}}{m^2} \right) = 10.744.000 \text{ €}$$

Capital immobilitzat

Un cop s'han determinat els costos associats al terreny i als equips principals, es procedeix al càlcul del capital immobilitzat total del projecte. Com ja s'ha dit anteriorment s'ha optat per aplicar el mètode de Vian, el qual és un mètode estimatiu per obtenir una valoració aproximada del valor dels costos d'instal·lació de la maquinaria i equips. Gràcies a aquesta aproximació podem determinar un pressupost inicial més precís.

Taula 7.3.14. Mètode de Vian

Paràmetre	Descripció	Equació	Cost (€)
I1	Maquinaria i aparells	X (Valor total equips)	23.123.638 €
I2	Instal·lació	35% de X	8.093.273,30 €
I3	Canonades i vàlvules	40% de X	9.249.455,20 €
I4	Instrumentació	15% de X	3.468.545,70 €
I5	Aïllaments	3% de X	693.709,14 €
I6	Instal·lació elèctrica	10% de X	2.312.363,80 €
I7	Terrenys i edificacions	Cost terrent+12% de X	13.518.836,56 €
I8	Instal·lacions auxiliars	25% de X	5.780.909,50 €
Y	Capital físic o primari	Sumatori de I1 fins a I8	66.240.731,20 €
I9	Honoraris de projecte i direcció d'obra i muntatge	10% de Y	6.624.073,12 €
Z	Capital directe o secundari	Y+I9	72.864.804,32 €
I10	Contractista	4% de Z	2.914.592,17 €
I11	Despeses imprevistes	10% de Z	7.286.480,43 €
Capital immobilitzat		Z+I10+I11	83.065.876,92 €

7.3.3. Capital circulant

El capital circulant es l'actiu líquid disponible per les operacions diàries de la planta, el qual inclou l'inventari, efectiu i contes a cobrar a curt termini. Aquest capital es recupera al finalitzar l'activitat de la planta.

El valor del capital circular s'estima que és entre un 10% i un 30% del capital immobilitzat calculat anteriorment. En el cas de METAFORM, s'ha escollit un percentatge del 15% per el càlcul del capital circulant. Per tant el valor del capital circulant en METAFORM és de 12.459.881,54 €.

7.3.4. Posada en marxa

Els costos de la posada en marxa engloben totes les despeses necessàries per fer la transició de la planta des del final de la seva construcció física fins al seu funcionament estable i continu, incloent-hi les proves d'equips, la neteja de canonades, la formació del personal, les pèrdues de matèria primera durant els primers assajos de producció, etc. S'estima que el valor de la posada en marxa equival al 5% del capital immobilitzat. Per tant, la despesa de la posada en marxa de la planta és de 4.153.293,85 €.

7.3.5. Capital a invertir total

Una vegada tenim el capital immobilitzat, el capital circulat i la despesa en la posada en marxa, obtenim el capital a invertir total. A la següent taula s'observa el resultat final de l'inversió.

Taula 7.3.15. Càlcul capital a invertir total

Capital	Cost (€)
Capital immobilitzat	83.065.876,92 €
Capital circulat	12.459.881,54 €
Capital posada en marxa	4.153.293,85 €
Capital a invertir total	99.679.052,30€

Consum matèria primera

Consum horari de metanol (kg/h)	€5.930,54
Consum diari de metanol (kg/dia)	142.332,96
Dies planta en funcionament	330
Cost del kg de metanol (€)	0,2544
Cost anual (€/any)	11.949.136,66

Consum d'aigua de la planta

Consum horari d'aigua (m³/h)	30,61
Consum diari d'aigua (m³/h)	734,64
Dies planta en funcionament	330
Cost del m³ d'aigua (€)	1,92
Cost anual (€/any)	465.468

Consum de gas natural

Consum de gas natural (kW)	2.823
Temps en funcionament (h)	7.920

Consum anual de gas natural (kWh/any)	22.358.160
Cost del kWh de gas natural (€/kWh) [9]	0,023257
Cost anual (€/any)	519.983,73

Consum elèctric equips

Ítem	Potència (kW)
CH-701	112,5
CH-702	112,5
B-701	100
B-702	100
GN-701	37
GN-702	37
K-201	990
K-202	778,7
K-501	1.220
P-101	178,32
P-102	178,32
P-701	77,25
P-702	77,25
P-601	447,16
P-602	447,16
TOTAL	4840

Consum elèctric de la planta (kW)	4840
Temps en funcionament (h)	7.920
Consum anual d'electricitat (kWh/any)	38.324.880
Generació plaques fotovoltaïques (kWh/any)	2.298.240
Consum real anual d'electricitat (kWh/any)	36.026.640
Cost del kWh de electricitat (€/kWh) [10]	0,1288
Cost anual (€/any)	4.640.231,232

Preu formaldehid

Com s'ha agafat el preu del metanol en desembre de 2025, es farà el mateix per la formaldehid al 37%, per tant el preu del formaldehid es de 0,3698€/kg o 369,80€/tn.[11]

Producció formaldehid

Producció horària de formaldehid (37%) (kg/h)	12.626,26
---	-----------

Producció diària de formaldehid (37%)	303.030,24
Dies planta en funcionament	330
Preu de venda de formaldehid (37%) (€)	0,3698
Ingressos anuals (€/any)	36.980.000

7.4. Estructura de finançament

La determinació d'una estructura de finançament òptima és un dels pilars crítics per garantir la viabilitat i sostenibilitat a llarg termini de la planta de producció de formaldehid de METAFORM. Atesa la naturalesa altament intensiva en capital d'aquest projecte, amb un Capital a Invertir Total (CAPEX) calculat en 99.679.052,30 € €, dependre exclusivament de deute bancari (un palanquejament del 100%) sotmetria l'empresa a un risc d'insolvència tècnica imminent durant els primers anys d'operació, a causa de la desproporció entre les quotes d'amortització i la capacitat inicial de generació de caixa operativa (EBITDA).

Per aquest motiu, s'ha dissenyat un model de finançament mixt equilibrat que combina fons propis i deute a llarg termini, amb l'objectiu de minimitzar el Cost Mitjà Ponderat del Capital (WACC, Weighted Average Cost of Capital) i garantir que el flux de caixa lliure de l'empresa pugui absorbir el servei del deute de manera folgada.

7.4.1. Fons propis i fons aliens

Per al desenvolupament d'aquest projecte industrial, es descarta l'escenari de palanquejament total i s'adopta una estructura de capital clàssica per a megaprojectes del sector petroquímic, distribuïda en una ràtio de **40% de fons propis i 60% de fons aliens**.

- **Fons Propis (40%): 39.871.620 ,92€**

Aquesta partida correspon a les aportacions directes de capital per part dels socis promotors i fons d'inversió de capital privat (Venture Capital / Private Equity) especialitzats en infraestructures industrials. L'elecció d'un 40% de fons propis es justifica per tres raons fonamentals:

- **Reducció del risc financer:** Proporciona un matalàs de liquiditat necessari davant la volatilitat inherent al mercat de *commodities* químiques (marge entre el preu de compra del metanol i el preu de venda de la formalina).
- **Solvència davant tercers:** Eleva la ràtio d'autonomia financera de l'empresa, requisit indispensable per rebre la confiança de les entitats bancàries sindicades que finançaran el capital restant.

- **Absorció del Ramp-up:** Durant l'Any 1, on la planta operarà al 80% de la seva capacitat nominal per motius de posada en marxa i ajustos de procés, els fons propis eviten l'asfíxia de la tresoreria.
- **Fons Aliens (60%): 59.807.431,38 €**

El capital restant es finançarà mitjançant un préstec corporatiu a llarg termini atorgat per un sindicat bancari. El recurs al deute es justifica des de la teoria d'estructura de capital de Modigliani-Miller amb impostos, ja que els interessos del préstec constitueixen una despesa financera fiscalment deduïble, generant un **escut fiscal** (*tax shield*) que redueix el cost efectiu del deute en comparació amb el cost de l'exigència de rendibilitat dels accionistes (K_e).

Les condicions generals pactades per al deute aliè reflecteixen els estàndards realistes exigits al mercat financer actual per a projectes d'infraestructures químiques estables:

- **Principal del préstec (P): 59.807.431,38 €**
- **Termini d'amortització (N): 20 anys** (vida útil equivalent a la fase d'avaluació inicial de la planta).
- **Tipus d'interès nominal (i): 5,0% d'interès fix anual.**
- **Periodicitat de liquidació: Anual.**

7.4.2. Quadre d'amortització del préstec i despeses financeres

Per a l'amortització dels fons aliens s'ha seleccionat el sistema d'amortització constant de principal (també conegut com a mètode alemany o lineal). A diferència del mètode francès (de quotes constants), el mètode alemany amortitza la mateixa quantitat de deute des del primer any, fent que els interessos de meritatge (calculats sobre el capital viu restant) disminueixin de manera lineal any rere any.

Les expressions matemàtiques que regeixen aquest sistema per a cada període t (on $t = 1, 2, \dots, 20$) són:

1. **Amortització anual del principal (A):** Constant per a tots els períodes.

$$A = \frac{P}{N} = \frac{59.807.431,38}{20} = 2.990.371,56$$

2. **Capital viu a l'inici del període (V_t):**

$$V_t = P - (t - 1) \cdot A$$

3. **Despeses financeres / Interessos del període (I_t):**

$$I_t = V_t \cdot i$$

4. **Quota total anual del servei del deute (Q_t):**

$$Q_t = A + I_t$$

L'elecció d'aquest mètode lineal es justifica plenament sota una estratègia d'eficiència financera de l'empresa: tot i que la quota total de l'Any 1 és lleugerament superior a

la que resultaria d'un mètode francès, aquest sistema redueix el capital pendent de forma molt més ràpida. Al final dels 20 anys d'horitzó temporal, **la despesa total en interessos és notablement inferior**, estalviant milions d'euros en despeses financeres totals que es converteixen en flux de caixa pur per a la companyia.

A continuació es detalla el quadre d'amortització complet del préstec corporatiu per als 20 anys de vida útil projectats:

Taula 7.4.2. Quadre d'amortització lineal del préstec de METAFORM

Any (t)	Capital viu a l'inici (Vt)	Interès anual (It)	Amortització principal (A)	Quota total anual (Qt)	Capital pendent al final
1	59.807.431,38€	2.990.371,57€	2.990.371,57€	5.980.743,14€	56.817.059,81€
2	56.817.059,81€	2.840.853,00€	2.990.371,57€	5.831.224,57€	53.826.688,24€
3	53.826.688,24€	2.691.334,41€	2.990.371,57€	5.681.705,98€	50.836.316,67€
4	50.836.316,67€	2.541.815,83€	2.990.371,57€	5.532.187,40€	47.845.945,10€
5	47.845.945,10€	2.392.297,26€	2.990.371,57€	5.382.668,83€	44.855.573,53€
6	44.855.573,53€	2.242.778,68€	2.990.371,57€	5.233.150,25€	41.865.201,96€
7	41.865.201,96€	2.093.260,10€	2.990.371,57€	5.083.631,67€	38.874.830,39€
8	38.874.830,39€	1.943.741,52€	2.990.371,57€	4.934.113,09€	35.884.458,82€
9	35.884.458,82€	1.794.222,94€	2.990.371,57€	4.784.594,51€	32.894.087,25€
10	32.894.087,25€	1.644.704,36€	2.990.371,57€	4.635.075,93€	29.893.715,68€
11	29.893.715,68€	1.494.685,78€	2.990.371,57€	4.485.057,35€	26.903.344,11€
12	26.903.344,11€	1.345.167,21€	2.990.371,57€	4.335.538,78€	23.912.972,54€
13	23.912.972,54€	1.195.648,63€	2.990.371,57€	4.186.020,20€	20.922.600,97€
14	20.922.600,97€	1.046.130,05€	2.990.371,57€	4.036.501,62€	17.932.229,40€
15	17.932.229,40€	896.611,47€	2.990.371,57€	3.886.983,04€	14.941.857,83€
16	14.941.857,83€	747.092,89€	2.990.371,57€	3.737.464,46€	11.951.486,26€
17	11.951.486,26€	597.574,31€	2.990.371,57€	3.587.945,88€	8.961.114,69€
18	8.961.114,69€	448.055,73€	2.990.371,57€	3.438.427,30€	5.970.743,12€
19	5.970.743,12€	298.537,16€	2.990.371,57€	3.288.908,73€	2.980.371,55€
20	2.980.371,55€	149.018,58€	2.980.371,55 € *	3.129.390,13€	0,00€

7.5. Estimació de costos de producció (Costos d'operació)

L'estimació dels costos de producció és fonamental per determinar la viabilitat operativa de la planta de METAFORM. Aquests costos engloben totes les despeses necessàries per mantenir la instal·lació en ple funcionament durant els 330 dies anuals d'operació. A efectes de càlcul i organització financera, els costos d'operació es divideixen en costos directes i indirectes de fabricació.

7.5.1. Estimació del cost de fabricació

El cost de fabricació representa la despesa íntegra derivada del procés de transformació del metanol en formaldehid, abans d'aplicar-hi les despeses corporatives d'administració, màrqueting i vendes.

7.5.1.1. Costos directes (matèries primeres, mà d'obra directa, serveis)

Els costos directes (o variables) són aquells que depenen principalment del volum de producció i de l'operativitat diària de la instal·lació.

1. Matèries primeres La partida principal és el metanol. Treballant 330 dies a l'any, la planta té un consum diari de 142.332,96 kg. Amb un cost d'importació (incloent-hi despeses logístiques) de 0,2544 €/kg, el cost és:

- **Cost anual de metanol:** 11.949.136,66 €.

2. Serveis industrials (Utilities)

Els subministraments energètics i d'aigua calculats prèviament per a un règim operatiu anual són els següents:

- **Consum d'aigua:** 734,64 m³/dia a 1,92 €/m³ suposa **465.468,00 €/any**.
- **Gas natural:** 22.358.160 kWh/any a 0,023257 €/kWh representa **519.983,73 €/any**.
- **Electricitat:** Després de restar la generació del parc fotovoltaic (2.298.240 kWh/any), el consum de xarxa és de 36.026.640 kWh/any. A un preu de 0,1288 €/kWh, suposa **4.640.231,23 €/any**.

3. Mà d'obra directa (MOD) i supervisió Com que la planta opera en règim continu (24/7 durant els 330 dies), es requereix un sistema de 5 torns. S'estima una plantilla directa formada per:

- 1 Cap de planta (70.000 €/any)
- 5 Caps de torn (50.000 €/any cadascun = 250.000 €/any)
- 20 Operadors de procés (4 per torn, a 40.000 €/any cadascun = 800.000 €/any)

Sumant els salaris bruts (1.120.000 €) i aplicant-hi un **30% de càrregues socials** de l'empresa, el cost estimat de la MOD ascendeix a **1.456.000,00 €/any**.

4. Manteniment i materials d'operació Per garantir el correcte estat de la instal·lació, els estàndards d'enginyeria química estimen el cost anual de manteniment en un **4% del Capital Immobilitzat**. Essent el capital immobilitzat de 83.065.876,92 €:

- **Manteniment:** 3.322.635,08 €/any.
- **Materials d'operació** (lubricants, EPIs, reactius menors): S'estima en un 15% del cost de manteniment, equivalent a **498.395,26 €/any**.

7.5.1.2. Costos indirectes (amortització, assegurances, impostos de fàbrica)

Els costos indirectes (o fixos) són independents de les fluctuacions en la producció i s'han d'assumir pel simple fet de tenir la planta operativa.

1. Amortització tècnica de la instal·lació Independentment de l'amortització financera del préstec, comptablement s'ha de depreciar la instal·lació física. S'aplica una amortització lineal sobre el Capital Immobilitzat (83.065.876,92 €) durant la vida útil del projecte (20 anys):

- **Amortització tècnica:** 4.153.293,85 €/any.

2. Assegurances i impostos locals

Cobreixen pòlisses de responsabilitat civil, danys materials i l'Impost sobre Béns Immobles (IBI) o equivalents. S'estima conjuntament com a un **1,5% del Capital Immobilitzat**:

- **Assegurances i impostos:** 1.245.988,15 €/any.

3. Despeses generals de fàbrica

Inclouen els serveis de neteja, seguretat, menjador i subministraments d'oficina de la planta. Se sol estimar com un **50% del cost de la Mà d'Obra Directa**:

- **Despeses generals:** 728.000,00 €/any.

7.5.2. Estimació del cost d'administració i vendes

Més enllà dels costos estrictament lligats a la fabricació física del formaldehid a la planta, el projecte de METAFORM requereix una estructura corporativa que gestioni el negoci, asseguri la col·locació del producte al mercat i garanteixi l'evolució i compliment normatiu de l'empresa. Aquest conjunt es coneix comptablement com a **Despeses Generals, d'Administració i Vendes (SG&A)**.

Atesa la manca de dades operatives d'una empresa de nova creació, aquests costos s'estimen a partir de percentatges estandarditzats sobre la xifra de negoci anual (Vendes), que en el cas de METAFORM s'ha calculat en **36.980.000,00 €/any**.

1. Despeses d'Administració i Direcció Aquesta partida engloba els salaris de la direcció general, departament financer, recursos humans, serveis jurídics, auditories i les despeses d'oficina corporativa. En la indústria de productes químics a granel, on l'estructura administrativa tendeix a ser ajustada, s'acostuma a imputar un **1,5% sobre les vendes anuals**.

- **Cost estimat:** 554.700,00 €/any.

2. Despeses de Comercialització i Vendes Tot i que el formaldehid és un producte estàndard sense necessitat de grans campanyes de màrqueting de consum, la venda B2B exigeix un equip comercial especialitzat per negociar contractes de subministrament a llarg termini (amb empreses fusteres, d'automoció i de resines). A més, inclou despeses de representació i fires del sector. S'estima en un **2,0% sobre les vendes anuals**.

- **Cost estimat:** 739.600,00 €/any.

3. Despeses de Recerca, Desenvolupament i Qualitat (R+D+i) El mercat europeu del formaldehid està sotmès a regulacions mediambientals i de salut (com la normativa REACH) cada cop més estrictes. Per tant, és imprescindible comptar amb un departament de qualitat de procés i un equip dedicat a l'optimització contínua i sostenibilitat de la planta. Es fixa en un **1,0% sobre les vendes anuals**.

- **Cost estimat:** 369.800,00 €/any.

Resum del Cost Total d'Operació (Costos de Producció Totals)

Un cop quantificats els costos de fabricació (apartat 7.5.1) i les despeses d'administració i vendes (apartat 7.5.2), podem determinar el **Cost Total d'Operació** de la planta de METAFORM.

Aquest valor serà la xifra de referència imprescindible per elaborar l'Estat de Resultats i calcular el Flux de Caixa a l'apartat 7.8.

Taula 7.5.2. Cost Total d'Operació de la planta de METAFORM

	Any 0	Any 1 (80%)	Any 2 (100%)	Any 10 (100%)	Any 20 (100%)
Marge Operatiu (EBIT)	—	2.455.731,96€	6.336.768,04€	6.336.768,04€	6.336.768,04€
Interessos Préstec (It)	—	-2.990.371,57€	-2.840.853,00€	-1.644.704,36€	-149.018,58€
Resultat abans d'Impostos (EBT)	—	-534.639,61€	3.495.915,04€	4.692.063,68€	6.187.749,46€
Impost sobre Societats (25%)	—	0,00 € (Pèrdues)	-873.978,76€	-1.173.015,92€	-1.546.937,37€
Benefici Net Comptable	—	-534.639,61€	2.621.936,28€	3.519.047,76€	4.640.812,09€
Amortització Tècnica	—	4.153.293,85€	4.153.293,85€	4.153.293,85€	4.153.293,85€
Amortització Préstec (A)	—	-2.990.371,57€	-2.990.371,57€	-2.990.371,57€	-2.980.371,55€

Recuperació Cap. Circulant	—	—	—	—	12.459.881,54€
Inversió Inicial (CAPEX Real)	- 99.679.052,30€	—	—	—	—
FLUX DE CAIXA NET (FCN)	- 99.679.052,30€	+628.282,67 €	+3.784.858,56 €	+4.681.970,04 €	+18.273.615,93 €

7.6. Previsió d'ingressos

La previsió d'ingressos constitueix un pilar fonamental per avaluar la viabilitat econòmica de la planta industrial de METAFORM, ja que determina la capacitat del projecte per recuperar la inversió de capital inicial (CAPEX) i cobrir de manera folgada els costos operatius anuals (OPEX). En les indústries químiques de gran volum (*commodities*), els ingressos depenen directament de la capacitat de producció contínua del procés i de l'estratègia d'aprofitament i comercialització dels corrents de sortida.

7.6.1. Vendes de producte principal i subproductes

L'estratègia comercial de METAFORM se centra exclusivament en la producció i venda a granel d'un únic producte principal d'alt valor industrial, maximitzant l'eficiència global mitjançant un sistema d'integració energètica que descarta la comercialització de subproductes energètics externs.

1. Producte Principal: Formalina (Formaldehid al 37% en pes) El producte objecte de comercialització és formaldehid comercialitzat en forma de formalina (solució aquosa estabilitzada al 37% en pes). Aquesta especificació és altament demandada com a matèria primera regional per a la fabricació de resines sintètiques, coles i taulers de fusta aglomerada.

A partir dels balanços de matèria implementats i considerant un règim d'operació continu de 330 dies a l'any (equivalent a 7.920 hores anuals d'operació continuada), es consoliden les següents magnituds de producció i venda a capacitat nominal:

- **Producció horària de formalina:** 12.626,26 kg/h.
- **Producció diària de formalina:** 303.030,24 kg/dia.
- **Volum de vendes anual teòric:** 99.999.979,20 kg/any (100.000 tones anuals).

Prenent com a referència els indicadors de mercat obtinguts per a desembre de 2025, es fixa un preu de venda competitiu de **0,3698 €/kg** (equivalent a **369,80 €/tona**). Amb aquestes premisses, la facturació anual directa per la comercialització del producte principal és de **36.980.000,00 €/any**.

2. Subproductes i Integració Tèrmica del Procés La reacció d'oxidació catalítica del metanol a formaldehid és altament exotèrmica. En el disseny d'enginyeria de

processos d'aquesta planta, es descarta la generació i exportació de vapor com a subproducte comercial per a la seva venda a tercers. En lloc d'això, es duu a terme una optimització mitjançant integració tèrmica: gran part de l'energia tèrmica residual generada pel procés es recupera i es reintrodueix en una etapa d'intercanvi tèrmic situada una mica abans de l'arribada al reactor. Aquest corrent energètic s'aprofita íntegrament per preescalfar el propi corrent d'entrada (la mescla d'alimentació de metanol i aire), elevant la seva temperatura abans que entri a la zona de reacció.

Aquesta configuració d'enginyeria de processos implica dues conseqüències financeres directes:

- **Ingressos per subproductes nuls:** No es generen fluxos de caixa positius directes ni facturació per vendes d'energia, vapor o corrents químics secundaris (0,00 €/any).
- **Optimització de l'OPEX (Estalvi de Serveis Auxiliars):** En cobrir gran part de la demanda tèrmica de l'alimentació abans d'entrar al reactor mitjançant la calor recuperada, es redueix dràsticament la necessitat d'utilitzar serveis auxiliars externs (com ara cremadors de gas natural auxiliars o calderes de preescalfament addicionals). Això es tradueix en una alta eficiència energètica global de la instal·lació i una contenció directa dels costos de subministraments calculats prèviament.

A continuació, es resumeix l'estructura de la previsió d'ingressos d'explotació de la planta:

Taula 7.6.1. Previsió d'ingressos anuals de METAFORM

Corrent comercial	Volum operatiu anual (Kg/any)	Preu unitari de mercat	Ingressos anuals (€/any)
Formaldehid (37%) (Producte Principal)	100.000.000	0,3698 €/kg	36.980.000,00€
Vapor / Energia Residual (Subproducte)	0,00	0,00 €/kg	0,00€
TOTAL INGRESSOS D'EXPLOTACIÓ			36.980.000,00€

7.6.2. Ingrés i cost marginal

L'anàlisi marginal permet avaluar la viabilitat d'incrementar o reduir la producció avaluant el comportament dels ingressos i els costos per cada unitat addicional fabricada.

1. Ingrés Marginal (IMg)

L'ingrés marginal es defineix com la variació que experimenten els ingressos totals de la companyia en vendre una unitat addicional (ja sigui un quilogram o una tona) de producte al mercat.

Atès que el formaldehid comercialitzat com a formalina funciona com una mercaderia estandarditzada (*commodity*) dins del sector petroquímic, i considerant que la planta de METAFORM opera en un radi logístic regional molt favorable, l'empresa es comporta com a preu-acceptant per a la seva capacitat instal·lada de disseny. Això implica que l'ingrés marginal es manté perfectament constant i és exactament equivalent al preu de venda unitari de mercat fixat per al projecte:

$$IMg = \frac{36.980.000 \text{ €/any}}{100.000 \text{ Tona/any}} = 369,80 \text{ €/Tona}$$

2. Cost Marginal (CMg)

El cost marginal representa l'increment del cost total d'operació en produir una unitat addicional. En una planta de procés continu com la de METAFORM, els costos indirectes (amortització, assegurances) i gran part dels costos directes (mà d'obra, manteniment estructural) actuen com a costos fixos a curt termini i no s'incrementen per fabricar un quilogram extra de producte.

Per tant, el cost marginal ve determinat exclusivament pels **costos purament variables o proporcionals**, que en aquest procés corresponen al consum directe de matèries primeres (metanol) i els serveis industrials directament vinculats al volum de producció (aigua, gas natural i electricitat).

Recuperant els càlculs de l'apartat 7.5.1:

- Cost de Metanol: 11.949.136,66 €/any
- Costos de Serveis (Aigua, Gas, Electricitat): 5.625.682,96 €/any
- **Total Costos Variables: 17.574.819,62 €/any**

Considerant la producció anual de disseny (100.000 kg/any), el cost marginal es calcula de la següent manera:

$$CMg = \frac{\text{Cost variables totals}}{\text{Volum de producció}}$$
$$CMg = \frac{17.574.819,62}{99.999.979,20} = 0,1757 \text{ €/kg}$$

3. Conclusió Econòmica i Marge de Contribució

La diferència entre l'ingrés marginal i el cost marginal ens dona el marge de contribució unitari:

$$\text{Marge de contribució} = IMg - CMg = 0,3698 - 0,1757 = 0,1941$$

Com que l'ingrés marginal és estrictament superior al cost marginal ($IMg > CMg$), cada tona addicional produïda i venuda genera un marge brut positiu que ajuda a absorbir

els costos fixos i augmenta el benefici net. En conseqüència, el punt d'operació econòmicament òptim per a METAFORM és **produir a la màxima capacitat que permeti la instal·lació física** (el 100% de la capacitat de disseny), ja que no existeixen deseconomies d'escala dins del rang operatiu de la planta que facin que el cost marginal superi el preu de venda.

7.7. Càlcul del punt d'equilibri (Break-even point)

El punt d'equilibri, també conegut com a llindar de rendibilitat o *Break-even point* (BEP), és aquell nivell de producció i vendes en el qual els ingressos totals de l'empresa igualen els seus costos totals d'operació. En aquest punt, el benefici net és igual a zero (no hi ha pèrdues ni guanys). És un indicador fonamental per avaluar el nivell de risc del projecte: com més baix sigui el percentatge de capacitat necessària per assolir el punt d'equilibri, més segur i resiliència serà el negoci davant de caigudes de demanda.

Per determinar-lo, és necessari classificar prèviament tots els costos d'operació de METAFORM en costos fixos (independents de la producció) i costos variables (proporcionals a la producció).

1. Resum de variables per al càlcul

Partint dels apartats anteriors, s'agrupen les dades de la següent manera:

- **Costos Variables Totals (CV):** Corresponen a l'adquisició de metanol i als serveis industrials (aigua, gas natural i electricitat de xarxa). Com s'ha determinat a l'apartat 7.6.2, el seu valor total és de 17.574.819,62 €/any per a la producció de disseny.
- **Cost Variable Unitari (CVu):** És el cost de produir un quilogram addicional.
- $CVu = 0,1757 \text{ €/kg}$
- **Preu de Venda Unitari (P):** Preu de la formalina al mercat.
 $P = 0,3698 \text{ €/kg}$
- **Costos Fixos Totals (CF):** És la suma de la mà d'obra directa, manteniment, materials d'operació, amortització tècnica, assegurances, despeses generals de fàbrica i despeses d'administració i vendes (SG&A).
 - Càlcul: Cost Total d'Operació (30.643.231,96 €) - Costos Variables (17.574.819,62 €).

$$CF = 13.068.412,34 \text{ €/any}$$

2. Càlcul del Punt d'Equilibri en Unitats Físiques (Qeq)

Es calcula dividint els costos fixos anuals entre el marge de contribució unitari (la diferència entre el preu de venda i el cost variable unitari):

$$Qeq = \frac{CF}{P - CVu}$$

$$Q_{eq} = \frac{13.068.412,34}{0,3698 - 0,1757} = 67.328.244,92 \text{ kg/any}$$

Això significa que METAFORM necessita produir i vendre aproximadament **67.328 tones anuals** de formaldehid per cobrir absolutament totes les seves despeses (incloses les amortitzacions i els costos corporatius).

3. Càlcul del Punt d'Equilibri en Volum d'Ingressos (Veq)

Multiplicant la quantitat d'equilibri pel preu de venda, obtenim la facturació mínima anual que ha d'assolir l'empresa per no entrar en pèrdues:

$$V_{eq} = Q_{eq} \cdot P = 67.328.244,92 \cdot 0,3698 = 24.897.984,97 \text{ €/any}$$

4. Punt d'Equilibri respecte a la Capacitat Nominal (% BEP)

Per avaluar l'exigència operativa d'aquest punt d'equilibri, es relaciona amb la capacitat màxima de disseny de la planta (aprox. 100.000 tones/any):

$$BEP = \left(\frac{Q_e}{Capacitat Nominal} \right) \cdot 100 = \left(\frac{67.328.244,92}{100.000.000} \right) \cdot 100 = 67,33$$

5. Conclusions sobre el Risc Operatiu

Un punt d'equilibri del **67,33%** és un valor adequat i realista dins del sector petroquímic de derivats bàsics. Indica que la planta disposa d'un marge de seguretat proper al 33%. És a dir, les vendes o els preus de mercat podrien caure fins a una tercera part sense que l'empresa incorrés en pèrdues operatives netes. Una vegada superat aquest llindar operatiu del 67,33%, cadascun dels quilograms de formaldehid venuts aportarà gairebé el seu marge de contribució íntegre (0,1941 €/kg) directament a la partida de beneficis nets de l'exercici.

7.8. Anàlisi de rendibilitat

L'anàlisi de rendibilitat constitueix la fase definitiva de la valoració econòmica de METAFORM. L'objectiu d'aquest apartat és creuar l'estructura detallada d'inversions inicials (CAPEX), el quadre de servei del deute aliè i les previsions anuals de costos operatius (OPEX) i ingressos per vendes, per determinar de manera científica si el projecte posseeix la capacitat de generar valor econòmic net i assegurar la recuperació del capital aportat pels inversors dins de la seva vida útil de 20 anys.

7.8.1. Elaboració del Flux de Caixa Net (Net Cash Flow)

El Flux de Caixa Net (FCN) reflecteix els moviments reals de liquiditat (entrades i sortides de diners de la tresoreria) que la planta de formaldehid experimenta cada any. Per al seu càlcul es pren com a base l'Impost sobre Societats aplicable a Espanya (**25%**).

Cal destacar dues premises crítiques per al disseny del flux de caixa:

1. **L'Efecte Ramp-up (Any 1):** Tal com es va justificar a l'estructura de finançament, durant l'Any 1 la planta opera al **80% de la seva capacitat nominal** per motius d'ajust i posada en marxa. Això afecta proporcionalment els ingressos per vendes (29.584.000,00 €) i els costos variables (14.059.855,70 €), mentre que els costos fixos es mantenen estables.
2. **Recuperació del Capital Circulant (Any 20):** Al final de la vida útil del projecte (Any 20), es liquida l'inventari i es cobren els comptes pendents, recuperant íntegrament el Capital Circulant inicialment invertit (**12.459.881,54 €**) com a una entrada de caixa extraordinària.
3. **Ajustaments No Monetaris:** L'amortització tècnica (4.153.293,85 €/any) és una despesa comptable que redueix la base imposable de l'impost, però no implica una sortida real de diners; per tant, se suma de nou al flux de caixa un cop restat l'impost. Per contra, l'amortització del deute aliè (\$A = 4.838.169,84 \text{ €/any}\$) és una sortida de caixa real que es resta directament per obtenir el flux net.

A continuació es detalla l'evolució del Flux de Caixa Net per a una selecció d'anys significatius del projecte:

Taula 7.8.1. Quadre de Desenvolupament del Flux de Caixa Net de METAFORM (en €)

Concepte	Any 0	Any 1 (80%)	Any 2 (100%)	Any 10 (100%)	Any 20 (100%)
Ingressos per Vendes		29.584.000,00	36.980.000,00	36.980.000,00	36.980.000,00
Costos d'Operació (OPEX)		-27.128.268,04	-30.643.231,96	-30.643.231,96	-30.643.231,96
Marge Operatiu (EBIT)		2.455.731,96	6.336.768,04	6.336.768,04	6.336.768,04
Interessos Préstec (It)		-4.838.169,84	-4.596.261,35	-2.660.993,42	-241.908,50
Resultat abans d'Impostos (EBT)		-2.382.437,88	1.740.506,69	3.675.774,62	6.094.859,54
Impost sobre Societats (25%)		0,00 *	-435.126,67	-918.943,66	-1.523.714,89
Benefici Net Comptable		-2.382.437,88	1.305.380,02	2.756.830,96	4.571.144,65
Amortització Tècnica		4.153.293,85	4.153.293,85	4.153.293,85	4.153.293,85
Amortització Préstec (A)		-4.838.169,84	-4.838.169,84	-4.838.169,84	-4.838.169,90
Recuperació Cap. Circulant					12.459.881,54

Inversió Inicial Total (CAPEX)	-99.679.052,30				
FLUX DE CAIXA NET (FCN)	-99.679.052,30	-3.067.313,87	620.504,03	2.071.954,97	16.346.150,14

**Nota: El resultat negatiu de l'Any 1 no genera pagament d'impostos i s'utilitza com a crèdit fiscal (escut fiscal) per compensar beneficis en exercicis posteriors.*

Com s'observa, el Flux de Caixa Net de l'Any 1 és negatiu (-3.067.313,87 €) a causa de la limitació de producció inicial combinada amb la càrrega financera més alta de la vida del préstec, el que valida la necessitat estratègica d'haver comptat amb fons propis sòlids per absorbir aquesta fase de *ramp-up*. A partir de l'Any 2, l'efecte de l'amortització lineal del deute redueix els interessos reportats, fent créixer el flux net de caixa de manera sostinguda fins a la liquidació final de l'Any 20.

7.8.2. Mètodes sense actualització (Estàtics)

Els mètodes estàtics mesuren la viabilitat del projecte operant directament amb els valors nominals de la caixa, sense tenir en compte la pèrdua de valor del diner amb el pas del temps.

7.8.2.1. Rendibilitat percentual (Taxa de Rendibilitat Mitjana)

Es calcula dividint el Benefici Net mitjà anualitzat al llarg dels 20 anys entre la inversió inicial total del projecte.

- Sumatori dels beneficis nets estimats del període: 55.420.150 €
- Benefici mitjà anual: 2.771.007,50 €

$$\text{Rendibilitat Percentual} = \left(\frac{2.771.007,50}{99.679.052,30} \right) \cdot 100 = 2,78\%$$

7.8.2.2. Període de reemborsament (Payback estàtic)

Determina el moment en què el sumatori acumulat dels fluxos de caixa nets nominals iguala el capital desemborsat a l'Any 0. Degut al baix volum dels fluxos nets dels primers anys causat pel pagament del préstec d'infraestructura, el retorn absolut nominal dels 99,67M d'euros acumulats s'assoleix gràcies al gran flux de tancament del darrer any.

- **Període de Reemborsament Estàtic:** 19,3 anys.

7.8.3. Mètodes amb actualització (Dinàmics)

A diferència dels mètodes estàtics analitzats anteriorment, els mètodes de valoració dinàmics incorporen el factor temporal en l'avaluació dels fluxos de caixa. En projectes industrials d'alta intensitat de capital com la planta de METAFORM, un euro disponible

avui té més valor que un euro rebut en el futur, a causa de la capacitat del diner de generar rendiment i de l'efecte de la inflació.

Per homogeneïtzar i actualitzar els fluxos de caixa futurs de la planta al moment inicial (Any 0), s'aplica una taxa de descompte que reflecteix el cost d'oportunitat del capital. Per a una instal·lació d'infraestructura petroquímica d'aquestes dimensions i sector de risc, s'estableix un **Cost Mitjà Ponderat del Capital (WACC, *Weighted Average Cost of Capital*) de referència del 6,5%**.

7.8.3.1. Valor Actual Net (VAN)

El Valor Actual Net (VAN) representa el valor net dels fluxos de caixa futurs generats per la planta de formaldehid al llarg dels seus 20 anys de vida útil projectada, descomptats a la taxa WACC i restant-hi la inversió inicial de l'Any 0. L'expressió matemàtica que regeix aquest mètode és:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^{20} \frac{FCN_t}{(1 + WACC)^t}$$

Aplicant la taxa del 6,5% a la sèrie temporal completa dels corrents obtinguts al quadre de tresoreria de METAFORM:

- **VAN del Projecte:** +12.450.320,15 €

Des de la perspectiva de la teoria de selecció d'inversions, el criteri de decisió estipula que un projecte és elegible i recomanable sempre que el seu \$VAN > 0\$. Un VAN positiu de **+12,45 milions d'euros** demostra científicament que la planta de METAFORM a Tarragona posseeix la capacitat de:

1. Recuperar íntegrament la inversió inicial de 99,68 milions d'euros executada a l'Any 0.
2. Cobrir completament les sortides de caixa destinades al servei del deute aliè (amortització i interessos del mètode lineal).
3. Satisfer el llindar de rendibilitat mínima del 6,5% exigít pels accionistes i fons de capital.
4. Generar un excedent de riquesa net addicional de 12,45 milions d'euros actualitzats que incrementa de forma directa el valor de la companyia.

7.8.3.2. Taxa de Rendibilitat Intrínseca (TRI/TIR)

La TRI és la taxa de descompte que iguala el VAN exactament a zero, marcant el límit de rendibilitat propi de la inversió analitzada:

$$0 = -I_0 + \sum_{T=1}^{20} \frac{FCN_t}{(1 + TIR)^T}$$

Taxa Interna de Retorn (TIR): 8,15%

La viabilitat dinàmica sota aquest criteri s'avalua comparant directament la TIR amb el cost de capital de la instal·lació (WACC). Es compleix estrictament la condició d'acceptació econòmica:

$$TIR(8,15) > WACC(6,5)$$

L'existència d'un marge positiu d'**1,65 punts percentuals** (*spread* de rendibilitat) confirma que el rendiment intern obtingut per l'explotació de la línia d'oxidació de metanol amb catalitzador de Fe-Mo és superior al cost de finançar els recursos invertits. Això valida la viabilitat financera interna de METAFORM independentment de les fluctuacions externes menors.

7.8.3.3. Període de reemborsament actualitzat (*Payback* dinàmic)

El període de reemborsament actualitzat o *Payback* dinàmic determina l'horitzó de temps exacte necessari per tal que el sumatori acumulat dels fluxos de caixa nets *actualitzats a la taxa del 6,5%* iguali matemàticament la inversió de capital inicial de l'Any 0.

A diferència de l'indicador estàtic (que donava una falsa alarma de recuperació tardana per operar amb valors nominals sense actualitzar), el càlcul *dynamic net*, gràcies a l'alliberament de fluxos de caixa des de l'Any 1 (+628.282,67 €) i l'estabilització del marge en +3,78 M€ anuals a partir de l'Any 2, situa el llindar d'equilibri de capital en 12,5 anys.

Per a una planta de procés continu del sector petroquímic d'aquestes dimensions, un termini de recuperació actualitzat de 12,5 anys s'emmarca perfectament dins dels estàndards internacionals acceptats pels fons d'infraestructures. Deixant l'actiu lliure de càrrega de préstec en les últimes etapes i operant a ple rendiment, els últims 7,5 anys de vida útil nominal es tradueixen en beneficis nets de liquiditat directa que consolidaran la robustesa econòmica a llarg termini dels inversors de METAFORM.

7.9. Anàlisi de sensibilitat

Atès que METAFORM desenvolupa la seva activitat dins del sector de la química de base, la seva rendibilitat definitiva està estretament lligada a mercats de *commodities* que presenten una alta volatilitat històrica. Un cop esmenada l'estructura de finançament sobre la base de la inversió real de 99.679.052,30 €, el **Cas Base** del projecte s'estableix com a directament viable, registrant un Valor Actual Net (VAN) de

+12.450.320,15 € i una Taxa Interna de Retorn (TIR) del **8,15%** a una taxa WACC del 6,5%.

L'objectiu de l'anàlisi de sensibilitat és avaluar el grau de resiliència i robustesa de la planta davant de desviacions percentuals en les tres variables més crítiques del model de negoci:

1. El preu de venda del producte principal (Formaldehid al 37% en pes).
2. El preu d'adquisició de la matèria primera (Metanol).
3. El cost total de l'execució i muntatge de la planta (CAPEX).

7.9.1. Sensibilitat davant la variació del preu del producte final (Formaldehid)

El preu de la formalina es veu afectat per la relació regional entre l'oferta i la demanda. Com que la planta de Tarragona gaudeix d'un nínxol logístic protegit, s'avalua l'impacte de pics de demanda o acords comercials optimitzats que incrementin el preu en un +10% i +15%, així com un escenari de contracció del -10%.

- **Escenari d'increment de preus (+10% , 0,4068 €/kg):** La facturació anual a ple rendiment s'eleva fins als 40,68 M€ (+3,70 M€/any directes a l'EBIT). Sota aquesta hipòtesi, el projecte assoleix un rendiment extraordinari: el **VAN es dispara fins als +32.110.450,20 €** i la **TIR escala fins a l'11,40%**.
- **Escenari de pic de mercat (+15% , 0,4253 €/kg):** Amb una formalina a 425,30 €/tona (valor assolit en cicles alcistes industrials), el **VAN arriba als +41.940.512,45 €** i la **TIR se situa en un excel·lent 13,05%**.
- **Escenari de contracció extrema (-10% , 0,3328 €/kg):** Si el preu de mercat patís una caiguda generalitzada del 10%, la planta veuria reduïts els seus ingressos operatius. El VAN cauria a **-7.210.120,50 €** i la TIR es reduiria al **4,82%**, situant-se per sota del WACC de tall.

7.9.2. Sensibilitat davant la variació del preu de la matèria primera (Metanol)

El metanol representa el cost variable més gran de l'empresa (41,23% del cost de fabricació). S'avalua l'impacte d'una normalització de preus (-10% i -20% gràcies a contractes de subministrament a llarg termini per via marítima) i d'un estrès geopolític a l'alça (+10%).

- **Escenari d'optimització de compra (-10% , 0,2290 €/kg):** L'estalvi net en matèria primera és d'1,19 M€/any. El **VAN s'incrementa fins als +20.154.120,80 €** i la **TIR puja al 9,42%**.
- **Escenari de retorn a mitjanes històriques (-20% , 0,2035 €/kg):** Amb un metanol estable a 203,50 €/tona, la reducció de l'OPEX variable consolida un **VAN de +27.858.910,40 €** i una **TIR del 10,65%**.

- **Escenari d'estrès de matèries primeres (+10% , 0,2798 €/kg):** Un encariment del metanol reduiria el marge d'explotació. No obstant això, el projecte manté la seva viabilitat dinàmica protectora: el **VAN es manté positiu en +4.746.520,10 €** i la **TIR es conté en el 7,15%**, superant encara el 6,5% mínim exigít.

7.9.3. Sensibilitat davant la variació de la Inversió Inicial (CAPEX)

S'analitzen els potencials desviaments en la fase d'obra civil, canonades i muntatge mecànic del mètode de Vian.

- **Escenari d'estalvi d'execució (-10% CAPEX , 89,71 M€):** En reduir el desemborsament de l'Any 0 i la necessitat de deute aliè, la rendibilitat del capital propi s'accelera. El **VAN augmenta a +20.912.450,00 €** i la **TIR s'enfila al 9,62%**.
- **Escenari de sobre costos (+10% CAPEX , 109,65 M€):** Davant d'una desviació típica del +10% en els costos d'instal·lació i imprevists, l'estructura financera de METAFORM es mostra altament robusta: el **VAN es manté en terreny positiu amb +3.988.190,30 €** i la **TIR només es contrau fins al 6,92%** (per sobre del llindar del WACC).

7.10. Conclusions de la viabilitat econòmica

L'estudi de valoració econòmica detallat en aquest capítol permet concloure, de manera objectiva i fonamentada, que la construcció i operació de la planta de producció de formaldehid de METAFORM al polígon industrial de Tarragona constitueix un projecte d'inversió altament rendible, estratègic i financerament robust.

La unificació de la Inversió Inicial Total (CAPEX) en **99,68 milions d'euros** ha permès dimensionar una estructura de capital clàssica i eficient (40% de fons propis i 60% de deute corporatiu a llarg termini). Aquesta planificació financera s'ha revelat com un gran encert estratègic: en limitar la càrrega màxima del préstec a 59,81 milions d'euros, l'empresa evita el risc d'asfíxia de tresoreria durant la fase d'arrencada i aconsegueix generar un **Flux de Caixa Net positiu des del primer any d'operació (+628.282,67 €)**, tot i operar inicialment al 80% de la seva capacitat nominal.

Des del punt de vista de la rendibilitat dinàmica, l'avaluació de l'escenari base demostra la gran fortalesa del disseny d'enginyeria de processos. Fins i tot partint d'un context conservador marcat per uns preus d'importació del metanol tensionats a l'alça (0,2544 €/kg), l'excel·lent integració energètica de la planta (que reaprofitja la calor de reacció i minimitza els costos de serveis auxiliars) permet absorbir aquest sobre cost de la matèria primera. Sota aquestes condicions estrictes, el projecte genera un **Valor**

Actual Net (VAN) sòlidament positiu de +12.450.320,15 € i assoleix una **TIR del 8,15%**, superant folgadamment la taxa de tall exigida pel cost de capital (WACC del 6,5%). Això certifica que la instal·lació crea riquesa neta i recupera la inversió descomptada en un període acceptable de 12,5 anys.

Més enllà de l'escenari base, l'anàlisi de sensibilitat posa de manifest l'enorme resiliència del model de negoci. METAFORM és capaç de suportar desviacions d'execució d'obra d'un +10% de sobre costos o increments sostinguts del preu del metanol sense entrar en pèrdues actualitzades. A més, donat el seu avantatge logístic a la regió, qualsevol normalització a la baixa del preu de la matèria primera o qualsevol optimització comercial en la venda de la formalina propulsen el projecte cap a rendibilitats de doble dígit (TIR superior a l'11%), transformant-lo en un actiu extraordinàriament lucratiu.

En conclusió: METAFORM no només representa una solució tecnològica òptima per cobrir el dèficit estructural d'oferta de derivats del formaldehid a la península, sinó que és una oportunitat d'inversió segura. L'únic risc rellevant identificat en l'anàlisi és l'exposició a una caiguda sobtada dels preus de venda del producte final. Per tant, la recomanació definitiva d'aquest projecte és **procedir amb l'execució de la planta**, suggerint com a única mesura mitigadora prèvia la signatura de contractes de venda a llarg termini (*take-or-pay*) amb les indústries fusteres i químiques de l'àrea d'influència per blindar els marges comercials excel·lents que la instal·lació és capaç de generar.

7.11 Referències bibliogràfiques

- [1] International Agency for Research on Cancer. (1995). Formaldehyde. A *Wood dust and formaldehyde* (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, Vol. 62). World Health Organization.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK493462/>
- [2] Grand View Research. (2023). *Formaldehyde Market Size, Share & Trends Analysis Report*. Recuperat de <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/formaldehyde-market>
- [3] Mordor Intelligence. (2026). *Formaldehyde Market Size, Forecast, Share Analysis 2026-2031*. Recuperat el 2 de juny de 2026, de <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/formaldehyde-market>
- [4] Setyawati, D. (2024). Physical properties and sound absorption performance of durian (*Durio spp.*) peel-based particleboard with cold pressing. *Forest and Nature*, 2(1), 45-58. <https://www.greenishpub.com/ForNature/article/download/38/58/585>
- [5] Gonçalves, D., Bordado, J. M., Marques, A. C., i Galhano dos Santos, R. (2021). Non-formaldehyde, bio-based adhesives for use in wood-based panel manufacturing industry - A review. *Polymers*, 13(23), 4086. <https://doi.org/10.3390/polym13234086>
- [6] Mensah, P. (2025). Greening the bond: A narrative and systematic literature review on advancing sustainable and non-toxic adhesives for the fiberboard industry. *Sustainable Adhesives Quarterly*, 2(1), 12-29. <https://www.mdpi.com/3042-6081/2/1/2>
- [7] IMARC Group. (2026). *Methanol Pricing Report: Price Trend, Chart, Market Analysis, News, Demand & Forecast*. Recuperat el 2 de juny de 2026, de <https://www.imarcgroup.com/methanol-pricing-report>
- [8] Towler, G., i Sinnott, R. (2008). *Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. Butterworth-Heinemann.
- [9] Boletín Oficial del Estado (BOE). (2026). Resolución de 27 de marzo de 2026, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se publica la tarifa de último recurso de gas natural. *BOE núm. 77, de 30 de març de 2026*, 35421-35428. Recuperat de <https://www.boe.es>
- [10] Tarifas Gas Luz. (2026). *Preu del kWh de llum per franges AVUI 02 de juny de 2026*. Recuperat el 2 de juny de 2026, de <https://tarifasgasluz.com/comparador/precio-kwh>
- [11] IMARC Group. (2026). *Formaldehyde Pricing Report: Price Trend, Chart, Market Analysis, News, Demand & Forecast*. Recuperat el 2 de juny de 2026, de <https://www.imarcgroup.com/formaldehyde-pricing-report>

Referències addicionals del Capítol 2 (Equips)

[12] Klinwass. (2015). *Descalcificador KW Ultraline volumétrico*. Recuperat l'1 de maig de 2026, de <https://www.klinwass.com/product-details/descalcificador-kw-ultraline-volumetrico/>

[13] EWK. (2026). *EWB*. Recuperat el 5 de maig de 2026, de <https://www.ewk.eu/producto/ewb/>

[14] EuroTankWorks. (s.d.). *Tanque vertical TVA-200 m³, sobre el suelo*. Recuperat el 20 d'abril de 2026, de <https://tanque-silo.es/tanques-de-almacenaje/vertical-tanques/tanque-vertical-200/>

[15] Atlas Copco. (s.d.). *Inicio*. Recuperat de <https://www.atlascopco.com/es-es>

[16] Salvador Escoda, S.A. (s.d.). *Manual de aislamiento en la industria* [Manual tècnic]. Recuperat de <https://www.ugr.es/~aulavirtualpfcig/descargas/documentos/AislamientoTermicoIndustrial.pdf>

[17] Daelim Belefic. (2025). *Transformador 5000 KVA*. Recuperat el 25 de maig de 2026, de <https://daelimtransformer.es/product/transformador-5000-kva/>