

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID OXÀLIC EN FORMA DE DIHIDRAT A PARTIR D'ETILENGLICOL

Grau en Enginyeria Química



Marc Jurkiewicz Cortada
Miguel López Olid
Carla Gil Solano
Álvaro Grau Cuellas
Tania Marin Sánchez
Anna Ortiz Fort
Rafael Palacios Bosch (Tutor)

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ÀCID OXÀLIC EN FORMA DE DIHIDRAT A PARTIR D'ETILENGLICOL

CAPÍTOL 7: AVALUACIÓ ECONÒMICA



Marc Jurkiewicz Cortada
Miguel López Olid
Carla Gil Solano
Álvaro Grau Cuellas
Tania Marin Sánchez
Anna Ortiz Fort
Rafael Palacios Bosch (Tutor)



7. Avaluació econòmica.....	7
7.1.Introducció.....	7
7.2.Estudi de mercat.....	7
7.3.Forma jurídica de l'empresa.....	10
7.4. Avaluació de la viabilitat econòmica del projecte.....	11
7.4.1. Inversió inicial.....	11
7.4.1.1. Capital immobilitzat.....	11
7.4.1.1.1. Cost del terreny.....	12
7.4.1.1.2. Cost dels equips.....	12
7.4.1.1.3. Mètode de Vian.....	31
7.4.1.2. Capital circulant.....	31
7.4.1.3 Posada en marxa.....	32
7.4.2. Costos.....	32
7.4.2.1. Costos de fabricació.....	32
7.4.2.1.1. Matèries primeres (M1).....	32
7.4.2.1.2. Mà d'obra directa (M2).....	33
7.4.2.1.3. Patents (M3).....	37
7.4.2.1.4. Mà d'obra indirecta (M4).....	37
7.4.2.1.5. Serveis (M5).....	38
7.4.2.1.6. Subministres (M6).....	38
7.4.2.1.7. Reparacions i manteniment (M7).....	38
7.4.2.1.8. Laboratoris (M8).....	39
7.4.2.1.9. Envasat (M9).....	39
7.4.2.1.10. Direcció i servei tècnic (M10).....	39
7.4.2.1.11. Expedició (M11).....	39
7.4.2.1.12. Directius i treballadors (M12).....	40
7.4.2.1.13. Amortització (M13).....	40
7.4.2.1.14. Impostos (M14).....	40
7.4.2.1.15. Assegurances (M15).....	40
7.4.2.2. Costos generals.....	41
7.4.2.2.1. Costos d'administració (G1).....	41
7.4.2.2.2. Costos comercials (G2).....	41
7.4.2.2.3. Despeses d'investigació i serveis tècnics (G3).....	41
7.4.2.2.4. Despeses financers (G4).....	42
7.4.2.3. Costos totals.....	42



7.4.3. Ventas i rendibilitat de la planta.....	42
7.4.3.1. Ingressos per ventes	42
7.4.3.2. Rendibilitat de la planta.....	42
7.4.3.2.1. Net Cash Flow	42
7.4.3.2.2. Valor Actual Net i Taxa de rendibilitat Interna.....	47
7.4.3.2.3. Temps de retorn (pay-back).....	48
7.4.3.2.4. Estudi de sensibilitat.....	49
7.5. Referències bibliogràfiques	55

7. Avaluació econòmica

7.1. Introducció

En el present capítol s'abordarà l'estudi de l'impacte econòmic de la planta d'Oxalin, S.A. que és objecte de disseny. La viabilitat econòmica del projecte serà condició *sine qua non* per a l'aprovació del mateix, superant les diverses gate fins arribar a la seva execució.

La viabilitat econòmica del projecte s'analitzarà més enllà de la comparació entre els beneficis obtinguts i els costos d'operar-lo, prenent en consideració la magnitud del capital immobilitzat i el seu temps de recuperació. Aquesta variable és de gran importància per a determinar la capacitat del projecte o bé d'atraure inversió o bé d'esdevenir rentable per a Oxalin, S.A.

El present capítol s'iniciarà amb un estudi de mercat entorn al producte final, l'àcid oxàlic en forma de dihidrat, i l'extracció d'unes conclusions preliminar en forma d'anàlisi de les fortaleeses, debilitats, amenaces i oportunitats del projecte. Es continuarà avaluant tots els inputs que tindran incidència en els fluxos de caixa de l'empresa, començant pel capital immobilitzat i el capital circulant que permetrà posar en marxa la planta i que anirà circulant al llarg del procés, des de les matèries primeres fins al producte final. Així mateix, s'estimaràn els costos de producció i d'operació de la planta i del projecte en conjunt i s'estimarà els ingressos per ventes que es pretén assolir a mesura que el producte s'introdueix al mercat.

Tots els paràmetres avaluats i degudament justificats es condensaran en una anàlisi dels fluxos nets de caixa, per a l'elaboració de la qual s'escollirà un mètode d'amortització de la inversió inicial. L'estimació dels fluxos anuals permetrà calcular el Valor Actual Net de la inversió (VAN) i la Taxa Interna de Retorn (TIR). Aquests dos paràmetres seran els principals indicadors de la rendibilitat del projecte, esdevenint una comparació entre el mateix i el rendiment que s'obtingria per la mateixa inversió mitjançant dipòsit en una entitat bancària.

Finalment, s'elaborarà una anàlisi de sensibilitat de la viabilitat econòmica del projecte, respecte de diverses variables que el configuren, amb l'objectiu d'identificar potencials millores del disseny del mateix i d'estudiar la viabilitat de la seva aplicació.

7.2. Estudi de mercat

En el present capítol, es pretén recavar un conjunt d'informació en forma de píndoles per tal de dibuixar el panorama del mercat de l'àcid oxàlic. De la mateixa manera, es fa una breu anàlisi de la competència a nivell global i regional.

El mercat global de l'àcid oxàlic va assolir un volum de ventes de 616,3 milions de dòlars l'any 2017 i estava previst que els següents anys creixés a una CAGR (Taxa de Creixement Anual Compost) constant d'entorn a l'1,1%, degut al creixement dels sectors que generen una major demanda, com és el cas de la indústria farmacèutica, la indústria

tèxtil i del cuir, l'agricultura o la indústria química. No obstant això, després de l'estudi de mercat realitzat per al període 2020-2027, es va corregir la taxa de creixement, passant de l'1,1% al 2,6%, assolint un volum de vendes de 711,6 milions de dòlars el darrer any de la previsió.

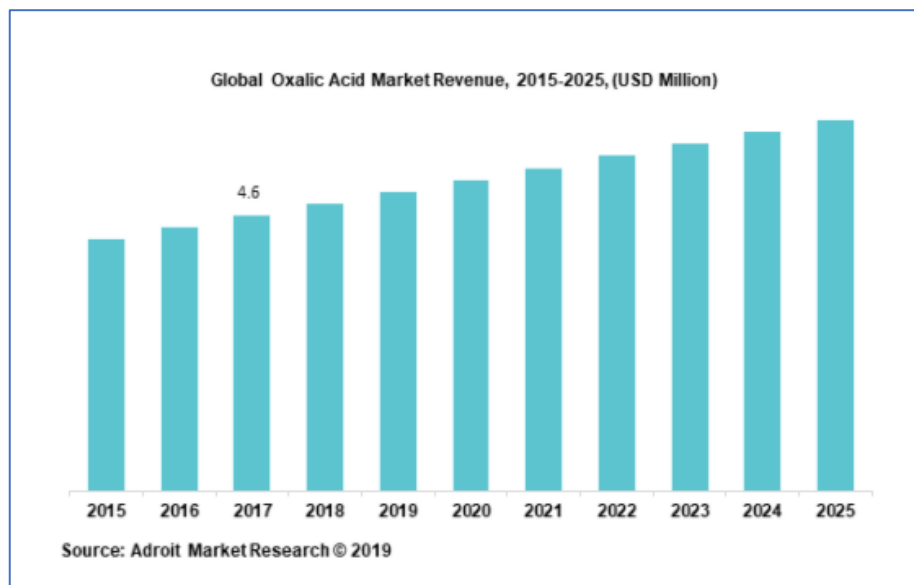


Figura 1 Evolució del volum de mercat de l'àcid oxàlic durant els darrers anys.

En el camp de la farmacèutica, l'àcid oxàlic s'empra per a la fabricació de diverses drogues, com l'Achromycin, Terramycin, Borneol i d'altres antibiòtics. També s'empra en la indústria metal·lúrgica, per a la precipitació i purificació de metalls i l'eliminació d'òxid. A la indústria química, s'empra com a precursor per a la síntesi de multitud de productes, com sals i èsters, oxalats i resines fenòliques. A la indústria tèxtil s'utilitza com a agent blanquejant. Així mateix, s'empra com a saboritzant per a productes làctics i de forner i com a regulador del pH en diversos aliments i begudes.¹ Així mateix, el producte de referència compta amb una interessant perspectiva de futur, atribuïda a usos emergents com la purificació de plàstics o de terres rares, com a catalitzador o en apicultura.³

La forma comercial més produïda és la de dihidrat, amb més d'un 45% del mercat global de l'àcid oxàlic, amb una previsió d'assoliment de 341,8 milions de dòlars l'any 2027, amb una CAGR del 3%, superant el de les altres formes comercials.

Des d'un punt de vista geogràfic, el mercat asiàtic copa el 60% de la producció, amb una taxa de creixement per a Xina notablement superior a la mitjana (4,9%). El gran nombre d'empreses productores i la maduresa de la tecnologia assolida en aquesta regió la converteixen en el principal pol de fabricació d'àcid oxàlic. En d'altres països, es preveuen taxes de creixement notables per a les indústries japonesa, canadenca i alemanya.²

Actualment, el major fabricant d'àcid oxàlic a Xina és Yuanping Chemicals Co., Ltd¹⁴ amb una capacitat de rendiment anual de 70 mil tones. Al 2008 els rendiments

reals van superar les 40 mil tones. La resta de fabricants nacionals són tots de petita escala i de baixa concentració. El mètode tradicional de producció d'industrialització de l'àcid oxàlic ha d'utilitzar àcid sulfúric i plom, el que genera una greu amenaça pel medi ambient.

A nivell global, la producció es troba notablement fragmentada, destacant-se els següents grups: UBE Industries Ltd., Punjab Chemical, Radian Indus Chem, Sigma-Aldrich Corporation o Honeywell International.

Un dels grans productors d'àcid oxàlic és Oxaquim, amb centre de producció a Alcañiz, a la comarca del Baix Aragó, líder a Europa i en segona posició a nivell mundial, exportant a 88 països diferents el 97% de la seva producció.

Existeixen diversos mètodes de producció d'àcid oxàlic, però el procés que es dissenya consisteix en l'oxidació d'etilenglicol mitjançant oxigen en un medi àcid generat per la presència d'àcid nítric i àcid sulfúric. A continuació s'exposen els preus de venda de les diverses matèries primeres requerides per al procés i del producte que es fabrica.

Taula 1. Preus de mercat de les matèries primeres i del producte final

Producte	Preu de mercat segons el portal ECHEMI (€/T)
Oxigen	163,80
Etilenglicol	608,20
Àcid nítric (70%)	225,40
Àcid sulfúric (98%)	84,04
Àcid oxàlic dihidrat	1.201,80

Degut a la variabilitat geogràfica del preu de l'àcid oxàlic, donada la idiosincràsia d'un mercat molt particular com Àsia, que té ja moltes fàbriques locals que subministren el producte, però es podria introduir a un mercat més occidental que no està tan cobert per empreses locals i que permet vendre el producte a un major preu.

A continuació, i tenint en compte les dades recavades en l'estudi de mercat realitzat, es procedeix a identificar les principals debilitats i fortaleses, com a característiques intrínseques del projecte, i les amenaces i oportunitats, com a factors d'incidència externs. S'emprarà l'eina DAFO, que s'exposa en la següent taula:

Taula 2. Anàlisi DAFO sobre la viabilitat econòmica del projecte

FACTORS INTERNS	
DEBILITATS	FORTALESES
<ul style="list-style-type: none"> -Empresa nova al sector, la qual cosa fa que no es disposi del grau de l'experiència. -Desconeixement de la idiosincràsia del mercat. -Producció inferior a la dels líders del sector, la qual cosa pot dificultar l'entrada al mercat i l'expansió. 	<ul style="list-style-type: none"> -Producció en continu. -Elevat potencial innovador de l'empresa. -Producció ininterrompuda durant 320 dies l'any. -Elevada puresa i qualitat del producte.
FACTORS EXTERNS	
AMENACES	OPORTUNITATS
<ul style="list-style-type: none"> -Volatilitat del preu de les matèries primeres. -Gran competència per part d'empreses fincades a la regió. -Marges ajustats per tal de posicionar-se al mercat durant els primers anys. -Demanda interna relativament baixa. El nínxol de mercat és massa reduït per a compartir-lo amb una empresa de l'envergadura d'Oxaquim. 	<ul style="list-style-type: none"> -Creixement vigorós del preu de mercat del producte els darrers anys. -Noves aplicacions del producte. -Demanda estable al llarg de l'any, sense experimentar variabilitat estacional.

Amb l'anàlisi DAFO es conclou la primera part de l'avaluació econòmica del projecte, extraient-se les següents conclusions: la demanda d'àcid oxàlic per part del mercat local és notablement baixa i podria estar satisfeta per Oxaquim, una empresa líder del sector i amb una llarga trajectòria. Aquest fet obligarà a optimitzar el procés per tal de poder oferir un preu suficientment competitiu per a desplaçar els competidors. Prenent en consideració les dimensions del mercat nacional i Europeu, caldrà introduir el producte en mercats de la resta de continents, on la indústria manufacturera té una gran importància, com l'asiàtic o el llatinoamericà. No obstant això, l'existència de múltiples empreses amb elevades capacitats de producció sobretot a l'est asiàtic obligarà a oferir encara preus més competitius, en una regió que juga amb avantatges competitives en l'etapa de producció.

7.3. Forma jurídica de l'empresa

La forma jurídica en què es constituirà l'empresa Oxalin serà la de Societat de Responsabilitat Limitada (S.L.). Tal i com es descriu al portal del Ministeri d'Indústria, Comerç i Turisme, la societat estarà composta per un capital social dividit en participacions, aportat per almenys un soci la responsabilitat del qual, respecte la societat i els creditors, es limitarà a la quantitat aportada en la constitució de la societat, que serà de com a mínim 3.000 €.

L'òrgan social de l'empresa serà la Junta General de Socis, que s'encarregarà, entre d'altres funcions, de designar els administradors de l'empresa i de prendre decisions sobre l'ampliació del capital social i la gestió social de l'empresa.

La societat, com a tal, no podrà cotitzar en borsa, a diferència de les Societats Anònimes, però es beneficiarà d'una major flexibilitat en els processos de transmissió de participacions o nomenament d'administradors. Sobre els beneficis de l'empresa s'aplicarà l'impost de societats. El funcionament, constitució i posada en marxa de la societat, en cas de confirmar-se la viabilitat del projecte que esdevindria la seva activitat econòmica principal, vindran regulats pel Reial Decret 421/2015 de 29 de maig.

7.4. Avaluació de la viabilitat econòmica del projecte

A continuació s'estimaràn els muntants econòmics de les diverses partides implicades en l'economia del projecte. De la seva magnitud en dependrà que la construcció i posada en marxa de la planta que és objecte de disseny en la present memòria s'acabi portant a terme. Els inputs que es tindran en compte són els que configuren la inversió inicial (capital immobilitzat, capital circulant i despeses prèvies i de posada en marxa), els costos de producció i administració de la planta i els ingressos per vendes.

7.4.1. Inversió inicial

La inversió inicial és el capital que cal disposar a l'inici del projecte, per a fer realitat les instal·lacions on es portarà a terme el procés, per a l'adquisició de les primeres matèries i per a sufragar els costos de la posada en marxa, així com els relatius als tràmits administratius a realitzar previs a l'inici de l'activitat empresarial. La inversió inicial es configura, doncs, per quatre grans partides, que s'estimen a continuació.

7.4.1.1. Capital immobilitzat

El capital immobilitzat fa referència al muntant que cal disposar per a adquirir els béns de transformació, és a dir, el capital a desemborsar per a sufragar la compra dels terrenys on es disposarà la planta, així com la dels equips que conformaran el procés, les canonades, les vàlvules, la instrumentació, els elements de protecció contra incendis i l'obra civil.

Serà la partida més important de totes les que conformen la inversió inicial i els inputs més quantiosos que la conformen són el cost dels equips i la seva instal·lació i el cost del terreny que ocuparà la planta.

7.4.1.1.1. Cost del terreny

El preu de compra dels terrenys on s'emplaçarà la planta és l'única partida que no es pot calcular mitjançant mètodes estimatius, sinó que requereix ésser coneixedors de dues dades: la superfície de la parcel·la i el preu del metre quadrat de la zona on es decideix construir, és a dir, del sòl al polígon industrial Gasos Nobles de Tàrraga.

La superfície total de la parcel·la que, en cas d'executar-se el projecte, passaria a ser part dels actius d'Oxalin, S.A. té una superfície de 53.235 m².

D'altra banda, tenint en compte la categoria urbanística del sòl (sòl urbà consolidat d'ús industrial) i el municipi on s'establirà, es realitza una recerca i s'obté el següent preu aproximat del m²: 115 €/m².^{4,5,6}

Així doncs, es calcula el valor aproximat de la parcel·la:

$$\begin{aligned} \text{preu parcel·la} &= \text{superfície} * \text{preu unitari} = 53.235 \text{ m}^2 * 115 \frac{\text{€}}{\text{m}^2} \\ &= \mathbf{6.122.025 \text{ €}} \end{aligned}$$

7.4.1.1.2. Cost dels equips

Per a l'estimació dels costos dels equips, s'emprarà la combinació de dues estratègies:

- Emprar el mètode de Sinnot&Towler de les correlacions o el mètode algorítmic de Couper per a estimar el cost dels equips en funció del valor d'un dels seus paràmetres de disseny. En el cas del mètode de Sinnot&Towler s'utilitza una forma general ($a+b*S^n$) on a, b i n són paràmetres que depenen del tipus d'equip, i S és el valor del paràmetre característic de l'equip. El mètode de Couper empra equacions contrastes que difereixen en funció del tipus d'equip i del material de què es troba fabricat. El mètode de Sinnot&Towler ofereix el valor dels equips en \$ de l'any 2006, i el mètode de Couper, en \$ de l'any 2002. Per tant, en els dos casos caldrà transformar la divisa passant el preu de \$ a € i a més, caldrà actualitzar-lo a l'any actual, utilitzant els índex CEPCI. Durant els darrers 5 anys, el preu del dòlar ha oscil·lat entre els 0,95 i 0,8 €. A dia d'avui, es troba en 0,82 €.

Taula 3. CEPCI index (Font: Chemical Engineering)⁷

Annual Index	
2002	395,6
2006	509,7
2019	607,5

Es coneix que el creixement de l'índex CEPCI entre l'any 2019 i l'any 2021 fou del 8%.⁸ Així, es calcula l'índex de preus per al sector de l'enginyeria química a l'any actual, obtenint-se un valor de **656,1**.

D'altra banda, el mètode de Sinnot&Towler calcula el preu dels equips per a construcció en acer inoxidable 304. Els equips de la planta d'Oxalin, S.A. es construiran en acer inoxidable 316, acer al carboni i acer del tipus uranus. Per tal de tenir en compte les diverses casuístiques de materials, s'empraran els següents factors per a obtenir el preu de l'equip en funció del material:

Taula 4. Factors multiplicadors en funció del material de l'equip

Correlació preus entre materials	
Acer inoxidable 304	1,3
Acer al carboni	1,0
Acer inoxidable 316	1,3
Acers Uranus	5,0

- Acudir a proveïdors d'equips similars i emprar el mètode de Williams per a determinar el cost de l'equip escalant-lo a les dimensions de disseny per a la planta d'Oxalin, S.L. S'utilitzarà aquest mètode per a aquells equips de característiques especials, el preu del qual es pot veure notablement modificat per aquestes.
- Estimació del cost dels tancs d'emmagatzematge

A la planta d'Oxalin, S.L. es disposa d'un total de 10 tancs d'emmagatzematge, 7 dels quals són estàndards i fabricats amb acer inoxidable. Els 3 restants són els tancs d'emmagatzematge d'oxigen a elevada pressió i baixa temperatura, amb doble paret i amb aïllament de perlita entre ambdues.

A continuació s'exposa un exemple de càlcul per als tancs d'emmagatzematge d'etilenglicol, seguint el mètode algorítmic. Es tracta de tancs verticals que, per les seves dimensions són construïts *in situ*. S'empra la següent equació:

$$C = 1,218 * Fm * \exp (11,662 - 0,6104 * \ln(V) + 0,04536 * (\ln(V))^2)$$

On Fm és el factor de material, en aquest cas 2,7 per fabricar-se d'acer inoxidable 316, i V, el volum útil del tanc expressat en galons, 46034 US gal. Substituint-se a l'equació els valors numèrics que es coneixen:

$$C = 1,218 * 2,7 * \exp (11,662 - 0,6104 * \ln(46034) + 0,04536 * (\ln(46034))^2) = 101.507,81 \$$$

El preu estimat es troba en \$ de l'any 2002. A continuació es transforma en euros del 2021, emprant la correlació entre els índex CEPCI del 2002 i del 2021 i emprant també el canvi de divisa:

$$C = 101.507,81 \$_{2002} * \frac{607,5 \$_{2021}}{395,6 \$_{2002}} * \frac{1 €}{0,82 \$} = \mathbf{205.304,9 €}$$

A continuació, s'exposa el preu de compra de la resta de tancs d'etilenglicol i dels d'àcid nítric, calculats amb la mateixa expressió, i els d'àcid sulfúric, calculats amb una expressió lleugerament diferent vàlida per a tancs de dimensions inferiors:

Taula 5. Preu estimat dels tancs d'emmagatzematge

Equip i referència		Fm	V (m ³)	V (US gal)	Preu en \$ 2002	Preu en € 2021
Tancs d'emmagatzematge d'etilenglicol	T-101	2,7	174,3	46.034	101.507,8	205.304,9
	T-102	2,7	174,3	46.034	101.507,8	205.304,9
	T-103	2,7	174,3	46.034	101.507,8	205.304,9
Tancs d'emmagatzematge d'àcid nítric	T-104	2,7	90,8	23.986	81.641,0	165.123,2
	T-105	2,7	90,8	23.986	81.641,0	165.123,2
Tancs d'emmagatzematge d'àcid sulfúric	T-106	2,7	46,3	12.232	67.885,7	137.302,4
	T-107	2,7	46,3	12.232	67.885,7	137.302,4

A part, també es calcula amb el mètode algorítmic, el cost del tanc d'emmagatzematge de l'hidròxid de sodi que s'utilitza per neutralitzar els àcids, explicat a l'apartat de medi ambient.

Taula 6. Estimació del cost del tanc d'emmagatzematge

Equip i referència		Fm	V (m ³)	V (US gal)	Preu en \$ 2002	Preu en € 2021
Tancs d'hidròxid de sodi	T-111	2,70	11,55	3.051,19	52.839,42	106.870,53

Per a l'estimació del preu dels tancs d'emmagatzematge d'oxigen líquid, en no existir una correlació fidedigne per a determinar el cost d'aquest tipus d'equip, s'ha seleccionat per catàleg un tanc d'emmagatzematge d'oxigen d'un volum de 30 m³ i a una pressió de fins a 24 atm. Tenint en compte que els tancs d'oxigen de la planta que es projecta es trobaran a una pressió de 19,8 atm, una pressió que es troba dins de la forquilla del producte seleccionat, s'empra la regla de Williams per a estimar el preu dels tancs tenint en compte que el seu volum útil serà de 57,72 m³, tal i com es mostra a continuació:

$$C = C' * \left(\frac{V}{V'}\right)^{0,6} = 30.000 * \left(\frac{57,72}{30}\right)^{0,6} = 44.426,7 \$ = \mathbf{54.178,9 €}$$

Taula 7. Preu estimat dels tancs d'oxigen líquid

Equip i referència		Preu catàleg (\$)	V catàleg (m3)	V (m3)	Preu en \$	Preu en €
Tancs d'oxigen líquid	T-108	30.000	30	57,72	44.426,7	54.178,9
	T-109	30.000	30	57,72	44.426,7	54.178,9
	T-110	30.000	30	57,72	44.426,7	54.178,9

- Estimació del cost dels mescladors

A la planta que és objecte de disseny es disposarà de tres tancs de mescla a l'upstream, on es mesclen els reactius prèvia entrada als reactors. Així mateix, es disposarà d'un tanc de mescla per a homogeneïtzar el corrent que passa a la primera etapa de cristallització, provinent de dos evaporadors en paral·lel. També es disposarà d'un mesclador en el qual es recolliran els condensats dels vapors generats en els evaporadors de primera etapa juntament amb la fase líquida de la primera centrífuga. El redissolver, a efectes d'estimació de costos, també es tractarà com un mesclador.

La totalitat dels mescladors esmentats consistiran en un tanc vertical agitat amb una hèlix.

S'emprarà la següent equació, que correspon al mètode de Sinnott&Towler, per a l'estimació del preu del tanc mesclador:

$$C = 500 + 1030 * Q^{0,4}$$

On Q és el cabal de líquid que es tracta al mesclador, 1,026 L/s en el cas del mesclador on es mescla l'etilenglicol i l'àcid nítric. Substituint el valor de cabal, s'estima el següent preu de compra:

$$C = 500 + 1030 * 1,03^{0,4} = 1542,3 \$_{2006} = 2421 €_{2021}$$

Finalment, tenint en compte que el preu s'ha estimat per a un equip construït amb acer inoxidable 304, es multiplica el valor per 1,0 per a determinar-se el preu estimat per acer inoxidable 316, obtenint-se un preu de **2421,0 €**.

Taula 8. Estimació del preu dels mescladors

		a	b	n	Q (L/s)	Preu en \$ 2006 i ANSI 304	Preu en € 2021 i ANSI 316
Mescladors upstream	M-201	500	1.030	0,4	1,03	1.542,3	2.421,0
	M-202	500	1.030	0,4	1,17	1.596,8	2.506,6
	M-203	500	1.030	0,4	5,17	2.487,2	3.904,3
Altres mescladors	M-204	500	1.030	0,4	4,00	2.293,3	3.600,1
	M-401	500	1.030	0,4	3,36	2.172,5	3.410,4
Redissolver	RD-401	500	1.030	0,4	1,34	1.657,9	2.602,6

Per a acabar de completar l'estimació del preu dels mescladors, cal determinar el cost dels respectius agitadors. S'emprarà, igualment que per a l'estimació del cost del recipient, el mètode de Sinnott&Towler:

$$C = 15000 + 990 * P^{1,05}$$

On P és la potència consumida per l'agitador. A tall d'exemple, l'agitador del mesclador M-203 consumeix 9,6 kW de potència, estimant-se el següent preu per a la seva hèlix:

$$C = 15000 + 990 * 9,6^{1,05} = 25641,9 \$_{2006}$$

Aquest valor, actualitzat a l'any actual, canviant la divisa i el material de l'equip, es converteix en **40.252,4 €**.

Taula 9. Estimació del preu dels agitadors dels mescladors

		a	b	n	P (kW)	Preu en \$ 2006 i ANSI 304	Preu en € 2021 i ANSI 316
Mescladors upstream	M-201	15.000,00	990,00	1,05	3,10	18.247,62	28.644,93
	M-202	15.000,00	990,00	1,05	3,10	18.247,62	28.644,93
	M-203	15.000,00	990,00	1,05	9,60	25.641,92	40.252,43
Altres mescladors	M-204	15.000,00	990,00	1,05	0,33	15.304,17	24.024,33
	M-401	15.000,00	990,00	1,05	0,19	15.171,20	23.815,60
Redisolver	RD-401	15.000,00	990,00	1,05	0,19	15.176,94	23.824,61

El preu total dels agitadors serà de **169.206,82 €**. I el preu total dels mescladors de **187.651,78 €**.

- Estimació del cost dels bescanviadors de calor

A continuació, es procedeix a la determinació del preu estimat dels bescanviadors de calor i condensadors amb què es treballa a la planta que és objecte de disseny. El programa emprat per al disseny d'aquest tipus d'equips ja ofereix un preu estimat de mercat. En el present procediment d'estimació del preu de l'equip, aquest es calcularà fent una mitjana aritmètica entre el preu estimat pel programa APEN HYSIS HEAT EXCHANGER i el calculat per mitjà del mètode de correlacions de Couper, que empra la següent equació per als bescanviadors de calor de carcassa i tubs, els seleccionats per a la planta d'Oxalin, S.L.

$$C = 1,218 * Fd * Fm * Fp * Cb$$

On Fp és un valor que depèn del rang de pressions de treball dels bescanviadors. L'equació que s'utilitza per calcular aquest valor és:

$$Fp = 0.7771 + 0.04981 * \ln (A)$$

I on la resta de paràmetres es calculen segons les següents expressions:

$$Fd = \exp(-1,1156 + 0,0906 * \ln(A))$$

$$Fm = g1 + g2 * \ln(A)$$

$$Cb = \exp(8,821 - 0,30863 * \ln(A) + 0,0681 * (\ln(A))^2)$$

On A és la superfície efectiva de bescanvi de calor en peus quadrats i g1 i g2 són paràmetres que depenen del material i que per a acer ANSI 304 valen 0,8193 i 0,15984, respectivament. I per acer ANSI 316 valen 0.8603 i 0.23296, respectivament.

Es calcula, a tall d'exemple, el preu del bescanviador E-301, amb una àrea de bescanvi de calor efectiva de 14,6 m² i fet d'uranus. Se substitueix els valors coneguts a les equacions respectives:

$$Fd = \exp(-1,1156 + 0,0906 * \ln(157,16)) = 0,52$$

$$Fm = 0,8193 + 0,15984 * \ln(157,16) = 1,63$$

$$Fp = 0,7771 + 0,04981 * \ln(157,16) = 1,03$$

$$Cb = \exp(8,821 - 0,30863 * \ln(157,16) + 0,0681 * (\ln(157,16))^2) = 8118,43$$

$$C = 1,218 * Fd * Fm * Fp * Cb = 8581,96 \$_{2002}$$

Actualitzant el preu segons els índex CEPCI i aplicant el factor de correcció del material, 5/1,3 en tant que l'equip es fabrica amb acer uranus, i canviant la divisa, s'obté un preu estimat de **66.759,47 €**.

A continuació, s'exposa el preu estimat de compra mitjançant la seqüència d'equacions exposades i el valor obtingut mitjançant el programari de disseny, prenent-se per vàlid el de la mitjana aritmètica entre els dos.

El preu obtingut amb el programari de disseny (Hysys) és de **26.500 €**. Per tant, el total entre els dos valors és de **46.629,73 €**.

A continuació s'exposen a la taula 10 tots els preus calculats de tots els bescanviadors de calor que conté la planta OXALIN, S.L.

Taula 10. Estimació del preu dels bescanviadors de calor

	A (sqft)	Fd	Fm	Fp	Cb	PREU \$ 2002 ANSI 304	PREU € 2021 Material corresponent	PREU ASPEN HYSYS	MITJANA PREU € 2021
E-301 E-302	157,16	0,52	1,63	1,03	8.118,43	8.581,96	66.759,47	26.500,00	46.629,73
E-303 E-304	157,16	0,52	1,63	1,03	8.118,43	8.581,96	66.759,47	26.500,00	46.629,73
E-305 E-306	17,22	0,42	1,27	0,92	4.886,58	2.955,64	22.992,05	11.247,00	17.119,52
E-307 E-308	17,22	0,42	1,27	0,92	4.886,58	2.955,64	22.992,05	11.247,00	17.119,52
E-309	837,46	0,60	2,43	1,11	18.556,83	36.812,57	74.455,37	34.461,00	54.458,18
E-401 E-402	837,46	0,60	2,43	1,11	18.556,83	36.812,57	74.455,37	34.461,00	54.458,18
E-403	382,13	0,56	2,25	1,07	12.009,31	19.797,85	40.042,19	24.776,00	32.409,10
E-501 E-502	382,13	0,56	2,25	1,07	12.009,31	19.797,85	40.042,19	24.776,00	32.409,10

Finalment, el preu total dels bescanviadors de calor és de **685.773,68 €**.

- Estimació del cost dels reactors

Pel cas dels reactors s'utilitza el mètode algorítmic per cilindres a pressió verticals, on el cost final serà el cost del cilindre, juntament amb els agitadors.

$$C = F_M \cdot C_b + C_a$$

$$C_b = 1.218 \cdot \exp [9.1 - 0.2889 \cdot (\ln(W)) + 0.04576 \cdot (\ln(W))^2]$$

$$C_a = 300 \cdot D^{0.7396} \cdot L^{0.7068}$$

On Fm és el factor de cost dependent del material utilitzat. En aquest cas serà 1.7, ja que s'utilitza Uranus als 4 reactors. La W és el pes en lb de la carcassa, la D el diàmetre en ft i la L la longitud en ft de la mateixa.

$$\begin{aligned} V_{carcassa} &= (2 \cdot \pi \cdot r^2 + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L) \cdot t_c \\ &= (2 \cdot \pi \cdot 1.5^2 + 2 \cdot \pi \cdot 1.5 \cdot 4.5) \cdot 0.01388 = 0.78 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$W = V_{carcassa} \cdot \rho_{acer 316} = 0.78 \text{ m}^3 \cdot 8000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 6279.16 \text{ kg} = 13843.05 \text{ lb}$$

$$\begin{aligned} C_b &= 1.218 \cdot \exp [9.1 - 0.2889 \cdot (\ln(13843.05)) + 0.04576 \cdot (\ln(13843.05))^2] \\ &= 44497.55 \end{aligned}$$

$$C_a = 300 \cdot 9.84^{0.7396} \cdot 14.76^{0.7068} = 10910.65$$

$$C = F_M \cdot C_b + C_a = 1.7 \cdot 44497.55 + 10810.65 = 86556.48 \$_{2002} = 673327.17 €_{2021}$$

A la taula 11 s'exposen els preus calculats de cada un dels reactors.

Taula 11. Estimació del preu dels reactors

	W (lb)	L (ft)	D (ft)	Fm	Cb	Ca	PREU \$ 2002 ANSI 304	PREU € 2021 URANUS
R-301	13.843,05	14,76	9.84	1,70	44.497,55	10.910,65	86.556,48	673.327,17
R-302	13.843,05	14,76	9.84	1,70	44.497,55	10.910,65	86.556,48	673.327,17
R-303	13.843,05	14,76	9.84	1,70	44.497,55	10.910,65	86.556,48	673.327,17
R-304	13.843,05	14,76	9.84	1,70	44.497,55	10.910,65	86.556,48	673.327,17

Per a acabar de completar l'estimació del preu dels reactors cal determinar el cost dels respectius agitadors. S'utilitzarà el mètode de Sinnot&Towler:

$$C = 15000 + 990 * P^{1,05}$$

On P és la potència consumida per l'agitador. A tall d'exemple, l'agitador del reactor R-301 consumeix 33 kW de potència, estimant-se el següent preu per a la seva hèlix:

$$C = 15000 + 990 * 33^{1,05} = 53911.22 \$_{2006}$$

Aquest valor, actualitzat a l'any actual, canviant la divisa i el material de l'equip, es converteix en **218.864,37 €**.

Taula 12. Estimació del preu dels agitadors dels reactors

	Potència (kW)	a	b	n	PREU \$ 2006 ANSI 304	PREU € 2021 URANUS
R-301	33,00	15.000,00	990,00	1,05	53.911,22	218.864,37
R-302	33,00	15.000,00	990,00	1,05	53.911,22	218.864,37
R-303	33,00	15.000,00	990,00	1,05	53.911,22	218.864,37
R-304	33,00	15.000,00	990,00	1,05	53.911,22	218.864,37

- Estimació del cost dels evaporadors

Pel cas dels evaporadors s'utilitza el mètode de les correlacions, com a tubs verticals.

$$C = 280 + 30500 * (A)^{0,55}$$

On A és l'àrea d'intercanvi en m². Es realitza un exemple de càlcul per l'evaporador EV-401. La seva àrea és igual a la de l'evaporador EV-402, però diferent al tercer evaporador.

$$C = 280 + 30500 * (7.71)^{0,55} = 94075 \$_{2006} = 147678 €_{2021}$$

A la taula 13 s'exposen els preus dels tres evaporadors depenent de la seva àrea.

Taula 13. Estimació del preu dels evaporadors

	A (m ²)	a	b	n	C (\$ 2006 ACER 304)	PREU E 2021 I ACER 316
EV-401	7,71	280,00	30.500,00	0,55	94.075,01	147.678,01
EV-402	7,71	280,00	30.500,00	0,55	94.075,01	147.678,01
EV-403	5,47	280,00	30.500,00	0,55	77.915,76	122.311,39

El preu total actualitzat és de **417.667,41 €**.

- Estimació del cost dels cristal·litzadors

En aquest cas s'utilitza el mètode algorítmic per calcular el preu dels dos cristal·litzadors, juntament amb el preu dels agitadors, calculat amb el mètode de les correlacions.

$$C = 1.218 * f * \exp(4.868 + 0.3092 * \ln W + 0.0548 * (\ln W)^2)$$

On la W és el cabal en klb/h dels cristalls, i la f depèn del material utilitzat per dissenyar aquests equips. Calcularem com a exemple el preu del cristal·litzador CR-401.

$$C = 1.218 * 2.5 * \exp(4.868 + 0.3092 * \ln(6.23) + 0.0548 * (\ln 6.23)^2) \\ = 837.70 \$_{2002} = \mathbf{1139.25 €_{2021}}$$

Taula 14. Estimació del preu dels cristal·litzadors

	W (klb/h)	W (lb/h)	W (kg/h)	f (ACER 304)	PREU \$ 2002 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
CR-401	6,23	6.231,53	2.826,58	2,50	837,70	1.139,25
CR-402	5,93	5.926,09	2.688,03	2,50	816,63	1.110,59

Seguidament es calcula el preu dels agitadors amb el mètode de les correlacions, dependent de la potència (P) de cada cristal·litzador.

$$C = 15000 + 990 * (P)^{1.05} = 15000 + 990 * 3802^{1.05} = 60148.98 \$_{2006} \\ = \mathbf{63488.86 €_{2021}}$$

Taula 15. Estimació del preu dels agitadors dels cristal·litzadors

	Potència (kW)	a	b	n	PREU \$ 2006 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
CR-401	38,02	15.000,00	990,00	1,05	60.148,98	63.488,86
CR-402	63,50	15.000,00	990,00	1,05	92.365,55	97.494,31

Per tant, el preu total dels cristal·litzadors és de **163.233,00 €**.

- Estimació del cost de les centrífugues

Per calcular el cost de les dues centrífugues situades a l'àrea 400 de la planta OXALIN, S.L. s'utilitza el mètode algorítmic.

$$C = 1.218 * (a + bW)$$

On a i b són les constants calculades a partir del material utilitzat pel dissenys d'aquests equips, i W és el cabal en tones/hores. Es realitza l'exemple del càlcul de la centrífuga S-401:

$$C = 1.218 * (81.50 + 4.28 * 9.85) = 150.61 K\$_{2002} = 304.623.49 \text{ €}_{2021}$$

Taula 16. Estimació del cost de les centrífugues

	W (T/h)	a	b	PREU K\$ 2002 ANSI 304	PREU € 2021 ANSI 316
S-401	9,85	81,50	4,28	150,61	304.623,49
S-402	6,49	81,50	4,28	133,12	269.247,44

Per tant, el preu total de les dues centrífugues és de **573.870,94 €**.

- Estimació del cost dels tancs pulmó

En aquest cas, el cost dels tancs pulmó es calcula amb el mètode algorítmic, com a tanc d'emmagatzematge.

$$C = 1,218 * Fm * \exp(11,662 - 0,6104 * \ln(V) + 0,04536 * (\ln(V))^2)$$

On Fm és un paràmetre que depèn del material de construcció, en aquest cas, serà un factor cost de Stainless steel 316, i el volum dels tancs en unitats de galons americans. Es realitza l'exemple del càlcul del cost del tanc pulmó T-501:

$$C = 1,218 * 2,7 * \exp(11,662 - 0,6104 * \ln(144,77) + 0,04536 * (\ln(144,77))^2) = 56.296,70 \$_{2002} = 76.561,52 \text{ €}_{2021}$$

Per tant, els costos dels tres tancs pulmó s'exposen a la taula 17:

Taula 17. Estimació del cost dels tancs pulmó

	Fm	V (m3)	V (gal)	PREU \$ 2002 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
T-501	2,70	144,77	56.296,70	76.561,52	144,77
T-502	2,70	30,91	80.188,94	109.054,12	30,91
T-503	2,70	30,91	80.188,94	109.054,12	30,91

El cost total dels tancs pulmó és de **294.669,77 €**.

- Estimació del cost dels tancs de condensats

En aquest cas, pel cost dels dos tancs de condensats es calcula amb el mètode algorítmic, com amb els tancs d'emmagatzematge i pulmó:

$$C = 1,218 * Fm * \exp(11,662 - 0,6104 * \ln(V) + 0,04536 * (\ln(V))^2)$$

On Fm és un paràmetre que depèn del material de construcció, en aquest cas, serà un factor cost de Stainless steel 316, i el volum dels tancs en unitats de galons americans. Es realitza l'exemple del càlcul del cost del tanc de condensat T-301:

$$C = 1,218 * 2,7 * \exp(11,662 - 0,6104 * \ln(2912,5) + 0,04536 * (\ln(2912,5))^2) = 4.210,22 \$_{2002} = 5.725,75 €_{2021}$$

Per tant, els costos dels dos tancs de condensats s'exposen a la taula 18:

Taula 18. Estimació del cost dels tancs de condensats

	Fm	V (m3)	V (gal)	PREU \$ 2002 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
T-301	2,70	11,03	2.912,50	4.210,22	5.725,75
T-302	2,70	11,03	2.912,50	4.210,22	5.725,75

El cost total dels tancs de condensats és de 11.451,50 €₂₀₂₁.

- Estimació del cost de les columnes

A la planta OXALIN, S.L. hi ha una columna de rectificació i una d'absorció. Per calcular el seu cost s'utilitza el mètode algorítmic per columnes de separació.

$$C = 1.218 * [f1 * Cb + N * f2 * f3 * f4 * Ct + Cpt]$$

$$Cb = 1.218 * \exp\left(7.123 + 0.1478 * \ln W + 0.02488 * \ln W^2 + 0.01580 * \left(\frac{L}{D}\right) * \ln\left(\frac{Tb}{Tp}\right)\right)$$

$$Ct = 457.7 * \exp(0.1739D)$$

$$Cpt = 249.6D^{0.6332}L^{0.6016}$$

On W és el pes de la carcassa (lb), N és el nombre de plats que conté la columna, D i L són el diàmetre i la longitud (ft), respectivament.

Els paràmetres f1 i f2 depenen del material amb el qual està dissenyat la columna. Com en aquest cas s'escull acer 316:

$$f1 = 2.10$$

$$f2 = 1.401 + 0.0724D$$

Els paràmetres f3 i f4 depenen del tipus i quantitat de plats que hi ha a la columna. Com els plats són tipus Sieve s'escull:



$$f3 = 0.95$$

$$f4 = 2.25/1.0414^N$$

Per la columna d'absorció s'utilitza el mateix però amb variacions en algunes equacions:

$$Cb = 1.218 * \exp(6.629 + 0.1826 * \ln W + 0.02297 * \ln W^2)$$

$$Cpt = 300D^{0.7396}L^{0.7068}$$

Es realitza l'exemple del càlcul de la columna de destil·lació:

$$Cb = 1.218 * \exp\left(7.123 + 0.1478 * \ln(10582.18) + 0.02488 * \ln(10582.18)^2 + 0.01580 * \left(\frac{9.84}{4.92}\right) * \ln\left(\frac{0.03}{0.02}\right)\right) = 51.137,81 \$$$

$$Ct = 457.7 * \exp(0.1739 * 4.92) = 1.077,09 \$$$

$$Cpt = 249.6 * 4.92^{0.6332} * 9.84^{0.6016} = 2.709,69 \$$$

$$f1 = 2.10$$

$$f2 = 1.401 + 0.0724 * 4.92 = 1.76$$

$$f3 = 0.95$$

$$f4 = 2.25/1.0414^5 = 1.84$$

$$C = 1.218 * [2.10 * 51.137,81 + 5 * 1.76 * 0.95 * 1.84 * 1.077,09 + 2.709,69] = 154.216,36 \$_{2002} = 209.728,79 €_{2021}$$

Taula 19. Estimació cost de la columna de rectificació

	W (lb)	D (ft)	L (ft)	Trays	Tb	Tp
TD-701	10.582,18	4,92	9,84	5	0,03	0,02

Taula 20. Estimació cost de la columna de rectificació

	F1	F2	F3	F4	Cb	Ct	Cpt
TD-701	2,10	1,76	0,95	1,84	51.137,81	1.077,09	2.709,69

Cal tenir en compte els elements interns de la columna, és per això, que se li afegeix un 20% al cost calculat.

Taula 21. Estimació cost de la columna de rectificació

	PREU \$ 2002 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316	20% MÉS DEL COST CALCULAT
TD-701	154.216,36	209.728,79	251.674,55

En el cas de la columna d'absorció, f1, f2, f3 i f4 són els mateixos valors que per la columna de destil·lació.

Taula 22. Estimació cost de la columna d'absorció

	W (lb)	D (ft)	L (ft)	Cb	Cpt
TA-701	7.936,63	1,71	8,86	30.267,16	2.081,07

Cal tenir en compte els elements interns de la columna, és per això, que se li afegeix un 20% al cost calculat.

Taula 23. Estimació cost de la columna d'absorció

	PREU \$ 2002 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316	20% MÉS DEL COST CALCULAT
TA-701	79.955,80	108.737,06	130.484,48

- Estimació del cost de l'ensacadora

En aquest cas, per l'estimació del cost de l'ensacadora, no existeix una correlació amb la qual es pugui calcular. És per això, que s'ha seleccionat per catàleg una ensacadora amb la qual podem calcular el cost de la de la planta OXALIN, S.L. amb la regla de Williams. S'estima el cost tenint en compte que el model Assac 900 payper⁹ val uns 400.000 € amb un cabal a tractar de 250 kg/min:

$$C = C' * \left(\frac{V}{V'}\right)^{0,6} = 400.000 * \left(\frac{76.31}{250}\right)^{0,6} = 196.260,76 \text{ €}$$

- Estimació del cost dels compressors

Pel cas dels compressors centrífugs es busquen preus de catàlegs:

Taula 24. Estimació cost dels compressors

	PREU EURO
CC-501	5.493,40
CC-502	5.493,40
CC-503	4.743,20
CC-504	4.743,20

Per tant, el cost total dels compressors a la planta és de **20.473,20 €**.

- Estimació del cost de les bombes

En el cas de les bombes, s'ha calculat el cost d'aquestes de dues maneres diferents: el cost d'algunes bombes s'ha aconseguit per catàleg i la resta amb el mètode de les correlacions, depenent del cabal que tenen.

$$C = 6900 + 206 * S^{0.90} = 6900 + 206 * 1430^{0.90} = 149.352,36 \$2006 = 157.645,42 €2021$$

Taula 25. Cost de bombes per catàleg

	Preu catàleg €
P-102-A/B	897
P-101-A/B	841
P-103-A/B	897
P-401-A/B	897
P-402-A/B	1.009
P-403-A/B	1.009
P-301-A/B	4.693
P-402	1.045

Taula 26. Estimació cost de les bombes

	Q (L/s)	a	b	n	PREU \$ 2006	PREU € 2021
P-102	0,40	6.900	206	0,90	6.989,74	7.377,86
P-101	0,62	6.900	206	0,90	7.033,33	7.423,86
P-103	0,13	6.900	206	0,90	6.931,70	7.316,60
P-401	3,99	6.900	206	0,90	7.615,09	8.037,93
PC-404-A/B	0,05	6.900	206	0,90	6.913,9	7.297,80
P-402	0,06	6.900	206	0,90	6.917,33	7.301,43
PC-001-A/B	255	6.900	206	0,90	37.082,37	39.141,44

El cost total de totes les bombes és de **95.184,92 €**.

- Estimació del cost de la sitja

Es calcula el preu del cost de la sitja amb el mètode algorítmic referit com un "con crusher":

$$C = 1.89W^{1.05}$$

On la W és el cabal en tones/hora de la sitja.

$$C = 1.89 * 4.36^{1.05} = 8,87 K\$2002 = 12.064,02 €2021$$

Taula 27. Estimació del cost de la sitja

	W (kg/h)	W (tones/h)	PREU K\$ 2002 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
SL-601	4.360,40	4,36	8,87	12.064,02

- Estimació del cost dels filtres de mànegues

Per la realització del cost dels dos filtres de mànegues s'utilitza el mètode algorítmic com a "pressure leaf filtre":

$$C = 847/A^{0.29}$$

On A és l'àrea dels filtres.

Taula 28. Estimació del cost dels filtres de mànegues

	A (m ²)	A (sqft)	PREU \$/sqft 2002 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
FM-601	0,76	8,18	12,66	140,81
FM-602	0,76	8,18	12,66	140,81

El cost total dels dos filtres és de **281,62 €**.

- Estimació del cost dels molins i tamissadores

A la planta OXALIN, S.L. s'utilitzen dues tamissadores i dos molins. Per calcular el cost respectiu dels equips s'empra el mètode algorítmic com a "vertical ball mill" i "pulverizer", respectivament:

$$C_{moli} = 27.5W^{0.39}$$

$$C_{tamissadora} = 61W^{0.69}$$

On la W és el cabal en tones/hores que passa pels equips. Es realitza l'exemple del càlcul del moli ML-501 i de la tamissadora TM-501:

$$C_{moli} = 27,5 * 2.29^{0.39} = 37,99 K\$2002 = 76.831,42 €2021$$

$$C_{tamissadora} = 61 * 0.8^{0.69} = 52.30 K\$2002 = 105.769,84 €2021$$

Taula 29. Estimació del cost dels molins

	W (kg/h)	W (tones/h)	PREU K\$ 2002 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
ML-501	2.289,60	2,29	37,99	76.831,42
ML-502	2.289,60	2,29	37,99	76.831,42

Taula 30. Estimació del cost de les tamissadores

	W (kg/h)	W (tones/h)	PREU K\$ 2002 AISI 304/316	PREU EURO 2021 AISI 304/316
TM-501	800,00	0,80	52,30	105.769,84
TM-502	800,00	0,80	52,30	105.769,84

Com tenim dos equips de cada es dobla el preu de cada un. Per tant, el cost total dels molins és de **153.662,84 €** i el de les tamissadores és de **211.539,67 €**.

- Estimació del cost dels ciclons

En el cas dels ciclons també es calcula el cost a partir del mètode algorítmic.

$$C = 0.79Q^{0.91}$$

On la Q és el cabal en kft³/min. Es realitza l'exemple del càlcul del cost del cicló CL-501:

$$C = 0.79 * 19.36^{0.91} = 11.72 \text{ K\$ 2002} = 23.694,85 \text{ €2021}$$

Com hi ha dos ciclons, el cost serà el doble.

Taula 31. Estimació del cost dels ciclons

	Q (m3/h)	Q (ft3/min)	Q (kft3/min)	PREU K\$ 2002 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
CL-501	32.896,42	19.362,11	19,36	11,72	23.694,85
CL-502	32.896,42	19.362,11	19,36	11,72	23.694,85

El cost total dels dos ciclons és de **47.389,70 €**.

- Estimació del cost dels assecadors

A continuació s'exposen els costos dels assecadors, juntament amb el dels seus agitadors. Per això s'emprarà el mètode de les correlacions.

$$C = 13000 + 9100 * A^{0.90}$$

On A és l'àrea en m² dels assecadors. Es realitza l'exemple del càlcul del cost d'un dels assecadors, D-501, que com hi ha dos iguals el cost serà el doble.

$$C = 13000 + 9100 * 3.4^{0.90} = 40.376,15 \$ 2006 = 42.618,11 \text{ €2021}$$

Taula 32. Estimació del cost dels assecadors rotatoris

	A (m2)	a	b	n	PREU \$ 2006 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
D-501	3,40	13.000,0.0	9.100,00	0,90	40.376,15	42.618,11
D-502	3,40	13.000,00	9.100,00	0,90	40.376,15	42.618,11

En el cas dels agitadors s'utilitza la següent correlació:

$$C = 15000 + 990 * P^{1.05}$$

On P és la potència del agitador de l'assecador. Com hi ha dos assecadors, també hi ha dos agitadors, per tant el cost serà el doble.

$$C = 15000 + 990 * 6.28^{1.05} = 21.815,42 \$ 2006 = 23.026,76 €2021$$

Taula 33. Estimació del cost dels agitadors dels assecadors

	Potència (kW=kJ/s)	a	b	n	PREU \$ 2006 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
D-501	6,28	15.000,00	990,00	1,05	21.815,42	23.026,76
D-502	6,28	15.000,00	990,00	1,05	21.815,42	23.026,76

El cost total dels assecadors és de **131.289,75 €**.

- Estimació del cost dels chillers

Es calcula el cost dels chillers amb el mètode algorítmic, on es necessita la potència per completar l'equació:

$$C = 178FQ^{0.65}$$

On Q és M Btu/hora. Es realitza l'exemple del càlcul del cost del primer chiller:

$$C = 178 * 1 * 14.85^{0.65} = 1028.19 K\$ 2002 = 2.079.559,61 €2021$$

Taula 34. Estimació del cost dels chillers

	F	Potència (kW)	Q (M Btu/h)	PREU K\$ 2002 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
Chiller 1 i 2	1,00	4.368,10	14,85	1.028,19	2.079.559,61
Chiller 3	1,00	555,52	1,89	269,11	544.298,35

El cost total és de **2.623.857,96 €**.

- Estimació del cost dels auxiliars

En aquest cas tenim una torre de refrigeració, la qual calculem el seu cost amb el mètode algorítmic.

$$C = 178fQ^{0.65}$$

On Q és el cabal de la torre de refrigeració en Kgal/min i F un paràmetre que depèn de la temperatura.

$$C = 178F * 1 * 4.05^{0.65} = 384.84 \text{ K\$ } 2002 = 778.355,17 \text{ €} 2021$$

Taula 35. Estimació del cost de la torre de refrigeració

Q (kg/s)	Q (gal/min)	Q (Kgal/min)	f	PREU K\$ 2002 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
254,64	4.048,27	4,05	1,00	384,84	778.355,17

En canvi, amb les calderes de vapor i d'oli tèrmic s'empra el mètode de les correlacions.

$$C = 110000 + 4.5 * Q^{0.9}$$

On Q és el cabal de vapor d'aigua en kg/h. Es realitza l'exemple del càlcul del cost de la caldera de vapor:

$$C = 110000 + 4.5 * 63180^{0.9} = 204.131,33 \$ 2006 = 215.466,08 \text{ €} 2021$$

Taula 36. Estimació del cost de les calderes

	Q (kg/h)	a	b	n	PREU \$ 2006 AISI 304	PREU EURO 2021 AISI 316
CALDERA DE VAPOR	63.180,00	110.000,00	4,50	0,90	204.131,33	215.466,08
CALDERA D'OLI TERMIC	158,40	110.000,00	4,50	0,90	110.429,53	116.561,32

- Estimació del cost dels blowers

S'estima el cost de catàleg:

Taula 37. Cost de catàleg dels blowers

BW-501	3.179,73
BW-502	3.179,73

- Estimació del cost de la deshumidificadora d'aire

L'empresa **Fisair** estima el pressupost del deshumidificador d'aire per la planta OXALIN, S.L. A la taula 38 s'exposa el cost unitari i el total:

Taula 38. Cost del deshumidificador d'aire

Cost unitari (€/Un.)	Unitats	Preu total
99.775,63	8	798.205,04

- Estimació del cost dels extractors

En el cas dels extractors s'estima el cost a partir del mètode algorítmic amb al seu cabal.

$$C = 1.218 * fm * fp * \exp(a + b * \ln Q + c * (\ln Q)^2)$$

Es realitza l'exemple del càlcul del cost de l'extractor EX-501:

$$C = 1.218 * 2.20 * 1 * \exp(0.4692 + 0.1203 * \ln(3.56) + 0.0931 * (\ln(3.56))^2) \\ = 5.80 \text{ K\$ } 2002 = 11.733,06 \text{ €} 2021$$

Taula 39. Estimació del cost dels extractors

	Q (kft3/min)	fm	fp	a	b	c	PREU k\$ 2002	PREU EURO 2021
EX501	3,56	2,20	1,00	0,47	0,12	0,09	5,80	11.733,06
EX502	3,56	2,20	1,00	0,47	0,12	0,09	5,80	11.733,06

El cost total és de **23.466,12 €**.

- Estimació del cost dels tractament de residus i seguretat

Per determinar el cost de la depuradora i l'equip de protecció contra incendis, es cerca informació bibliogràficament a diferents pàgines web, estimant el preu dels equips a la taula 37:

Taula 40. Estimació dels equips de tractament de residus i seguretat

	PREU EURO 2021
Protecció contra incendis	800.000,00
Depuradora	2.000.000,00

- Estimació del cost de l'estació transformadora

S'ha cercat a diferents pàgines web les despeses que suposen la implantació de l'estació transformadora. El cost aproximat és de **80.000€** aproximadament, depenent de la potència que necessita la planta OXALIN, S.L.

7.4.1.1.3. Mètode de Vian

Una vegada conegut els costos dels equips i del terreny, es procedeix a realitzar el càlcul aproximat de la inversió inicial o capital immobilitzat, seguint el mètode de Vian i escollint els factors que s'observen a la taula 41 següent:

Taula 41. Estimació pel mètode Vian el càlcul del capital immobilitzat

Partida	Factor	Cost (€)
I1 Maquinaria i equips	X	13.852.140,84
I2 Instal·lació	0.45X	6.233.463,378
I3 Canonades i vàlvules	0.60X	8.311.284,504
I4 Instrumentació	0.20X	2.770.428,168
I5 Aïllament	0.07X	969.649,8588
I6 Instal·lació elèctrica	0.15X	2.077.821,126
I7 Terrenys		6.122.025,00
Edificacions mixtes	0.15X	2.077.821,126
I8 Instal·lacions auxiliars	0.40X	5.540.856,336
Y Factor primari		47.955.490,34
I9 Projecte i direcció d'obra	0.25Y	11.988.872,58
Z Capital secundari		59.944.362,92
I10 Contractista	0.06Z	3.596.661,775
I11 Despeses no previstos	0.2Z	11.988.872,58
Capital immobilitzat (€)		75.529.897,28

7.4.1.2. Capital circulant

El capital circulant és aquella part de la inversió inicial que circula per les diferents fases de producció. Correspon també a tota la quantitat que intervé durant la producció del producte fins la seva venda com són les matèries primeres, la mensualitat dels treballadors, els serveis, entre d'altres. El capital circulant es tracta d'una despesa que es troba en constant moviment durant tota l'activitat de la planta OXALIN, S.L., tot i que es retorna al moment que es tanca l'empresa. No obstant, també suposa un cost elevat dins la inversió inicial, i per tant es té en compte per posar en marxa la producció d'àcid oxàlic i ha d'estar inclòs al realitzar el balanç econòmic de la planta.

Existeixen diferents mètodes per calcular-lo, però per a realitzar una estimació, es decideix utilitzar el mètode global, que és aquell que estima que el capital circulant és un 10-30% del capital immobilitzat, calculat a l'apartat anterior. S'escull, en aquest cas, un 15%.

$$C_c = 0.15 * C_i = 11.329.484,59 \text{ €}$$

On C_c és el capital circulat i C_i és el capital immobilitzat.

7.4.1.3 Posada en marxa

El cost de la posada en marxa sempre serà molt inferior al del capital immobilitzat, i per tant, es sol menysprear. No obstant, degut a la complexitat de la planta, es considera un 5% del capital immobilitzat com a cost de la posada en marxa.

$$C_{pm} = 0.05 * C_i = 3.776.494,86 \text{ €}$$

On C_{pm} és el cost de la posada en marxa.

Per tant, una vegada estimat el cost dels capitals immobilitzat i circulat, juntament amb el cost de la posada en marxa, es pot estimar el valor de la inversió inicial total:

Taula 42. Estimació de la inversió inicial

Concepte	Inversió (€)
Capital immobilitzat	75.529.897,28
Capital circulat	11.329.484,59
Cost de la posada en marxa	3.776.494,86
Inversió inicial total	90.635.876,74

7.4.2. Costos

7.4.2.1. Costos de fabricació

Els costos de fabricació són tots aquells costos que van destinats a les matèries primeres, patents, mà d'obra directa i indirecta, serveis, lloguers, laboratori, envasat expedició, impostos i assegurances.

7.4.2.1.1. Matèries primeres (M1)

En aquest apartat es calculen els costos anuals de matèries primeres del procés segons els preus trobats a l'estudi de mercat:

Taula 43. Estimació del cost de matèries primeres del procés

Matèria primera	Quantitat anual (T/any)	Cost unitari (€/T)	Cost anual (€/any)
Àcid nítric	8.211,46	225,40	1.850.862,18
Àcid nítric regenerat	6.220,80	135,24	841.300,99
Àcid sulfúric	6.303,74	84,04	529.766,65
Etilenglicol	19.021,82	608,20	11.569.073,36
Oxigen	26.542,08	163,80	4.347.592,70
Hidròxid de sodi	279,24	109,47	30.568,93
Cost total M1 (€)			19.169.164,81



En aquest cas es té en compte que l'àcid nítric que es reconcentra a una empresa externa és el 40% més barat que l'àcid nítric comprat.

7.4.2.1.2. Mà d'obra directa (M2)

Els costos per mà d'obra directa estan referits als costos pels treballadors de la planta. No solament els tècnics o operaris, sinó que també tots els treballadors amb indiferència del rang. Si es considera una jornada laboral de 8 hores diàries durant 320 dies a l'any, surt una jornada de 2.560 hores. Tenint en compte que la planta funciona 24 hores al dia de dilluns a diumenge, es decideix tenir 5 torns diferents.

Es realitza un organigrama de la planta, on es divideixen els treballadors segons el seu lloc de treball.



Taula 44. Organigrama de la planta

ORGANISME		CÀRREC	GRUP PROFESSIONAL	JORNADA
Comitè de Direcció de l'empresa OXALIN, S.L		Director General	0	Torn partit de dl. A dv.
		Director de Recursos Humans i Comunicació Corporativa		
		Director Tècnic		
		Director Financer		
		Director d'Estratègia Comercial		
		Director de Planta		
Direcció General (a més del Director General)		Secretari de la Direcció General	5	Torn partit de dl. A dv.
		Responsable Tècnic d'Informàtica	7	
Direcció de Recursos Humans (a més del Director de R.R.H.H.)		Tècnic de Recursos Humans	6	Torn partit de dl. A dv.
		Auxiliar Administratiu	4	
Direcció Tècnica (a més del Director Tècnic)	Departament I+D	Cap del Departament d'I+D	7	Torn partit de dl. A dv.
		Tècnics del Departament d'I+D (2)	5	
		Auxiliars de Laboratori (2)	4	
		Assistents Tècnics (2)	6	
Direcció Financera (a més del Dr. Financer)		Auxiliars administratius comptables (2)	4	Torn partit de dl. A dv.
Direcció d'Estratègia Comercial (a més del Dr. D'Estratègia Comercial)		Tècnics Comercials (5)	5	Torn partit de dl. A dv.
		Auxiliars Administratius (2)	4	



Taula 45. Organigrama de la planta

Comitè de Direcció de la Planta (a més del Director de Planta)	Cap del Departament de Producció	8	Torn partit de dl. A dv.
	Cap del Departament de Sistemes de Gestió	8	Torn partit de dl. A dv.
	Cap del Departament de Garantia de Qualitat	8	Torn partit de dl. A dv.
	Cap del Departament d'HSE	8	Torn partit de dl. A dv.
	Cap del Departament d'Enginyeria i Manteniment	8	Torn partit de dl. A dv.
	Cap del Departament de Logística	8	Torn partit de dl. A dv.
	Cap del Departament de Compres	8	Torn partit de dl. A dv.
Departament de Producció (a més del Cap)	Plant Manager	7	Torn partit de dl. A dv.
	Caps de Torn (5)	5	TORNS
	Operadors (10, 2 per torn)	4	TORNS
	Auxiliars (10, 2 per torn)	3	TORNS
	Químic de planta	7	Torn partit de dl. A dv.
Departament de Sistemes de Gestió (a més del Cap)	Tècnic de Gestió i Excel·lència Operacional	6	Torn partit de dl. A dv.
Departament de Garantia de Qualitat (a més del Cap)	Responsable de Control de Qualitat	7	Torn partit de dl. A dv.
	Tècnics Analistes (2)	4	TORNS
Departament d'HSE (a més del Cap)	Tècnic de Seguretat i Prevenció	6	Torn partit de dl. A dv.
	Tècnic de Mediambient	6	Torn partit de dl. A dv.
	Operadors de Mediambient (2)	4	TORNS
Departament d'Enginyeria i Manteniment (a més del Cap)	Enginyer	7	Torn partit de dl. A dv.
	Responsable Tècnic de Manteniment	7	Torn partit de dl. A dv.
	Operadors Mecànics (2)	5	TORNS
	Tècnic d'Instrumentació	5	TORNS
	Operador d'Instrumentació	4	TORNS
Departament de Logística (a més del Cap)	Responsable de Transport	7	Torn partit de dl. A dv.
	Responsable de Magatzem i Expedicions	7	Torn partit de dl. A dv.
	Operadors de Magatzem (2)	4	TORNS
	Auxiliar d'Administració de Fàbrica	4	Torn partit de dl. A dv.
	Auxiliar de Planificació	4	Torn partit de dl. A dv.
Departament de Compres (a més del Cap)	Tècnic del Departament de Compres	6	Torn partit de dl a dv.

Una vegada s'ha realitzat l'organigrama de l'empresa OXALIN, S.L., es procedeix al càlcul dels costos de l'empresa en salaris bruts als treballadors. Aquests salaris compleixen amb la resolució del 26 de juliol del 2018, de la direcció general del treball, la qual es registra i publica el Conveni col·lectiu general de la indústria química al "BOE", dirigit als treballadors que realitzen funcions a torns de processos continus.¹⁰

Els costos, no tan sols seran el salari brut, sinó que l'empresa també haurà de pagar al voltant de 25% dels sous a la seguretat social.

Taula 46. Estimació del cost de mà d'obra directa segons els sous bruts dels treballadors

Càrrec	Nº de treballadors	Sou brut anual (€/any)	Seguretat Social (25%)	Cost anual (€/any)
Director General	1	155.000,00	38.750,00	193.750,00
Director de Recursos Humans i Comunicació Corporativa	1	140.000,00	35.000,00	175.000,00
Director Tècnic	1	135.000,00	33.750,00	168.750,00
Director Financer	1	130.000,00	32.500,00	162.500,00
Director d'Estratègia Comercial	1	125.000,00	31.250,00	156.250,00
Director de Planta	1	120.000,00	30.000,00	150.000,00
Secretari de la Direcció General	1	28.800,00	7.200,00	36.000,00
Responsable Tècnic d'Informàtica	1	50.000,00	12.500,00	62.500,00
Tècnic de Recursos Humans	1	35.000,00	8.750,00	43.750,00
Auxiliar Administratiu	1	22.000,00	5.500,00	27.500,00
Cap del Departament d'I+D	1	50.000,00	12.500,00	62.500,00
Tècnics del Departament d'I+D (2)	2	27.000,00	6.750,00	67.500,00
Auxiliars de Laboratori (2) ^a	2	25.000,00	6.250,00	62.500,00
Assistents Tècnics (2) ^b	2	31.000,00	7.750,00	77.500,00
Auxiliars administratius comptables (2)	2	23.000,00	5.750,00	57.500,00
Tècnics Comercials (5) ^c	5	27.000,00	6.750,00	168.750,00
Auxiliars Administratius (2)	2	22.000,00	5.500,00	55.000,00
Cap del Departament de Producció	1	110.000,00	27.500,00	137.500,00
Cap del Departament de Sistemes de Gestió	1	90.000,00	22.500,00	112.500,00
Cap del Departament de Garantia de Qualitat	1	95.000,00	23.750,00	118.750,00
Cap del Departament d'HSE	1	90.000,00	22.500,00	112.500,00
Cap del Departament d'Enginyeria i Manteniment	1	110.000,00	27.500,00	137.500,00
Cap del Departament de Logística	1	90.000,00	22.500,00	112.500,00
Cap del Departament de Compres	1	90.000,00	22.500,00	112.500,00
Plant Manager ^d	1	70.000,00	17.500,00	87.500,00

Caps de Torn (5) ^e	5	27.000,00	6.750,00	168.750,00
Operadors (10, 2 per torn) ^f	10	27.000,00	6.750,00	337.500,00
Auxiliars (10, 2 per torn) ^g	10	23.000,00	5.750,00	287.500,00
Químic de planta	1	70.000,00	17.500,00	87.500,00
Tècnic de Gestió i Excel·lència Operacional ^h	1	30.000,00	7.500,00	37.500,00
Responsable de Control de Qualitat	1	60.000,00	15.000,00	75.000,00
Tècnics Analistes (2) ⁱ	2	23.000,00	5.750,00	57.500,00
Tècnic de Seguretat i Prevenció	1	38.000,00	9.500,00	47.500,00
Tècnic de Mediambient ^j	1	37.000,00	9.250,00	46.250,00
Operadors de Mediambient (2) ^k	2	27.000,00	6.750,00	67.500,00
Enginyer	1	80.000,00	20.000,00	100.000,00
Responsable Tècnic de Manteniment	1	55.000,00	13.750,00	68.750,00
Operadors Mecànics (2)	2	27.000,00	6.750,00	67.500,00
Tècnic d'Instrumentació	1	28.000,00	7.000,00	35.000,00
Operador d'Instrumentació	1	25.000,00	6.250,00	31.250,00
Responsable de Transport ^l	1	50.000,00	12.500,00	62.500,00
Responsable de Magatzem i Expedicions ^l	1	50.000,00	12.500,00	62.500,00
Operadors de Magatzem (2)	2	23.000,00	5.750,00	57.500,00
Auxiliar d'Administració de Fàbrica	1	22.000,00	5.500,00	27.500,00
Auxiliar de Planificació	1	22.000,00	5.500,00	27.500,00
Tècnic del Departament de Compres	1	33.000,00	8.250,00	41.250,00
Costos totals M2 (€)				4.452.250,00

7.4.2.1.3. Patents (M3)

Les patents solen tenir uns 15-20 anys de validesa, aproximadament. Una vegada ha vençut aquest termini, no és estrictament necessari realitzar el pagament al responsable de la patent. Segons el registre, el valor de les patents també disminueix al llarg del temps.

A la planta OXALIN, S.L. es van agafar diferents idees de diferents patents, però totes elles tenien més de 15 anys de publicació, per tant, el cost referit a aquestes és nul.

7.4.2.1.4. Mà d'obra indirecta (M4)

Aquests costos corresponen als de mà d'obra que no intervé directament al procés productiu. Es poden estimar entre un 12 i 45% del cost de mà d'obra directa, per tant, s'escull un 20% per la realització del càlcul del cost:

Taula 47. Estimació dels costos de mà d'obra indirecta

Cost (€)	
Mà d'obra directa (M2)	4.452.250,00
Mà d'obra indirecta (M4)	890.450,00

7.4.2.1.5. Serveis (M5)

Els costos dels serveis fan referència a les necessitats o requeriments pel bon funcionament de la producció de la planta OXALIN, S.L. A continuació, a la taula 48 s'exposen els costos dels serveis segons el seu consum:

Taula 48. Estimació del cost total dels serveis

Serveis	Consum	Cost	Cost anual (€/any)
Aigua de xarxa (m3/any)	48.944,90	1,06	51.881,59
Aigua contra incendis (m3)	3.000,00	1,06	3.180,00
Aigua de refrigeració (kW)	7.450,80	0,83	6.184,16
Aigua descalcificada (m3/any)	81.254,40	0,83	67.441,15
Etilenglicol pel Chiller (kW)	4.923,62	3,20	15.755,59
Aire comprimit (m3/any)	1.728.000,00	0,07	120.960,00
Vapor d'aigua (kW)	42.534,62	0,03	1.276,04
Oli tèrmic (kW)	77,90	0,40	31,16
Gas natural (m3/any)	0,00	0,06	0,00
Electricitat (kW)	13.672,86	0,07	957,10
Cost total M5 (€)			267.666,80

7.4.2.1.6. Subministres (M6)

Aquestes despeses estan associades als diners que es destinen a l'adquisició de productes que s'utilitzen regularment a la planta, però no són considerats matèries primeres, com el material de neteja, entre d'altres. Els costos de subministres estan aproximadament entre el 0.2 i l'1.5% del capital immobilitzat, on en aquest cas s'escull un 0.9%. S'exposa a la taula 49:

Taula 49. Estimació dels costos per subministres a la planta

Capital immobilitzat (€)	75.529.897,28
Cost dels subministres M6 (€)	679.769,08

7.4.2.1.7. Reparacions i manteniment (M7)

Els costos de les reparacions i el manteniment s'estimen en funció del tipus de producció que es realitza a la planta OXALIN, S.L. Pel cas especial de ser una indústria química, generalment, el valor del cost sol ser d'un 5 o 7% aproximadament del capital immobilitzat, sense comptar la part dels terrenys. S'escull un 6%:

Taula 50. Cost de les reparacions i manteniment

Capital immobilitzat (€)	75.529.897,28
Cost de les reparacions i manteniment M7 (€)	4.531.793,84

7.4.2.1.8. Laboratoris (M8)

Els costos M8 van dirigits a les despeses derivats dels laboratoris de la planta química. Es sol estimar entre un 5 i un 35% del cost de la mà d'obra directa (M2), sent en el nostre cas del 12%:

Taula 51. Estimació del cost del laboratori

Cost de mà d'obra directa M2 (€)	4.452.250,00
Cost dels laboratoris M8 (€)	534.270,00

7.4.2.1.9. Envasat (M9)

Inclou els costos del material, els equips i el personal involucrat a l'envasat de substàncies. S'estima que el valor es menyspreable per facilitar els càlculs, degut a la distribució en camions cisterna.

7.4.2.1.10. Direcció i servei tècnic (M10)

Els costos de direcció i servei tècnic del procés productiu són molt variables segons el sector i els condicionants. Es solen estimar en funció de la mà d'obra i, per tant, el grau d'automatització, és a dir, entre un 10 i un 40% dels costos de mà d'obra directa M2. S'exposen aquests costos a la taula 52, s'escull un 25%:

Taula 52. Estimació del cost de direcció i servei tècnic

Cost de mà d'obra directa M2 (€)	4.452.250,00
Cost de la direcció i servei tècnic M10 (€)	1.113.062,50

7.4.2.1.11. Expedició (M11)

Aquests costos van dirigits als costos de transport. No obstant, són costos bastant difícils de generalitzar, ja que depenen del mitjà de transport, distància, volum i inestabilitat dels preus de les companyies de transport. S'exposa el cost a partir del 10% dels costos de mà d'obra directa M2:

Taula 53. Estimació dels costos de transport

Cost de mà d'obra directa M2 (€)	4.452.250,00
Cost d'expedició M11 (€)	445.225,00

7.4.2.1.12. Directius i treballadors (M12)

El sou dels treballadors encarregats de gestionar, planificar i dirigir l'empresa ja està inclòs dins del cost de mà d'obra directa M2, és per això que no es tornarà a comptar.

7.4.2.1.13. Amortització (M13)

Aquest cost fa referència a la pèrdua dels valors dels equips, estalviant diners cada any per poder pagar un nou equip quan la vida útil d'aquest finalitzi. A la planta OXALIN, S.L. es considera una vida útil de 20 anys. Com aquest valor es calcula com a sou decreixent no s'inclourà en aquest apartat, sinó que s'afegirà com a despesa al càlcul dels fluxos de caixa pel càlcul del benefici brut.

7.4.2.1.14. Impostos (M14)

Aquests costos no van dirigits ni als impostos sobre els beneficis ni a l'IVA, sinó que es refereixen als impostos locals (IBI, taxa dels residus...) o altres com els impostos mediambientals. S'estima normalment entre un 0.5 i un 1% del valor del cost immobilitzat, i en aquest cas s'escull un 0.7%:

Taula 54. Estimació del cost dels impostos

Capital immobilitzat (€)	75.529.897,28
Cost dels impostos M14 (€)	528.709,28

7.4.2.1.15. Assegurances (M15)

Els costos M15 es refereixen a les assegurances d'incendis, responsabilitat civil, robatoris, etc. Es sol estimar un 1% del cost immobilitzat:

Taula 55. Estimació del cost de les assegurances

Capital immobilitzat (€)	75.529.897,28
Cost de les assegurances M15 (€)	755.298,97

A continuació, a la taula 56, s'exposa el càlcul total de la suma de tots els costos de fabricació M:

Taula 56. Estimació total dels costos de fabricació (M)

	Definició	Valor (€)
M1	Matèries Primeres	19.169.164,81
M2	Mà d'obra directa	4.452.250,00
M3	Patents	0
M4	Mà d'obra indirecta	890.450,00
M5	Serveis	267.666,80
M6	Subministres	679.769,08
M7	Reparacions i manteniment	4.531.793,84
M8	Laboratoris	534.270,00
M9	Envasat	0
M10	Direccio i servei tecnic	1.113.062,50
M11	Expedició i transport	445.225,00
M12	Directius i Treballadors	0
M13	Amortització	0
M14	Impostos	528.709,28
M15	Assegurances	755.298,97
Costos totals MTotal (€)		33.367.660,27

7.4.2.2. Costos generals

Els costos generals (G) són tots aquells costos que es generen per l'administració, costos comercials, financers, d'investigació i serveis tècnics.

7.4.2.2.1. Costos d'administració (G1)

Aquests costos corresponen als personal administratiu, comptables i més feines organitzatives com la gerència. Aquests valors són fixes i no depenen de la producció. El seu valor s'estima entre el 3 i el 6% dels costos de fabricació (M). S'exposa amb un percentatge del 3% el valor: **1.001.029,81 €**.

7.4.2.2.2. Costos comercials (G2)

Costos associats a la publicitat, màrqueting i viatges, a més estan relacionats a la venda del producte promocionant-lo. S'estimen que les despeses estan entre el 5 i el 20% dels costos de fabricació (M). S'escull un 5%: **1.668.383,01 €**.

7.4.2.2.3. Despeses d'investigació i serveis tècnics (G3)

Aquestes despeses provenen de la investigació de noves tècniques pel desenvolupament i l'avanç tecnològic de la planta. El seu valor suposa entre el 0 i el 5% de M. S'escull l'1%: **333.676,60 €**.

7.4.2.2.4. Despeses financers (G4)

Els costos financers fan referència al capital invertit i prestat al projecte. En aquest cas es desconeix si s'han demanat préstecs o no, per tant, es considera nul el valor.

Una vegada calculats els costos generals, es calcula el seu cost total sumant totes les despeses G: **3.003.089,42 €**.

7.4.2.3. Costos totals

Una vegada calculats els diferents costos generals i de fabricació, es poden calcular els costos totals amb la suma entre ells:

Taula 57. Estimació dels costos totals

Costos de fabricació (€)	33.367.660,27
Costos generals (€)	3.003.089,42
Costos totals (€)	36.370.749,70

7.4.3. Ventes i rendibilitat de la planta

Per conèixer si el projecte és rentable econòmicament, cal veure si hi els beneficis cobreixen els costos de producció. A continuació es calculen els fluxos de caixa (NCF: *Net Cash Flow*), el VAN (Valor actual net) i el TIR (taxa de rendibilitat intrínseca).

7.4.3.1. Ingressos per ventes

L'objectiu principal de la planta és la venda de l'òxid d'etilè. Gràcies a l'estudi de mercat realitzat, es pot conèixer el preu de venda del producte. A partir de la producció anual, que en aquest cas és de 35.000 tones a l'any, i el preu per €/T s'obtenen els ingressos per ventes anuals de la planta OXALIN, S.L.:

Taula 58. Estimació dels ingressos per ventes

Producte	Producció anual (T/any)	Preu unitari (€/T)	Ventes (€/any)
Àcid oxàlic	35.595,10	1.201,80	42.778.191,18

7.4.3.2. Rendibilitat de la planta

Els paràmetres que ajuden a comprovar la rendibilitat de la planta són els fluxos de caixa, el VAN i el TIR.

7.4.3.2.1. Net Cash Flow

El Net Cash Flow o flux net de caixa és el capital disponible en un període de temps determinat, és a dir, la diferència entre els costos i els ingressos produïts a la

planta des de la inversió inicial. A partir del seu valor es pot determinar si el projecte generarà un flux de caixa suficient per a considerar la viabilitat de la planta.

Per calcular aquests valors és necessari conèixer:

- **Vida útil de la planta:** el temps estimat de duració dels equips i de les instal·lacions, en aquest cas, serà de 20 anys, recuperant el valor del terreny i del capital circulant.
- **Construcció de les instal·lacions:** la planta tarda en construir-se dos anys aproximadament, de manera que el capital immobilitzat es divideix proporcionalment en dues parts.
- **Impostos:** es consideren un 36% sobre la base imposable de l'any anterior en cas que sigui positiva. Si es dones el cas que no hi ha beneficis, es consideraria la base imposable com a 0.
- **Beneficis:** es considera que el preu de venda dels productes es mantindrà estable durant la vida útil de la planta i sempre hi haurà ventes totals dels productes.
- **Valor residual:** és la quantitat de diners que es pot recuperar al final de la vida útil de la planta per la venda del terrenys, dels equips, instruments, etc. S'estima que els diners obtinguts per la venda dels equips es menyspreen davant dels costos de desmantellament, per tant, només es comptarà com a valor residual els diners obtinguts per la venda de la parcel·la.
- **Amortització:** consisteix en quantificar quin seria el cost econòmic per les empreses provinents de la depreciació anual del seu capital immobilitzat. Aquest cost és gradual i es va consumint mentre dura l'operació de la planta.

En aquest cas s'escull amortització per saldo decreixent:

$$A_j = I \cdot r \cdot (1 - r)^{j-1}$$

$$r = 1 - \left(\frac{VR}{I}\right)^{\frac{1}{t}}$$

Taula 59. Dades per calcular les amortitzacions

Temps de vida útil (anys)	20
Capital immobilitzat (I)	75.529.897,28
Valor residual (VR)	6.122.025,00
r	0,12

A continuació és mostren els càlculs de les amortitzacions, considerant que el primer any d'operació de la planta és l'any 2:

Taula 60. Estimació de l'amortització (I)

Any	1	2	3	4	5
Amortització (Ai)	8.917.094,96	7.864.338,56	6.935.871,08	6.117.018,90	5.394.840,79



Taula 61. Estimació de l'amortització (II)

Any	6	7	8	9	10
Amortització (Ai)	4.757.923,36	4.196.200,71	3.700.795,29	3.263.877,67	2.878.542,75

Taula 62. Estimació de l'amortització (III)

Any	11	12	13	14	15
Amortització (Ai)	2.538.700,65	2.238.980,46	1.974.645,38	1.741.517,83	1.535.913,42

Taula 63. Estimació de l'amortització (IV)

Any	16	17	18	19	20
Amortització (Ai)	1.354.582,76	1.194.660,09	1.053.617,96	929.227,33	819.522,3194



Taula 64. Estudi de la rendibilitat de la planta

Anys	0	1	2	3	4	5
Capital immobilitzat	-37.764.948,64	-37.764.948,64				
Capital circulant		-11.329.484,59				
Valor residual						
Amortitzacions			-8.917.094,96	-7.864.338,56	-6.935.871,08	-6.117.018,90
Costos anuals			-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70
Ingressos anuals			42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18
Benefici brut			-2.509.653,48	-1.456.897,08	-528.429,60	290.422,58
Base imposable			0,00	1.052.756,40	928.467,48	290.422,58
Impostos sobre els beneficis (36%)				0,00	-378.992,30	-334.248,29
NFC	-37.764.948,64	-49.094.433,23	6.407.441,48	6.407.441,48	6.028.449,18	6.073.193,19

Taula 65. Estudi de la rendibilitat de la planta

Anys	6	7	8	9	10
Capital immobilitzat					
Capital circulant					
Valor residual					
Amortitzacions	-5.394.840,79	-4.757.923,36	-4.196.200,71	-3.700.795,29	-3.263.877,67
Costos anuals	-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70
Ingressos anuals	42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18
Benefici brut	1.012.600,69	1.649.518,12	2.211.240,77	2.706.646,19	3.143.563,81
Base imposable	1.012.600,69	1.649.518,12	2.211.240,77	2.706.646,19	3.143.563,81
Impostos sobre els beneficis (36%)	-104.552,13	-364.536,25	-593.826,52	-796.046,68	-974.392,63
NFC	6.302.889,35	6.042.905,23	5.813.614,96	5.611.394,80	5.433.048,85



Taula 66. Estudi de la rendibilitat de la planta

Anys	11	12	13	14	15
Capital immobilitzat					
Capital circulant					
Valor residual					
Amortitzacions	-2.878.542,75	-2.538.700,65	-2.238.980,46	-1.974.645,38	-1.741.517,83
Costos anuals	-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70
Ingressos anuals	42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18
Benefici brut	3.528.898,73	3.868.740,83	4.168.461,02	4.432.796,10	4.665.923,65
Base imposable	3.528.898,73	3.868.740,83	4.168.461,02	4.432.796,10	4.665.923,65
Impostos sobre els beneficis (36%)	-1.131.682,97	-1.270.403,54	-1.392.746,70	-1.500.645,97	-1.595.806,59
NFC	5.275.758,51	5.137.037,94	5.014.694,78	4.906.795,51	4.811.634,89

Taula 67. Estudi de la rendibilitat de la planta

Anys	16	17	18	19	20	21	22
Capital immobilitzat							
Capital circulant							11.329.484,59
Valor residual							6.122.025,00
Amortitzacions	-1.535.913,42	-1.354.582,76	-1.194.660,09	-1.053.617,96	-929.227,33	-819.522,32	
Costos anuals	-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70	-36.370.749,70	
Ingressos anuals	42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18	42.778.191,18	
Benefici brut	4.871.528,06	5.052.858,72	5.212.781,39	5.353.823,52	5.478.214,15	5.587.919,16	
Base imposable	4.871.528,06	5.052.858,72	5.212.781,39	5.353.823,52	5.478.214,15	5.587.919,16	
Impostos sobre els beneficis (36%)	-1.679.732,52	-1.753.750,10	-1.819.029,14	-1.876.601,30	-1.927.376,47	-1.972.157,09	-2.011.650,90
NFC	4.727.708,97	4.653.691,38	4.588.412,34	4.530.840,18	4.480.065,01	4.435.284,39	15.439.858,69

Com s'observa a la taula 63, 64, 65 i 66 s'estimen els valors dels fluxos de caixa per determinar si es rentable o no la planta, tenint en compte el valor dels impostos sobre els beneficis del 36%. A continuació es mostra l'expressió per calcular els fluxos de caixa:

$$NCF_j = CI + CC + VR + C_j + I_j + Impostos$$

On CI és el capital immobilitzat, CC el capital circulant, VR és valor residual, C_j els costos totals anuals i I_j els ingressos anuals.

Com s'observa a la taula 63, 64, 65 i 66 els NCF corresponents als dos primers anys són negatius, ja que indiquen el capital invertit durant els dos anys dedicats a la construcció de la planta. En canvi, els NCF obtinguts durant la vida útil de la planta són positius, de tal manera que es pot confirmar que el projecte serà viable econòmicament i proporcionarà beneficis a partir del 3er - 4t anys de la seva vida útil.

Per reafirmar la rendibilitat del projecte es calcula el VAN per diferents interessos, calculant així la TIR quan el VAN és nul.

7.4.3.2.2. Valor Actual Net i Taxa de rendibilitat Interna

Una vegada estimats els fluxos de caixa de la planta, es poden realitzar les actualitzacions dels mateixos calculant el VAN i el TIR, per així també poder analitzar la flexibilitat disponible de la planta respecte els canvis d'interès.

El valor actual net és, com s'ha esmentat anteriorment, un criteri d'inversió que consisteix en actualitzar els ingressos i costos del projecte per a conèixer quan es guanya o quan es perd amb aquesta inversió.¹¹

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

Figura 2. Fórmula pel càlcul del VAN

La taxa de rendibilitat ens dóna una idea de la viabilitat del projecte i serveix per a que inversionistes decideixin si participen o no en ell, ja que el seu càlcul permet comparar el valor actual de les despeses amb els ingressos que s'han projectat per més endavant.¹²

El valor del TIR ens dóna una idea de l'interès pel qual el projecte deixa de ser rentable, és a dir, l'interès que fa que el valor del VAN sigui nul. Així mateix, sempre que els valors del VAN siguin positius ($VAN > 0$) es conclourà que la planta es rentable, mentre que si el VAN fos negatiu (< 0), llavors la planta no seria rendible per aquell interès.

Es calculen els valors del VAN a partir de la següent fórmula (semblant a la figura 2):

$$VAN = \sum_{n=1}^t \frac{NCF_n}{(1+i)^n}$$

On el VAN és el valor actual net (€), NFC_n són els fluxos de caixa a l'any n (€) i la "i" és el tipus d'interès.

Es presenta l'evolució del VAN segons els tipus d'interès utilitzats:

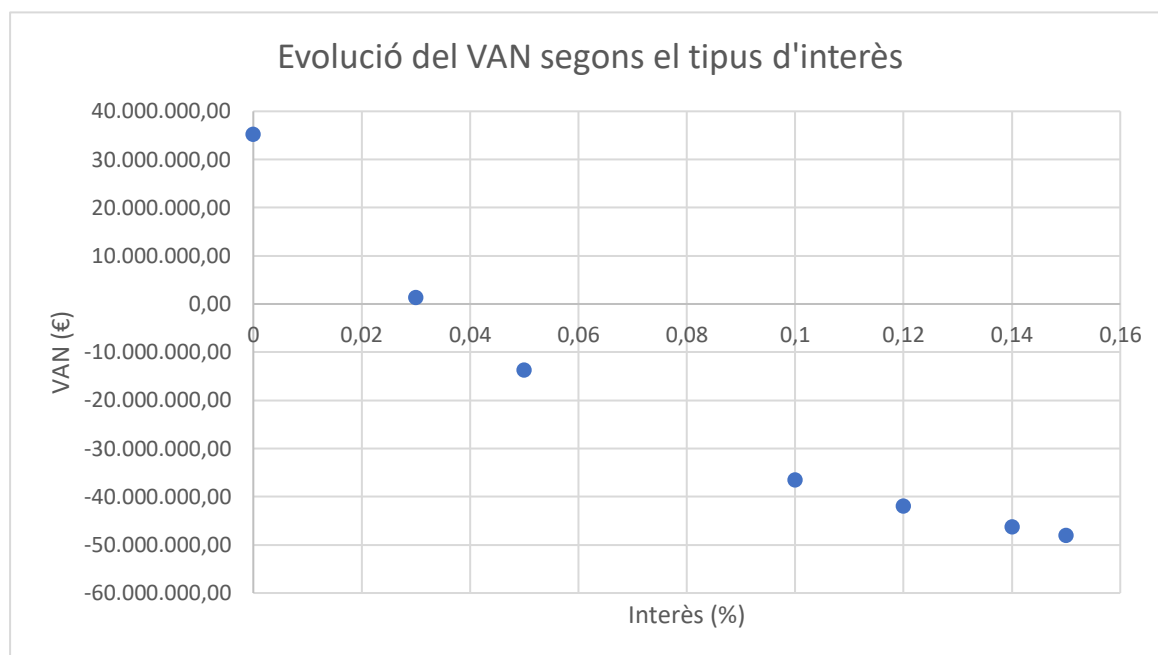


Figura 3. Representació gràfica de l'evolució del VAN segons els tipus d'interès

Com s'observa a la figura 3, el projecte serà rentable per interessos inferior al 3,18%, és a dir, tots els valors per sota d'aquest interès suposaran un valor positiu del VAN, per tant, el major rendibilitat tindrà el projecte industrial. No obstant, qualsevol variació en les característiques del projecte podria veure afectat a la rendibilitat del projecte.

7.4.3.2.3. Temps de retorn (pay-back)

Una vegada calculats els fluxos de caixa i comprovada la rendibilitat de la planta, es pretén calcular el període de temps que es tardarà en recuperar tota la inversió inicial realitzada l'any 0 i 1.

El pay-back o termini de recuperació és un criteri per avaluar les inversions que es defineix com el període de temps requerit per recuperar el capital inicial d'una inversió. És un mètode estàtic per l'avaluació de les inversions.¹³

Mitjançant aquest pay-back es coneix el número de períodes, normalment anys, que es tarda en recuperar la inversió realitzada a l'inici d'un projecte, el que es crucial a l'hora de realitzar un projecte d'aquestes característiques.

Si els fluxos de caixa són iguals durant tots els anys del projecte, el pay-back es calcularà de la següent manera:

$$Pay - back = \frac{I_0}{NCF}$$

On I_0 és la inversió inicial del projecte i NCF els fluxos de caixa.

No obstant, en aquest cas, els fluxos de caixa són diferents, s'haurà d'anar restant els fluxos de caixa de cada període a la inversió inicial, fins que s'arribi al període on es recupera aquesta inversió.

$$Pay - back = a + \frac{I_0 - b}{NCF_t}$$

On a és el número del període immediatament anterior fins a recuperar la inversió inicial, I_0 és la inversió inicial del projecte, b és la suma dels fluxos de caixa fins el final del període " a " i F_t és el valor del flux de caixa de l'any en que es recupera la inversió. Clarament, interessa més una inversió on el termini de recuperació sigui menor.

La inversió inicial del projecte és de -86.859.381,87 €. Com s'esmenta a la bibliografia¹³, es calcula el valor dels NCF on casi es recuperi la inversió inicial, en aquest cas, la suma dels NCF fins l'any 16 és de 83.994.009,12 €, per tant, faltaran 2.865.372,75 € per a recuperar la inversió. Com a l'any 17 es recuperen més de 2.865.372,75 €, en concret 4.653.691,38 €, ja es pot calcular el pay-back amb l'equació esmentada anteriorment:

$$Pay - back = 16 \text{ anys} + \frac{86.859.381,87 - 83.994.009,12}{4.653.691,38} = 16,62 \text{ anys}$$

Per tant, es recuperarà la inversió inicial entre l'any 16 i 17. Quan més es tarda en recuperar menys atractiu serà el projecte industrial per els inversors.

7.4.3.2.4. Estudi de sensibilitat

Per finalitzar amb l'avaluació econòmica de la planta, es realitza un estudi de sensibilitat per poder analitzar canvis a la rendibilitat del projecte en funció de les variacions, com per exemple, els preus de mercat de les matèries primeres i productes, degut a que els preus no son fixes i varien amb el temps.

- Estudi de sensibilitat segons el preu de les matèries primeres com l'etilenglicol i l'àcid nítric:

Els costos de les matèries primeres són els més significatius dels costos de fabricació. Per comprovar la variació més crítica, es realitzen dos estudis: la disminució del preu de l'etilenglicol i el de l'àcid nítric un 30%.

Si es disminueix un 30% el preu del nítric nou, el preu de l'àcid nítric regenerat serà nul, ja que s'estalvia aquesta part que s'envia a reconcentració. Per tant, els costos de les matèries primeres quedarien com:

Taula 68. Estimació dels costos de les matèries primeres, disminuint el 30% del preu de l'àcid nítric

Matèria primera	Quantitat anual (T/any)	Cost unitari (€/T)	Cost anual (€/any)
Àcid nítric	8.211,46	157,78	1.295.603,53
Àcid sulfúric	6.303,74	84,04	529.766,65
Etilenglicol	19.021,82	608,20	11.569.073,36
Oxigen	26.542,08	163,80	4.347.592,70
Hidròxid de sodi	279,24	109,47	30.568,93
Cost total M1 (€)			17.772.605,16

En aquest cas, el cost de les matèries primeres ha disminuït 2MM € aproximadament, fet que provoca la disminució dels costos totals fins a 34.848.499,68 €.

Amb aquesta variació del 30% en el cost de l'àcid nítric provoca un augment dels beneficis, que ja són positius a partir de l'any 3, per tant, varien també els fluxos de caixa i el temps de recuperació de la inversió inicial. El pay-back és de 13.46 anys.

Si es compara el valor del VAN i del TIR amb aquesta variació del preu de l'àcid nítric s'observa el següent a la figura 4:

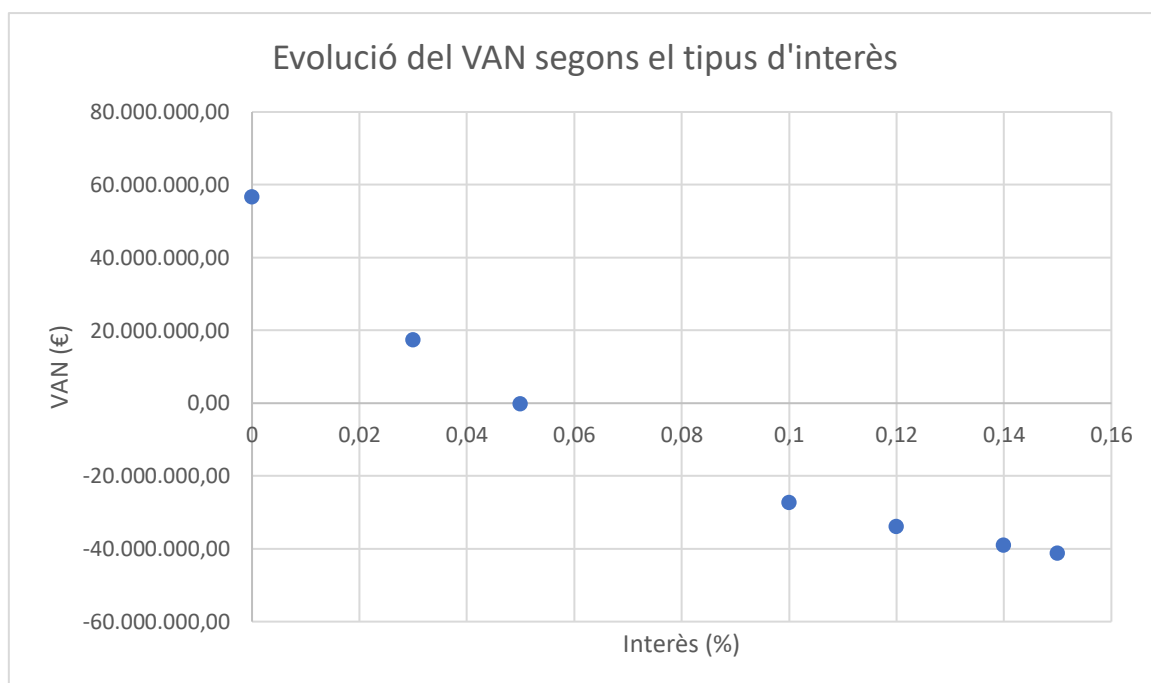


Figura 4. Representació del VAN segons diferents interessos, amb la disminució del 30% del preu de l'àcid nítric.

S'observa que el projecte serà rentable per interessos majors comparat al VAN de la figura 3. En aquest cas el TIR és de 4,98%. Quan més barat sigui el preu de compra de l'àcid nítric, major serà el rendiment de l'empresa.

Això mostra, que seria interessant la implantació de la planta de recuperació total d'àcid nítric, així s'estalviaria la reconcentració a gestió externa.

En el cas de disminuir el 30% del preu de venda de l'etilenglicol, també es veuria una disminució significativa del cost de les matèries primeres. El preu de venda de l'etilenglicol quedaria 425,74 €/T. Amb aquesta variació, els beneficis serien sempre positius, per tant, disminueix el pay-back, és a dir, que es recupera la inversió inicial al cap de 10,75 anys.

El projecte serà rentable per interessos majors (7,69%), com s'observa a la figura 5:

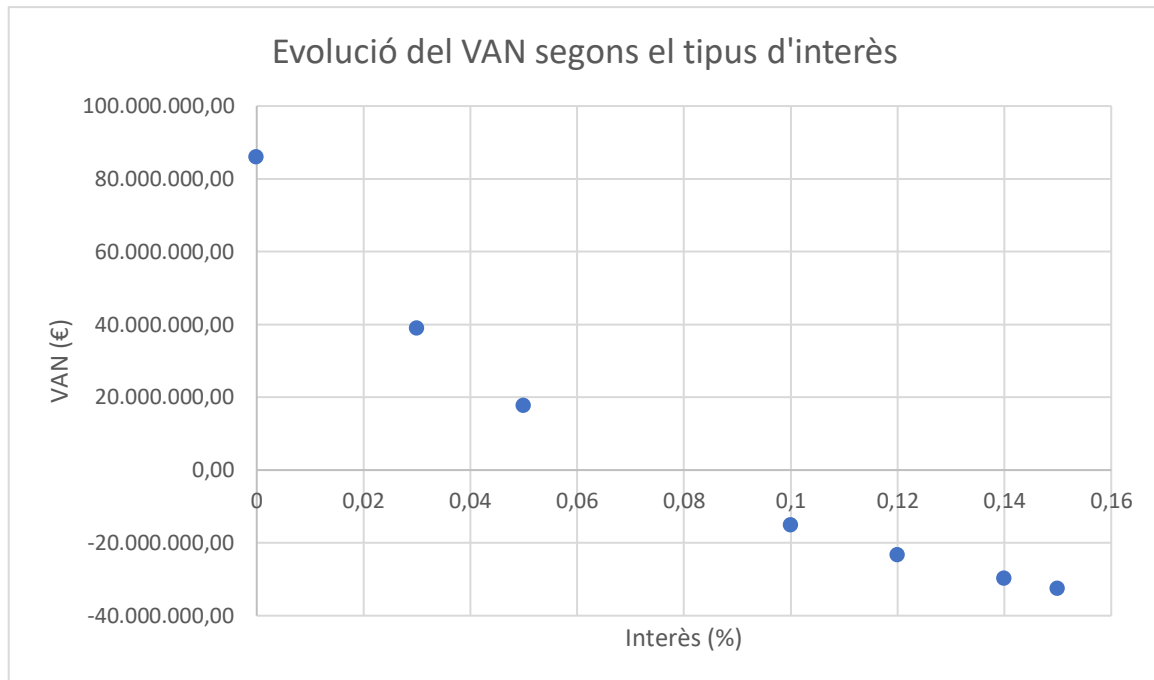


Figura 5. Estimació del VAN segons diferents interessos, disminuint el preu de l'etilenglicol un 30%.

- Estudi de sensibilitat de la disminució del consum d'oxigen:

Si es disminueix el consum d'oxigen al 0 el cost de les matèries primeres baixa considerablement, i amb això els costos totals fins a 31.631.873,65 €.

Els fluxos de caixa augmenten considerablement, i amb això disminueix el pay-back, per tant, la inversió inicial es recuperaria als 9,93 anys.

Com s'observa a la figura 6, el projecte serà rentable per interessos inferiors al 8,56%, és a dir, tots els valors per sota d'aquest interès suposaran un valor positiu del VAN, per tant, quan més elevat sigui el valor del TIR, major rendibilitat disposarà la planta.

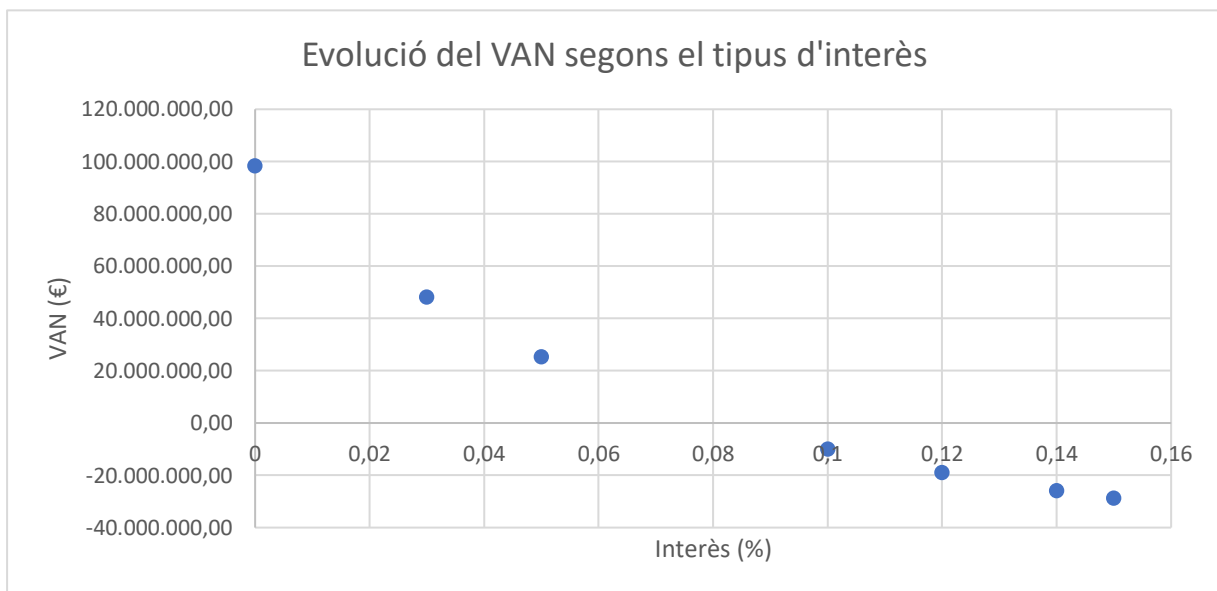


Figura 6. Evolució del VAN segons diferents interessos disminuint el consum d'oxigen

Per tant, seria molt interessant disposar d'una màquina que permet produir oxigen.

- Estudi de sensibilitat del preu de venda de l'àcid oxàlic:

Com s'ha esmentat anteriorment, el preu de venda de l'àcid oxàlic és de 1.201,80 €/T. L'estudi que es realitza a continuació es fa incrementant el preu de venda un 50%, obtenint així un valor de 1.802,70 €/T.

Taula 69. Ventes totals anuals amb un preu de venda incrementat

Producte	Producció anual (T/any)	Preu unitari (€/T)	Ventes (€/any)
Àcid oxàlic	35.595,10	1.802,70	64.167.286,77

Al augmentar en un 50% el preu de venda del producte, els beneficis augmenten considerablement, i és per això que els fluxos de caixa augmenten, fent així, disminuir el temps de recuperació de la inversió inicial fins a 4.41 anys.

En aquest cas, l'interès augmenta fins un 22,07%.

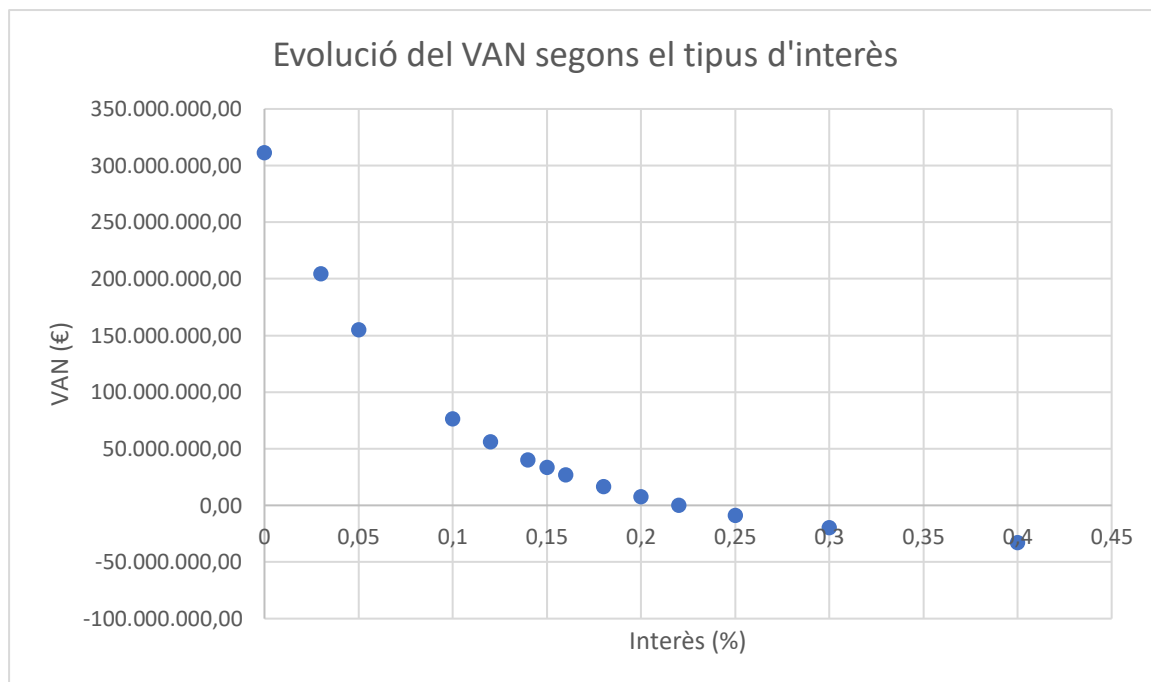


Figura 7. Evolució del VAN segons diferents interessos augmentant el preu de venda del producte.

Amb aquest augment del preu de venda de l'àcid oxàlic, els beneficis són positius, mentre que amb el preu inicial de venda del producte els beneficis començaven a ser positius a partir de l'any 4.



Des d'un principi no val la pena arriscar els diners construint una fàbrica, introduir un nou producte al mercat per la petita diferència que ens podria donar respecte posar els diners al banc. No valdria la pena prendre el risc, però si es fan inversions a la fàbrica, com la compra de la màquina de producció d'oxigen i la instal·lació del procés de concentració del nítric, llavors potser sí que seria més interessant.

Per tant, a part de l'avaluació econòmica, seria interessant realitzar un estudi de mercat, per determinar la viabilitat de l'augment del preu de venda de l'àcid oxàlic.



7.5. Referències bibliogràfiques

- ¹Adroit Market Research (19 de juliol de 2020). *Global Oxalic Acid Market*. Bulk and Platform Chemicals. Recuperat el 10/06/21 de <https://www.adroitmarketresearch.com/industry-reports/oxalic-acid-market>
- ²StrategyR Influencer Driven. *Global Industry Analysts, Inc.* Oxalic Acid Global Market Trajectory & Analytics. Recuperat el 10/06/21 de <https://www.strategyr.com/market-report-oxalic-acid-forecasts-global-industry-analysts-inc.asp>
- ³OXAQUIM (2020). *Hablar de oxálico es pensar en OXAQUIM*. Desarrollo y fabricación de productos de Ácido Oxálico y Oxalatos de Potasio. Recuperat el 10/06/21 de <https://oxaquim.com/es/empresa/>
- ⁴Fernández, Rosa (11 de desembre de 2020). *Precio medio del metro cuadrado de suelo urbano por provincia Cataluña T4 de 208*. Statista. Recuperat el 10/06/21 de <https://es.statista.com/estadisticas/617774/precio-medio-del-metro-cuadrado-de-suelo-urbano-por-provincia-cataluna/>
- ⁵Adevinta Spain S.L.U. *Solares Industriales en Tàrrega*. Habitaclia. Recuperat el 10/06/21 de https://www.habitaclia.com/solares_industriales-tarrega.htm
- ⁶Lifull Connect. Terreno industrial Lleida. Casas Trovit. Recuperat el 10/06/21 de <https://casas.trovit.es/terreno-industrial-lleida>
- ⁷Brand Connect. *The Chemical Engineering Plant Cost Index*. Chemical Engineering Essentials for the CPI Professional. Recuperat el 10/06/21 de <https://www.chemengonline.com/pci-home>
- ⁸Chemical Engineering (18 de març de 2021). *Plant Cost Index Archives*. Chemical Engineering Essentials for the CPI Professional. Recuperat el 10/06/21 de <https://www.chemengonline.com/site/plant-cost-index/>
- ⁹Payper, S.A. (2017). *Ensacado*. Bagging & Palletizing solutions. Recuperat el 14/06/21 de <https://www.payper.com/es/ensacado>
- ¹⁰BOE – Boletín oficial del estado (Dimecres 8 d'agost de 2018). Resolución de 26 de julio de 2018, Convenio colectivo general de la industria química. Recuperat el 15/06/21 de <https://www.boe.es/boe/dias/2018/08/08/pdfs/BOE-A-2018-11368.pdf>
- ¹¹Velayos Morales, Victor. *Valor actual neto (VAN)*. Economipedia, haciendo fácil la economía. Recuperat el 15/06/21 de <https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>
- ¹²Educació financera. *Tasa Interna de Retorno (TIR)*. BBVA. Recuperat el 15/06/21 de https://www.bbva.mx/educacion-financiera/t/tasa_interna_de_retornotir.html
- ¹³Velayos Morales, Victor. *Payback o plazo de recuperación*. Economipedia, haciendo fácil la economía. Recuperat el 15/06/21 de <https://economipedia.com/definiciones/payback.html>
- ¹⁴Shanxi Province Yuanping Chemicals Co., Ltd (2016). Chemical book. Show Supplier Product list. Recuperat el 15/06/21 de https://www.chemicalbook.com/ShowSupplierProductsList8914/0_EN.htm