

PLANTA DE PRODUCCIÓ D'ETILBENZÈ

TREBALL DE FI DE GRAU EN ENGINYERIA
QUÍMICA



EBYL

Carles Contreras Rafanell
Aarón Llera Toro
Elena Hurtado López
Karima Jihari Bouabidi
Emma Zurera Gómez
Víctor Rodrigo Sánchez Altabás
Miguel Ángel Melendo Castaño

Tutor: Albert Bartrolí Almera

Cerdanyola del Vallés, Juny de 2023

UAB

Universitat Autònoma de Barcelona
Escola d'Enginyeria



EBYL

**Volum 7.
Avaluació
econòmica**

Taula de continguts

7. Avaluació econòmica	2
7.1 Introducció	2
7.2 Estudi de mercat	2
7.2.1 Producció d'etilbenzè.....	2
7.2.2 Consum mundial d'etilbenzè	3
7.2.3 Preu mitjà de l'etilbenzè	5
7.2.4 Preu mitjà dels reactius.....	5
7.2.5 Anàlisi DAFO	6
7.3 Avaluació de la viabilitat econòmica del projecte	7
7.3.1 Despeses prèvies.....	7
7.3.2 Capital immobilitzat	7
7.3.3 Capital circulat	22
7.3.4 Inversió inicial total.....	22
7.3.5 Estimació dels costos de producció	23
7.4 Vendes.....	30
7.5 Rendibilitat del projecte	30
7.5.1 Amortitzacions	30
7.5.2 Càlcul del Net Cash Flow (NCF)	32
7.5.3 Càlcul del Valor Actual Net i de la Taxa Interna de Retorn	34
7.5.4 Recuperació de la Inversió inicial (<i>Pay-back</i>).....	36
7.6 Estudi de sensibilitat	36
7.6.1 Estudi de la sensibilitat en el preu de les matèries primes.....	37
7.6.2 Estudi de la sensibilitat en el preu de venda	45
7.6.3 Comparació dels resultats de l'estudi de la sensibilitat.....	53
7.7 Conclusions	54
7.8 Webgrafia.....	55

7. Avaluació econòmica

7.1 Introducció

En el setè capítol, s'estudiarà la viabilitat econòmica de la producció del compost químic etilbenzè en les instal·lacions de la planta EBYL. Aquest estudi es realitza amb l'objectiu d'establir si a la planta es realitza un procés viable o no. Aquest és un punt important en qualsevol projecte. En el cas d'obtenir un resultat del balanç econòmic negatiu, el projecte no es podrà dur a terme. Així doncs, és rellevant que els beneficis siguin superiors als costos totals.

L'avaluació econòmica s'iniciarà amb una anàlisi de l'estudi de mercat on s'estudiaran els diferents preus per a la compra de les matèries primeres i el preu de venda que s'assignarà al producte, etilbenzè.

Per aquesta avaluació també s'hauran de tenir en compte tots els costos que suposa el disseny i construcció d'un projecte d'aquestes dimensions. Entre aquests s'inclouen els costos de fabricació de la planta, els costos de producció, a més a més dels costos generals on es troben els administratius per exemple. També s'haurà de tenir en compte el capital immobilitzat i circulat. Aquests costos es contrarestaran amb els beneficis que s'obtindran a través dels ingressos per les vendes de l'etilbenzè en el mercat.

Un cop avaluats els costos i ingressos de la planta, es podrà determinar la rendibilitat de la planta EBYL, a partir del mètode del Net Cash Flow. Aquesta estimació de fluxos anuals permet el càlcul del Valor Anual Net (VAN) i la taxa interna de retorn (TIR) al llarg de la seva vida útil estimada, que en el cas de la planta EBYL és de 15 anys.

Finalment, s'elabora una anàlisi de la sensibilitat dels preus de les matèries primeres i també del preu de venda de l'etilbenzè, ja que aquests no són fixes amb el temps. D'aquesta manera es pot comprovar l'efecte de certes variables amb l'objectiu d'identificar millores en el disseny del procés i ajudar en la prevenció d'inconvenients que poden anar sorgint.

7.2 Estudi de mercat

L'estudi de mercat és una investigació de la viabilitat comercial i econòmica de la planta, determina si el producte, que l'empresa EBYL té intenció de produir i vendre, té un mercat amb suficient demanda.

En aquest apartat es recopilen les dades associades a la producció, demanda, costos de les matèries primeres i clarament del producte.

Es compara amb altres empreses del mercat per tal de conèixer la competència, els clients potencials i els patrons de compra que permeten analitzar quin serà el públic objectiu, per tal de treure el màxim benefici possible.

7.2.1 Producció d'etilbenzè

L'etilbenzè es fabrica comercialment a partir d'una reacció catalitzada d'etilè i benzè a una temperatura i pressió ajustades, per tal d'arribar a la màxima producció.

La principal aplicació industrial de l'etilbenzè és el seu ús com a matèria primera per a la producció d'un altre producte químic, el monòmer d'estirè. A partir de la polimerització d'aquest, s'obté el poliestirè que es fa servir en la fabricació de resines, plàstics, etc. A més a més, d'altres usos com a combustible o solvent. Però aquest no és l'únic mercat en el qual s'expandeix, també s'utilitza en altres productes: la benzina, el gas natural, la pintura i inclús l'asfalt. El que provoca un gran interès en la seva producció, ja que té unes àmplies aplicacions industrials que poden donar grans beneficis per a les empreses productores. [1]

La producció d'estirè té una influència molt positiva en la demanda d'etilbenzè, ja que és un precursor de polímers industrials com el poliestirè, els elastòmers, entre altres. Aquests materials tenen molts usos finals, que varien des de l'embalatge, fins a l'agricultura o la construcció. És per aquesta gran aplicació que la planta EBYL enviarà part de la seva producció per canonada a una empresa externa, per tal que utilitzin l'etilbenzè com a matèria primera per a la síntesi d'estirè.

El poliestirè s'utilitza principalment en els envasos d'emmagatzematge de baix cost, com tapes o gots de venda. Després de la COVID-19, l'ús del poliestirè derivat de l'etilbenzè per a la producció d'aquests envasos va créixer exponencialment en el mercat, quatre anys després encara té un gran pes en la indústria.

Les emulsions acríliques d'estirè tenen un alt valor en l'aplicació industrial, s'empra principalment com a revestiments arquitectònics, tant per a les parets com als sostres, ja que presenten una bona adherència, resistència a l'aigua, a la calor i inclús a l'oli. Es pot fer servir també com adhesiu de paper. [2]

Amb totes aquestes aplicacions es determina que els potencials clients són aquells de la indústria de la construcció, indústria petroquímica i inclús la indústria l'automobilística. Les aplicacions de l'etilbenzè estan representades de forma qualitativa a la **Figura 7.1**.



Figura 7.1. Representació qualitativa de l'aplicació de l'etilbenzè

7.2.2 Consum mundial d'etilbenzè

L'estudi realitzat per Zion Market Research "Ethyl Benzene Market Size, Share, Growth Report 2030" mostra una idea força clara. Els guanys en el mercat global en la venda d'etilbenzè aniran en augment, per corroborar-ho compara els valors econòmics obtinguts l'any 2021, 22,3 USD Billion respecte als que s'esperen a l'any 2028, 31,3 USD Billion. [3]

Aquest estudi coincideix amb el realitzat per *Mordor Intelligence*. Tots dos mostren com l'etilbenzè es comercialitza gairebé arreu del món (Àsia, Nord-Amèrica, Europa, Sud-Amèrica, a l'Orient Mitjà i a l'Àfrica), el que afavoreix l'exportació a altres països i millora les expectatives de cara a unes altes vendes i una projecció econòmica positiva.

Tot i que es comercialitzi per gairebé tot el globus, sense cap dubte el continent asiàtic domina el mercat. El creixement de la indústria de l'etilbenzè a la zona d'Àsia Pacífic sobre la previsió, està subjecte a un creixement massiu de productes en els sectors de construcció i embalatge. També a l'augment de l'aplicació com a solvent i reactiu en pintures i revestiments, colorants, perfums, tintes...

Segons els registres, sense cap dubte la Xina és el productor més gran i consumidor d'etilbenzè a tot el món i, això alimentarà encara més l'expansió del mercat regional a aquesta zona durant els anys vinents.

L'expansió a l'estranger és interessant econòmicament, ja que segons *l'Associació de la Indústria de l'Embotellat de l'Índia (PIAI)*, el mercat d'embalatge a l'Índia es va valorar en USD 50,5 mil milions el 2019 i s'espera que assoleixi els USD 204,81 mil milions per al 2025, amb una CAGR del 26,7%. Aquestes dades aporten un augment en la demanda per als envasos al país, estímulant així la demanda d'etilbenzè. [2]

El creixement del mercat segons *Mordor Intelligence* entre els anys 2021 i 2026 està representat a la **Figura 7.2**.

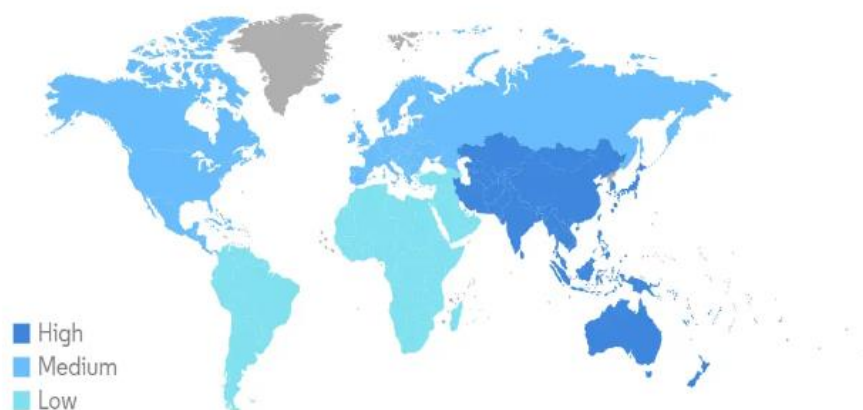


Figura 7.2: Creixement del mercat mundial entre els anys 2021-2026

El mercat de producció d'etilbenzè es troba fragmentat. Les principals empreses que representen al sector, i que seran competència de la planta EBYL, són:

- *LyondellBasell Industrial Holding BV*
- *Chevron Phillips Chemical Company LLC*
- *INEOS*
- *Honeywell International Inc*

Aquestes entre altres són unes de les majors participants en la indústria que han generat un gran impacte en el creixement del mercat de l'etilbenzè i que ho continuaran fent en les pròximes dècades.

7.2.3 Preu mitjà de l'etilbenzè

El preu de l'etilbenzè pot variar segons la ubicació geogràfica i les condicions del mercat, conjuntament amb altres factors. Donat que la planta EBYL està situada a Tarragona, Espanya, el preu oficial de venda estarà marcat en les condicions actuals del país i com a extensió també els de la comunitat europea.

No s'han trobat dades actuals sobre el preu de l'etilbenzè en data maig de l'any 2023, el preu més recent obtingut és de l'any 2018. En aquell moment el preu datava a 1020 USD/tona a Bèlgica, el que seria equivalent a 936,88 €/tona. Aquest no serà el preu de venda utilitzat en la planta EBYL, considerant la tendència a l'augment d'aquest, s'estableix que serà de 1300 €/tona. [4]

7.2.4 Preu mitjà dels reactius

Els reactius usats per a la producció d'etilbenzè són l'etilè i el benzè. Igual que succeeix amb l'etilbenzè, el preu d'aquests està condicionat per factors que afecten directament al mercat.

7.2.4.1 Etilè

L'etilè utilitzat com a matèria primera en la planta EBYL no és pur, sinó que vindrà diluït amb altres productes en una composició en volum de: metà al 20%, età al 30% i l'etilè, per tant, un 50%.

El preu de l'etilè ha anat variant durant el primer semestre de l'any 2023. Inicialment, els preus de l'etilè es van mantenir estables a causa de la consistent demanda en la indústria del polietilè. Però a mesura que avançava l'any el cost de producció es va disparar gràcies a l'augment del cost en la nafta com a matèria primera. Això referit a l'àmbit Europeu, les importacions d'etilè es van mantenir comparativament més altes que els preus regionals, ja que els preus continuaven en augment al mercat asiàtic. [5]

Exportar la matèria primera del mercat estranger no és la via més econòmica, ja que tot i que els preus disminuïssin, amb el transport hauria de tenir un preu molt més baix perquè fos rendible. Així doncs, es decideix treballar amb l'etilè provinent d'Europa, com a resultat de les fluctuacions el preu de l'etilè daten al mes de març del 2023 a USD 940/TM que seria el mateix que 871,94 €/tona. [5]

Aquest preu obtingut és de l'etilè pur, donat que l'utilitzat a la planta EBYL no ho és, s'ha buscat més informació per marcar el preu. S'estableix que serà menor concretament de 639 €/tona. [4]

7.2.4.1 Benzè

El benzè usat com a matèria primera en la planta EBYL presenta unes lleugeres impureses de toluè en volum, el percentatge de benzè serà de 99,15%, i 0,84% de toluè.

El preu del benzè, igual que el de l'etilè, va anar fluctuant al llarg de l'any 2022. En el cas del benzè això succeeix a causa de la demanda del producte de la indústria *Downstream* (en l'estirè i altres solvents). El preu del benzè va incrementar-se a causa de l'augment dels preus del cru de petroli que van elevar els costos de producció. Donada l'alta demanda de productes en el sector automotriu els preus es van estabilitzar.[6]

El benzè s'obtindrà al mes de maig a un preu de 885,05 €/tona [7], però aquest és benzè al 100% de puresa que no és el cas de l'empresa EBYL, per tant, el preu serà molt menor concretament de 639 €/tona. [4]

7.2.5 Anàlisi DAFO

El concepte DAFO és una tècnica indispensable per analitzar la situació actual de la planta i així poder prendre les decisions estratègiques adequades. És molt utilitzat en l'estudi de mercat. [8]

Aquesta anàlisi es divideix en dues parts, per tal d'analitzar tant l'entorn extern com les característiques internes del negoci. La part interna estudia les fortaleeses i debilitats i l'externa les amenaces i oportunitats.

Gràficament es representen:

- **Debilitats:** Aspectes limitadors de la capacitat de desenvolupament del projecte. [8]
- **Amenaces:** Són tots aquells factors que poden arribar a impedir l'execució del projecte o posen en perill la viabilitat d'aquest. [8]
- **Oportunitats:** Factors aliens al projecte que afavoreixen el seu desenvolupament o brinden la possibilitat d'implantar millores. [8]
- **Fortaleeses:** Reuneixen el conjunt de recursos interns, posicions de poder i qualsevol mena d'avantatge competitiu propi dintre del projecte. [8]

Taula 7.1. Anàlisi DAFO

	INTERN	EXTERN
NEGATIU	Debilitats: <ul style="list-style-type: none"> - Empresa nova al sector - Poca experiència al mercat - Elevat consum energètic - Alta inversió inicial 	Amenaces: <ul style="list-style-type: none"> - Variació en el preu de les matèries primeres. - Disminució en la necessitat del producte en el mercat - Competitivitat amb altres empreses
POSITIU	Fortaleeses : <ul style="list-style-type: none"> - Producció en continu - Aprofitament energètic - Gran capacitat de producció - Control del procés - Alta puresa del producte - Respectuós amb el medi ambient 	Oportunitats: <ul style="list-style-type: none"> - Demanda constant, durant tot l'any, no estacionari - Matèria primera molt demandada - Expectativa respecte al creixement del preu del producte final

7.3 Avaluació de la viabilitat econòmica del projecte

A continuació, s'estimaran els factors econòmics del projecte. En aquest estudi s'engloben des de les despeses prèvies, el capital immobilitzat i circulat fins a tots els costos relacionats amb la producció i l'operació i posada en marxa, entre altres.

7.3.1 Despeses prèvies

Les despeses prèvies estan referides al capital que ha de tenir l'empresa inicialment per poder posar en marxa el projecte, són les corresponents al disseny del projecte, a la investigació en l'estudi del mercat i la gestió en l'organització de les necessitats.

En comparació als costos del disseny, construcció i producció de la planta, aquestes despeses són una petita part i es poden menysprear.

7.3.2 Capital immobilitzat

El capital immobilitzat comprèn el conjunt d'elements utilitzats com a béns d'ús, els materials, els equips i tot l'indispensable per a dur a terme el procés productiu.

Aquest cost suposa gran part de la inversió inicial i correspon a la compra del terreny on es trobarà la planta, la maquinària i aparells, canonades i vàlvules, és a dir, tots els elements que faran possible el funcionament i la producció de l'etilbenzè.

És un capital amortitzable, és a dir, es va retornant durant els anys amb les amortitzacions. Però cal tenir en compte que el valor final recuperat serà inferior a l'inicial, ja que va disminuint amb el temps a causa de l'ús dels equips i del seu envelliment.

Aquest capital es pot calcular per tres mètodes diferents:

1. Mètode global
2. Mètode del factor únic
3. Mètode del factor múltiple

S'escull el mètode del factor múltiple i dintre d'aquest el "Mètode de VIAN" per al càlcul dels costos. S'ha escollit aquest entre els tres possibles donat que és el més fiable i presenta menys error en els resultats respecte als altres dos.

7.3.2.1 Cost del terreny

Els costos del terreny es calcularan segons el mètode VIAN, on s'ha de tenir en compte el preu per metre quadrat de la zona on es construirà la planta i l'àrea que ocuparà la parcel·la. En el cas de la planta EBYL la planta serà construïda en el polígon industrial dels 'Gasos Nobles' a Tarragona i té una superfície de 53.235 m².

El valor mitjà aproximat de la parcel·la per metre quadrat oscil·la entre 100-200 €/m². Per al càlcul del cost s'utilitza l'equació 1.

$$C_{\text{terreny}} = A_{\text{parcel·la}} \cdot P_{\text{parcel·la}} \quad (1)$$

On:

- C_{terreny} = cost de la parcel·la (€).

- $A_{parcel·la}$ = àrea de la parcel·la (m^2).
- $P_{parcel·la}$ = preu del terreny ($€/m^2$).

$$C_{terreny} = 53.235 m^2 \cdot 100 \frac{€}{m^2}$$

$$C_{terreny} = 5.323.500 €$$

El cost final del terreny serà, per tant, de 5.323.500 €.

7.3.2.2 Cost dels equips

S'utilitzaran dos mètodes per al càlcul del cost d'equips:

- **Mètode algorítmic de Couper:** Utilitza diferents equacions en funció de l'equip, el material i la seva funció. Els valors dels equips estan datats en l'any 2002.
- **Mètode de correlacions de Sinnott R. & Towler G:** S'estima el cost dels equips a l'any 2006 amb l'equació 2.

$$C_e = a + b \cdot S^n \quad (2)$$

On:

- C_e : cost equip
- a y b: paràmetres relacionats amb la classe d'equip.
- S: valor del paràmetre característic de l'equip.

Donat que els valors dels costos estimats en tots dos mètodes no estan actualitzats a l'any actual, caldrà realitzar una conversió per transformar-los i també convertir les seves unitats. S'utilitzarà els CEPCI de l'any 2002 en el mes d'abril. El canvi del dòlar a euro actualment al mes de maig l'any 2023 és de:

$$1 \$ = 0,93 €$$

Els índex de CEPCI en l'any 2002, 2006 i 2023 estan representats a la **Taula 7.2**.

Taula 7.2. Índex anuals CEPCI

ÍNDEX CEPCI	
2002	395,6
2006	509,7
2023 (Abril)	801,4

El mètode *Sinnott & Towler* proporciona el preu d'equips per a una construcció amb acer inoxidable 304, però a la planta EBYL el material utilitzat és acer 316L. El preu d'aquest últim és un 20% major que el 304. Aquesta dada ha estat proporcionada per un taller de caldereria, per tant, també s'haurà d'usar una conversió per a obtenir el preu correcte.

Cost dels tancs d'emmagatzematge

Per al càlcul del cost dels tancs d'emmagatzematge s'empra el mètode algorítmic de Couper. A la planta EBYL es disposen de 18 tancs per a l'emmagatzematge de l'etilbenzè i 14 tancs per a l'emmagatzematge del benzè. En total hi ha 32 tancs amb un volum de 193,9 m³. Es realitzarà un exemple de càlcul per un dels tancs del benzè que serà equivalent als altres.

Exemple de càlcul per al tanc T-101: Aquest tanc d'emmagatzematge presenta un volum de 51.222,961 galons. A causa d'aquest volum tan gran s'emprarà l'equació 3 referida a tancs d'emmagatzematge del mètode algorítmic Couper. Aquest volum entra dintre dels límits predeterminats $21.000 < V < 11.000.000$ galons.

$$C = 1,218 * F_m * \exp(11,662 - 0,6104 * \ln(V) + 0,04536 * \ln(V)^2) \quad (3)$$

El valor del factor de matèria (F_m) està relacionat amb el material utilitzat per a la fabricació dels tancs, en aquest cas, acer inoxidable 316L. El F_m té un valor de 2.7.

$$C = 1,218 * 2,7 * \exp(11,662 - 0,6104 * \ln(51.222,961) + 0,04536 * \ln(51.222,961)^2)$$

$$C = 105.582,9 \$$$

Amb el valor del CEPCI i utilitzant el canvi de moneda s'assoleix un resultat de:

$$C = 105.582,9 \$ \cdot \frac{801,4 \$ 2023}{395,6 \$ 2002} \cdot \frac{0,93 €}{1 \$} = 198.915 €$$

Donat que els 32 tancs d'emmagatzematge presenten el mateix volum, es multiplicarà el preu obtingut per al tanc T-101 pel número de tancs i s'obté el cost total, en aquest cas:

$$C = 198.915 € \cdot 32 = 6.365.309 €$$

El cost dels tancs d'emmagatzematge és de **6.365.309 €**.

A la **Taula 7.3** es mostra un resum dels costos de tots els tancs d'emmagatzematge.

Taula 7.3. Paràmetres característics i resum dels costos de tots els tancs d'emmagatzematge

Equip	F _m	V (m ³)	V (galons)	Preu 2002 (\$)	Preu 2023(€)
T-101	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-102	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-103	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-104	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-105	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-106	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-107	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-108	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-109	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-110	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915

T-111	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-112	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-113	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-114	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-501	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-502	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-503	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-504	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-505	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-506	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-507	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-508	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-509	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-510	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-511	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-512	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-513	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-514	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-515	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-516	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-517	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
T-518	2,7	193,7	51.222,961	105.582,9	198.915
Cost total (€)					6.365.309

Cost dels tancs pulmó

En la planta EBYL es disposa de tres tancs pulmó, un en l'àrea 200 i dos en l'àrea 400. Es calcula el cost d'aquests.

Es calcularà amb la mateixa equació 3 anterior, tot i que en aquest cas, el volum dels tancs és diferent en cadascun d'ells. A la **Taula 7.4** es mostren els resultats.

Taula 7.4. Paràmetres característics i resum dels costos dels tancs pulmó

Equip	Fm	V (m ³)	V (galons)	Preu 2002 (\$)	Preu 2023(€)
TP-201	2,7	100	26.417,20	84.112,47	158.466
TP-401	2,7	134	35.399,05	92.548,31	174.359
TP-402	2,7	28	7.396,82	62.071,04	116.940
Cost total (€)					449.765

El cost dels tancs pulmó és de **449.765 €**.

Costs dels reactors

A la planta EBYL es disposen de 4 reactors, tres reactors d'alquilació (R-201, R-202, R-203) i un de tranquilació (R-204). Per al càlcul d'aquests, es fa servir el mètode de correlacions *de Sinnott R. &*

Towler G, per a "Tanques de techo cónico". Es fa a partir de l'equació 2 amb els paràmetres característics de l'equip.

Els límits superior i inferior en aquest cas, s'estableixen a partir de la seva capacitat, en m³. El límit superior és de 10 m³ i l'inferior és de 4.000 m³. A continuació es mostra el càlcul per al reactor R-201.

El volum del reactor R-201 és de 100 m³, per tant:

$$Ce = a + b \cdot S^n \quad (2)$$

$$Ce = 5.000 + 1.400 \cdot 100^{0,7}$$

$$Ce = 40.166,41 \text{ €}$$

A la **Taula 7.5** es mostra un resum del càlcul dels reactors amb els paràmetres corresponents.

Taula 7.5. Paràmetres característics i resum dels costos dels reactors

Equip	Capacitat (m ³)	Paràmetres			Cost any 2006 (\$)	Cost any 2023 (€)
		a	b	n		
R-201	100	5.000	1.400	0,7	40.166,41	58.732,79
R-202	200	5.000	1.400	0,7	62.128,00	90.845,84
R-203	225	5.000	1.400	0,7	67.037,71	98.025
R-204	4	5.000	1.400	0,7	8.694,62	12.713,59
					Cost total (€)	260.318

Els costos totals per als reactors és de **260.318 €**.

Costs dels bescanviadors

En la planta EBYL es disposen de dotze bescanviadors de calor, disposats en les àrees 200, 300 i 400. Per al càlcul dels costos d'aquests s'utilitzarà el mètode de correlacions de *Sinnot R. & Towler G*. Continuant amb l'equació 2 es farà l'exemple del bescanviador E-201.

L'E-201 és un bescanviador de carcassa i tubs amb una àrea de bescanvi de 451,3 m², per tant, entra dintre dels límits superior (1000 m²) i inferior (10 m²).

$$Ce = a + b \cdot S^n \quad (2)$$

$$Ce = 24.000 + 46 \cdot 451,3^{1,2}$$

$$Ce = 94.488,2 \$$$

Aquest preu data de l'any 2006, s'actualitza a l'any 2023 i també es fa el canvi monetari.

$$C = 94.488,2 \$ \cdot \frac{801,4 \$ 2023}{509,7 \$ 2006} \cdot \frac{0,93 €}{1 \$} = 138.164,06 €$$

Hi ha tres bescanviadors de calor que superen el límit d'àrea de bescanvi i, aleshores, s'utilitzarà el mètode algorítmic de Couper. Els bescanviadors que superen el límit són l'E-301 (1.201,4 m²), l'E-401 (1.393,7) i l'E-402 (3.190,9 m²). El bescanviador E-404, tot i no superar el límit, juntament amb l'E-402

són els reboilers referits de les dues columnes de rectificació i, per tant, també caldrà calcular-ho amb aquest mètode, ja que aquests dos estan dissenyats en forma de *kettle* a diferència dels altres.

Tots aquests seguiran l'equació 4 per al seu càlcul.

$$C = 1,218 f_d f_m f_p C_b \quad (4)$$

On:

C= cost intercanviador de calor sense instal·lació (\$)

f_d = depèn del tipus d'intercanviador

f_p = depèn de la pressió (psig)

$$f_m = g_1 + g_2 \cdot \ln(A)$$

$$C_b = \exp[8,821 - 0,30863 \ln(A) + 0,0681 \ln(A)^2]$$

On :

A= àrea de bescanvi de calor

g_1 = material del bescanviador

g_2 = material del bescanviador

Amb l'equació 4 s'executa el càlcul del cost de l'E-402:

$$C = 1,218 f_d f_m f_p C_b \quad (4)$$

$$C = 1,218 \cdot 1,35 \cdot (0,8603 + 0,23296 \cdot \ln(3.190,9)) \cdot (0,7771 + 0,04981 \cdot \ln(3.190,9)) \cdot C_b$$

$$C_b = \exp[8,821 - 0,30863 \ln(3.190,9) + 0,0681 \ln(3.190,9)^2] = 47.279,26$$

$$C = 251.118,59 \$$$

En el cas de l'E-404:

$$C = 1,218 \cdot 1,35 \cdot (0,8603 + 0,23296 \cdot \ln(303,7)) \cdot (0,7771 + 0,04981 \cdot \ln(303,7)) \cdot C_b$$

$$C_b = 10.746,17$$

$$C = 41.125,05 \$$$

I en el cas de l'E-301:

$$C = 1,218 \cdot \exp[-1,1156 + 0,0906 \cdot \ln(1.201,4)] \cdot (0,8603 + 0,23296 \cdot \ln(1.201,4)) \cdot (0,7771 + 0,04981 \cdot \ln(1.201,4)) \cdot C_b$$

$$C_b = 10.746,17$$

$$C = 23.157,33 \$$$

A la **Taula 7.6** es mostra un resum del càlcul dels bescanviadors de calor.

Taula 7.6. Resum dels costos dels intercanviadors

Equip	Àrea de bescanvi (m ²)	Cost any 2002(\$)	Cost any 2006 (\$)	Cost any 2023 (€)
E-201	451,3	-	94.488	138.164
E-202	95	-	34.864	50.980
E-203	128,9	-	39.669	58.006
E-204	155,1	-	43.565	63.703
E-301	1.201,4	23.157	-	43.627
E-302	614,4	-	126.070	184.344
E-303	19,8	-	25.654	37.513
E-401	1.393,7	1.393	-	433.915
E-402	3.190,9	3.190	-	473.102
E-403	69	-	31.402	45.917
E-404	564,4	41.125	-	77.478
E-405	208,4	-	51.889	75.874
			Cost total (€)	1.682.628

El cost per als bescanviadors de calor és de **1.602.628 €**.

Cost de les columnes de destil·lació flash

En la planta EBYL hi ha dues columnes de destil·lació flash CF-301 i CF-302.

El cost de les columnes de destil·lació flash es calcula amb el mètode de les correlacions de *Sinnot R. & Towler G*, per a "Columnas de destilación, Recipientes a presión vertical". Es fa a partir de l'equació 2 amb els paràmetres característics de l'equip.

Els límits superior i inferior en aquest cas, s'estableixen a partir de la massa de la carcassa, en kg. El límit superior és de 120 Kg i l'inferior és de 250.000 kg.

Exemple de càlcul per a la Columna de destil·lació flash C-401 amb un pes de 14.780 kg:

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

$$Ce = 15.000 + 68 \cdot 14.780^{0,85}$$

$$Ce = 253.085,08 \$$$

A continuació, a la **Taula 7.7** es mostren els paràmetres característics referits al pes de carcassa dels equips, els necessaris per a l'equació 2 i el cost d'equip en l'any 2006 en \$ i a l'any 2023 en €.

Taula 7.7. Paràmetres característics i cost de les columnes de destil·lació flash

Equip	Pes carcassa (kg)	Paràmetres			Cost any 2006 (\$)	Cost any 2023 (€)
		a	b	n		
CF-301	48.380	15.000	68	0,85	667.341,33	975.813,93
CF-302	1.085	15.000	68	0,85	40.859,74	59.746,62
					Cost total (€)	1.035.558

El cost total de les columnes de destil·lació flash és de **1.035.558€**

Cost de les columnes de rectificació

En la planta EBYL hi ha dues columnes de rectificació C-401 i C-402.

El cost de les columnes de rectificació es calcula a partir del mètode de les correlacions de *Sinnot R. & Towler G.* Es calcularan per separat les columnes com a "Tanques cònics" i els plats com a "Platos tamiz". Per fer-ho s'utilitzarà l'equació 2.

Exemple de càlcul per a una columna de rectificació C-401, amb un volum de 580,7 m³, 25 plats i un diàmetre de 6,53 m.

Primer càlcul del tanc:

$$C_e = a + b \cdot S^n \quad (2)$$

$$C_e = 5.000 + 1.400 \cdot 580,7^{0,7}$$

$$C_e = 125.474,27 \$$$

Càlcul dels plats:

$$C_e = a + b \cdot S^n \quad (2)$$

$$C_e = 110 + 380 \cdot 6,53^{1,8}$$

$$C_e = 11.243,39 \$$$

A continuació, a la **Taula 7.8 i 7.9** es mostren els paràmetres característics referits al volum de l'equip i al diàmetre dels plats, els necessaris per a l'equació 2 i el cost d'equip en l'any 2006 en \$ i l'any 2023 en €.

Càlcul del cost dels tancs:

Taula 7.8. Paràmetres característics i cost de les columnes de rectificació

Equip	Volum (m3)	Paràmetres			Cost any 2006 (\$)	Cost any 2023 (€)
		a	b	n		
C-401	580,7	5.000	1.400	0,7	125.474	183.473
C-402	581,9	5.000	1.400	0,7	125.649	183.728
Cost total (€)					367.201	

Càlcul del cost dels plats:

Taula 7.9. Paràmetres característics i cost de les columnes de rectificació

Equip	Diàmetre (m)	Paràmetres			Cost any 2006 (\$)	Cost any 2023 (€)
		a	b	n		
C-401	6,53	110	380	1,8	11.243	16.440
C-402	2,6	110	380	1,8	2.231	3.263
Cost total (€)					19.704	

El cost total ascendeix sense instal·lar a **386.905 €**.

Cost de les torres de refrigeració

La planta EBYL té set torres de refrigeració: TR-601, TR-602, TR-603, TR-604, TR-605, TR-606 i TR-607. Per al seu càlcul, s'utilitza el mètode de les correlacions de *Sinnot R. & Towler G*, per a "Servicios, Torre de enfriamiento".

Es fa a partir de l'equació 2 amb els paràmetres característics de l'equip, en aquest cas el caudal de les torres, que en totes és el mateix: 363 L/s. Aquest entra dintre dels límits, l'inferior és de 100 L/s i el superior és de 1000 L/s.

Exemple de càlcul d'una de les torres de refrigeració, TR-601.

$$Ce = a + b \cdot S^n \quad (2)$$

$$Ce = 150.000 + 1.300 \cdot 363^{0,9}$$

$$Ce = 351.333 \$$$

A continuació, en la **Taula 7.10** es mostren els paràmetres característics referits al cabal de l'equip, en aquest cas tots són el mateix, els necessaris per a l'equació 2 i el cost d'equip en l'any 2006 en \$ i l'any 2023 en €.

Taula 7.10. Paràmetres característics i cost de les torres de refrigeració

Equip	Cabal (L/s)	Paràmetres			Cost any 2006 (\$)	Cost any 2023 (€)
		a	b	n		
TR-601	363	150.000	1.300	0,9	351.333	513.732
TR-602	363	150.000	1.300	0,9	351.333	513.732
TR-603	363	150.000	1.300	0,9	351.333	513.732
TR-604	363	150.000	1.300	0,9	351.333	513.732
TR-605	363	150.000	1.300	0,9	351.333	513.732
TR-606	363	150.000	1.300	0,9	351.333	513.732
TR-607	363	150.000	1.300	0,9	351.333	513.732
					Cost total (€)	3.596.129

El cost total de la torre de refrigeració és de **3.596.129€**

Cost de les bombes

La planta EBYL disposa de setze bombes: P-101, P-102, P-103, P-104, P-105, P-106, P-107, P-201, P-202, P-401, P-402, P-403, P-404, P-501, P-606 i P-607.

Es fa servir el mètode de les correlacions de *Sinnot R. & Towler G*, per a “Bombas y motores” i també “Servicios, Bombas” en les bombes: P-201, P-202, P-501, P-606 i P-607.

Es calcula a partir de l'equació 2 amb els paràmetres característics de l'equip, en aquest cas el cabal. Els límits seran: l'inferior de 0,2 L/s i el superior de 126 L/s per a “Bombas y motores” i, l'inferior serà 100 L/s i el superior 10000 L/s per a “Servicios, Bombas”

A partir del mètode de S & T, concretament de la bomba P-201, el caudal és de 80,35 L/s.

$$Ce = a + b \cdot S^n \quad (2)$$

$$Ce = 6.900 + 206 \cdot 80,35^{0,9}$$

$$Ce = 17.575,59 \$$$

La raó per la qual no totes les bombes es calculen amb aquest mètode, és a causa d'una comparació amb el catàleg de la marca 'EBARA PUMPS IBERIA'. S'ha vist que el cost calculat amb el mètode de correlacions és significativament més elevat que l'obtingut amb el catàleg, per tant, totes les bombes que els seus requisits necessaris de funcionament estiguin en el catàleg, se seleccionaran.

A continuació, a la **Taula 7.11** es mostren els paràmetres característics referits al cabal de l'equip, els necessaris per a l'equació 2 i el cost d'equip en l'any 2006 en \$ i l'any 2023 en €, de les bombes calculades amb el mètode de les correlacions.

Taula 7.11. Paràmetres característics i cost de les bombes que no estan en el catàleg

Equip	Cabal (L/s)	Paràmetres			Cost any 2006 (\$)	Cost any 2023 (€)
		a	b	n		
P-201	777,78	150.000	1.300	0,9	66.9652,87	979.191
P-401	138,88	150.000	1.300	0,9	260.241,24	380.535
P-402	138,88	150.000	1.300	0,9	260.241,24	380.535
P-403	277,77	150.000	1.300	0,9	355.717,43	520.144
P-404	277,77	150.000	1.300	0,9	355.717,43	520.144

A la **Taula 7.12** es mostra el resum del preu de les bombes, tenint en compte el preu del catàleg i les bombes calculades amb el mètode numèric.

Taula 7.12. Resum del cost de les bombes segons el cabal

Equip	Cabal (m3/h)	Cost any 2023 (€)
P-101	36,36	911
P-102	36,36	911
P-103	36,36	911
P-104	36,36	911
P-105	36,36	911
P-106	36,36	911
P-107	36,36	911
P-201	290,1	25.699
P-202	304,93	26.044
P-401	5,18	4.381
P-402	70	1.409
P-403	2,3	2.801
P-404	48,46	1.693
P-501	48,46	350.167
P-606	9.131	12.263
P-607	33,3	12.263
	Cost total (€)	443.100

El cost total de les bombes serà de 443.100 €, però com que les bombes hauran d'estar duplicades, el preu serà de **886.200 €**.

Cost dels chiller

A la planta EBYL hi ha un chiller: el CH-601. Per al seu càlcul, s'utilitza el mètode de les correlacions de *Sinnot R. & Towler G*, per a 'Refrigerador mecànic relleno'.

Es calcula a partir de l'equació 2 amb els paràmetres característics de l'equip, en aquest cas la potència d'evaporació, en kW. Els límits seran: l'inferior de 50 kW i el superior de 1500 kW.

A partir del mètode de S & T, concretament del chiller CH-601.

$$Ce = a + b \cdot S^n \quad (2)$$

$$Ce = 21.000 + 2100 \cdot 1364,89^{0,9}$$

$$Ce = 1.413.538 \$$$

A continuació, a la **Taula 7.13** es mostren els paràmetres característics referits al cabal de l'equip, els necessaris per a l'equació 2 i el cost d'equip en l'any 2006 en \$ i l'any 2023 en €.

Taula 7.13. Paràmetres característics i cost del chiller

Equip	Potència (kW)	Paràmetres			Cost any 2006 (\$)	Cost any 2023 (€)
		a	b	n		
CH-601	1364,89	21.000	2.100	0,9	1.413.538	2.066.927
					Cost total (€)	2.066.927

El cost total de les chiller serà de **2.066.927 €**.

Cost de les calderes de vapor

A la planta EBYL hi ha dues calderes de vapor. Per al seu càlcul s'utilitza el mètode de les correlacions de *Sinnot R. & Towler G*, per a "Calderas".

Es calcula a partir de l'equació 2 amb els paràmetres característics de l'equip, en aquest cas el cabal màssic de vapor d'aigua.

A partir del mètode de S & T, concretament de la caldera de vapor CV-601.

$$Ce = a + b \cdot S^n \quad (2)$$

$$Ce = 106.000 + 8,7 \cdot 78.907^1$$

$$Ce = 583.569 \$$$

A continuació, a la **Taula 7.14** es mostren els paràmetres característics referits al cabal de l'equip, els necessaris per a l'equació 2 i el cost d'equip en l'any 2006 en \$ i l'any 2023 en €.

Taula 7.14. Paràmetres característics i cost de les calderes de vapor

Equip	Cabal (Kg/h)	Paràmetres			Cost any 2006 (\$)	Cost any 2023 (€)
		a	b	n		
CV-601	78.907	106.000	8,7	1	224.978	328.971,7
CV-602	800.000	106.000	8,7	1	1.034.684,3	1.512.953
					Cost total (€)	1.841.925

El cost total de les calderes de vapor sense instal·lar serà de **1.841.925 €**.

Cost del compressor

A la planta EBYL es disposen de dos compressors. Per al seu càlcul s'utilitza el mètode de les correlacions de *Sinnot R. & Towler G*, per a "Compresores centrífugas".

Es fa servir, igual que anteriorment, l'equació 2 amb els paràmetres característics de l'equip, en aquest cas la potència, 314,3 kW. Exemple de càlcul:

$$Ce = a + b \cdot S^n \quad (2)$$

$$Ce = 490.000 + 16.800 \cdot 314,3^{0,6}$$

$$Ce = 1.019.317 \$$$

A continuació en la **Taula 7.15** es mostren els paràmetres característics referits a la potència, els necessaris per a l'equació 2 i el cost d'equip en l'any 2006 en \$ i l'any 2023 en €.

Taula 7.15. Paràmetres característics i cost dels compressors

Equip	Potència (kW)	Paràmetres			Cost any 2006 (\$)	Cost any 2023 (€)
		a	b	n		
K-201	314,3	490.000	16.800	0,6	1.019.317	1.490.483
K-202	4.931	490.000	16.800	0,6	3.057.951	4.471.448
					Cost total (€)	5.961.931

El cost total dels compressors és de **5.961.931€**.

Cost del heater

A la planta EBYL hi ha un *heater* o cremador. Per al seu càlcul s'utilitza el mètode de les correlacions de *Sinnot R. & Towler G*, per a "Calderas".

Es calcula a partir de l'equació 2 amb els paràmetres característics de l'equip, en aquest cas el cabal màssic que serà de 25.000 kg/h.

A partir del mètode de S & T:

$$Ce = a + b \cdot S^n \quad (2)$$

$$Ce = 110.000 + 4,5 \cdot 25.000^{0,9}$$

$$Ce = 150.865 \$$$

A continuació, a la **Taula 7.16** es mostren els paràmetres característics referits al cabal, els necessaris per a l'equació 2 i el cost d'equip en l'any 2006 en \$ i l'any 2023 en €.

Taula 7.16. Paràmetres característics i cost del heater

Equip	Cabal (kg/h)	Paràmetres			Cost any 2006 (\$)	Cost any 2023 (€)
		a	b	n		
H-201	25.000	110.000	4,5	0,9	150.865	220.601
					Cost total (€)	220.601

El cost total del heater és de **220.601 €**

No tots els càlculs dels preus dels equips s'han calculat amb mètodes matemàtics, també s'ha obtingut la informació a través de catàleg de proveïdors i estudis del mercat. Aquests equips són:

Cost de l'estació transformadora

En la planta EBYL es disposa d'una estació transformadora. S'ha cercat en diferents pàgines per aconseguir un cost aproximat d'aquesta estació, i s'ha trobat que el cost depèn de la potència necessària en la planta EBYL. S'estableix un preu mitjà per a un generador de 4500 kVA per 500.000 €. [9]

Cost del grup electrogen

El cost del grup electrogen s'estableix per un valor d'aproximadament 300.000 € [10]

Cost del oxidador tèrmic regeneratiu

El cost de l'oxidador tèrmic obtingut és de 30.000 \$, per tant, 27.828,00 € [11]

Cost del descalcificador

El cost del descalcificador utilitzat a la planta EBYL és de 3.710,40 €

Cost total dels equips:

A la **Taula 7.17** es mostra el cost total de la suma de tots els equips usats a la planta EBYL.

Taula 7.17. Cost total obtingut de la suma de tots els equips de la planta EBYL

Equip	Cost 2023 (€)
Tancs d'emmagatzematge	6.365.308
Tancs pulmó	449.765
Reactors	260.317
Intercanviadors de calor	1.682.628
Columna destil·lació flash	1.035.557
Columna de rectificació	386.905
Torre de refrigeració	3.596.128
Bombes	886.199
Chillers	2.066.907
Calderes de vapor	1.841.925
Compressor	5.961.931
Heater	220.601
Estació transformadora	500.000
Grup electrogen	300.000
Oxidador tèrmic regeneratiu	27.828
Descalcificador	3.710
TOTAL (€)	24.448.939

Aquest total és sense l'augment del preu per l'ús d'acer 316L, en comptes d'acer 304 que és el que marca el mètode de S&T. S'aplica un augment del 20% en aquells equips calculats per aquest mètode i la resta es mantindrà igual, essent, per tant, el cost total de **28.752.700 €**.

7.3.2.3 Mètode VIAN

Una vegada calculats els costos dels equips i del terreny, es procedeix a calcular amb el mètode de VIAN el capital immobilitzat a partir d'una sèrie d'equacions que es mostren a la **Taula 7.18**.

Taula 7.18. Mètode de VIAN

Partida	Factor	Cost (€)
I1 (Maquinaria i aparells)	X	28.752.700
I2 (Instal·lació)	0,40 X	11.501.080
I3 (Canonades i vàlvules)	0,40 X	17.251.620
I4 (Instrumentació)	0,1 X	2.875.270
I5 (Aïllament)	0,05 X	1.437.635
I6 (Instal·lació elèctrica)	0,15 X	4.312.905
I7 (Terrenys)	-	5.323.500
I8 Instal·lacions auxiliars	0,3 X	8.625.810
Y Factor primari	Sumatori I1-I8	80.080.522
I9 Projecte i direcció d'obra	0,2 X	16.016.104
Z (Capital Secundari)	Y + I9	96.096.626
I10 (Contractistes)	0,05 Z	4.804.831
I11 (Despeses no previstes)	0,1 Z	9.609.662
Capital immobilitzat (€)		110.511.120

7.3.3 Capital circulant

El capital circulant és el capital necessari per a la compra de matèries primeres, serveis, pagament del sou del personal, etc. El valor d'aquest no és amortitzable, va perdent valor al llarg del temps. Aquest capital es recuperarà al final de la vida útil del projecte amb els ingressos de les vendes de l'etilbenzè.

El càlcul del capital circulant s'estima a partir del mètode global, que indica que el capital circulant es troba entre un 10% i un 30% del valor del capital immobilitzat. S'ha escollit un valor mitjà del 20%.

$$C_C = 0,2 \cdot C_I \quad (5)$$

$$C_C = 0,2 \cdot 110.511.120$$

$$C_C = 22.102.224€$$

El valor del capital circulant és de **22.102.224 €**.

7.3.4 Inversió inicial total

El sumatori del capital immobilitzat i circulant correspon a la inversió inicial total que requereix la planta de producció d'etilbenzè. A la **Taula 7.19** es mostren els valors de les diferents inversions.

Taula 7.19. Capital immobilitzat, capital circulant i inversió inicial total

	Inversió (€)
Capital immobilitzat	110.511.120
Capital circulant	22.102.224
Inversió inicial total	132.613.344

El valor de la inversió inicial total és de **132.613.344 €**

7.3.5 Estimació dels costos de producció

Els costos de producció són aquells necessaris per mantenir un projecte, línia de procés o un equip en funcionament. En una empresa, la diferència entre els ingressos (vendes i altres entrades) i el cost de producció indica el benefici brut. [13]

Aquests costos es poden dividir en dos grans grups: costos de fabricació, que són aquells proporcionals a la producció i els costos generals, que són independents de la producció. A continuació es descriuen els dos tipus.

7.3.5.1 Costos de fabricació

Els costos de fabricació (M) engloben les matèries primeres, la mà d'obra, les patents, els serveis, el manteniment, els subministraments, expedició, lloguers, laboratori, impostos i assegurances.

- Matèries primeres (M1)

Per fer una estimació del cost de les matèries primeres cal tenir en compte tant les quantitats requerides per elaborar el producte, com el preu unitari de les matèries primeres utilitzades a la fàbrica. La **Taula 7.20** presenta els preus trobats al mercat i els costos que representa la compra d'etilè i benzè:

Taula 7.20. Estimació del cost de les matèries primeres del procés

Matèria prima	Quantitat anual (t/any)	Cost unitari (€/t)	Cost anual (€/any)
Etilè	193.206	740	199.371.984
Benzè	280.964	639	118.382.418
Cost total M1 (€)			317.754.402

- Mà d'obra directa i indirecta (M2)

Els costos de mà d'obra directa són aquells associats al salari dels treballadors per fabricar un producte o prestar un servei. La mà d'obra directa està formada pels treballadors que es troben clarament involucrats en la producció del producte o presten un servei, per exemple, els empleats com els operaris o personal de cuina.

En canvi, els costos de mà d'obra indirecta són aquells associats als treballadors necessaris, però que no estan directament implicats en la fabricació del producte o prestació d'un servei, per exemple els encarregats de la vigilància i seguretat o l'equip de logística.

Si es considera una jornada laboral de 8 hores diàries durant 350 dies a l'any, es calcula una jornada laboral de 2800 h l'any. Així mateix, tenint en compte que la planta funciona 24 h al dia de dilluns a diumenge, s'ha decidit establir 3 torns diferents, en funció de l'ocupació del treballador.

Cal tenir un organigrama de l'empresa EBYL present per estimar el cost de la mà d'obra. Es divideixen els empleats segons el lloc de treball, tal com mostra la **Taula 7.21**.

Taula 7.21. Organigrama de la empresa EBYL amb els diversos departaments de la planta

Organigrama				
Director general de planta	Directors de departaments	Enginyeria	Encarregat d'enginyeria	Enginyers
		Producció	Encarregats: A-100 A-200 A-300 A-400 A-500 A-600 A-800	Personal de producció i Operaris
		Manteniment	Encarregat de manteniment	Tècnics de manteniment
		SHE	Encarregats: Mediambiental + Seguretat	Personal de medi ambient i seguretat
		IT	Encarregat informàtic	Informàtics
		I+D+i	Encarregat de laboratori	Tècnics de laboratori
		Qualitat	Encarregat de qualitat	Personal de qualitat
		Compres	Encarregat de compra	Personal de compra
		Finances	Encarregats: Administració + Comptabilitat	Administradors i comptables
		Comercial	Encarregat de marketing	Comercials
		RRHH	Encarregat de Recursos Humans	Personal de recursos humans

Un cop distribuït l'organigrama de l'empresa, es procedeix al càlcul dels costos d'EBYL en salaris bruts a treballadors i, així obtenir una estimació dels costos de mà d'obra tant directa com indirecta. Els costos no només són de salari brut, sinó que també l'empresa ha de pagar al voltant d'un 25% del salari a la seguretat social. La **Taula 7.22** proporciona un valor aproximat dels salaris de cada treballador i dels costos que suposaria anualment.

Taula 7.22. Estimació del cost de la mà d'obra directa i indirecta

Lloc de treball	Nº treballadors	Salari brut anual (€/any)	Seguretat social (25%)	Cost anual (€/any)
Director general	1	100.000	30.000	150.000
Directors de departaments	11	73.3230	18.307,5	1.006.913
Encarregats de departament	19	24.179	6.044	574.251
Enginyers	8	36.000	9.000	360.000
Operaris	30	48.971	12.242	1.836.413
Personal de producció	5	14.856	3.714	92.850
Tècnics de manteniment	5	12.000	3.000	75.000
Tècnics de laboratori	8	13.500	3.375	135.000
Informàtics	4	28.800	7.200	144.000
Comercials	1	10.800	2.700	13.500
Personal de qualitat	4	32.362	8.090,5	161.810
Personal de recursos humans	2	27.000	6.750	67.500
Personal de medi ambient i seguretat	2	27.821	6.955,25	69.553
Personal de compra	2	18.912	4.728	47.280
Administratius	1	25.000	6.250	31.250
Comptables	1	19.000	4.750	23.750
Personal de cuina	3	13.000	3.250	48.750
Personal de neteja	10	11.232	2.808	140.400
Cost total M2 (€)				4.978.219

- Patents (M3)

Les patents tenen una vigència de 20 anys aproximadament. Un cop transcorregut aquest temps de durada, la invenció es torna de domini públic i qualsevol persona pot utilitzar-la lliurement. [14] Segons el registre, el valor de les patents disminueix amb el pas del temps.

En el cas d'EBYL, les patents de les quals s'ha fet ús o s'han extret algunes idees, tenien totes més de 20 anys d'ençà que van ser creades, per tant, el cost associat a aquestes és nul. M3 = 0 €

- *Serveis (M4)*

Aquests costos fan referència a les quantitats requerides d'energia elèctrica, gas natural, aigua de xarxa i nitrogen, perquè la planta química funcioni correctament. La **Taula 7.23** presenta uns valors aproximats de les quantitats requerides i el cost en € per unitat concreta:

Taula 7.23. Estimació del cost dels serveis de planta

Servei	Consum	Cost	Cost anual (€/any)
Electricitat	20.548.937 kWh/any	0,15 €/kWh	3.082.340
Gas natural	0	0	0
Aigua de xarxa	739.897.872 L /any	1,16 €/m ³	858.281
Nitrogen	3.7 tn/any	125 €/tn	462,5
Cost total M4 (€)			3.941.084

Cal mencionar que aquests resultats són aproximats, ja que resulta difícil saber amb certesa el consum de cada servei durant tot l'any, donat que sempre poden sorgir complicacions i a vegades consumir més o menys. El gas natural consumit a la planta és nul gràcies a l'aprofitament energètic amb el corrent que s'obté de procés. Pel que fa al consum de nitrogen, a la quantitat necessària per a inertitzar els tancs d'emmagatzematge, se li ha sumat un 30% per a quan s'hagi d'inertitzar el sistema durant la parada planificada.

- *Subministrament (M5)*

El subministrament inclou olis lubricants, reactius químics i equips de laboratori, entre d'altres, és a dir, tots els materials utilitzats per la planta industrial a excepció de les matèries primeres, materials de reparació o embalatge. Es pot estimar com un 6% del cost de la mà d'obra o com el 15% del cost de manteniment [13]. En el cas d'EBYL, s'afegirà un plus de 1M € anual per l'adquisició del catalitzador necessari, tenint en compte que es requereixen de forma anual 189 tones de zeolita ZSM-5 i que s'ha trobat un proveïdor que la proporciona a 5 \$ el gram. La **Taula 7.24** proporciona un valor aproximat del cost de subministrament.

Taula 7.24. Estimació del cost del subministrament a la planta

Cost de mà d'obra M2 (€)	4.978.219
Cost subministrament M5 (€)	1.298.693

- *Manteniment (M6)*

Aquests costos inclouen els costos de materials, eines i recanvis, reparacions incidentals i la revisió d'equips i edificis. Pot estimar-se anualment com un 4-6% del capital immobilitzat, en els casos on no es tingui constància de més informació. A planta EBYL es considera que aquests costos estan al voltant del 5%. La **Taula 7.25** proporciona un valor aproximat del cost de manteniment.

Taula 7.25. Estimació del cost de manteniment a la planta

Capital immobilitzat (€)	110.511.120
Cost manteniment M6 (€)	5.525.556

- *Laboratori (M7)*

Aquests costos van dirigits a les despeses derivades del laboratori. Es pot estimar entre un 5 i un 25% del cost de la mà d'obra M2. En el cas d'EBYL, es calcularà un cost del 10%. La **Taula 7.26** proporciona un valor aproximat del cost del laboratori.

Taula 7.26. Estimació del cost de laboratori de la planta

Cost de mà d'obra M2 (€)	4.978.219
Cost laboratori M7 (€)	497.821

- *Expedició (M8)*

Aquests costos fan referència al transport, tot i que, són costos difícils d'estimar donada la dependència del mitjà de transport, la distància, el volum i la inestabilitat dels preus. S'ha considerat que representen un 10% de la mà d'obra (M2). La **Taula 7.27** proporciona un valor aproximat del cost de l'expedició.

Taula 7.27. Estimació del cost d'expedició de la planta

Cost de mà d'obra M2 (€)	4.978.219
Cost expedició M8 (€)	497.822

- *Lloguers (M9)*

El nombre de lloguers inicialment que té la planta EBYL en el moment de començar la seva activitat és el lloguer dels tancs d'emmagatzematge de nitrogen proporcionats per l'empresa *Carburros Metalicos*. La **Taula 7.28** proporciona un valor aproximat del cost del lloguer de nitrogen.

Taula 7.28. Estimació del cost de lloguer de la planta

Cost tancs de nitrogen (€/any)	2.400
Cost lloguer M9 (€)	10.000

- *Impostos (M10)*

Els impostos que entren en aquesta part són els impostos locals, com l'impost sobre béns immobles (IBI), taxa de residus, paviment, impostos mediambientals, etc., és a dir, tots aquells no atribuïbles als beneficis ni a l'IVA. El valor d'aquest cost sol oscil·lar entre 0,5 i 1% del cost immobilitzat. En el cas d'EBYL, es decideix agafar un valor mitjà de 0,75%. La **Taula 7.29** proporciona un valor aproximat del cost dels impostos.

Taula 7.29. Estimació del cost dels impostos no associats als beneficis

Cost immobilitzat (€)	110.511.120
Cost impostos M10 (€)	828.833

- *Assegurances (M11)*

Les assegurances que entren en aquesta part són les d'incendis, responsabilitat civil, robatoris i totes aquelles que s'hagin de contractar per a les instal·lacions i edificis. El valor d'aquest cost sol ser un 1% del cost immobilitzat, però essent una planta d'alt risc, s'ha considerat elevar-ho fins a un 1,5%. La **Taula 7.30** proporciona un valor aproximat del cost dels segurs.

Taula 7.30. Estimació del cost de les assegurances de la planta

Cost immobilitzat (€)	110.511.120
Cost segurs M11 (€)	1.657.667

Per tant, el valor dels costos de fabricació totals serà la suma dels costos de matèria primera, mà d'obra, patents, serveis, manteniment, subministrament, lloguers, laboratori, expedició, impostos i assegurances. A la **Taula 7.31** es recull l'estimació dels costos de fabricació.

Taula 7.31. Estimació dels costos de fabricació

Consideracions	Costos (€)
Matèries primes	317.754.402
Mà d'obra	4.978.219
Serveis	3.941.084
Subministrament	1.298.693
Manteniment	5.525.556
Laboratori	497.822
Expedició	497.822
Lloguers	10.000
Impostos	828.833
Assegurances	1.657.667
TOTAL (€)	336.990.098

7.3.5.2 Costos generals

Els costos generals estan formats per tots aquells costos que es generen per l'administració, el comerç, la investigació i els serveis tècnics:

- *Costos d'administració*

Les despeses d'administració són aquelles associades amb la gestió i el manteniment de l'empresa, és a dir, són costos relacionats amb l'administració de recursos humans, comptabilitat, serveis legals, gestió de proveïdors, tecnologies, etc. El seu valor pot estimar-se entre un 3 i un 6% dels costos de fabricació, per tant, en aquest cas es decideix calcular un valor del 5%. La **Taula 7.32** proporciona un valor aproximat dels costos d'administració.

Taula 7.32. Estimació dels costos d'administració

Costos de fabricació (€)	392.593.465
Costos d'administració (€)	16.849.505

- *Costos de comercialització*

Aquestes despeses corresponen als costos per vendes, és a dir, publicitat, màrqueting, comissions, etc. Estant la seva estimació entre un 5 i un 20% dels costos de fabricació, es decideix fer el càlcul amb un percentatge del 10%. La **Taula 7.33** proporciona un valor aproximat dels costos de comercialització.

Taula 7.33. Estimació dels costos de comercialització

Costos de fabricació (€)	392.593.465
Costos de comercialització (€)	33.699.009

- *Costos per investigació i serveis tècnics*

Aquests costos van destinats al sector I+D+i i al servei de pre i postventa. S'ha estimat un 1,5% dels costos de fabricació. La **Taula 7.34** proporciona un valor aproximat dels costos per investigació i serveis tècnics.

Taula 7.34. Estimació dels costos de investigació

Costos de fabricació (€)	392.593.465
Costos de investigació (€)	5.054.851

Per tant, el valor dels costos generals totals serà la suma dels costos d'administració, de comercialització i investigació i serveis tècnics. A la **Taula 7.35** s'expressa els costos generals.

Taula 7.35. Estimació dels costos generals

Costos de administració(€)	16.849.505
Costos de comercialització (€)	33.699.009
Costos per investigació i serveis tècnics (€)	5.054.851
Costos generals totals (€)	55.603.366

7.3.5.3 Costos totals de producció

Un cop s'ha calculat els costos de fabricació i els costos generals, es poden calcular els costos totals de producció mitjançant la suma d'aquests dos:

A la **Taula 7.36** es recull l'estimació dels costos totals anuals de producció de la planta EBYL.

Taula 7.36. Estimació dels costos totals anuals de producció de la planta EBYL

Costos de fabricació (€)	336.990.098
Costos generals (€)	55.603.366
Costos totals de producció (€)	392.593.465

7.4 Vendes

Els ingressos anuals de la planta EBYL s'estimen en funció de la producció anual de l'etilbenzè com a producte principal de la fàbrica i el seu preu en el mercat, detallat i comentat en l'apartat **7.2.3 Preu mitjà de l'etilbenzè**. La **Taula 7.37** proporciona uns valors aproximats d'ingressos anuals.

Taula 7.37. Estimació dels ingressos anuals per venda de producte acabat de la planta

Producte	Producció anual (tn/any)	Preu unitari (€/tn)	Ventes (€/any)
Etilbenzè	354.193	1.300	460.451.300
Ventes totals (€)			460.451.300

7.5 Rendibilitat del projecte

7.5.1 Amortitzacions

Primerament, abans de poder estudiar la rendibilitat de la planta, s'han de definir les amortitzacions anuals. Una amortització consisteix a recuperar els diners invertits en una empresa a partir dels beneficis obtinguts. Es tracta d'uns costos per a una empresa que són graduals, de manera que es van consumint a mesura que l'empresa evoluciona i segueix la seva activitat.

S'ha suposat que la planta química d'EBYL té un temps de vida útil de 15 anys i l'estimació de l'amortització s'ha realitzat mitjançant el mètode lineal, donat que és el mètode més utilitzat i senzill. Aquest mètode consisteix a depreciar els actius amb quotes d'amortització anuals iguals. L'amortització lineal segueix l'equació 6:

$$A_j = \frac{(I - VR)}{t} \quad (6)$$

On:

- A_j = costos amortització anuals (€) i j indica l'any en concret
- I = cost del capital immobilitzat (€)
- VR = cost del valor residual (€)
- t = vida útil de la planta. En aquest cas, 15 anys.

$$A_{10} = \frac{(110.511.120 - 5.323.500)}{15}$$

$$A_{10} = 7.012.508$$

Amb el pas dels anys i la gran producció de la planta EBYL, el valor dels equips anirà disminuint i no serà recuperable, el valor residual, per tant, serà el del terreny que anirà guanyant valor.

Seguidament, es procedeix a realitzar el càlcul dels Fluxos de Caixa (*Net Cash Flow, NCF*), per determinar en quines condicions serà rendible la planta química. El NCF fa referència a totes les entrades i sortides de diners procedents de l'activitat econòmica d'una empresa durant un període determinat.

7.5.2 Càlcul del Net Cash Flow (NCF)

Taula 7.38 Estudi de la rendibilitat del projecte mitjançant el càlcul dels fluxos de caixa (NCF)

A	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Capital Immobilitzat	-110.511.121								
Capital Circulant	-22.102.224								
Valor Residual									
Ingressos anuals		460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300
Costos anuals		-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464
Amortitzacions		-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508
Benefici Brut		60.845.327	60.845.327	60.845.327	60.845.327	60.845.327	60.845.327	60.845.327	60.845.327
Impostos			-15.211.331	-15.211.331	-15.211.331	-15.211.331	-15.211.331	-15.211.331	-15.211.331
NCF	-132.613.345	67.857.836	52.646.504	52.646.504	52.646.504	52.646.504	52.646.504	52.646.504	52.646.504

A	9	10	11	12	13	14	15
Capital Immobilitzat							
Capital Circulant							22.102.224
Valor Residual							5.323.500
Ingressos anuals	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	
Costos anuals	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	
Amortitzacions	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	
Benefici Brut	60.845.327	60.845.327	60.845.327	60.845.327	60.845.327	60.845.327	
Impostos	-15.211.331	-15.211.331	-15.211.331	-15.211.331	-15.211.331	-15.211.331	-15.211.331
NCF	52.646.504	52.646.504	52.646.504	52.646.504	52.646.504	52.646.504	12.214.392

Tal com, s'observa a la **Taula 7.38** anterior, s'han obtingut uns resultats de Net Cash Flow per determinar la viabilitat de la planta. Els impostos sobre els beneficis s'ha considerat d'un 25%. El valor del NCF s'han calculat de la següent manera, amb l'equació 7:

$$NCF_j = CI + CC + VR + C_j + I_j + (i \cdot BI) \quad (7)$$

On:

- CI = capital immobilitzat (€)
- CC = capital circulant (€)
- C_j = costos totals anuals (€)
- I_j = ingressos totals anuals (€)
- BI = base imposable (€)
- i = interès sobre beneficis

Com es pot observar fins al primer any el NFC és negatiu, ja que aquest indica el capital s'ha invertit en la planta EBYL per a la seva construcció. Una vegada la planta ja està en funcionament el valor del NFC canvia a positiu, es comença a comercialitzar l'etilbenzè.

El pas següent consisteix a fer una estimació del Valor Actual Net (VAN) i de la Taxa Interna de Retorn (TIR).

7.5.3 Càlcul del Valor Actual Net i de la Taxa Interna de Retorn

Després d'estimar els diversos fluxos de caixa per a cada any, es calcula el Valor Actual Net (VAN) i, a la vegada, la Taxa Interna de Rendibilitat (TIR). El VAN és un valor que et permet generar dos tipus de decisions: veure si les inversions són efectuaibles i veure quina inversió és millor que una altra [15]. Els criteris de decisió són els següents:

- VAN > 0: El valor actualitzat dels ingressos i despeses futurs de la inversió, a la taxa de descompte escollida, generarà beneficis.
- VAN = 0: El projecte d'inversió no generarà beneficis ni pèrdues, essent la seva realització, en principi, indiferent.
- VAN < 0: El projecte d'inversió generarà pèrdues, i per això que haurà de ser rebutjat.

El TIR es defineix com el valor de la taxa de descompte que fa que el VAN tingui un valor nul (VAN = 0). Es tracta també d'una mesura important per comprovar la viabilitat de la inversió. Com major sigui el valor del TIR més rendible serà la inversió.

Es realitza una valoració de diverses opcions d'inversió, és a dir, diversos valors d'interessos, ja que així es pot conèixer amb quina d'elles es podrà generar més guanys. La fórmula per calcular el VAN és l'equació 8:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^t \frac{NCF_n}{(1+i)^n} = -I_0 + \frac{NCF_1}{(1+i)^1} + \frac{NCF_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{NCF_n}{(1+i)^n} \quad (8)$$

On:

- I_0 = inversió realitzada en el moment inicial (€)
- NCF_n = Net Cash Flow de cada any (€)
- t = temps de vida del projecte (anys)
- i = tipus de descompte o tipus d'interès exigít a la inversió (%)

De la mateixa manera, la fórmula del TIR es pot expressar de la següent manera amb l'equació 9:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^t \frac{NCF_n}{(1 + TIR)^n} = -I_0 + \frac{NCF_1}{(1 + TIR)^1} + \frac{NCF_2}{(1 + TIR)^2} + \dots + \frac{NCF_n}{(1 + TIR)^n} = 0 \quad (9)$$

Aleshores, per poder analitzar amb precisió la rendibilitat de la planta, s'ha representat l'evolució del VAN segons el tipus d'interès. La **Figura 7.3** mostra els resultats obtinguts:

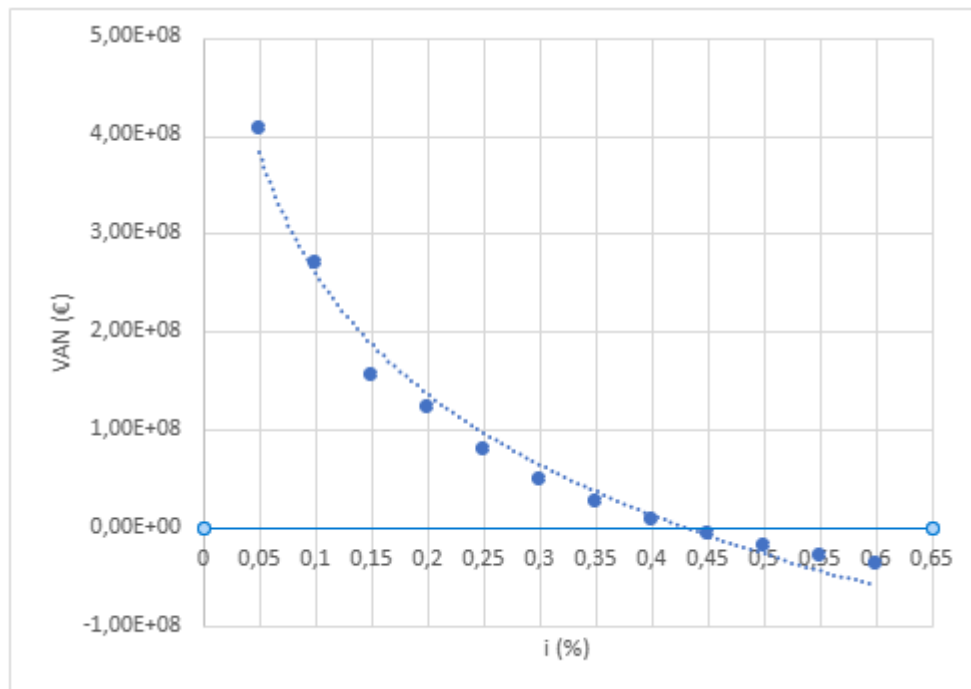


Figura 7.3. Evolució del VAN segons el tipus d'interès

Com s'observa a la **Figura 7.3**, el tipus d'interès té un efecte directe amb el VAN. En augmentar l'interès, el valor del VAN va disminuint.

El valor del VAN és positiu fins a un interès del 45%, punt on el VAN és nul i, per tant, el valor del TIR. Aquest és el punt d'interès màxim pel qual l'empresa EBYL no patirà cap pèrdua. En ser un interès alt, proporciona un ventall molt ampli. L'empresa EBYL, com a resultat, és un projecte viable i rendible.

7.5.4 Recuperació de la Inversió inicial (*Pay-back*)

Per mitjà del *pay-back* es coneix el nombre d'anys necessaris per recuperar la despesa desemborsada al començament de la inversió. Fet que ajuda a determinar si el projecte és viable o no. Hi ha dues formes d'estimar aquest temps, depenent si els fluxos de caixa (NCF) són iguals cada any o no.

Si els fluxos de caixa són iguals cada any, la fórmula per calcular el *payback* és la següent, l'equació 10:

$$Payback = \frac{I_0}{NCF} \quad (10)$$

On:

- I_0 = inversió inicial del projecte
- NCF = valor constant dels fluxos de caixa

Si, per contra, els fluxos de caixa no són iguals cada any, a la inversió inicial se li haurà de restar tots els fluxos de caixa de cada any, fins a arribar al període on recuperem la inversió. Aleshores, s'aplica la següent fórmula:

$$Payback = A + \frac{I_0 - B}{NCF_t} \quad (11)$$

On:

- I_0 = inversió inicial del projecte
- A = any on es recupera la inversió inicial
- B = suma dels fluxos fins arribar a l'any A
- NCF_t = el valor del flux de caixa de l'any que es recupera la inversió

Per conèixer el termini de recuperació en el cas d'EBYL, s'ha d'analitzar en quin any es recupera la inversió.

$$Payback = 3 + \frac{132.613.345 - (-12.109.005)}{52.646.504} = 5,75$$

Per tant, la planta EBYL recupera completament la inversió final aproximadament al sisè any. La vida útil establerta de la planta EBYL és de 15 anys, aleshores, es recuperarà la inversió inicial per complet.

7.6 Estudi de sensibilitat

Per finalitzar amb l'avaluació econòmica de la planta, un cop s'ha calculat i valorat la viabilitat del projecte, es procedeix a elaborar una anàlisi de sensibilitat, és a dir, estudiar possibles variacions en paràmetres importants i veure com afectaria l'economia de la planta. És necessari tenir en compte diferents casos que podrien donar-se, en funció de les tendències que hi ha a cada moment en el mercat.

El preu de les matèries primeres juntament amb el preu dels productes, no són paràmetres fixes i, per tant, varien amb el temps. És per això que es poden considerar variables crítiques del projecte i s'ha d'estudiar en funció de les variacions d'aquests preus, com es modifica la rendibilitat de la planta.

7.6.1 Estudi de la sensibilitat en el preu de les matèries primes

Primerament, s'estudiarà la variació segons el preu de les matèries primeres de la planta, és a dir, etilè i benzè, ja que com s'ha mostrat a l'apartat **7.3.5.1 Costos de fabricació**, el cost de les matèries primeres és el més significatiu de tots.

Així doncs, es decideix estudiar la rendibilitat de l'empresa en el cas que es produeixi un augment o reducció del 10% del cost de la matèria primera.

7.6.1.1 Disminució del preu de la matèria primera

A la **Taula 7.39** es recull el cost total amb la reducció del preu de matèria del 10%.

Taula 7.39. Cost total amb la reducció del preu de la matèria prima del 10%

Matèria prima	Producció (tona/any)	Preu reduït (€)	Cost (€)
Benzè	269.421	666	179.434.785
Etilè	185.262	575,1	106.544.176
Cost total (€)			285.978.961

Al disminuir el preu de la matèria primera, els resultats del NCF estaran representats a la **Taula 7.40**.

Taula 7.40 Estudi de la rendibilitat del projecte mitjançant el càlcul dels fluxos de caixa (NCF) amb la disminució del preu de la matèria prima del 10%

A	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Capital Immobilitzat	-110.511.120								
Capital Circulant	-22.102.224								
Valor Residual									
Ingressos anuals		460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300
Costos anuals		-355.575.077	-355.575.077	-355.575.077	-355.575.077	-355.575.077	-355.575.077	-355.575.077	-355.575.077
Amortitzacions		-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508
Benefici Brut		97.863.715	97.863.715	97.863.715	97.863.715	97.863.715	97.863.715	97.863.715	97.863.715
Impostos			-24.465.928	-24.465.928	-24.465.928	-24.465.928	-24.465.928	-24.465.928	-24.465.928
NCF	-132.613.345	104.876.224	80.410.295	80.410.295	80.410.295	80.410.295	80.410.295	80.410.295	80.410.295

A	9	10	11	12	13	14	15
Capital Immobilitzat							
Capital Circulant							22.102.224
Valor Residual							5.323.500
Ingressos anuals	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	
Costos anuals	-355.575.077	-355.575.077	-355.575.077	-355.575.077	-355.575.077	-355.575.077	
Amortitzacions	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	
Benefici Brut	97.863.715	97.863.715	97.863.715	97.863.715	97.863.715	97.863.715	
Impostos	-24.465.929	-24.465.929	-24.465.929	-24.465.929	-24.465.929	-24.465.929	-24.465.929
NCF	80.410.295	80.410.295	80.410.295	80.410.295	80.410.295	80.410.295	2.959.795

La disminució del cost de la matèria primera suposa una reducció dels costos de producció, generals i, per tant, dels costos totals de producció.

A la **Figura 7.4** es representa el VAN respecte als diferents tipus d'interès.

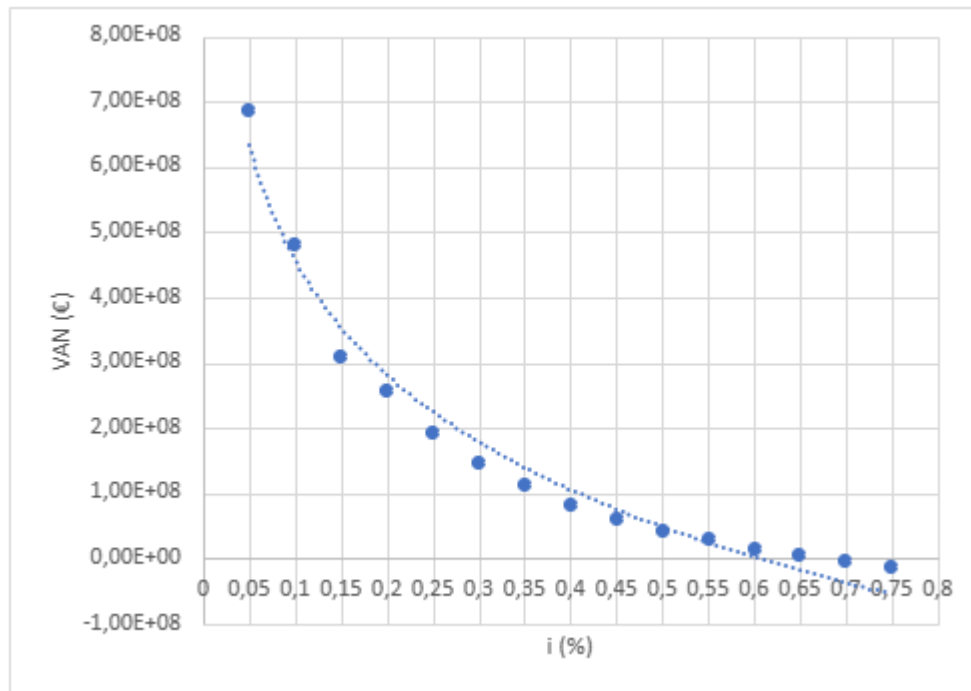


Figura 7.4. Evolució del VAN segons el tipus d'interès

Com es pot observar, una disminució del preu de la matèria primera no suposaria que la planta EBYL no fos rendible, ja que el percentatge a partir del qual no ho sigui és del 70%, un rang bastant ampli. En conclusió amb aquesta modificació, EBYL continua sent viable i rendible. El valor on el VAN és nul marca el TIR, que en aquest cas serà 70%.

Es calcula també el *Pay-Back* amb l'equació 11.

$$Payback = 2 + \frac{132.613.645 - (-27.737.121)}{80.410.295} = 3,99$$

En aquest cas el *Pay-back* serà de 4 anys, tenint en compte que la vida útil de la planta és de 15 anys, és un resultat molt positiu per a futurs inversors.

7.6.1.2 Augment del preu de la matèria prima

A la **Taula 7.41** es representa els ingressos per vendes quan s'augmenta el preu de l'etilbenzè en el mercat.

Taula 7.41 Cost total amb l'augment del preu de la matèria prima del 10%

Matèria prima	Producció (tona/any)	Preu en augment (€)	Cost (€)
Benzè	269.421	814	219.309.182
Etilè	185.262	702,9	130.220.659
Cost total (€)			349.529.842

Al augmentar el preu de la matèria primera, els resultats del NCF estaran representats a la **Taula 7.42**.

Taula 7.42 Estudi de la rendibilitat del projecte mitjançant el càlcul dels fluxos de caixa (NCF) amb l'augment del preu de la matèria prima del 10%

A	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Capital Immobilitzat	-110.511.120								
Capital Circulant	-22.102.224								
Valor Residual									
Ingressos anuals		460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300
Costos anuals		-429.611.852	-429.611.852	-429.611.852	-429.611.852	-429.611.852	-429.611.852	-429.611.852	-429.611.852
Amortitzacions		-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508
Benefici Brut		23.826.940	23.826.940	23.826.940	23.826.940	23.826.940	23.826.940	23.826.940	23.826.940
Impostos			-5.956.735	-5.956.735	-5.956.735	-5.956.735	-5.956.735	-5.956.735	-5.956.735
NCF	-132.613.345	30.839.448	30.839.448	30.839.448	30.839.448	30.839.448	30.839.448	30.839.448	30.839.448

A	9	10	11	12	13	14	15
Capital Immobilitzat							
Capital Circulant							22.102.224
Valor Residual							5.323.500
Ingressos anuals	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	460.451.300	
Costos anuals	-429.611.852	-429.611.852	-429.611.852	-429.611.852	-429.611.852	-429.611.852	
Amortitzacions	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	
Benefici Brut	23.826.940	23.826.940	23.826.940	23.826.940	23.826.940	23.826.940	
Impostos	-5.956.735	-5.956.735	-5.956.735	-5.956.735	-5.956.735	-5.956.735	-5.956.735
NCF	30.839.448	30.839.448	30.839.448	30.839.448	30.839.448	30.839.448	21.468.989

Un augment del cost de la matèria primera suposa un augment dels costos de producció, generals i, per tant, dels costos totals de producció.

A la **Figura 7.5** es representa el VAN respecte als diferents tipus d'interès.

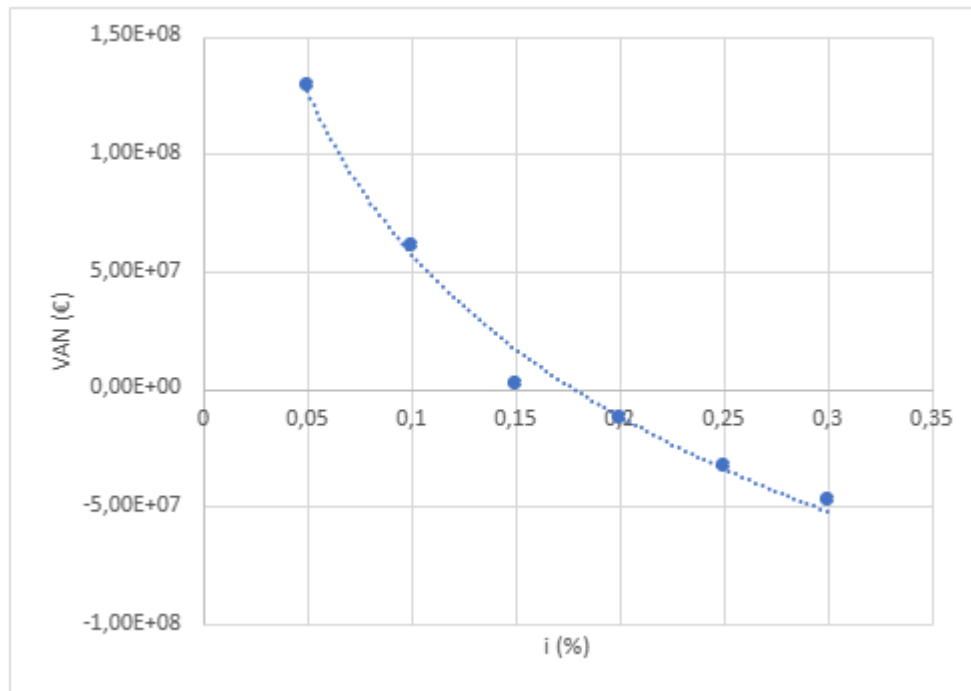


Figura 7.5 : Evolució del VAN respecte als diferents tipus d'interès.

Com es pot observar, un augment del preu de la matèria primera suposaria que l'interès pel qual la planta EBYL no fos rendible, s'escurci fins a arribar al 18%. Igualment, es considera que un interès amb aquest valor no implica que no continuï sent viable i rendible. El valor on el VAN és nul, en aquest cas serà del 20%.

Es calcula també el *Pay-Back* amb l'equació 11:

$$Payback = 3 + \frac{132.613.345 - (-76.891.183)}{24.882.713} = 11,42$$

En aquest cas el *Pay-back* serà d'11 anys, tot i l'augment, tenint en compte que la vida útil de la planta és de 15 anys, es continua recuperat la inversió inicial.

7.6.2 Estudi de la sensibilitat en el preu de venda

Amb l'estudi de mercat s'ha vist que el preu de venda de l'etilbenzè no és fix i que amb els anys, i segons l'oferta i la demanda, va en augment o pel contrari va disminuint. Per comprovar la viabilitat del projecte a llarg termini, s'estudiarà una modificació tant a l'alta com a la baixa del 10% del valor de venda inicial proposat.

7.6.2.1 Disminució del preu de venda

A la **Taula 7.43** es representa els ingressos per vendes quan es disminueix el preu de l'etilbenzè en el mercat.

Taula 7.43 Vendes totals amb la disminució del preu de venda de l'etilbenzè del 10%

Producte	Producció (tona/any)	Preu reduït (€)	Vendes totals (€)
Etilbenzè	354.193	1.170	414.406.170

Al disminuir el preu de venda de l'etilbenzè els resultats del NCF estaran representats a la **Taula 7.44**.

Taula 7.44 Estudi de la rendibilitat del projecte mitjançant el càlcul dels fluxos de caixa (NCF) amb una disminució del preu de venda del 10%

A	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Capital Immobilitzat	-110.511.120								
Capital Circulant	-22.102.224								
Valor Residual									
Ingressos anuals		414.406.170	414.406.170	414.406.170	414.406.170	414.406.170	414.406.170	414.406.170	414.406.170
Costos anuals		-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464
Amortitzacions		-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508
Benefici Brut		14.800.197	14.800.197	14.800.197	14.800.197	14.800.197	14.800.197	14.800.197	14.800.197
Impostos			-3.700.049	-3.700.049	-3.700.049	-3.700.049	-3.700.049	-3.700.049	-3.700.049
NCF	-132.613.345	21.812.706	18.112.656	18.112.656	18.112.656	18.112.656	18.112.656	18.112.656	18.112.656

A	9	10	11	12	13	14	15
Capital Immobilitzat							
Capital Circulant							22.102.224
Valor Residual							5.323.500
Ingressos anuals	414.406.170	414.406.170	414.406.170	414.406.170	414.406.170	414.406.170	
Costos anuals	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	
Amortitzacions	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	
Benefici Brut	14.800.197	14.800.197	14.800.197	14.800.197	14.800.197	14.800.197	
Impostos		-3.700.049	-3.700.049	-3.700.049	-3.700.049	-3.700.049	-3.700.049
NCF	21.812.706	18.112.656	18.112.656	18.112.656	18.112.656	18.112.656	23.725.675

La disminució del preu de venda de l'etilbenzè suposa una reducció dels ingressos a la planta. Aquesta disminució no afecta els costos de fabricació ni als generals, que es mantindrien constants, i com a conseqüència els beneficis seran menors.

A la **Figura 7.6** es representa el VAN respecte als diferents tipus d'interès.

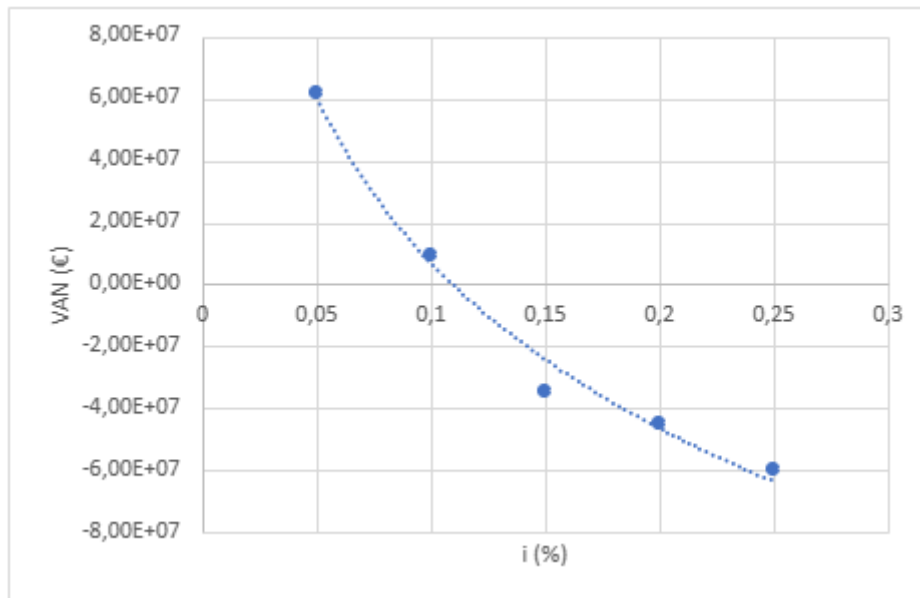


Figura 7.6 Evolució del VAN respecte als diferents tipus d'interès.

Com es pot observar, una disminució del preu de venda suposaria que l'interès pel qual la planta EBYL no fos rendible sigui del 12%. Aquesta reducció és més notòria, el que podria implicar que els possibles inversors no mostressin tant d'interès. El valor on el VAN és nul, en aquest cas serà del 12%.

Es calcula també el *Pay-Back* amb l'equació 11:

$$Payback = 8 + \frac{132.613.345 - (-2.124.701)}{18.112.656} = 15,44$$

En aquest cas el *Pay-back* serà de gairebé 16 anys, tenint en compte la vida útil de la planta EBYL, no es recuperaria l'inversió inicial.

7.6.2.2 Augment del preu de venda

A la **Taula 7.45** es representa els ingressos per vendes quan s'augmenta el preu de l'etilbenzè en el mercat.

Taula 7.45 Vendes totals amb l'augment del preu de venda de l'etilbenzè del 10%

Producte	Producció (tona/any)	Preu reduït (€)	Vendes totals (€)
Etilbenzè	354.193	1.430	506.496.430

En augmentar el preu de venda de l'etilbenzè, els resultats del NCF estaran representats a la **Taula 7.46**.

Taula 7.46 Estudi de la rendibilitat del projecte mitjançant el càlcul dels fluxos de caixa (NCF) amb un augment del preu de venda del 10%

A	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Capital Immobilitzat	-110.511.120								
Capital Circulant	-22.102.224								
Valor Residual									
Ingressos anuals		506.496.430	506.496.430	506.496.430	506.496.430	506.496.430	506.496.430	506.496.430	506.496.430
Costos anuals		-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464
Amortitzacions		-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508
Benefici Brut		106.890.457	106.890.457	106.890.457	106.890.457	106.890.457	106.890.457	106.890.457	106.890.457
Impostos		-26.722.614	-26.722.614	-26.722.614	-26.722.614	-26.722.614	-26.722.614	-26.722.614	-26.722.614
NCF	-132.613.345	113.902.965	87.180.351	87.180.351	87.180.351	87.180.351	87.180.351	87.180.351	87.180.351

A	9	10	11	12	13	14	15
Capital Immobilitzat							
Capital Circulant							22.102.224
Valor Residual							5.323.500
Ingressos anuals	506.496.430	506.496.430	506.496.430	506.496.430	506.496.430	506.496.430	
Costos anuals	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	-392.593.464	
Amortitzacions	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	-7.012.508	
Benefici Brut	106.890.457	106.890.457	106.890.457	106.890.457	106.890.457	106.890.457	
Impostos	-26.722.614	-26.722.614	-26.722.614	-26.722.614	-26.722.614	-26.722.614	-26.722.614
NCF	87.180.351	87.180.351	87.180.351	87.180.351	87.180.351	87.180.351	703.109

L'augment del preu de venda de l'etilbenzè suposa una millora dels ingressos a la planta. Aquesta no afecta els costos de fabricació ni els generals, que es mantindrien constants, i com a conseqüència els beneficis seran majors.

A la **Figura 7.7** es representa el VAN respecte als diferents tipus d'interès.

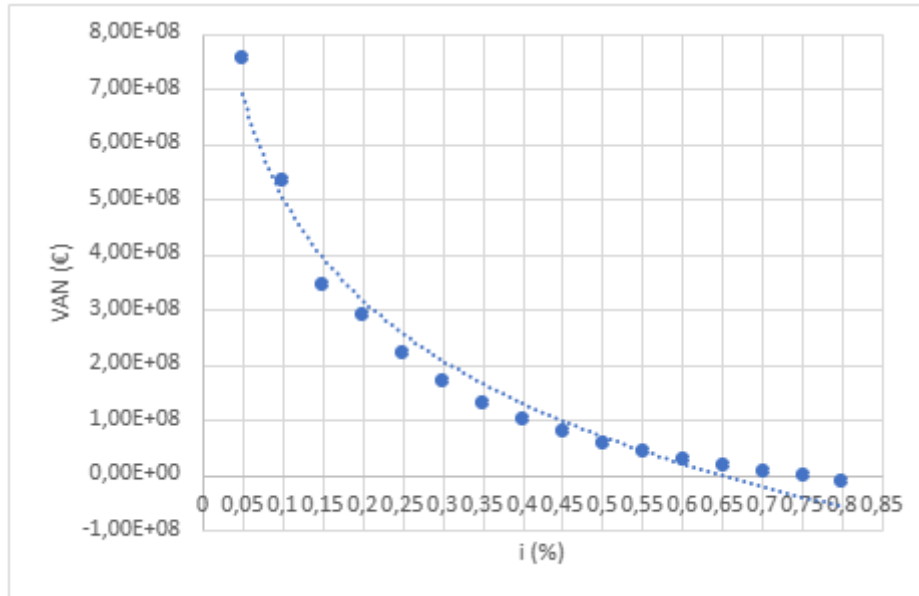


Figura 7.7: Evolució del VAN respecte als diferents tipus d'interès

Com es pot observar, un augment del preu de venda suposaria que l'interès pel qual la planta EBYL no fos rendible sigui del 75%. Aquest percentatge és molt elevat. El valor on el VAN és nul marca el TIR, que en aquest cas serà 75%.

Es calcula també el *Pay-Back* amb l'equació 11:

$$Payback = 8 + \frac{132.613.345 - (504.371.729)}{87.180.351} = 3,74$$

En aquest cas el *Pay-back* serà de 4 anys, tenint en compte que la vida útil de la planta és de 15 anys, és un resultat molt positiu per a futurs inversors.

7.6.3 Comparació dels resultats de l'estudi de la sensibilitat

L'estudi de sensibilitat serveix per analitzar com varia la rendibilitat del projecte respecte a factors com el cost de la matèria primera i el preu de venda del producte. Aquests no són fixes i poden patir modificacions al llarg dels anys. Aquestes modificacions poden esdevenir positivament per a l'empresa, com una disminució del cost de la matèria primera o del preu de venda, o negativament, quan la matèria primera fos més cara i el preu de venda patís una reducció. Aquestes variacions estan lligades a la llei de l'oferta-demanda. Per això un paper clau en l'estudi de la viabilitat econòmica és investigar el mercat.

Una vegada s'ha realitzat l'estudi de sensibilitat amb la variació del cost de la matèria primera i el preu de venda del producte. Es recullen els resultats obtinguts a la **Taula 7.47**.

Taula 7.47 Resultats del TIR i Pay Back amb les diferents situacions de l'estudi de la sensibilitat

	TIR (%)	Pay Back (anys)
Valors inicials establerts	45	5,75
Augment del cost de les matèries primes	18	11,42
Disminució del cost de les matèries primes	70	3,99
Augment del preu de venda de l'etilbenzè	75	3,74
Disminució del preu de venda de l'etilbenzè	12	15,44

Tal com s'observa, l'única situació en la qual la planta EBYL no recuperarà els diners i, per tant, no serà un projecte viable i rendible és amb un augment del 10% del preu de venda del benzè i l'etilè. Així doncs, aquest serà el factor que s'haurà de controlar amb més cura. En el cas que la demanda d'etilbenzè disminueixi, per contrarestar-la i evitar pèrdues s'haurà de buscar un proveïdor on el preu de la matèria primera sigui més baix.

En la resta de situacions es recuperarà la inversió inicial en els anys de vida útil de la planta, el que és un resultat molt positiu de cara a possibles inversors.

7.7 Conclusions

Un cop realitzat tots els estudis pertinents per saber la rendibilitat de la planta, s'arriba a la conclusió que el projecte de producció d'etilbenzè de la planta EBYL serà econòmicament rendible.

Amb l'estudi del NCF, es calculen valors de VAN amb diferents taxes d'interès. Quan el VAN és nul, el valor del TIR és del 45%, és un resultat elevat, el que vol dir que serà un projecte molt beneficiós i d'interès per als inversors.

El temps de retorn del capital invertit és d'aproximadament 6 anys, aquest resultat és atractiu tenint en compte que la vida útil de la planta és de 15 anys. A més a més, l'objectiu de qualsevol projecte és recuperar en el menor temps possible la inversió inicial per a poder tenir guanys nets i la planta EBYL garanteix aquest objectiu.

L'estudi de sensibilitat serveix per reafirmar que la planta EBYL és un projecte viable, ja que la variació en els factors no comportarà una pèrdua immediata dels diners inicials, podent-se recuperar en la majoria de les situacions excepte una.

L'etilbenzè és un producte molt utilitzat com a matèria primera per a la producció d'estirè entre altres, és un projecte molt afavorit econòmicament per als diferents inversors, a causa dels seus grans beneficis i els resultats positius obtinguts.

7.8 Webgrafia

[1] Nanakramguda Rd, Financial District, Gachibowli Hyderabad, Telangana (2023). Recuperat el 24 de Maig de 2023.

[Informe de mercado de etilbenceno | Tamaño, participación, crecimiento y tendencias \(2023-28\) \(mordorintelligence.com\)](https://mordorintelligence.com)

[2] Zhejiang Ruico (2019). Recuperat el 24 de Maig de 2023.

[Emulsión de estireno-acrilato, un material básico en varias emulsiones- Zhejiang Ruico Advanced Materials Co., Ltd. \(ruicoglobal.com\)](https://ruicoglobal.com)

[3] Autor desconegut (2022). Recuperat el 24 de Maig de 2023.

[Ethyl Benzene Market - By Application \(Styrene, Natural Gas, Gasoline, Asphalt, Naptha, Paint, and Diethyl Benzene\) and By End-User \(Packaging, Automotive, Electronics, Agriculture, and Construction\): Global Industry Perspective, Comprehensive Analysis, Size, Share, Growth, Segment, Trends And Forecast, 2022 – 2028 \(zionmarketresearch.com\)](https://zionmarketresearch.com)

[4] William L.Luyben (8 de febrer de 2011). Recuperat el 1 de Juny de 2023.

<https://docplayer.net/199775848-Design-of-ethylbenzene-production-process.html>

[5] Chemanalyst (Maig 2023). Recuperat el 24 de Maig de 2023.

[Ethylene Prices, Price, News, Monitor | ChemAnalyst](https://chemanalyst.com)

[6] Chemanalyst (Maig 2023). Recuperat el 24 de Maig de 2023.

[Benzene Prices, Price, Pricing, News, Monitor | ChemAnalyst](https://chemanalyst.com)

[7] CheModis (2021). Recuperat el 24 de Maig de 2023.

[Benzene Price History And Comparison Online - ECHEMI](https://chemodis.com)

[8] Sánchez, E. G. (2022). Cómo hacer un análisis DAFO para tu pyme (con ejemplos). Sincla. Recuperat el 24 de Maig de 2023.

[Cómo hacer un análisis DAFO \(con ejemplos\) \(semrush.com\)](https://semrush.com)

[9] Generador de Precios CYPE Ingenieros, S.A. Recuperat el 26 de Maig de 2023.

[Precio en España de Ud de Grupo electrógeno. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A.](https://cypeingenieros.com)

[10] Baifa, fabrica en Wuxi, (28/09/2012). Recuperat el 26 de Maig de 2023.

[8-3000kw de potencia diesel de generación eléctrica establecer Powered by MTU PERKINS Doosan Sme-Mitsubishi Cummins Volvo Balduino Fabricante de grupo electrógeno de Motor Kubota - China Generator, Generador Diesel \(made-in-china.com\)](https://made-in-china.com)

[11] Baifa, fabrica en Wuxi, (28/09/2012). Recuperat el 26 de Maig de 2023.

[Los residuos orgánicos Rto Gas equipo de tratamiento de residuos incinerador regenerativo - China Horno rotativo incinerador incinerador de residuos, \(made-in-china.com\)](#)

[12] Baifa, fabrica en Wuxi, (28/09/2012). Recuperat el 26 de Maig de 2023.

[Precio de ablandador de agua industrial - China Suavizante, Filtro de agua ablandador de agua \(made-in-china.com\)](#)

[13] Desconegut. Recuperat el 27 de Maig de 2023.

[https://www.fao.org/3/V8490S/v8490s06.htm#:~:text=Los%20costos%20de%20producci%C3%B3n%20\(tambi%C3%A9n,producci%C3%B3n%20indica%20el%20beneficio%20bruto](https://www.fao.org/3/V8490S/v8490s06.htm#:~:text=Los%20costos%20de%20producci%C3%B3n%20(tambi%C3%A9n,producci%C3%B3n%20indica%20el%20beneficio%20bruto)

[14] Ministeri d'indústria, energia i turisme. Oficina Española de Patentes y Marcas. Recuperat el 27 de Maig del 2023.

<http://www.oepm.es/cs/OEPMSite/contenidos/Folletos/06-cuestiones-basicas-patentes-modelos.html#:~:text=%C2%BFpor%20cu%C3%A1nto%20tiempo%20se%20concede,cualquier%20persona%20puede%20utilizarla%20libremente.>

[15] Víctor Velayos Morales (1 de Març del 2020). Recuperat 27 de Maig del 2023.

<https://economipedia.com/definiciones/valor-actual-neto.html>