



PLANTA PER A LA FABRICACIÓ DE SEVIN®



Aida Ballester López
Álex del Pino García
Guillem Pascual Sanahuja
Maria Santafé Villarroya
Joan Serra Delgado

Curs 2013-2014

UAB
Universitat Autònoma
de Barcelona

e escola
d'enginyeria

ÍNDIX

7. AVALUACIÓ ECONÒMICA	1
7.1. Inversió inicial	1
7.1.1. Càlcul dels costos previs	1
7.1.2. Càlcul del capital immobilitzat	2
7.1.3. Càlcul del capital circulant	22
7.1.4. Posta en marxa	22
7.2. Estimació dels costos d'operació	23
7.2.1. Costos de fabricació	24
7.2.2. Costos generals	27
7.3. Ingressos per vendes i rendibilitat de la planta	28
7.3.1. Ingressos per vendes.....	28
7.3.2. Càlcul del Net Cash Flow (NCF).....	29
7.3.3. Càlcul del valor actual net (VAN) i de la taxa interna de retorn (TIR)	31
7.3.4. Càlcul del Pay Back.....	31
7.4. Finançament i recursos propis	32
7.5.1. Venture Capital	32
7.5.2. Emissió d'accions.....	32
7.5.3. Cooperació entre empreses (Esponsorització)	32
7.5.4. Inversions específiques.....	33

7. AVALUACIÓ ECONÒMICA

Un cop dissenyada la planta i especificats tots els equips necessaris per a la fabricació de SEVIN®, queda avaluar si la configuració establerta resulta rentable econòmicament i si el projecte té viabilitat o no.

L'avaluació econòmica consistirà en fer un balanç dels costos i beneficis que experimenta la planta, i calcular el temps necessari per amortitzar i recuperar la inversió inicial per a la construcció i posta en marxa de la planta. Per això, s'assumirà una vida de la planta de no més de 15 anys, ja que la producció de pesticides/insecticides/plaguicides es troba sota el control de moltíssimes regulacions i lleis protectores del medi ambient que acabaran fent que el producte no sigui rentable. A més, la recerca, investigació i desenvolupament (R+I+D) en pesticides, és els camps que menys fons rep degut a l'elevada complexitat que implica la formulació de compostos igual d'efectius i selectius, i alhora menys agressius i persistents en el medi ambient.

D'entrada, com es menciona al capítol 1 d'especificacions, la producció de Carbaril s'ha vist considerablement reduïda arrel de l'incident de Bhopal i també degut als nombrosos controls de protecció i seguretat que comporta. Per tant, la venda de les 10500 Tn/any produïdes de Carbaril serà com a pesticida durant uns 15 anys de forma aproximada.

7.1. Inversió inicial

La inversió inicial correspon al capital requerit per iniciar la fabricació de SEVIN®, la qual es desglossa en 4 factors explicats en els pròxims apartats.

7.1.1. Càlcul dels costos previs

Correspon a la quantitat necessària per l'inici del projecte de disseny i construcció de la planta. Equival a una quantitat relativament menor al capital requerit per les etapes següents, ja que només té associades gestions administratives i de gestories, els estudis de mercat i conseqüents investigacions prèvies necessàries.

Com que aquests costos inclouen una gran varietat de partides no es poden determinar de forma acurada i per tant, no es tindran en compte per l'avaluació econòmica global de la planta.

7.1.2. Càlcul del capital immobilitzat

És el factor majoritari fins la inversió inicial ja que inclou els costos d'adquisició dels terrenys, edificis, equips, instruments i maquinària. Aquesta part va disminuint amb el temps ja que els equips, instruments i maquinària es van amortitzant amb el pas del temps i també van perdent vida útil. Existeixen 3 mètodes per calcular el capital immobilitzat:

a) Mètodes globals: són els que requereixen el menor temps de dedicació (5 a 30 minuts), però d'altra banda també comporten el major error de tots amb un 50-100% de desviació del resultat teòric respecte el real. A continuació es llisten alguns exemples de mètodes globals:

- Factor universal: estableix una relació entre les vendes i la inversió inicial amb un coeficient anomenat “g”, tal i com mostra l'expressió següent:

$$g = \frac{V}{I}$$

On el valor mig de “g” per la indústria química correspon a un 0,97. Aquest coeficient permet conèixer la inversió inicial a fer en funció de les vendes anuals (8kg produïts/preu producte). El rang de “g” va des de 0,2 fins a 6, augmentant gradualment a mesura que hi ha més operacions en el procés realitzat a planta.

Quants més processos o productes diferents es fabriquin més augmenta “g”. Si hi ha molta mà d'obra o es compra molta matèria prima, o bé si el capital invertit comporta molt risc (productes molt nous al mercat), “g” s'apropa més a 6.

Si els productes corresponen a mercats molt estables o amb fabricacions d'alta capacitat/tonatge, o bé si les matèries bàsiques són molt barates, “g” s'apropa a 0,2.

- Coeficient d'immobilització unitari: s'utilitza quan es volen comparar plantes ja fetes amb una planta de nova construcció semblant. Mitjançant el càlcul d'un factor “j”, s'estableix una relació entre la inversió inicial (I) i la quantitat produïda a l'any (q), segons la següent expressió:

$$j = \frac{I}{q}$$

Amb el paràmetre “j” equivalent per ambdues plantes i modificant la quantitat produïda per la nova planta, s'extreu el valor de la inversió inicial necessària per a la construcció d'aquesta nova planta. Aquest càlcul, però, és incorrecte, ja que la relació entre plantes de diferents mides mai serà lineal, tal i com assumeix el càlcul del paràmetre “j”.

- Mètode de Williams: estableix una sèrie de relacions entre dues plantes que no responen a una funció lineal, essent més acurades que no pas el mètode del coeficient d'immobilització unitari. L'expressió emprada pel mètode de Williams és

la següent, obtenint la inversió inicial per la planta de nova construcció expressada amb la variable I_2 :

$$I_2 = I_1 \cdot \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^b \quad \text{Amb } b = 0,6 - 0,7$$

Si la capacitat de producció de la planta s'aconsegueix fent línies en paral·lel el paràmetre “b” tendirà a 1 (gama alta), mentre que si la planta té costos de producció independents de la seva capacitat de producció o es té una única línia de procés “b” es trobarà entre 0,5 i 0,6.

- b) Mètodes de factor únic (“Factored Cost Estimate) o mètode de Lang:** requereixen més temps de dedicació (aproximadament 30 hores) però el percentatge d'error disminueix a un 20-50% en conseqüència. El principal inconvenient que presenta aquest mètode és la baixa fiabilitat ja que només es pot aplicar a plantes estàndard. S'aplica en base al càlcul del cost dels equips (descriu més endavant), i respon a la següent expressió:

$$I = f_L \cdot X$$

On f_L és el factor de Lang que depèn de quin sigui l'estat de la matèria que es manipula (valors vàlids per plantes que al 1957 costaven entre 5 i 15 milions de pessetes):

- Per sòlids: 3,1.
- Si es tenen tant sòlids com fluids: 3,63.
- Per fluids: 4,74.

Els valors de f_L disminueixen si els materials de construcció són cars, ja que els costos de construcció compensaran els de manipulació de les matèries primes, o també si els equips són complexes i ja venen predissenyats.

Per adaptar el factor de Lang a plantes més cares s'aplica el factor de correcció f_c :

$$I = f_L \cdot f_c \cdot X \quad \rightarrow \quad f_{c,1957} = 3,25 \cdot X^{0,435}$$

Si el cost dels equips (X) està calculat a partir del diagrama d'enginyeria (càlcul més acurat), el valor de f_c oscil·la entre 1,10 i 1,15, en canvi si X prové del diagrama de blocs la correcció serà d'entre el 20 i el 25% ($f_c = 1,2-1,25$).

- c) Mètodes de factor múltiple:** requereixen més de 30 hores per estimar el capital immobilitzat, fet que els hi dona la major fiabilitat de tots els mètodes amb només un 10-20% d'error associat. Els dos principals mètodes de factor múltiple són:
- Mètode de Vian: data del 1975 i es troba explicat en detall al final d'aquest apartat.
 - Mètode de Happel (1981): requereix tindre els diagrames P&ID perfectament definits amb tots els fulls d'especificacions omplerts per cada equip.

Per poder emprar el mètode de Vian, primer s'ha de calcular els costos dels equips i maquinària, i expressar els costos del capital immobilitzat com a un percentatge dels costos associats a aquests.

➤ **Costos dels equips:**

Els costos dels equips provindran de diverses fonts en funció del procés de disseny i construcció definits al llarg del projecte, però sempre que es pugui es procurarà obtindre els pressupostos provinents dels catàlegs del proveïdors, els quals tindran la informació més recent i exacta possible. En cas de no disposar de preus degut a la construcció personalitzada de l'equip, s'haurà de fer aproximacions emprant mètodes com els següents:

- i. **Regla de Williams:** equipara el preu de l'equip a un equip amb una magnitud característica similar a la del equip propi. Per fer el càlcul del preu amb el valor de la magnitud s'ha de fer ús de l'equació [Eq. 7.1.2.1].

$$Cost_{Equip, propi} = Cost_{Equip, conegut} \cdot \left(\frac{S_{Equip, propi}}{S_{Equip, conegut}} \right)^b \quad [Eq. 7.1.2.1]$$

On "S" simbolitza la magnitud característica de l'equip (propi o de l'equip conegut amb cost determinat) i "b" és l'exponent que depèn del tipus de planta química amb el qual es tracti.

Pel cas de les indústries químiques aquest exponent equival a un valor de 0,6.

- ii. **Mètode ponderal:** aplicable per calcular els costos d'equips fabricats a caldereries, segons l'equació [Eq. 7.1.2.2].

$$Cost_{Equip} = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot Pes \text{ primari} \quad [Eq. 7.1.2.2]$$

On les diverses variables de l'equació [Eq. 7.1.2.2] representen els següents termes:

- $Cost_{Equip}$ = cost del equip en pessetes segons l'any 1990.
- A = coeficient per passar de pes primari a pes definitiu.
- B = coeficient de qualitat (pessetes/kg). Un euro equival a 166,386 pessetes.
- C = coeficient de mecanització.
- D = coeficient de tractament especial de superfícies.
- Pes primari = factor del volum total de l'equip multiplicat per la densitat del material emprat per la construcció del equip (kg).

L'aplicació d'aquest mètode comporta aproximar la geometria el més simple possible (per exemple assumir tapes planes) i de igual forma que amb la regla de Williams, el cost obtingut ve en unitats de pessetes de l'any 1990, pel que farà falta aplicar una actualització amb els índexs CEPCI o M&S per convertir el cost a euros.

- iii. **Índex CEPCI (Chemical Engineering Plant Cost Index):** serveix per actualitzar el cost d'un equip calculat per anys anteriors. L'actualització del cost es fa amb l'equació [Eq. 7.1.2.3].

$$Cost_{Any\ actual} = Cost_{Any\ anterior} \cdot \left(\frac{CEPCI_{Any\ actual}}{CEPCI_{Any\ anterior}} \right) \quad [Eq. 7.1.2.3]$$

On les diverses variables de l'equació [Eq. 7.1.2.3] representen els següents termes:

- $Cost_{Any\ actual}$ = cost del equip en dòlars actualitzat amb l'índex CEPCI fins al novembre de 2013 (data més recent del qual es disposen dades del CEPCI).
 - $Cost_{Any\ anterior}$ = cost conegut del equip per anys anteriors en dòlars.
 - $CEPCI_{Any\ actual}$ = índex per Novembre de 2013 equivalent a 566,8.
 - $CEPCI_{Any\ anterior}$ = índex per l'any en el qual s'hagi calculat el cost del equip.
- iv. **Mètode de Happel:** és un conjunt de mètodes de determinació de costos de diversos equips tenint en compte el cost de compra i els costos d'instal·lació (ambdós expressats en dòlars segons l'any 1970, on el valor del CEPCI fou de 125,7). En quant a la determinació de costos de columnes és un mètode que presenta alta fiabilitat en els resultats obtinguts. A data de 7/06/2013 la conversió de dòlars a euros és de: 1 dòlar equival a 0,7328 euros.

7.1.2.1. Estimació dels preus dels tancs i les sitges d'emmagatzematge

El mètode emprat és el de Happel prenent el volum del tanc com a magnitud característica pel càlcul del cost de l'equip. Aquest mètode, però, només està preparat pel càlcul de costos de tancs d'emmagatzematge a pressió atmosfèrica i construïts d'acer al carboni, pel que s'haurà d'aplicar un factor multiplicador que ajusti el preu real dels tancs amb el material i la pressió d'operació reals.

L'equació a aplicar pel càlcul dels preus dels tancs i sitges és la [Eq. 7.1.2.1.1].

$$Cost(\$ 1970) = 1250 \cdot (gal \cdot 10^{-3})^{0,6} \quad [Eq. 7.1.2.1.1]$$

On: 1 gal = 0,003785 m³.

Tot i que aquesta equació del mètode de Happel està pensada per tancs amb relacions de longitud/diàmetre de 1 i es tenen relacions de 1,5/2/3, es considerarà que el preu no varia de forma considerable amb aquesta modificació.

Per obtenir una estimació més acurada del preu dels tancs i les sitges, s'ha decidit multiplicar els preus resultants d'aplicar l'equació [Eq. 7.1.2.1.1] amb els següents factors en funció del material de construcció necessari:

- En cas d'emprar acer al carboni del tipus SA-515 grau 55: es multiplica per 2.
- En cas d'emprar acer inoxidable del tipus AISI 316L: es multiplica per 3.
- En cas d'emprar l'aliatge Hastelloy C-276: es multiplica per 6.
- En cas d'emprar polietilè (PE): es multiplica per 2.

Aquest preu s'haurà d'actualitzar amb l'equació [Eq. 7.1.2.3] per tots els tancs i sitges i convertir-lo a euros. La taula 7.1.2.1.1 recull els costos dels tancs d'emmagatzematge.

Taula 7.1.2.1.1. Costos dels tancs d'emmagatzematge (1).

Ítem	Equip	Material	Volum (m3)	Capacitat (galons)	Cost tanc acer al carboni (\$ 1970)	Cost tanc real (\$1970)	Cost tanc (\$ 2013)	Cost (€ 2013)
T-101	Tanc d'emmagatzematge de monometilamina.	AISI 316L	50,9	13447,8	5944,3	17832,9	80411,3	58925,4
T-102	Tanc d'emmagatzematge de monometilamina.	AISI 316L	50,9	13447,8	5944,3	17832,9	80411,3	58925,4
T-103	Tanc d'emmagatzematge de fòsgè.	AISI 316L	36,03	9519,2	4831,4	14494,1	65355,9	47892,8
T-104	Tanc d'emmagatzematge de fòsgè.	AISI 316L	36,03	9519,2	4831,4	14494,1	65355,9	47892,8
T-105	Tanc d'emmagatzematge de fòsgè.	AISI 316L	36,03	9519,2	4831,4	14494,1	65355,9	47892,8
T-106	Tanc de NaOH 4%.	AISI 316L	41,16	10874,5	5233,1	15699,2	70789,9	51874,9
T-107	Tanc de NaOH 10-20%.	AISI 316L	5	1321,0	1477,2	4431,7	19983,4	14643,8
T-108	Tanc d'emmagatzematge de toluè.	AISI 316L	150	39630,1	11369,1	34107,2	153794,6	112700,7
T-109	Tanc d'emmagatzematge de toluè.	AISI 316L	150	39630,1	11369,1	34107,2	153794,6	112700,7
T-110	Tanc d'emmagatzematge de toluè.	AISI 316L	150	39630,1	11369,1	34107,2	153794,6	112700,7

Taula 7.1.2.1.1. Costos dels tancs d'emmagatzematge (2).

Ítem	Equip	Material	Volum (m3)	Capacitat (galons)	Cost tanc acer al carboni (\$ 1970)	Cost tanc real (\$1970)	Cost tanc (\$ 2013)	Cost (€ 2013)
T-111	Tanc d'emmagatzematge de toluè.	AISI 316L	150	39630,1	11369,1	34107,2	153794,6	112700,7
SJ-401	Sitja de carbaril.	SA-515 Grau 55	154,5	40819,0	11572,5	23145,0	104364,3	76478,2
SJ-402	Sitja de carbaril.	SA-515 Grau 55	154,5	40819,0	11572,5	23145,0	104364,3	76478,2
SJ-403	Sitja de carbaril.	SA-515 Grau 55	154,5	40819,0	11572,5	23145,0	104364,3	76478,2
T-401	Tanc d'emmagatzematge d'àcid clorhídric.	PE	45	11889,0	5520,7	11041,5	49787,8	36484,5
T-402	Tanc d'emmagatzematge d'àcid clorhídric.	PE	45	11889,0	5520,7	11041,5	49787,8	36484,5
T-403	Tanc d'emmagatzematge d'àcid clorhídric.	PE	45	11889,0	5520,7	11041,5	49787,8	36484,5
							TOTAL (€)	1117738,5

7.1.2.2. Estimació del preu dels recipients de procés

Aquest grup inclou reactors, els dipòsits de mescla i els dipòsits pulmó presents al procés. De nou, s'haurà d'aplicar algun factor multiplicador que tingui en compte pressions d'operació i materials de construcció diferents als considerats pel mètode Happel. En el cas de que l'equip consti d'agitació mecànica, aquest cost afegit es calcula al apartat 7.1.2.3, sumant-lo al cost de l'equip obtingut a l'apartat 7.1.2.2.

Les equacions [Eq. 7.1.2.2.1] i [Eq. 7.1.2.2.2] permeten el càlcul dels costos dels recipients de procés per acer inoxidable (AISI 304L i AISI 316L), tenint en compte si treballen a pressió atmosfèrica o a 0,236 atm de pressió respectivament.

$$Cost(\$ 1970) = 57 \cdot (gal)^{0,82} \quad [Eq. 7.1.2.2.1]$$

$$Cost(\$ 1970) = 82 \cdot (gal)^{0,82} \quad [Eq. 7.1.2.2.2]$$

7.1.2.3. Estimació dels preus dels agitadors

Aquest apartat afegeix el cost del mecanisme d'agitació corresponen a cada recipient de procés que en tingui, considerant que aquest es tracta d'un agitador de turbina de pales planes accionat amb un motor elèctric. El cost del conjunt de l'agitador (turbina/rodet, eix, transmissió i motor) acoblat al dipòsit es calcula amb l'equació [Eq. 7.1.2.3.1] considerant acer inoxidable:

$$Cost(\$ 1970) = 2000 \cdot (Hp)^{0,56} \quad [Eq. 7.1.2.3.1]$$

On Hp correspon a la potència de l'eix del motor en cavalls de vapor: 1 CV = 736 W.

Per fer estimacions preliminars, es suposa un valor de 5 Hp per cada 1000 galons de capacitat del dipòsit, segons les indicacions del mètode Happel.

Taula 7.1.2.3.1. Cost dels agitadors.

Referencia	Equip	Material	Volum recipient (m3)	Capacitat (galons)	Potencia d'agitació (Hp)	Cost agitador (\$ 1970)	Cost agitador (\$ 2013)	Cost (€ 2013)
DM-201	Dipòsit de mescla	AISI 316L	7,0	1836,2	24,3	11944,7	161581,6	118407,0
DM-202	Dipòsit de mescla	AISI 316L	7,0	1836,2	24,3	11944,7	161581,6	118407,0
DM-203	Dipòsit de mescla	AISI 316L	3,5	930,0	8,1	6446,3	87201,5	63901,2
DM-204	Dipòsit de mescla	AISI 316L	4,2	1120,2	8,1	6446,3	87201,5	63901,2
DM-301	Dipòsit de mescla	AISI 316L	1,83	483,5	2,6	3381,5	45742,8	33520,3
DM-302	Dipòsit de mescla	AISI 316L	0,48	126,3	1,0	2006,1	27137,1	19886,1
DR-301	Dipòsit refredats per Chiller	AISI 316L	4,8	1268,2	7,1	5977,8	80864,2	59257,3
DR-302	Dipòsit refredats per Chiller	AISI 316L	4,8	1268,2	7,1	5977,8	80864,2	59257,3
							TOTAL (€)	536537,4

7.1.2.4. Estimació del preu del preu de les columnes

El preu de les columnes respon a un procediment de càlcul desglossat en diferents passos, que permeten la obtenció del preu cada component de la columna.

En primer lloc, s'ha de diferenciar si es tracta d'una columna de plats o una columna de rebliment, ja que el mètode de Happel està enfocat només pel càlcul del preu de columnes de plats, i en el cas de tindre una columna de rebliment s'haurà de fer una conversió al nombre de plats equivalents per fer el càlcul.

Així doncs, el preu de la columna depèn del nombre de plats, la distància entre aquests plats i les dimensions de la columna (diàmetre i la alçada que ve determinada pel nombre i la distància entre plats). Quant menys altes siguin les columnes menor serà el seu preu, amb una distància entre plats menor.

Amb el nombre de plats es determina el preu de la columna buida segons la correlació descrita amb l'equació [Eq. 7.1.2.4.2], relacionant el cost d'una columna buida de 6 peus de diàmetre amb la columna del diàmetre propi.

$$Cost_{Buida, 6 ft, x} (\$ 1970) = C_1 - \left(\frac{N^{\circ} plats_1 - N^{\circ} plats_x}{N^{\circ} plats_1 - N^{\circ} plats_2} \right) \cdot (C_1 - C_2) \quad [Eq. 7.1.2.4.2]$$

On els diversos termes de l'equació representen:

- $Cost_{Buida, 6 ft, x} (\$ 1970)$ = cost de la columna buida de l'alçada que es vol calcular (x) i amb un diàmetre de 6 peus. Cost expressat en dòlars de l'any 1970.
- C_1 = cost de la columna amb nombre de plats tabulats superior als de la columna x.
- C_2 = cost de la columna amb nombre de plats tabulats inferior als de la columna x.
- $N^{\circ} plats_1$ = nombre de plats tabulats superior als de la columna x.
- $N^{\circ} plats_2$ = nombre de plats tabulats inferior als de la columna x.
- $N^{\circ} plats_x$ = nombre de plats a calcular de la columna x.

Als resultats de l'equació [Eq. 7.1.2.4.2] se'ls hi aplica la regla de Williams per calcular el preu real de la columna amb el seu diàmetre real. L'exponent "b" equivaldrà a 0,65 per les columnes de rebliment, mentre que el coeficient per columnes de plats serà igual a 1.

Taula 7.1.2.4.1. Cost de les columnes buides amb diàmetre de 6 ft (1).

Referencia	Equip	Material	Alçada total (m)	Alçada rebliment (m)	Diàmetre (m)
CA-201	Columna d'absorció de MCC i foscè.	Hastelloy C-276	8,83	5	0,8
CD-201	Columna de destil·lació per concentrar el foscè.	AISI 316L	13,71	8,5	0,5
CD-202	Columna de destil·lació de foscè.	AISI 316L	8,8	5	0,2
CD-203	Columna de destil·lació per concentrar el MCC.	AISI 316L	21	15	1,2
CD-204	Columna de destil·lació de MIC.	AISI 316L	21,72	15,5	0,5
CD-301	Columna de destil·lació per separar MIC.	AISI 316L	11,34	6,5	0,8
CA-301	Columna de bombolleig.	Hastelloy C-276	10,35	-	1,5

Taula 7.1.2.4.1. Cost de les columnes buides amb diàmetre de 6 ft (2).

Referencia	Nº plats	Nº plats 1	Nº plats 2	C1 (\$ 1970)	C2 (\$ 1970)	Cbuida 6 ft (\$ 1970)
CA-201	10	20	10	19400	11000	11000
CD-201	18	20	10	19400	11000	17720
CD-202	30	50	20	35200	19400	24667
CD-203	29	50	20	35200	19400	24140
CD-204	50	50	20	35200	19400	35200
CD-301	15	20	10	19400	11000	15200
CA-301	-	-	-	-	11000	11000

Taula 7.1.2.4.2. Cost de les columnes amb el seu diàmetre real.

Referencia	Equip	Material	Cbuida real (\$ 1970)
CA-201	Columna d'absorció de MCC i foscè.	Hastelloy C-276	32319,22575
CD-201	Columna de destil·lació per concentrar el foscè.	AISI 316L	38357,82662
CD-202	Columna de destil·lació de foscè.	AISI 316L	29433,35263
CD-203	Columna de destil·lació per concentrar el MCC.	AISI 316L	92313,42133
CD-204	Columna de destil·lació de MIC.	AISI 316L	76196,13415
CD-301	Columna de destil·lació per separar MIC.	AISI 316L	44659,29377
CA-301	Columna de bombolleig.	Hastelloy C-276	48630,84042

A aquest cost, s'haurà d'afegir el preu del rebliment tenint en compte els següents costos en funció del tipus de rebliment emprat:

- a) Preu anells Pall d'acer inoxidable: 2714,84 €/m³ (preu de l'any 1970).
- b) Preu rebliments Sulzer SMVP i Mellapack estructurat: 1200 €/m³ (preu actual).

El preu total corresponent a cada rebliment de les columnes es calcula amb l'equació [7.1.2.4.3].

$$Cost_{Rebliment} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H_{Rebliment} \cdot Preu_{Rebliment} \quad [Eq. 7.1.2.4.3]$$

Taula 7.1.2.4.3. Cost dels rebliments de les columnes.

Referencia	Equip	Material	Preu rebliment	Alçada (m)	Diàmetre (m)	Cost rebliment (€ 2013)
CA-201	Columna d'absorció de MCC i foscè.	Hastelloy C-276	1200	5	0,8	3015,9
CD-201	Columna de destil·lació per concentrar el foscè.	AISI 316L	1200	8,5	0,5	2002,8
CD-202	Columna de destil·lació de foscè.	AISI 316L	1200	5	0,2	188,5
CD-203	Columna de destil·lació per concentrar el MCC.	AISI 316L	1200	15	1,2	20357,5
CD-204	Columna de destil·lació de MIC.	AISI 316L	1200	15,5	0,5	3652,1
CD-301	Columna de destil·lació per separar MIC.	AISI 316L	1200	6,5	0,8	3920,7

Finalment, l'actualització del preu es farà amb l'índex CEPCI corresponent al mes de Novembre de 2013 com a dada més recent, i convertint el cost en dòlars a euros.

Taula 7.1.2.4.4. Cost total de les columnes.

Referencia	Equip	Material	Cost columna buida (\$ 2013)	Cost columna buida (€ 2013)	Cost total (€ 2013)
CA-201	Columna d'absorció de MCC i foscè.	Hastelloy C-276	874393,2	640755,3	877409,1
CD-201	Columna de destil·lació per concentrar el foscè.	AISI 316L	518883,4	380237,8	520886,2
CD-202	Columna de destil·lació de foscè.	AISI 316L	398158,1	291770,3	398346,6
CD-203	Columna de destil·lació per concentrar el MCC.	AISI 316L	1248764,8	915094,9	1269122,4
CD-204	Columna de destil·lació de MIC.	AISI 316L	1030739,1	755325,6	1034391,2
CD-301	Columna de destil·lació per separar MIC.	AISI 316L	604126,2	442703,7	608046,9
CA-301	Columna de bombolleig.	Hastelloy C-276	1315702,2	964146,5	1315702,2
				TOTAL (€)	6023904,6

7.1.2.5. Estimació del preu dels bescanviadors de calor

L'equació 7.1.2.5.1 permet l'estimació del preu dels bescanviadors de calor en funció de l'àrea de bescanvi en dòlars del 1970.

$$Cost(\$1970) = 105 \cdot (A)^{0,62} \quad [Eq. 7.1.2.5.1]$$

Taula 7.1.2.5.1. Cost dels bescanviadors de calor.

Referencia	Àrea (m²)	Àrea (ft²)	Cost (\$1970)	Cost (\$ 2013)	Cost (€ 2013)
BC-101	3,9	42,1	1067,5	4813,6	3527,4
BC-103	1	10,8	459,1	2070,2	1517,0
BC-201	9	97,2	1792,8	8084,2	5924,1
BC-202	7,9	85,3	1653,6	7456,5	5464,1
BC-203	7,9	85,3	1653,6	7456,5	5464,1
BC-204	7,8	84,2	1640,6	7397,8	5421,1
BC-205	5,8	62,6	1365,3	6156,5	4511,5
BC-206	1,1	11,9	487,1	2196,2	1609,4
BC-207	4,2	45,4	1117,7	5039,9	3693,2
BC-208	3,9	42,1	1067,5	4813,6	3527,4
BC-209	5,5	59,4	1321,1	5957,1	4365,3
BC-210	5,5	59,4	1321,1	5957,1	4365,3
BC-211	5,5	59,4	1321,1	5957,1	4365,3
BC-212	5,5	59,4	1321,1	5957,1	4365,3
BC-213	25,9	279,7	3452,7	15568,7	11408,7
BC-214	25,9	279,7	3452,7	15568,7	11408,7
BC-215	25,9	279,7	3452,7	15568,7	11408,7
BC-216	15,3	165,2	2491,3	11233,5	8231,9
BC-217	1,6	17,3	614,4	2770,5	2030,2
BC-218	3,9	42,1	1067,5	4813,6	3527,4
BC-219	112,1	1210,7	8563,8	38615,5	28297,5
BC-220	1,4	15,1	565,6	2550,4	1868,9
BC-301	9,6	103,7	1866,0	8414,2	6166,0
BC-302	3,7	40,0	1033,2	4659,0	3414,1
BC-304	2,2	23,8	748,5	3375,3	2473,4
BC-306	2,4	25,9	790,0	3562,4	2610,5
BC-308	8,5	91,8	1730,4	7802,7	5717,8
BC-309	9,7	104,8	1878,1	8468,5	6205,7
BC-310	8,2	88,6	1692,3	7630,8	5591,9
BC-311	1,1	11,9	487,1	2196,2	1609,4
BC-312	3,2	34,6	944,3	4257,9	3120,2
BC-313	6,9	74,5	1520,5	6856,4	5024,3
BC-314	1,1	11,9	487,1	2196,2	1609,4
				TOTAL (€)	179845,4

7.1.2.6. Estimació del preu dels cristal·litzadors

El cost dels cristal·litzadors es calcula amb l'equació [Eq. 7.1.2.6.1].

$$Cost(\$1970) = 11600 \cdot \left(\frac{T}{D}\right)^{0,55} \quad [Eq. 7.1.2.6.1]$$

On T/D correspon a la capacitat en tones per dia de producte sòlid.

Taula 7.1.2.6.1. Cost dels cristal·litzadors.

Referencia	T/D	Cost (\$1970)	Cost (\$ 2013)	Cost (€ 2013)
CR-301	1,55	14746,12	199477,3	146177,0
CR-302	1,91	16558,70	223997,0	164145,0
CR-303	0,1	3269,32	44225,6	32408,5
			TOTAL (€)	342730,5

7.1.2.7. Estimació del preu de les calderes d'oli tèrmic

S'estima que les calderes d'oli tèrmic costaran 5000 € cadascuna, fent un total de 10000 €.

7.1.2.8. Estimació del preu de les centrífugues

El cost de les centrífugues queda en funció del diàmetre del cistell, calculat amb l'equació [Eq. 7.1.2.8.1].

$$Cost (\$ 1970) = 354 \cdot D \quad [Eq. 7.1.2.8.1]$$

On la variable "D" representa el diàmetre del cistell en polzades: 1 polzada = 0,0254 metres.

La CT-301 amb un diàmetre de 0,5 metres té un cost de 23026,1 €.

S'estima que la CT-302 tindrà un cost aproximat de 50.000 €, mentre que la CT-303 resultarà més cara degut a la construcció amb materials resistents a la corrosió, rondant doncs, els 100.000 €.

7.1.2.9. Estimació del preu del assecador

Mirant fonts a internet i comparant entre fabricants, s'estima que el preu de l'assecador Wyssmont rondarà els 300.000 euros.

7.1.2.10. Estimació del preu de les balances de camions

S'estima el preu de les balances un cop consultades diverses fonts bibliogràfiques, pel que s'arriba a la conclusió de que cadascuna costarà uns 6500 €, fent un total de 13000 € per les dues balances de camions.

7.1.2.11. Preu dels descalcificadors

El preu del descalcificador Magnum 742-125L és de 2649 €.

7.1.2.12. Estimació del preu dels grups electrògens

El preu del grup electrogen és de 488365 €.

7.1.2.13. Estimació del preu de l'estació transformadora

El preu de l'estació transformadora s'estima que és de 150000 €.

7.1.2.14. Estimació del preu de les bombes

El preu de les bombes es pot calcular amb l'equació [Eq. 7.1.2.15.1] segons el mètode Happel.

$$Cost_{Bomba, pròpia}(\$ 1970) = Cost_{Bomba, referència} \cdot \left(\frac{HP_2}{HP_1}\right)^b \quad [Eq. 7.1.2.15.1]$$

On els termes de l'equació anterior representen:

- $Cost_{Bomba, pròpia}(\$ 1970)$ = cost en dòlars de l'any 1970 de la bomba utilitzada.
- $Cost_{Bomba, referència}$ = cost en dòlars de la bomba de referència.
- HP_2 = potència de la bomba utilitzada en cavalls de vapor.
- HP_1 = potència de la bomba de referència en cavalls de vapor.
- b = exponent amb valor equivalent a 0,52 per bombes (el rang pot variar de 0,37 fins a 0,63 en funció del increment de la mida de la bomba).

La taula 7.1.2.15.1 mostra els valors dels costos de compra en dòlars de l'any 1970 per les bombes de referència, en funció de la mida i la potència del motor en HP.

Taula 7.1.2.15.1. Costos per les bombes de referència segons la potència del motor.

	Potència del motor (HP)	Cost de compra (\$ 1970)
Bomba petita	1	600
Bomba mitjana	10	1400
Bomba gran	100	6000

Taula 7.1.2.15.2. Cost de les bombes.

Referencia	Equipo	Potencia (W)	Potencia del motor (HP)	Cost (\$ 1970)	Cost (\$ 2013)	Cost (€ 2013)
P -101 i P-102	Bomba centrífuga	3306,363	4,432	1301,34	1364,25	1048,78
P -103 I 104	Bomba centrífuga	3270,817	4,384	1294,04	1356,60	1042,90
P-105/106	Bomba centrífuga	34084,893	45,690	4377,83	4589,48	3528,20
P-107/108	Bomba centrífuga	2368,327	3,175	1094,05	1146,94	881,72
109/110	Bomba centrífuga	2328,482	3,121	1084,44	1136,86	873,97
P-111/112	Bomba centrífuga	4266,401	5,719	1485,80	1557,63	1197,44
P 113/114	Bomba centrífuga	9518,757	12,760	2255,22	2364,25	1817,53
P-115/116	Bomba centrífuga	4255,596	5,705	1483,84	1555,57	1195,86
P-117/118	Bomba centrífuga	6425,225	8,613	1838,35	1927,23	1481,57
<u>P-119-120</u>	Bomba centrífuga	3292,794	4,414	1298,56	1361,33	1046,54
P-121-122	Bomba centrífuga	5624,774	7,540	1715,46	1798,40	1382,53
P-201-202	Bomba centrífuga	7722,053	10,351	2022,78	2120,57	1630,20
P-203-204	Bomba centrífuga	1761,577	2,361	937,99	983,33	755,94
P-205-206	Bomba centrífuga	2524,150	3,384	1130,91	1185,58	911,42
P-207-208	Bomba centrífuga	7220,071	9,678	1953,30	2047,73	1574,21
P-209-210	Bomba centrífuga	15354,364	20,582	2891,80	3031,60	2330,56
P-211-212	Bomba centrífuga	36007,019	48,267	4504,52	4722,29	3630,29
P-213-214	Bomba centrífuga	6806,452	9,124	1894,29	1985,87	1526,65
P-215-216	Bomba centrífuga	2390,696	3,205	1099,41	1152,56	886,04
P-217-218	Bomba centrífuga	2846,472	3,816	1203,83	1262,03	970,20

P-219-220	Bomba centrífuga	5376,846	7,208	1675,72	1756,73	1350,5 0
P-221-222	Bomba centrífuga	1610,879	2,159	895,36	938,65	721,59
P-223-224	Bomba centrífuga	1795,440	2,407	947,32	993,12	763,47
P-225-226	Bomba centrífuga	1551,857	2,080	878,15	920,61	707,72
P-227-228	Bomba centrífuga	3131,888	4,198	1265,16	1326,33	1019,6 2
P-229-230	Bomba centrífuga	23026,013	30,866	3570,10	3742,70	2877,2 3
P-231-232	Bomba centrífuga	2286,976	3,066	1074,34	1126,28	865,84
P-233-234	Bomba centrífuga	4088,871	5,481	1453,32	1523,58	1171,2 6
P-235-236	Bomba centrífuga	3469,898	4,651	1334,42	1398,93	1075,4 4
P-237-238	Bomba centrífuga	4175,547	5,597	1469,26	1540,29	1184,1 1
P-239-240	Bomba centrífuga	2492,349	3,341	1123,48	1177,79	905,43
P-241-242	Bomba centrífuga	2099,656	2,815	1027,65	1077,33	828,20
P-301-302	Bomba centrífuga	2891,354	3,876	1213,67	1272,34	978,12
P-303-304	Bomba centrífuga	5542,654	7,430	1702,39	1784,70	1372,0 0
P-305-306	Bomba centrífuga	2197,799	2,946	1052,35	1103,23	848,11
P-307-308	Bomba centrífuga	2304,245	3,089	1078,55	1130,70	869,23
P-309-310	Bomba centrífuga	1747,328	2,342	934,03	979,19	752,76
P-311-312	Bomba centrífuga	4188,693	5,615	1471,66	1542,81	1186,0 5
P-313-314	Bomba centrífuga	3869,421	5,187	1412,22	1480,49	1138,1 4
P-315-316	Bomba centrífuga	1492,609	2,001	860,56	902,16	693,54
P-317-318	Bomba centrífuga	1665,909	2,233	911,14	955,19	734,31
P-319-320	Bomba centrífuga	3854,355	5,167	1409,36	1477,49	1135,8 4
P-321-322	Bomba centrífuga	3147,685	4,219	1268,48	1329,80	1022,2 9
P-323-324	Bomba centrífuga	1586,585	2,127	888,32	931,26	715,91
P-325-326	Bomba centrífuga	10510,222	14,089	2374,46	2489,25	1913,6 3
P-327-328	Bomba centrífuga	4449,997	5,965	1518,71	1592,13	1223,9 6
P-329-330	Bomba centrífuga	28485,488	38,184	3987,78	4180,57	3213,8 4

P-331-332	Bomba centrífuga	121087,049	162,315	8463,26	8872,41	6820,74
P-333-334	Bomba centrífuga	17379,491	23,297	3084,23	3233,33	2485,65
	Bomba centrífuga	1215,600	1,629	773,43	810,82	623,32
P-335-336	Bomba centrífuga	3295,395	4,417	1299,09	1361,89	1046,97
P-337-348	Bomba centrífuga	2058,445	2,759	1017,11	1066,28	819,71
P-349-340	Bomba centrífuga	3498,370	4,690	1340,10	1404,89	1080,02
P-401-402	Bomba centrífuga	2572,363	3,448	1142,09	1197,30	920,44
					TOTAL	54629,27

Totes les bombes es trobaran per duplicat, per tant el cost total serà el doble a l'obtingut a la taula anterior: 3009,2 €.

7.1.2.15. Estimació del preu dels bufants

L'equació [Eq. 7.1.2.16.1] extreta del mètode Happel permet el càlcul del cost dels bufants, en funció del cabal proporcionat per l'equip. L'equació val per bufants d'acer al carboni.

$$Cost (\$ 1970) = 6,7 \cdot \left(ft^3/min \right)^{0,68} \quad [Eq. 7.1.2.16.1]$$

On: 1 ft³/min = 28,3 L/min = 0,000472 m³/s.

7.1.2.16. Estimació del preu del sistema de lluita contra incendis

S'estima que el preu del sistema de lluita contra incendis rondarà els 750.000 €.

➤ **Mètode de Vian**

Un cop conegut el cost total dels equips ja es pot aplicar el mètode de Vian, segons les expressions recollides a la taula 7.1.2.1 per cada contribució.

Taula 7.1.2.1. Ítems pel cost total del capital immobilitzat amb el mètode de Vian.

Ítem	Concepte	Expressió de càlcul
I1	Maquinària i aparells	X
I2	Costos d'instal·lació de I1	$(0,35-0,45-0,50) \cdot X$
I3	Canonades i vàlvules	Sòlids: $0,10 \cdot X$ Líquids: $0,60X$
I4	Instruments de mesura i control	$(0,05-0,3) \cdot X$
I5	Aïllaments tèrmics	$(0,03-0,07-0,10) \cdot X$
I6	Instal·lació elèctrica	$(0,10-0,20) \cdot X$
I7	Terrenys i edificis	Interior: $(0,2-0,3) \cdot X$ Mixt: $(0,12-0,15) \cdot X$ Exterior: $(0,05) \cdot X$
I8	Instal·lacions auxiliars (serveis)	$(0,25-0,40-0,70) \cdot X$
Y	Capital físic o primari	$\sum(I1+I2+I3+I4+I5+I6+I7+I8)$
I9	Honoraris del projecte i direcció del muntatge	Projectes: $0,12 \cdot Y$ Direcció: $0,06 \cdot Y$ Compra: $0,02 \cdot Y$
Z	Capital directe o secundari	$I9+Y$
I10	Contracte d'obres	$(0,04-0,10) \cdot Z$
I11	Despeses no previstos	$(0,10-0,30) \cdot Z$

Tot seguit, s'inclou la descripció detallada de cada ítem i la seva contribució al càlcul del cost total del capital immobilitzat.

- **I1:** correspon al sumatori dels costos de tots els equips de la planta de fabricació de Carbaril i se li associa la variable "X".
- **I2:** prové dels costos relatius a la preparació i instal·lació dels equips a la planta. Inclou el conjunt de materials, accessoris, transport i mà d'obra necessaris per tindre completament instal·lat l'equip a planta. S'escull un percentatge equivalent al 45% respecte X, ja que és el valor més habitual per fer el càlcul. Si es desglossa aquest

percentatge, un 20% provindria dels costos dels materials i l'altre 25% provindria de les despeses relatives a la mà d'obra.

- **I3:** aquest ítem inclou el preu de la canonada junt amb els costos dels accessoris i la instal·lació corresponent a tots aquests, però no inclou el cost de l'aïllament de les canonades. Per sòlids s'expressa com un 10% del cost total dels equips, mentre que per fluids respon al 60% de X.
- **I4:** correspon als costos tant d'adquisició com d'instal·lació de tots els aparells de control a la planta. Es decideix prendre el major percentatge equivalent a un 30%, degut a la presència d'un elevat nivell d'instrumentalització amb equips molt complexes.
- **I5:** aquest ítem inclou el preu dels aïllaments i la mà d'obra requerida per la seva instal·lació. Es pren un valor mig del 7% com a valor habitual.
- **I6:** correspon a la xarxa de distribució elèctrica, les subestacions i els motors elèctrics que composin la planta. De nou, es pren un valor mig del 15% com estàndard.
- **I7:** ve en funció del tipus de planta i els requisits per a què el terreny sigui urbanitzable (anivellació, construcció dels edificis i instal·lacions, etc.). Com no es coneix el cost de compra del terreny, només es tindrà en compte el tipus d'edificació de la planta, expressat com a percentatge de I1. S'escull un valor del 15% dins el grup d'edificació mixta, però estant a l'extrem superior ja que es tenen més edificis interiors que exteriors.
- **I8:** correspon als serveis de la planta (aigua, llum, oli tèrmic, gasoil...). El valor recomanat pel mètode Vian és del 40% de X.
- **Y:** correspon al sumatori de totes les inversions esmentades als apartats anteriors (des de I1 fins a I8).
- **I9:** equival a un 20% de Y, on el 12% correspon a projectes, el 6% a direcció d'obres i el 2% a la gestió de la compra d'equips.
- **Z:** és la suma de Y i I9.
- **I10:** respon a la comunicació interna dins la planta que varia en funció de la mida d'aquesta. Quant més gran és la planta, major és el percentatge escollit. Es decideix prendre un valor intermedi corresponent al 7% de Z.
- **I11:** respon a despeses imprevistes que poden sorgir al llarg de la construcció de la planta. S'escull un 20% com a valor mig per fer el càlcul.

➤ Càlcul del capital immobilitzat total

Finalment, el càlcul del cost total del capital immobilitzat correspon a la suma de Z, I10 i I11 segons la següent expressió:

$$I = Z + I10 + I11$$

7.1.3. Càlcul del capital circulant

El capital circulant o capital de rotació és la quantitat de diners invertida en elements que es transformaran al llarg de la producció, i que canviarà de forma successiva de matèries primes fins a productes elaborats o crèdits, sous, mà d'obra, etc. El capital circulant es va consumint amb el pas del temps a mesura que esdevé l'activitat de producció i s'ha d'anar reposant constantment. És pròpiament un cost variable i no amortitzable que no para de fluctuar al llarg de l'activitat de la planta, i es recupera al final de la vida útil d'aquesta.

Existeixen dos mètodes que permeten la determinació del capital circulant:

- A) Mètodes globals: realitzen una estimació del capital circulant en funció d'un rang de percentatges respecte el valor de les vendes o del valor del capital immobilitzat (del 10 al 30%).
- B) Cicle de producció: divideix en diversos apartats la planta per desglossar el càlcul del capital circulant en varis termes inclosos a l'equació [Eq. 7.1.3.1].

$$\text{Capital circulant} = \frac{q}{12} \cdot (m'_1 + 0,5 \cdot M_1 \cdot f + 2 \cdot M_1 + 0,5 \cdot V_1) \quad [\text{Eq. 7.1.3.1}]$$

Es decideix emprar un mètode global, considerant que el capital circulant correspondrà a un 20% del capital immobilitzat segons el següent càlcul:

$$\text{Capital circulant} = 0,2 \cdot \text{Capital immobilitzat}$$

7.1.4. Posta en marxa

El capital relatiu a la posta en marxa es destina a possibles reparacions, modificacions, pèrdues de reactiu i/o producte i al possible augment de la mà d'obra i els seus costos. També s'ha de diferenciar si es tracta de la primera posta en marxa de la planta o bé es una renovació de l'activitat de la planta.

En aquest apartat, es calcula el preu de la parcel·la a partir de la informació obtinguda de la web del ajuntament de Tarragona (poligons.tarragona.cat), on seleccionant la casella de sòls industrials, s'obté un llistat de polígons industrials a la província de Tarragona en disposició de venda o lloguer. El preu del metre quadrat per parcel·les de sòls industrials sense edificar al mes de Març de 2013 és de 100 €/m², pel que si es disposa d'una parcel·la fictícia de 53235 m², el cost de la parcel·la correspondrà a 5.323.500 €.

La inversió total prové de la suma del capital immobilitzat, el capital circulant i els costos de la posta en marxa.

7.2. Estimació dels costos d'operació

Els costos d'operació es divideixen en costos de fabricació i manufactura (M → Manufactura) i costos d'administració, vendes i generals (G → Gerència), on els costos generals són relatius al laboratori, personal d'administració i de seguretat, etc. Aquests costos representen les prestacions i béns emprats per realitzar l'activitat de producció de Carbaril.

Els costos d'operació es poden definir en diverses subagrupacions segons el tipus de cost que sigui, tal i com mostra el següent esquema:

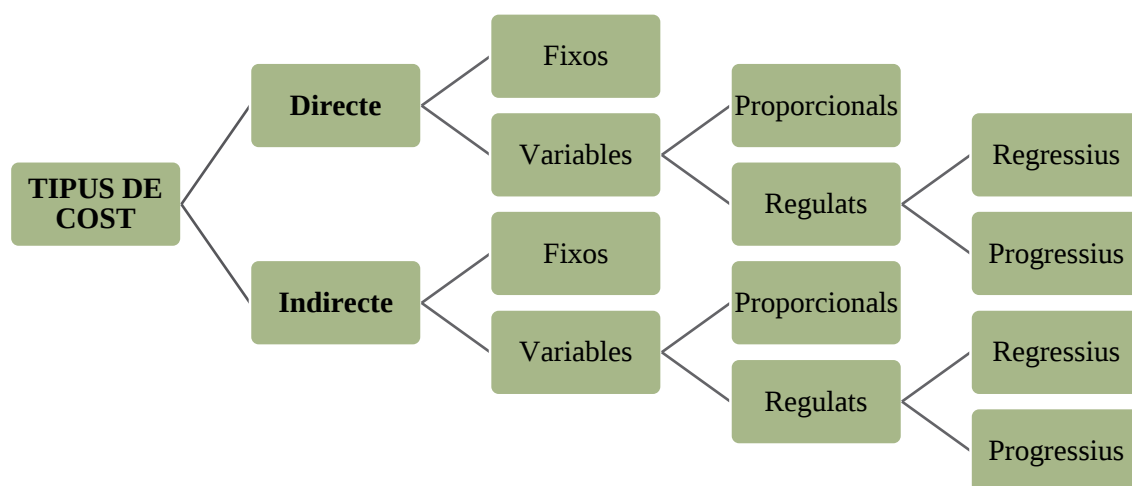


Figura 7.2.1. Esquema dels tipus de costos d'operació i els seus subgrups.

La taula 7.2.1. mostra la descripció dels tipus de costos d'operació inclosos a la figura 7.2.1.

Taula 7.2.1. Descripció dels tipus de costos d'operació.

TIPUS DE COST	DESCRIPCIÓ DEL COST
Directe	Aquell que és clarament imputable a un determinat producte, procés o secció.
Indirecte	Aquell que varia en funció de la producció però que no és directament atribuïble a un determinat producte (excepte per plantes productores d'un sol producte en concret). Els costos indirectes poden associar-se al producte més car, o bé dividir-los en parts iguals o proporcionals en funció del preu de venda de cada producte.
Fix	Aquell que no depèn de la quantitat produïda. La part majoritària d'aquest cost prové de la mateixa prolongació de l'activitat diària de l'empresa, i del manteniment periòdic de les instal·lacions que componen la planta.
Variable	Aquell que varia en funció de la quantitat produïda. Dins aquest cost es troba la compra i consum de matèries primes, la mà d'obra directa i les patents.
Proporcional	Aquell que varia de manera proporcional amb la variació de la quantitat produïda. Inclou el cost de les matèries primes, l'empaquetat del producte i els costos d'expedició, entre d'altres
Regulat	Aquell que no presenta una variació lineal amb la quantitat produïda tal i com ho fa el cost proporcional.
Regressiu	Aquell que en augmentar la quantitat produïda, té un increment inferior al cost proporcional. En aquest grup entren les despeses per part del laboratori i els costos energètics.
Progressiu	Aquell que en augmentar la quantitat produïda, té un increment superior al cost proporcional. Per exemple, al haver de contractar mà d'obra extra de forma puntual es té un cost progressiu, ja que seria incrementar el cost de la mà d'obra contractada normalment.

7.2.1. Costos de fabricació

A continuació, es descriuen els diversos costos de fabricació existents:

- **Cost de la matèria prima (M1):** aquest cost correspon a tots els passos previs fins a la disposició de la matèria prima dins l'àrea d'emmagatzematge (transport, emmagatzematge intermedi, impostos i possibles pèrdues de matèria prima pel camí). Alhora, aquest apartat també té en compte les despeses associades a matèries auxiliars com poden ser lubricants i/o catalitzadors que no durin més d'un cicle de producció. La fabricació de Carbaril implica l'ús d'una reïna de bescanvi iònic la qual es regenera de manera alternada als reactors R-203 i R-204 cada 11 dies de producció, amb un màxim de 4 o 5 regeneracions. Per tant, com que l'esgotament i posterior reposició de reïna és fa en menys temps que un cicle de producció, es considerarà la reïna com a un reactiu més i no com a capital immobilitzat.

El preu de les matèries primes s'obté de consultar pàgines web (Alibaba o Chemorg, per exemple), per poder fer una estimació preliminar dels costos d'operació de la planta. Per tindre una avaluació acurada dels costos d'operació, s'hauria de realitzar un estudi de mercat en profunditat que proporcionés els preus dels reactius amb la major exactitud possible, i així establir un preu competitiu pel Carbaril produït.

- **Cost de la mà d'obra directa (M2):** correspon a la mà d'obra únicament relacionada amb el procés de producció. La seva variabilitat depèn del grau d'automatització de la planta, de la naturalesa del procés i de la capacitat de producció que es tingui. Al capítol 1 sobre especificacions del projecte, es defineixen 42 treballadors entre operaris, caps de secció i especialistes que estaran inclosos dins la mà d'obra directa. Els sous del personal es fixen segons les indicacions pel sector de la indústria química, obtenint una xifra de 25000 €/treballador/any, dividits en 14 pagues (12 pagues mensuals més dues pagues extres).
- **Patens (M3):** en cas d'emprar alguna patent que encara conservi la seva vigència, s'haurà de pagar a l'empresa propietària de la patent un percentatge d'entre l'1 i el 5% de les vendes anuals aconseguides. Aquest percentatge varia en funció del tipus de negoci o entitat (les universitats paguen un 1% mentre que les multinacionals paguen un 5% de les seves vendes).
Com que la única patent (US 4278807) que s'ha consultat pel disseny dels reactors R-203 i R-204, amb data del 14 de Juliol de 1981, va perdre la seva vigència l'any 2001 (20 anys després), aquest cost serà nul.
- **Cost de la mà d'obra indirecta (M4):** dins aquest grup es troba el personal de fabricació no relacionat de manera directa amb la producció de la planta, com poden ser supervisors, encarregats, personal de seguretat, personal en pràctiques i personal de serveis entre d'altres. D'altra banda, no es considera com a mà d'obra indirecta el personal comercial ni de vendes, ja que només es té en compte el personal de planta. S'escull un percentatge equivalent al 30% com a valor intermig.
- **Serveis generals (M5):** es diferencia entre serveis interns o externs (provenen d'empreses externes), ja que els externs es pagaran com si fossin matèries primes amb un preu i consum determinats, mentre que els interns formaran part dels costos de fabricació de la planta. A continuació es detallen els serveis externs a pagar:

- Servei d'aigua: considerant el consum d'aigua per part del personal treballador, s'estima que es consumiran 25 litres d'aigua per treballador i dia. Com que durant cadascun dels 300 dies que es trobi activa la planta, només $\frac{3}{4}$ parts de la plantilla estarà treballant, al fer la multiplicació entre el nombre de treballadors i el consum s'obté que diàriament es consumeixen 1687,5 L/dia $\rightarrow$ 506,25 m³/any.
- Electricitat: el consum elèctric total anual.
- Nitrogen: es determina que es necessiten 17 m³ de nitrogen cada 5 dies per portar a terme la inertització dels equips a planta, fent un total de 1241 m³/any.

(TAULA COST SERVEIS)

- **Subministrament (M6):** correspon al cost associat a l'adquisició de forma regular d'altres aspectes que no siguin ni matèries primes ni serveis (paper d'oficina, material de seguretat, material de neteja). S'escull un valor mitjà equivalent a 0,8% per aquest cost respecte el capital immobilitzat total.
- **Manteniment (M7):** correspon als costos relatius a revisions, reparacions i substitucions realitzades de forma periòdica a la planta per mitjà d'empreses externes. Aquest cost no inclou les possibles inversions per ampliacions o modificacions d'equips de la planta, que impliquin una millora en la seva operació. En funció de les condicions de la planta (suaus, mitjanes o extremes), es defineix un percentatge respecte el cost del capital immobilitzat: per condicions mitjanes, s'escull un valor del 8%.
- **Laboratoris (M8):** qualsevol planta química disposa d'un departament de R+I+D, amb l'objectiu de millorar el procés de producció, i també de laboratoris que realitzin controls de qualitat de la producció. Els controls de qualitat s'enfoquen tant per l'entrada de matèries primes en condicions adequades, com per a la sortida del producte dins uns rangs d'especificacions de qualitat.
S'escull un percentatge del 20% respecte el valor del cost de la mà d'obra, degut a què es requereixen controls de qualitat estrictes del MIC produït, amb la necessitat de realitzar HPLC (High Performance Liquid Chromatography), essent aquesta tècnica bastant cara i complexa.
- **Envasat (M9):** aquest cost depèn directament de la presentació del producte i ve expressat en funció de les vendes d'aquest. Inclou els costos de personal, de dispositius i materials necessaris per realitzar l'envasat del producte. Alhora, aquest cost també depèn del tipus d'empresa i l'activitat que realitzi. Pel cas del Carbaril, aquest es presentarà en forma de big-bags, mentre que l'àcid clorhídric obtingut com a subproducte es transportarà en camions cisterna. S'admet un percentatge del 20% respecte les vendes per aquest cost degut a la combinació de presentacions dels productes.

- **Expedicions (M10):** té en compte el cost de l'emmagatzematge dels productes als dipòsits i varia en funció de la perillositat, l'envasat i la naturalesa del producte. Es decideix no determinar aquest percentatge, ja que resulta molt difícil establir un valor per aquest projecte en quant a expedicions.
- **Tècnics i directius (M11):** correspon als costos relatius a la gerència i caps que treballen a la planta de producció de Carbaril. S'escull un percentatge del 20% respecte els costos de la mà d'obra directa per fer el càlcul d'aquest cost.
- **Amortització (M12):** inclou les amortitzacions dels equips presents a planta i de la vida útil d'aquests, ja que amb el pas dels anys els equips van perdent el seu valor com a capital immobilitzat. Tots els equips tindran un valor residual el qual no es podrà amortitzar, a menys que no sigui possible realitzar la venda d'aquest equip i llavors s'haurà d'amortitzar el 100% del seu valor de compra. El valor de l'amortització de la maquinària i els equips s'inclou a l'apartat 7.3.2 on es calcula el Net Cash Flow (NCF).
- **Lloguers (M13):** com que la parcel·la on es construeix el projecte es compra directament, aquest valor resulta nul.
- **Impostos i taxes (M14):** inclou tots els impostos associats al funcionament continu de l'empresa menys els associats a tindre un benefici. S'escull un percentatge mitjà equivalent a 0,75% respecte el capital immobilitzat per fer el càlcul d'aquest cost.
- **Assegurances (M15):** degut a què el risc associat a l'activitat de producció de Carbaril resulta molt elevat, l'empresa haurà de disposar d'una o diverses assegurances, que permetin desenvolupar l'activitat de manera segura. Correspon a un 1% del capital immobilitzat, sense tindre en compte les assegurances relatives al personal ja que aquestes es troben incloses al preu de la mà d'obra.

El valor global dels costos de fabricació correspon al sumatori dels diversos ítems descrits anteriorment, segons la següent expressió [Eq. 7.2.1.1]:

$$M = \sum_{i=0}^{15} M_i \quad [Eq. 7.2.1.1]$$

7.2.2. Costos generals

A continuació, es descriuen els diversos costos de fabricació existents:

- **Costos comercials (G1):** s'associen a la venda del producte i inclouen les despeses relatives a agents comercials, viatges, publicitat, màrqueting i altres. Es diferencia entre productes de gran tonatge amb una posició ben definida al mercat o intermedis que no van directament al consumidor (5-10% de M), i productes de gran competència que van directament al consumidor (10-20% de M).

Com que el Carbaril produït haurà de passar per un pas previ de formulació del pesticida, no es vendrà directament al consumidor i per tant anirà a parar a una altra empresa: s'escull doncs, un percentatge del 5% respecte els costos de fabricació pel càlcul d'aquest cost.

- Costos de gerència (G2): correspon als sous de gerència, dels empleats d'administració i els costos d'oficina relatius a la gerència. S'escull un percentatge del 3% respecte dels costos de fabricació pel càlcul d'aquest cost.
- Costos financers (G3): aquest cost es funció dels préstecs o capital demanat al banc junt amb els interessos corresponents a aquests préstecs. Si s'admet que es disposarà de tot el capital necessari per la realització del projecte, aquest cost serà nul, en cas contrari, s'haurà d'escollir un percentatge del 6 al 8% respecte el capital prestat per fer el càlcul d'aquest cost. En aquest cas, es suposa que no hi haurà costos financers.
- Costos d'investigació (G4): correspon a inversions realitzades amb l'objectiu d'obrir noves vies d'investigació, que permetin afegir millores i/o modificacions al procés de producció, amb la finalitat d'obtenir majors beneficis i desenvolupar l'empresa.

En el cas de la producció de Carbaril, s'admet que la investigació és un paràmetre clau en quant a millores del procés que, o bé eliminin l'ús de substàncies tan perilloses, o bé permetin implementar millores de la seguretat al llarg del procés de producció.

El valor global dels costos generals correspon al sumatori de tots els conceptes descrits anteriorment, emprant l'equació [Eq. 7.2.2.1]:

$$G = \sum_{i=0}^4 G_i \quad [Eq. 7.2.2.1]$$

De manera que els costos totals de producció equivalen a la suma de M i G segons l'equació [Eq. 7.2.1].

$$\text{Costos de producció} = M + G$$

7.3. Ingressos per vendes i rendibilitat de la planta

7.3.1. Ingressos per vendes

En aquest punt, es tindrà en compte els beneficis obtinguts de vendre el Carbaril com a producte principal i l'àcid clorhídric al 37% en pes com a subproducte. Com que es treballa 7200 hores anuals (24 hores diàries de producció durant 300 dies l'any), s'haurà de multiplicar aquesta producció pel preu fixat de cada producte per conèixer els beneficis obtinguts.

7.3.2. Càlcul del Net Cash Flow (NCF)

El mètode del Net Cash Flow (flux net de caixa) permet avaluar la rendibilitat de la planta de producció de Carbaril, quantificant els fluxos anuals d'entrada i sortida de diners a partir de la inversió inicial. Aquest mètode permet obtenir una estimació preliminar dels beneficis que obtindrà l'empresa abans d'estar construïda, per decidir a grans trets si el projecte serà viable o no. Per aplicar aquest mètode, es tindrà en compte o bé el capital immobilitzat o bé la inversió inicial, els costos de fabricació i els generals, i els ingressos per vendes. Tot i així, no es podrà tindre en compte l'actualització del valor del diner, ja que es desconeix els factors CEPCI pels pròxims anys.

L'aplicació d'aquest balanç econòmic implica l'ús de certs conceptes descrits a continuació:

- Vida útil de la planta: s'admet una vida útil de la planta de 15 anys, considerant que al final d'aquesta vida útil es recupera tot el cost del terreny i del capital circulant.
- Construcció dels edificis: s'admet un període de construcció de la planta de 2 anys, pel que el cost del capital immobilitzat es dividirà equitativament per cadascun d'aquests 2 anys.
- Impostos: es considera que els impostos anuals correspondran a un 36% de la base imposable de l'any anterior, on la base imposable tindrà el mateix valor que els beneficis bruts sempre i quan aquests siguin positius. D'altra banda, si existissin pèrdues, la base imposable seria zero i al any següent de les pèrdues, es podria descomptar dels beneficis aquestes pèrdues per així pagar menys impostos. S'estableix un període màxim de 5 anys on es poden descomptar les pèrdues dels impostos, segons millor convingui a l'empresa.
- Benefici: es considerarà que el preu del producte es mantindrà constant al llarg de la vida útil de la planta i que ambdós productes tindran una sortida total al mercat.
- Valor residual: correspon a la suma de diners que es pot recuperar al final de la vida útil de la planta (sempre i quan es pugui vendre algun equip o maquinària que formi part de la planta). Tot i així, com al final de la vida útil de les plantes químiques es té un cost relatiu al desmantellament d'aquesta, s'admet que el possible valor residual dels equips i la maquinària es perdrà al desmuntar la planta de producció. D'altra banda, el cost de la compra de la parcel·la sí es pot recuperar.
- Amortització: aquest concepte ve associat a la pèrdua de valor del capital immobilitzat i influeix en el càlcul de la rendibilitat de la planta. El tipus d'amortització més emprat a la indústria és la regressiva, basant-se en el cost de reposició on el cost al principi de la vida de la planta és el més gran de tots, i disminueix a mesura que s'apropa al final. Es decideix emprar el mètode

d'amortització regressiva anomenat suma de dígit el qual es fa aplicant les equacions [Eq. 7.3.2.1] i [Eq. 7.3.2.2].

$$A_i = I \cdot \frac{t - (n - 1)}{z} \quad [Eq. 7.3.2.1]$$

$$z = t \cdot \frac{t + 1}{2} \quad [Eq. 7.3.2.2]$$

On les diferents variables de les equacions anteriors representen:

- A_i = amortització corresponent a l'any "i".
- I = inversió inicial sense tindre en compte el terreny que es recupera com a capital immobilitzat.
- t = vida útil de la planta.
- n = any de l'estudi.

El balanç econòmic parteix del càlcul del NCF sense tindre en compte l'amortització emprant l'equació [Eq. 7.3.2.3].

$$NCF_i = V - C \quad [Eq. 7.3.2.3]$$

On la variable "V" s'associa a vendes i la variable "C" a costos.

A continuació, es calcula la base imposable segons l'equació [Eq. 7.3.2.4], la qual inclou l'amortització (A) a descomptar del resultat de l'equació [Eq. 7.3.2.3]:

$$Base\ imposable = V - C - A \quad [Eq. 7.3.2.4]$$

Finalment, un cop s'han determinat els impostos es calcula el NCF real com la suma dels resultats de les equacions [Eq. 7.3.2.3] i [Eq. 7.3.2.4].

L'equació [Eq. 7.3.2.5] mostra una expressió general per la determinació del NCF real anual:

$$NCF_i = (-I - CC + R + X)_n + (V - C)_n - ti \cdot (V - C - A)_{n-1} \quad [Eq. 7.3.2.5]$$

On les diverses variables de l'equació anterior representen:

- I = capital immobilitzat.
- CC = capital circulant.
- R = ingressos deguts al valor residual.
- X = ingressos o costos que no s'han considerat a altres apartats.
- ti = taxa d'impostos (36%).
- n = any de l'estudi.

7.3.3. Càlcul del valor actual net (VAN) i de la taxa interna de retorn (TIR)

Els paràmetres VAN i TIR, corresponen a conceptes emprats per la selecció d'alternatives d'inversió en mètodes actualitzats, que tinguin en compte el temps que es triga en recuperar la inversió inicial. Quant més tard es recuperi els diners de la inversió inicial, major penalització s'aplica a l'alternativa, fet que dona preferència a aquelles opcions on el risc de pèrdues de diners siguin menors.

L'equació [Eq. 7.3.4.1] mostra l'expressió emprada pel càlcul del Valor Actual Net:

$$VAN = \sum_{n=1}^{n=t} \frac{NCF}{(1+i)^n} \quad [Eq. 7.3.4.1]$$

On els diversos termes de l'equació anterior representen:

- NCF = valors actuals dels futurs ingressos i costos.
- i = interès del capital.
- n = vida de la planta.

L'objectiu d'aplicar el VAN és observar per quin interès del capital s'obtenen valors positius, o bé si algun valor dona com a mínim un VAN equivalent a 0, pel qual els guanys siguin iguals a les pèrdues. En cas de tindre només VANs negatius, es conclourà que no té cap sentit realitzar el projecte ja que no resulta viable econòmicament.

Amb la taxa de retorn intern (TIR) es determina l'interès del capital pel qual el valor del VAN és igual a 0, és a dir, el punt a partir del qual la producció començarà a donar beneficis. Quant més alt sigui el valor del TIR, més abans es començarà a obtenir beneficis, tot i pagar un valor de l'interès del capital major.

7.3.4. Càlcul del Pay Back

El Pay Back correspon a un mètode convencional per l'estudi de la rendibilitat de la planta, basat en el càlcul del temps que es trigarà en aconseguir que la suma dels ingressos nets iguali la inversió inicial realitzada.

El Pay Back, però, té com a inconvenient el fet de no considerar en quin moment precis es reemborsa el capital, ni del que succeirà un cop recuperada la inversió inicial.

El càlcul del Pay Back es realitza amb l'equació [Eq. 7.3.5.1].

$$Pay\ Back = \frac{I}{B - C} \quad [Eq. 7.3.5.1]$$

On la variable “I” expressa el capital immobilitzat, la variable “B” representa els beneficis obtinguts i la variable “C” els costos.

En funció de si s'obtenen VANs positius es calcularà el Pay-Back o no.

7.4. Finançament i recursos propis

Aquest apartat inclou eines pròpies que ajudin a tindre un projecte viable econòmicament, amb majors beneficis al llarg de la vida útil de la planta.

7.5.1. Venture Capital

Aquesta opció es presenta com una alternativa a demanar un préstec al banc, ja que es basa en el fet de tindre una empresa externa actuant com un soci capitalista més dins la pròpia empresa, la qual aporta un cert capital i rep un nombre d'accions concret. Aquestes empreses externes concedeixen el crèdit a l'empresa pròpia en funció dels resultats de rendibilitat que hagi obtingut el projecte. En el cas que alguna d'aquestes empreses externes considera que es tracta d'una bona inversió, es concedirà un crèdit a l'empresa pròpia per la realització del projecte, i passarà a formar part del conjunt de socis capitalistes.

Si en el futur, el projecte no tingués èxit, l'empresa pròpia no tindria un deute amb l'empresa externa, sinó que senzillament es perdria l'empresa externa com a soci capitalista.

7.5.2. Emissió d'accions

Consisteix en portar a la borsa un cert percentatge de les accions de l'empresa (entre el 15 i el 20%), com a mètode d'autofinançament, ja que al vendre les accions augmenta el capital de l'empresa. Les accions augmentaran o disminuiran de valor en funció del valor de mercat que tingui l'empresa a la borsa.

7.5.3. Cooperació entre empreses (Esponsorització)

Aquesta eina es podria aplicar per l'àcid clorhídric obtingut com a subproducte, establint una cooperació entre altres empreses, abaratint el preu del subproducte si a canvi s'obté algun tipus d'ajuda que afavoreixi el finançament del projecte.

7.5.4. Inversions específiques

Les inversions específiques consisteixen en destinar un cert capital que permeti la implantació de millores i/o ampliacions del procés, amb l'objectiu d'incrementar els beneficis, i en cas de que aquests fossin negatius arribar a obtenir un NCF positiu.