



# Planta química per a la producció de FREÓ-13



**Autors:**

Caterina Bartomeu García  
Diego Chipantasi Quispe  
Anabel Romero Jimenez  
Manel Rovira Blanco  
Alberto Sánchez Rodríguez

**Tutor:**

Carles Solà i Ferrando

**Titulació:**

Grau en Enginyeria Química

5 de Juny de 2015

## 7. AVALUACIÓ ECONÒMICA



## ÍNDEX

7.1.	Introducció .....	3
7.2.	Anàlisi de mercat .....	3
7.3.	Inversió inicial.....	3
7.3.1.	Càlcul dels costos previs.....	3
7.3.2.	Càlcul del capital immobilitzat .....	4
7.3.3.	Càlcul del capital circulant.....	23
7.3.4.	Posada en marxa .....	24
7.4.	Estimació dels costos d'operació .....	24
7.4.1.	Costos de fabricació .....	25
7.4.2.	Costos generals .....	28
7.5.	Ingressos per ventes i rentabilitat de la planta.....	29
7.5.1.	Ingressos per ventes.....	29
7.5.2.	Càlcul del Net Cash Flow .....	29
7.5.3.	Càlcul del VAN i del TIR .....	33
7.6.	Viabilitat de la planta .....	34
7.7.	Bibliografia.....	36

## 7.1. Introducció

A l'hora de construir una planta química un dels factors més importants que cal estudiar és l'econòmic per tal de conèixer la viabilitat de la planta. Per assolir aquest objectiu, s'ha realitzat un balanç de tots els costos i dels beneficis i s'ha calculat el temps necessari per amortitzar la inversió inicial.

## 7.2. Anàlisi de mercat

Actualment l'agència Fast Market Research, la qual es dedica a la investigació de mercat i negocis en Estats Units, ha publicat els resultats d'una investigació que va realitzar amb l'objectiu de destacar el potencial de la indústria dels refrigerants mundialment.

L'informe destaca que la principal aplicació dels refrigerants resideix en la fabricació d'equips de refrigeració i aire acondicionat i en la indústria automobilística a més d'altres usos significatius com en dissolvents, escumes, productes farmacèutics, etc.

Segons aquest comunicat, el creixement de la indústria automotriu ha impulsat la demanda en la indústria dels refrigerants. Així doncs, actualment el mercat dels refrigerants té un gran potencial de creixement i s'espera que el seu creixement anual sigui del 5,2% en els pròxims cinc anys.

Amèrica, Europa i la resta del món, que inclouen regions clau de creixement com China i Índia, són les zones que aportaran més valor a aquest tipus d'indústria. No obstant, detalls complets d'aquesta investigació confirmen que Àsia i el Pacífic es convertiran en el motor de la indústria dels refrigerants.

## 7.3. Inversió inicial

La inversió inicial és el capital necessari que s'ha d'aportar abans de començar l'activitat de producció. Aquest paràmetre es compon dels factors que es mostren a continuació.

### 7.3.1. Càlcul dels costos previs

Els costos previs es defineixen com la quantitat monetària necessària abans d'iniciar el projecte de disseny i construcció de la planta. Si aquesta despesa econòmica es compara amb el capital que es requereix en etapes posteriors es pot comprovar que es menyspreable.

Aquest costos estan associats a les gestions administratives i gestories, als estudis de mercat i a les activitats d'investigació necessàries per al correcte disseny de la planta. S'ha de tenir en compte que en tots els casos en els que es vulgui dissenyar un projecte s'haurà de realitzar aquesta despesa tot i que finalment aquest no sigui viable.

En l'avaluació econòmica realitzada no s'han tingut en compte aquesta despeses ja que tal i com s'ha esmentat prèviament, aquestes són menyspreables front al total de la inversió inicial total.

### 7.3.2. Càlcul del capital immobilitzat

El capital immobilitzat, a diferència dels costos inicials, suposa una gran part de la inversió inicial i es defineix com la quantitat necessària d'adquisició de tots els edificis, equips, instruments, maquinària i catalitzadors.

A més és un capital amortitzable el import del qual va disminuint amb el temps donat a l'envelliment i a l'ús dels equips. Aquest capital es pot calcular a partir de tres mètodes diferents:

- **Mètodes globals:** Són una sèrie de càlculs ràpids (5-30 min) el quals no són molt fiables donat que suposen un error entre el 50 i el 100%. Dins d'aquest mètode es pot trobar el mètode del factor universal, el mètode del coeficient d'immobilització i el mètode de Williams.
- **Mètodes de factor únic:** Són una sèrie de càlculs amb una durada aproximada de 30 hores però són més fiables que els del mètode anterior ja que suposen un error entre el 20 i el 50 %. S'utilitza únicament per a plantes estàndard i també es coneix com el mètode del factor de Lang.
- **Mètodes de factor múltiple:** Són una sèrie de càlculs que poden durar més de 50 hores a realitzar-se. És el mètode més fiable donat que suposa un error entre el 10 i el 20 %. Per tal de calcular el capital immobilitzat a es poden utilitzar dos tipus de mètodes de factor múltiple: El mètode de Vian i el mètode de Happel.

Per tal de calcular el capital immobilitzat necessari s'ha utilitzat el mètode de Happel el qual consisteix en un conjunt de mètodes de determinació del cost dels equips diferenciats segons el tipus. A més té en compte els costos de compra i d'instal·lació els quals estan expressats en dòlars.

Per determinar el preu actuals dels equips utilitzats a planta es disposa de diferents recursos:

- **Catàlegs:** En algunes ocasions el preu de l'equip ve determinat per l'empresa que l'ha fabricat de manera que no requereix cap càlcul.
- **Regla de Williams:** Es basa en calcular el preu d'un equip comparant-lo amb un altre equip similar, és a dir, que tingui una magnitud característica semblant a l'equip en qüestió. La regla de Williams segueix l'equació següent:

$$C_E = C_{E_{conegut}} \cdot \left( \frac{S_E}{S_{E_{conegut}}} \right)^b \quad (Eq. 7.1.)$$

On:

- **C<sub>E</sub>:** Cost de l'equip a conèixer
  - **C<sub>E, CONEGUT</sub>:** Cost de l'equip conegut
  - **S<sub>E</sub>:** Magnitud característica de l'equip del qual es vol conèixer el seu preu
  - **S<sub>E, CONEGUT</sub>:** Magnitud característica de l'equip del qual es coneix el seu preu
  - **b:** Exponent de Williams. En general aquest paràmetre correspon a 0.6
- **Mètode algorítmic (Couper, Apèndix C):** Es basa en l'aplicació d'algoritmes senzills en un full de càlcul. S'ha d'actualitzar el cost ja que aquest mètode és de l'any 2002.
  - **Mètode de les Correlacions (Sinnott-Touler):** Aquest mètode correspon a l'any 2006 i segueix l'equació següent:

$$C_E = a + b \cdot S^n \quad (Eq. 7.2.)$$

On:

- **a, b i n:** constants
- **S:** paràmetre característic

Els equips es dissenyen amb acer al carboni en aquest mètode i si S no està entre S<sub>inferior</sub> i S<sub>superior</sub> no és aplicable.

- **Índex CEPCI (Chemical Engineering Cost Index):** S'utilitza per calcular el cost actual d'un equip a partir del seu cost conegut en anys anteriors i es determina a partir de la següent equació:

$$C_E(\text{Any } X) = C_E(\text{Any } Y) \cdot \frac{CEPCI(\text{Any } X)}{CEPCI(\text{Any } Y)} \quad (\text{Eq. 7.3.})$$

On:

- $C_E(\text{Any } X)$ : Cost de l'equip a conèixer a l'any actual (Any X)
- $C_E(\text{Any } Y)$ : Cost de l'equip a conèixer a l'any antic (Any Y)
- CEPCI (Any X): Índex per l'any actual (Any X)
- CEPCI (Any Y): Índex per l'any antic (Any Y)

L'any actual es troba fixat i correspon al 2015. El valor del CEPCI corresponent a aquest any és de 573,74 aproximadament.

#### 7.3.2.1. Càlcul dels costos dels equips

Prèviament abans d'aplicar el mètode de Happel s'han de conèixer els costos dels diferents equips i instruments que formen part del diagrama de flux del procés. Per realitzar aquests càlculs s'han emprat diferents mètodes els quals s'han esmentat prèviament. A continuació es mostren els resultats obtinguts.

- **Tancs d'emmagatzematge**

Per calcular els costos dels tancs d'emmagatzematge de les matèries primes i dels productes s'ha emprat el mètode algorítmic. Les equacions utilitzades on s'ha de conèixer el volum dels tancs són les següents:

- Si  $1300 < V < 21000$  gal

$$Ce(\$) = 1.218 \cdot Fm \cdot e^{2.631+1.3673 \cdot \ln(V)-0.06309 \cdot \ln V^2} \quad (\text{Eq. 7.4.})$$

- Si  $2100 < V < 11000000$  gal

$$Ce(\$) = 1.218 \cdot Fm \cdot e^{11.662-0.6104 \cdot \ln(V)+0.04536 \cdot \ln V^2} \quad (\text{Eq. 7.5.})$$

Tal i com es pot observar a la figura següent, el factor de cost depèn del material del qual està fet l'equip.

Material of Construction	Cost Factor $F_M$
Stainless steel 316	2.7
Stainless steel 304	2.4
Stainless steel 347	3.0
Nickel	3.5
Monel	3.3
Inconel	3.8
Zirconium	11.0
Titanium	11.0
Brick-and-rubber-or brick-and-polyester-lined steel	2.75
Rubber- or lead-lined steel	1.9
Polyster, fiberglass-reinforced	0.32
Aluminium	2.7
Copper	2.3
Concrete	0.55

Figura 7.1. Factor de cost

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Taula 7.1. Costos tancs d'emmagatzematge.

	V(m <sup>3</sup> )	V(GAL)	F <sub>m</sub>	CE (2002) (\$)	C TOTAL (2002) (\$)	C TOTAL (2015) (\$)
<b>TE-101</b>	150,00	32995,31	2,70	90383,13	135574,70	196624,43
<b>TE-102</b>	150,00	32995,31	2,70	90383,13	135574,70	196624,43
<b>TE-103</b>	150,00	32995,31	2,70	90383,13	135574,70	196624,43
<b>TE-104</b>	350,00	76989,07	2,70	123861,46	185792,19	269455,04
<b>TE-105</b>	350,00	76989,07	2,70	123861,46	185792,19	269455,04
<b>TE-106</b>	2,00	439,94	2,70	18149,78	27224,66	39484,02
<b>TE-503</b>	575,00	126482,04	2,70	153552,87	230329,31	334047,37
<b>TE-504</b>	575,00	126482,04	2,70	153552,87	230329,31	334047,37
<b>TE-505</b>	575,00	126482,04	2,70	153552,87	230329,31	334047,37
<b>TE-506</b>	575,00	126482,04	2,70	153552,87	230329,31	334047,37
<b>TE-501</b>	305,00	67090,47	2,70	117161,44	175742,16	254879,44
<b>TE-502</b>	305,00	67090,47	2,70	117161,44	175742,16	254879,44
					<b>TOTAL(\$)</b>	<b>3014215,76</b>
					<b>TOTAL(€)</b>	<b>2712794,18</b>

- **Reactors**

Per calcular els costos dels reactors s'ha emprat el mètode algorítmic. Les equacions utilitzades són les següents:



$$C_e(\$) = F_m \cdot C_b + C_a \text{ (Eq. 7.6.)}$$

$$C_b = 1.218 \cdot e^{9.100 - 0.2889 \cdot \ln(W) + 0.04576 \cdot \ln(W)^2} \text{ (Eq. 7.7.)}$$

$$C_a = 300 \cdot D^{0.7396} \cdot L^{0.7066} \text{ (Eq. 7.8.)}$$

On:

- D: Diàmetre de l'equip (ft)
- L: Altura de l'equip (ft)
- W: Pes de l'equip (lb)
- F<sub>m</sub>: Factor de cost del material de l'equip

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Taula 7.2. Costos dels reactors.

	Fm	Ca	Cb	W(kg)	W(lb)	L(m)	L(ft)	D(m)	D(ft)	Ce (2002) (\$)	C total (2002) (\$)	Ctotal (2015) (\$)
<b>R-201</b>	2,95	8606,98	19612,66	1827,28	4020,01	4,22	13,84	2,32	7,60	66464,33	112989,35	163868,84
<b>R-202</b>	2,10	11469,41	49580,30	11292,19	24842,83	9,62	31,55	1,55	5,10	115588,04	196499,67	284984,12
											<b>TOTAL(\$)</b>	<b>448852,96</b>
											<b>TOTAL(€)</b>	<b>403967,66</b>

- **Tancs pulmó**

Per calcular els costos dels tancs pulmó s'ha emprat el mètode algorítmic. L'equació utilitzada on s'ha de conèixer el volum dels tancs és la següent:

$$Ce(\$) = 1.218 \cdot F_m \cdot e^{2.631+1.3673 \cdot \ln(V)-0.06309 \cdot \ln V^2} \text{ (Eq. 7.9.)}$$

Tal i com es pot observar a la figura següent, el factor de cost depèn del material del qual està fet l'equip.

Material of Construction	Cost Factor $F_{st}$
Stainless steel 316	2.7
Stainless steel 304	2.4
Stainless steel 347	3.0
Nickel	3.5
Monel	3.3
Inconel	3.8
Zirconium	11.0
Titanium	11.0
Brick-and-rubber-or brick-and-polyester-lined steel	2.75
Rubber- or lead-lined steel	1.9
Polyster, fiberglass-reinforced	0.32
Aluminium	2.7
Copper	2.3
Concrete	0.55

Figura 7.2. Factor de cost

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Taula 7.3. Costos tancs pulmó.

	V(m3)	V(gal)	Fm	Ce (2002) (\$)	C total (2002) (\$)	Ctotal (2015) (\$)
<b>TP-201</b>	1,28	281,56	2,70	13717,02	20575,53	29840,77
<b>TP-302</b>	1,28	149,58	2,70	8834,93	20575,53	29840,77
<b>TP-305</b>	1,28	63,79	2,40	4008,36	20575,53	29840,77
<b>TP-301</b>	0,74	162,78	2,70	9397,53	14096,30	20443,91
<b>TP-303</b>	1,14	250,76	2,70	12703,17	19054,76	27635,18
<b>TP-304</b>	1,73	380,55	2,40	14770,56	22155,84	32132,69
<b>TP-306</b>	1,14	250,76	2,40	11291,71	16937,56	24564,60
					<b>TOTAL(\$)</b>	<b>194298,67</b>
					<b>TOTAL(€)</b>	<b>174868,81</b>

- **Columnes de destil·lació**

Per calcular els costos de les columnes de destil·lació de rebliment s'ha emprat el mètode algorítmic. Les equacions utilitzades són les següents:

$$C_e(\$) = 1.218 \cdot [f_1 \cdot C_b + V_p \cdot C_p + C_{p1}] \text{ (Eq. 7.10.)}$$

$$C_b = 1.218 \cdot e^{7.123+0.1478 \cdot \ln(W)+0.02488 \ln(W)^2} \text{ (Eq. 7.11.)}$$

$$C_{p1} = 249.6 \cdot D^{0.8332} \cdot L^{0.8013} \text{ (Eq. 7.12.)}$$

On:

- D: Diàmetre de l'equip (ft)
- L: Altura de l'equip (ft)
- W: Pes de l'equip (lb)
- f<sub>1</sub>: Factor de cost del material de l'equip
- V<sub>p</sub>: Volum del rebliment (ft<sup>3</sup>)
- C<sub>p</sub>: Cost del rebliment (\$/ft<sup>3</sup>)

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Taula 7.4. Columnes de destil·lació.

	Tipus rebll.	D(ft)	L(ft)	W(lb)	Cp(\$/ft3)	Vp(ft3)	Cb	f1	Cp1	Ce (2002) (\$)	C total (2002) (\$)	Ctotal (2015) (\$)
<b>CD-301</b>	1'	1,50	43,43	1823,58	42,40	3,67	18632,64	1,70	7194,96	47533,89	99821,18	144770,99
<b>CD-302</b>	1.5"	1,50	41,85	1159,62	43,67	2,93	14790,12	1,70	6985,06	39288,15	82505,12	119657,45
<b>CD-303</b>	Mellapack 500	1,00	28,70	693,79	39,57	1,41	11521,93	2,10	3681,98	34023,54	71449,44	103623,37
<b>CD-304</b>	Mellapack125	0,50	18,43	164,54	28,26	0,06	6138,78	2,10	1449,11	17468,80	36684,48	53203,63
											<b>TOTAL (\$)</b>	<b>421255,44</b>
											<b>TOTAL(€)</b>	<b>379129,89</b>

- **Columna d'absorció**

Per calcular els costos de la columna d'absorció de rebliment s'ha emprat el mètode algorítmic. Les equacions utilitzades són les següents:

$$Ce(\$) = 1.218 \cdot [f1 \cdot Cb + Vp \cdot Cp + Cp1] \text{ (Eq. 7.13.)}$$

$$Cb = 1.218 \cdot e^{6.629+0.1826 \cdot \ln(W)+0.02297 \cdot \ln(W)^2} \text{ (Eq. 7.14.)}$$

$$Cp1 = 300 \cdot D^{0.7396} \cdot L^{0.76} \text{ (Eq. 7.15.)}$$

On:

- D: Diàmetre de l'equip (ft)
- L: Altura de l'equip (ft)
- W: Pes de l'equip (lb)
- f1: Factor de cost del material de l'equip
- Vp: Volum del rebliment (ft<sup>3</sup>)
- Cp: Cost del rebliment (\$/ft<sup>3</sup>)

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Taula 7.5. Costos columna d'absorció.

	Tipus reb.	D(ft)	L(ft)	W(lb)	Cp(\$/ft3)	Vp(ft3)	Cb	f1	Cp1	Ce (2002) (\$)	C total (2002) (\$)	Ctotal (2015) (\$)
<b>CA-401</b>	Raschig rings	2,50	24,38	920,15	84,79	7,42	9341,13	1,70	6691,20	28257,67	59341,10	86062,59
											<b>TOTAL(\$)</b>	<b>86062,59</b>
											<b>TOTAL(€)</b>	<b>77456,33</b>

- **Bescanviador de calor**

Per calcular els costos dels bescanviadors de calor s'ha emprat el mètode al·lògmic. Les taules i les equacions utilitzades són les següents:

$$Ce(\$) = 1.218 \cdot fd \cdot fm \cdot fp \cdot Cb \text{ (Eq. 7.16.)}$$

$$Cb = e^{8.821 - 0.30863(\ln A) + 0.0681 \cdot \ln(A)^2} \text{ (Eq. 7.17.)}$$

$$fm = g1 + g2 \cdot \ln(A) \text{ (Eq. 7.18.)}$$

Material	$g_1$	$g_2$
Stainless steel 316	0.8603	0.23296
Stainless steel 304	0.8193	0.15984
Stainless steel 347	0.6116	0.22186
Nickel 200	1.5092	0.60859
Monel 400	1.2989	0.43377
Inconel 600	1.2040	0.50764
Incoloy 825	1.1854	0.49706
Titanium	1.5420	0.42913
Hastelloy	0.1549	0.51774

Figura 7.3. Factors  $g_1$  i  $g_2$ .

Type	$f_d$
Fixed-head	$\exp[-1.1156 + 0.0906(\ln A)]$
Kettle reboiler	1.35
U-tube	$\exp[-0.9816 + 0.0830(\ln A)]$

Pressure Range (psig)	$f_p$
100-300	$0.7771 + 0.04981(\ln A)$
300-600	$1.0305 + 0.07140(\ln A)$
600-900	$1.1400 + 0.12088(\ln A)$

Figura 7.4. Factors  $f_d$  i  $f_p$

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:



Taula 7.7. Costos bescanviadors de calor.

	P(psig)	A(ft2)	CB	fd	fm	fp	g1	g2	Ce (2002) (\$)	C total (2002) (\$)	Ctotal (2015) (\$)
<b>B-201</b>	DEM	23	SS 316L	12	174	247,48	9784,54	0,54	2,14	1,05	0,86
<b>B-202</b>	DEU	3	SS 304L	12	174	32,28	5275,19	0,45	1,37	0,95	0,82
<b>B-203</b>	DEM	34,8	SS 316L	12	174	374,45	11888,02	0,56	2,24	1,07	0,86
<b>B-204a</b>	BEM	1,7	SS 304L	3,5	50,75	18,29	4911,11	0,43	1,28	0,92	0,82
<b>B-204b</b>	BEM	5,3	SS 304L	3,5	50,75	57,03	5922,37	0,47	1,47	0,98	0,82
<b>B-204c</b>	BEM	15	SS 304L	3,5	50,75	161,40	8201,45	0,52	1,63	1,03	0,82
<b>B-205</b>	DEL	6,1	SS 316L	12	174	65,64	6135,66	0,48	1,84	0,99	0,86
<b>B-206a</b>	DEL	2,2	SS 304L	12	174	23,67	5045,60	0,44	1,33	0,93	0,82
<b>B-206b</b>	DEL	3,9	SS 304L	12	174	41,96	5533,86	0,46	1,42	0,96	0,82
<b>B-206c</b>	DEL	64,2	SS 304L	12	174	690,79	16548,45	0,59	1,86	1,10	0,82
<b>B-207a</b>	BEM	1,8	SS 304L	3,5	50,75	19,37	4936,75	0,43	1,29	0,92	0,82
<b>B-207b</b>	BEM	2,3	SS 304L	3,5	50,75	24,75	5073,80	0,44	1,33	0,94	0,82
<b>B-207c</b>	BEM	2,8	SS 304L	3,5	50,75	30,13	5217,32	0,45	1,36	0,95	0,82
<b>B-208</b>	DEM	10,8	SS 304L	12	174	116,21	7283,28	0,50	1,58	1,01	0,82
<b>B-301</b>	DEN	20,2	SS 316L	12	174	217,35	9249,53	0,53	2,11	1,05	0,86
<b>B-302</b>	DKU	5	SS 316L	12	174	53,80	5840,76	1,35	1,79	0,98	0,86
<b>B-303</b>	BET	35,4	SS 316L	4	58	380,90	11989,97	0,56	2,24	1,07	0,86
<b>B-304</b>	BKU	2,7	SS 316L	4	58	29,05	5188,42	1,35	1,65	0,94	0,86
<b>B-305</b>	DEM	12,7	SS 304L	12	174	136,65	7708,43	0,51	1,61	1,02	0,82
<b>B-306</b>	DKU	87	SS 304L	12	174	936,12	19873,78	1,35	1,91	1,12	0,82
<b>B-307</b>	BEM	12,2	SS 304L	4	58	131,27	7598,27	0,51	1,60	1,02	0,82
<b>B-308</b>	BEM	3,3	SS 304L	4	58	35,51	5361,91	0,45	1,39	0,95	0,82
<b>B-309</b>	BKU	28,9	SS 304L	4	58	310,96	10862,18	1,35	1,74	1,06	0,82
<b>B-310</b>	BEW	5,1	SS 304L	3	43,5	54,88	5868,07	0,47	1,46	0,98	0,82
<b>B-401</b>	BEM	47	SS 304L	3	43,5	505,72	13894,19	0,58	1,81	1,09	0,82
<b>B-402</b>	DEM	16,2	SS 316L	12	174	174,31	8450,72	0,52	2,06	1,03	0,86

---



---

**TOTAL (\$) 912652,552**
**TOTAL (€) 821387,297**


---

- **Torres de refrigeració**

Els preus de les torres de refrigeració s'han obtingut a partir del mètode de les correlacions (Sinnott-Touler). L'equació emprada és la següent:

$$C_e(\$) = a + b \cdot S^n \text{ (Eq. 7.19.)}$$

On els valors de a, b i n estan tabulats i S és el paràmetre característic de l'agitador. En aquest cas S és el cabal en L/s i les constants emprades són les següents:

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Taula 7.9. Costos torres de refrigeració.

	a	b	S(L/s)	n	Ce (2006) (\$)	Ctotal (2015) (\$)
<b>TR-705</b>	150000	1300	3,56	0,9	154071,55	173429,49
<b>TR-704</b>	150000	1300	0,14	0,9	150219,96	169093,98
<b>TR-703</b>	150000	1300	3,68	0,9	154194,45	173567,83
<b>TR-702</b>	150000	1300	1,58	0,9	151956,57	171048,78
<b>TR-701</b>	150000	1300	1,58	0,9	151956,57	171048,78
					<b>TOTAL(\$)</b>	<b>858188,86</b>
					<b>TOTAL(€)</b>	<b>772369,98</b>

- **Calderes d'oli**

Els preus de les calderes d'oli s'han obtingut a partir del mètode de les correlacions (Sinnott-Touler). L'equació emprada és la següent:

$$C_e(\$) = a + b \cdot S^n \text{ (Eq. 7.20.)}$$

On els valors de a, b i n estan tabulats i S és el paràmetre característic de l'agitador. En aquest cas S és el cabal en kg/h i les constants emprades són les següents:

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Taula 7.10. Costos calderes d'oli.

	a	b	S (kg/h)	n	Ce (2006) (\$)	Ctotal (2015) (\$)
<b>CO-701</b>	<b>106000</b>	8,7	9424	1,05	235558,61	265154,80
<b>CO-702</b>	<b>106000</b>	8,7	47959	1,00	523243,30	588984,91
<b>CO-703</b>	<b>106000</b>	8,7	13890	1,00	226843,00	255344,13
					<b>TOTAL(\$)</b>	<b>1109483,84</b>
					<b>TOTAL(€)</b>	<b>998535,46</b>

- **Compressors**

Els preus dels compressors s'han obtingut a partir del mètode de les correlacions (Sinnott-Touler). L'equació emprada és la següent:

$$Ce(\$) = a + b \cdot S^n \text{ (Eq. 7.21.)}$$

On els valors de a, b i n estan tabulats i S és el paràmetre característic de l'agitador. En aquest cas S és el cabal en KW i les constants emprades són les següents:

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Taula 7.11. Costos compressors.

	a	b	S (Kw)	n	Ce (2006) (\$)	C total (2015) (\$)
<b>K-201</b>	490000	16800	36,04	0,60	634333,02	714032,23
<b>K-701</b>	490000	16800	0,06	0,60	493074,83	555026,00
					<b>TOTAL(\$)</b>	<b>1269058,22</b>
					<b>TOTAL(€)</b>	<b>1142152,4</b>

- **Chillers**

Els preus dels chillers s'han obtingut a partir del mètode de les correlacions (Sinnott-Touler). L'equació emprada és la següent:

$$Ce(\$) = a + b \cdot S^n \text{ (Eq. 7.22.)}$$

On els valors de a, b i n estan tabulats i S és el paràmetre característic de l'agitador. En aquest cas S és el cabal en KW i les constants emprades són les següents:

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Taula 7.12. Costos chillers.

	a	b	S (KW)	n	Ce (2006) (\$)	C total (2015) (\$)
<b>CH-701</b>	21000	2100	50	0,9	115500	130011,71
<b>CH-702</b>	21000	2100	120	0,9	247800	278934,22
<b>CH-703</b>	21000	2100	120	0,9	247800	278934,22
<b>CH-704</b>	21000	2100	60	0,9	134400	151286,36
<b>CH-705</b>	21000	2100	3200	0,9	6069000	6831524,54
					<b>TOTAL(\$)</b>	<b>7670691,05</b>
					<b>TOTAL(€)</b>	<b>6903621,95</b>

- **Bombes**

Els preus de les bombes s'han obtingut a partir del mètode de les correlacions (Sinnott-Touler).

L'equació emprada és la següent:

$$Ce(\$) = a + b \cdot S^n \text{ (Eq. 7.23.)}$$

On els valors de a, b i n estan tabulats i S és el paràmetre característic de l'agitador. En aquest cas S és el cabal en L/s i les constants emprades són les següents:

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Taula 7.13. Costos bombes.

	a	b	S(L/s)	n	Ce (2006) (\$)	Ctotal (2015) (\$)
<b>P-102</b>	6900	206	0,23	0,9	6954,88	7828,71
<b>P-101</b>	6900	206	0,36	0,9	6982,14	7859,39
<b>P-201</b>	6900	206	24,59	0,9	10577,48	11906,46
<b>P-202</b>	6900	206	0,58	0,9	7026,17	7908,95
<b>P-301</b>	6900	206	0,50	0,9	7010,39	7891,20
<b>P-302</b>	6900	206	0,50	0,9	7010,39	7891,20
<b>P-303</b>	6900	206	0,87	0,9	7080,79	7970,44
<b>P-304</b>	6900	206	0,87	0,9	7080,79	7970,44
<b>P-305</b>	6900	206	0,58	0,9	7026,17	7908,95
<b>P-306</b>	6900	206	5,05	0,9	7784,77	8762,87
<b>P-307</b>	6900	206	1,05	0,9	7115,25	8009,22

P-308	6900	206	0,75	0,9	7059,01	7945,92
P-309	6900	206	0,09	0,9	6924,53	7794,54
P-310	6900	206	0,09	0,9	6924,53	7794,54
P-311	6900	206	0,20	0,9	6949,26	7822,39
P-401	6900	206	1,14	0,9	7131,78	8027,84
P-402	6900	206	1,21	0,9	7144,55	8042,21
P-701	6900	206	3,37	0,9	7514,80	8458,98
P-702	6900	206	17,37	0,9	9589,60	10794,46
P-703	6900	206	5,28	0,9	7820,95	8803,60
P-203	6900	206	2,02	0,9	7287,87	8203,53
P-204	6900	206	4,91	0,9	7762,66	8737,98
P-205	6900	206	12,54	0,9	8906,02	10024,99
P-312	6900	206	7,13	0,9	8106,83	9125,40
P-313	6900	206	3,81	0,9	7586,59	8539,79
P-314	6900	206	10,59	0,9	8622,95	9706,36
P-709	6900	206	10,02	0,9	8539,26	9612,16
P-710	6900	206	147,89	0,9	25384,69	28574,09
P-501	6900	206	96,55	0,9	19493,44	21942,64
P-206	6900	206	16,15	0,9	9418,97	10602,39
P-315	6900	206	10,73	0,9	8643,44	9729,42
P-704	6900	206	1,98	0,9	7280,95	8195,74
P-705	6900	206	3,62	0,9	7555,70	8505,02
P-706	6900	206	3,53	0,9	7541,01	8488,48
P-707	6900	206	4,63	0,9	7718,26	8688,00
P-708	6900	206	1,49	0,9	7194,94	8098,93
					<b>TOTAL(\$)</b>	<b>327380,32</b>
					<b>TOTAL(€)</b>	<b>294642,29</b>

- **Agitadors**

Els preus dels agitadors s'han obtingut a partir del mètode de les correlacions (Sinnot-Touler).

L'equació emprada és la següent:

$$Ce(\$) = a + b \cdot S^n \text{ (Eq. 7.24.)}$$

On els valors de a, b i n estan tabulats i S és el paràmetre característic de l'agitador. En aquest cas S és la potència del motor en Kw i les constants emprades són les següents:

Per actualitzar els costos s'ha utilitzat l'índex CEPCI el qual es mostra a l'apartat 7.3.2. Els resultats obtinguts es mostren a la taula següent:

Taula 7.14. Costos agitador.

	S	a	b	n	Ce (2006) (\$)	Ctotal (2015) (\$)
<b>AG-201</b>	5,24	15000	990	1,05	82542,03	92912,82
					<b>TOTAL(\$)</b>	<b>92912,82</b>
					<b>TOTAL(€)</b>	<b>83621,54</b>

- **Balances per als camions**

Per tal de realitzar una estimació dels costos de les balances per als camions a l'hora de fer la càrrega i descàrrega de diferents compostos s'ha fet recerca en diferents catàlegs. El preu de cada balança és de 10900 €. Així doncs el cost de dues balances serà de 43600 €.

- **Descalcificadores**

El cost de la descalcificadora s'ha obtingut mitjançant catàlegs. El valor obtingut és de 20227,04€.

- **Estació transformadora**

El cost de l'estació transformadora també s'ha obtingut mitjançant catàlegs. El valor obtingut és de 111248,72 €.

### 7.3.2.2. Càlcul de la instal·lació dels equips

Un cop calculats el diferents costos de tots els equips, s'ha emprat el mètode de Happel per tal de conèixer el capital immobilitzat de la planta. Tal i com es pot observar a la figura 7.5. el percentatge aplicat s'ha d'escollir en un interval determinat. Aquesta elecció s'ha basat en la complexitat de l'equip, és a dir, si l'equip és molt complex s'escollirà el percentatge màxim donat que suposarà més costos de mà d'obra i a la inversa.

## Mètode Happel

Concepte	Material	Ma d'obra
Recipients	A	10% d'A
Torres, fabricades al terreny	B	30 a 35% de B
Torres prefabricades	C	10 a 15% de C
Bescanviadors	D	10% de D
Bombes, compressors ..	E	10% d'E
Instruments	F	10 a 15% de F
Suma d'A a F	G	
Aïllament	H=5 a 10% de G	150% d'H
Canonades	I=40 a 50% de G	100% d'I
Cimentacions	J=3 a 5% de G	150% de J
Edificacions	Terrenys +K (4% de G)	70% de K
Estructures	L=4% de G	20% de L
Material contra incendis	M=1/2 a 1% de G	500 a 800% de M
Electricitat	N= 3 a 6% de G	150% de N
Pintura i neteja	O= 1/2 a 1% de G	500 a 800% d'O
Suma de material i ma d'obra		P
Costos d'equips especials instal·lats		Q
Suma de P i Q		R
Despeses generals	30% de R	
Honoraris d'enginyeria (10% del cost total de construcció)	13% de R	
Contingències(10% del cost total de construcció)	13% de R	
<b>Inversió total</b>		<b>156% de R</b>

Figura.7.5.Mètode de Happel.

A continuació es mostren els resultats obtinguts:

Taula 7.15. Mètode de Happel.

Mètode de Happel			
	Concepte	Material(€)	Mà d'obra(€)
<b>A</b>	Recipients	3263063,28	326306,33
<b>B</b>	Torres fabricades al terreny	-	-
<b>C</b>	Torres prefabricades	1228956,20	184343,43
<b>D</b>	Bescanviadors	8623544,71	862354,47
<b>E</b>	Bombes, compressors	1436794,69	143679,47
<b>F</b>	Instruments	1967334,63	295100,19
<b>G</b>	Suma d'A a F	16519693,51	-
<b>H</b>	Aïllament	1651969,35	2477954,03
<b>I</b>	Canonades	8259846,75	8259846,75
<b>J</b>	Cimentacions	825984,68	1238977,01
<b>K</b>	Edificacions	660787,74	462551,42
<b>L</b>	Estructures	660787,74	132157,55
<b>M</b>	Material contra incendis	165196,94	1321575,48
<b>N</b>	Electricitat	991181,61	1486772,42
<b>O</b>	Pintura i neteja	16519,69	132157,55
<b>P</b>	Suma de material i mà d'obra	47075744,10	-
<b>Q</b>	Costos d'equips especials instal·lats	258697,30	-

<b>R</b>	Suma de P i Q	47334441,40	-
<b>1</b>	Despeses generals	14200332,42	-
<b>2</b>	Honoraris d'enginyeria	6153477,38	-
<b>3</b>	Contingències	6153477,38	-
<b>4</b>	<b>Inversió</b>	<b>73841728,58</b>	-

A més, també s'ha de calcular el preu del catalitzador ja que aquest forma part del capital immobilitzat. Per calcular aquest valor s'han tingut en compte paràmetres com la vida útil del catalitzador, la quantitat anual i el preu d'aquest tal i com es pot observar a la taula següent:

Taula 7.16. Capital immobilitzat.

CATALITZADOR	VIDA ÚTIL	Q(Tn/any)	PREU(€/Tn)	COST(€/Any)
SbCl <sub>5</sub>	Vida útil de la planta	1,86	5786666,67	10745840,00
AlCl <sub>3</sub>	1 any	15,61	630,00	9835,56
			<b>TOTAL (€)</b>	<b>10755675,56</b>

El pentaclorur d'antimoni (V) es regenera durant total al vida útil de la planta a partir de l'àcid fluorhídric el qual és una de les matèries primes principals de la planta.

Així doncs el capital immobilitzat serà de **84597404,10 € (84,60 M €)**.

### 7.3.3. Càlcul del capital circulant

El capital immobilitzat es defineix com la quantitat monetària destinada al funcionament del negoci, la qual s'ha de tenir des del moment inicial i en tot moment per assegurar l'activitat empresarial. Aquest import ha de preveure els sous dels treballador, les adquisicions de material, els costos d'envasats i serveis entre d'altres. Es tracta d'un capital variable i no amortitzable que es troba en moviment durant l'activitat de la planta i es recupera al final de la vida útil d'aquesta. Es pot calcular a partir de dos mètodes diferents:

- **Mètode global:** S'estima el capital circulant segons un 10%-30% del capital immobilitzat.
- **Mètode del cicle de producció:** Es basa en dividir en diferents apartats la planta i calcular el capital circulant utilitzat la següent equació:

$$CC = \frac{q}{12} \cdot (m1' + 0.5 \cdot M1 \cdot f + 2 \cdot M1 + 0.5 \cdot V1) \text{ (Eq. 7.25.)}$$



En aquest cas s'utilitza el mètode global aplicant el 20% del capital immobilitzat, per tant el resultat obtingut és el següent:

$$CC = 0.2 \cdot I = 16919480,83 \text{ €}$$

#### 7.3.4. Posada en marxa

Els costos que corresponen a la posada en marxa de la planta es basen en les despeses que es poden produir durant la posada en marxa; neteja d'equips, reparacions, tasques de manteniment, pèrdues de reactius, etc.

No obstant, com aquests costos suposen una quantitat molt petita en la inversió inicial respecte el capital circulat i el capital immobilitzat es menyspreen.

Per altra banda, s'han de tenir en compte els costos del preu de la parcel·la. Aquesta està situada al polígon industrial "Gasos Nobles" situat a Sabadell. Com el preu del metre quadrat en aquest municipi es del 220 €/m<sup>2</sup> i la planta consta d'una superfície de 70,095 m<sup>2</sup>, per tant, el cost total suposarà una inversió de 15420900 €.

Així doncs, la inversió total la qual correspon a la suma del capital immobilitzat, el capital circulat i els costos de la posada en marxa és de **116937785 € (116,94 M €)**.

#### 7.4. Estimació dels costos d'operació

Els costos d'operació són aquells que estan referits als valors dels bens i prestacions utilitzats per l'empresa per tal de produir els productes que es comercialitzen. Aquest costos inclouen els costos de fabricació i manufactura (Cost M), el d'administració, els de vendes i generals (Cost G). Aquests costos generals corresponen als laboratoris, al personal de seguretat, etc.

Els costos d'operació es poden classificar en diferents tipus:

- **Costos directes:** Els costos directes són aquells imputables a una determinat producte, a un procés o a una producció.
- **Costos indirectes:** Els costos indirectes no són imputables totalment a la venda de productes.
- **Costos fixos:** Els costos fixos són independents de la producció, és a dir, només per tenir la planta oberta ja s'han de pagar aquestes despeses.

- **Costos variables:** Els costos variables dependent de la producció i es poden classificar en diferents tipus.
  - Progressius: Són els costos variables proporcionals a la producció.
  - Regressius: Són el costos que augmenten quan ho fa la producció però de manera no lineal. Es diferencien dos tipus; proporcionals so augmenten més ràpid que els costos variables proporcionals i regressius si augmenten de forma més lenta que els variables proporcionals.

#### 7.4.1. Costos de fabricació

Els costos de fabricació inclouen els costos de les matèries primes, la mà d'obra i les patents.

- **Costos de la matèria prima (M1):** Aquests costos inclouen totes les despeses fins que la matèria prima necessària per al procés es troba dins del magatzem, és a dir, inclou gestos de transport, emmagatzemat, impostos i possibles pèrdues de matèria prima.

Taula 7.17. Costos de fabricació.

MATÈRIA PRIMA	PREU (\$/Tn)	PREU(€/Tn)	Q(Tn/Any)	Cost (€/Any)
HF	2000,00	1800,00	5761,73	10371110,40
CCl <sub>4</sub>	500,00	450,00	14766,54	6644944,51
<b>TOTAL(€)</b>				<b>17016054,91</b>

El preu de les matèries primes s'ha obtingut de diferents fonts bibliogràfiques tals com *l'Alibaba o Sigma Aldrich*. En la taula següent es mostra el preu per tona de cada reactiu emprat i el cost anual tenint en compte la quantitat requerida de cadascun d'ells.

$$M1 = 17016054,91 \text{ €}$$

- **Costos de mà d'obra (M2):** La mà d'obra directa és la que únicament està relacionada amb el procés de producció. En aquest cas els costos de mà d'obra fan referència al sou que tenen tots els treballadors de la planta. Tenint en compte que la planta opera 300 dies a l'any i que el treballadors realitzaran jornades de 8 hores en total tothom realitzarà 2400 hores. En la taula següent es mostra el sou dels diferents càrrecs de la planta així com el nombre de persones que constitueixen els diferents grups:

Taula 7.18. Costos de mà d'obra.

CÀRREC EMPRESARIAL	NOMBRE DE TREBALLADORS	SOU (€/H)	COST TOTAL (\$)
Directius	3	35	252000
Especialistes	7	15	252000
Operaris	20	8	384000
Administració i marketing	4	13	124800
Tècnics de laboratori	7	8	134400
Personal de seguretat	3	8	57600
Personal de neteja	4	7	67200
Personal de taller	2	8	38400
Personal en pràctiques	1	5	12000
		<b>TOTAL(€)</b>	<b>1322400</b>

**M2= 1322400 €**

- **Patents (M3):** Si el procés en qüestió utilitza alguna patent que encara està en vigor s'ha de pagar. En aquest cas, s'han consultat patents i llibres per tal d'obtenir informació sobre les diferents condicions d'operació i cap patent està en vigor, per tant, no es tindrà cap despesa econòmica.
- **Serveis (M4):** Són tots aquells serveis requerits per tal de garantir el correcte funcionament de la planta. Aquest comprenen el valor de l'electricitat, l'aigua, nitrogen i el gas natural.

Taula 7.19. Serveis.

SERVEI	VALOR	PREU(€/paràmetre)	COST (€/Any)
Gas natural (m <sup>3</sup> /any)	119	0,35	41,65
Aigua Serveis (m <sup>3</sup> /any)	5	1,68	8,4
Nitrogen (m <sup>3</sup> /any)	45	17,5	787,5
Oli tèrmic (Downtherm J) (m <sup>3</sup> /any)	170	4730	804100
Propilè (m <sup>3</sup> /any)	643	675	434025
Consum gasoil grup electrogen (L/any)	1000	1,14	1140
Electricitat (KW/any)	74429	0,14	10420,06
		<b>TOTAL(€/Any)</b>	<b>1250522,61</b>

**M4= 1250522,61 €**

- **Subministres (M5):** Aquest paràmetre fa referència a les adquisicions regulars que no formen part ni de matèries primes ni de serveis, com per exemple el paper per les oficines o el material de neteja i de seguretat. Els subministres suposen entre un 0.2% i un 1% del capital immobilitat. S'ha escollit un 0.8%.

$$M5=0.008 \cdot I= 676779,23 \text{ €}$$

- **Manteniment (M6):** Aquestes despeses inclouen les revisions periòdiques, reparacions i substitucions de peces que no es realitzen per empreses externes. El seu valor s'obté suposant un valor entre el 5-7% del capital immobilitzat. Per conèixer aquest cost s'ha seleccionat un 0,6% del capital immobilitzat.

$$M6= 0,006 \cdot I= 507584,42 \text{ €}$$

- **Laboratoris (M7):** Els costos del laboratoris inclouen tant els costos respecte el control de qualitat de les matèries primes com els controls de qualitat dels productes així com les despeses que suposa el departament I+D on s'investiguen millores del procés. Aquests costos es poden considerar entre el 5 i 25% de la mà d'obra. Per conèixer aquest cost s'ha suposat una despesa econòmica d'un 19%.

$$M7=0,19 \cdot M2= 251256,00 \text{ €}$$

- **Envasat (M8):** Aquest cost inclou les despeses econòmiques de personal, dispositius i materials necessaris per a l'activitat d'envasat. El cost de l'envasat depèn del producte i es calcula en funció de les vendes d'aquest. En aquest cas es suposarà un 15% de les vendes.

$$M8= 0,15 \cdot V= 9313397,28 \text{ €}$$

- **Amortització (M9):** Consisteix en tenir en compte l'amortització de tots els equips de la planta i depèn de la seva durada donat que està associat a la pèrdua del valor immobilitzat. Aquesta només es tindrà en compte quan es realitzin els balanços econòmic de la planta (Net Cash Flow).

- **Impostos i taxes (M10):** Aquest cost inclou les despeses econòmiques de tipus administratiu que no poden ser atribuïdes a benefici. El seu valor es troba entre un 0.5 i un 1% del valor del cost immobilitzat. En aquest cas s'ha escollit un 0.75%.

$$M10 = 0,0075 \cdot I = 634480,53 \text{ €}$$

- **Assegurances (M11):** Són despeses econòmiques associades als segurs dels diferents equips i instruments de planta, no obstant, no s'inclouen els segurs dels treballadors. S'estima un valor que sol ser el 1% del capital immobilitzat.

$$M11 = 0,001 \cdot I = 845974,04 \text{ €}$$

Per tant, els costos de fabricació totals seguiran l'equació següent:

$$M = \sum_{I=0}^{11} M_i = 31818449 \text{ € (Eq. 7.26.)}$$

#### 7.4.2. Costos generals

- **Costos comercials (G1):** Aquests costos inclouen la despesa econòmica dels agents comercials, viatges, publicitat i marketing i s'estableix com un percentatge entre el 5 i 20% dels costos de fabricació. Per conèixer el valor d'aquest cost es suposa una despesa econòmica del 17.5% dels costos de fabricació.

$$G1 = 0,175 \cdot M = 5568228,58 \text{ €}$$

- **Costos financers (G2):** Són costos referits a interessos i altres despeses relacionades amb el préstec de capital per a finançar la construcció de la planta química. No obstant, per a la realització d'aquest projecte es disposa de la quantitat monetària suficient i per tant no s'ha necessitat demanar un préstec.
- **Costos d'investigació (G3):** Totes les empreses inverteixen una part del benefici en el departament d'I+D per tal d'estudiar noves vies de investigació que augmentin la rendibilitat de la planta. El valor d'aquest cost es situa entre el 2-4% del capital immobilitzat aproximadament. En aquest cas s'ha escollit un 3%.

$$G3 = 0,03 \cdot I = 2537922,12 \text{ €}$$

Per tant, els costos generals totals segueixen la següent equació:

$$G = \sum_{i=0}^4 Gi = \mathbf{8106150,70 \text{ €}} \text{ (Eq. 7.27.)}$$

I finalment per tal de calcular el costos de producció es sumaran els costos de fabricació (M) i els costos generals (G).

$$\text{Costos anuals de producció} = M + G = \mathbf{8106150,70 + 31818449 \text{ €} = 39924599,7 \text{ €}}$$

## 7.5. Ingressos per ventes i rentabilitat de la planta

### 7.5.1. Ingressos per ventes

L'objectiu principal de la planta CADMA chemicals es la producció de FREÓ-13, no obstant també s'obté àcid clorhídric com a subproducte al 30% en pes el qual es comercialitza.

Per calcular els ingressos anuals de l'empresa s'ha tingut en compte el nombre d'hores treballades, la quantitat anual produïda de FREÓ-13 i àcid clorhídric i el preu d'ambos compostos.

La empresa opera 24 hores durant 300 dies, per tant el temps de producció total és de 7200 hores/any. En la taula següent es mostren totes les dades dels compostos i el valor total dels ingressos anuals.

Taula 7.19. Ingressos per ventes.

PRODUCTE	PUREZA	Q (Kg/h)	Q(Kg/any)	PREU (€/kg)	INGRESOS (€/any)
FREÓ-13	100%	1392.88	10028736.00	5.5	55158048.00
HCl	30%	4862.00	35006400.00	0.20	6931267.20
				<b>TOTAL (€)</b>	<b>62089315.20</b>

### 7.5.2. Càlcul del Net Cash Flow

A partir del mètode del Net Cash Flow o flux net de caixa s'estudiarà la rentabilitat de la planta CADMA chemicals. Aquest mètode es basa en quantificar tots els fluxos d'entrada i sortida de diners anuals des de que es realitza la inversió inicial. Normalment s'utilitza per conèixer els

beneficis que tindrà l'empresa abans de ser construïda, és a dir, per garantir que la planta serà viable.

En aquest apartat es tenen en compte diversos paràmetres: el capital immobilitzat o la inversió inicial, els costos de producció i els ingressos per vendes. És important tenir en compte que es menysprea la actualització dels diners al llarg del temps.

Els NCF es calculen en dues parts. Primerament es calculen sense tenir en compte els impostos ni l'amortització, és a dir, sense tenir en compte la quantitat de capital destinada a recuperar les despeses invertides a la construcció de la planta. Per aquesta primera aproximació s'utilitza la següent equació:

$$NFC_{SENSE IMPOSTOS} = Vendes - Costos \text{ (Eq. 7.28.)}$$

Seguidament, es calculen els NCF tenint en compte els impostos i l'amortització a partir de l'equació següent:

$$NCD_{AMB IMPOSTOS} = (-I - CC + R + X)_n + (V - C)_n - t\% \cdot B_{(n-1)} \text{ (Eq. 7.29.)}$$

On:

- I: Capital immobilitzat
- CC: Capital circulat
- R: Valor residual
- X: Ingressos relacionats amb la inversió
- V: Vendes
- C: Costos de producció
- t: Taxa d'impostos
- B: base imposable =  $V - (C+A)$

És important remarcar que els impostos es paguen segons la base imposable de l'any anterior i si aquesta es negativa no s'haurà de pagar cap impost.

S'ha decidit realitzar la viabilitat de la planta en un període de 12 anys realitzant les següents estimacions:

- Durant el temps de vida útil de la planta, tota la producció es comercialitzarà.

- El terrenys es podrà posar a la venda l'any posterior a la fi del projecte.
- El període de construcció de la planta és de 2 anys repartint-se el capital immobilitzat en dues parts iguals.
- S'ha considerat que els impostos són un 36% sobre la base imposable de l'any anterior.

L'amortització és el cost associat a la pèrdua de valor del capital immobilitzat i es un factor molt important en el càlcul de la rentabilitat d'una planta química. El mètode de càlcul que s'ha emprat és el de suma de dígit a partir de les equacions següents:

$$A_I = I \cdot \frac{(t - (n - 1))}{z} \quad (\text{Eq. 7.30.})$$

$$z = \frac{t(t + 1)}{2} \quad (\text{Eq. 7.31.})$$

On:

- I: Immobilitzat
- t: Temps de vida útil del projecte
- R: Valor residual. Es suposa que per aquest projecte és 0.

A la taula següent es mostren el resultats obtingut:



Taula 7.20. NFC.

Any/Paràmetre	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<b>C. Immobilitzat</b>	-42,3	-42,30													0,00
<b>C.Circulant</b>			-16,92												16,92
<b>Terrenys</b>	-15,42														15,42
<b>Valor residual</b>	0														
<b>Vendes</b>			62,09	62,09	62,09	62,09	62,09	62,09	62,09	62,09	62,09	62,09	62,09	62,09	
<b>Costos</b>			-39,92	-39,92	-39,92	-39,92	-39,92	-39,92	-39,92	-39,92	-39,92	-39,92	-39,92	-39,92	
<b>Amortització</b>			-11,28	-10,47	-9,67	-8,86	-8,06	-7,25	-6,45	-5,64	-4,83	-4,03	-3,22	-2,42	
<b>Base imposable</b>			10,89	11,70	12,50	13,31	14,11	14,92	15,72	16,53	17,34	18,14	18,95	19,75	
<b>Impostos</b>				-3,92	-4,21	-4,50	-4,79	-5,08	-5,37	-5,66	-5,95	-6,24	-6,53	-6,82	7,11
<b>NFC(sense imp.)</b>	-57,72	-42,30	5,25	22,17	22,17	22,17	22,17	22,17	22,17	22,17	22,17	22,17	22,17	22,17	32,34
<b>NFC(amb imp.)</b>	-57,72	-42,30	5,25	18,25	17,96	17,67	17,38	17,09	16,80	16,51	16,22	15,93	15,64	15,35	39,45

### 7.5.3. Càlcul del VAN i del TIR

El valor actual net (VAN) i la taxa interna de retorn (TIR) són mètodes actualitzats que tenen en compte el temps que es triga en recuperar la inversió inicial. Així doncs es pot concebre una idea més real del risc que suposa el projecte.

El VAN consisteix en sumar tots els valors actuals dels futurs ingressos i pèrdues. Per calcular aquest paràmetre, s'ha de realitzar una actualització dels diners en funció de l'interès de capital ( $i$ ) i del anys de vida útil de la planta, els quals són 12. El VAN segueix l'equació següent:

$$VAN = NCF_0 + NCF_1 \cdot (1 + i)^{-t_1} + NCF_2 \cdot (1 + i)^{-t_2} + \dots + NCF_n \cdot (1 + i)^{-t_n} \text{ (Eq. 7.32.)}$$

Conforme més elevat es el valor del VAN, més rentable és el projecte. Si el valor d'aquest és zero implica que ni es guanya ni es perd i finalment si aquest es negatiu no té cap sentit realitzar el projecte donat que aquest no seria viable.

Amb la TIR es determina l'interès a partir del qual la empresa comença a tenir beneficis (VAN=0). L'objectiu d'interès és obtenir un valor alt de la TIR donat que implica que tot i pagar interessos elevats s'aconsegueixen beneficis alts. El valor obtingut ha estat del següent:

$$TIR = 0,1$$

A continuació es presenten els resultats del VAN obtinguts en forma de taula per a cadascun dels anys de funcionament de la planta i diferents tipus d'interès, i de forma gràfica, on es pot veure quina és l'evolució del VAN total amb diferents interessos i el valor de la TIR.

Taula 7.21. VAN.

INTERÈS (%)	VAN(€/ANY)
5	54,31
10	10,19
15	-16,93
20	-34,28
25	-45,77
30	-53,61
35	-59,09
40	-63,00

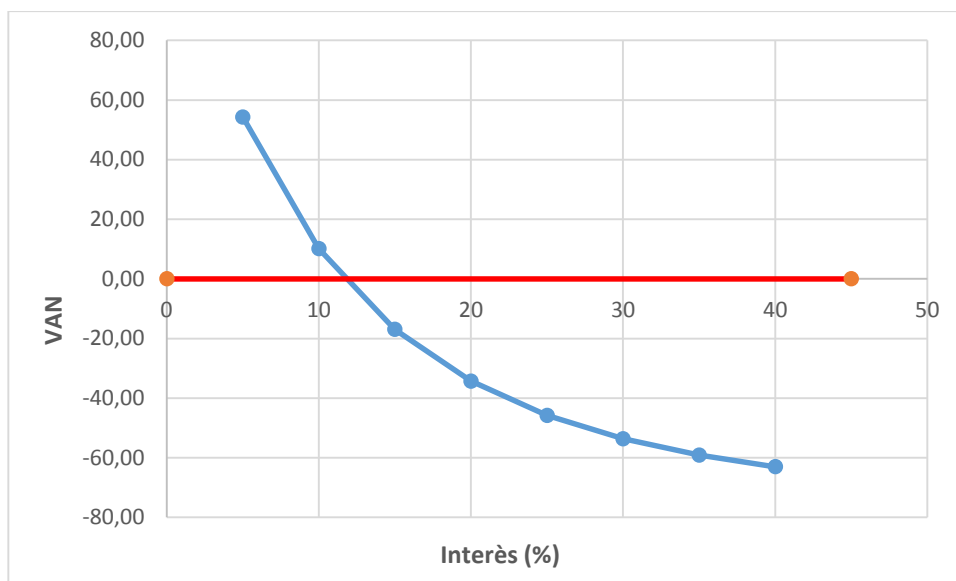


Figura 7.6. Evolució del VAN en funció de l'interès.

## 7.6. Viabilitat de la planta

Tal i com es pot observar a la taula 7.20, els beneficis són positius des del primer any de funcionament de la planta. Aquest fet és degut a que els costos d'operació, els quals inclouen els costos de fabricació i els costos generals, resulten inferiors al valor del benefici obtingut.

A més, també es pot observar com els beneficis obtinguts són prou elevats donat que els ingressos per vendes també ho són, i per tant, es considera que els resultats econòmics anuals obtinguts són prou bons.

Respecte al valor obtingut del VAN, tal i com s'ha esmentat prèviament, el resultat és millor conforme més elevat és el valor de la TIR obtinguda ja que això indica l'obtenció de beneficis tot i que s'apliqui una taxa d'interès molt elevada. En el cas de la nostra planta, el valor de la TIR obtingut és d'un 10%, així doncs, la planta tan sols seria econòmicament viable si l'interès aplicat fos baix, fet que, actualment en la situació econòmica en la qual es troba el país no seria el més probable que succeís.

Així doncs, tot i que els resultats obtinguts són força positius, en el cas que el disseny es dugés a terme de forma real, es caldria ser molt més crític a l'hora de realitzar l'avaluació econòmica de les despeses i les vendes així com en la selecció dels equips, instrumentació i capital immobilitzat, aprofundint en els catalitzadors emprats donat que suposen una gran despesa econòmica de la planta de producció de FREÓ-13.

Per altra banda, el fet de que actualment les plantes químiques compten amb un temps de vida més elevat del que s'ha considerat en aquest projecte, podent arribar fins a 25, implicaria que la viabilitat econòmica de la planta sigues considerablement més elevada.

## 7.7. Bibliografia

- [Web online].<>. <http://firc.com.mx/perspectivas-del-mercado-de-refrigerantes>. [Consulta: 05/05/2015].
- Towler, Gavin, Sinnott Ray: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design, 5ª edició. Oxford: Butterworth-Heinemann, (Pàg 140-210).