

Annex F. Anàlisi econòmica

Sumari

F.1. INTRODUCCIÓ	125
F.2. ANÀLISI ECONÒMICA	127
F.2.1. Anàlisi econòmica de la tecnologia convencional	127
F.2.1.1. Inversió	127
F.2.1.2. Costos de fabricació	131
F.2.1.3. Vendes	134
F.2.1.4. Valor actual net. Període de retorn de la inversió	134
F.2.2. Anàlisi econòmica de l'alternativa proposada	137
F.2.2.1. Inversió	137
F.2.2.2. Costos de fabricació	143
F.2.2.3. Vendes	147
F.2.2.4. Valor actual net. Període de retorn de la inversió	148
F.3. CONCLUSIONS	151
F.4. BIBLIOGRAFIA	153
F.4.1. Referències bibliogràfiques	153





F.1. Introducció

L'annex F presenta una anàlisi econòmica detallada de les dues tecnologies, la convencional i la proposada, per tal d'estudiar-ne la seva viabilitat. Es descriuen les inversions necessàries per a dur a terme cadascuna de les tecnologies, els costos de fabricació que suposen, les vendes de pells i, finalment, un càlcul del valor actual net i el període de retorn de les inversions corresponents.

Dins de l'alternativa proposada de desgreixatge amb gas dens (CO_2), existeixen dues possibles subalternatives: la producció de vapor mitjançant una caldera o l'escalfament elèctric dels intercanviadors de calor del procés. Per tant, també cal dur a terme una comparació en termes econòmics d'aquestes dues opcions dins de la tecnologia proposada i determinar quina d'elles és més viable econòmicament.





F.2. Anàlisi econòmica

F.2.1. Anàlisi econòmica de la tecnologia convencional

L'anàlisi econòmica de la tecnologia convencional es refereix al cas de l'empresa Santiago Fatjó, S. L. [5], que és l'empresa que ha servit de referència de la tecnologia convencional al llarg de tot el projecte.

F.2.1.1. Inversió

La inversió de capital inclou bàsicament l'equip. El cost d'instal·lació, tenint en compte els factors multiplicadors de cadascuna de les unitats, s'ha obtingut considerant que l'índex CEPCI (Chemical Engineering Plant Cost Index) per a l'any 2006 és de 482 [10]. A més, s'ha pres l'equivalència $1,0 \text{ €} = 1,2 \text{ \$}$.

Dipòsit d'aigua

El dipòsit d'aigua té una capacitat mínima per a abastir la planta durant dos rentats:

$$(2 \text{ rentats}) \cdot (4,5 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}/\text{rentat}) = 9 \text{ m}^3$$

El cost del dipòsit d'aigua s'ha calculat a partir de la figura F.1, que està ubicada en la pàgina següent i mostra el cost de l'equip en funció del seu volum. Escollint l'opció d'un dipòsit cilíndric, d'acer inoxidable i a pressió atmosfèrica, el cost resultant és el següent:

$$\text{Cost de l'equip en funció del volum (9 m}^3) = 2,3 \cdot 10^3 \text{ \$}$$

$$\text{Factor multiplicador [10] del material i la pressió (acer inoxidable, pressió atmosfèrica)} = 4,5$$

Per tant, el cost del dipòsit d'aigua, en euros, és el següent:

$$\text{Cost} = 2,3 \cdot 10^3 \cdot 4,5 \cdot \frac{1,0}{1,2} \cdot \frac{482_{(\text{CEPCI-2006})}}{315_{(\text{CEPCI-1982})}} = 13197,62 \text{ €}$$



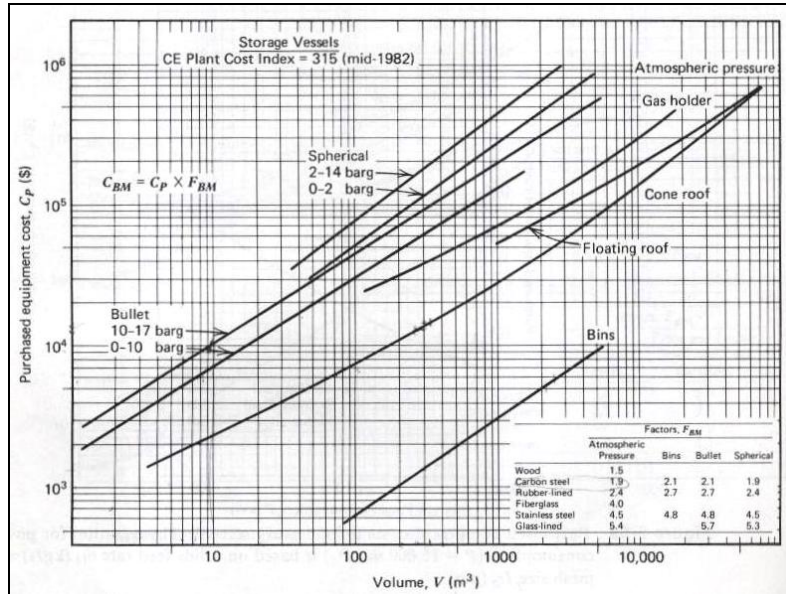


Fig. F.1 – Cost de l'equip en funció del volum [10]

Dipòsit de tensioactiu

El dipòsit de tensioactiu té una capacitat mínima per a abastir la planta durant dos rentats:

$$(2 \text{ rentats}) \cdot (2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ tensioactiu/rentat}) = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

El cost del dipòsit de tensioactiu s'ha calculat també a partir de la figura F.1, que mostra el cost de l'equip en funció del seu volum. Escollint l'opció d'un dipòsit cilíndric, d'acer inoxidable i a pressió atmosfèrica, el cost resultant és el següent:

$$\text{Cost de l'equip en funció del volum } (5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3) = 10^2 \text{ \$}$$

Factor multiplicador [10] del material i la pressió (acer inoxidable, pressió atmosfèrica) = 4,5

Per tant, el cost del dipòsit de tensioactiu, en euros, és el següent:

$$\text{Cost} = 10^2 \cdot 4,5 \cdot \frac{1,0}{1,2} \cdot \frac{482_{(CEPCI-2006)}}{315_{(CEPCI-1982)}} = 573,81 \text{ €}$$



Bombo amb agitació

El cost del bombo amb agitació s'ha calculat a partir de la figura F.2:

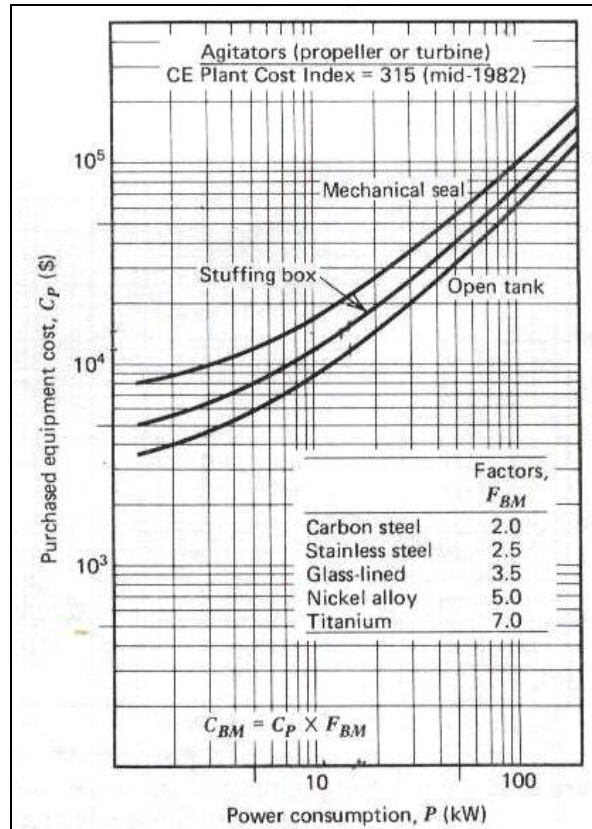


Fig. F.2 – Cost de l'equip en funció de la potència d'agitació [10]

Escollint l'opció d'un tanc obert (ja que s'hi carreguen i descarreguen les pells), el cost resultant és el següent:

Cost de l'equip en funció de la potència d'agitació (40 HP \approx 30 kW) = $2 \cdot 10^4$ \$

Factor multiplicador [10] del material (acer inoxidable) = 2,5

Per tant, el cost del bombo amb agitació, en euros, és el següent:

$$\text{Cost} = 2,5 \cdot 2 \cdot 10^4 \cdot \frac{1,0}{1,2} \cdot \frac{482_{(\text{CEPCI-2006})}}{315_{(\text{CEPCI-1982})}} = 63756,61\text{€}$$



Bomba (enllaç bombo – EDAR)

El cost de la bomba que envia l'aigua residual del bombo cap a l'estació depuradora d'aigües residuals (EDAR) s'ha calculat a partir de la figura F.3:

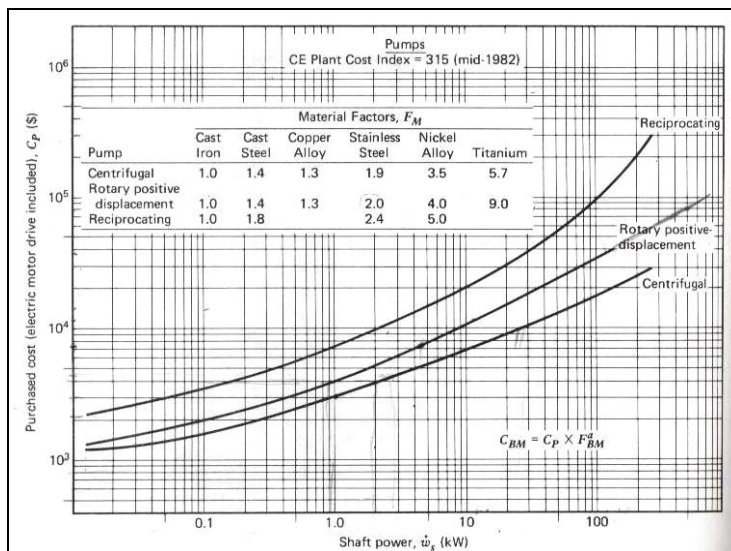


Fig. F.3 – Cost de l'equip en funció de la potència [10]

Cost de l'equip en funció de la potència (1 kW) = $3 \cdot 10^3$ \$

Factor multiplicador [10] del material i la pressió (acer inoxidable, pressió atmosfèrica) = 4

Per tant, el cost de la bomba, en euros, és el següent:

$$\text{Cost} = 4 \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,0}{1,2} \cdot \frac{482_{(\text{CEPCI-2006})}}{315_{(\text{CEPCI-1982})}} = 15301,59 \text{ €}$$

Estació depuradora d'aigües residuals (EDAR)

El cost de l'estació depuradora d'aigües residuals només contempla el cabal residual de desgreixatge, que representa un 10% del cabal residual total de l'adoberia:

$$\frac{4,5 \text{ m}^3 \text{ H}_2\text{O}}{1 \text{ rentat}} \cdot \frac{1 \text{ rentat}}{2 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$$



Cost de l'equip en funció del cabal d'aigua a tractar i la qualitat de l'aigua [10] d'entrada i sortida ($6,25 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$; $\text{DQO}_{\text{ent}} = 88000 \text{ mg O}_2/\text{l}$; $\text{DQO}_{\text{sort}} = 250 \text{ mg O}_2/\text{l}$) = 10^5 \$

Es calcula el cost de l'estació depuradora d'aquesta forma per tal d'establir, posteriorment, comparacions en termes econòmics de les dues alternatives. És per això que les aigües residuals que genera l'adoberia en processos diferents del desgreixatge no es tenen en compte en aquest càlcul. Per tant, el cost de l'estació depuradora d'aigües residuals, en euros, és el següent:

$$\text{Cost} = 10^5 \cdot \frac{1,0}{1,2} \cdot \frac{482_{(\text{CEPCI}-2006)}}{315_{(\text{CEPCI}-1982)}} = 127513,23 \text{ €}$$

Cost total de la inversió i factor de Lang

El cost total dels equips és la suma dels costos anteriors, xifra que ascendeix a 220342,86 €. Per al factor multiplicador de la inversió o de Lang, s'ha pres 3, que és un valor intermedi en el càlcul d'una inversió. Per tant, el cost total de la inversió és de 661028,58 €.

F.2.1.2. Costos de fabricació

Costos de fabricació directes

Cost de les matèries

El càlcul de la quantitat de matèries que es consumeixen a l'any està detallat en l'annex D (Simulació amb Hysys de l'alternativa proposada). El cost de les matèries (aigua, tensioactiu i pell) ha estat obtingut de les dades proporcionades per l'empresa Santiago Fatjó, S. L. [5] i és el que s'observa en la taula F.1:

MATÈRIA PRIMERA	QUANTITAT [pells/any]	COST [€/pell]	COST [€/any]
Pell	23000	5,00	115000,00
MATÈRIES PRINCIPALS	QUANTITAT [kg/any]	COST [€/kg]	COST [€/any]
Aigua	172500	$6,0 \cdot 10^{-4}$	103,50
Tensioactius	92	1,35	124,20
Total matèries			115227,70

Taula F.1 – Cost de les matèries



Cost de l'energia

La quantitat d'energia elèctrica anual consumida es calcula a partir de les dades dels equips que conformen la planta de l'empresa Santiago Fatjó, S. L. [5]. Pel què fa al bombo, té una potència d'agitació de 40 cavalls (≈ 30 kW). Considerant que té una eficàcia del 80% i que s'efectuen uns 38 rentats/any de dues hores de durada, l'energia elèctrica consumida és:

$$40 \text{ cavalls} \cdot \frac{1 \text{ kW}}{1,341 \text{ cavalls}} \cdot \frac{1 \text{ kJ}}{1 \text{ kW} \cdot \text{s}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1}{0,8} \cdot \frac{2 \text{ h}}{1 \text{ rentat}} \cdot \frac{38 \text{ rentats}}{1 \text{ any}} = 10201342,44 \text{ kJ/any}$$

A més, s'escalfa l'aigua del bombo fins a uns 40 °C de temperatura. Sabent que s'han d'escalfar 172500 kg H₂O/any, considerant una eficàcia del 80% i una temperatura ambient de l'aigua de 15 °C, l'energia elèctrica consumida és:

$$\frac{172500 \text{ kg H}_2\text{O}}{1 \text{ any}} \cdot \frac{4,18 \text{ kJ}}{1 \text{ kg H}_2\text{O} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (40 - 15) ^\circ\text{C} \cdot \frac{1}{0,8} = 22532812,88 \text{ kJ/any}$$

Finalment, la bomba que enllaça el bombo amb l'EDAR té una potència d'1 kW. Considerant una eficàcia del 80%, l'energia elèctrica consumida és:

$$1 \text{ kW} \cdot \frac{1 \text{ kJ}}{1 \text{ kW} \cdot \text{s}} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1}{0,8} \cdot \frac{2 \text{ h}}{1 \text{ rentat}} \cdot \frac{38 \text{ rentats}}{1 \text{ any}} = 342000,00 \text{ kJ/any}$$

El cost de l'energia elèctrica ha estat calculat a partir de les tarifes legals vigents [6]. Pel què fa als costos de depuració de l'aigua i al cànon corresponent, han estat obtinguts de les dades proporcionades per l'empresa Santiago Fatjó, S. L. [5]. Els resultats obtinguts s'observen en la taula F.2:

EQUIP	E. ELÈCTRICA	QUANTITAT [kJ/any]	COST [€/kJ]	COST [€/any]
Agitació bombo	380 V	10201342,44	$2,5 \cdot 10^{-5}$	255,03
Calefacció bombo	380 V	22532812,88	$2,5 \cdot 10^{-5}$	563,32
Bomba	380 V	342000,00	$2,5 \cdot 10^{-5}$	8,55
Corrent elèctric (10% dels anteriors)	380 V	3307615,53	$2,5 \cdot 10^{-5}$	82,69
EQUIP	UTILITAT	QUANTITAT [kg/any]	COST [€/kg]	COST [€/any]
EDAR	Depuració aigua	172500	$1,0 \cdot 10^{-3}$	172,50
EDAR	Cànon aigua	172500	$1,4 \cdot 10^{-3}$	243,69
Total energia				1325,79

Taula F.2 – Cost de l'energia



Cost dels treballadors

Per a calcular el nombre de treballadors, cal tenir en compte que es necessita un operari per a carregar i descarregar el bombo de pells, a més de dos operaris per a controlar el bon funcionament de la depuradora. La resta d'equips no precisen de supervisió.

Considerant que el salari anual de cada treballador és de 16800 € (14 pagues a l'any de 1200 € cadascuna) i que només hi ha un torn de 8 hores, el cost total dels treballadors és el que s'observa en la taula F.3:

CONCEPTE	OPERARIS	TORNS	SALARI [€/any-operari]	COST [€/any]
Treballadors	3	1	16800,00	50400,00
Total treballadors				50400,00

Taula F.3 – Cost dels treballadors

Costos de fabricació indirectes

Els costos de fabricació indirectes es calculen a partir de les següents consideracions [10]:

Cost de manteniment i reparacions = 5% Cost de la inversió (sense l'aplicació del factor de Lang)

Cost d'impostos i assegurances = 2% Cost de la inversió (sense l'aplicació del factor de Lang)

Cost de la depreciació = 10% Cost de la inversió (sense l'aplicació del factor de Lang)

Cost de les despeses generals = 5% Cost de la inversió (sense l'aplicació del factor de Lang)

Per tant, els costos de fabricació indirectes són els que s'observen en la taula F.4:

CONCEPTE	COST [€/any]
Manteniment i reparacions (5% inversió)	11017,14
Impostos i assegurances (2% inversió)	4406,86
Depreciació (10% inversió)	22034,29
Despeses generals (5% inversió)	11017,14
Total costos de fabricació indirectes	48475,43

Taula F.4 – Costos de fabricació indirectes



Per tant, la suma dels costos de fabricació totals és la que es mostra en la taula F.5:

CONCEPTE		COST [€/any]
Costos de fabricació directes	Cost de les matèries	115227,70
	Cost de l'energia	1325,79
	Cost dels treballadors	50400,00
Costos de fabricació indirectes		48475,43
Total costos de fabricació		215428,91

Taula F.5 – Costos de fabricació

F.2.1.3. Vendes

El preu unitari del producte acabat ha estat obtingut de les dades proporcionades per l'empresa Santiago Fatjó, S. L. [5]. A més, s'han inclòs en el preu de venda final de la pell les pèrdues produïdes a causa del percentatge inevitable de peces defectuoses que es produeix en tota activitat industrial. Per tant, el total de vendes és el que s'observa en la taula F.6:

CONCEPTE	QUANTITAT [pells/any]	PREU [€/pell]	PREU [€/any]
Vendes de pells	23000	15,00	345000,00
Total vendes de pells			345000,00

Taula F.6 – Vendes de pells

F.2.1.4. Valor actual net. Període de retorn de la inversió

El valor actual net per als 10 primers anys de vida de la planta es calcula mitjançant les següents consideracions i equacions (Eq. F.1; Eq. F.2; Eq. F.3) [3]:

Inversió (€/any): només es comptabilitza en l'any 0.

Costos de fabricació (€/any): es comptabilitzen a partir de l'any 1.

Total de vendes (€/any): es comptabilitzen a partir de l'any 1.



$$\text{Total de pagaments}_{\text{any } n} (\text{€any}) = \text{Inversió}_{\text{any } n} + \text{Costos de fabricació}_{\text{any } n} \quad (\text{Eq. F.1})$$

$$\text{Moviment de fons}_{\text{any } n} (\text{€any}) = \text{Total vendes}_{\text{any } n} - \text{Total pagaments}_{\text{any } n} \quad (\text{Eq. F.2})$$

$$\text{Moviment de fons acumulat}_{\text{any } n} (\text{€any}) = - \text{Inversió} + \text{Moviment de fons}_{\text{any } 1} + \text{Moviment de fons}_{\text{any } 2} + \dots + \text{Moviment de fons}_{\text{any } n} \quad (\text{Eq. F.3})$$

$$\text{Valor actual net}_{\text{any } n} (\text{€any}) = - \text{Inversió} + [(\text{Moviment de fons}_{\text{any } 1}) / ((1+i)^1)] + [(\text{Moviment de fons}_{\text{any } 2}) / ((1+i)^2)] + \dots + [(\text{Moviment de fons}_{\text{any } n}) / ((1+i)^n)] \quad (\text{Eq. F.4})$$

on: $i = 0,1$ (tassa d'interès, que es considera constant per als 10 primers anys)

El període de retorn de la inversió es produeix, teòricament, en el moment en el qual el moviment de fons acumulat canvia de signe, és a dir, quan es passa d'un valor negatiu a un valor positiu.

Per la seva banda, el valor actual net representa l'actualització del moviment de fons acumulat, tenint en compte la taxa d'interès. És per aquest motiu que el període de retorn de la inversió té lloc, realment, quan el VAN esdevé positiu, és a dir, quan s'ha retornat la inversió més els interessos. Pel que fa a la tecnologia convencional, el període de retorn de la inversió és de 7,5 anys.

El valor actual net (VAN) d'una inversió és la diferència entre els valors actualitzats de les entrades que genera i els desemborsaments realitzats. En el cas de la tecnologia convencional, el VAN per a l'any 10 és de 135129,65 €.

Els valors numèrics dels càlculs del VAN i el període de retorn de la inversió per a la tecnologia convencional s'observen en la taula F.7 a la pàgina següent.



	ANY 0	ANY 1	ANY 2	ANY 3	ANY 4	ANY 5	ANY 6	ANY 7	ANY 8	ANY 9	ANY 10
Inversió [€/any]	661028,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costos de fabricació [€/any]	0,00	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91
Total de pagaments [€/any]	661028,58	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91	215428,91
Total de vendes [€/any]	0,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00
Moviment de fons [€/any]	-661028,58	129571,09	129571,09	129571,09	129571,09	129571,09	129571,09	129571,09	129571,09	129571,09	129571,09
Moviment de fons acumulat [€/any]	-661028,58	-531457,49	-401886,41	-272315,32	-142744,24	-13173,15	116397,93	245969,02	375540,11	505111,19	634682,28
VAN [€/any]	-661028,58	-543236,68	-436153,14	-338804,47	-250305,67	-169852,22	-96712,72	-30222,27	30223,60	85174,39	135129,65
Període de retorn [anys]	7,5										

Taula F.7 – Càlculs del valor actual net i el període de retorn de la inversió

F.2.2. Anàlisi econòmica de l'alternativa proposada

L'anàlisi econòmica de l'alternativa proposada correspon a la planta industrial dissenyada de desgreixatge amb diòxid de carboni a pressió.

F.2.2.1. Inversió

S'han fet les mateixes consideracions que en el cas del càlcul de la inversió per al procés de desgreixatge aquós amb tensioactius (tecnologia convencional).

Mesclador

El cost del mesclador s'ha calculat a partir de la figura F.4:

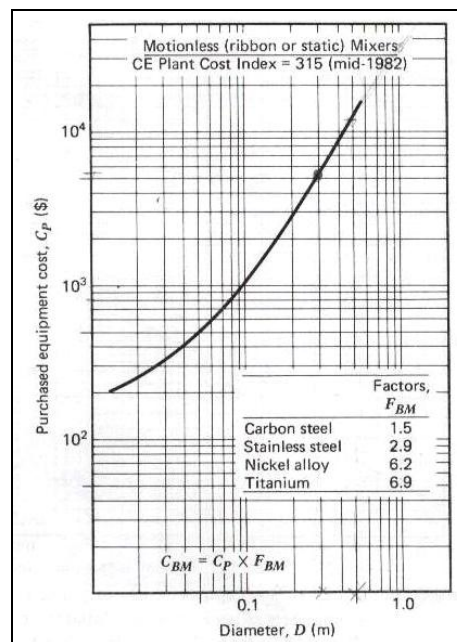


Fig. F.4 – Cost de l'equip en funció del diàmetre [10]

Cost de l'equip en funció del diàmetre (0,3 m) = $5,5 \cdot 10^3$ \$

Factor multiplicador [10] del material (acer inoxidable) = 2,9



Factor multiplicador [10] de la pressió (57,2 bar) = 1,1

Per tant, el cost del mesclador, en euros, és el següent:

$$\text{Cost} = 2,9 \cdot 1,1 \cdot 5,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,0}{1,2} \cdot \frac{482_{(\text{CEPCI-2006})}}{315_{(\text{CEPCI-1982})}} = 22372,20 \text{ €}$$

Condensador

El cost del condensador s'ha calculat a partir de la figura F.5:

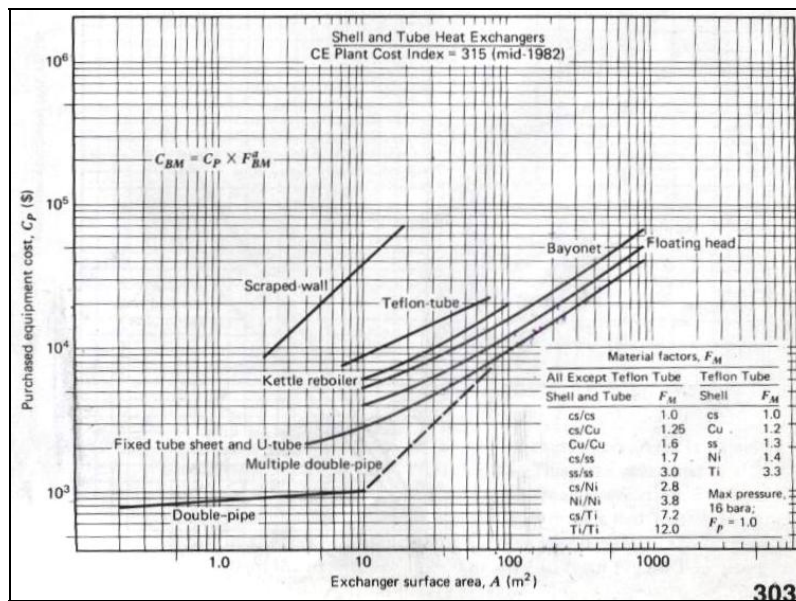


Fig. F.5 – Cost de l'equip en funció de l'àrea de transferència de calor [10]

Cost de l'equip en funció de l'àrea de transferència de calor (60,31 m²) = 6 · 10³ \$

Factor multiplicador [10] del material i la pressió (acer inoxidable, 57,2 bar) = 4,5

Per tant, el cost del condensador, en euros, és el següent:

$$\text{Cost} = 4,5 \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,0}{1,2} \cdot \frac{482_{(\text{CEPCI-2006})}}{315_{(\text{CEPCI-1982})}} = 34428,57 \text{ €}$$



Bomba

El cost de la bomba, en euros, s'ha consultat a l'empresa Milton Roy [4]:

Cost de l'equip en funció de la potència (1,2 kW) = 1912,70 €

Factor multiplicador del material, el tipus i la pressió (acer inoxidable, radial i centrífuga, 120 bar) = 10,5

Cost = (1912,70 €) · (10,5) = 20083,33 €

Intercanviador de calor (1)

El cost de l'intercanviador de calor (1) s'ha calculat també a partir de la figura F.5:

Cost de l'equip en funció de l'àrea de transferència de calor (60,09 m²) = 6 · 10³ \$

Factor multiplicador [10] del material i la pressió (acer inoxidable, 120 bar) = 6

Per tant, el cost de l'intercanviador de calor (1), en euros, és el següent:

$$\text{Cost} = 6 \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,0}{1,2} \cdot \frac{482_{(\text{CEPCI}-2006)}}{315_{(\text{CEPCI}-1982)}} = 45904,76 \text{ €}$$

Intercanviador de calor (2)

El cost de l'intercanviador de calor (2) s'ha calculat també a partir de la figura F.5:

Cost de l'equip en funció de l'àrea de transferència de calor (59,76 m²) = 6 · 10³ \$

Factor multiplicador [10] del material i la pressió (acer inoxidable, 57,2 bar) = 4,5

Per tant, el cost de l'intercanviador de calor (2), en euros, és el següent:

$$\text{Cost} = 4,5 \cdot 6 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,0}{1,2} \cdot \frac{482_{(\text{CEPCI}-2006)}}{315_{(\text{CEPCI}-1982)}} = 34428,57 \text{ €}$$



Extractors (2 unitats)

El cost de cadascun dels extractors s'ha calculat a partir de la figura F.6 (extractor orientat verticalment):

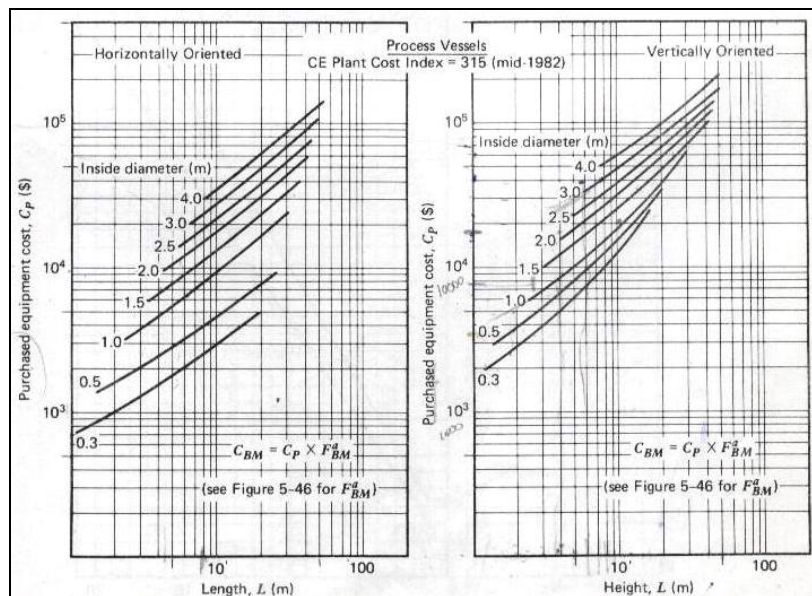


Fig. F.6 – Cost de l'equip en funció del diàmetre i l'alçada [10]

Cost de l'equip en funció del diàmetre i l'alçada (0,16 m; 1 m) = $1,5 \cdot 10^3$ \$

Factor multiplicador [10] del material i la pressió (acer inoxidable, 200 bar) = 40

Per tant, el cost d'un extractor, en euros, és el següent:

$$\text{Cost unitari} = 40 \cdot 1,5 \cdot 10^3 \cdot \frac{1,0}{1,2} \cdot \frac{482_{(\text{CEPCI-2006})}}{315_{(\text{CEPCI-1982})}} = 76507,94 \text{ €}$$

També cal tenir en compte que la tanca ràpida amb la qual s'obre i es tanca cada extractor té un cost elevat, de l'ordre del 15% respecte el total.

Per tant, finalment el cost dels dos extractors, en euros, és el següent:

$$\text{Cost} = (76507,94 \text{ €}) \cdot (2) \cdot (1,15) = 175968,25 \text{ €}$$



Regulador de pressió

El cost del regulador de pressió, en euros, s'ha consultat a l'empresa Emerson Process Management, S. A., del grup Tescom Corporation [1]:

Cost = 1700 €

Separador ciclònic

El cost del separador ciclònic s'ha calculat a partir de la figura F.7:

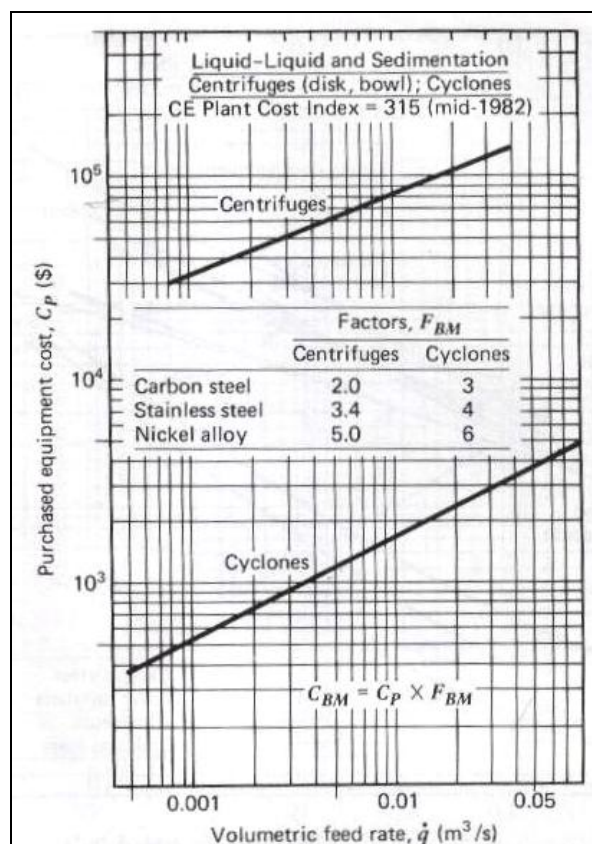


Fig. F.7 – Cost de l'equip en funció del cabal [10]

Cost de l'equip extrapolat en funció del cabal ($0,02 \text{ m}^3/\text{h}$) = $2 \cdot 10^2$ \$

Factor multiplicador [10] del material i el tipus (acer inoxidable, ciclònic) = 4

Factor multiplicador de la pressió (200 bar) = 8



Per tant, el cost del separador ciclònic, en euros, és el següent:

$$\text{Cost} = 4 \cdot 8 \cdot 2 \cdot 10^2 \cdot \frac{1,0}{1,2} \cdot \frac{482_{(\text{CEPCI}-2006)}}{315_{(\text{CEPCI}-1982)}} = 8160,85 \text{ €}$$

Grup de fred

El cost del grup de fred, en euros, s'ha consultat a l'empresa Hucoa Erlöss, S. A. [8]:

$$\text{Cost} = 4500 \text{ €}$$

Caldera

Només es té en compte el cost de la caldera en l'opció 1 de l'alternativa proposada, la qual contempla la producció de vapor per als intercanviadors de calor mitjançant una caldera.

El cost de la caldera, en euros, s'ha consultat a l'empresa Perelló Caldereria, S. L. [9]:

$$\text{Cost} = 25000 \text{ €}$$

Cost total de la inversió i factor de Lang

El cost total dels equips és la suma dels costos anteriors:

$$\text{Cost total dels equips (opció 1: caldera de producció de vapor)} = 372546,53 \text{ €}$$

$$\text{Cost total dels equips (opció 2: escalfament elèctric dels intercanviadors)} = 347546,53 \text{ €}$$

Per al factor multiplicador de la inversió o de Lang, s'ha pres el valor menor (1,5), perquè cadascun dels costos dels equips ja ha estat escalat convenientment segons la pressió, el material, etc. Per tant, el cost total de la inversió és, per a cada opció:

$$\text{Cost total de la inversió (opció 1: caldera de producció de vapor)} = 558819,80 \text{ €}$$

$$\text{Cost total de la inversió (opció 2: escalfament elèctric dels intercanviadors)} = 521319,80 \text{ €}$$



F.2.2.2. Costos de fabricació

Costos de fabricació directes

Cost de les matèries primeres

El càlcul de la quantitat de matèries que es consumeixen a l'any està detallat en l'annex D (Simulació amb Hysys de l'alternativa proposada). El cost del diòxid de carboni, així com el del lloguer del dipòsit, s'han consultat a l'empresa Praxair Espanya, S. L. [2]. El cost de la pell ha estat obtingut de les dades proporcionades per l'empresa Santiago Fatjó, S. L. [5]. Els resultats s'observen en la taula F.8:

MATÈRIA PRIMERA	QUANTITAT [pells/any]	COST [€/pell]	COST [€/any]
Pell	23000	5,00	115000,00
MATÈRIA PRINCIPAL	QUANTITAT [kg/any]	COST [€/kg]	COST [€/any]
Diòxid de carboni	12247,50	0,18	2204,55
EQUIP	CONCEPTE	COST [€/mes]	COST [€/any]
Dipòsit de diòxid de carboni	Lloguer del dipòsit	400,00	4800,00
Total matèries			122004,55

Taula F.8 – Cost de les matèries

Cost de l'energia

Per a l'opció 1, la quantitat d'energia tèrmica que es consumeix a l'any es calcula a partir del consum diari per als dos intercanviadors, calculat en l'annex D (Simulació amb Hysys de l'alternativa proposada):

$$\text{Intercanviador de calor (1): } \frac{4,906 \text{ kg vapor}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{230 \text{ dies}}{1 \text{ any}} = 1128,33 \text{ kg vapor / any}$$

$$\text{Intercanviador de calor (2): } \frac{13,198 \text{ kg vapor}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{230 \text{ dies}}{1 \text{ any}} = 3035,62 \text{ kg vapor / any}$$

Per a l'opció 2, els intercanviadors de calor consumeixen la següent energia elèctrica anual:

$$\text{Intercanviadors de calor (1) i (2): } \frac{(1166 + 3137) \text{ kJ}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{9,5 \text{ h}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{230 \text{ dies}}{\text{any}} = 9402055,00 \text{ kJ / any}$$



La quantitat d'energia elèctrica restant es calcula a partir de les dades dels equips que conformen la planta. L'energia elèctrica consumida anualment pels extractors per a mantenir estable la temperatura d'operació s'ha calculat a partir del balanç energètic de la simulació amb Hysys de l'alternativa proposada:

$$\frac{85,3\text{kJ}}{1\text{h}} \cdot \frac{8,5\text{h}}{1\text{dia}} \cdot \frac{230\text{dies}}{1\text{any}} \cdot \frac{1}{0,8} = 208354,70\text{kJ/any}$$

Pel què fa la bomba, aquesta té una potència d'1,2 kW i funciona 8,5 h/dia i 230 dies/any. Considerant una eficàcia del 80%, el seu consum anual és:

$$1,2\text{kW} \cdot \frac{1\text{kJ}}{1\text{kW} \cdot \text{s}} \cdot \frac{3600\text{s}}{1\text{h}} \cdot \frac{1}{0,8} \cdot \frac{8,5\text{h}}{1\text{dia}} \cdot \frac{230\text{dies}}{1\text{any}} = 10557000,00\text{kJ/any}$$

Quant a la mescla refrigerant d'aigua i etilenglicol, se'n calcula la quantitat consumida a l'any a partir del consum diari per al condensador calculat en l'annex D (Simulació amb Hysys de l'alternativa proposada):

$$\frac{1293,38\text{kg}}{1\text{dia}} \cdot \frac{230\text{dies}}{1\text{any}} = 297477,40\text{kgmescla refrigerant / any}$$

Els costos de l'energia tèrmica, l'energia elèctrica i la mescla d'aigua i etilenglicol per a refrigeració han estat calculats a partir de les tarifes legals vigents [6]. Els resultats per a les dues possibles opcions existents s'observen en les taules F.9 i F.10, respectivament:

EQUIP	E. TÈRMICA	QUANTITAT [kg/any]	COST [€/kg]	COST [€/any]
Intercanviador de calor (1)	Vapor d'aigua 1 bar	1128,33	0,01	11,28
Intercanviador de calor (2)	Vapor d'aigua 1 bar	3035,62	0,01	30,36
EQUIP	E. ELÈCTRICA	QUANTITAT [kJ/any]	COST [€/kJ]	COST [€/any]
Bomba	380 V	10557000	$2,5 \cdot 10^{-5}$	263,93
Extractors	380 V	208354,70	$2,5 \cdot 10^{-5}$	5,21
Corrent elèctric (10% dels anteriors)	380 V	1076535,47	$2,5 \cdot 10^{-5}$	26,91
EQUIP	UTILITAT	QUANTITAT [kg/any]	COST [€/kg]	COST [€/any]
Condensador	H ₂ O + EG refrigerant	297477,40	$8,0 \cdot 10^{-4}$	237,98
Total energia				575,67

Taula F.9 – Cost de l'energia (opció 1: producció de vapor)



EQUIP	E. ELÈCTRICA	QUANTITAT [kJ/any]	COST [€/kg]	COST [€/any]
Bomba	380 V	10557000	$2,5 \cdot 10^{-5}$	263,93
Extractors	380 V	208354,70	$2,5 \cdot 10^{-5}$	5,21
Intercanviadors de calor (1) i (2)	380 V	9402055,00	$2,5 \cdot 10^{-5}$	235,05
Corrent elèctric (10% dels anteriors)	380 V	2016740,97	$2,5 \cdot 10^{-5}$	50,42
EQUIP	UTILITAT	QUANTITAT [kg/any]	COST [€/kg]	COST [€/any]
Condensador	H ₂ O + EG refrigerant	297477,40	$8,0 \cdot 10^{-4}$	237,98
Total energia				792,59

Taula F.10 – Cost de l'energia (opció 2: escalfament elèctric)

Cost del greix residual

La quantitat anual de greix residual que s'envia a tractar es calcula a partir dels resultats obtinguts de la simulació amb Hysys realitzada en l'annex D (Simulació amb Hysys de l'alternativa proposada):

$$\frac{1,56 \text{ kg greix}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} \cdot \frac{45 \text{ min}}{1 \text{ extracció}} \cdot \frac{8 \text{ extraccions}}{1 \text{ dia}} \cdot \frac{230 \text{ dies}}{1 \text{ any}} = 2146,87 \text{ kg greix / any}$$

El cost del greix residual s'ha considerat de 0,50 €/kg, tarifa habitual en les empreses que es dediquen a recollir i tractar residus [7]. Els resultats s'observen en la taula F.11:

CONCEPTE	QUANTITAT [kg/any]	COST [€/kg]	COST [€/any]
Recollida i tractament	2146,87	0,50	1073,43
Total greix residual			1073,43

Taula F.11 – Cost del greix residual

Cost dels treballadors

Es necessita un operari per a controlar els serveis i un operari per a controlar les variables del procés i carregar i descarregar l'extractor. La resta d'equips no precisen de supervisió.



Considerant que el salari anual de cada treballador és de 28000 € (14 pagues a l'any de 2000 € cadascuna) i que només hi ha un torn de 8 hores, el cost total dels treballadors és el que s'observa en la taula F.12:

CONCEPTE	OPERARIS	TORNS	SALARI [€/any-operari]	COST [€/any]
Treballadors	2	1	28000,00	56000,00
Total treballadors				56000,00

Taula F.12 – Cost dels treballadors

Costos de fabricació indirectes

Els costos de fabricació indirectes per a les dues opcions de l'alternativa proposada són els que s'observen en les taules F.13 i F.14, respectivament:

CONCEPTE	COST [€/any]
Manteniment i reparacions (5% inversió)	18627,33
Impostos i assegurances (2% inversió)	7450,93
Depreciació (10% inversió)	37254,65
Despeses generals (5% inversió)	18627,33
Total costos de fabricació indirectes	81960,24

Taula F.13 – Costos de fabricació indirectes (opció 1: producció de vapor)

CONCEPTE	COST [€/any]
Manteniment i reparacions (5% inversió)	17377,33
Impostos i assegurances (2% inversió)	6950,93
Depreciació (10% inversió)	34754,65
Despeses generals (5% inversió)	17377,33
Total costos de fabricació indirectes	76460,24

Taula F.14 – Costos de fabricació indirectes (opció 2: escalfament elèctric)



Per tant, les sumes dels costos de fabricació totals per a les dues opcions de l'alternativa proposada són les que es mostren en les taules F.15 i F.16, respectivament:

CONCEPTE		COST [€/any]
Costos de fabricació directes	Cost de les matèries	122004,55
	Cost de l'energia	575,67
	Cost del greix residual	1073,43
	Cost dels treballadors	56000,00
Costos de fabricació indirectes		81960,24
Total costos de fabricació		261613,89

Taula F.15 – Costos de fabricació (opció 1: producció de vapor)

CONCEPTE		COST [€/any]
Costos de fabricació directes	Cost de les matèries	122004,55
	Cost de l'energia	792,59
	Cost del greix residual	1073,43
	Cost dels treballadors	56000,00
Costos de fabricació indirectes		76460,24
Total costos de fabricació		256330,81

Taula F.16 – Costos de fabricació (opció 2: escalfament elèctric)

F.2.2.3. Vendes

Les vendes són exactament les mateixes que en el cas de la tecnologia convencional. El preu unitari del producte acabat ha estat obtingut de les dades proporcionades per l'empresa Santiago Fatjó, S. L. [5]. A més, s'han inclòs en el preu de venda final de la pell les pèrdues produïdes a causa del percentatge inevitable de peces defectuoses que es produeix en tota activitat industrial. Per tant, el total de vendes és el que s'observa en la taula F.17:

CONCEPTE	QUANTITAT [pells/any]	PREU [€/pell]	PREU [€/any]
Vendes de pells	23000	15,00	345000,00
Total vendes de pells			345000,00

Taula F.17 – Vendes de pells



F.2.2.4. Valor actual net. Període de retorn de la inversió

S'han fet les mateixes consideracions que en el cas de la tecnologia convencional. Els valors numèrics dels càlculs del VAN i el període de retorn de la inversió per a cadascuna de les opcions de l'alternativa proposada (caldera de producció de vapor i escalfament elèctric dels intercanviadors) s'observen en les taules F.18 i F.19 a les pàgines següents.



	ANY 0	ANY 1	ANY 2	ANY 3	ANY 4	ANY 5	ANY 6	ANY 7	ANY 8	ANY 9	ANY 10
Inversió [€/any]	558819,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costos de fabricació [€/any]	0,00	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89
Total de pagaments [€/any]	558819,80	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89	261613,89
Total de vendes [€/any]	0,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00
Moviment de fons [€/any]	-558819,80	83386,11	83386,11	83386,11	83386,11	83386,11	83386,11	83386,11	83386,11	83386,11	83386,11
Moviment de fons acumulat [€/any]	-558819,80	-475433,68	-392047,57	-308661,46	-225275,35	-141889,24	-58503,12	24882,99	108269,10	191655,21	275041,32
VAN [€/any]	-558819,80	-483014,24	-414100,10	-351450,88	-294497,04	-242720,83	-195651,54	-152861,28	-113961,04	-78597,19	-46448,24
Període de retorn [anys]	>10										

Taula F.18 – Càlculs del valor actual net i el període de retorn de la inversió (opció 1: caldera de producció de vapor)

	ANY 0	ANY 1	ANY 2	ANY 3	ANY 4	ANY 5	ANY 6	ANY 7	ANY 8	ANY 9	ANY 10
Inversió [€/any]	521319,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Costos de fabricació [€/any]	0,00	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81
Total de pagaments [€/any]	521319,80	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81	256330,81
Total de vendes [€/any]	0,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00	345000,00
Moviment de fons [€/any]	-521319,80	88669,19	88669,19	88669,19	88669,19	88669,19	88669,19	88669,19	88669,19	88669,19	88669,19
Moviment de fons acumulat [€/any]	-521319,80	-432650,60	-343981,41	-255312,21	-166643,02	-77973,82	10695,37	99364,57	188033,76	276702,96	365372,15
VAN [€/any]	-521319,80	-440711,44	-367431,11	-300812,63	-240250,38	-185193,78	-135142,34	-89641,02	-48276,19	-10671,79	23514,02
Període de retorn [anys]	9,3										

Taula F.19 – Càlculs del valor actual net i el període de retorn de la inversió (opció 2: escalfament elèctric dels intercanviadors)

F.3. Conclusions

Després de realitzar l'anàlisi econòmica per a la tecnologia convencional i per a l'alternativa proposada, s'ha arribat a les següents conclusions:

- Dins de l'alternativa proposada, s'ha estudiat el valor actual net per a l'any 10 en les dues opcions plantejades per a l'escalfament dels intercanviadors de calor, així com el període de retorn de la inversió. La taula F.20 mostra una comparació econòmica en aquests termes:

OPCIÓ	VAN per a l'any 10 [€]	PERÍODE DE RETORN [anys]
Caldera de producció de vapor	-46448,24	> 10
Escalfament elèctric dels intercanviadors	23514,02	9,3

Taula F.20 – Comparació econòmica de les opcions de l'alternativa proposada

Per tant, la millor opció és l'escalfament elèctric dels intercanviadors de calor, ja que és viable econòmicament mentre que la primera opció no. L'escalfament elèctric no comporta una inversió tan elevada i no requereix el manteniment d'una caldera de producció de vapor.

- La tecnologia convencional és econòmicament viable, ja que el cost dels equips i els costos de fabricació no són excessivament elevats, permetent el retorn de la inversió en 7,5 anys.

- Finalment, si es compara la tecnologia convencional amb l'opció 2 de l'alternativa proposada (taula F.21), s'observa que la primera és, avui en dia, més viable econòmicament:

PROCESSOS	VAN per a l'any 10 [€]	PERÍODE DE RETORN [anys]
Tecnologia convencional	135129,65	7,5
Alternativa proposada (opció 2)	23514,02	9,3

Taula F.21 – Comparació econòmica de les alternatives de procés

De totes maneres, la depuració i el cànon de l'aigua són i seran cada dia més penalitzats i, per tant, en un futur proper el seu cost es veurà considerablement augmentat. És per això que d'aquí pocs anys l'alternativa proposada començarà a prendre força i a ser més viable que la tecnologia convencional.





F.4. Bibliografia

F.4.1. Referències bibliogràfiques

- [1] BOADA, JOAN. Comunicació personal. Emerson Process Management, S. A. (grup Tescom Corporation), Barcelona, 22 de setembre de 2006.
- [2] CALVO, FELICIANO. Comunicació personal. Praxair Espanya, S. L., Madrid, 20 de setembre de 2006.
- [3] COMPANYS, R., [et al.]. *Organització industrial*. Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya, Publicacions d'Abast, S. L. L., 2003.
- [4] DOSAPRO. Milton Roy Ibèrica.
[<http://www.dosapro.com/corp/details.htm>, 18 de setembre de 2006].
- [5] FATJÓ, SANTIAGO. Comunicació personal. Santiago Fatjó, S. L., Polígon Industrial Malloles, Sant Llorenç Desmunts, A 18, 08500 Vic, juny – juliol de 2006.
- [6] GENERALITAT DE CATALUNYA. Empresa. Indústria i energia.
[<http://www.gencat.cat/temes/cat/empresa.htm>, 25 de setembre de 2006].
- [7] GENERALITAT DE CATALUNYA. Medi ambient. Residus i reciclatge.
[<http://www.gencat.cat/temes/cat/mediambient.htm>, 25 de setembre de 2006].
- [8] MALAINA, JULIÁN. Comunicació personal. Hucoa Erlöss, S. A. (grup Lauda Générateurs Frigorifiques), Madrid, 8 de setembre de 2006.
- [9] PERELLÓ CALDERERIA. Stenco – ABC Perelló.
[<http://www.caldereriaperello.com>, 6 de setembre de 2006].
- [10] ULRICH, G. D. *A guide to chemical engineering process design and economics*. USA, John Wiley & Sons, Inc., 1984, p. 286 – 316, 328 – 330.

