



**CAPROLACTEAM**  
Caprolactam Industries

**2013**

# Planta para la producción de Caprolactama



**UAB**

Universitat Autònoma de Barcelona

Jordi Aguilar Garrido  
Albert Enrique Amores  
Antonio Jiménez Rodríguez  
Ricard Noy Arcau  
Patricia Quintero Ibáñez  
Rafael Torres Silva

Tutor: Carles Solà i Ferrando

## **7. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

## ÍNDICE

7.1.	Introducción .....	1
7.2.	Inversión inicial.....	1
7.2.1	Gastos previos .....	1
7.2.2	Capital inmovilizado .....	2
7.2.3	Capital circulante .....	28
7.3.	Costes de producción .....	29
7.3.1	Costes de fabricación (M).....	30
7.3.2	Costes generales o de administración y ventas (G).....	35
7.3.3	Costes Extras.....	37
7.4.	Ingresos por ventas y rendimiento de la planta .....	38
7.4.1	Ventas del producto principal: $\epsilon$ -Caprolactama.....	38
7.4.2	Ventas del subproducto: sulfato de amonio .....	39
7.5.	Viabilidad del proyecto .....	40
7.5.1	Cálculo del Net Cash Flow (NCF) .....	40
7.5.2	Actualización del valor del dinero: Cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa de retorno interna (TIR) .....	46
7.5.3	Rentabilidad económica de la planta y cálculo del pay-back.....	49



### 7.1. Introducción

Este apartado tendrá como objetivo realizar una evaluación económica de la planta estimando inversión inicial, costes de producción e ingresos por ventas. Una vez estimado el capital inmovilizado necesario, se podrá hacer determinar el Net Cash Flow (NCF) y el Valor Actual Neto (VAN). Estos estudios económicos se realizarán para un periodo temporal de 15 años, el cual corresponde a la vida útil de los equipos en una planta química.

Los resultados obtenidos al finalizar esta evaluación permitirán extraer conclusiones respecto a la viabilidad económica de la planta, pudiendo decidir si la inversión requerida será rentable y/o recomendable.

### 7.2. Inversión inicial

La inversión inicial es el capital que se debe desembolsar previamente a poder empezar las actividades de producción o actividades empresariales de la planta. En definitiva, es todo aquel capital destinado a la compra de bienes y/o servicios que permitirán obtener, una vez iniciadas dichas actividades de producción o empresariales, más bienes o servicios pasado un cierto periodo de tiempo de inversión mayor a un año.

A fin de determinar la inversión inicial necesaria para poder empezar las actividades de producción, en este caso de  $\epsilon$ -caprolactama, será necesario estimar los gastos previos, el capital inmovilizado, el capital circulante y los gastos asociados a la puesta en marcha de la planta.

#### 7.2.1 Gastos previos

Los gastos previos están referidos a toda aquella parte previa al desarrollo del proyecto, en la que se realizan diversos estudios exhaustivos del producto que se va a producir (en este proyecto la  $\epsilon$ -caprolactama) y también a la constitución de la empresa. En definitiva, los gastos previos van asociados a la gestión administrativa de la empresa, a los estudios de mercado, a los costes de investigación, etc..

Es gracias a estos estudios e investigaciones que se obtendrá la información útil para prever si el proyecto tiene el potencial de ser viable o no. Se deduce que estos gastos se darán o no con el desarrollo del proyecto. En cualquier caso, estos gastos previos suponen unos costes muchos menores respecto a los del capital inmovilizado.



### 7.2.2 Capital inmovilizado

El capital inmovilizado es aquel destinado a la compra e instalación de equipos y materiales necesarios para constituir la planta, es decir, hace referencia a todos aquellos medios transformadores (equipos, catalizadores, etc.). Cabe añadir que el valor del capital inmovilizado decrece con el tiempo debido al desgaste y envejecimiento de los equipos; por esta razón, este tipo de capital debe ser amortizable, es decir, que se deben de compensar sus pérdidas con el tiempo, permitiendo la compra de substitutivos en un futuro.

La determinación del capital inmovilizado se puede hacer siguiendo diferentes métodos. Los más comunes son los siguientes:

- Métodos globales: Son los que requieren un tiempo de realización moderado, de los 5 a los 30 minutos, pero conllevan errores del 50 al 100%; errores que se pueden considerar significativos. Ejemplos de este tipo de métodos son el del factor universal (g), el del coeficiente inmovilizado unitario (j) y el método de Williams. El primero sólo se puede aplicar a plantas nuevas (como es el caso), pero no a modificaciones o ampliaciones de plantas ya existentes o a la compra de equipos de segunda mano. En todo caso, este tipo de métodos requieren información acerca de la planta como los diagramas de proceso, el lay out, los equipos, el personal necesario, entre otros.
- Métodos de factor único: Son métodos que requieren más tiempo, aproximadamente unas 30 horas. Aún así, los errores que tiene asociados continúan siendo significativos, entre el 20 y el 50%. Un ejemplo es el método de Lang, el cual mediante un factor ( $f_L$ ) estima el precio de todos los quipos; por esta razón, requiere el tener el diagrama de ingeniería (P&D) acabado y así como otros datos de equipos.
- Métodos de factor múltiple: El tiempo requerido por éstos es mayor que el de los otros y normalmente superior a las 50 horas. A cambio, el error que dan suele ser mucho menor, entre el 10 y el 20%. Ejemplos de métodos de factor múltiple son el método de VIAN , el método de Happel y el método Ponderal.

En este proyecto, se ha decido emplear métodos de factor múltiple. Por una parte se estimaran el coste de los equipos mediante el método de Happel, en el caso de que el precio no haya estado facilitado por los proveedores. Se hará uso del método



ponderal para la estimación de equipos que requieran de caldererías (como tanques de almacenamiento). Para el resto de los componentes del capital inmovilizado se utilizará el método de VIAN, el cual se puede observar en la Tabla 7.2.1.

**Tabla 7.2.1.- Método de VIAN para la estimación del capital inmovilizado**

<b>MÉTODO DE VIAN</b>	
<b><math>I_1 \rightarrow</math> Maquinaria y equipos</b>	X
<b><math>I_2 \rightarrow</math> Costes de instalación</b>	(35-45-50)% de X
<b><math>I_3 \rightarrow</math> Tuberías y válvulas</b>	Sólidos: 10% de X Fluidos: 60% de X
<b><math>I_4 \rightarrow</math> Instrumentos de medida y de control</b>	5-30% de X
<b><math>I_5 \rightarrow</math> Aislamientos térmicos</b>	(3-7-10)% de X
<b><math>I_6 \rightarrow</math> Instalación eléctrica</b>	10-20% de X
<b><math>I_7 \rightarrow</math> Terrenos y edificios</b>	Interiores: 20-30% de X Mixtos: 12-15% de X Exteriores: 5% de X
<b><math>I_8 \rightarrow</math> Instalaciones auxiliares (servicios de agua, luz, vapor, etc.)</b>	(20-40-70)% de X
<b>Capital físico o primario</b>	$Y = \sum_{i=1}^8 I_i$
<b><math>I_9 \rightarrow</math> Honorarios del proyecto y de dirección del montaje</b>	Proyecto: 20% de Y Dirección: 6% de Y Compra: 2% de Y
<b>Capital directo o secundario</b>	$Z = \sum_{i=1}^9 I_i$
<b><math>I_{10} \rightarrow</math> Contrata de obras</b>	4-10% de Z
<b><math>I_{11} \rightarrow</math> Gastos no previstos</b>	10-30% de Z



#### 7.2.2.1 Estimación del coste de la maquinaria y equipos

Como se ha visto, el primer paso para poder determinar todo el inmovilizado, es estimar los costes relacionados con la maquinaria y los equipos que requiere la planta. Remarcar de nuevo, que en el caso que el precio de los equipos no sea facilitado por los proveedores o sus diferentes catálogos, se determinará mediante el método de Happel.

Dicho método (Happel), permite obtener el valor de cada equipo individualmente a partir de diferentes correlaciones propuestas, que dependen de algún parámetro característico del equipo en cuestión del cual se está determinando el coste. Happel muchas veces se basa en la relación de Williams, la cual permite obtener el coste del equipo deseado mediante una expresión matemática que relaciona las magnitudes características del tipo de equipo, entre el deseado y uno igual pero de características mayores o menores, y del que además se conocen sus características.

Remarcar, que las correlaciones dadas por el método de Happel, nos darán el precio para el año 1970 y en dólares. Primero de todo, se hará la conversión a euros (<http://www.xe.com/es/currencyconverter/>). Además, será necesaria la actualización de los precios mediante el uso de los índices CEPCI ("Chemical Engineering Plant Cost Index") y la Ecuación 7.1.

$$Coste_{2012} = Coste_{1970} \cdot \left( \frac{CEPCI_{2012}}{CEPCI_{1970}} \right) \text{ (Ecuación 7.1.)}$$

Dónde:

- $Coste_{2012}$ , es el coste estimado para el año 2012 en \$
- $Coste_{1970}$ , es el coste estimado por Happel para el año 1970 en \$
- $CEPCI_{2012}$ , es el índice CEPCI para el año 2012
- $CEPCI_{1970}$ , es el índice CEPCI para el año 1970, año del método Happel



El índice CEPCI más actual encontrado es de diciembre de 2012. Éste se ha podido encontrar en la versión on-line de la revista “Chemical Engineering” a la que la “Universitat Autònoma de Barcelona” está inscrita. El valor para Diciembre de 2012 es el siguiente:

$$CEPCI_{2012} = 588,8$$

A día 20/05/2013 día en el que se actualizaron los precios de dólares a euros, la conversión era de:

$$1\$=0,772668\text{€}$$

### ➤ TANQUES DE ALMACENAMIENTO:

Para calcular el coste de los tanques de almacenamiento se ha utilizado la ecuación propuesta por el método de Happel. Este método permite obtener el precio de diferentes equipos a partir de una característica principal de los mismos, que en este caso es el volumen del tanque.

$$Coste_{compra} = 1250 \cdot (V[gal] \cdot 10^{-3})^{0,6}$$

Hay que tener en cuenta que esta ecuación estima el precio para tanques de acero al carbono, y los tanques de los que se dispone en esta planta para la producción de  $\epsilon$ -caprolactama son de acero inoxidable. Con el fin de intentar minimizar al máximo esta potencial desviación del precio actual, se decide multiplicar por un factor resultante de la relación entre precios del acero al carbono y el acero inoxidable. Se ha multiplicado por este factor una vez actualizado el coste. En la Tabla 7.2.2., se muestra la relación de precios.





**Tabla 7.2.2.- Precio por tonelada del acero al carbono y el acero inoxidable. Relación de precios.**

Acero al carbono (€)	Acero inoxidable (€)	Relación e precios
858	2920	3,4

En la Tabla 7.2.3., se pueden observar los precios de los diferentes tanques de almacenamiento.

**Tabla 7.2.3.- Coste de los tanques de almacenamiento**

SUSTANCIA	NÚMERO DE EQUIPOS	NOMBRE	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	COSTE 2012 INDIVIDUAL (€)	COSTE DEL CONJUNTO (€)
Amoníaco anhidro	2	T-101 y T-102	250	170455,97	340911,94
Ciclohexanona	3	T-103 a T-105	250	170455,97	511367,91
Peróxido de hidrógeno	2	T-106 y T-107	250	170455,97	340911,94
Tolueno	1	T-108	20	37451,24	37451,24
Terc-butanol	1	T-109	25	42816,60	42816,60
Óleum	3	T-110 a T-112	250	170455,97	511367,91
Benceno	1	T-113	81	86684,06	86684,06
Sulfato de amonio	5	T-701 a T-705	125	112459,00	562295,0
ε-caprolactama	4	T-706 a T-709	200	149096,07	745480,35
				TOTAL	3030190,88



➤ REACTORES:

❖ R-201:

El Reactor de amoximación, R-201, está compuesto de además de un agitador y un recipiente, de un difusor y una maya. El precio del agitador y el recipiente se pueden calcular con el método Happel, tal y como se muestra en las siguientes ecuaciones. Las características a partir de las cuales se puede estimar el precio con el método de Happel, son el volumen del recipiente y la potencia del agitador.

$$\text{Recipiente} \rightarrow \text{Coste}_{\text{compra}} = 57 \cdot (V[\text{gal}])^{0,82}$$

$$\text{Agitador} \rightarrow \text{Coste}_{\text{compra}} = 2000 \cdot (HP)^{0,56}$$

El coste del difusor de gas, se ha obtenido gracias a un fabricante, concretamente Grainger.

Teniendo en cuenta lo explicado, en la Tabla 7.2.4., se puede observar el precio del reactor R-201.

**Tabla 7.2.4.- Coste del Reactor R-201**

PARTE	PROPIEDAD CARACTERÍSTICA	PRECIO 1970 (\$)	PRECIO 2012 (€)
<b>Recipiente</b>	Volumen=74 m <sup>3</sup>	1619520,27	586147,79
<b>Agitador</b>	Potencia=4,5 m <sup>3</sup>	5515,83	19078,50
<b>Difusor</b>		-	1000\$=772,69€
<b>Malla</b>			9744\$=7528,88€
		<b>TOTAL</b>	<b>613527,86</b>



## ❖ R-401:

El reactor 401, está destinado a la reacción de neutralización. Igual que el reactor de amoximación, el reactor R-401 se compone de un recipiente y un agitador. En este caso, no hay maya, ya que no hay ningún lecho fluidizado, ni tampoco difusor, ya que no hay ninguna entrada de gas.

Para estimar el precio del recipiente y el agitador, se ha seguido el mismo procedimiento que antes, en el reactor R-201; los resultados se pueden apreciar en la Tabla 7.2.5.

**Tabla 7.2.5.- Coste del Reactor R-401**

PARTE	PROPIEDAD CARACTERÍSTICA	PRECIO 1970 (\$)	PRECIO 2012 (€)
<b>Recipiente</b>	Volumen=21,87 m <sup>3</sup>	59605,68	
<b>Agitador</b>	Potencia=8,78 m <sup>3</sup>	8019,90	
		<b>TOTAL</b>	<b>244757,75</b>

## ❖ R-301/R-302/R-303 y T-301/T-302/T-303:

Los reactores de la transposición de Beckmann son peculiares. Estos están compuestos por un tanque, con la función de dar tiempo de mezcla y de disipar calor, y también por el reactor en sí. El reactor, se puede asemejar a un conjunto de tubos (para más detalles, consultar el Apartado 11.2.2.). El coste de los tanques se ha calculado nuevamente con Happel, de la misma manera que en los reactores anteriores; el precio de los reactores, en cambio, al ser éstos de una arquitectura peculiar, se ha estimado que será equivalente al precio del metal en quilogramos.

En la Tabla 7.2.6. se especifican los costes los costes de los recipientes y de los reactores.

**Tabla 7.2.6.- Coste del Reactor R-401**

PARTE	PROPIEDAD CARACTERÍSTICA	PRECIO 1970 (\$)	PRECIO 2012 (€)
<b>T-301</b>	Volumen=84,53 m <sup>3</sup>	180617,81	653711,36
<b>T-302</b>	Volumen=31,7 m <sup>3</sup>	80812,82	292486,43
<b>T-303</b>	Volumen=21,3 m <sup>3</sup>	58328,79	211109,80
<b>R-301</b>	Peso=10,1 Kg	-	22787,52
<b>R-302</b>	Peso=7,3 Kg	-	16470,19
<b>R-303</b>	Peso=5,8 Kg	-	13085,91
		<b>TOTAL</b>	<b>1209651,21</b>



Teniendo en cuenta el precio individual de cada reactor, sumándolos, se puede obtener el valor total del inmovilizado atribuible a los reactores y es de:

2067936,82 €

➤ COLUMNAS:

Para calcular el precio de las columnas, se necesita distinguir entre columnas de plato y columnas de relleno. En ambos casos, primero de todo se determina el coste de la columna vacía, y se hace de la misma manera: con el método de Happel, se determina el coste para un diámetro de columna conocido. La ecuación propuesta por Happel para determinar el coste de la columna vacía, sea de relleno o de platos, para un diámetro de 6 ft es:

$$Coste_{columna\ 6\ ft} = C_1 - \left( \frac{H_1 - H_i}{H_1 - H_2} \right) \cdot (C_1 - C_2)$$

Dónde:

- $Coste_{columna\ 6\ ft}$ , coste de compra vacía para un diámetro de 6 ft en \$
- $C_1$ , coste de compra de la columna para el valor mayor de la iteración en \$
- $C_2$ , coste de compra de la columna vacía para el valor menor de la iteración en \$
- $H_1$ , altura del relleno o número de platos para la columna de iteración mayor, en ft o nº de platos respectivamente
- $H_2$ , altura del relleno o número de platos para la columna de iteración menor, en ft o nº de platos respectivamente
- $H_i$ , altura del relleno o número de platos para la columna a determinar, en ft o nº de platos respectivamente

Rara vez, las columnas coincidirán con el diámetro determinado por Happel, es por eso que se utiliza la regla de Williams, para conocer el coste de la columna vacía de diámetro deseado.

$$Coste_{equipo} = Coste_{equipo\ conocido} \cdot \left( \frac{S_{equipo}}{S_{equipo\ conocido}} \right)^b$$



Dónde:

- $Coste_{equipo}$ , es el coste del equipo con la magnitud que se quiere
- $Coste_{equipo\ conocido}$ , es el coste del equipo conocido a una magnitud determinada
- $S_{equipo}$ , magnitud característica del equipo del que se desea conocer el coste
- $S_{equipo\ conocido}$ , magnitud característica del equipo del que se conoce el coste
- $b$ , factor dependiente del equipo, en este caso es de 0,65

En el caso de las columnas, la magnitud característica, será el diámetro. En la Tabla 7.2.7., se pueden observar los costes conocidos para diferentes valores de altura de relleno y número de platos.

**Tabla 7.2.7.- Coste de la columna vacía de 6ft de diámetro para diferentes valores de altura de relleno y números de platos**

Altura de relleno (ft)	Coste vacía en \$ para D=6ft
0	0
20	11000
40	19400
100	35200
Número de platos	Coste vacía para D=6ft
0	0
10	11000
20	19400
50	35200

Igual que en el caso anterior, en el de los tanques de almacenamiento, el precio que estima el método de Happel, se corresponde también a la de un equipo de acero al carbono. Para actualizar el precio que correspondería en acero inoxidable, se



multiplica como en el caso anterior por la relación de precios de acero al carbono y acero inoxidable.

Los precios de relleno se dan en función del volumen del relleno, es pero eso que será necesaria determinarlo, y se hará con la siguiente ecuación:

$$Coste_{relleno} = \left( \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H_{relleno} \right) \cdot P_{relleno}$$

El relleno utilizado son anillos Ballast de Acero Inoxidable, los cuales son una versión mejorada de los anillos Pall de acero inoxidable. Se asume que su precio será aproximadamente igual e igual a 100\$/ft<sup>3</sup>.

En cuanto al precio de los platos, se sabe el precio de cada uno de ellos, y es de 140\$/plato.

Con toda esta información ya es posible determinar el precio de las columnas de platos y de relleno; los resultados se pueden observar en las Tablas 7.2.8. y 7.2.9 respectivamente.

**Tabla 7.2.8.- Coste de las columnas de platos**

NOMBRE	Nº PLATOS	D (m)	COSTE COLUMNA (\$)	COSTE PLATOS (\$)	COSTE TOTAL 1970 (\$)	COSTE TOTAL 2012 (\$)	COSTE TOTAL 2012 (€)
<b>C-203</b>	10	1,4	31467,59	1400	32867,59	153957,32	118957,89
<b>C-401</b>	10	0,6196	18524,76	1400	19924,76	93330,94	72113,83
<b>C-501</b>	12	2,518	53124,27	1680	54804,27	256712,46	198353,51
<b>C-502</b>	7	2,768	37782,56	980	38762,56	181570,35	140293,60
<b>C-503</b>	7	2,768	37782,56	980	38762,56	181570,35	140293,60
						<b>TOTAL</b>	<b>670012,44</b>



Tabla 7.2.9.- Coste de las columnas de relleno

NOMBRE	ALTURA DE RELLENO (m)	D (m)	COSTE COLUMNA (\$)	COSTE RELLENO (\$)	COSTE TOTAL 1970 (\$)	COSTE TOTAL 2012 (\$)	COSTE TOTAL 2012 (€)
<b>C-201</b>	3,7	1,91	23372,69	37438,07	60810,76	284847,87	220092,83
<b>C-202</b>	3,7	1,91	23372,69	37438,07	60810,76	284847,87	220092,83
<b>C-204</b>	5,15	1,68	29929,09	40315,39	70244,48	329036,98	254236,35
<b>C-205</b>	5,15	1,68	29929,09	40315,39	70244,48	329036,98	254236,35
<b>TOTAL</b>							<b>948658,36</b>

El coste total de las columnas será:

2567329,16 €

➤ INTERCAMBIADORES DE CALOR:

El coste de los intercambiadores también se calcula siguiendo el método de Happel. En este caso, el parámetro característico es el área de intercambio. En la Tabla 7.2.10. se pueden observar los resultados.

$$\text{Coste Compra} = 105 \cdot (A[\text{ft}^2])^{0,62}$$

En la Tabla 7.2.10. se pueden observar los resultados.



Tabla 7.2.10.- Coste de los intercambiadores de calor

Número	Área (m <sup>2</sup> )	Coste 1970 (\$)	Coste 2012 (€)
E-101	8	1663,13	6019,38
E-102	10,5	1968,56	7214,81
E-103	6,9	1517,39	5491,90
CD-201	79,30	6895,41	24956,61
CD-202	79,30	6895,41	24956,61
E-204	3,10	923,96	3344,11
E-202	121,40	8978,97	32497,64
E-203	121,40	8978,97	32497,64
K-203	80,50	6959,92	25190,09
K-204	80,50	6959,92	25190,09
K-202	64,30	6054,82	21914,27
K-201	101,50	8035,63	29083,40
E-207	3,20	942,33	3410,59
E-201	45,90	4912,86	17781,16
CD-203	379,80	18211,04	65911,36
CD-204	379,80	18211,04	65911,36
E-205	92,30	7575,93	27419,61
E-206	92,30	7575,93	27419,61
E-301	1,80	659,60	2387,29
E-302	201,80	12304,44	44533,55
E-303	34,80	4137,99	14976,67
E-304	17,00	2653,93	9605,38
E-402	20,20	2953,44	10689,42





Número	Área (m <sup>2</sup> )	Coste 1970 (\$)	Coste 2012 (€)
E-405	24,80	3354,06	12139,37
E-401	276,70	14964,30	54160,40
E-403	16,40	2595,46	9393,76
E-404	3,70	1031,09	3731,83
E-507	14,90	2445,60	8851,39
E-505	6,80	1503,72	5442,42
K-501	201,60	12296,88	44506,18
K-502	201,60	12296,88	44506,18
E-501	3,00	905,37	3276,81
E-502	158,00	10572,51	38265,17
E-503	158,00	10572,51	38265,17
E-504	11,00	2026,16	7333,30
E-506	2,00	704,12	2548,44
CD-501	165,20	10868,68	39337,11
CD-502	165,20	10868,68	39337,11
E-602	136,40	9651,52	34931,81
E-603	136,40	9651,52	34931,81
E-601	7,40	1584,65	5735,35
		TOTAL	940746,58



➤ SEPARADORES DE FASES:

Los separadores de fases también se han calculado siguiendo el método de Happel, concretamente, asumiéndolos como recipientes de proceso, utilizando la siguiente correlación:

$$Coste_{compra} = 57 \cdot (V[gal])^{0,82}$$

En la tabla 7.2.11, se pueden observar los resultados de los costes.

**Tabla 7.2.11.- Coste de los separadores de fases**

NOMBRE	V (m <sup>3</sup> )	COSTE 1970 (\$)	COSTE 2012 (€)
S-201	6,50	22039,44	79767,52
S-401	36,30	90309,85	326859,08
S-501	161,70	307435,41	1112703,20
TOTAL			1519329,80

➤ RECIEPIENTES DE PROCESO:

Los recipientes de proceso, se han calculado también mediante el método de Happel, y de la misma manera que los recipientes anteriores.

$$Coste_{compra} = 57 \cdot (V[gal])^{0,82}$$

En la Tabla 7.2.12., se muestran los resultados.

**Tabla 7.2.12.- Coste de los recipientes de proceso**

NOMBRE	V (m <sup>3</sup> )	COSTE 1970 (\$)	COSTE 2012 (€)
T-202	16,53	47380,04	171482,92
T-203	16,53	47380,04	171482,92
T-204	10,99	33902,35	122703,01
T-205	10,99	33902,35	122703,01
T-504	43,73	105208,50	380781,90
T-505	43,73	105208,50	380781,90
TOTAL			1349935,65



➤ TANQUES DE ACUMULACIÓN:

Los tanques de acumulación, igual que los de proceso, también se han calculado con el método de Happel, utilizando una correlación basada en el volumen como magnitud característica. se han calculado también mediante el método de Happel, y de la misma manera que los recipientes anteriores.

$$Coste_{compra} = 57 \cdot (V[gal])^{0,82}$$

En la Tabla 7.2.13., se muestran los resultados.

**Tabla 7.2.13.- Coste de los tanques de acumulación**

NOMBRE	V (m <sup>3</sup> )	COSTE 1970 (\$)	COSTE 2012 (€)
T-304	31,64	80687,37	292032,40
T-501	165,42	313223,14	1133650,79
T-502	165,42	313223,14	1133650,79
T-503	58,35	133280,06	482381,48
		TOTAL	3041715,45

➤ TANQUES DE MEZCLA:

Los tanques de mezcla también se determinan a partir del método de Happel, calculando el coste del agitador por una banda, y el del recipiente de proceso por la otra. Ambas correlaciones han sido utilizadas anteriormente.

$$Coste_{compra} = 57 \cdot (V[gal])^{0,82}$$

$$Coste_{compra} = 2000 \cdot (HP)^{0,56}$$



Tabla 7.2.14.- Coste de los tanques de mezcla

NOMBRE	VOLUMEN (m3)	POTENCIA (HP)	DIFUSOR (\$)	COSTE 1970 (\$)	COSTE 2012 (€)
T-201	28	10,19	-	80330,06	290739,16
T-401	28	9,94	1000	80230,79	290457,14
TOTAL					581196,31

➤ BOMBAS:

La determinación del coste de las bombas, también se ha hecho mediante el método de Happel. Éste aplica la regla de Williams para calcular el coste de una bomba determinada, conociendo su potencia, y la potencia y precio de una bomba mayor.

En la Tabla 7.2.15., se observan los valores de potencia de bomba y su precio, es decir los parámetros conocidos para poder aplicar la regla de Williams, por el método Happel.

Tabla 7.2.15.- Coste de tres bombas de diferente potencias (Happel)

Potencia del motor (HP)	Coste de compra (dólares)
1	600
10	1 400
100	6 000

La ecuación propuesta es la siguiente:

$$Coste_{compra} = C_0 \cdot (P(HP)/P_0)^n$$

Dónde:

- $C_0$ , es el coste de compra conocido en \$ que se obtiene de la Tabla 7.2.15.
- $P_0$ , es la potencia del motor de la bomba de precio conocido (Hp)
- $P$ , es la potencia del motor de la bomba de la que se quiere estimar el precio



- $n$ , es una exponente adimensional que varía de 0,37 a 0,63. Cuanto mayor sea la potencia de la bomba mayor será el exponente. El valor medio del exponente es de 0,52.

En la Tabla 7.2.16., se muestran los costes de las bombas; hay que tener en cuenta que cada bomba está por duplicado. En la Tabla 7.2.14, se tiene en cuenta el valor de las dos bombas en el precio actualizado en euros del 2012.

**Tabla 7.2.16.- Coste de las bombas**

Nombre	Potencia (KW)	Coste 1970 (\$)	Coste 2012 (€)
P-101	4	1012,26	7327,39
P-102	7,5	1314,60	9515,88
P-103	2,2	818,24	5922,94
P-104	2,2	818,24	5922,94
P-105	1,1	675,17	4887,31
P-106	3	909,20	6581,37
P-107	4	1012,26	7327,39
P-108	2,2	818,24	5922,94
P-109	4	1012,26	7327,39
P-110	4	1012,26	7327,39
P-111	5,5	1150,84	8330,52
P-112	5,5	1150,84	8330,52
P-201	15	1808,40	13090,34
P-202	2,2	818,24	5922,94
P-203	4	1012,26	7327,39
P-204	4	1012,26	7327,39
P-205	1,5	730,19	5285,59



Nombre	Potencia (KW)	Coste 1970 (\$)	Coste 2012 (€)
P-206	11	1563,07	11314,44
P-207	4	1012,26	7327,39
P-208	4	1012,26	7327,39
P-209	1,5	730,19	5285,59
P-210	15	1808,40	13090,34
P-301	1,1	675,17	4887,31
P-302	0,75	623,38	4512,43
P-303	3	909,20	6581,37
P-304	0,27	545,09	3945,67
P-305	22	2176,38	15753,95
P-306	7,5	1314,60	9515,88
P-307	4	1012,26	7327,39
P-308	5	1106,43	8009,05
P-401	7,5	1314,60	9515,88
P-402	25	2317,50	16775,49
P-403	2,2	818,24	5922,94
P-404	2,2	818,24	5922,94
P-405	2,2	818,24	5922,94
P-406	2,2	818,24	5922,94
P-407	3	909,20	6581,37
P-501	0,55	591,92	4284,70
P-502	1,1	675,17	4887,31
P-503	1,1	675,17	4887,31
P-504	5,5	1150,84	8330,52



Nombre	Potencia (KW)	Coste 1970 (\$)	Coste 2012 (€)
P-505	0,55	591,92	4284,70
P-506	3	909,20	6581,37
P-507	18	1973,87	14288,09
P-508	0,55	591,92	4284,70
P-601	0,55	591,92	4284,70
P-603	0,55	591,92	4284,70
P-602	0,55	591,92	4284,70
P-604	0,55	591,92	4284,70
P-801	7,5	1314,60	9515,88
P-802	7,5	1314,60	9515,88
P-803	0,75	623,38	4512,43
P-804	0,75	623,38	4512,43
P-805	1,1	675,17	4887,31
P-806	4	1012,26	7327,39
P-807	1,5	730,19	5285,59
P-808	1,5	730,19	5285,59
P-809	65	3745,58	27112,83
P-810	65	3745,58	27112,83
P-811	0,55	591,92	4284,70
P-812	13	1689,85	12232,18
P-813	2,2	818,24	5922,94
P-814	1,1	675,17	4887,31
P-815	7,5	1314,60	9515,88
P-816	0,75	623,38	4512,43



Nombre	Potencia (KW)	Coste 1970 (\$)	Coste 2012 (€)
P-817	15	1808,40	13090,34
P-818	15	1808,40	13090,34
P-819	0,75	623,38	4512,43
P-820	7,5	1314,60	9515,88
P-821	7,5	1314,60	9515,88
P-822	37	2816,73	20389,21
P-823	55	3440,59	24905,11
P-824	55	3440,59	24905,11
P-825	7,5	1314,60	9515,88
P-826	7,5	1314,60	9515,88
P-827	7,5	1314,60	9515,88
		TOTAL	648983,38

➤ PURIFICACIÓN DEL SULFATO DE AMONIO:

Para la purificación del sulfato de amonio necesitan varios equipos. Dichas unidades, no han sido diseñadas, sino que es un proveedor, concretamente “HangZhou SemyaMachinery Co.Ltd”, quien ha facilitado las especificaciones de los equipos y los precios. El pack de equipos incluye un cristizador (DTB-601), un tanque pulmón (T-601) y una centrífuga (F-601). Además, por recomendaciones del fabricante, todas estas unidades se encuentran dobladas (DTB-602, T-602 y F-603).

Remarcar, que el precio proporcionado por el fabricante es aproximado, porque debido a normativas de la propia empresa, el proveedor no podía proporcionar el precio exacto. En cualquier caso, el presupuesto proporcionado se puede considerar una buena aproximación, y además es un precio actualizado.

$$Coste_{purificación\ sulfato} = 1225000\$ = 946518,30\ €$$





➤ SECADOR:

Para acabar de reducir el contenido de agua en el sulfato de amonio, se compra un secador, ya que éste no es proporcionado por el proveedor en el cual se ha comprado el cristizador. El precio del secador ha sido proporcionado por otro proveedor, concretamente FMC Link-Belt Roto-Louvre Dryers. Como en el caso anterior, el coste también es actual.

$$Coste_{secador} = 270000 \$ = 208620,36 €$$

➤ CALDERAS:

En la planta que se estudia hay dos tipos de caldera, una de vapor y otra que funciona con Therminol 55.

El coste de la caldera de vapor también se realiza mediante el método de Happel, concretamente a partir de una correlación en la cual es necesario conocer el caudal de vapor en lb/h.

$$Coste_{compra} = 4,2 \cdot (m_{vapor} [lb vapor/h])^{0,7}$$

Se tienen en cuenta que hay dos calderas, ya que hay una doblada para facilitar la puesta en marcha, y también por si hay alguna incidencia. Los resultados se observan en la Tabla 7.2.17.

**Tabla 7.2.17.- Coste de la caldera**

Caudal de vapor (kg/h)	Coste 1970 (\$)	Coste 2012 (€)
47555	13708,27	49614,42

Como hay dos calderas:

$$Coste = 99228,85 €$$



La caldera de aceite térmico se compra directamente al fabricante, y tiene un valor de 1156000 €. Por lo tanto, el coste de las calderas, ascenderá hasta los:

$$Coste_{calderas} = 1255228,85 \text{ €}$$

➤ TORRE DE REFRIGERACIÓN:

El coste de la torre de refrigeración también se puede hacer mediante Happel y la siguiente ecuación, para la cual es necesario conocer el caudal de agua en gal/min:

$$Coste_{compra} = 476 \cdot (Q_{agua} [\text{gal agua/min}])^{0,6}$$

Hay que tener en cuenta que en la planta hay 6 torres de refrigeración iguales. El precio se puede observar en la Tabla 7.2.18.:

**Tabla 7.2.18.- Coste de las torres**

Unidades	Caudal (m3/h)	Coste 1970 (\$)	unidad	Coste 2012 (€)	unidad	Coste total (€)
6	1881,52	95683,96		346309,67		2077857,99

➤ ANTORCHA:

El coste de la antorcha ha esta proporcionado por un proveedor, concretamente la empresa TornadoTech Inc. Su valor asciende a los 80500€. Lógicamente, el valor ya se considera actualizado.

$$Coste_{antorcha} = 80500 \text{ €}$$



### ➤ BALANZAS:

El coste de las balanzas ha sido proporcionado por el proveedor “Balanzas Madrid”. En la planta hay 5 balanzas para camiones y 9 células de carga (5 para los silos de sulfato y 4 para los de caprolactama). Remarca, que en los silos de caprolactama no hay balanza para camiones porque estas están incluidas en las estaciones de llenado. Según el proveedor todas las balanzas tendrán un coste de:

$$Coste_{balanzas} = 35720,00 \text{ €}$$

### ➤ CHILLER:

En la planta hay cinco chillers, de una potencia de 5100 kW cada uno. Tanto para agua de refrigeración como para agua glicolada se utiliza el mismo modelo de Chiller (Carrier 19XR Evergreen). El coste al que ascienden los cinco chillers ha sido proporcionado por la propia empresa, Carrier, y es de 6.500.000 \$, es decir 5.022.342€.

$$Coste_{chillers} = 5022342 \text{ €}$$

### ➤ ESCAMADORA:

El precio de la escamadora se ha obtenido del propio proveedor, GMF Gouda, que para el modelo Drum Flaker K1530 es de 25000\$, es decir, 193167 €. De nuevo, el precio ya se considera actualizado.

$$Coste_{escamadora} = 193167 \text{ €}$$

### ➤ ESTACIÓN DE LLENADO DE BIG-BAGS

La estación de llenado de Big-bags también se ha comprado, concretamente en el proveedor Payper S.A., y tiene un valor de 30000 \$ por unidad. Se disponen de 5 unidades, por lo tanto el valor asciende a los 150000\$, o lo que es lo mismo 115900,2€.

$$Coste_{llenado\ big-bags} = 115900,2 \text{ €}$$



### 7.2.2.2 Estimación de costes de los componentes del capital inmovilizado

#### ➤ MAQUINARIA Y EQUIPOS (I1):

Es la suma de todos los costes calculados en el subapartado anterior, y asciende a les 25683218,78 €.

$$I1=25683218,7\text{€}$$

#### ➤ COSTES DE INSTALACIÓN (I2):

En este punto se incluyen los gastos relacionados con los materiales, los soportes, las cimentaciones, las estructuras y la mano de obra entre otros, que son necesarios para la instalación de los equipos de la planta. Se estima este valor como el 45% de I1.

$$I2= 11557448,4\text{€}$$

#### ➤ TUBERÍAS Y VÁLVULAS (I3):

Se incluyen los costes de los accesorios (pero no los aislamientos, se incluye más adelante), válvulas y tuberías necesarias en la planta. Como ya se ha visto antes, como lo que circulan por la cañería son fluidos, se debe considerar que el coste será el 60% de I1.

$$I3=15409931,2\text{€}$$

#### ➤ INSTRUMENTOS DE MEDIDA DE CONTROL (I4):

Se incluye el precio de la instalación y de la propia instrumentación de control necesaria. Ya se ha indicado que se considera que estos costes varían entre el 5 y el 30% de I1, en función del grado de automatización de la planta. Se considera que esta planta está bastante automatizada, y se supondrá un porcentaje del 25%.

$$I4=6420804,67\text{€}$$

#### ➤ AISLANTES TÉRMICOS (I5):

Incluye el material y la mano de obra de la compra e instalación de todos los aislantes necesarios de la planta. Se considera que su estimación es entre el 3 y el 10%, y en este caso se considera del 7% de I1.

$$I5=1797825,31\text{€}$$



➤ INSTALACIÓN ELÉCTRICA (I6):

Se engloban los costes derivados de la instalación eléctrica (red de distribución, subestaciones eléctricas, motores eléctricos, etc.). Se considera los costes asociados a las instalaciones eléctricas oscilan entre el 10 y el 30%. En este caso se asigna un 15% de I1.

$$I6=3852482,8\text{€}$$

➤ TERRENOS Y EDIFICIOS (I7):

En estos costes se incluyen nivelación de los terrenos, construcción de los edificios, pero no el coste de compra de la parcela. El valor de los terrenos y edificios se considera el 20% de I1 en caso de instalaciones interiores, del 5% de I1 en caso de ser exteriores y del 15% si las instalaciones son mixtas. En este caso, se considera que las instalaciones son mixtas.

$$I7=3852482,8\text{€}$$

➤ INSTALACIONES AUXILIARES (I8):

Se consideran la instalación de agua, de luz, de vapor y de aire comprimido como instalaciones auxiliares. El rango de variación está entre el 25 y el 70% de I1. Se considera en este caso, que será del 40%.

$$I8=10273287,5\text{€}$$

➤ CAPITAL FÍSICO O PRIMARIO (Y):

Se considera que el capital físico o primario es el valor resultante de la suma de I1 a I8.

$$Y=78847481,3\text{€}$$

➤ HONORARIOS DEL PROYECTO Y DE DIRECCIÓN DEL MONTAJE (I9):

Son los costes referidos a la elaboración del proyecto, la dirección de las obras y la gestión de compras. Se supone un 20% del capital físico o primario (Y) en total, correspondiendo el 12% a la elaboración del proyecto, el 6% a la dirección de la obra y el 2% a la gestión de compras.

$$I9=15769496,3\text{€}$$



➤ CAPITAL DIRECTO O SECUNDARIO (Z):

Se considera el capital directo o secundario como la suma de los gastos asociados al capital primario (Y) y de los gastos asociados a los honorarios del proyecto y de dirección del montaje (I9).

$$Z=94616977,6\text{€}$$

➤ CONTRATA DE OBRAS (I10):

Son los gastos de contratos y permisos necesarios para la construcción de la obra. Son función de la complejidad, el tamaño y la localización de la planta. Se considera que el valor oscila entre el 4 y el 10% del capital directo o secundario; en este caso en concreto se considera una variación de 7% de Z.

$$I10=6623188,43\text{€}$$

➤ GASTOS NO PREVISTOS (I11):

Están englobados gastos asociados a errores, a la gestión, y a una puesta en marcha con un coste superior al previsto. En este proyecto se considera el 20% de Z.

$$I11=18923395,5\text{€}$$

### 7.2.2.3 Estimación del coste del catalizador

El catalizador que se utiliza en esta planta es Silicalito de Titanio SV. No se ha encontrado el valor de su precio, pero sí, que éste es muy similar al de la Zeolita TS1. Según la empresa Pingxiang Hualian Chemical Ceramic Co., Ltd, el precio de este catalizador es de 5000 \$/tonelada. El catalizador tendrá una vida de un año, y después de cada parada anual, se introducirá el catalizador de nuevo. Teniendo en cuenta que los requerimientos anuales son de 1000,78 kg/año, se calcula la parte del inmovilizado destinada al catalizador:

$$\begin{aligned} \text{Coste}_{\text{catalizador}} &= \frac{5000 \$}{\text{tonelada de cat}} \cdot \frac{1000,78 \text{ kg cat}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ tonelada}}{1000 \text{ kg}} = 5003,9 \frac{\$}{\text{año}} \\ &= 3866,35 \text{ €/año} \end{aligned}$$

7.2.2.4 Estimación de costes extras

El método no tiene en cuenta los costos de las instalaciones contra incendios necesarias y impuestas por la normativa. Los costes de estos equipos se han estimado a partir de diferentes catálogos. En la Tabla 7.2.19., se puede observar el valor de estos equipos.

**Tabla 7.2.19.- Coste del sistema contra incendios**

<b>Extras: Sistema contra incendios</b>			
	PRECIO (€)	UNIDADES	SUBTOTAL (€)
<b>Rociadores</b>	7,0	75,0	522,6
<b>BIE</b>	500,0	10,0	5000,0
<b>Extinteros</b>	57,9	44,0	2545,4
<b>pulsadores alarma</b>	3,5	8,0	28,3
<b>bombas</b>	125000,0	2,0	250000,0
<b>tanques</b>	9000,0	1,0	9000,0
<b>metros tubería</b>	100,0	1050,0	104969,4
<b>hidrantes</b>	100,0	14,0	1400,0
<b>TOTAL (€)</b>			<b>373465,70</b>

7.2.2.5 Valor total del capital inmovilizado

Sumando todos los valores estimados hasta ahora, se obtiene el valor total del inmovilizado.

$$Capital_{inmovilizado} = 120540893,58€$$

**7.2.3 Capital circulante**

El capital circulante se define como la cantidad de dinero necesaria para poder tener operativa la planta, es decir, para hacer viable el funcionamiento de ésta. Se hace distinción entre el capital circulante disponible y el realizable. El disponible es el capital correspondiente al dinero disponible en depósitos bancarios o cajas, letras o acciones. El realizable es el capital referente a materias primas almacenadas, producto acabado en stock y todavía sin vender, producto pendiente de cobros, productos en el ciclo de fabricación, recambios, etc.

El capital circulante se encuentra en movimiento a lo largo de la vida de la planta, hasta que es recuperado finalmente con la venta del producto del último año;



debido a que cada año se recupera el del año anterior. El capital circulante, además, no pierde valor con el tiempo; por esta razón, a diferencia del inmovilizado, no deberá amortizarse.

Existen dos métodos mediante los cuales es posible determinar el capital circulante. Éstos son:

- 1) Método global: Este método considera como capital circulante un porcentaje entre el 10 y el 30% del capital inmovilizado.
- 2) Método del ciclo de producción: Este método considera como capital circulante un porcentaje entre el 10 y el 30% de los ingresos por ventas.

Se decide aplicar el método global y considerar el capital circulante un 20% del inmovilizado, por lo tanto, el capital circulante será:

$$Capital_{circulante} = 36162268,07\text{€}$$

Además, también habrá que tener en cuenta el precio de la parcela. La empresa CaprolacTeam (Caprolactam Industries) estará situada en un polígono ficticio de Tarragona. Se ha encontrado que el metro cuadrado de suelo industrial en Tarragona tiene un valor de 350 € aproximadamente. La parcela de la que se dispone tiene 53235 m<sup>2</sup>; por lo tanto, el precio de la parcela será:

$$Costel_{parcela} = 18632250 \text{ €}$$

### 7.3. Costes de producción

El siguiente paso antes de poder hacer estimaciones de la rentabilidad de la planta es estimar los costes asociados a la producción. Éstos están referidos al valor de los bienes y prestaciones usadas por la empresa para conseguir la producción de los productos que se comercializaran; en este caso, la  $\epsilon$ -caprolactama como producto principal y el sulfato de amonio como subproducto.





Los costes de producción pueden ser debidos a la fabricación (M) o a la administración, ventas y gastos generales (G). Además, se tendrán en cuenta ciertos costes extras. A su vez, los costes de fabricación y los costes de administración y ventas pueden dividirse en diferentes subclases:

- (a) Costes directos: Son los costes imputables de manera directa a un producto, proceso o producción. Un ejemplo podría ser las materias primas o la mano de obra.
- (b) Costes indirectos: Son los costes que graban la producción. Se pueden atribuir en su totalidad a un producto. Ejemplos podrían ser los servicios generales y suministros.
- (c) Costes fijos: Estos costes no dependen de la cantidad producida, es decir, sólo por tener la planta de producción abierta ya se deben pagar. Ejemplos son la luz, las revisiones de los equipos, los alquileres o los empleados.
- (d) Costes variables: Son aquellos que si varían en función de la producción. Se distinguen:
  - Proporcionales: Son aquellos que aumentan cuando la producción también lo hace, es decir, que son proporcionales a la producción. Un buen ejemplo podrían ser las materias primas, los costes de envasado o de expedición.
  - Regulados: Son aquellos costes que también dependen de la producción, aumentando también cuando aumenta ésta, pero no de manera lineal. Estos a su vez pueden ser:
    - Progresivos: Lo son los que aumentan más rápido que los costes variables proporcionales. Un ejemplo son los costes asociados a la mano de obra.
    - Regresivos: Los son los que aumentan de manera más lentamente que los costes variables proporcionales. Un ejemplo son los costes del laboratorio.

### 7.3.1 Costes de fabricación (M)

#### 7.3.1.1 Costes directos y variables

En la estimación de los costes de fabricación directos y variables se incluirán las materias primas (M1), la mano de obra directa (M2) y las patentes (M3).

- MATERIAS PRIMERAS (M1): Es el coste de las materias primas almacenadas necesarias para llevar a cabo el proceso de producción. En este se incluyen transporte, las pérdidas que puedan haber,



almacenamiento e impuestos, y lógicamente el precio de adquisición. En la planta de producción diseñada, las materias primeras que se utiliza son la ciclohexanona, el terc-butanol, el amoníaco anhidro, el peróxido de hidrógeno y el óleum. El tolueno y el benceno se utilizaran como agentes extractivos. Hay que tener en cuenta, que el consumo de terc-butanol al año, al recuperarse todo, será nulo, teniéndose este en cuenta en la puesta en marcha.

Para poder calcular el coste de fabricación será necesario conocer el precio de las materias primeras y el consumo anual de ellas. En la Tabla 7.3.1., se incluyen las materias primeras, el precio, la cantidad requerida anualmente y el coste. Añadir que en el precio se incluye el transporte, el almacenamiento y los impuestos.

**Tabla 7.3.1 – Listado de materias primeras y sus respectivos costes**

MAT PRIMERA	PRECIO(\$/TON)	(TON/AÑO)	COSTE (\$/AÑO)	COSTE (€/AÑO)
CICLOHEXANONA	2000	40002,19	80004384,00	61816827,38
AMONÍACO ANHIDRO	600	23387,62	14032569,60	10842517,49
PERÓXIDO DE HIDRÓGENO	260	31841,64	8278826,21	6396784,09
ÓLEUM	490	44712,00	21908880,00	16928290,49
TOLUENO	406,0234419	55,32	22461,22	17355,06
BENZENO	533,6308093	143,94	76812,95	59350,91
terc-butanol	1000	17,33	17334,20	13393,58
			M1	96074519,00

Las fuentes de donde se han sacado los precios son ED.icheme.org i icis.com. Otros precios se han obtenido de proveedores como Suzhou Huanxin Chemical Imp & Exp Co., Ltd., Quzhou Ruitong Trade Co., Ltd. Y Hebei Hanxing Chemical Co., Ltd

- **MANO DE OBRA DIRECTA (M2):** En este caso, los costes de mano de obra directa, son los referentes a la mano de obra adscrita única y exclusivamente al proceso de producción. Este coste acostumbra a ser muy variable debido a que depende de parámetros como la capacidad de abaucción, el grado de automatización de la planta, etc.



En la planta de caprolactama, los operarios y obreros tienen jornadas laborales de un máximo de 40 horas semanales. Ahora bien, se desea tener un mínimo de operarios en planta, es por eso que habrá 5 turnos de trabajo. Para más detalle consultar el apartado 1, Especificaciones del proyecto. En este punto también, se puede ver que hay 30 operarios. Teniendo en cuenta que el sueldo medio de un operario en la industria química es de 27000€/año, se puede estimar que los costes asociados a mano de obra directa serán de 810000€.

- PATENTES (M3): Las patentes se pagan en concepto de los derechos de explotación desarrollado por otra empresa. En este caso se considera que aún haber consultado patentes, siempre hay alguna variación.

#### 7.3.1.2 Costes indirectos y variables

- MANO DE OBRA INDIRECTA (M4): Hace referencia todo aquel trabajador que no está adscrito a tareas productivas. Se engloban en esta categoría superiores, encargados, vigilantes, personal en prácticas, servicios, etc. Este coste se calcula como un porcentaje de la mano de obra directa (M2); concretamente, el porcentaje oscila entre el 15 y el 45%. En este caso se ha decidido estimar el valor como un 30% de la mano de obra directa.

$$M4=24300\text{€}$$

- SERVICIOS GENERALES (M5): Se entienden como todos aquellos servicios necesarios para el funcionamiento de la planta. Estos comprenden el vapor, la electricidad, el agua, el nitrógeno y el gas natural.

**Tabla 7.3.2 – Servicios de la planta para la producción de Caprolactama y sus costes.**

SERVICIOS GENERALES (M5)			
SERVICIO	CONSUMO (m3/h)	PRECIO (€/m3)	COSTE (€/año)
GAS NATURAL	30871315,86	0,35	10650603,97
ELECTRICIDAD	3886,55	0,09	338,13
AGUA SERVICIO	403200,00	2,14	860832,00
AGUA GLICOLADA	circuito	cerrado	NULO
NITRÓGENO	2862,68	17,16	49132,09
		M5	11560906,19



- SUMINISTROS (M6): Estos costes hacen referencia a la adquisición de productos que se adquieren con regularidad pero que no puede ser considerados ni materias primas ni servicios generales. Buenos ejemplos son el papel, el material de limpieza, el material de seguridad, los lubricantes, etc. Estos costes se estima que son entre el 0,2 y el 1,5 % del capital inmovilizado. En este caso se considera que serán un 0,5% del inmovilizado.

$$M6=602704,47$$

- MANTENIMIENTO O CONSERVACIÓN (M7): Se incluyen revisiones periódicas de la planta, reparaciones y substituciones de piezas, es decir, todo tipo de mantenimiento que no se puede resolver mediante el personal de la planta. Se diferencia dos tipos de mantenimiento: revisiones periódicas a efectuar mediante empresas externas a la planta (como por ejemplo revisión de sistemas contra incendios o ascensores); y reparaciones complejas puntuales.  
El valor se calcula como un porcentaje del inmovilizado. Dependiendo de si las condiciones son suaves, moderadas o extremas, el porcentaje será mayor o menor. En la industria química, por normal general, se considera que las condiciones son moderadas; por lo que el porcentaje de variación será entre el 5 y el 7%. En este caso se considera el 6%.

$$M7=7232453,62\text{€}$$

- LABORATORIOS (M8): En los costes de laboratorios se incluyen los costes de control de calidad de materias primas y productos acabados. Éstos se consideran entre el 5 y el 25% de la mano de obra directa (M2). En este proyecto se considera el 15%.

$$M8=121500\text{€}$$

- ENVASADO (M9): Los costes de envasado dependen de la forma y distribución del producto final. El subproducto, sulfato de amonio, se vende como sólido a granel, y es recogido por camiones cisterna. Ahora bien, el producto principal, la  $\epsilon$ -caprolactama, si comercializa en big-bags.



Se requieren 191 big-bags al día; sabiendo que la unidad de 800 kg tiene un precio de 1,50\$, se puede saber que los costes asociados al envasado serán de:

$$M9=221,37\text{€}$$

- EXPEDICIÓN (M10): En los costes de expedición se incluyen aquellos costes derivados del transporte del producto de la planta al consumidor. Su valor depende de la distancia, el medio de transporte, de la peligrosidad del producto, etc. En este caso se ha decidido que estos costes corran por cuenta del cliente, y se consideraran en este proyecto como nulos.

### 7.3.1.3 Costes indirectos y fijos

- DIRECTIVOS Y EMPLEADOS (M11): Son los costes respectivos a los salarios de directivos y técnicos. Se considera que son entre un 10 y un 40% de los costes de mano de obra directa (M2). Se acepta como una buena aproximación considerar el 20% para este proyecto.

$$M11=162000\text{€}$$

- AMORTIZACIÓN (M12): La amortización es la pérdida de valor de las instalaciones productivas. En este apartado, en los costes de fabricación, como no se considera a la amortización como un coste, no se tendrá en cuenta. Ahora bien, cuando se realicen los balances económicos de la planta, en el Net Cash Flow, sí que se tendrán en cuenta dicha amortización.
- ALQUILERES (M13): En esta planta todo es de adquisición propia; no hay ningún bien inmobiliario, sea equipo o terreno, de alquiler. Por esta razón, los costes indirectos y fijos referentes al alquiler serán nulos.



- TASAS O IMPUESTOS (M14): Estos costes son los pertinentes a pagos de tipo administrativo que no pueden ser atribuidos a beneficios. De manera general se ha aceptado que una buena estimación de los costes debidos a tasas o impuestos es considerar una variación entre el 0,5 y el 1% del capital inmovilizado. En este proyecto se ha considerado oportuna como buena aproximación el 0,7%.

$$M14=84378625,51$$

- SEGUROS (M15): Hacen referencia a los costes derivados de los pagos de seguros de los equipos e instalaciones. Se estiman que estos costes equivalen a un 1% del inmovilizado. Remarcar que esta estimación no tiene en cuenta los seguros de los trabajadores.

$$M15=1205408,94$$

Sumando todos los valores, se puede encontrar los costes de fabricación:

$$M=202391339,09 \text{ €}$$

### 7.3.2 Costes generales o de administración y ventas (G)

#### 7.3.2.1 Costes generales variables

- GASTOS COMERCIALES (G1): Son todos los gastos relacionados con la publicidad de la empresa; desde agentes comerciales, a viajes, publicidad, marketing, etc. Se estima como un porcentaje del 5 al 20% del coste de fabricación. Como en este caso no se vende directamente al consumidos, se suele utilizar un valor mínimo del 5% de M.

$$G1=10119567 \text{ €/año}$$

#### 7.3.2.2 Costes generales fijos

- GERENCIA Y COSTES ADMINISTRATIVOS (G2): Incluye el sueldo del gerente, además de todos los costes derivados de esta gerencia, y el sueldo de los administrativos. Se estima como un porcentaje del 3% al 6% de los costes de fabricación. Para este proyecto se utiliza el 3% de M.

$$G2= 6071740,17 \text{ €/año}$$



- GASTOS FINANCIEROS (G3): Son costes referidos a intereses y a otros gastos relacionados con el préstamo de capital para financiar la construcción de la planta química. En este caso no se considera ya que se supone que el dinero proviene de los inversores y propietarios de la planta.

$$G3 = 0 \text{ €/año}$$

- INVESTIGACIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS (G4): Las empresas, si quieren evolucionar, deben apostar por el I+D (investigación y desarrollo). Normalmente, esto suele oscilar entre el 3 y el 4%, escogiéndose en este caso un 3%.

Los servicios técnicos hacen referencia a los gastos derivados del asesoramiento realizado a los diferentes clientes. Su valor se considera entre el 1 y el 1,5% de los costes de fabricación (M). En este caso se considera un 1%.

Por lo tanto, los costes por investigación y por servicios técnicos en esta planta serán:

$$G4 = (0,03 + 0,01) \cdot M \text{ [€/año]}$$

$$G4 = 8095653,56 \text{ €/año}$$

Los costes globales de administración y ventas (G), en esta planta de producción de caprolactama serán:

$$G = 24286960,7 \frac{\text{€}}{\text{año}}$$



### 7.3.3 Costes Extras

#### 7.3.3.1. Costes derivados del tratamiento de residuos sólidos/líquidos externo

Algunos residuos se tratan fuera de la planta implicando costes adicionales. Los costes de los tratamientos externos se pueden desglosar como:

- Coste del tratamiento
- Coste del camión
- Coste documentación

A causa de que no se conoce con exactitud el caudal másico a gestionar es difícil determinar que costes irán asociados a estos tratamientos.

#### 7.3.3.2. Costes derivados del tratamiento de residuos líquidos interno

Hay aguas residuales con concentraciones de DQO elevadas que se tratan en la planta mediante tratamientos de oxidación avanzada. El reactivo para llevar a cabo el fenton es el peróxido de hidrógeno. Este es un reactivo con un coste elevado, por lo que se considera que éste será el coste principal del tratamiento y se considerará como el coste global también. El consumo de peróxido de hidrógeno para realizar el fenton ya se ha tenido en cuenta en el cálculo de las materias primas (M1).

#### 7.3.3.3. Costes derivados de las emisiones de CO<sub>2</sub>

Se considera el impuesto derivado de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. De acuerdo con la legislación actual, la emisión de CO<sub>2</sub> a la atmósfera tiene un coste de 12 €/ton.

En la planta que se está estudiando, la principal fuente de emisión de CO<sub>2</sub> son las calderas. El proveedor no cuantifica estas emisiones, por lo tanto será también difícil estimar los costes extras asociados a las emisiones de dióxido de carbono.

#### 7.3.3.4. Costes derivados de la contratación de personal externo

Para el mantenimiento de los equipos durante la puesta en marcha se contrata a una empresa externa con personal especializado. Los salarios de estos son más elevados, pero, sigue siendo más rentable que tener a estos especialistas durante todo el año. Se considera que se debería contratar de 8 a 10 personas. Se considera que esto equivale a unos 50.000.000 de €/año.





Por lo tanto, los costes extras serán de:

$$Costes_{extras} = 50.000.000 \text{ €/año}$$

Los costes globales de producción serán:

$$COSTES_{producción} = 252391339,09 \text{ €/año}$$

#### 7.4. Ingresos por ventas y rendimiento de la planta

La planta tiene como objetivo principal la producción de caprolactama, sin embargo, se produce también un subproducto: el sulfato de amonio. Este último, tras un proceso de purificación puede ser comercializado. Si producción es tan considerable, que llega a producirse en mas abundancia que el producto principal.

##### 7.4.1 Ventas del producto principal: ε-Caprolactama

La caprolactama tiene un precio de venta 3500\$ por tonelada, segun un estudio de mercado (Figura). Teniendo en cuenta que se producen 6350,80 kg/h, los ingresos por ventas serán:

$$\begin{aligned} 6350,80 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1 \text{ ton}}{1000kg} \cdot \frac{3500\$}{\text{ton}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{1 \text{ día}} \cdot \frac{300 \text{ días}}{1 \text{ año}} &= 160040160 \frac{\$}{\text{año}} \\ &= 123657910,3 \frac{\text{€}}{\text{año}} \end{aligned}$$

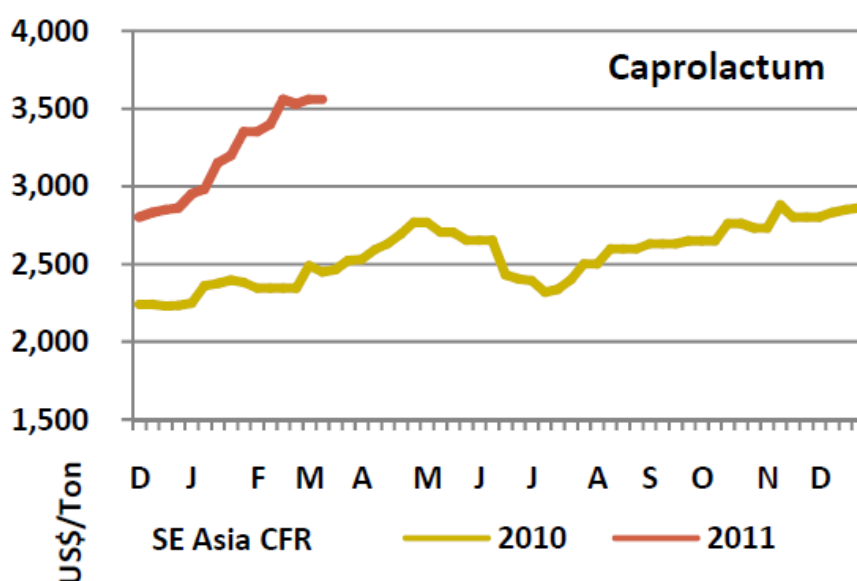


Figura 7.4.1. – Variación del precio de la Caprolactama en los años 2010 y 2011.

#### 7.4.2 Ventas del subproducto: sulfato de amonio

Se ha encontrado que el sulfato de amonio tiene un precio de venta en el mercado de alrededor de 300 \$/tonelada. (Shandong Unovet Pharmaceutical Co., Ltd.).

Teniendo en cuenta que se producen 8483,04 kg/h, los ingresos por ventas serán:

$$\begin{aligned}
 8483,04 \frac{kg}{h} \cdot \frac{1 \text{ ton}}{1000kg} \cdot \frac{300\$}{\text{ton}} \cdot \frac{24 h}{1 \text{ día}} \cdot \frac{300 \text{ días}}{1 \text{ año}} &= 18323366,4 \frac{\$}{\text{año}} \\
 &= 14157878,87 \frac{\$}{\text{año}}
 \end{aligned}$$



### 7.5. Viabilidad del proyecto

Por norma general, un proyecto se puede considerar viable cuando el valor de la tasa de interés es mayor que el 5%. Ahora bien, estamos en contextos de crisis, de grandes recesiones; y según el Banco Central Europeo, el interés está muy bajo, por lo que teóricamente debería ser más fácil que un proyecto fuera rentable (menos del 2%).

A pesar de todo, como grupo se cree que un proyecto con un interés menor del 5% sigue siendo un riesgo importante de inversión, por lo que el proyecto no se llevaría a cabo.

Para estudiar la viabilidad de la planta, se realizará el Net Cash Flow (NCF) y se hará también un estudio del Valor Actual Neto (VAN).

#### 7.5.1 Cálculo del Net Cash Flow (NCF)

El NCF estudia y contabiliza el movimiento de dinero que entrada y salida de dinero de la empresa en base a ejercicios anuales a partir del año en que se realiza la inversión inicial. Este estudio se debe realizar para un periodo determinado de tiempo, permitiendo el estudio de esta forma, estimar la capacidad de generar recursos líquidos de la planta durante un periodo de tiempo determinado.

El NCF se calcula en dos partes. Primero se calcula el NCF sin tener en cuenta impuestos ni tampoco la amortización. La amortización se define como la cantidad de capital destinada a recuperar los gastos invertidos en la construcción de la planta. Para esta primera estimación, se utiliza la siguiente ecuación:

$$NCF_{\text{sin impuestos}} = \text{Ventas} - \text{Costes}$$

Y en segundo lugar, se calcula el NCF teniendo en cuenta los impuestos y la amortización, a partir de la siguiente ecuación:

$$NCF_{\text{con impuestos}} = (-I - CC + R + X)_n + (V - C)_n - t\% \cdot (V - (C + A))_{n-1}$$



Dónde:

- I, es el capital inmovilizado
- CC, es el capital circulante
- R, es el valor residual
- X, son los ingresos o gastos atípico relacionados con la inversión
- V, son las ventas
- C, son los costes totales de producción (M+G)
- t, es la tasa de impuestos
- $V-(C+A)$ , es la base imponible

Como se observa, los impuestos se cargan sobre la base imponible de la empresa; la cual está definida como la cantidad sobre la cual se aplica un impuesto. La base imponible será igual a los beneficios brutos en caso de que estos sean positivos, y valdrá zero en caso contrario (si existen pérdidas). Se deduce entonces, que no se deben pagar impuestos en caso de que haya pérdidas.

$$\text{Base imponible} = V - (C + A)$$

$$\text{Impuestos} = t \cdot (V - (C + A))_n$$

$$\text{Beneficios brutos} = (V - C) -$$

$$\text{Beneficios netos} = \text{Beneficios brutos} - \text{Impuestos}$$

Se decide realizar el estudio para los 15 años de vida de la planta. A parte de esta se hacen otras consideraciones:

- Durante el tiempo de vida de la planta, toda la producción tendrá salida al mercado.
- El terreno se podrá vender en el año 15+1 por el mismo precio de adquisición.



- Se estima que el periodo de construcción de la planta (tiempo sin producción) es de 2 años. Se reparte de manera equitativa la inversión del inmovilizado equivalente durante estos dos primeros años.
- Se considera que los impuestos serán un 36% sobre la base imponible del año anterior.

La amortización será lineal. Este tipo de amortización estipula que cada año se recupera la parte anual correspondiente a la inversión realizada, durante el término de retorno fijado de la inversión.

$$A = \frac{I - R}{t_A}$$

Dónde:

- $t_A$ , es el tiempo de amortización en años.
- $R$ , es el valor residual de la planta.

El valor residual de la planta se define como el ingreso que se producirá al vender el inmovilizado al final de la vida operativa de la planta, ya que es probable que su vida útil le permitiera seguir operando más años.

En la Figura 7.5.1., se pueden observar los diferentes NCF sin y con impuestos en la figura de arriba y de abajo respectivamente. Lo que más llama la atención a primera vista es el hecho de que todos los Net Cash Flow consecutivos de cada año son siempre negativos. Dicho signo negativo denota que el balance económico anual ha finalizado en estado de pérdidas. Es importante analizar a qué se deben estas pérdidas, aunque no será tarea sencilla.

En primera instancia, se cree que estos flujos de caja negativos se dan sobre todo a causa de que los costes de producción son extremadamente elevados. Este fenómeno se acentúa especialmente en los consumos del aparataje del Área de servicios.

Por otra banda, se detecta que el precio de la caprolactama no se diferencia tanto del de la ciclohexanona, y en cualquier caso, aunque el de la primera sea superior, al necesitarse más reactivos en para las reacciones y operaciones unitarias, el



coste de las materias primas es también muy superior a los ingresos por ventas que se obtienen de la comercialización de la caprolactama. Sorprende el hecho, que ni la comercialización del sulfato (subproducto en la producción de caprolactama), es suficiente para reducir esta abismal diferencia que se da entre ingresos por ventas y costes de las materias primas.

Al obtenerse flujos de caja negativos, una primera opción suele ser plantearse cuanto se tendría que aumentar la producción para compensar las pérdidas económicas. En cualquier caso, no es tan simple como aumentar la producción, porque al hacerlo, también se daría un aumento en los costes de materias primeras. Para realizar un cálculo aproximado de esta producción, se considera una relación de proporcionalidad entre los costes de materias primeras y la producción de caprolactama, partiendo de los resultados obtenidos para la producción estipuladas.

Por este motivo, se considera más oportuno, calcular a qué precio se debería comercializar la caprolactama para evitar dichas pérdidas. Para realizar estos cálculos debe restarse a los costes totales de producción, los ingresos por ventas del sulfato de amonio y el resultado se ha de dividir por la producción de caprolactama.

Al realizar estos cálculos, se ha obtenido que el precio mínimo de la caprolactama para que los costes totales de producción sean iguales a los ingresos por ventas, es de 5833,79 €/Tn.

## 7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

CaprolacTeam, Caprolactam Industries



**Tabla 7.5.1. – Net Cash Flow de la planta de Caprolactama.**

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
INMOVILIZADO	-60270446,8	-60270446,8							
CAPITAL CIRCULANTE			-36162268,07						
PARCELA	-18632250								
VENTAS			137815789,2	14160505,37	14160659,87	14160814,37	14160968,87	14161123,37	14161277,87
COSTOS			-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78
VENTAS-COSTES			-138862510,6	-262517794,4	-262517639,9	-262517485,4	-262517330,9	-262517176,4	-262517021,9
NCF (sense impostos)	-78902696,8	-60270446,8	-175024778,7	-262517794,4	-262517639,9	-262517485,4	-262517330,9	-262517176,4	-262517021,9

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8
AMORTITZACIÓ			8036059,572	8036059,572	8036059,572	8036059,572	8036059,572	8036059,572	8036059,572
BENEFICIOS BRUTOS			-146898570,2	-270553854	-270553699,5	-270553545	-270553390,5	-270553236	-270553081,5
BASE IMPONIBLE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMPUESTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BENEFICIOS NETOS									
NCF	-78902696,8	-60270446,8	-175024778,7	-262517794,4	-262517639,9	-262517485,4	-262517330,9	-262517176,4	-262517021,9

## 7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

CaprolacTeam, Caprolactam Industries



**Tabla 7.5.1. – Net Cash Flow de la planta de Caprolactama**

AÑO	9	10	11	12	13	14	15	16	17
INMOVILIZADO									
CAPITAL CIRCULANTE									36162268,1
PARCELA									18632250
VENTAS	14161432,37	14161586,87	14161741,37	14161895,87	14162050,37	14162204,87	14162359,37	14162513,87	
COSTOS	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	
VENTAS-COSTES	-262516867,4	-262516712,9	-262516558,4	-262516403,9	-262516249,4	-262516094,9	-262515940,4	-262515785,9	
NCF (sense impostos)	-262516867,4	-262516712,9	-262516558,4	-262516403,9	-262516249,4	-262516094,9	-262515940,4	-262515785,9	54794518,1

AÑO	9	10	11	12	13	14	15	16	17
AMORTITZACIÓ	8036059,572	8036059,572	8036059,572	8036059,572	8036059,572	8036059,572	8036059,572	8036059,572	0
BENEFICIOS BRUTOS	-270552927	-270552772,5	-270552618	-270552463,5	-270552309	-270552154,5	-270552000	-270551845,5	54794518,1
BASE IMPONIBLE	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IMPUESTOS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BENEFICIOS NETOS									
NCF	-262516867,4	-262516712,9	-262516558,4	-262516403,9	-262516249,4	-262516094,9	-262515940,4	-262515785,9	54794518,1





### 7.5.2 Actualización del valor del dinero: Cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa de retorno interna (TIR)

El valor actual neto (VAN) es la suma de los valores actuales de los futuros ingresos y pérdidas. Para calcularlo, se debe realizar una actualización del dinero en función del interés del capital ( $i$ ) y el número de años de vida de la planta. El proyecto será más rentable cuanto más positivo sea el valor del VAN. Lo que se hace es representar una curva de VAN para diferentes intereses y así ver que valor hace rentable ésta inversión.

$$VAN = \sum \frac{NCF}{(1+i)^n}$$

La tasa interna de retorno (TIR) es el valor del interés que consigue que el VAN tenga un valor nulo. Esto muestra el interés a partir del cual la empresa empieza a tener beneficios. Cuanto mayor sea el valor de la tasa interna de retorno, más rentable será la planta.

En este proyecto todos los flujos de caja son negativos, por lo que ya se sabe que no es rentable. Por este motivo no es necesario ni lógico realizar el VAN ni el TIR, ya que no darían unos valores razonables ni aportaría ningún dato relevante para este estudio económico.

Sin embargo, como el precio mínimo que se ha calculado para obtener beneficios, es de 5833,79 €/Tn, se ha realizado un NCF y un VAN en el caso hipotético de que la caprolactama tuviera un precio de 6000 €/Tn. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 7.5.2.

En este caso, sí que se puede calcular el VAN, porque los costes por materias primeras son inferiores a los ingresos por ventas.

## 7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

CaprolacTeam, Caprolactam Industries



**Tabla 7.5.2. – Net Cash Flow y VAN para un precio de venta de caprolactama de 6000 €/Tn.**

Any	0	1	2	3	4	5	6	7	8
IMMOBILITZAT	-60270446,8	-60270446,8							
CAPITAL CIRCULANT			-36162268,07						
TERRENYS	-18632250								
PATENTS									
LLOGUER									
VENDES			284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9
COSTOS			-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78
			7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086
NCF (sense impostos)	-18632250	0	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086

VENDES	0	0	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9
COSTOS	0	0	-276678299,8	-276678299,8	-276678299,8	-276678299,8	-276678299,8	-276678299,8	-276678299,8
AMORTITZACIÓ		-							
Base Imponible	0	0	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086
impostos	0	0	0	2991831,635	2991831,635	2991831,635	2991831,635	2991831,635	2991831,635

NCF	-18632250	0	7479579,086	4487747,452	4487747,452	4487747,452	4487747,452	4487747,452	4487747,452
-----	-----------	---	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------

i	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0,05	-18632250	0	6784198,718	3876684,982	3692080,935	3516267,557	3348826,245	3189358,328	3037484,122
0,1	-18632250	0	6181470,319	3371711,083	3065191,894	2786538,085	2533216,441	2302924,037	2093567,307
0,15	-18632250	0	5655636,36	2950766,797	2565884,171	2231203,627	1940177,067	1687110,493	1467052,603
0,2	-18632250	0	5194152,143	2597076,072	2164230,06	1803525,05	1502937,541	1252447,951	1043706,626
0,3	-18632250	0	4425786,442	2042670,665	1571285,127	1208680,867	929754,5131	715195,7793	550150,5995
0,35	-18632250	0	4104021,447	1824009,532	1351118,172	1000828,275	741354,278	549151,3171	406778,7534

## 7. EVALUACIÓN ECONÓMICA

CaprolacTeam, Caprolactam Industries



**Tabla 7.5.2. – Net Cash Flow y VAN para un precio de venta de caprolactama de 6000 €/Tn.**

9	10	11	12	13	14	15	16	17
								36162268,1
								18632250
284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	
-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	-276678299,78	
7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	
7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	18632250

284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	284157878,9	0
-276678299,8	-276678299,8	-276678299,8	-276678299,8	-276678299,8	-276678299,8	-276678299,8	-276678299,8	0
7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	7479579,086	0
2991831,635	2991831,635	2991831,635	2991831,635	2991831,635	2991831,635	2991831,635	2991831,635	2991831,63

4487747,452	4487747,452	4487747,452	4487747,452	4487747,452	4487747,452	4487747,452	4487747,452	15640418,4
-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	------------

9	10	11	12	13	14	15	16	17	VAN
2892842,021	2755087,639	2623892,99	2498945,704	2379948,29	2266617,419	2158683,256	2055888,815	6823862,73	35268419,7
1903243,006	1730220,915	1572928,104	1429934,64	1299940,582	1181764,165	1074331,06	976664,5996	3094373,39	17965769,6
1275697,915	1109302,535	964610,9	838792,087	729384,4235	634247,3247	551519,4128	479582,0981	1453399,75	7902117,56
869755,5217	724796,2681	603996,8901	503330,7417	419442,2848	349535,2373	291279,3644	242732,8037	704964,395	1635658,95
423192,7688	325532,8991	250409,9224	192623,0172	148171,5517	113978,1167	87675,47438	67442,6726	180805,391	-5398894,19
301317,5951	223198,2186	165332,0138	122468,1583	90717,15433	67197,8921	49776,21637	36871,27138	95186,2684	-7502923,44



### 7.5.3 Rentabilidad económica de la planta y cálculo del pay-back

El pay-back se trata de la cantidad que vuelve de la inversión.

Para calcular la rentabilidad hay que tener en cuenta los beneficios netos, es decir, los beneficios brutos menos los impuestos.

$$Rentabilidad = \frac{Beneficios\ netos}{Inmovilizado} \cdot 100$$

Como la planta de caprolactama no tiene beneficios, los cálculos para los valores del pay-back y la rentabilidad carecen de sentido, ya que no hay ninguna tasa monetaria de retorno para la inversión inicial.