



PLANTA DE PRODUCCIÓN DE HIDRAZINA

TRABAJO DE FIN DE GRADO
INGENIERÍA QUÍMICA

Tutor: María Eugenia Suarez Ojeda

Maria Morente Guardiola
Daura Mercedes Carballo Flores
Íñigo Fernández Martínez
Sergi Muñoz Barrios

CERDANYOLA DEL VALLÉS, FEBRERO 2022

CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN ECONÓMICA



Índice

Índice	2
7.1. Introducción	2
7.2. Inversión inicial	4
7.3. Costes de producción	18
7.4. Estimación de ventas	29
7.5. Viabilidad económica de la planta	30
7.6. Estudio de sensibilidad	36

7.1. Introducción

En el capítulo siguiente se quiere determinar la rentabilidad y la posible viabilidad del proyecto diseñado. Para poder concretar si el proyecto es potencialmente rentable se ha decidido realizar una estimación económica. De esta manera se podrá obtener una referencia del valor de los ingresos, los costes y los balances económicos anuales de la planta.

Primeramente, se realizará un cálculo de la inversión inicial mediante diferentes aproximaciones. La inversión inicial se trata del capital necesario para poder poner en funcionamiento la planta para que se puedan producir los primeros productos y así, los primeros beneficios. Hay que adquirir una serie de bienes y servicios para poder iniciar la producción. La inversión inicial se forma de 4 factores: gastos previos, capital inmovilizado, capital circulante y puesta en marcha

- **Gastos previos:** se trata de gastos conocidos por la empresa y que sus pagos se realizan antes de empezar el proyecto. La constitución de la empresa, el análisis de rentabilidad y de mercado y el trabajo de diseño de los ingenieros son algunos de los gastos que se enmarcan en este grupo.
- **Capital inmovilizado:** se trata de la cantidad de dinero que se invierte en la compra del terreno, equipos y aparatos, instalación de la planta, tuberías, válvulas de control, etc. Es el gasto más elevado de la inversión inicial y requerirá de una amortización anual ya que su valor disminuye a lo largo del tiempo.
- **Capital circulante:** es la parte de la inversión necesaria para que el negocio empiece a funcionar. No es un capital amortizable.
- **Puesta en marcha:** es la parte del capital que se destina a los gastos adicionales que supone poner la planta en pleno funcionamiento.

Se estimará también el valor de mercado tanto de materias primas como de reactivos y, teniendo la producción deseada y los requerimientos de planta se calcularán sus ingresos y costes respectivamente. Otros valores como los costes de los servicios de planta también serán estimados con un valor típico del mercado. De esta manera se podrá intuir cuáles serán los beneficios anuales de la planta, una vez realizado el desembolso de la inversión inicial.

Para finalizar este capítulo, se llevará a cabo un estudio de rentabilidad con el método de Net Cash Flow (NCF). Este método consiste en calcular todos los flujos de caja netos de la planta durante el periodo de implementación, producción y desmantelamiento de la planta. Otros factores a tener en cuenta serán el tiempo de recuperación de la inversión inicial, el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de rentabilidad (TIR).

La viabilidad económica para la construcción de una instalación de estas características es un asunto fundamental para que el proyecto finalmente se pueda llevar a cabo ya que se podrá tener una aproximación previa de los beneficios que obtendrá la planta.

7.2. Inversión inicial

Para el funcionamiento de cualquier tipo de negocio y empresa es necesaria una primera inversión para poder adquirir todas las herramientas para poder llevar a cabo el funcionamiento de este de la manera que previamente se ha diseñado. En este apartado se realizará una aproximación del valor de esta inversión, que consta de 4 apartados previamente enumerados:

- **Gastos previos:** se trata de gastos conocidos por la empresa y que sus pagos se realizan antes de empezar el proyecto. La constitución de la empresa, el análisis de rentabilidad y de mercado y el trabajo de diseño de los ingenieros son algunos de los gastos que se enmarcan en este grupo. Es un valor muy inferior respecto al resto de apartados de la inversión inicial y es por eso por lo que no se ha tenido en cuenta en el análisis económico.
- **Capital inmovilizado:** se trata de la cantidad de dinero que se invierte en la compra del terreno, equipos y aparatos, instalación de la planta, tuberías, válvulas de control, etc. Es el gasto más elevado de la inversión inicial y requerirá de una amortización anual ya que su valor disminuye a lo largo del tiempo.
- **Capital circulante:** es la parte de la inversión necesaria para que el negocio empiece a funcionar. No es un capital amortizable. La cantidad de dinero estimada en este apartado se recupera al terminar el ciclo de producción de la planta y la empresa empieza a obtener beneficios de su actividad.
- **Puesta en marcha:** es la parte de la masa económica que se destina a los gastos adicionales que supone poner la planta en pleno funcionamiento.

7.2.1. Capital inmovilizado

Como ya se ha expuesto anteriormente, el capital inmovilizado es el gasto más elevado dentro de la inversión inicial total. Incluye la adquisición de terrenos, maquinaria, equipos, instrumentación y otros aspectos que constituyen la parte física de la planta. Todos los elementos incluidos en este apartado excepto los terrenos, pierden valor con su uso, deterioro y el paso del tiempo. Es por eso por lo que se realizan amortizaciones para compensar ese gasto.

Para realizar el cálculo del capital inmovilizado existen diferentes metodologías que son válidas para usarse. Se ha decidido utilizar el método de factor múltiple ya que proporciona un menor error. Para este tipo de método se puede utilizar el método Happel o el método de Vian. Para este estudio se ha elegido el método de Vian. Existen otros métodos como el método global o el método de factor único de Lang, pero suponen un mayor error y por lo tanto una menor fiabilidad.

A continuación, en la **Tabla 1** se muestran los valores mínimos y apartados que comprenden el método de Vian:

Tabla 1. Método de factor múltiple Vian – valores mínimos.

Inversión	Definición	Fórmula
I1	Maquinaria y aparatos	X
I2	Instalación	0,35X
I3	Tuberías y válvulas	0,1X (sólidos) y 0,6X (fluidos)
I4	Instrumentación	0,05X
I5	Aislamientos	0,03X
I6	Instalación eléctrica	0,1X
I7	Terrenos	
I7	Edificaciones	0,2X (interiores) 0,05X (exteriores)
I8	Instalaciones auxiliares	0,25X
Y	Capital primario	$\sum I_i$
I9	Proyecto, dirección de obra y montaje	0,2Y
Z	Capital secundario	Y+I9

I10	Contratista	0,04Z
I11	Gastos no previstos	0,1Z

En la **Tabla 1** del método de Vian se ofrecen los valores mínimos usados para realizar las estimaciones de las inversiones en cada caso. Se ha querido hacer un análisis exhaustivo del método. El terreno se añadirá su valor más adelante ya que se ha calculado con un valor estándar de la zona en cuestión, por lo tanto, no se ha realizado con el método. Para el apartado de edificaciones se ha supuesto que únicamente hay interiores y exteriores. Para tener una visión del rango de magnitud del método se utilizaron también los valores máximos como se muestran en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Método de factor múltiple Vian – valores máximos.

Inversión	Definición	Fórmula
I1	Maquinaria y aparatos	X
I2	Instalación	0,5X
I3	Tuberías y válvulas	0,1X (sólidos) y 0,6X (fluidos)
I4	Instrumentación	0,3X
I5	Aislamientos	0,1X
I6	Instalación eléctrica	0,2X
I7	Terrenos	
I7	Edificaciones	0,2X (interiores) + 0,05X (exteriores)
I8	Instalaciones auxiliares	0,7X
Y	Capital primario	$\sum I_i$
I9	Proyecto, dirección de obra y montaje	0,3Y
Z	Capital secundario	Y+I9
I10	Contratista	0,1Z
I11	Gastos no previstos	0,3Z

7.2.1.1. Terrenos

Para el cálculo del terreno se ha elegido un valor del precio de la zona por metro cuadrado. Hay mucha diferencia de precios de los terrenos de solares industriales, pero teniendo en cuenta de que la ubicación de la planta es a las afueras del núcleo urbano de Tarragona y dado la dimensión de la superficie necesaria se ha elegido un precio de 100 €/m², según fuentes consultadas con fecha de enero 2022.

Ecuación 1. Cálculo del precio del terreno.

$$C_{\text{terreno}} = A(m^2) \cdot \text{precio} \left(\frac{\text{€}}{m^2} \right) = 53235 \cdot 100 = 5323500 \text{ €}_{2022}$$

Por lo tanto, el valor de la I7 será la suma de 5323500 € más la suma del valor de los edificios.

7.2.1.2. Maquinaria y equipos

Se debe tener en cuenta que los valores del precio de los equipos están desactualizados ya que provienen de datos de años anteriores. Es por eso por lo que se utilizan los índices CEPCI para actualizar el precio del equipo a un año más cercano al actual. En el caso del método algorítmico de Couper se utilizan datos del año 2002 y en el caso del método de correlaciones de Sinnott & Towler del año 2007. Los índices utilizados para calcular el precio del equipo son los siguientes:

$$\text{CEPCI } 2021 = 763,1$$

$$\text{CEPCI } 2020 = 596,2$$

$$\text{CEPCI } 2002 = 395,6$$

$$\text{CEPCI } 2006 = 509,7$$

Los datos de CEPCI se publican con una ventana de tres meses por lo que se utiliza el dato estimado para diciembre 2021 que según publicación en Chemengonline.com preliminar es un 28% superior al del mismo mes del año anterior.

Para el cambio de moneda se ha utilizado 0,88 \$ por 1 € como media en el amplio periodo considerado.

Por lo tanto, para calcular el precio de un equipo en el año 2022 se utiliza la siguiente expresión:

$$C_{2021} = C_{2006} \frac{CEPCI_{2021}}{CEPCI_{2006}}$$

$$C_{2021} = C_{2002} \frac{CEPCI_{2021}}{CEPCI_{2002}}$$

El método de Vian se forma de diferentes inversiones y todas ellas dependen del valor "X" de I1 correspondiente al coste de máquina y equipos. El resto de las inversiones son diferentes porcentajes del valor de I1. En este caso, para el cálculo de los diferentes equipos necesarios se han utilizado diferentes métodos para conocer su valor aproximado:

- **Método algorítmico:** se aplican distintos algoritmos para calcular el coste de un equipo. El cálculo de un equipo en concreto depende de diferentes expresiones matemáticas. Estas expresiones matemáticas tienen variables como el material que se utiliza, el peso del equipo, sus dimensiones y el caudal con el que operan. En el caso de los equipos que requieran de energía eléctrica como bombas o compresores también se calcula la potencia consumida.

A continuación, se muestra un ejemplo de cálculo para el coste del reactor R-201 con el método algorítmico de Couper (las ecuaciones están en base a costes del año 2002).

Ecuación 2. Cálculo del coste del reactor.

$$C = F_M \cdot C_b + C_a$$

$$P_{\text{vacío}} = W = 1520,29 \text{ kg} = 3.351 \text{ lb (Ver 11.3.1.2)}$$

$$W = 3351 \text{ lb}$$

Ecuación 3. Correlación 1 para el cálculo del coste del reactor.

$$C_b = 1,218 e^{9,1-0,2889 \cdot [\ln W + 0,04576 \cdot (\ln W)^2]}$$

$$C_b = 1,218 \cdot \exp(9,1 - 0,2889 \cdot \ln(W) + 0,04576 \cdot \ln(W)^2) = 21314,53$$

$$L = 3,624 \text{ m} = 11,89 \text{ ft}$$

$$D = 2,01 \text{ m} = 6,60 \text{ ft}$$

Ecuación 4. Correlación 2 para el cálculo del coste del reactor.

$$C_a = 300 \cdot D^{0,7396} \cdot L^{0,7068} = 6969,39$$

$$F_M = 1,7 \text{ (UR}^{\text{TM}} \text{ 926 is a 25\% Ni, 20\% Cr, 6\% Mo super austenitic stainless steel)}$$

Material of construction Shell/Tube	a in Eq. (16.44)
Carbon steel/Carbon steel	0.00
Carbon steel/Brass	1.08
Carbon steel/Stainless steel	1.75
Carbon steel/Monel	2.1
Carbon steel/Titanium	5.2
Carbon steel/Cr-Mo steel	1.55
Cr-Mo steel/Cr-Mo steel	1.70
Stainless steel/Stainless steel	2.70
Monel/Monel	3.3
Titanium/Titanium	9.6

Table 9-12 Material of Construction Factor

Material	Factor, F_m
Carbon steel (mild)	1.0
Bronze	1.05
Carbon/molybdenum	1.065
Aluminum	1.075
Cast steel	1.11
Stainless steel #321	1.28
Worthite alloy	1.41
Stainless steel #316	1.5
Hastelloy C alloy	1.54
Monel alloy	1.65
Nickel/Inconel alloy	1.71
Titanium	2.0

Source: D.H. Allen and R.C. Page, Revised technique for predesign cost estimating, *Chemical Engineering*, March 3, 1975, p. 147.

Figura 1. Valor del factor F_M para el cálculo del coste del reactor.

$$C = F_M \cdot C_b + C_a = 1,7 \cdot 21314,53 + 6969,39 = 43204,1 \text{ \$}_{2002} = 38019,6 \text{ €}_{2002}$$

A continuación, se muestra un ejemplo de cálculo para el coste del reactor R-202 a R-205 con el método algorítmico, en Uranus:

$$P_{\text{vacío}} = W = 130145,4 \text{ kg} = 2869215 \text{ lb (Ver 11.3.2.3)}$$

$$C_a = 3133,73 \quad ; \quad C_b = 3682465,6$$

$$L = 9,17 \text{ m} \quad ; \quad D = 2,87 \text{ m}$$

$$C = 6263325,24 \text{ \$}$$

$$C_{\text{total}} = C \cdot N_{\text{reactores}} = 6263325,24 \cdot 4 = 25053301 \text{ \$}_{2002} = 22046905 \text{ €}_{2002}$$

$$C_{2021} = C_{2002} \frac{CEPCI_{2021}}{CEPCI_{2002}} = 5511726,2 \text{ €}_{2002} * \frac{763,1}{395,6} = 10632448,7 \text{ €}_{2022}$$

Para el cálculo del coste de la columna de destilación se ha utilizado el método de Couper. Se toman los datos de CD-401 según apartado 11.6.2.2: Etapas $N=10$, $D=3,03\text{m}$, $L=6,096\text{m}$, platos perforados, acero 304, $W=1\text{b}$

$$C = 1,218 \cdot [f1 \cdot Cb + N \cdot f2 \cdot f3 \cdot f4 \cdot Ct + Cpt]$$

$$Cb = 1,218 \cdot \exp\left(7,123 + 0,1478 \cdot \ln W + 0,02488 \cdot \ln W^2 + 0,01580 \cdot \frac{L}{D} * \ln \frac{Tb}{Tp}\right)$$

$$Ct = 457,7 \cdot \exp(0,1739D)$$

$$Cpt = 249,6 \cdot D^{0,6332} \cdot L^{0,6016}$$

$$f1 = 2,10$$

$$f2 = 1,401 + 0,0724D$$

$$f3 = 0,95$$

$$f4 = \frac{2,25}{1,0414^N}$$

Con estos parámetros se obtiene un coste en dólares (2002) incluyendo un sobredimensionamiento de un 20% para considerar los elementos internos de:

- **Método de las correlaciones:** se utiliza la correlación de Sinnott-Touler para determinar los costes de diferentes equipos. En esta correlación se incluyen constantes determinadas en función del tipo de equipo (a , b , n) y un valor S que es un dato operativo de dicho equipo. Este valor S tiene un límite inferior y superior que delimita un rango de operación sobre el cual el valor del coste del equipo es adecuado según la correlación utilizada. El método de correlaciones tiene en cuenta menos factores de diseño que el método algorítmico, es por eso que se han realizado la mayoría de los cálculos con el algorítmico y se ha complementado con este método.

La correlación de Sinnot-Touler tiene la siguiente expresión:

Ecuación 5. Correlación de Sinnot-Touler para el cálculo del coste de equipos.

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

Donde

C_e = Coste del equipo (\$)

a, b, n = constantes especificadas en función del tipo de equipo

S = parámetro de diseño característico del equipo

A continuación, se muestra un ejemplo de cálculo para el coste del reactor con el método de correlaciones:

Para los agitadores del reactor R-201 se utiliza el método de correlaciones de Sinnot&Towler (las ecuaciones están en base a costes del año 2006):

$$C = 15000 + 990 \cdot P^{1,05}$$

Donde P es la potencia consumida por el agitador.

P = 7,6 kW (Ver 11.3.1.4)

$$C = 15000 + 990 * 7,6^{1,05} = 23327 \$_{2006} = 20527 €_{2006}$$

- **Catálogos de proveedores:** para el cálculo de diferentes equipos, los métodos de cálculo numérico dan valores muy elevados por el precio de mercado actual, ya que no han sido actualizados. Es por eso por lo que se ha buscado el catálogo de proveedores y se ha buscado un precio aproximado del equipo.

A este apartado pertenecen el compresor CC-205 y el descalcificador DC-501.

A continuación, se adjuntan las diferentes Tablas 3-10 de equipos con su coste actualizado calculado con los métodos descritos anteriormente:

Tabla 3. Tabla de precios referente a los reactores del proceso.

Equipo	Dollars 2002	Euros 2002	Método cálculo	Ratio CEPCI	Coste € en 2021	Material
R-201	43204,0906	38019,59973	Met Couper	1,929059656	73342,07598	Uranus
R-202	6263325,241	5511726,212	Met Couper	1,929059656	10632448,67	Uranus
R-203	6263325,241	5511726,212	Met Couper	1,929059656	10632448,67	Uranus
R-204	6263325,241	5511726,212	Met Couper	1,929059656	10632448,67	Uranus
R-205	6263325,241	5511726,212	Met Couper	1,929059656	10632448,67	Uranus

En el cálculo del precio se ha tenido en cuenta el factor del material para que se corresponda al acero Uranus.

Tabla 4. Tabla de precios referente a la columna de destilación del proceso

Equipo	Dollars 2002	Euros 2002	Método cálculo	Ratio CEPCI	Coste € en 2021	Precio actualizado por material (x 1,3)	Material
CD-401	268446,8434	236233,2222	Met Couper	1,929059656	455707,9784	592420,372	316ss

Tabla 5. Tabla de precios para el descalcificador

Equipo	Euros 2021	Método cálculo	Ratio CEPCI	Coste € en 2021	Material
DC-501 (Descalcificador)	5237,89	Catálogo	1	5237,89	316ss

Tabla 6. Tabla de precios referente a los intercambiadores del proceso.

Equipo	Dollars 2021	Euros 2021	Método cálculo	Ratio CEPCI	Coste € en 2021	Precio actualizado por material (x 1,3)	Material
IC-201 (NaOCl)	33598	29566,24	HYSIS	1	29566,24	38436,112	316ss
IC-202 (NH3)	16799	14783,12	HYSIS	1	14783,12	19218,056	316ss
IC-203 (1 Evap)	13008	11447,04	HYSIS	1	11447,04	14881,152	316ss
IC-204 (2Evap)	19871	17486,48	HYSIS	1	17486,48	22732,424	316ss
IC-205 (recirc. NH ₃)	9544	8398,72	HYSIS	1	8398,72	10918,336	316ss
IC-301 (1 Interc)	8959	7883,92	HYSIS	1	7883,92	10249,096	316ss
IC-302 (2 Interc)	9504	8363,52	HYSIS	1	8363,52	10872,576	316ss
IC-401 (enfr)	8865	7801,2	HYSIS	1	7801,2	592420,372	316ss

Tabla 7. Tabla de precios referente a compresor del proceso

Equipo	Euros 2021	Método cálculo	Ratio CEPCI	Coste € en 2021	Duplicado	Material
CC-205 (compresor)	4950,5	Catálogo	1	4950,5	9901	316ss

Tabla 8. Tabla de precios referente a las bombas centrífugas del proceso

Equipo	Euros 2021	Método cálculo	Ratio CEPCI	Coste € en 2021	Duplicado	Material
B-201	1500	Catálogo	1	1500	3000	316ss
B-202	1500	Catálogo	1	1500	3000	316ss
B-203	3000	Catálogo	1	3000	6000	316ss
B-401	10000	Catálogo	1	10000	20000	316ss

*Los precios de las bombas son estimados en función del servicio prestado, utilizando los valores más conservadores.

**Las bombas y compresores se han doblado en toda la planta ya que son los equipos que habitualmente más sufren fallos. Con tal de no parar la producción se ha decidido doblar las bombas y compresores del proceso.

Tabla 9. Tabla de precios referente a calderas, chillers y torre de refrigeración.

Equipo	Precio (€/unidad)	Cantidad	Coste total € en 2021
Chiller	1000000	2	2000000
Torre de refrigeración	1000000	1	1000000
Caldera	200000	2	400000

Tabla 10. Tabla de precios de los equipos de servicio.

Equipo	Cantidad	Precio (€/unidad)	Coste total € en 2021
Compresor de aire	1	40000	40000
Bomba anti-incendio eléctrica	2	30000	60000
Bomba anti-incendio motor	2	50000	100000

El valor de los equipos de la planta será de 47,32 Millones de euros (M€). Una vez conocido este valor, se puede determinar el valor del capital inmovilizado con el método de Vian explicado anteriormente, ya que el valor del coste de los equipos será la "X" de la cual dependen el resto de las inversiones en el método.

7.2.2. Método de VIAN

Conociendo los costes por parte de los equipos presentes en la planta se puede conocer el capital inmovilizado siguiendo el método de VIAN. Al valor acumulado de las diferentes inversiones de VIAN se tendrá que añadir el coste de los terrenos que se han calculado anteriormente (5,324 M€).

El cálculo del método de VIAN se ha realizado con la unidad monetaria de millones de euros (M€) para facilitar la lectura de datos. A continuación, se muestra la **Tabla 11 y Tabla 12** de las diferentes inversiones contempladas:

Tabla 11. Costes de las inversiones por el método de VIAN asumiendo rango mínimo.

Inversión	Definición	Fórmula	Coste (M€)
I1	Maquinaria y aparatos	X	47,3288136
I2	Instalación	0,35X	16,5650848
I3	Tuberías y válvulas	0,6X (fluidos)	5,79777966
I4	Instrumentación	0,05X	2,02922288
I5	Aislamientos	0,03X	0,71022801
I6	Instalación eléctrica	0,1X	0,2485798
I7	Terrenos		5,3235
I7	Edificaciones	0,2X (interiores)	1,863225
I7	Edificaciones	0,05X (exteriores)	0,65212875

I8	Instalaciones auxiliares	0,25X	0,22824506
Y	Capital primario	ΣI_i	80,7468075
I9	Proyecto, dirección de obra y montaje	0,2Y	16,1493615
Z	Capital secundario	Y+I9	96,896169
I10	Contratista	0,04Z	3,87584676
I11	Gastos no previstos	0,1Z	9,6896169
Capital inmovilizado		Z+I10+I11	110,461633

Tabla 12. Costes de las inversiones por el método de VIAN asumiendo rango máximo.

Inversión	Definición	Fórmula	Coste (M€)
I1	Maquinaria y aparatos	X	47,3288136
I2	Instalación	0,5X	23,6644068
I3	Tuberías y válvulas	0,6X (fluidos)	28,3972881
I4	Instrumentación	0,3X	14,1986441
I5	Aislamientos	0,1X	4,73288136
I6	Instalación eléctrica	0,2X	9,46576271
I7	Terrenos		5,3235
I7	Edificaciones	0,3X (interiores)	2,66175
I7	Edificaciones	0,05X (exteriores)	1,330875
I8	Instalaciones auxiliares	0,7X	0,6654375
Y	Capital primario	ΣI_i	137,769359
I9	Proyecto, dirección de obra y montaje	0,3Y	41,3308077
Z	Capital secundario	Y+I9	179,100167
I10	Contratista	0,1Z	17,9100167
I11	Gastos no previstos	0,3Z	53,7300501

Capital inmovilizado		Z+I10+I11	250,740234
-----------------------------	--	-----------	------------

Por lo tanto, con los valores multiplicadores elegidos para calcular las diferentes inversiones obtenemos un valor del capital inmovilizado de **entre 110,5 y 250,7 M€**. Cabe destacar que el valor del VIAN es igual al valor del capital inmovilizado menos el coste de los terrenos. Posteriormente este valor del VIAN será utilizado para determinar costes de fabricación más adelante.

7.2.3. Capital circulante

El capital circulante se trata de un valor no amortizable ya que va perdiendo valor a lo largo del tiempo. Este capital se recuperará al final de la vida útil de proyecto gracias a los ingresos de la venta del óxido de etileno. Es un capital en continuo movimiento y hace referencia a la compra de los compuestos requeridos para desarrollar el proceso de producción, el gasto de personal, servicios, etc.

Su valor se puede estimar mediante diferentes métodos. En esta evaluación se ha elegido el método global:

Método global para el cálculo del capital circulante

Para llevar a cabo el método global se requiere tener el valor del capital inmovilizado. Este valor ya se ha adquirido mediante el método de VIAN. En este método, se utiliza un porcentaje del capital inmovilizado para determinar el valor del capital circulante. En concreto ese porcentaje varía entre 0,3 y 0,1.

$$CC_{\text{arriesgado}} = 0,1 \cdot 110,5 \text{ M€} = 11,1 \text{ M€}$$

$$CC_{\text{optimista}} = 0,3 \cdot 110,5 \text{ M€} = 33,1 \text{ M€}$$

$$CC_{\text{conservador}} = 0,1 \cdot 250,7 \text{ M€} = 25,1 \text{ M€}$$

$$CC_{\text{pesimista}} = 0,3 \cdot 250,7 \text{ M€} = 75,2 \text{ M€}$$

Se ha hecho un estudio con los dos rangos obtenido, planteándose cuatro escenarios de trabajo: arriesgado, utilizándose los valores mínimos, optimista, conservador y pesimista.

7.2.4. Puesta en marcha

Para la puesta en marcha normalmente se estima que habrá gastos añadidos de materias primas, servicios, mano de obra, etc. Para la planta se realiza un grandesembolso inicial para la puesta en marcha ya que trabaja en continuo y ha sido diseñada para que se trabajen con circuitos cerrados y recirculaciones. Por lo tanto, hasta que el proceso no llegue a un estado estacionario habrá materias primas, agua de servicio, electricidad y otros factores que resultaran más caros que si se estuviera operando en continuo.

Se ha elegido un porcentaje más elevado de lo normal del capital inmovilizado para destinar al presupuesto de la puesta en marcha. Concretamente se ha elegido un 10% del capital inmovilizado. Este capital no se recuperará en ningún momento.

$$CI_{\text{arriesgado}} = 1,10 \text{ M€}$$

$$CI_{\text{optimista}} = 3,31 \text{ M€}$$

$$CI_{\text{conservador}} = 2,51 \text{ M€}$$

$$CI_{\text{pesimista}} = 7,52 \text{ M€}$$

7.2.5. Inversión inicial total

Finalmente, la inversión inicial es la suma del capital inmovilizado, circulante y puesta en marcha que se han expuesto en este capítulo:

$$CT_{\text{arriesgado}} = 122,61 \text{ M€}$$

$$CT_{\text{optimista}} = 146,91 \text{ M€}$$

$$CT_{\text{conservador}} = 278,32 \text{ M€}$$

$$CT_{\text{pesimista}} = 333,48 \text{ M€}$$

7.3. Costes de producción

En este apartado se expondrá los costes de producción de la planta. Los costes de producción son aquellos que van asociados a la actividad de la planta y a su proceso operativo. Estos costes se dividen en dos grandes bloques: el conjunto de costes de fabricación (M) y los de administración y ventas (G).

Los costes de fabricación se pueden clasificar en costes directos o indirectos. Los costes directos son los que están relacionados de manera directa con el ciclo de producción de la planta (materias primas, mano de obra, ...). En cambio, los indirectos no intervienen en el ciclo de producción (mantenimiento, laboratorio, alquileres, ...).

Los costes de administración y venta tienen dos clasificaciones: variables y fijos. Los costes variables son los costes comerciales dependientes de la producción mientras que los fijos son destinados a investigación, finanzas o servicios técnicos.

Tabla 13. Subdivisiones de los costes de fabricación (M).

COSTES DE FABRICACIÓN (M)	Costes directos	Variables	(M1) Materias primas	
			(M2) Mano de obra directa	
			(M3) Patentes	
	Costes indirectos		(M4) Mano de obra indirecta	
			(M5) Servicios	
			(M6) Suministro	
			(M7) Mantenimiento	
			(M8) Laboratorio	
			(M9) Transporte	
			Fijos	(M10) Dirección y servicio técnico
				(M11) Alquileres
				(M12) Impuestos
				(M13) Seguros

7.3.1. Costes de fabricación

Tabla 14. Subdivisiones de los costes de administración y ventas.

Costes de administración y ventas (G)	Variables	(G1) Costes comerciales
	Fijos	(G2) Administración
		(G3) Investigación

7.3.1.1. Costes directos

- **Materias primas y catalizador (M1):** Para el cálculo del precio total de este apartado se han elegido valores típicos de precios de mercado de los dos reactivos que producen la reacción. El transporte de estas supone un coste cero ya que llegan por tubería de una planta cercana. Estos son los valores obtenidos:

Tabla 15. Consumo de materias primas y coste anual.

Compuesto	Precio (€/Tn)	Inicio proyecto	Consumo (kg/h)	Consumo (Tn/año)	Coste materias primas final proyecto (miles€/año)	Coste materias primas inicio proyecto (miles€/año)
NH ₃	413	240	25194,04	181397,088	10405,13852	43535,3011
NaClO	528	200	12945,66	93208,752	6835,30848	18641,7504

Por lo tanto, el valor de M1 al comienzo del proyecto estaba en 17,24 millones € mientras que con la fuerte subida en los últimos 6 meses es de 62,18 millones €.

- **Mano de obra directa (M2):** Serán el conjunto de trabajadores que intervengan directamente en el proceso productivo de la planta. En función del cargo del trabajador y de sus estudios, el salario variará. A través estándares de mercado se han determinado los diferentes salarios para los diferentes grupos de trabajadores. En el caso de esta planta en concreto, se ha

determinado una jornada laboral de 8h diarias durante 300 días al año. Se divide la plantilla en turnos sumando turno de mañana, tarde, noche y fin de semana.

Los departamentos de la empresa son:

- Departamento de Seguridad
- Departamento de Ingeniería
- Departamento de Producción
- Departamento de Control de calidad
- Departamento de Mantenimiento
- Departamento de Control de procesos
- Departamento de I+D
- Departamento Comercial y Marketing
- Departamento de Finanzas
- Departamento de RRHH
- Departamento de Logística Interna

Cada uno de los departamentos cuenta con un director y encargados. Cada uno de los departamentos tiene una cantidad de personal a su cargo para desempeñar su función encomendada. A parte de su salario, se añadirá también el coste de la seguridad social (SS) que corresponde a un 25% del salario del empleado. A continuación, se muestra la **Tabla 16** de salarios y plantilla de la planta.

Tabla 16. Cargos, sueldos brutos y coste anual de los empleados de la planta.

Puesto	Num. Trabajadores	Sueldo bruto por trabajador (miles€/año)	Seguridad Social (+25%)(miles€/año)	Coste anual para la empresa (miles€/año)
Director General	1	180	45	225
Director RRHH	1	120	30	150
Director Comunicación corporativa	1	120	30	150
Director Técnico	1	120	30	150
Director Financiero	1	150	37,5	187,5
Director de Marketing	1	110	27,5	137,5
Director de Planta	1	110	27,5	137,5
Secretaria de Dirección	1	30	7,5	37,5
Responsable de Informática	1	80	20	100
Auxiliar Administrativo	2	20	5	50
Técnico de RRRHH	2	30	7,5	75
Jefe de I+D+i	1	60	15	75
Técnico de i+D+i	2	30	7,5	75
Auxiliar Contable	2	25	6,25	62,5
Comerciales	5	30	7,5	187,5
Jefe Ingeniería	1	100	25	125
Jefe dept. producción	1	100	25	125
Jefe dept. sist. Gestión	1	90	22,5	112,5
Jefe dept. de calidad	1	100	25	125
Jefe dept. seguridad y salud	1	90	22,5	112,5
Jefe dept. mantenimiento	1	120	30	150
Jefe dept. logística	1	90	22,5	112,5
Jefe dept. compras	1	90	22,5	112,5
Jefe de planta	1	90	22,5	112,5

Operarios	10	28	7	350
Auxiliares	10	20	5	250
Jefe de turno	5	30	7,5	187,5
Responsable de calidad	1	65	16,25	81,25
Técnicos de calidad	2	30	7,5	75
Técnico de prevención	1	40	10	50
Técnico de medioambiente	1	40	10	50
Operarios MA.	3	30	7,5	112,5
Operarios mantenimiento	2	50	12,5	125
Técnicos de instrumentación	2	30	7,5	75
Transportistas	2	25	6,25	62,5
Responsable de almacén	1	40	10	50
Responsable dept. de compras	1	35	8,75	43,75

Por lo tanto, el valor de **M2** será de **4400 miles €/año**

- **Patentes (M3):** Hay que aclarar que ninguna de las patentes utilizadas tiene vigencia en estos momentos. Es por estos motivos que no se deberá pagar ningún cargo por patentes.

Costes indirectos

- **Mano de obra indirecta (M4):** Este coste es justo lo contrario a la mano de obra directa. La mano de obra indirecta se refiere a todos los trabajadores que trabajan en servicios que la planta requiere para su funcionamiento. Su valor se aproxima a entre un 15-45% de M2.

Ecuación 7. Cálculo de la mano de obra indirecta.

$$M4_{\text{mín.}} = 0,15 \cdot M2 = 660 \text{ miles €/año}$$

$$M4_{\text{máx.}} = 0,45 \cdot M2 = 1980 \text{ miles €/año}$$

- **Servicios (M5):** Este valor corresponde al consumo anual de los servicios de la planta y a su coste anual. Hay que remarcar que

estos costes son los que se generan con la planta operando en continuo. Tal y como se ha explicado anteriormente, en la puesta en marcha se requerirán mucha más cantidad de fluidos de servicio y energía. Es por eso que se ha atribuido un presupuesto elevado a la puesta en marcha.

Tabla 17. Consumo y coste anual de los servicios de planta.

Servicios	Consumo	Precio	Coste anual
Agua de red + contra incendios + refrigeración	50000 m ³ /año	1,1 €/m ³	55000
Electricidad equipos + producción	20000 kW/año	0,1 €/kWh	2000

El coste de servicios (M5) asciende a 57 miles €/año.

- **Suministro (M6):** El suministro englobaría a todos los materiales que se requieren en la planta, pero no forman parte del proceso productivo ni son servicios. Por ejemplo, material de oficina, de limpieza, material para la seguridad de los trabajadores, entre otros. Este valor se calcula mediante un porcentaje del capital inmovilizado. Su rango va desde un 0,2 a un 1,5 % del valor del capital inmovilizado:

Ecuación 8. Cálculo del coste de suministro.

$$M6_{\text{arriesgado}} = 0,002 \cdot CI_{\text{mín}} = 0,22 \text{ miles } \text{€}$$

$$M6_{\text{optimista}} = 0,002 \cdot CI_{\text{máx}} = 0,50 \text{ miles } \text{€}$$

$$M6_{\text{conservador}} = 1,5 \cdot CI_{\text{mín}} = 165,7 \text{ miles } \text{€}$$

$$M6_{\text{pesimista}} = 1,5 \cdot CI_{\text{máx}} = 376,1 \text{ miles } \text{€}$$

- **Mantenimiento (M7):** Se trataría en este caso del precio total por las reparaciones, revisiones o sustituciones de los equipos o piezas de estos. Su valor se estima que es entre un 5 y un 7% del valor del VIAN (capital inmovilizado sin terrenos). Se ha elegido en este caso un 5%.

Ecuación 9. Cálculo del coste de mantenimiento.

- $M7_{arriesgado} = 0,05 \cdot VIAN_{\min} = 5,26$ miles €
 - $M7_{optimista} = 0,05 \cdot VIAN_{\max} = 12,27$ miles €
 - $M7_{conservador} = 0,7 \cdot VIAN_{\min} = 73,6$ miles €
 - $M7_{pesimista} = 0,7 \cdot VIAN_{\max} = 171,8$ miles €
- **Laboratorio (M8):** Presupuesto utilizado para el departamento de control de calidad e investigación que se realiza en los laboratorios. Su valor se aproxima a un 5% de la mano de obra directa (M2).

Ecuación 10. Cálculo del coste de laboratorio.

$$M8 = 0,05 \cdot M2 = 0,05 \cdot 4400 \text{ miles €} = 220 \text{ miles €}$$

- **Transporte (M9):** En el caso de nuestra planta, los reactivos llegan a la planta mediante un sistema de tuberías que proviene de una planta cercana y el producto se almacena hasta que el comprador quiera transportarlo a la planta o se transporta también mediante tubería. Por lo tanto, el valor del transporte únicamente haría referencia al transporte a la gestión de residuos, al servicio y al transporte de productos.

Ecuación 11. Cálculo del coste de transporte.

$$M9 = 0,1 \cdot M2 = 0,1 \cdot 4400 \text{ miles €} = 440 \text{ miles €}$$

- **Dirección y servicio técnico (M10):** Hace referencia al coste que supone tener un equipo para solventar posibles problemas con los diferentes equipos de planta. Su coste supone hasta un 10% del valor de M2.

Ecuación 12. Cálculo del coste de dirección y servicio técnico.

$$M10 = 0,1 \cdot M2 = 0,1 \cdot 4400 \text{ €} = 440 \text{ miles €}$$

- **Alquileres (M11):** En el caso de la planta que se está evaluando únicamente se tienen alquilado el tanque de nitrógeno contratados con la empresa Carburos Metálicos. Su coste se puede observar en la **Tabla 20**.

Tabla 18. Coste anual del alquilar de los tanques de nitrógeno de la empresa Air Liquide.

Concepto	Cuota del tanque (€/mes)	Numero de tanques	Coste anual (€/año)
Nitrógeno liquido	275	1	3300

Por lo tanto, el valor de M11 será de 3300 €/año.

- **Impuestos (M12):** Se engloban todos los impuestos referidos a administración y producción de la planta sin contar los impuestos sobre el beneficio. Su valor oscilará entre un 0,5 y un 1% del capital inmovilizado. Como se trata de transacciones con Hacienda y en Effectrix Chemicals no se quiere tener problemas ni presentes ni futuros, se ha elegido el porcentaje máximo para calcular M12

Ecuación 13. Cálculo del coste anual de los impuestos.

$$M12_{\text{mín.}} = 0,10 \cdot CI_{\text{mín.}} = 0,10 \cdot 110,5 \text{ €} = 11,05 \text{ miles €}$$

$$M12_{\text{máx.}} = 0,10 \cdot CI_{\text{máx.}} = 0,10 \cdot 250,7 \text{ €} = 25,07 \text{ miles €}$$

- **Seguros (M13):** Todo el coste de los seguros contratados de las instalaciones, bienes y equipos. En este caso no se incluye la seguridad social de los empleados. Su coste corresponde a un 1% del capital inmovilizado

Ecuación 14. Cálculo del coste de los seguros.

$$M13_{\text{mín.}} = 0,10 \cdot CI_{\text{mín.}} = 0,10 \cdot 110,5 \text{ €} = 11,05 \text{ miles €}$$

$$M13_{\text{máx.}} = 0,10 \cdot CI_{\text{máx.}} = 0,10 \cdot 250,7 \text{ €} = 25,07 \text{ miles €}$$

Una vez definidos todos los valores de los costes de producción se realiza un sumatorio de todos ellos para hallar el valor de los costes de fabricación (M).

Tabla 19. Valores de las divisiones de los costes de fabricación y coste total (M) según los cuatro escenarios de trabajo propuestos.

	Concepto	Escenario arriesgado	Escenario optimista	Escenario conservador	Escenario pesimista
M1	comienzo de proyecto				
	Materias primas	17240,45	17240,45	17240,45	17240,45
M1	final de proyecto				
	Materias primas	62177,05	62177,05	62177,05	62177,05
M2	Obra directa	4400,00	4400,00	4400,00	4400,00
M3	Patentes	0,00	0,00	0,00	0,00
M4	Mano obra indirecta	660,00	660,00	1980,00	1980,00
M5	Servicios	57,00	57,00	57,00	57,00
M6	Suministro	0,22	0,50	165,69	376,11
M7	Mantenimiento	5,26	12,27	73,60	171,79
M8	Laboratorio	220,00	220,00	220,00	220,00
M9	Transporte	440,00	440,00	440,00	440,00
M10	Dirección y servicio técnico	440,00	440,00	440,00	440,00
M11	Alquileres	3300,00	3300,00	3300,00	3300,00
M12	Impuestos	11,05	11,05	22,07	25,07
M13	Seguros	11,05	11,05	22,07	25,07
M ₂₀₂₁	(miles €)	26785,02	26792,32	28360,88	28675,49
	(millones €)	26,79	26,79	28,36	28,68
M ₂₀₂₂	(miles €)	71721,63	71728,92	73297,48	73612,09
	(millones €)	71,72	71,73	73,30	73,61

Tabla 20. Porcentaje que implica la materia prima sobre M en los 4 escenarios.

% del coste en mat. prima en función del precio					
2022		0,87	0,87	0,85	0,84
2021		0,64	0,64	0,61	0,60

7.3.2. Costes de administración y ventas

Los costes de administración y ventas, también llamados costes generales (G), se dividen en 3 bloques: costes comerciales (G1), costes de administración (G2) y costes de investigación (G3). El coste de cada uno de ellos se calcula mediante un porcentaje del valor de los costes de fabricación (M), calculado en el apartado anterior. Seguidamente se expondrán la definición de cada coste y después su porcentaje respecto M y su coste individual y total.

- **Costes comerciales (G1):** son los costes asociados a la promoción del producto. Publicidad, marketing y viajes de negocios se enmarcarían en esta subdivisión. La horquilla de trabajo es entre el 5 y el 20%. Al tratarse de una planta de hidracina no hay razón para contemplar el rango alto. La baja oferta posiciona a Effectrix Chemicals como uno de los pocos proveedores de hidracina disponibles.
- **Costes de administración (G2):** se trata del coste asociado a los trámites burocráticos de gestión y administración de la planta y la empresa en general. La horquilla de trabajo se encuentra entre el 3 y el 6%. En el caso de Effectrix, por el tipo de producto, se ha usado el valor más conservador, un 6%.
- **Costes de investigación (G3):** gastos que provienen del equipo de investigación de nuevas técnicas y avances tecnológicos de potencial utilidad para la planta en un futuro. La horquilla de trabajo es del 0 al 5%. En Effectrix Chemicals somos conscientes de los avances que aún quedan por efectuar en la optimización del proceso y de la planta, por lo que se ha optado por usar el valor más alto.

Tabla 21. Cálculo de los costes generales desglosados y totales en 2021

Costes 2021	Definición	% de M	Coste anual (miles €/ año)			
			Escenario arriesgado	Escenario optimista	Escenario conservador	Escenario pesimista
G1	Comerciales	5	1339,25124	1339,61597	1418,04381	1433,77445
G2	Administración	6	1607,10149	1607,53916	1701,65257	1720,52934
G3	Investigación y servicios técnicos	5	1339,25124	1339,61597	1418,04381	1433,77445
G			4285,60397	4286,77109	4537,74018	4588,07825

Tabla 22. Cálculo de los costes generales desglosados y totales en 2022

Costes 2022	Definición	% de M	Coste anual (miles €/ año)			
			Escenario arriesgado	Escenario optimista	Escenario conservador	Escenario pesimista
G1	Comerciales	5	3586,08147	3586,44619	3664,87403	3680,60468
G2	Administración	6	4303,29776	4303,73543	4397,84884	4416,72562
G3	Investigación y servicios técnicos	5	3586,08147	3586,44619	3664,87403	3680,60468
			11475,4607	11476,6278	11727,5969	11777,935

7.3.3. Costes de producción anuales

Los costes de producción anuales que tendrá la planta serán la suma de los costes de fabricación y los costes de administración y ventas (M+G).

Tabla 23. Sumatorio de los costes de producción anuales (M+G).

Costes Producción 2021	Escenario arriesgado	Escenario optimista	Escenario conservador	Escenario pesimista
2021	31070,63	31079,09	32898,62	33263,57
2022	83197,09	83205,55	85025,08	85390,03

Así pues, el coste total de producción en el mejor de los casos será de 83,2 M€ al año mientras que podría llegar a ascender a 85,4 M€.

7.4. Estimación de ventas

En este punto, donde se conoce la inversión inicial del proyecto y todos los costes de producción de la planta, se tiene que realizar una estimación cuantificada de los ingresos que se podrán obtener por las ventas del producto estrella, la hidracina.

En futuras optimizaciones de la empresa se ha considerado la purificación de efluentes con objetivo comercial, pero está dentro de las mejoras futuras consideradas.

Actualmente el precio de mercado está en 3000 \$/Tn. Creemos que podemos competir vendiendo en zona euro al mismo precio. No hemos querido subir este valor para ser conservadores.

En la **Tabla 24** se muestran los datos de los ingresos por ventas de la planta de Effectrix Chemicals en Tarragona.

Tabla 24. Valor de los ingresos anuales por la venta de óxido de etileno producido en la planta.

Producto	Caudal (Tn/año)	Precio (€/Tn)	Ingresos (M€/año)
Hidracina	15000	2244	33,66

Así pues, si se mantiene el precio y la producción de la planta, se obtendrían cada año 33,7 M€ en concepto de ingresos. En el siguiente apartado se analizará, con los valores calculados anteriormente, la viabilidad de la planta.

7.5. Viabilidad económica de la planta

7.5.1. Net Cash Flow (NCF)

Los flujos netos de caja (NCF) representan el capital activo del que dispone el proyecto por un espacio de tiempo determinado. Este concepto financiero puede valorarse en el espacio de tiempo que se estime oportuno, en este caso se ha realizado cada año de vida útil de la planta.

Gracias a este estudio de balances económicos se podrá determinar si la planta será rentable y generará beneficios en un futuro a la empresa. Este flujo de caja tiene que asegurar que será el suficiente para pagar proveedores, acreedores e incluso valorar alguna variación en la planta o en el mercado.

Para realizar esta metodología, ha sido necesario determinar una serie de parámetros que se exponen a continuación:

- **Vida útil del proyecto:** se han realizado los cálculos teniendo en cuenta una vida útil de 15 años de la planta.
- **Periodo de construcción:** se trata del tiempo que se dedicará a la construcción de la planta. En este caso se ha decidido que sean 2 años, que es lo habitual en plantas de este calibre.
- **Impuestos:** se ha considerado un 25% de impuestos sobre el valor de la base imponible del año anterior. La base imponible es igual al valor del beneficio bruto de ese año, excepto si este es negativo que en ese caso la base imponible será 0.
- **Valor residual:** Corresponde al capital obtenido al finalizar la vida útil de la planta por la venta de terrenos y maquinaria. En este caso se ha supuesto un 5% del capital inmovilizado total.
- **Amortización:** hay diferentes métodos para el cálculo de las amortizaciones, pero en este caso se ha elegido una amortización lineal. La amortización lineal consiste en dividir el valor del capital inmovilizado que no se recupera (restando el valor residual) por el número de años que dura la planta, en este caso 15. Entonces, cada uno de los años de la planta se obtendrá el mismo coste por amortización todos los años.

Ecuación 15. Cálculo de las cuotas de las amortizaciones por el método lineal / cuotas fijas.

$$A = \frac{V_0 - V_{\text{residual}}}{t} = \frac{0,95 * 110,5}{15} = 15,9 \text{ mil } \text{€}$$

Donde:

- A = valor de la amortización lineal (€)
- V₀ = valor del capital inmovilizado (€)
- VR = valor del valor residual (€)
- t = vida útil de la planta (años)

El valor de 15,9 mil € será el valor utilizado en todos los NCF de los 15 años de operatividad de la planta.

A continuación, se muestran los NCF de los años de vida útil de la planta y el procedimiento seguido para su cálculo. El último año se recuperará el valor residual y el capital circulante.

Llegado este punto se puede afirmar que la planta no es rentable en el escenario pesimista, no obstante, sí se obtiene beneficio bruto en caso de utilizar el escenario arriesgado, suponiendo que podemos conseguir un acuerdo comercial con los proveedores y tener un precio de compra equivalente al de 2021 y fijarlo por el periodo de vida útil de la planta.

Tabla 25. Valor del NCF para los años 1 al 9 de la planta.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Capital inmovilizado	-250,740234	-250,740234							
Capital circulante (mín)	-75,2220701								
Puesta en marcha		-7,52220701							
Valor residual									
Amortizaciones			-15,8802148	-15,880215	-15,880215	-15,880215	-15,880215	-15,880215	-15,880215
Costes de producción			-33263,57	-33263,57	-33263,57	-33263,57	-33263,57	-33263,57	-33263,57
Ingresos			33660	33660	33660	33660	33660	33660	33660
Beneficio bruto / base imponible			380,55	380,55	380,55	380,55	380,55	380,55	380,55
Impuesto sobre beneficio (25%)				-95,14	-95,14	-95,14	-95,14	-95,14	-95,14
Net Cash Flow	-325,962304	-258,262441	396,43	301,29	301,29	301,29	301,29	301,29	301,29

Tabla 26. Valor del NCF para los años 10 al 18 de la planta.

Año	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Capital inmovilizado									
Capital circulante (mín)									75,2220701
Puesta en marcha									
Valor residual									12,5370117
Amortizaciones	-15,880215	-15,880215	-15,880215	-15,880215	-15,880215	-15,880215	-15,880215	-15,880215	
Costes de producción	-33263,57	-33263,57	-33263,57	-33263,57	-33263,57	-33263,57	-33263,57	-33263,57	
Ingresos	33660	33660	33660	33660	33660	33660	33660	33660	
Beneficio bruto / base imponible	380,55	380,55	380,55	380,55	380,55	380,55	380,55	380,55	
Impuesto sobre beneficio (25%)	-95,14	-95,14	-95,14	-95,14	-95,14	-95,14	-95,14	-95,14	-95,14
Net Cash Flow	301,29	301,29	301,29	301,29	301,29	301,29	301,29	301,29	-7,38

7.5.2. Valor actual neto y tasa de rentabilidad intrínseca

Una vez se conocen los flujos de caja netos anuales se procede a calcular el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa de Rentabilidad Intrínseca para medir la rentabilidad del proyecto.

- **VAN:** consiste en calcular los valores de los ingresos que se adquirirán en un futuro. Para calcular el VAN se requiere los NCF, la tasa de interés y la vida útil de la planta.

Ecuación 16. Cálculo del VAN.

$$VAN = \sum \frac{NCF_t}{(1 + i)^t}$$

Dónde

- VAN = Valor Actual Neto
- NCF_t = Net Cash Flow
- i = interés
- t = vida útil del proyecto

A continuación, se muestra la **Figura 2** donde se representa el valor del VAN en función del interés aplicado:

VAN según tipo de interés

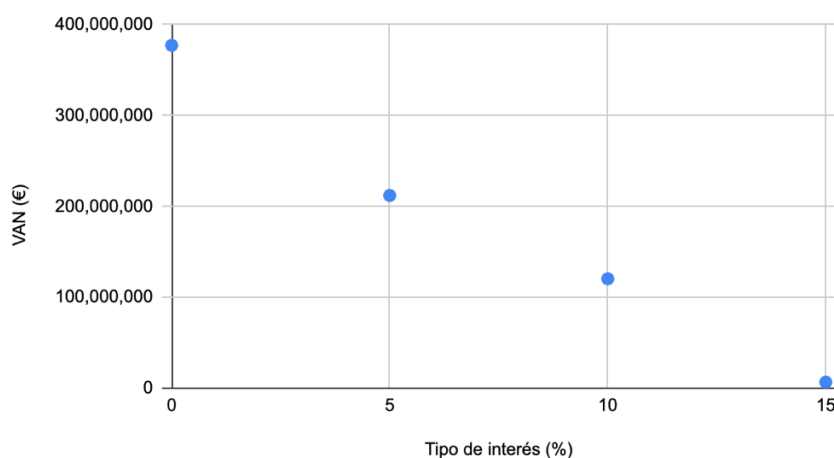


Figura 2. Representación gráfica del valor del VAN en función de la tasa de interés aplicada.

Como se puede observar en la **Figura 2**, el valor del VAN sale positivo entre lastasas de interés de un 0 a un 15 % aproximadamente.

Periodo de reembolso

El periodo de reembolso o pay-back es el tiempo que se tarda en poder recuperar la inversión inicial a través de los ingresos de la empresa. Se ha calculado con un NCF medio para poder calcular en cuantos años de operación de la planta se podría recuperar el capital invertido:

Ecuación 17. Cálculo del periodo de reembolso.

$$\text{Pay - back} = \frac{\text{NCF}_1 + \text{NCF}_2}{\text{NCF}_3 - 18} = 1,47\text{años}$$

En el caso de este estudio, el periodo de reembolso será de algo más de 1 año, por lo tanto, a partir del segundo año de operación de la planta, esta ya empezará a producir beneficios.

A continuación, se representan los NCF acumulados a lo largo de los años de operación de la planta y del proyecto en sí.

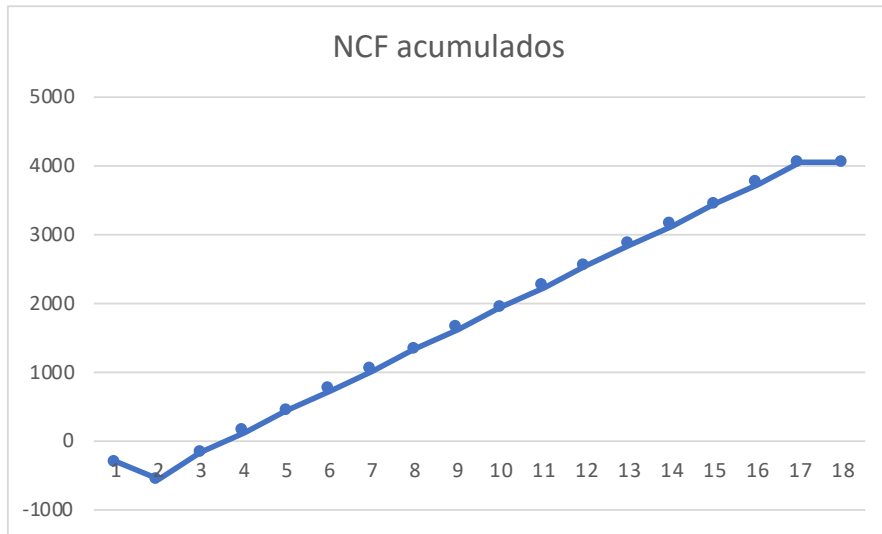


Figura 3. NCF acumulados a lo largo de la vida útil de la planta.

Como se puede observar en la **Figura 3**, en los años 1 y 2 el valor del NCF acumulado desciende, ya que es el periodo de construcción de la planta. Es por eso que, a partir del año 2, que es el primer año que la planta inicia su producción, la gráfica adquiere una tendencia positiva. Como se puede apreciar también, al 2º año el valor del NCF acumulado ya es positivo tal y como se indicaba en el resultado del periodo de reembolso.

7.6. Estudio de sensibilidad

Las fluctuaciones de materias primas están siendo sustanciales en los últimos meses y se espera que sigan al alza. El precio del producto final, si bien no se ha visto que haya oscilado, se ha estudiado que fluctuaciones en el mismo harían inviable el proyecto en las condiciones estipuladas. En caso de que el precio de venta decayera por debajo del actual habría que replantear la viabilidad. No obstante, se ha tomado el escenario pesimista para los cálculos, con lo que cabe deducir que hay un margen en este aspecto si los costes generales fueran inferiores a los previstos.