
5. EVALUACIÓN ECONÓMICA

5.1 Introducción

A continuación, se ha realizado el estudio económico de cada planta. Para el estudio de su viabilidad se han estimado los beneficios generados por esta actividad económica y se han determinado los parámetros que permiten definir si esta actividad es viable económicamente.

5.2. Inversión inicial

La inversión inicial se entiende como el capital necesario para comprar tanto bienes materiales como servicios en el periodo de desarrollo de la idea inicial y construcción de la planta para poder desarrollar la actividad de producción deseada. Esta inversión consta de los gastos previos, del capital inmovilizado y del capital circulante.

5.2.1. Gastos previos

Los gastos previos hacen referencia al capital necesario antes de empezar la implantación del proyecto, en el se incluyen los gastos derivados de la gestión administrativa o el coste de los estudios de mercado, a fin de conocer las posibilidades de venta del producto final. En esta evaluación no se ha considerado una estimación de este apartado.

5.2.2. Inmovilizado (I)

El capital inmovilizado (I) se ha determinado mediante el método de Vian [41], este método divide el cálculo del inmovilizado en diferentes apartados:

I₁: Maquinaria y equipos

I₂: Gastos de instalación de maquinaria y equipos

I₃: Tuberías y válvulas

I₄: Instrumentos de medida y control

I₅: Aislamientos térmicos

I₆: Instalación eléctrica

I₇: Terrenos y edificios

I₈: Instalaciones auxiliares (agua, vapor, luz, etc.)

Capital físico o primario: $Y = \sum I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8$

I₉: Honorarios del proyecto y dirección del montaje

Capital directo o secundario: $Z = Y + I_9$

I₁₀: Contrata de obras

I₁₁: Gastos no previstos

Inmovilizado = $Z + I_{10} + I_{11}$

A partir de este momento se van a realizar todos los cálculos económicos necesarios para las dos plantas estudiadas en este proyecto

5.2.2.1 Maquinaria y equipos (I₁)

Para la estimación aproximada de la maquinaria y equipos se ha usado la regla de Williams tomando como referencia equipos similares de otras plantas y posteriormente actualizados con los índices CEPCI (Chemical engineering plant cost index). La regla de Williams consiste en el cálculo de equipos a partir del coste del un equipo de mayor o menor capacidad mediante una ecuación que relaciona las magnitudes características del mismo con un coste conocido.

Regla de Williams:
$$C_2 = C_1 \cdot \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^b$$

C₂ = coste del equipo deseado (€)

C₁ = coste del equipo conocido (€)

M₁ = magnitud característica del equipo conocido (€)

M₂ = magnitud característica del equipo deseado (€)

b = exponente característico del equipo. Igual a 0,6 para todos los equipos

Tabla 5.1. Índices de coste

CEPCI-index					
2.005	2.006	2.007	2.008	2.009	2.010
130	138	146	160	167	172

A continuación se presentan los costes de equipos principales de cada planta.

Tanques

En esta categoría se presentan tanto los tanques de almacenamiento de productos y primeras materias como tanques de mezcla.

Tabla 5.2. Coste de tanques

Tanques Planta de fenoles	kg/h	V (m3)	C (€) 2008	C (€) 2010
Tanque almacenamiento lignina	1.655,00	145,20	473.651,99	509.175,89
Tanque pulmón Bio-oil	1.016,40	0,08	5.083,88	5.465,17
Tanque almacenamiento agua	1.008,54	121,20	424.992,21	456.866,63
Tanque almacenamiento NaOH	1.597,02	189,60	555.881,73	597.572,86
Tanque fondo extraccion	1.378,53	166,80	514.750,80	553.357,11
Tanque almacenamiento fenoles	388,02	38,16	212.443,97	228.377,27
Tanque agua refrigeracion	381,77	0,03	3.010,52	3.236,30
Tanque fondo neutral	412,00	44,40	232.653,28	250.102,28
Total				2.604.153,51

Tanques Planta de furfural	kg/h	V (m3)	C (€) 2008	C (€) 2010
Tanque almacenamiento ácido	289,84	20,16	144.868,42	155.733,55
Tanque mezcla condensados	616.744,57	53,63	260.560,08	280.102,09
Tanque almacenamiento azúcares	121.400,19	14.464,80	7.489.742,02	8.051.472,67
Tanque mezcla azúcares	738.144,76	72,04	311.053,92	334.382,96
Tanque almacenamiento tolueno	120,52	16,56	128.740,62	138.396,17
Tanque mezcla reciclo	5.746,12	0,57	17.112,90	18.396,37
Tanque almacenamiento furfural	1.411,68	169,20	519.181,98	558.120,63
Total				9.536.604,44

Se ha tomado como magnitud de referencia el volumen: $V = 357.500$ gal y su coste $C = 24.000$ €. Los tiempos de residencia elegidos para los tanques de almacenamiento es de $t_r = 5$ días y para tanques pulmón, $t_r = 5$ min.

Bombas

En esta categoría se presenta el coste de bombas y compresores. Para determinar estos costes se utilizó la regla de Willians tomando en este caso como magnitudes de referencia la potencia consumida (0,75 CV para las bombas y 8,8 CV para compresores) y el coste (1.156€ bombas y 10.000€ compresores) de cada equipo [42]. Para determinar la potencia consumida por bombas y compresores se han utilizado catálogos de suministradores. Los

modelos elegidos de cada equipo han sido: *Compact electrobomba centrífuga multietapa. Modelo Trifásica 230/400V 50Hz. COMPACT A/4* para las bombas de la planta de fenoles (Catálogo de EBARA ESPAÑA BOMBAS, S.A.); *Modelos CBX-1919 y CBX-3333* para los compresores de la planta de fenoles (Catálogo SODECA); y *Grupos de presión industriales con una o más bombas. Bomba multicelular vertical tipo EVM. Tipo de grupo AP-16-7-3* para todas las bombas de la planta de furfural excepto para las bombas de ácido, condensados, tolueno, tanque, licor y reciclaje que se ha usado el mismo modelo que en la planta de fenoles)

Tabla 5.3. Coste de bombas

Bombas Planta fenoles	Nº bombas	v (m3/h)	P (CV)	C (€) 2006	C (€) 2010
Bomba Bio-oil	1,00	0,91	0,40	795,16	991,07
Bomba agua	1,00	1,02	0,40	795,16	991,07
Bomba orgánicos	1,00	0,55	0,40	795,16	991,07
Bomba NaOH	1,00	1,58	0,40	795,16	991,07
Bomba fenoles	1,00	1,75	0,40	795,16	991,07
Bomba fenoles finales	1,00	0,32	0,40	795,16	991,07
Bomba agua refrigeración	1,00	0,38	0,40	795,16	991,07
Compresor de aire	1,00	9.459,00	4,02	6.249,51	7.789,25
Compresor 02	1,00	1.657,47	1,47	3.423,02	4.266,37
Compresor 03	1,00	1.656,93	1,47	3.423,02	4.266,37
Compresor 04	1,00	205,68	1,47	3.423,02	4.266,37
Compresor reciclaje gas	1,00	185,11	1,47	3.423,02	4.266,37
Total					31.792,23

Bombas Planta furfural	Nº grupo bombas	Nº bombas	v (m3/h)	P (CV)	C (€) 2006	C (€) 2010
Bomba ácido	-	1	0,17	0,40	795,16	991,07
Bomba condensados	-	2	14,97	0,40	795,16	1.982,15
Bomba fondo filtro	4	12	698,12	10,00	5.469,17	81.799,69
Bomba mezcla	4	12	745,80	10,00	5.469,17	81.799,69
Bomba P1	4	12	745,80	10,00	5.469,17	81.799,69

Bomba azúcares	1	3	120,54	10,00	5.469,17	20.449,92
Bomba salida tanque MX1	5	15	864,52	10,00	5.469,17	102.249,62
Bomba previo reactor	5	15	864,52	10,00	5.469,17	102.249,62
Bomba salida reactor	5	15	965,10	10,00	5.469,17	102.249,62
Bomba tolueno	-	1	0,14	0,40	795,16	991,07
Bomba tanque	-	1	6,89	0,40	795,16	991,07
Bomba licor	-	2	8,03	0,40	795,16	1.982,15
Bomba pasta	4	12	778,64	10,00	5.469,17	81.799,69
Bomba reciclo	-	1	6,75	0,40	795,16	991,07
Total						662.326,15

Intercambiadores de calor

Para determinar el coste de los intercambiadores se ha utilizado la expresión de transferencia de calor:

$$Q = U \cdot A \cdot DTLM$$

Q = Calor transferido, cal/s

U = Coeficiente global de transferencia, cal/(s·cm²·K)

DTLM = Diferencia Media logarítmica de temperatura, K

A partir de esta expresión, tomando como hipótesis el mismo valor del coeficiente U para todos los intercambiadores, U= 0,0203 cal/(s·cm²·K) y con un valor Q proporcionado por Aspen se calcula el área de transferencia. Finalmente para estimar el coste de cada intercambiador se ha escalado a partir del coste conocido (47.457 €) de un intercambiador de 68 m²

Tabla 5.4 Coste intercambiadores

Intercambiador P. fenoles	DTLM, °C	Q, cal/s	A, m2	C (€, 2006)	C (€, 2010)
Intercambiador H1	23,05	1.088.357	233,10	99.385,59	123.871,90
Intercambiador H2	41,10	980.259	117,78	177.075,51	220.702,81
Intercambiador H2c	24,00	549.572	111,75	63.936,95	79.689,53
QCOOLER	81,39	120.921	7,32	4.229.568	5.271.635

Total	5.695.899,23
--------------	---------------------

Intercambiador P. furfural	DTLM, °C	Q, cal/s	A, m2	C (€, 2006)	C (€, 2010)
Intercambiador H1	36,59	105.169.514	14.159,86	1.167.966,23	1.455.726,02
Intercambiador H2	10,34	10.382.594	4.946,62	621.412,58	774.514,23
Intercambiador H3	61,08	21.034.827	1.696,45	326.978,47	407.538,38
Intercambiador H3A	14,29	110.771.568	38.180,44	2.117.870,78	2.639.665,03
Intercambiador H5	12,93	37.282,00	14,20	18.542,77	23.111,28
Condensador CD	11,82	164.943,00	68,73	47.763,57	59.531,40
Hervidor CD	48,27	82.036,00	8,37	13.505,11	16.832,46
Total					5.376.918,81

Para los calentamientos realizados en la planta de fenoles (H1, H2, H2c) se ha usado la corriente de gases procedente de la combustión de char debido a su alto nivel térmico. Para los enfriamientos (QCOOLER) sí se ha tenido que considerar una corriente de agua de refrigeración a 25°C y 1bar.

En la planta de furfural, para los calentamientos (H1, H2, Hervidor) se ha utilizado una corriente de vapor sobrecalentado (5 bar, 250°C) ya que en este caso ninguna corriente de proceso tenía el nivel térmico correspondiente para ser usada como fuente de calor. Para los enfriamientos (H3, H5, Condensador CD) se ha utilizado la corriente de alimentación de azúcares (XILOSOU) (figura 5.1) aunque en el caso de H3 ha sido necesario otro intercambiador H3A en el que se ha usado una corriente de agua de refrigeración para alcanzar la temperatura deseada (figura 5.2).

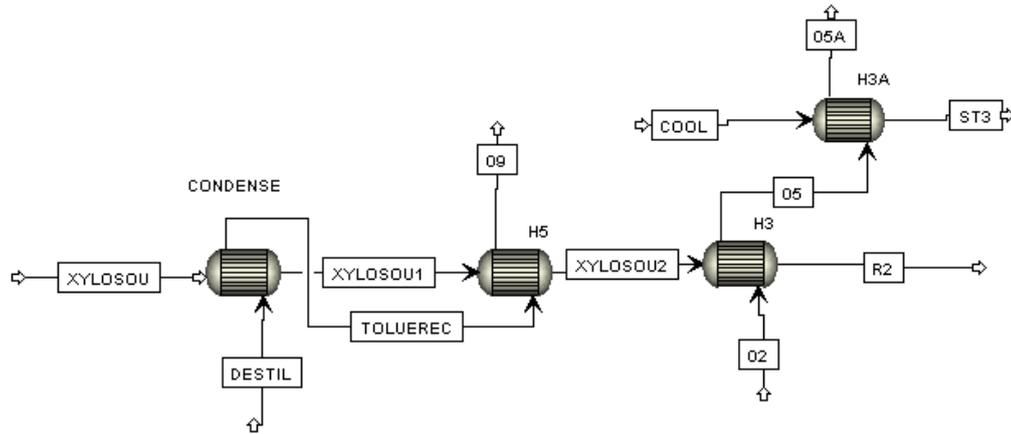


Figura 5.1. Distribución simplificada 1 de intercambiadores en la planta de furfural.

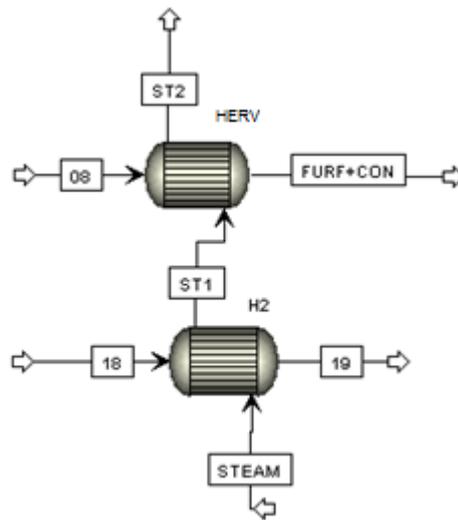


Figura 5.2. Distribución simplificada 2 de intercambiadores en la planta de furfural.

Tornillos sin fin

En esta categoría se presenta el coste del transporte de sólidos en la planta de fenoles. Se ha tomado como magnitud de referencia el flujo másico por falta de datos. $M = 19.221 \text{ kg/h}$; $C = 121.000 \text{ €}$.

Tabla 5.5. Coste de tornillos sin fin

Tornillos fenoles	kg/h	C (2008)	C (2010)
Tornillo sin fin lignina	1.655,00	23.191,81	24.931,19
Tornillo sin fin 11	1.436,41	21.302,16	22.899,82
Total			47.831,01

Evaporadores

Teniendo en cuenta el coste de un flash vessel que procesa 64.015 kg/h es de 1.220.000 € se determina el coste de los evaporadores en la planta de fenoles.

Tabla 5.6 Coste evaporadores

Evaporadores fenoles	kg/h	C (2008)	C (2010)
Evaporador Lignina	1.655,00	136.103,59	146.311,36
Evaporador fenoles	1.831,43	144.632,38	155.479,81
Total			301.791,17

Reactor, ciclón y caldera

Los costes del reactor, ciclón y caldera de la planta de fenoles se han estimado usando la página web <http://www.matche.com/EquipCost/> ya que no se disponían de equipos de referencia para estos casos. Los costes de esta página son expresados en dólares americanos (US \$) y se ha usado una equivalencia de 1€/1,35 \$.

Tabla 5.7 Coste reactor, ciclón y caldera

Planta fenoles	v (m3/h)	m (kg/h)	V (m3)	C (€) 2007	C (€) 2010
Reactor pirólisis	1,657,47	-	0,83	47.629,63	56.111,62
Caldera	-	12.066,74	-	2.815.629,63	3.317.043,13
Total					3.373.154,74

Planta fenoles	kg/h	C (€) 2007	C (€) 2010
Ciclón	2.010,98	2.814,81	3.316,08
Total			3.316,08

El tiempo de residencia para el reactor de pirólisis es $t_r = 2s$ (con este dato se ha calculado el volumen del reactor a partir del flujo volumétrico dado por Aspen). Para estimar el coste del reactor se ha especificado un tipo de reactor encamisado. De acero inoxidable (AISI 316) a presión atmosférica y una

capacidad de 219 galones. Para estimar el coste de la caldera se ha especificado una caldera de carbón de acero al carbono de capacidad 26.602,74 lb/h. Y el ciclón se ha especificado como un ciclón de acero al carbono.

Torres de extracción

Para estimar el coste de las torres de extracción se ha optado por aproximarla a una torre de destilación de la que se conoce su capacidad 53.019,81 kg/h y su coste 2.451.800 €.

Tabla 5.8 Coste intercambiadores

Torres extracción P. fenoles	kg/h	C (€) 2009	C (€) 2010
Torre extracción H ₂ O	2.024,94	358.365,15	369.094,65
Torre extracción NaOH	2.243,43	381.088,63	392.498,47
Total			761.593,11

Torres P. Furfural	kg/h	C (€) 2009	C (€) 2010
Torre destilación	7.037,27	729.902,07	751.755,42
Torre Flash	750.096,16	12.019.663,35	12.379.533,51
Total			13.131.288,94

Reactores

Para estimar el coste de los reactores de la planta de furfural también se ha utilizado la página: <http://www.matche.com/EquipCost/>. Para el reactor de furfural se ha especificado un reactor encamisado de acero inoxidable (AISI 316) con 900 psi de presión interna y a presión atmosférica para el reactor de extracción.

Tabla 5.9. Coste reactores

Planta furfural	v (m ³ /h)	V (m ³)	C (€) 2007	C (€) 2010
Reactor furfural	965,10	965,10	5.520.296,30	6.503.362,76

Reactor extracción	786,67	393,34	716.814,81	844.466,77
Total	7.347.829,53			

Los tiempos de residencia tomados son $t_r = 60$ min para el reactor de transformación de azúcares a furfural y $t_r = 30$ min para el de extracción.

Filtro

Se ha determinado el coste del reactor en la planta de furfural tomando como magnitud de referencia el flujo másico de un filtro conocido. $M = 43.862$ kg/h; $C = 987.000$ €.

Tabla 5.10. Coste filtro

Filtro P. furfural	kg/h	C (€) 2008	C (€) 2010
Filtro	746.394,40	5.405.616,57	5.811.037,81
Total			5.811.037,81

Coste total maquinaria y equipos

En la siguiente tabla se presenta el coste total de equipos de ambas plantas.

Tabla 5.11. Coste total equipos

Coste total equipos (€)	
Planta fenoles	12.819.531,09
Planta furfural	41.866.005,67

5.2.2.2 Gastos en la instalación de los equipos (I_2)

Las necesidades de instalación de equipos en este proyecto resultan una parte importante, debido a la gran cantidad de equipos y sus grandes dimensiones. Se tienen en cuenta la instalación, los accesorios, el material, los soportes, las escaleras de acceso, así como el transporte hasta la zona de instalación.

Si el valor típico de gastos de instalación es aproximadamente un 20 % de I_1 , maquinaria y equipos, se ha considerado un porcentaje mayor, un 30% debido a las causas antes mencionadas.

En este apartado, de gastos de instalación, se ha de incluir la mano de obra para la instalación, debido a este término, se considera finalmente que I_2 es un 50% del valor de la maquinaria.

$$I_2 (\text{Fenoles}) = 6.409.765 \text{ €}$$

$$I_2 (\text{Furfural}) = 20.933.002 \text{ €}$$

5.2.2.3 Tuberías y válvulas (I_3)

Este apartado incluye tuberías, accesorios y válvulas. Para el cálculo de I_3 se tiene en cuenta tanto la compra como la instalación. Valor típico de I_3 es de 10 % de I_1 para sólidos y 60 % para fluidos, como en la planta se trabaja tanto con fluidos como con sólidos se ha elegido el valor del 45% de I_1 .

$$I_3 (\text{Fenoles}) = 5.768.789 \text{ €}$$

$$I_3 (\text{Furfural}) = 18.839.703 \text{ €}$$

5.2.2.4 Instrumentos de medida y control (I_4)

Las necesidades de instrumentación y control en la planta son elevadas, y el porcentaje que se le dedica varía dependiendo del grado de automatización de la planta. Valor típico de I_4 es del 15% de I_1 y se ha elegido el valor del 25% de I_1 , debido al grado de automatización elevado.

$$I_4 (\text{Fenoles}) = 3.204.883 \text{ €}$$

$$I_4 (\text{Furfural}) = 10.466.501 \text{ €}$$

5.2.2.5 Aislamientos térmicos (I_5)

Las necesidades de aislantes térmicos tanto de material como de mano de obra no son excesivamente elevadas. Valor típico de I_5 es del 7% de I_1 y se ha elegido este valor ya que siempre se necesita aislante, aunque sea por motivos de seguridad.

$$I_5 (\text{Fenoles}) = 897.367 \text{ €}$$

$$I_5 (\text{Furfural}) = 2.930.620 \text{ €}$$

5.2.2.6 Instalación eléctrica (I_6)

Las necesidades de material eléctrico como motores, conductores, equipos de arranque y subestaciones transformadoras son estándar. El rango típico de I_6 es del 10-20% de I_1 y se ha elegido el valor del 15% de I_1 , valor estándar.

$$I_6 \text{ (Fenoles)} = 1.922.930 \text{ €}$$

$$I_6 \text{ (Furfural)} = 6.279.901 \text{ €}$$

5.2.2.7 Terrenos y edificios (I_7)

Incluye el precio de nivelación del terreno y la construcción de los edificios. Para el valor de edificios y aclimatación del terreno se supone un valor estándar el 15% de I_1 .

$$I_7 \text{ (Fenoles)} = 1.922.930 \text{ €}$$

$$I_7 \text{ (Furfural)} = 6.279.901 \text{ €}$$

5.2.2.8 Instalaciones auxiliares (I_8)

Incluye las instalaciones y la instalación de los siguientes servicios: agua de refrigeración, vapor, gas natural, aire comprimido, calefacción, iluminación. El rango típico de I_8 es del 25-70% de I_1 y se ha elegido el valor del 50% de I_1 , ya que se requieren muchos servicios, muchos equipos y grandes instalaciones de servicios.

$$I_8 \text{ (Fenoles)} = 6.409.766 \text{ €}$$

$$I_8 \text{ (Furfural)} = 20.933.003 \text{ €}$$

5.2.2.9 Capital físico primario

Resulta de sustituir todos los valores obtenidos en la siguiente expresión:

$$Y = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6 + I_7 + I_8$$

$$Y \text{ (Fenoles)} = 26.536.429 \text{ €}$$

$$Y \text{ (Furfural)} = 86.662.632 \text{ €}$$

5.2.2.10 Honorarios del proyecto y dirección del montaje (I₉)

Corresponde a los gastos que ocasiona la dirección del montaje y de las gestiones realizadas para la compra de los equipos. El valor típico de I₉ es del 20% de Y.

$$I_9 \text{ (Fenoles)} = 5.307.286 \text{ €}$$

$$I_9 \text{ (Furfural)} = 17.332.526 \text{ €}$$

5.2.2.11 Capital secundario

Resulta de sustituir los valores anteriores en la expresión siguiente

$$Z = Y + I_9$$

$$Z \text{ (Fenoles)} = 31.843.715 \text{ €}$$

$$Z \text{ (Furfural)} = 103.995.158 \text{ €}$$

5.2.2.12 Contrata de obras (I₁₀)

Esta parte del inmovilizado se refiere a la contrata de obras necesarias para la edificación. El valor típico de I₁₀ es del 7% de Z.

$$I_{10} \text{ (Fenoles)} = 2.229.060 \text{ €}$$

$$I_{10} \text{ (Furfural)} = 7.279.661 \text{ €}$$

5.2.2.13 Gastos no previstos (I₁₁)

Aquí se incluyen todos aquellos parámetros que hayan podido eludirse o posibles gastos imprevistos. El valor típico de I₁₁ es del 20% de Z.

$$I_{11} \text{ (Fenoles)} = 6.368.743 \text{ €}$$

$$I_{11} \text{ (Furfural)} = 20.799.032 \text{ €}$$

Tabla 5.12. Cálculo de inmovilizado

Tipo de inmovilizado (I)	%	Valor MM€	
		P. Fenoles	P. Furfural
I1: Maquinaria y equipos	100% (I1)	12,82	41,87
I2: Gastos de instalación	50% (I1)	6,41	20,93
I3: Tuberías y válvulas	45% (I1)	5,77	18,84

I4: Instrumentación y control	25% (I1)	3,20	10,47
I5: Aislamientos térmicos	7% (I1)	0,90	2,93
I6: Instalación eléctrica	15% (I1)	1,92	6,28
I7: Terrenos y edificios	15% (I1)	1,92	6,28
I8: Instalaciones auxiliares	50% (I1)	6,41	20,93
I9: Honorarios del proyecto y dirección del montaje	20% (Y)	5,31	17,33
I10: Contrata de obras	7% (Z)	2,23	7,28
I11: Gastos no previstos	20% (Z)	6,37	20,80
Total		53,26	173,94

5.2.3 Capital circulante (CC)

El capital circulante se relaciona con la inversión inicial debido a que es necesario realizar una primera inversión en diferentes costes materiales como materias primas y servicios para comenzar la producción. Este dinero se destina a diferentes pagos para poder hacer el ciclo productivo y finalmente vender el producto, después de empezar la actividad económica. También es necesario este capital para poder hacer frente a los pagos de carácter inmediato.

Para poder establecer un valor del capital en circulante, se aplica que es del 10-30% del inmovilizado, el valor estándar es del 20%.

$$\text{CC (Fenoles)} = 10.652.210 \text{ €}$$

$$\text{CC (Furfural)} = 34.787.971 \text{ €}$$

Una vez establecido el valor de los apartados que componen la inversión inicial, se realiza el cálculo de ésta

Tabla 5.13. Cálculo del Capital circulante

Tipo de inversión	%	MM€	
		Fenoles	Furfural
Inmovilizado	100% (I)	53,26	173,94
Capital Circulante	20% (I)	10,65	34,79

5.3 Estimación de los costes de producción

5.3.1. Introducción

Para la estimación de costes de producción se ha utilizado el método de Vian.

Este método separa los costes en diferentes apartados:

- Costes de fabricación.
- Costes de gerencia y administración

5.3.2. Costes de fabricación (M)

Para establecer los costes de fabricación se realiza un estudio de los costes principales:

5.3.2.1 Materias primas (M₁)

El primer término de los costes de fabricación deriva del coste de las materias primas. En este apartado no se van a considerar el coste de lignina en la planta de fenoles ni de la corriente de azúcares en el caso de la planta de furfural debido a que estas plantas sólo serían rentables si formasen parte de un complejo de procesos cuyo núcleo central fuese el proceso de hidrólisis enzimática. Sin embargo sí se ha considerado el coste de otras sustancias que intervienen en cada planta.

Mediante la consulta en la web *ISIS Pricing*, se ha hecho una estimación del coste anual de las materias primas.

Tabla 5.14. Coste materias primas en la planta de fenoles

Materia	Precio unitario (€/t)	Consumo (T/año)	Coste (€/año)
NaOH (escamas)	368,00	501,00	184.368,00
Agua proceso	0,10	7.987,60	798,76
Agua dilución	0,10	12.147,30	1.214,73
Total (M₁)			186.381,49

Tabla 5.15. Costes materias primas en la planta de furfural

Materia	Precio unitario (€/T)	Consumo (T/año)	Coste (€/año)
Ácido sulfúrico (98%)	72,00	2.295,53	165.278,16
Tolueno	342,00	954,52	326.445,84
Total (M₁)			491.724,00

Se ha considerado que cada planta opera 330 días al año durante 24 horas al día.

5.3.2.2 Mano de obra (M₂) [43]

Incluye los sueldos de los obreros y/o empleados cuyos esfuerzos están directamente asociados al producto elaborado. En procesos muy mecanizados (por ejemplo, plantas industriales), este rubro representa menos del 10% del costo de producción, pero en operaciones de considerable manipuleo puede llegar a superar el 25%. En este trabajo se va a considerar que en cada planta trabajan 35 personas con un salario mensual de 1.200 €. El coste generado por la mano de obra se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 5.16. Coste mano de obra

Planta	Nº trabajadores	Salario (€/mes)	Nº Pagas	Coste (€/año)
Fenoles	35	1.200	14	588.000,00
Furfural	35	1.200	14	588.000,00

5.3.2.3 Mano de obra indirecta (M₃)

El coste de fabricación derivado de la mano indirecta hace referencia al coste generado por la plantilla de encargados, supervisores, personal de vigilancia, etc. El rango típico de este coste es 10-25% de M₂, se ha considerado un valor estándar, el 12 % de M₂.

$$\text{MO indirecta (Fenoles)} = 70.560 \text{ €/año}$$

$$\text{MO indirecta (Furfural)} = 70.560 \text{ €/año}$$

5.3.2.4 Servicios generales (M₄)

En este apartado se considera el coste generado por consumos de servicios y suministros energéticos.

Tabla 5.17. Coste de servicios generales en la planta de fenoles

Servicio	Precio unitario (€)	Consumo	Producción (t/año)	Coste
Electricidad	0,04 €/kWh	260 kWh/t	3.073,12	31.960,45
Gas Natural	301 €/t	35,92 kg/h	284,49	85.630,41
Total				117.590,85

Tabla 5.18. Coste de servicios generales en la planta de furfural

Servicio	Precio unitario (€)	Consumo	Producción (t/año)	Coste (€/año)
Electricidad	0,04 €/kWh	950 kWh/t	11.135,84	423.161,80
Gas Natural	301 €/t	1.240 kg/h	9.820,80	2.956.060,80
Agua refrigeración	3 €/t	59.000 kg/h	467.280,00	1.401.840,00
Total				4.781.062,60

Para determinar las necesidades de gas natural se ha contabilizado el calor neto de todos los equipos de intercambio de calor de cada planta: Heater, condensadores, evaporadores y hervidores. Se ha determinado el flujo másico de vapor necesario considerando una eficiencia del 90%. Posteriormente se ha estimado el consumo de gas natural a partir del flujo de vapor partiendo de los siguientes datos:

- Entalpía: 2.785 kJ/kg
- Cociente: MJ/h (vapor)/ MJ/h (gas natural) = 0,9
- Poder calorífico del gas natural = 45,1 MJ/kg
- Precio gas natural = 301€/

A continuación se muestra el calor neto en cada planta

Tabla 5.19. Calores netos

Equipo	Energía (cal/s)	Equipo	Energía (cal/s)
H1	103.169.514,00	Secador	34.230,39
H2	10.382.594,00	H1	88.357,00
H3	-21.034.827,00	H2	80.259,00
H3A	-110.771.568,00	Pirólisis	1.189.001,45
H4	529,06	Tren enfriamiento	-121.258,00
H5	-37.282,00	Evaporador	247.104,40
Hervidor	82.036,00	H2 comb.	549.573,00
Condensador	-164.943,00	Caldera	-2.005.555,55
Neto (furfural)	-18.373.946,94	Neto (fenoles)	61.711,69

La potencia necesaria para las plantas de furfural (950 kWh/t) y fenoles se han escalado a partir de la potencia de una planta existente de capacidad conocida.

5.3.2.5 Suministros (M_5)

El coste de fabricación derivado de los suministros hace referencia a la adquisición de forma regular de materiales que no son materias primas, como lubricantes, herramientas, vestuario, etc. El rango típico de este coste es 0,1-1,5% de I, se ha considerado un valor estándar, el 0,3 % de I (coste de inmovilizado).

$$M_5 (\text{Fenoles})= 159.783 \text{ €}$$

$$M_5 (\text{Furfural})= 521.819 \text{ €}$$

5.3.2.6 Mantenimiento (M_6)

El coste de fabricación derivado del mantenimiento hace referencia a las revisiones anuales, la sustitución de piezas o reparaciones por posibles problemas. El rango típico de este coste es 5-7% de I, se ha considerado un valor del 5 % de I (coste de inmovilizado).

$$M_6 (\text{Fenoles})= 2.663.052 \text{ €}$$

$$M_6 (\text{Furfural})= 8.696.993 \text{ €}$$

5.3.2.7 Laboratorio (M_7)

El coste de fabricación derivado del laboratorio hace referencia a controles de calidad tanto del producto como de las materias primas. El rango típico de este coste es 5-25% de M_2 , se ha considerado un valor estándar, el 10 % de M_2 .

$$M_7 (\text{Fenoles})= 58.800 \text{ €}$$

$$M_7 (\text{Furfural})= 58.800 \text{ €}$$

5.3.2.8 Envasado (M_8)

El coste de fabricación derivado del envasado se supone nulo debido a que la mayoría del producto se distribuye mediante camiones.

5.3.2.9 Expedición (M_9)

El coste de fabricación derivado de la expedición hace referencia a los costes de transporte y de venta del producto. Se ha considerado un valor estándar, el 0,12 % de l.

$$M_9 (\text{Fenoles})= 63.913 \text{ €}$$

$$M_9 (\text{Furfural})= 208.728 \text{ €}$$

5.3.2.9 Directivos y empleados (M_{10})

El coste de fabricación derivado de directivos y empleados hace referencia al salario del equipo directivo y técnico. El rango típico de este coste es 15-40% de M_2 , se ha considerado un valor del 15% de M_2

$$M_{10} (\text{Fenoles})= 88.200 \text{ €}$$

$$M_{10} (\text{Furfural})= 88.200 \text{ €}$$

5.3.2.10 Alquiler (M_{11})

No existe alquiler de instalaciones.

5.3.2.11 Tasas e impuestos de fabricación (M_{12} y M_{13})

El coste de fabricación derivado de tasas e impuestos hace referencia a pagos administrativos no atribuibles a beneficios. El rango típico de este coste es 0,5-1% de I, se ha considerado un valor del 0,5% de I.

$$M_{12} \text{ y } M_{13} \text{ (Fenoles)} = 266.305 \text{ €}$$

$$M_{12} \text{ y } M_{13} \text{ (Furfural)} = 869.699 \text{ €}$$

5.3.2.12 Aseguradoras (M₁₄)

El coste de fabricación derivado de las aseguradoras hace referencia al hecho de asegurar tanto instalaciones como equipos y edificios de la planta. Se ha considerado un valor estándar, el 0,5% de I.

$$M_{14} \text{ (Fenoles)} = 266.305 \text{ €}$$

$$M_{14} \text{ (Furfural)} = 869.699 \text{ €}$$

Una vez explicado en qué consisten los costes generados por la fabricación, se hace una estimación de este coste, en la siguiente tabla se pueden ver los resultados.

Tabla 5.20. Coste de fabricación

Coste de fabricación (M)	%	Coste (€/año)	
		P. Fenoles	P. Furfural
M1: Materias primas	M1	186.381,49	491.724,00
M2: Mano de obra	M2	588.000,00	588.000,00
M3: Mano de obra indirecta	12% (M2)	70.560,00	70.560,00
M4: Servicios generales	M4	117.590,85	4.781.062,60
M5: Suministros	0,3% (I)	159.783,15	521.819,57
M6: Mantenimiento	5% (I)	2.663.052,47	8.696.992,82
M7: Laboratorio	10% (M2)	58.800,00	58.800,00
M8: Envasado	0,00	0,00	0,00
M9: Expedición	0,12% (I)	63.913,26	208.727,83
M10: Directivos y empleados	15% (M2)	88.200,00	88.200,00
M11: Alquiler	0,00	0,00	0,00
M12 y M13: Tasas e impuestos de fabricación	0,5% (I)	266.305,25	869.699,28
M14: Aseguradoras	0,5% (I)	266.305,25	869.699,28

Total		4.528.891,72	17.245.285,38
--------------	--	---------------------	----------------------

5.3.3. Costes de gerencia y administración (G)

5.3.3.1 Gastos comerciales (G₁)

Se refiere al coste derivado de los gastos de venta del producto. Se tienen en cuenta factores como el personal comercial, el marketing destinado al producto, a los viajes realizados por ventas, etc. Se ha considerado un valor estándar, el 10% de M.

$$G_1 (\text{Fenoles})= 452.889 \text{ €}$$

$$G_1 (\text{Furfural})= 1.724.529 \text{ €}$$

5.3.3.2 Costes administrativos (G₂)

Este coste considera el gasto administrativo de los diferentes departamentos así como el sueldo del gerente, empleados de administración, oficinas. El rango típico de este coste es 2-6% de M, se ha considerado un del 3% de M.

$$G_2 (\text{Fenoles})= 135.867 \text{ €}$$

$$G_2 (\text{Furfural})= 517.359 \text{ €}$$

5.3.3.3 Gastos financieros (G₃)

Gasto que se destina a los intereses del préstamo hipotecario del banco. No se ha considerado este apartado, se supone que el préstamo proviene de los inversores o empresas que son los propietarios de la planta.

5.3.3.4 Investigación y servicio técnico (G₄)

Se refiere al coste derivado de investigación y para estudios que permitan adaptar el producto a la demanda de los clientes y asesorarlos de la mejor manera. Los recursos que se destinan para investigación corresponden a un coste del 1% de las ventas y el destinado a asesoramiento un 0,75 % de M, como valores típicos.

$$G_4 (\text{Fenoles})= 33.967 \text{ €}$$

$$G_4 (\text{Furfural})= 129.339 \text{ €}$$

Tabla 5.21. Coste de gerencia

Coste de gerencia y administración	%	Coste (€)	
		P. Fenoles	P. Furfural
G1: Gastos comerciales	10% (M)	452.889,17	1.724.528,54
G2: Costes administrativos	3% (M)	135.866,75	517.358,56
G3: Gastos financieros	0,00	0,00	0,00
G4: Investigación y servicio técnico	0,75% (M)	33.966,69	129.339,64
Total		622.722,61	2.371.226,74

Por lo tanto los costes de producción generales son los siguientes:

Tabla 5.22. Coste de producción

Costes de producción	Coste (€)	
	P. Fenoles	P. Furfural
Coste de gerencia y administración	622.722,61	2.371.226,74
Coste de fabricación	4.528.891,72	17.245.285,38
Total	5.151.614,33	19.616.512,12

5.4 Ventas y rendimientos de la planta

5.4.1. Estimación de los ingresos por ventas

Para realizar un estudio del rendimiento económico en primer lugar es necesario un estudio de los ingresos por ventas de los productos comercializados por cada planta. Para la estimación de precios se han hecho consultas de distintas webs de mercado de subproductos. [44], [45], [42]

Tabla 5.23. Ingresos por ventas

Materia	Precio (€/t)	Producción (t/año)	Coste (€/año)
Fenoles	1.341,00	3.073,12	4.121.053,92
Total			4.121.053,92

Materia	Precio (€/t)	Producción (t/año)	Coste (€/año)
Furfural	2.091,00	11.135,92	23.285.208,72
Total			23.285.208,72

5.4.2. Estudio del rendimiento económico

Para determinar el rendimiento y la viabilidad económica de la planta se realizan los estudios de la determinación del net cash flow, VAN y TIR.

5.4.2.1. Net cash flow (NCF)

El método del Net cash flow consiste en un estudio de los flujos de caja para 15 años de actividad productiva, más los de puesta a punto y venta, contando los impuestos.

Se calculan los flujos de caja realizados por la actividad de producción y comercialización tanto de fenoles como de furfural durante 16 años, contando el tiempo necesario para la construcción, 1 año y el periodo productivo estimado de la planta. Los flujos de caja se definen por la siguiente fórmula:

$$NCF_N = (-I - CC + R + X)_N + (V - C)_N - tasa_I \cdot (V - (C + A))_{N-1} \quad (1)$$

Siendo la amortización:

$$A = (I - R) / t_v \quad (2)$$

N = año N

I = inversión

CC = capital circulante

R = valor residual de la planta

X = otros ingresos (subvenciones,...)

V = ventas

C = costes

tasa_I = factor de impuestos para hacienda (entorno al 0,35)

A = amortización de la inversión.

t_v = periodo de amortización (10 años)

La forma de amortizar la inversión puede ser variada, lineal donde se destina el mismo capital uniformemente a lo largo de los años; y regresiva, donde se destina más capital en los primeros años.

Para el cálculo del NCF se ha elegido una amortización lineal pero donde el periodo de amortización sea inferior al estimado de vida útil de la fábrica, 10 años.

Los flujos de caja generados por la producción de fenoles y furfural se muestran en las tablas 5.24 y 5.25.

Tabla 5.24. Cálculo de NCF en la planta de fenoles

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Inmovilizado	-26,63	- 26,63															
Valor residual																	10,65
Capital circulante		- 10,65															10,65
Ventas		4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	
Costes		-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	
Ventas - Costes		-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	
NCF sin impuestos	-26,63	- 39,34	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	21,30
Ventas		4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	4,12	
Costes		-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	
Ventas - Costes		-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	
Amortización		-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficios brutos		-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	
Base imponible		-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-6,36	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	
Impuestos (35%)																	0,00
NFC	-26,63	- 39,34	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	-1,03	21,30

Tabla 5.25. Cálculo de NCF en la planta de furfural

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Inmovilizado	-86,97	-86,97															
Valor residual																	34,79
Capital circulante		-34,79															34,79
Ventas		23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	
Costes		-19,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ventas - Costes		3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	
NCF sin impuestos	-64,47	-118,07	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	69,58
Ventas		23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	23,30	
Costes		-19,61	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Ventas - Costes		3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	
Amortización		-17,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficios brutos		-13,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	
Base imponible		-13,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	
Impuestos (35%)																	0,00
NFC	-64,47	-118,07	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	3,69	69,58

Como se puede observar en las tablas anteriores los NCF no son viables desde un punto de vista económico. En la planta de fenoles las ventas son inferiores a los costes, es decir no se obtendría ningún beneficio por lo que habría que aumentar la producción o aumentar el precio del producto.

En la planta de furfural las ventas son superiores a los costes pero el beneficio en los 10 primeros años no es lo suficientemente elevado teniendo en cuenta la amortización de la inversión por lo que también sería necesario aumentar el precio del producto. Este hecho se acata con un análisis de sensibilidad, figuras 5.3 y 5.4.

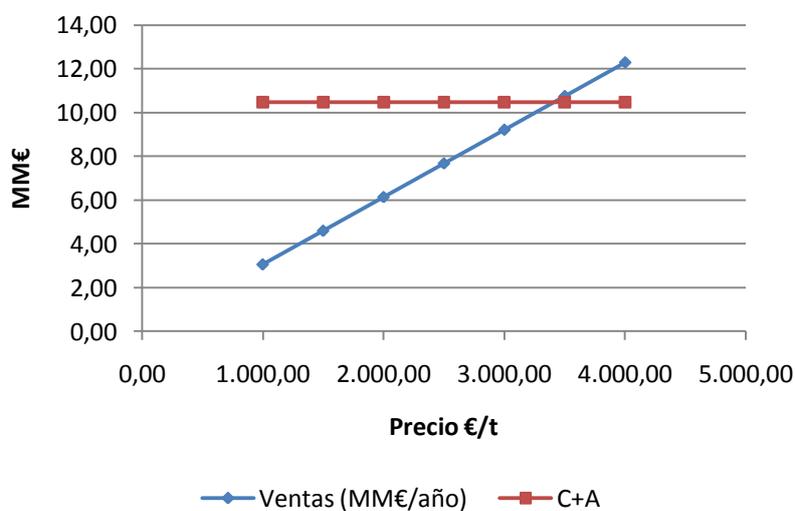


Figura 5.3. Evaluación de la generación de beneficio en la planta de fenoles

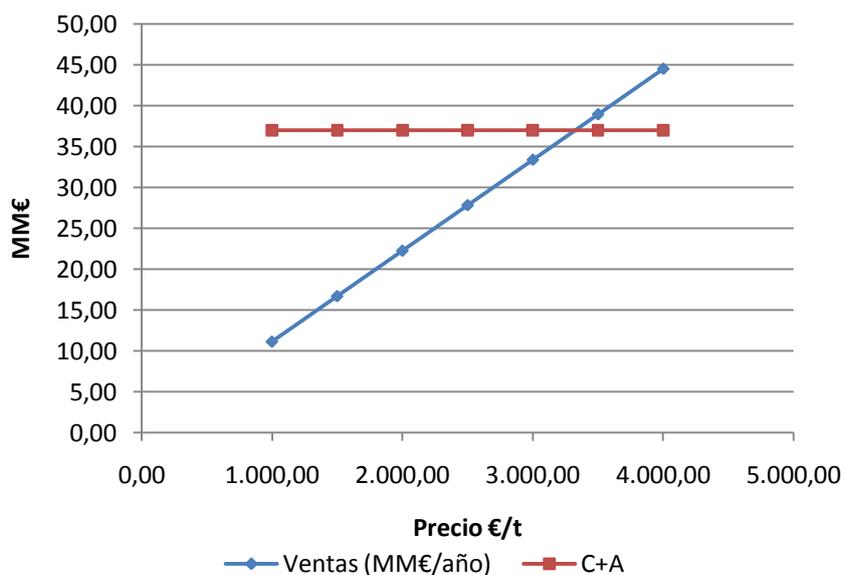


Figura 5.4. Evaluación de la generación de beneficio en la planta de furfural

Según se observa en los gráficos anteriores se comienza a generar beneficio cuando las ventas superan a la suma de costes y amortización, es decir cuando se cruzan ambas líneas. Por tanto se deduce que en la planta de fenoles se genera beneficios con un precio de venta de **3.500 €/t** y **3.300 €/t** en la planta de furfural. Esta situación conlleva a una baja competitividad en el mercado debido a los precios tan elevados.

Considerando unos precios de venta levemente superiores (4.000 y 3800 €/t resp.) se determinan nuevamente los NCF para estas situaciones. Tablas 5.26 y 5.27.

Tabla 5.26. Cálculo de NCF en la planta de fenoles (situación 2)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Inmovilizado	-26,63	-26,63															
Valor residual																	10,65
Capital circulante		-10,65															10,65
Ventas		12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	
Costes		-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	
Ventas - Costes		7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	
NCF sin impuestos	-26,63	-22,98	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	21,30
Ventas		12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	12,30	
Costes		-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	-5,15	
Ventas - Costes		7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	
Amortización		-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	-5,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficios brutos		1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	
Base imponible		1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	1,82	7,15	7,15	7,15	7,15	7,15	
Impuestos (35%)			-0,64	-0,64	-0,64	-0,64	-0,64	-0,64	-0,64	-0,64	-0,64	-2,50	-2,50	-2,50	-2,50	-2,50	0,00
NFC	-26,63	-22,98	6,51	6,51	6,51	6,51	6,51	6,51	6,51	6,51	6,51	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	21,30

Tabla 5.27. Cálculo de NCF en la planta de furfural (situación 2)

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Inmovilizado	- 86,97	- 86,97																
Valor residual																	34,79	
Capital circulante		- 34,79															34,79	
Ventas		42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30		
Costes		- 19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	
Ventas - Costes		22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69		
NCF sin impuestos	- 64,47	- 99,07	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	69,58
Ventas		42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30	42,30		
Costes		- 19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	-19,61	
Ventas - Costes		22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69		
Amortización		- 17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	-17,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
Beneficios brutos		5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69		
Base imponible		5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	5,30	22,69	22,69	22,69	22,69	22,69		
Impuestos (35%)			-1,86	-1,86	-1,86	-1,86	-1,86	-1,86	-1,86	-1,86	-1,86	-7,94	-7,94	-7,94	-7,94	-7,94	0,00	
NFC	- 64,47	- 99,07	20,84	20,84	20,84	20,84	20,84	20,84	20,84	20,84	20,84	14,75	14,75	14,75	14,75	14,75	69,58	

5.4.2.2. Valor actual neto (VAN)

Otro parámetro importante para determinar la viabilidad económica de la planta es determinar el VAN, o valor actual neto. Mediante este parámetro se puede determinar los beneficios en valor actual.

Se determina mediante la siguiente fórmula.

$$VAN = \sum_{j=0}^{j=N} \frac{NCF_j}{(1+i)^j}$$

NCF = flujo de caja del año j

N = número de años que la planta genera flujos de caja

i = tipo de interés (3 %)

El tipo de interés elegido para la estimación del VAN ha sido al tipo de interés actual del mercado (3 %) según el Banco Central Europeo.

Mediante los flujos de caja generados estimados por el NCF y una vez fijado el tipo de interés, el valor estimado del VAN es de

Tabla 5.28. Cálculo del VAN

	P. Fenoles	P. Furfural
VAN (3%) (MM€)	16,13	47,10

Ambas plantas son viables desde el punto de vista económico.

5.4.2.3. Tasa interna de rentabilidad (TIR)

De la misma manera que se realiza el estudio para un tipo de interés fijado, se puede realizar el estudio para diferentes tipos de interés. Mediante el método de la TiR se calcula el interés del banco que genera los mismos beneficios que los flujos de caja generados por la actividad económica practicada. Las tasas obtenidas para cada caso se muestran en la tabla 5.29

Tabla 5.29. Cálculo del TIR

	P. Fenoles	P. Furfural
TIR (%)	7	7

4.3. Viabilidad del proyecto

Mediante el anterior análisis económico se concluye que la rentabilidad del proyecto es muy aceptable aunque su competitividad en el mercado no sea muy viable. Para mejorar esta situación cada planta necesitaría aumentar su capacidad y reducir costes, sólo así se lograría generar beneficio sin ser necesario aumentar los precios de venta de los productos.

Normalmente en las actividades de riesgo medio como esta, los inversores no suelen invertir si la TiR no es superior al 8%. En otras palabras, dejarle el dinero al banco es una acción que tiene un riesgo muy pequeño, mientras que realizar la actividad industrial entraña un riesgo mucho mayor, y este riesgo solo suele ser asumido cuando la posibilidad de beneficio es muy grande.