



Ethylox

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Sandra Aliaga Molina
Agustina Domínguez Cresci
Alejandro Lozano Correyero
Carla Martínez Castillo
Albert Mestre Escoda
Jon Ander Sanchiz Urbieto

Tutor: Josep Anton Torà



Ethylox

CAPÍTULO 7:

EVALUACIÓN ECONÓMICA

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE ÓXIDO DE ETILENO

ÍNDICE

7.1. INTRODUCCIÓN.....	1
7.2. ESTUDIO DE MERCADO	2
7.2.1 COMERCIALIZACIÓN DEL ÓXIDO DE ETILENO EN UN FUTURO PRÓXIMO	2
7.2.2 OBTENCIÓN DE LAS MATÉRIAS PRIMAS EN UN FUTURO PRÓXIMO.....	2
7.3 ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL	3
7.3.1 ESTIMACIÓN DE LOS COSTES DE LOS EQUIPOS	3
7.3.1.1 CALDERAS	4
7.3.1.2 MEZCLADORES.....	5
7.3.1.3 COMPRESORES	5
7.3.1.4 BOMBAS	6
7.3.1.5 INTERCAMBIADORES DE CALOR	6
7.3.1.6 REACTORES.....	7
7.3.1.7 TORRE DE REFRIGERACIÓN Y BOMBAS DE SERVICIOS.....	7
7.3.1.8 TANQUES	8
7.3.1.9 COLUMNA FLASH.....	8
7.3.1.10 COLUMNAS DE PLATOS	9
7.3.1.11 COLUMNAS EMPACADAS	9
7.3.1.12 EQUIPOS ELECTRÓGENOS Y CHILLERS	10
7.3.1.13 TRATAMIENTO DE RESIDUOS Y SEGURIDAD	10
7.3.1.14 COSTE TOTAL DE LOS EQUIPOS DE PLANTA	11
7.3.2 ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA CONSTRUCCIÓN	12
7.3.2.1 COSTE DE LA PARCELA.....	13
7.3.2.2 GASTOS DEL CONTRATISTA Y MONTAJE DE LA PLANTA.....	13
7.3.2.3 COSTE DE LA FLOTA DE CAMIONES CISTERNA	14
7.3.2.4 COSTE DEL CAPITAL INMOVILIZADO.....	14
7.3.2.5 ESTIMACIÓN DEL CAPITAL CIRCULANTE Y COSTE TOTAL DE LA INVERSIÓN INICIAL.	14
7.4 ESTIMACIÓN DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN.....	15
7.4.1 COSTES DE LAS MATÉRIAS PRIMAS.....	15
7.4.1.1 OXÍGENO.....	15
7.4.1.2 NITRÓGENO	16
7.4.1.3 ETILENO	16
7.4.1.4 CATALIZADOR	17
7.4.1.5 MEAMINA.....	17
7.4.1.6 AMONÍACO	18
7.4.2 COSTES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS	18
7.4.3 COSTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA	19
7.4.3.1 GASTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA.....	19
7.4.3.2 GASTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS OFICINAS Y LABORATORIO	19

7.4.4 COSTES DE MANO DE OBRA.....	20
7.4.5 IMPUESTOS Y TASAS	21
7.4.6 SEGURO.....	21
7.4.7 COSTES DE ADMINISTRACION Y GASTOS COMERCIALES	22
7.4.8 COSTES ANUALES TOTALES.....	22
7.5 ESTIMACIÓN DE LOS INGRESOS	22
7.6 RENTABILIDAD DE LA PLANTA.....	23
7.6.1 FLUJOS DE CAJA	23
7.6.1.1 CÁLCULO DE LA AMORTIZACIÓN ANUAL.....	24
7.6.1.2 FLUJOS DE CAJA AL FINAL DE CADA AÑO	25
7.6.2 RENDIMIENTO ECONÓMICO.....	27
7.6.2.1 PAY BACK TIME	28
7.7 CONCLUSIÓN	29
7.8 REFERENCIAS.....	30

7.1. INTRODUCCIÓN

Para estudiar la viabilidad de un proyecto, el aspecto económico es el más importante a tener en cuenta, ya que es la única razón por la cual una empresa decide instaurar una planta de producción. El impacto medioambiental también es importante, pero si el proyecto no es viable a nivel económico no se procede a la construcción de la planta.

Para el estudio de la viabilidad económica de este proyecto se han realizado los balances económicos de los costes y los beneficios que tendrá la empresa a lo largo de la construcción y operación de la planta durante su vida útil. En primer lugar, se realiza una estimación de la inversión inicial necesaria para la adquisición de todos los equipos y accesorios de la planta, así como la construcción de los edificios y de toda la instalación.

A continuación, se realiza el estudio de los gastos continuos a cargo de la empresa, que son los necesarios para la producción del óxido de etileno a lo largo del año: materias primas, energía eléctrica, gastos de administración, sueldos, etc... También se estiman los ingresos que se obtienen en la venta del producto final comercializado.

Finalmente, una vez realizado el estudio de los costes y los ingresos a cargo de la empresa, se estudia la rentabilidad del proyecto mediante el método Net Cash Flow (NCF), que consiste en estudiar todos los flujos de caja que tendrá la planta durante su construcción y operación de planta. Se calcula el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial, también nombrado como "Payback time", en el que se obtiene un valor de 5 años y medio, por lo que se concluye que el proyecto es rentable a nivel económico.

7.2. ESTUDIO DE MERCADO

El producto que comercializa la empresa Ethylox es el óxido de Etileno. El precio actual de mercado al que se comercializa el óxido de Etileno en grandes cantidades es de 1,35 €/Kg, que viene dado por la demanda del óxido de etileno en la industria, pero también influye el precio al que la competencia vende el mismo producto, en éste caso se trata de la empresa IQOXE, en Tarragona también, que fabrica y comercializa óxido de etileno, por lo que se tendrá que tener en cuenta la calidad y el precio de la competencia a la hora de decidir un precio de venta del producto que comercializa la empresa Ethylox. Pese a la competencia que hay en Tarragona, también es importante analizar que IQOXE es el único fabricante de óxido de etileno de la península actualmente, la cual nos permite pensar que el nicho de mercado es suficientemente grande para los dos, y se supone que la demanda del óxido de etileno será notable en un futuro próximo.

7.2.1 COMERCIALIZACIÓN DEL ÓXIDO DE ETILENO EN UN FUTURO PRÓXIMO

El óxido de etileno se utiliza mayoritariamente para la producción de etilenglicoles, y en segundo lugar se utiliza para esterilizar productos y material hospitalario. El etilenglicol se usa como anticongelante y también se destina a la producción de polímeros y resinas. El uso del óxido de etileno es necesario en la sociedad actual y lo será en un futuro próximo, por lo que se estima que el precio del óxido de etileno no bajará drásticamente en un plazo de tiempo razonable.

7.2.2 OBTENCIÓN DE LAS MATÉRIAS PRIMAS EN UN FUTURO PRÓXIMO

Tanto el nitrógeno como el oxígeno son gases que se obtienen del aire, lo que significa que la disponibilidad de estos dos componentes es prácticamente “infinita”. Su precio depende del coste de la separación de los gases del aire, en el que la energía eléctrica es el factor principal en los gastos de la destilación del aire. El precio de la energía

eléctrica va oscilando, pero no se estima que aumente en el futuro, por lo que podemos suponer que el proveedor de oxígeno y nitrógeno nos mantenga los precios de estas dos materias primas a lo largo del tiempo.

En cuanto al etileno, en cambio, se trata de una materia prima que proviene mayoritariamente de la refinación del crudo del petróleo. El uso del petróleo no es sostenible; a lo largo del tiempo se alcanzarán nuevas formas de producción de los derivados del petróleo, pero estamos hablando de varias décadas en el futuro. Según los expertos, no se sabe exactamente el tiempo de agotamiento del petróleo, pero se supone que hasta el 2060 no aumentarán los precios de los derivados del petróleo.

7.3 ESTIMACIÓN DE LA INVERSIÓN INICIAL

La inversión inicial hace referencia a todos los costes que la empresa pueda tener en cuanto a la adquisición, la construcción y puesta en marcha de todos los elementos de la planta. Estos gastos engloban el capital inmovilizado, que viene dado por la construcción de la planta, y el capital circulante, que son los gastos que tiene la empresa durante la puesta en marcha de la planta hasta que comercializa el producto por primera vez.

7.3.1 ESTIMACIÓN DE LOS COSTES DE LOS EQUIPOS

Para el cálculo aproximado de los costes de los equipos se han utilizado los métodos algorítmicos y de correlación. Para el cálculo de los costes de las columnas de destilación y absorción, se ha utilizado el método algorítmico ya que tiene en cuenta más parámetros y por lo tanto el resultado es más preciso. Para todos los otros equipos se ha utilizado el método de Vian, que calcula el precio de instalación de los equipos y de la instrumentación con las mismas correlaciones para todos los tipos de equipos, calculando el coste según la **ecuación 1**.

$$\text{Coste (€)} = a + b \cdot S^n$$

Ecuación 1

Donde a, b y n son constantes proporcionadas por la tabla del método correlaciones, mencionada en el apartado de bibliografía, y S es el parámetro característico del equipo. Los costes proporcionados por el método de correlaciones corresponden al mercado de precios del 2007, por lo que es necesario actualizar el coste según la **ecuación 2**:

$$\text{Coste (2019)} = \text{Coste (2007)} \cdot \frac{\text{CEPCI 2019}}{\text{CEPCI 2007}}$$

Ecuación 2

Donde los CEPCI son los índices de coste de los equipos de la planta en el año 2007, que es al que hace referencia el método utilizado, y en el año actual (Se ha utilizado el índice del año 2019).

A continuación, se muestran las tablas con los precios de cada equipo de la planta:

7.3.1.1 CALDERAS

El precio de las calderas que se han instalado para calentar el vapor y poder suministrarlo hacia los intercambiadores y reboilers, se muestra en **la tabla 1**:

Tabla 1. Coste de instalación de las calderas

Equipo	S (Kg/h vapor)	a	b	n	Coste equipo 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
CV-701	28000	110000	4,5	0,9	155.253	232.880	274.799
CV-702	28000	110000	4,5	0,9	155.253	232.880	274.799

7.3.1.2 MEZCLADORES
Tabla 2. Costes de los mezcladores estáticos de la planta.

Equipo	S (L/s)	a	b	n	Coste equipo 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
M-201	1948,61	500	1030	0,4	21.817	26.180	30.892
M-202	3736	500	1030	0,4	28.156	33.788	39.869
M-301	74	500	1030	0,4	6.261	7.513	8.866
M-401	101	500	1030	0,4	7.024	8.429	9.947
M-402	8,58	500	1030	0,4	2.933	3.520	4.153
Coste total mezcladores							93.729 €

7.3.1.3 COMPRESORES
Tabla 3. Costes de los compresores de la planta.

Equipo	S	a	b	n	Coste equipo 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
CM-201/A	15 KW	490000	16800	0,6	575.302	747.893	882.514
CM-201/B	15 KW	490000	16800	0,6	575.302	747.893	882.514
CM-301/A	5 KW	490000	16800	0,6	534.125	694.363	819.348
CM-301/B	5 KW	490000	16800	0,6	534.125	694.363	819.348
EX201/A	4714 m3/h	3800	49	0,8	46.350	60.256	71.102
EX201/B	4714 m3/h	3800	49	0,8	46.350	60.256	71.102
CM-701/A	153 m3/h	3800	49	0,8	3.270	4.251	5.017
CM-701/B	153 m3/h	3800	49	0,8	3.270	4.251	5.017
Coste total compresores							3.555.965 €

7.3.1.4 BOMBAS
Tabla 4. Costes de las bombas de la planta

Equipo	S (L/s)	a	b	n	Coste equipo 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
P-301/A	64,97	6900	206	0,9	15.716	44.006	52.046
P-301/B	64,97	6900	206	0,9	15.716	44.006	52.046
P-302/A	9,51	6900	206	0,9	8.464	23.699	28.028
P-302/B	9,51	6900	206	0,9	8.464	23.699	28.028
P-501/A	140,16	6900	206	0,9	24.512	68.635	81.175
P-501/B	140,16	6900	206	0,9	24.512	68.635	81.175
P-601/A	2,59	6900	206	0,9	7.385	20.678	24.456
P-601/B	2,59	6900	206	0,9	7.385	20.678	24.456
Coste total bombas							371.415 €

7.3.1.5 INTERCAMBIADORES DE CALOR
Tabla 5. Costes de los intercambiadores de calor de la planta.

Equipo	S (m2)	a	b	n	Coste equipo 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
E-201	1751	24000	46	1,2	382.675	841.885	995.697
E-202	815	24000	46	1,2	167.267	367.987	435.219
E-203	118	24000	46	1,2	38.093	83.805	99.116
E-302	2197	24000	46	1,2	494.927	1.088.840	1.287.771
E-303	6195	24000	46	1,2	1.657.832	3.647.230	4.313.579
E-401	336	24000	46	1,2	73.472	161.639	191.171
E-402	102	24000	46	1,2	35.832	78.831	93.234
E-403	51	24000	46	1,2	29.150	64.130	75.847

E-404	1638	24000	46	1,2	355.081	781.178	923.899
E-501	13,6	24000	46	1,2	25.054	55.119	65.190
E-502	139	24000	46	1,2	41.154	90.539	107.081
RB-301	4776	24000	46	1,2	1.219.735	2.053.417	2.173.677
RB-401	504	24000	46	1,2	104.477	229.850	271.844
RB-501	7932	24000	46	1,2	2.221.946	2.688.281	2.781.370
Coste total intercambiadores							11.814.701 €

7.3.1.6 REACTORES

Tabla 6. Costes de los reactores de la planta.

Equipo	S (m3)	a	b	n	Coste equipo 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
R-201	15	53000	28000	0,8	297.361	475.777	562.701
R-202	15	53000	28000	0,8	297.361	475.777	562.701
Coste total reactores							1.125.403 €

7.3.1.7 TORRE DE REFRIGERACIÓN Y BOMBAS DE SERVICIOS

Tabla 7. Costes de la torre de refrigeración y las bombas para impulsar las corrientes de agua a temperatura ambiente para los servicios.

Equipo	S (L/s)	a	b	n	Coste equipos 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
TR-701	130	150000	1300	0,9	150207	210.290	248.710

7.3.1.8 TANQUES

Tabla 8. Coste de los tanques de almacenamiento del óxido de etileno y el tanque de almacenamiento de nitrógeno TN-701.

Equipo	S (m3)	a	b	n	Coste equipo 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
T-601	184	5000	1400	0,7	58.889	111.889	132.331
T-602	184	5000	1400	0,7	58.889	111.889	132.331
T-603	184	5000	1400	0,7	58.889	111.889	132.331
T-604	184	5000	1400	0,7	58.889	111.889	132.331
T-605	184	5000	1400	0,7	58.889	111.889	132.331
T-606	184	5000	1400	0,7	58.889	111.889	132.331
TN-701	32	5000	1400	0,7	20.839	39.594	46.828
Coste total tanques							840.816 €

7.3.1.9 COLUMNA FLASH

Tabla 9. Coste de la columna flash del área 400.

Equipo	S (Kg)	a	b	n	Coste equipo 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
CF-401	4820	10000	29	0,85	49.173	93.429	110.498

7.3.1.10 COLUMNAS DE PLATOS

Tabla 10. Coste de las columnas de platos.

Equipo	Función	Nº platos	Peso (lbs)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Coste equipo 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
CD-501	Destilación	15	11470	13,27	2,98	166.468	349.583	413.452
CA-501	Absorción	10	18777	10,29	3,101	172.899	363.087	429.423
D-301	Absorción	13	53777	11,89	3,213	294.045	617.494	730.311
CA-301	Absorción	14	34920	11,2	2,95	226.612	475.884	562.828
Coste total columnas de platos								2.136.015 €

7.3.1.11 COLUMNAS EMPACADAS

Tabla 11. Coste de las columnas empacadas.

Equipo	Función	Volumen (m3)	Peso (lbs)	Longitud (m)	Diámetro (m)	Coste equipo 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
CA-401	Absorción	57	10706	6,2	3,02	97.653	205.072	242.539
CR-401	Destilación	81,5	12538	8	3,2	108.657	228.181	269.869
Coste total columnas empacadas								512.408 €

7.3.1.12 EQUIPOS ELECTRÓGENOS Y CHILLERS

Tabla 12. Costes de los equipos electrógenos y “chillers” de la planta.

Equipo	Descripción	Potencia	Peso (kg)	Coste equipo 2007 (€)	Coste instalado 2007 (€)	Coste instalado 2019 (€)
GE-701	Generador eléctrico	1000 Kva	8230	32.000	44.800	52.985
TE-701	Transformador eléctrico	25 Kva - 30 Mva	1750	70.910	99.274	117.411
CH-701	Chillers de agua	180 KW	500	52.000	72.800	86.101
CH-702	Chillers de amoníaco	180 KW	500	52.000	72.800	86.101
Coste de los equipos eléctricos de servicios						342.597 €

7.3.1.13 TRATAMIENTO DE RESIDUOS Y SEGURIDAD

En la planta se han añadido 2 scrubbers para tratar los residuos en fase gas antes de echarlos a la atmosfera, y un equipo de tratamiento del agua para tratar el agua purgada antes de devolverla al medio ambiente.

Tabla 14. Coste de los equipos para el tratamiento de residuos

Equipo	Coste (€)
Scrubber 1	46.000
Scrubber 2	46.000
Equipo para el tratamiento de agua	6.000
Protección contra incendios	600.000

A pesar del tratamiento de residuos que se realiza en la propia planta de producción, hay una proporción de residuos que se envían a una empresa externa para que se encargue del tratamiento, pero como se trata de costes continuos, éstos se muestran en la **tabla 26** del apartado 7.4.3:

7.3.1.14 COSTE TOTAL DE LOS EQUIPOS DE PLANTA

En la **tabla 15** se muestran los costes de los equipos de la planta:

Tabla 15. Coste de los equipos de la planta de producción

Equipos	Coste de los equipos instalados (€)
Calderas	549.598
Mezcladores	93.729
Compresores	3.555.965
Bombas	371.415
Intercambiadores	11.814.801
Reactores	1.125.403
Torre de refrigeración	248.710
Tanques	840.816
Columna Flash	110.498
Columnas de platos	2.136.015
Columnas empacadas	512.408
Equipos electrógenos y Chillers	342.597
Equipos de tratamiento de residuos y seguridad	778.000
TOTAL	22.496.955 €

7.3.2 ESTIMACIÓN DEL COSTE DE LA CONSTRUCCIÓN

Una vez calculados los costes de los equipos de la planta, es necesario tener también en cuenta los costes de las tuberías y válvulas, instrumentación, accesorios de la planta y los edificios.

Estos edificios incluyen la construcción de todas las oficinas y la adquisición del material necesario (ordenadores, mesas), etc... La construcción de la sala de control incluye la conexión y monitorización de todos los datos de la planta para su control e implementación en el Gemelo Digital, que es como el cerebro de la planta.

En cuanto al laboratorio, es necesario comprar todo el material de laboratorio y equipos de análisis como por ejemplo los cromatógrafos de gases, que tienen un coste de unos 400.000 euros cada equipo, los cuales se compran a la empresa "Agilent Technologies".

Todos estos costes están incluidos en el apartado de Edificaciones de la siguiente tabla, donde se muestran todos los costes de las instalaciones, calculados según el método de Vian, que consiste en una estimación del coste de diferentes elementos de la planta a partir una proporción en base al coste total de los equipos, tal y como se muestra en la **tabla 16**. Las proporciones escogidas deben estar dentro de un rango, establecido según un criterio bibliográfico (3).

Tabla 16. Cálculo de los costes de todas las instalaciones de la planta.

Partida	Rango de Proporciones	Proporción escogida	Coste (€)
Equipos	X	1	22.496.955
Instalación	0,35-0,5*X	0,35	7.873.934
Tuberías y Válvulas	0,6*X	0,6	13.498.173
Instrumentación	0,05-0,3*X	0,08	1.799.756
Aislamiento	0,03-0,1*X	0,03	674.909
Instalación Eléctrica	0,1-0,2*X	0,1	2.249.696

Edificaciones interiores	0,2-0,3*X	0,25	4.499.391
Edificaciones mixtas	0,12-0,15*X	0,12	2.699.635
Edificaciones exteriores	0,05*X	0,05	1.124.848
Instalaciones auxiliares	0,25-0,7*X	0,25	5.624.239
Coste de la toda la instalación			62.541.535 €

7.3.2.1 COSTE DE LA PARCELA

Para el coste de la parcela, se ha consultado el precio del m² en los polígonos industriales del municipio de la Canonja, y se ha multiplicado por el área de la parcela. El valor del terreno se recupera al final de la vida de la planta.

Tabla 17. Coste de la adquisición del terreno para la parcela de Ethylox.

Precio del m ² (€)	Área de la parcela (m ²)	Precio del terreno (€)
130	53.235	6.920.550

7.3.2.2 GASTOS DEL CONTRATISTA Y MONTAJE DE LA PLANTA

Finalmente, para tener una estimación del coste total del montaje de la planta, hay que añadir los gastos del contratista y de la dirección de la mano de obra y montaje, el proyecto para la construcción de los edificios de las oficinas, y otros gastos no previstos que se pueden calcular en base a una proporción del coste de la instalación:

Tabla 18. Gastos del contratista y la dirección de la mano de obra.

Descripción del gasto	Proporción	Coste (€)
Proyecto de construcción, mano de obra y montaje	0,2 * coste instalación	12.508.307
Contratista	0,05 * coste instalación	3.127.076
Gastos no previstos	0,08*coste instalación	5.003.322

7.3.2.3 COSTE DE LA FLOTA DE CAMIONES CISTERNA

Para transportar la gran cantidad de materias primas (amoníaco y MEAmina) se necesitan varios camiones cisterna. Se ha calculado que se necesitan 60 camiones para poder abastecer la planta de materias primas y suministrar a los clientes con el producto final.

Suponiendo un coste de 50.000 euros por camión, el coste total es de 4.000.000 €.

7.3.2.4 COSTE DEL CAPITAL INMOVILIZADO

A continuación, se muestra el cálculo del capital inmovilizado, que se obtiene sumando todos los gastos que se han definido anteriormente.

Tabla 19. Cálculo del coste del capital inmovilizado

DESCRIPCIÓN	COSTE (€)
Coste de todas las instalaciones de la planta	62.541.535
Coste de adquisición del terreno	6.920.550
Coste del proyecto de construcción	20.638.705
Coste de la flota de camiones	4.000.000
CAPITAL INMOVILIZADO	94.100.790

7.3.2.5 ESTIMACIÓN DEL CAPITAL CIRCULANTE Y COSTE TOTAL DE LA INVERSIÓN INICIAL.

En la inversión inicial también se incluyen los costes de la puesta en marcha de la planta y los costes de las materias primas y servicios para poder empezar a producir óxido de etileno hasta que se automatiza la comercialización del producto a los clientes y la empresa empieza a percibir ingresos.

En cuanto a la puesta en marcha, algunos de los gastos que la planta tiene es el consumo de nitrógeno para intertizar, el consumo de los compresores y bombas que impulsan los

corrientes de proceso y de servicios, el arranque de todos los equipos de servicios, etc... El gasto que la empresa tiene desde que pone en marcha la planta hasta que percibe el primer ingreso por parte de los clientes, se conoce como capital circulante, que según el método global es aproximadamente un 10% del capital inmovilizado:

Tabla 20. Estimación del capital circulante y valor de la inversión inicial.

Capital inmovilizado (€)	Capital circulante (€)	INVERSIÓN INICIAL (€)
94.100.790	9.410.079	103.510.869

7.4 ESTIMACIÓN DE LOS COSTES DE PRODUCCIÓN

Una vez puesta en marcha la planta, hay una serie de gastos que tiene la empresa asociados a la producción del óxido de etileno, así como el gasto de materias primas y su transporte, el gasto de energía eléctrica, salarios y gestión de residuos.

7.4.1 COSTES DE LAS MATÉRIAS PRIMAS

Las materias primas son imprescindibles para la fabricación del óxido de etileno, y es uno de los principales gastos de la empresa. A continuación, se define el precio de la obtención y el transporte de cada materia:

7.4.1.1 OXÍGENO

El Oxígeno se compra directamente al fabricante “Carbueros metálicos”, que dispone de una fábrica de destilación de los gases del aire a menos de 1 km de la planta de Ethylox, la cual posibilita el suministro de Oxígeno mediante tubería. El precio actual de mercado del Oxígeno es de 0,12 €/Kg, que multiplicado por el consumo anual de Oxígeno que tiene la planta se obtiene el gasto anual asociado al Oxígeno en la **tabla 21**. Para calcular el consumo anual se ha multiplicado el consumo diario en Kg por los 320 días que la planta está operativa:

Tabla 21. Costes asociados a la obtención del Oxígeno.

Precio del Oxígeno	Consumo anual	Gastos de transporte	Gasto anual
0,12 €/Kg	94.617.600 Kg	0 €	11.354.112 €

7.4.1.2 NITRÓGENO

El nitrógeno también se obtiene de la empresa “Carburos metálicos”, y por lo tanto también se suministra a la planta mediante tubería, por lo que no conlleva gastos adicionales de transporte (requiere de la instalación de los compresores y el sistema de tuberías que está incluido en el capital inmovilizado). El precio actual del Nitrógeno es de 0,06053 €/kg. Para calcular el consumo anual se ha multiplicado el consumo diario en Kg por los 320 días que la planta está operativa:

Tabla 22. Costes asociados a la obtención del Nitrógeno.

Precio del Nitrógeno	Consumo anual	Gastos de transporte	Gasto anual
0,0605 €/Kg	146.304.000 Kg	0 €	8.855.049 €

7.4.1.3 ETILENO

El Etileno se compra a la empresa “REPSOL”, que fabrica los derivados del petróleo a grandes cantidades y comercializa el Etileno a 0,2 €/Kg. REPSOL tiene la fábrica de producción de Etileno a menos de 2 km de la parcela de Ethylox, por lo que el transporte del Etileno también se realiza por tubería, y por lo tanto los gastos adicionales de transporte son nulos (requiere de la instalación de bombas y el sistema de tuberías que está incluido en el capital inmovilizado).

Tabla 23. Costes asociados a la obtención del Etileno.

Precio del Etileno	Consumo anual	Gastos de transporte	Gasto anual
0,2 €/Kg	142.233.600 Kg	0 €	28.446.720 €

7.4.1.4 CATALIZADOR

El catalizador se compra a la empresa “MERYT Catalysts & Innovation”, situada en Cartagena (España), que comercializa catalizadores de plata soportada en alúmina para industrias de altos niveles de producción.

El precio del catalizador viene por el precio del soporte de alúmina, que tiene un valor fijo en el mercado, y el precio actual de la plata, que oscila en el mercado de la bolsa de valores. Según el proveedor consultado, el precio actual del catalizador de plata es de 140 €/Kg. El coste del transporte es mínimo ya que el catalizador se compra cada 2 años.

Tabla 24. Costes asociados a la obtención del catalizador.

Precio del catalizador	Consumo anual	Gastos de transporte	Gasto anual
140 €/Kg	15.000 Kg	1000 €	2.100.500 €

7.4.1.5 MEAMINA

La monoetanolamina se compra a la empresa “HELM Ibérica”, fabricantes de productos químicos y fertilizantes. El precio de mercado de la monoetanolamina actualmente es de 0,4 €/Kg.

En cuanto al transporte, suponiendo un volumen estándar del camión cisterna de 25.000 L, para transportar las 18.000 toneladas anuales hacen falta 1440 viajes (ida y vuelta). Suponiendo un gasto de 35L/100 km y un precio de la gasolina de 1€/L, el coste del transporte de la MEAmina es de 274.176 € anuales de gasolina, al que se le añade un 15% de gastos no previstos. El salario de los conductores se tiene en cuenta en el apartado 7.4.5. *Salarios*.

Tabla 25. Costes asociados a la obtención de la monoetanolamina.

Precio de la MEA	Consumo anual	Gastos de transporte	Gasto anual
0,4 €/Kg	18.155.520 Kg	315.302 €	7.262.208 €

7.4.1.6 AMONÍACO

El Amoníaco se compra a la empresa “Amoníaco Anhidro S.L”, situada cerca de Lleida (Cataluña). El precio actual de mercado del amoníaco oscila alrededor de los 0,11 €/Kg. En cuanto al transporte, los camiones cisterna de 25.000L transportan el amoníaco líquido que tiene una densidad de 0,68 Kg/L. Por lo que para transportar la cantidad de amoníaco que consume la planta se necesitan unos 4.450 viajes, en los que con un precio de la gasolina a 1€ el Litro se gastan unos 540.302 €. Añadiendo un 15% adicional por imprevistos se obtienen unos 621.000 € en gasolina anuales.

Tabla 26. Costes asociados a la obtención del amoníaco.

Precio del Amoníaco	Consumo anual	Gastos de transporte	Gasto anual
0,11 €/Kg	75.852.288 Kg	621.000 €	12.437.516 €

7.4.2 COSTES DE LA GESTIÓN DE RESIDUOS

En la planta de Ethylox se obtienen algunos residuos que se gestionan mediante una empresa externa. En la **tabla 27** se muestran los costes de la gestión de estos residuos.

Tabla 27. Costes del tratamiento de residuos subcontratado a una empresa externa.

Descripción	Coste anual (€)
Tramitación de la autorización	4.415
Evaluación y declaración de impacto ambiental	2.662

Tratamiento externo de los residuos sólidos (catalizador)	12.000
Tratamiento externo de la MEAmina purgada	80.000
Costes totales de gestión de residuos	99.077 €

7.4.3 COSTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

La energía eléctrica que consume la planta tiene una gran implicación en el total de los costes de fabricación.

7.4.3.1 GASTO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA

El precio actual de la energía eléctrica en Cataluña es de 0,13 €/KWh. En la **tabla 28** se ha calculado el gasto eléctrico y económico de todos los equipos de la planta de producción:

Tabla 28. Coste de la energía eléctrica consumida por los equipos de proceso

Descripción	Nº de equipos	Potencia consumida (KW)	Coste anual (€)
Compresores	2	8200	8.186.880
Bombas	4	134,5	134.285
Calderas de vapor de agua	3	4186	4.179.302
Caldera de agua sobrecalentada	1	6000	5.990.400
Caldera de agua glicolada	4	4186	4.179.302
Chiller de amoníaco	3	540	539.136
Chiller de agua	3	540	539.136
Compresor de aire comprimido	1	15	14.976

7.4.3.2 GASTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DE LAS OFICINAS Y LABORATORIO

El gasto de energía eléctrica por parte de las oficinas y el laboratorio es menor que el de los equipos de proceso, pero también debe tenerse en cuenta. La estimación del coste

económico se puede calcular a partir del gasto de los equipos de la planta según el método económico:

$$\text{Consumo eléctrico oficinas} = 0,10 \cdot \text{Consumo eléctrico proceso}$$

$$\text{Coste eléctrico oficinas} = 0,10 \cdot 23.763.418 \text{ €} = 2.376.314 \text{ €}$$

Tabla 29. Coste anual de la energía eléctrica de la planta.

DESCRIPCIÓN	COSTE (€/año)
Coste eléctrico de los equipos de la planta	23.763.418
Coste eléctrico de los edificios de la parcela	2.376.314
Coste total energía eléctrica	26.139.732

7.4.4 COSTES DE MANO DE OBRA

La mano de obra directa representa los salarios de las personas que trabajan en la empresa Ethylox. Se ha tenido en cuenta también los sueldos que perciben los principales accionistas de la empresa (a parte del dividendo de los beneficios de la empresa), que son los responsables de las decisiones de gran importancia, ya que poseen un alto porcentaje de acciones de la empresa. A parte de los responsables de la empresa, que son 3, están las personas que han financiado la construcción de la planta, pues se ha supuesto que este proyecto es de tipo financiación privada. Estas personas también disponen del dividendo de la empresa en cuanto a sus acciones, pero no disponen de un sueldo fijo mensual ya que no trabajan en la empresa.

A continuación, se muestran los sueldos de las personas de la empresa en la **tabla 30**.

Tabla 30. Salarios de las personas que trabajan en Ethylox.

Tipo de Personal	Nº de personas	Sueldo mensual (€)	Coste anual (€)
------------------	----------------	--------------------	-----------------

Responsables de la empresa	3	10.000	420.000
Director de producción	1	8.000	100.000
Ingenieros de proceso	2	3.000	72.000
Ingeniero eléctrico	1	3000	36.000
Control calidad e I+D	4	3000	144.000
Responsables de sección	2	2500	60.000
Operarios	8	2000	192.000
Técnicos administrativos	2	2400	57.600
Departamento Comercial	2	2500	60.000
Departamento Administrativo	6	2000	144.000
Personal Externo	2	1500	31.200
Choferes	45	1700	880.000
Total personas	78	Total sueldos	2.084.800 €/año

7.4.5 IMPUESTOS Y TASAS

Se trata de unos impuestos fijos que la empresa ha de pagar, independientemente de sus beneficios, por el simple hecho de estar produciendo y comercializando un producto a nivel industrial. Los costes de estos impuestos se pueden calcular a partir del capital inmovilizado:

$$\text{Costes impuestos} = 0,005 \cdot \text{Cap. inmovilizado} = 94100790 \cdot 0,005 = 470.503 \text{ €}$$

7.4.6 SEGURO

Los gastos de este apartado incluyen los seguros que ha contratado la empresa Ethylox, para cubrir los costes como consecuencia de un posible accidente en cuanto a equipo e

instalaciones de la planta. Este cálculo se estima que corresponde a un 1% del capital inmovilizado

$$\text{Costes seguro} = 0,01 \cdot \text{Cap. inmovilizado} = 941.007 \text{ € /año}$$

7.4.7 COSTES DE ADMINISTRACION Y GASTOS COMERCIALES

Estos costes hacen referencia a los gastos comerciales que deberá afrontar la empresa una vez esté en funcionamiento, incluye por ejemplo viajes, publicidad... todo lo que tenga relación con una mejora de esta. Se estima que estos gastos tienen un valor de 3 millones de euros anuales.

7.4.8 COSTES ANUALES TOTALES

A continuación, se procede al cálculo del total costes asociados a la producción del óxido de etileno durante 1 año, como se muestra en la **tabla 31**.

Tabla 31. Suma de los costes de fabricación.

Descripción	Coste (€/año)
Materias primas	79.455.606
Gestión de residuos	99.077
Energía eléctrica	26.139.732
Salarios	2.080.800
Impuestos y tasas	470.503
Seguro	941.007
Costes comerciales	2.000.000
Costes de fabricación totales	110.886.725 €/año

7.5 ESTIMACIÓN DE LOS INGRESOS

Una vez conocido el capital necesario que será necesario para llevar el proyecto a cabo, queda cuantificar los ingresos que se obtendrán con las ventas del producto fabricado

para ver si resulta de un proyecto económicamente viable, lo cual es el principal aspecto para tener en cuenta para proceder con la construcción.

En base al estudio de mercado realizado, se ha decidido que el precio al que se comercializará el óxido de etileno (en grandes cantidades) es de 1,35 € el kg. Este precio se estima que será la mediana ponderada del precio de venta a todos los clientes, ya que en caso de que se obtengan clientes que usan el óxido de etileno de una forma puntual o en pequeñas cantidades, se les ofrecerá un precio mayor al de 1,35 €/Kg.

Si se multiplica el precio por la cantidad de producto que Etyhlox fabrica y comercializa en un año, se obtienen los ingresos brutos anuales, tal y como se muestra en la **tabla 32**.

Tabla 32. Ingresos percibidos por la empresa asociados a la venta del óxido de etileno

Compuesto comercializado	Kg/año	€/Kg	Ingresos anuales
Óxido de etileno	120.000.000	1.35	162 millones €/año

7.6 RENTABILIDAD DE LA PLANTA

7.6.1 FLUJOS DE CAJA

Los flujos de caja, también conocidos como Net Cash Flow, es un concepto financiero el cual hace referencia al capital activo del que se dispone en un periodo de tiempo, en el caso de este proyecto se ha considerado anualmente.

Para el cálculo del flujo de caja se ha realizado una serie de suposiciones:

-Vida útil de la planta de producción: se ha supuesto que la vida útil de la planta será de 30 años.

-Periodo de construcción: El tiempo que se destinara a la construcción de la planta es de dos años y 3 meses, los gastos del capital inmovilizado se dividirán en este periodo.

-Impuestos: Se ha considerado unos impuestos del 35% sobre la base imponible del año anterior. La base imponible será igual al beneficio bruto del año siempre que este sea positivo, en el caso de que este no lo fuese la base imponible será considerada 0.

-Valor residual: Corresponde al capital que se podrá recuperar una vez finalizada la actividad de la planta debido a la venta de maquinaria y el terreno. En este caso, se ha considerado que el capital que se recuperará será solamente la venta del terreno.

-Amortización: esta amortización se realizará por el método regresivo de suma de dígitos, este método es ampliamente utilizado en la industria y sus cuotas son en un principio altas y lo largo de los años va disminuyendo.

7.6.1.1 CÁLCULO DE LA AMORTIZACIÓN ANUAL

Para el cálculo de la amortización anual se utiliza el método regresivo, mostrado a continuación en la **ecuación 3**.

$$A_j = (I - V_R) \cdot \frac{(t - (j - 1))}{Z} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

- A_j es el coste de la amortización (€)
- I es el capital inmovilizado (€)
- V_r es el valor residual (€)
- t es la vida útil de la planta, en años.
- J es el año al que se quiere actualizar el importe
- Z es la suma de dígitos, calculada de la siguiente manera:

$$Z = \frac{(t \cdot (t + 1))}{2} \quad \text{Ecuación 4}$$

Ejemplo de cálculo:

Para el primer año, se obtendrá el siguiente valor de la amortización:

$$A_j = (94.100.790 - 6.920.550) \cdot \frac{(30 - (1 - 1))}{\frac{30 \cdot (30 + 1)}{2}} = 5.648.379 \text{ €}$$

7.6.1.2 FLUJOS DE CAJA AL FINAL DE CADA AÑO

En las **tablas 33, 34, 35 y 36** se muestra el balance económico y el flujo de caja obtenido al final de cada año, en millones de euros. Como la construcción de la planta dura un poco más de 2 años, el capital inmovilizado se ha pagado en 2 cuotas anuales, de 47 millones de euros cada una, y el capital circular se ha repartido en 4 años.

Para el cálculo del flujo de caja (Net Cash Flow) se han realizado los siguientes cálculos:

1. Beneficio Bruto = Ingresos – Costes.

Los ingresos representan el dinero que gana la empresa con las ventas del producto. Los costes vienen dados por la suma de todos los pagos que realiza la empresa:

Costes = Capital inmovilizado + Capital circulante + Costes fabricación + Amortización.

2. Net Cash Flow = Beneficio bruto – Impuestos.

Los impuestos representan un 35% de la base imponible del año anterior, que es el valor del beneficio bruto del año anterior

Tabla 33. Balance económico al final de cada año, en millones de euros.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7
Capital inmovilizado	47,1	47,1	-	-	-	-	-	-
Capital circulante	-	2,4	2,4	2,4	2,4	-	-	-
Valor residual	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos	-	-	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0
Costes fabricación	-	-	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9
Amortización	-	-	5,6	5,5	5,3	5,1	4,9	4,7

Beneficio bruto	-	-	45,5	45,7	45,8	46,0	46,2	46,4
Base imponible	-	-	45,5	45,7	45,8	46,0	46,2	46,4
Impuestos	-	-	0	15,9	16,0	16,0	16,1	16,2
Net Cash Flow (M€)	-47,1	-49,4	43,1	27,4	27,5	30,0	30,1	30,2

Tabla 34. Balance económico al final de cada año, en millones de euros

AÑO	8	9	10	11	12	13	14	15
Capital inmovilizado	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital circulante	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor residual	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0
Costes fabricación	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9
Amortización	4,5	4,3	4,1	4,0	3,8	3,6	3,4	3,2
Beneficio bruto	46,6	46,8	47,0	47,2	47,3	47,5	47,7	47,9
Base imponible	46,6	46,8	47,0	47,2	47,3	47,5	47,7	47,9
Impuestos	16,2	16,3	16,4	16,4	16,5	16,6	16,6	16,7
Net Cash Flow (M€)	30,4	30,5	30,6	30,7	30,8	31,0	31,1	31,2

Tabla 35. Balance económico al final de cada año, en millones de euros

AÑO	16	17	18	19	20	21	22	23
Capital inmovilizado	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital circulante	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor residual	-	-	-	-	-	-	-	-
Ingresos	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0
Costes fabricación	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9
Amortización	3,0	2,8	2,6	2,4	2,3	2,1	1,9	1,7
Beneficio bruto	48,1	48,3	48,5	48,7	48,9	49,0	49,2	49,4

Base imponible	48,1	48,3	48,5	48,7	48,9	49,0	49,2	49,4
Impuestos	16,8	16,8	16,9	17,0	17,0	17,1	17,2	17,2
Net Cash Flow (M€)	31,3	31,5	31,6	31,7	31,8	31,9	32,1	32,2

Tabla 36. Balance económico al final de cada año, en millones de euros

AÑO	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Capital inmovilizado	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Capital circulante	-	-	-	-	-	-	-	-	9,4
Valor residual	-	-	-	-	-	-	-	-	6,6
Ingresos	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	162,0	-
Costes fabricación	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9	110,9	-
Amortización	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	-
Beneficio bruto	49,6	49,8	50,0	50,2	50,4	50,5	50,7	50,9	-
Base imponible	49,6	49,8	50,0	50,2	50,4	50,5	50,7	50,9	-
Impuestos	17,3	17,4	17,4	17,5	17,6	17,6	17,7	17,8	17,8
Net Cash Flow (M€)	32,3	32,4	32,6	32,7	32,8	32,9	33,0	33,2	-1,9

7.6.2 RENDIMIENTO ECONÓMICO

A partir de conocer los flujos de caja se ha calculado el VAN y el TIR para conocer la rentabilidad del proyecto. En este apartado se realizará el cálculo de estos dos parámetros y se analizarán los resultados obtenidos. Finalmente, se calcula el pay-back time, que es el periodo de reembolso de la inversión inicial.

El cálculo del VAN se ha realizado mediante la **ecuación 4**:

$$VAN = \sum_{n=1}^t \frac{NFC_n}{(i+1)^n}$$

Ecuación 4

Donde la i es la tasa de interés, n es el año de cada flujo de caja, t es la vida útil de la planta y NCF_n es el Flujo neto de caja del año n .

En la **figura 1**, se ha graficado el valor del VAN para diferentes valores de la tasa de interés. El TIR es la tasa de interés la cual hace que el VAN sea nulo, y como podemos ver en el gráfico el TIR del proyecto es del 22,5%. Es un TIR bastante alto por lo que nos da una primera impresión de que el proyecto es rentable a nivel económico. Para valores de la tasa de interés inferiores al 22,5% el proyecto será rentable.

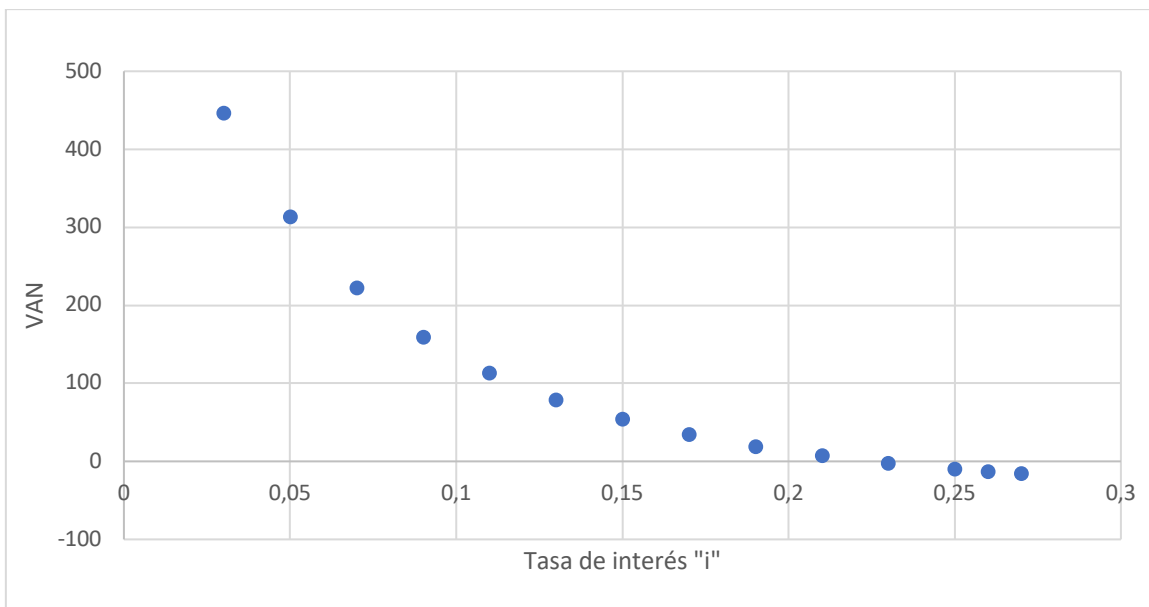


Figura 1. Representación gráfica del VAN en función de la tasa de interés.

En la **figura 1** se puede ver como para una tasa de interés del 22,5% el VAN es igual a 0.

7.6.2.1 PAY BACK TIME

Una manera de visualizar si el proyecto es rentable es calcular el tiempo que tardará la empresa en recuperar toda la inversión económica que se ha avanzado para la construcción del proyecto. Para realizar el cálculo, se hace un sumatorio o acumulación del flujo de caja de cada año y se representa en un gráfico en el que es fácil observar en qué año la acumulación del flujo de caja pasa a ser positivo, tal como se muestra en la **figura 2**.

En el caso de la planta de Ethylox, el tiempo de retorno es de 5 años y medio, la cual significa que es un proyecto muy rentable económicamente, pues en el sexto año ya se ha devuelto toda la inversión inicial y los beneficios de las ventas son para la empresa.

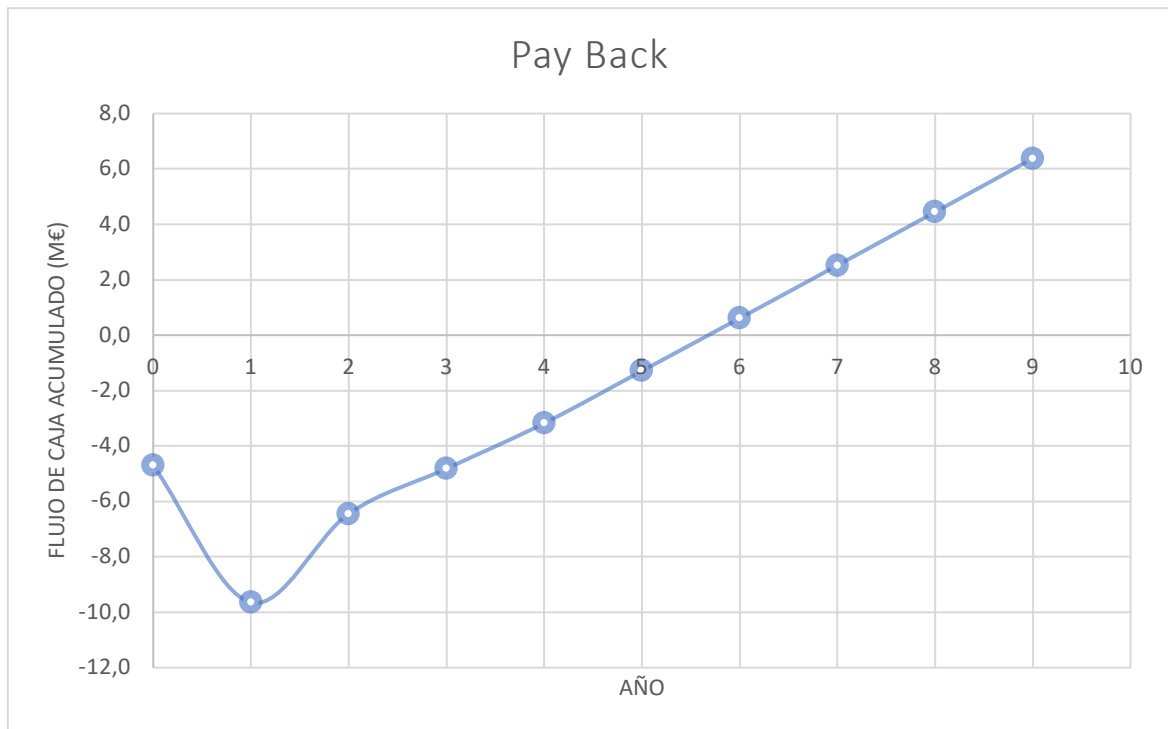


Figura 2. Representación gráfica de la acumulación del flujo de caja a lo largo del tiempo, resultado del "Pay Back time".

7.7 CONCLUSIÓN

En cuanto a viabilidad económica de la planta de producción de Ethylox se puede decir que la planta es viable ya que se recupera la inversión en aproximadamente 5 años y medio. Los beneficios que se obtienen al finalizar la vida útil de la planta son de 390 millones de euros por lo que se puede considerar una muy buena inversión. Todos los valores calculados tienen cierto error, ya que los métodos utilizados no son exactos, se trata de estimaciones tanto para los equipos como para las otras partidas. El precio de las materias primas y de la venta del óxido de etileno pueden ir oscilando por lo que los beneficios que se han estimado para la empresa pueden variar.

7.8 REFERENCIAS

[1] Proveedor del catalizador. Fecha de consulta: 5/05/2020

<https://www.meryt-chemical.com/es/home/>

[2] Consumo de los camiones cisterna. Fecha de consulta: 7/06/2020

https://www.webfleet.com/es_es/webfleet/blog/conoces-el-consumo-de-diesel-de-un-camion-por-km/

[3] Proveedor de la monoetanolamina. Fecha de consulta: 4/06/2020

https://www.helmiberica.com/es/productos/quimicos/productos/detalles-producto/d/HIB_Monoethanolamine/5/

[4] Página web de la empresa REPSOL, proveedor del etileno.

<https://www.repsol.com/derivadosdelpetroleo/etileno>