



Planta de producción de Acrilonitrilo

Planta de producción de Acrilonitrilo

Jordi Badia Closa
Laia Bellver Sanchis
Leonardo Esteban Carpio Bustamante
Marc Frau Suau

Tutor: David Gabriel

Índice

| | |
|---|----|
| 7. Evaluación económica..... | 3 |
| 7.1. Inversión inicial..... | 3 |
| 7.1.1. Gastos previos..... | 3 |
| 7.1.2. Capital inmovilizado..... | 3 |
| 7.1.3. Capital circulante..... | 12 |
| 7.1.4. Gastos derivados de la puesta en marcha..... | 12 |
| 7.2. Costes de operación..... | 13 |
| 7.2.1. Costes de fabricación (M)..... | 13 |
| 7.2.2. Costes generales (G)..... | 15 |
| 7.3. Otros costes..... | 17 |
| 7.4. Ingresos por ventas..... | 17 |
| 7.5. Net Cash Flow..... | 17 |

7. Evaluación económica

Para llevar a cabo la evaluación económica será necesario estudiar la viabilidad del proyecto mediante un net cash flow, para lo que será necesario calcular la inversión inicial a realizar, los costes de operación y los ingresos de ventas.

7.1. Inversión inicial

Para la estimación de la inversión a realizar es necesario calcular los gastos previos, el capital inmovilizado, el capital circulante y los gastos derivados de la puesta en marcha de la planta.

7.1.1. Gastos previos

Los gastos previos incluyen estudios de mercado de nuestro producto, I+D para la determinación del método de producción, aspectos legales y la constitución de la planta.

Al desconocer todo este tipo de datos consideraremos que no hay aportación de los gastos previos al balance económico.

7.1.2. Capital inmovilizado

Es la parte del capital destinada a la compra de equipos y aparatos y, por tanto, la parte que más aporta al balance económico. En este apartado se debe incluir la amortización de los equipos con el tiempo, además de un posible valor residual que puedan tener al finalizar el periodo de operación de la planta.

Respeto al capital necesario para la compra del terreno se supone que esta se recuperará íntegramente al final del periodo de operación.

Para calcular el valor del capital inmovilizado se usará el método de Vian, estimando primero los costes de los equipos.

Para estimar el coste de los equipos se pueden buscar precios de los fabricantes o usar el método de Happel, actualizando el resultado obtenido con el índice de Marshall & Swift, ya que el método de Happel está basado en precios del 1970. Los datos usados se presentan en la siguiente tabla.

| | |
|----------|----------|
| M&S 1970 | 303,3 |
| M&S 2012 | 1536,5 |
| 1 € | 1,278 \$ |

Planta de producción de Acrilonitrilo

7. Evaluación económica

La estimación de costes de equipos agrupados en conjuntos se presenta a continuación:

- Tanques de almacenamiento

El precio de los tanques de almacenamiento se ha estimado mediante el peso de los equipos y el precio por kilogramo del material del cual están hechos.

| Ítem | Material | Peso (Kg) | Coste (€) |
|-------|----------|-----------|-----------|
| T-101 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-102 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-103 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-104 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-105 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-106 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-107 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-108 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-109 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-110 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-111 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-112 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-113 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-114 | AISI 304 | 35215 | 422580 |
| T-115 | AISI 304 | 21102 | 253224 |
| T-116 | AISI 304 | 21102 | 253224 |
| T-117 | AISI 304 | 21102 | 253224 |
| T-118 | AISI 304 | 21102 | 253224 |
| T-119 | AISI 304 | 21102 | 253224 |
| T-120 | AISI 304 | 21102 | 253224 |
| T-121 | AISI 304 | 21102 | 253224 |
| T-122 | AISI 304 | 21102 | 253224 |
| T-123 | AISI 304 | 21102 | 253224 |
| T-124 | AISI 304 | 21102 | 253224 |
| T-125 | AISI 304 | 21102 | 253224 |
| T-126 | AISI 304 | 2805 | 33660 |
| T-127 | AISI 304 | 2805 | 33660 |
| T-901 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| T-902 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| T-903 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| T-904 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| T-905 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| T-906 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| T-907 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| T-908 | AISI 304 | 3030 | 36360 |

Planta de producción de Acrilonitrilo

7. Evaluación económica

| | | | |
|--------------|----------|------|---------|
| T-909 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| T-910 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| T-911 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| T-912 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| T-913 | AISI 304 | 3030 | 36360 |
| TOTAL | | | 9241584 |

- Bombas

Para calcular el precio de las bombas se usan los siguientes valores extraídos del método Happel:

| Pot (HP) | Compra (€) | Instalada (€) |
|------------|------------|---------------|
| 1 | 600 | 2270 |
| 10 | 1400 | 5300 |
| 100 | 6000 | 22700 |

| Ítem | Potencia(HP) | Coste compra (€) | Coste instalada (€) |
|-------------|--------------|------------------|---------------------|
| P401 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |
| P402 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |
| P403 | 20 | 6988,70 | 26503,04 |
| P404 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |
| P405 | 3 | 3406,86 | 12904,28 |
| P406 | 10 | 4881,74 | 18503,77 |
| P407 | 15 | 5935,22 | 22503,40 |
| P408 | 1,5 | 3090,82 | 11704,39 |
| P409 | 30 | 9095,66 | 34502,31 |
| P410 | 3 | 3406,86 | 12904,28 |
| P411 | 3 | 3406,86 | 12904,28 |
| P412 | 5 | 3828,25 | 14504,13 |
| P413 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |
| P414 | 10 | 4881,74 | 18503,77 |
| P415 | 30 | 9095,66 | 34502,31 |
| P416 | 125 | 29111,82 | 110495,39 |
| P417 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |
| P418 | 10 | 4881,74 | 18503,77 |
| P419 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |
| P420 | 10 | 4881,74 | 18503,77 |
| P421 | 7,5 | 4355,00 | 16503,95 |
| P422 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |
| P423 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |
| P424 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |

7. Evaluación económica

| | | | |
|--------------|-----|------------------|------------------|
| P425 | 1,5 | 3090,82 | 11704,39 |
| P426 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |
| P427 | 3 | 3406,86 | 12904,28 |
| P428 | 10 | 4881,74 | 18503,77 |
| P429 | 5 | 3828,25 | 14504,13 |
| P430 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |
| P431 | 1 | 2985,47 | 11304,42 |
| P432 | 3 | 3406,86 | 12904,28 |
| P101 | 2 | 3196,17 | 12104,35 |
| P102 | 2 | 3196,17 | 12104,35 |
| P103 | 2 | 3196,17 | 12104,35 |
| P104 | 2 | 3196,17 | 12104,35 |
| P105 | 5 | 3828,25 | 14504,13 |
| P106 | 3 | 3406,86 | 12904,28 |
| P107 | 3 | 3406,86 | 12904,28 |
| P901 | | 2774,77 | 10504,49 |
| P902 | | 2774,77 | 10504,49 |
| P604 | 100 | 23844,41 | 90497,21 |
| P603 | 10 | 4881,74 | 18503,77 |
| P602 | 2 | 3196,17 | 12104,35 |
| P601 | 50 | 13309,59 | 50500,85 |
| P701 | 100 | 23844,41 | 90497,21 |
| TOTAL | | 253741,31 | 961963,19 |

- Compresores

El precio de los compresores se calcula mediante el método de Happel, que proporciona la siguiente fórmula:

$$\text{Coste de compra} = 645 \cdot (\text{HP})^{0.8}$$

$$\text{Coste instalada} = 3.1 \cdot 645 \cdot (\text{HP})^{0.8}$$

| Ítem | Potencia(HP) | Compra actual | Instalada actual |
|-------|--------------|---------------|------------------|
| C-201 | 1137,4 | 711900,986 | 2206893,06 |
| B-201 | 300 | 245124,104 | 759884,722 |

Planta de producción de Acrilonitrilo

7. Evaluación económica

- Intercambiadores

El coste de los intercambiadores de calor se puede estimar con las siguientes ecuaciones, en las que el área se expresa en pies cuadrados, por lo que ya se ha introducido el factor de conversión en la ecuación sabiendo que 1 m² son 0.0929 ft².

$$\text{Coste de compra} = 105 \cdot (A/0.0929)^{0.62}$$

$$\text{Coste instalada} = 346 \cdot (A/0.0929)^{0.62}$$

| Ítem | Área (m2) | Coste actual(€) | Coste instalado(€) |
|--------------|-----------|-------------------|--------------------|
| E-301 | 35,2 | 16519,27 | 54434,92 |
| E-302 | 35,2 | 16519,27 | 54434,92 |
| E-401 | 37 | 17038,03 | 56144,37 |
| E-402 | 37 | 17038,03 | 56144,37 |
| E-403-1 | 81,1 | 27715,79 | 91330,13 |
| E-403-2 | 81,1 | 27715,79 | 91330,13 |
| E-404 | 124,5 | 36152,59 | 119131,38 |
| E-405 | 22,7 | 12585,50 | 41472,21 |
| E-406 | 53,2 | 21340,25 | 70321,22 |
| E-407 | 445 | 79637,49 | 262424,50 |
| E-408 | 371,1 | 71157,18 | 234479,87 |
| E-409 | 18,7 | 11160,31 | 36775,87 |
| E-410 | 116,4 | 34675,70 | 114264,68 |
| E-411 | 9,4 | 7285,74 | 24008,25 |
| E-412 | 10,1 | 7617,52 | 25101,54 |
| E-413 | 72,1 | 25766,43 | 84906,52 |
| E-414 | 12,2 | 8564,02 | 28220,47 |
| E-415 | 9,1 | 7140,69 | 23530,27 |
| CD-401-1 | 180,3 | 45483,27 | 149878,22 |
| CD-401-2 | 180,3 | 45483,27 | 149878,22 |
| CD-402 | 512,1 | 86882,90 | 286299,85 |
| CD-403 | 60,3 | 23063,81 | 76000,75 |
| RB-401-1 | 183,3 | 45951,01 | 151419,53 |
| RB-401-2 | 183,3 | 45951,01 | 151419,53 |
| RB-401-3 | 183,3 | 45951,01 | 151419,53 |
| RB-402 | 433 | 78299,12 | 258014,23 |
| RB-403 | 524,7 | 88202,16 | 290647,12 |
| CD-701 | 187,3 | 88202,16 | 290647,12 |
| CD-702 | 187,3 | 88202,16 | 290647,12 |
| CD-703 | 187,3 | 88202,16 | 290647,12 |
| TOTAL | | 1215503,66 | 4005373,96 |

- Columnas

En nuestra planta se dispone de columnas de platos y de relleno, y su precio se calcula de manera diferente. Los dos tipos se calculan con el método de Happel y a continuación se presentan los resultados obtenidos teniendo en cuenta que la única columna de relleno es el SC-401.

| Ítem | Coste compra(€) | Coste Instalada(€) |
|---------------|-----------------|--------------------|
| TD-401 | 154197,60 | 582980,50 |
| TD-402 | 95582,22 | 365201,41 |
| TD-403 | 108216,12 | 470522,09 |
| Q-401 | 49153,11 | 195026,85 |
| Q-402 | 49153,11 | 195026,85 |
| SC-401 | 76900,83 | 446738,33 |
| TOTAL | 533202,98 | 2255496,03 |

- Chillers

Los chillers de los que se dispone en la planta se calculan en base a un presupuesto que nos fue ofrecido, obteniendo un precio final de 3.000.000€

- Recipientes de proceso

En este apartado se han incluido los tanques pulmón, los colectores, los mixers, los separadores y los reactores, que se pueden aproximar a recipientes de proceso.

| Ítem | Material | Peso (Kg) | Coste (€) |
|-----------------|----------|-----------|-----------|
| S-401 | AISI 304 | 773,8 | 9285,6 |
| D-401 | AISI 304 | 1079,4 | 12952,8 |
| D-402 | AISI 304 | 230,26 | 2763,12 |
| M-401 | AISI 316 | 179,96 | 2159,52 |
| M-402-1 | AISI 316 | 15480,56 | 185766,72 |
| M-402-2 | AISI 316 | 15480,56 | 185766,72 |
| M-403 | AISI 316 | 761,15 | 9133,8 |
| M-404 | AISI 316 | 180,23 | 2162,76 |
| R-301 | AISI 316 | 9919,31 | 119031,72 |
| R-302 | AISI 316 | 9919,31 | 119031,72 |
| TP-401-1 | AISI 314 | 3067,16 | 36805,92 |
| TP-401-2 | AISI 314 | 3067,16 | 36805,92 |
| TP-402-1 | AISI 316 | 2668,82 | 32025,84 |
| TP-402-2 | AISI 316 | 2668,82 | 32025,84 |
| TP-403-1 | AISI 316 | 2374,72 | 28496,64 |
| TP-403-2 | AISI 316 | 2374,72 | 28496,64 |
| TP-404-1 | AISI 316 | 2120,86 | 25450,32 |

7. Evaluación económica

| | | | |
|-----------------|----------|------------|------------|
| TP-404-2 | AISI 316 | 2120,86 | 25450,32 |
| TP-405-1 | AISI 316 | 2078,88 | 24946,56 |
| TP-405-2 | AISI 316 | 2078,88 | 24946,56 |
| TP-406-1 | AISI 316 | 1761,88 | 21142,56 |
| TP-406-2 | AISI 316 | 1761,88 | 21142,56 |
| TP-407 | AISI 316 | 1092,21 | 13106,52 |
| TP-408 | AISI 316 | 8909,88 | 106918,56 |
| TP-409 | AISI 316 | 8976,94 | 107723,28 |
| TP-410 | AISI 316 | 6968,2 | 83618,4 |
| TP-411 | AISI 316 | 6968,2 | 83618,4 |
| TC-401 | AISI 316 | 12565,8024 | 150789,628 |
| TC-402 | AISI 316 | 4542,98884 | 54515,866 |
| TC-403 | AISI 316 | 1582,46701 | 18989,6041 |
| TA-601 | AISI 316 | 841,052478 | 10092,6297 |
| CN-301 | AISI 316 | 666 | 7992 |
| CN-302 | AISI 316 | 793 | 9516 |
| CN-301 | AISI 316 | 3937 | 47244 |
| CN-301 | AISI 316 | 3937 | 47244 |
| TOTAL | | | 1615163,05 |

- Filtros

En la planta se dispone de dos filtros, y mediante proveedores se ha obtenido el precio de 1000 € para un filtro estándar, por tanto se aproxima el precio de los filtros a 2000€

- Calderas de vapor

El coste de las calderas de vapor se ha calculado mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Coste de compra} = 4.2 \cdot (\text{lb vap/h E-3})^{0.7}$$

$$\text{Coste instalado} = 7.6 \cdot (\text{lb vap/h E-3})^{0.7}$$

Teniendo en cuenta que en nuestra planta se producen 28200 kg/h de vapor en 7 calderas, el coste de compra de las calderas asciende a 414330€ siendo el coste de compra actual 2.100.000€. Por otra parte, el coste instalado es de 749.000€ en 1970 y de 3.804.962€ actualmente.

- Chimenea

El coste de la chimenea se ha obtenido por medio de proveedores y este es de 12.000 euros.

- Turbina

El coste de la turbina ha sido obtenido por catálogo y es de unos 4.500.000€

7. Evaluación económica

- Cristalizador

El precio aproximado del cristalizador es de 700.000€

- Balanzas

El coste de compra de las balanzas es de 40.000€aproximadamente, y se dispone de una en el área 100 y una en el área 900, por lo que finalmente el precio total es de 80000€

Por lo tanto, finalmente se obtiene un precio de costes de equipos total de **24.210.220€**

Una vez calculado el coste de los equipos se aplica el método de Vian.

| Inversión | Definición | Cálculo | Precio (€) |
|--------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|
| I1 | Máquinas y aparatos | X | 24.210.220 |
| I2 | Costes instalación I1 | (0.35-0.5)X | 9.684.088 |
| I3 | Tuberías y válvulas | Sólidos: 0.1X, Fluidos: 0.6X | 14.526.132 |
| I4 | Instrumentos de control | (0.05-0.3)X | 4.842.044 |
| I5 | Aislamientos térmicos | (0.03-0.1)X | 1.694.715,4 |
| I6 | Instalación eléctrica | (0.1-0.2)X | 3.631.533 |
| I7 | Terrenos y edificios | (0.05-0.3)X | 3.631.533 |
| I8 | Instalaciones auxiliares | (0.25-0.7)X | 9.684.088 |
| Y | Capital físico o primario | $\sum(I1-I8)$ | 71.904.353,4 |
| I9 | Honorarios del proyecto | 0.2Y | 14.380.870,7 |
| Z | Capital directo o secundario | Y+I9 | 86.285.224,1 |
| I10 | Contrato de obras | (0.04-0.1)Z | 6.039.965,69 |
| I11 | Gastos no previstos | (0.1-0.3)Z | 17.257.044,8 |
| Total | Inmoblizado total | Σ | 109.582.235 |

A continuación se desglosa el método de Vian para explicar la obtención del precio mostrado en la tabla anterior. Cabe destacar que en la mayoría de los casos se usará un valor medio del rango proporcionado.

- I1. Máquinas y aparatos

Incluye el coste de compra de todos los equipos de la planta (Calculados con el método de Happel y con precios de fabricantes previamente).

- I2. Costes instalación I1

En este apartado se asigna un 40% al coste del material y un 60% al coste de la mano de obra. Se calculará como 0.4·I1

- I3. Tuberías y válvulas

Al tener circulación de fluidos se calculará como 0.6·I1

- I4. Instrumentos de control

Según la automatización de la planta los costes de instrumentos de medida y control serán mayores o menores. En este caso se considerara I4 como $0.2 \cdot I1$

- I5. Aislamientos térmicos

Se calculará I5 como $0.07 \cdot I1$

- I6. Instalación eléctrica

En este apartado se incluyen los costes derivados a toda la instalación eléctrica. Se calculará I6 como $0.15 \cdot I1$

- I7. Terrenos y edificios

Se calculará como $0.15 \cdot I1$

- I8. Instalaciones auxiliares

En este apartado se tienen en cuenta los servicios de la planta y su instalación. Ya que en nuestra planta dispondremos de calderas y turbinas ya que es necesario el aprovechamiento de calor se supondrá I8 como $0.4 \cdot I1$

- Y. Capital físico o primario

Corresponde a la suma desde I1 hasta I8.

- I9. Honorarios del proyecto

Estos costes se dividen en un 12% para la elaboración del proyecto, un 6% para la dirección de la obra y un 2% para la gestión de compras. Se calcula I9 como $0.2 \cdot Y$.

- Z. Capital directo o secundario

Se calculará Z como $Y + I9$.

- I10. Contrato de obras

Se usará un valor mediano para calcular I10. Éste se obtiene como $0.07 \cdot Z$.

- I11. Gastos no previstos

Siempre es necesario tener un colchón para gastos no previstos ya que es muy importante cumplir el presupuesto en un proyecto. Se cogerá un valor medio del rango y se calculará I11 como $0.2 \cdot Z$.

7.1.3. Capital circulante

El capital circulante es la cantidad necesaria de dinero para poder tener la planta operativa, ya que permite comprar materias primas, pagar sueldos, etc. El capital circulante se recupera al final de la operación de la planta, por tanto no debe ser amortizado.

El capital circulante puede ser calculado según diferentes métodos. En este caso se calculará con el método global, ya que, a pesar de proporcionar un pequeño error, es un método muy simple.

El capital circulante se define como $(0.1-0.3) \cdot V$, donde V es el volumen de ingresos por ventas anuales.

Para determinar V se usa la fórmula $g=V/I=1$, obteniendo por tanto $V=I$, donde I es el capital inmovilizado.

Finalmente, por tanto, se obtiene que el capital circulante es $0.2 \cdot I$.

El capital circulante total es de **21.916.447 €**

7.1.4. Gastos derivados de la puesta en marcha

El valor de los gastos nombrados se encuentra incluido en los gastos no previstos (I11) del método de Vian descrito anteriormente.

Por tanto, finalmente se obtiene el valor total de **131.498.682€** de inversión inicial.

7.2. Costes de operación

En este apartado se calcularán los costes asociados a la producción de acrilonitrilo.

Para estimar estos costes se aplicará el método de Vian, que divide los costes en costes de fabricación (M) y costes generales (G).

7.2.1. Costes de fabricación (M)

A continuación se desglosará el método de Vian para calcular los costes asociados a la producción.

- M1. Materias primas

Para calcular los costes de materias primas es necesario conocer el precio de estas en el mercado y las necesidades anuales de cada una de ellas. A continuación se presentan estos datos.

| Componente | Kg/año | €/tn | €año |
|-----------------|----------|---------|---------------|
| NH3 | 32126400 | 316 | 10.151.942,4 |
| Propileno | 76104000 | 754,68 | 57.434.166,72 |
| Ácido sulfúrico | 17877600 | 43 | 768736,8 |
| Catalizador | 3616,06 | 50040,5 | 180949,4504 |
| Hidroquinona | 288000 | 6048 | 1741824 |

Por tanto, se obtiene un gasto en materias primas de **70.277.618,6 €año**.

- M2. Mano de obra directa.

Contando que hay tres turnos de trabajo en la planta y asumiendo unos 30 trabajadores por turno, la mayoría operarios, el coste de la mano de obra directa durante un año es aproximadamente de **2.200.000€**

- M3. Patentes.

Se considera que nuestra planta está libre de patentes por lo que el gasto de este apartado será de 0.

- M4. Mano de obra indirecta.

En este apartado se tienen en cuenta trabajadores de limpieza, comerciales y seguridad.

En este aspecto será suficiente con unos 5 trabajadores por turno en total, por lo que el coste ascendería a aproximadamente **350.000€**

- M5. Servicios.

Para calcular el caudal de gas natural necesario en la planta se tiene en cuenta que cada una de las 7 calderas de las que se dispone genera 28,2 Tn/h, obteniendo una generación total de 159.540.480 m³/año. En cuanto al consumo de gas natural, este aumenta hasta 2527.5 m³/h por caldera, por tanto 17.689 m³/h consumidos de gas natural. En total, se obtiene un consumo de gas natural de 127.360.800 m³/año.

Si se tiene en cuenta que el gas natural va a 5 c€/m³ se obtiene un gasto en gas natural de **6.368.040€/año.**

En cuanto a la electricidad, en nuestra planta se gastan 3444 Kw y se generan 14000 Kw, obteniendo una generación de 10556 Kw, que se incluirán en el apartado de ventas.

En un año por tanto se genera un total de 76.003.200 Kw.

En cuanto al consumo de agua, el gasto de agua por hora asciende a 395.6 m³, obteniendo un valor de 2.848.320m³/año. El agua de red se obtiene a 1.32€/m³, obteniendo un coste anual de **3.759.782€**

- M6. Suministros

Se considerará como un 1% del inmovilizado (109.582.235€)

Por tanto, este apartado implica un coste de **1.095.822€**

- M7. Mantenimiento

El coste del mantenimiento varía de 0.02-0.12 del inmovilizado. Se considerara un 0.06 del inmovilizado para calcular el coste.

Por tanto, este apartado implica un coste de **657.493,4€**

- M8. Laboratorio

El coste del laboratorio se estima entre un 5 y un 25% del coste de mano de obra M2. Se asume un 10% de M2, que es 2.200.000€ obteniendo un valor de **220.000€**

- M9. Envasado

En este apartado se considera que el acrilonitrilo se almacena y vende líquido y tiene que ser transportado por camiones, igual que el HCN que se vende como subproducto.

- M10. Expedición

En este apartado se deben considerar los gastos de envío de los productos, que se supondrán nulos al pensar que se cobrarán al cliente.

- M11. Directivos y servicios técnicos

Este coste se calcula como el 0.1-0.4 del coste de mano de obra M2. Se supondrá un valor medio del 25% de M2, obteniendo un coste de **550.000€**

- M12. Amortización

El valor de amortización no supondrá un coste en este apartado ya que ya se considerará a la hora de realizar el net cash flow.

- M13. Alquileres

Este coste se considera nulo ya que la parcela es comprada.

- M14. Tasas

En este apartado se dispone de un rango de 0.5-1% del capital inmovilizado. Se tomara un valor medio de 0.75% de I, obteniendo un valor de **821.866,76€**

- M15. Seguros

Los seguros asociados a las instalaciones son obligatorias por ley, y se consideran como un 1% del inmovilizado, obteniendo un coste de **1.095.822€**

Sumando todos los costes detallados con anterioridad se obtienen unos costes de fabricación totales de **87.396.444,4€**

7.2.2. Costes generales (G)

En este apartado se dispone de los siguientes costes.

- G1. Costes comerciales.

Este coste puede oscilar entre un 5 y un 20% de los costes de fabricación. El acrilonitrilo es un producto consolidado en el mercado que no necesita excesiva publicidad, por tanto se considerara el mínimo valor del rango, pudiendo calcular los costes comerciales como $0.05 \cdot M$.

El coste de este apartado es de **4.369.822 €**

- G2. Gerencia y administración.

Este apartado incluye los sueldos del personal de gerencia, secretaria y administración, y haciendo los cálculos correspondientes se obtiene un valor de **500.000€**

- G3. Gastos financieros.

Este coste se considerará nulo al no disponer de información al respecto.

7. Evaluación económica

- G4. Investigación y servicios técnicos.

Los costes estimados en este apartado se estiman en 0.05·M.

El coste de este apartado es de **4.369.822 €**

Por tanto, en el apartado de gastos generales se obtiene un coste final de **8.739.644€**

Por tanto, se obtiene un valor de costes de operación totales de **96.136.088,4€**

7.3. Otros costes

En este apartado se calcularán los costes derivados del tratamiento de residuos líquidos y los provenientes de pagar el canon de emisión del dióxido de carbono.

En cuanto al coste de tratamiento de los residuos líquidos, se obtiene un precio de tratamiento de 490€/Tn con 1,43 Tn/h, obteniendo un coste anual de **5.076.792€año**.

En cuanto al coste de emisión del dióxido de carbono, en la planta se generan 13466.64 Kg/h, por tanto 96.959.808 Kg/año. Al no conocer el porcentaje de emisión permitido de dióxido de carbono se supondrá que el 50% de lo emitido sea penalizable para poder hacer un número, y sabiendo que por tonelada emitida deben pagarse 100€se obtiene un coste anual de **4.847.990€año**.

7.4. Ingresos por ventas

Para calcular los ingresos generados por las ventas de acrilonitrilo es necesario conocer el precio de venta del producto y la producción.

A parte, a esto se deben añadir los ingresos secundarios como la venta de la electricidad generada por la turbina o la venta de subproductos.

En la siguiente tabla se presentan los ingresos por ventas de acrilonitrilo y ácido cianhídrico.

| Componente | Kg/año | €/tn | €año |
|-------------------|----------|-------|--------------|
| Acrilonitrilo | 46879200 | 2000 | 93.758.400 |
| HCN | 16448040 | 2080 | 34.211.923,2 |
| Sulfato de amonio | 3175 | 230.8 | 732790 |

Obteniendo unos ingresos totales por ventas de producto de **128.703.113,2€año**.

En cuanto a la electricidad generada, se tiene un precio de venta de 4,21c€/Kw, y se gastan 7641Kw, generando 14000Kw, por lo que se acaba disponiendo de una generación de electricidad de 45.784.800 Kw, se obtienen unos ingresos totales de **1.927.540,1€año**.

7.5. Net Cash Flow

El net cash flow permite evaluar la rentabilidad económica del proyecto. El net cash flow se calcula como:

$$(NCF)_n = [(-I - CC + R + X)_n + (V - C)_n - t \cdot (V - CC + A)_{n-1}]$$

Dónde:

I → Capital inmovilizado

CC → Capital circulante

R → Ingresos por valores residuales

X → Imprevistos

n → Año

V → Ingresos por ventas

C → Costes totales de producción

t → Tasa de amortización. Supone un 35% de la base imponible del año anterior

A → Amortización, aplicando una amortización lineal $A = I - R / \text{tiempo amortización}$.

Base imponible → $V - C - A$

La viabilidad de la planta se estudia a 15 años, teniendo en cuenta que se necesita un año para la construcción y se incluye un año al final del NCF para tener en cuenta valores residuales e impuestos. En cuanto a la duración de los equipos, se ha decidido dividirlos en tres grupos y asociar un porcentaje de equipos para los años de vida útil.

-5 años de vida útil → 10%

-10 años de vida útil → 15%

-15 años de vida útil → 75%

Por tanto, y teniendo en cuenta que el coste estimado de los equipos con el método de Happel es de 24.210.220€, se obtiene que para los equipos de vida útil de 5 años se deberá invertir 2.421.022€ cada 5 años y para los equipos con vida útil de 10 años 3.631.533€

En cuanto a la parcela, se dispone de una de 53.235 m², suponiendo un coste de 300€/m², se obtiene un coste total de 15.970.500€, que se recuperará el último año, por lo que se incluye en el apartado del capital circulante del NCF.

Respecto a la amortización, el valor a amortizar es el del inmovilizado más los gastos por sustitución de equipos, debiendo repartir bien la amortización. Así, se obtiene un valor de 7.3 millones a amortizar los 5 primeros años, y valores ligeramente superiores para los años posteriores, al tener que amortizar la compra de equipos nuevos.

Seguidamente se presenta el NCF de la planta. Es necesario destacar que todos los valores de la tabla se encuentran en millones de euros.

| Año | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| C. circulante | 0,00 | -37,89 | | | | | | |
| Inmovilizado | -109,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -2,42 | 0,00 |
| Ventas | | 130,63 | 130,63 | 130,63 | 130,63 | 130,63 | 130,63 | 130,63 |
| Costes | | -106,07 | -106,07 | -106,07 | -106,07 | -106,07 | -106,07 | -106,07 |
| NCF s.i. | -109,58 | -13,33 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 22,14 | 24,56 |
| V-C | | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 24,56 |
| Amortización | | 7,31 | 7,31 | 7,31 | 7,31 | 7,31 | 7,79 | 7,79 |
| Base imp. | 0,00 | 17,25 | 17,25 | 17,25 | 17,25 | 17,25 | 16,77 | 16,77 |
| Impuestos (35%) | | | 6,04 | 6,04 | 6,04 | 6,04 | 6,04 | 5,87 |
| NCF c.i. | -109,58 | -13,33 | 18,52 | 18,52 | 18,52 | 18,52 | 16,10 | 18,69 |

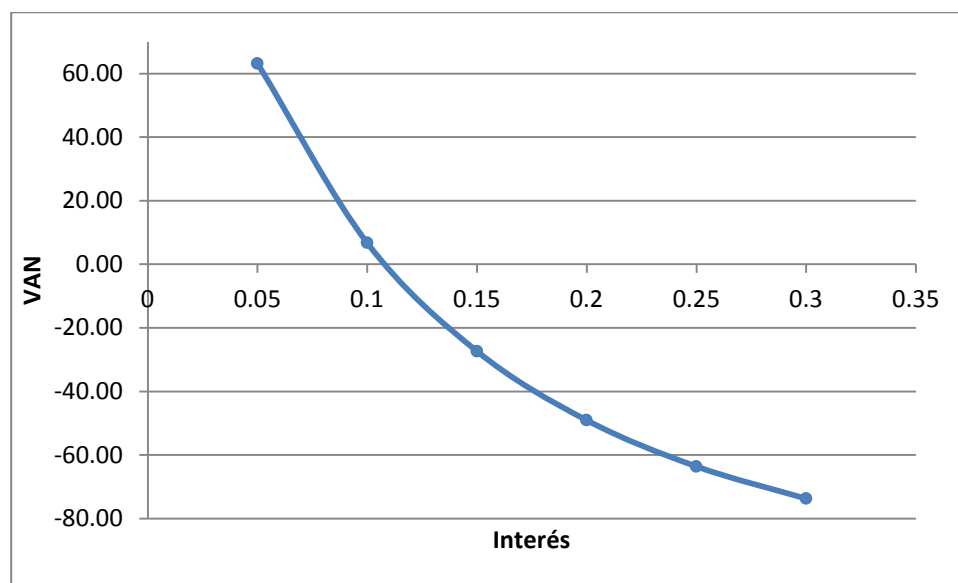
| Año | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|----------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| C. circulante | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 37,89 |
| Inmovilizado | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -6,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Ventas | 130,63 | 130,63 | 130,63 | 130,63 | 130,63 | 130,63 | 130,63 | 130,63 | 0,00 |
| Costes | -106,07 | -106,07 | -106,07 | -106,07 | -106,07 | -106,07 | -106,07 | -106,07 | 0,00 |
| NCF s.i. | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 18,51 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 37,89 |
| V-C | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 24,56 | 0,00 |
| Amortización | 7,79 | 7,79 | 7,79 | 8,52 | 8,52 | 8,52 | 8,52 | 8,52 | 0,00 |
| Base imp. | 16,77 | 16,77 | 16,77 | 16,04 | 16,04 | 16,04 | 16,04 | 16,04 | 0,00 |
| Impuestos(35%) | 5,87 | 5,87 | 5,87 | 5,87 | 5,62 | 5,62 | 5,62 | 5,62 | 5,62 |
| NCF c.i. | 18,69 | 18,69 | 18,69 | 12,64 | 18,94 | 18,94 | 18,94 | 18,94 | 32,27 |

Planta de producción de Acrilonitrilo

7. Evaluación económica

A continuación se presentan los datos del cálculo del VAN y una gráfica donde se muestra el VAN en función del interés.

| Interés | | | | | | | | | | | | | | | | | | | VAN |
|---------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|------|-------|--------|-----|
| 0,05 | -109,58 | -12,70 | 16,80 | 16,00 | 15,24 | 14,51 | 12,01 | 13,28 | 12,65 | 12,05 | 11,47 | 7,39 | 10,55 | 10,05 | 9,57 | 9,11 | 14,79 | 63,19 | |
| 0,1 | -109,58 | -12,12 | 15,31 | 13,92 | 12,65 | 11,50 | 9,09 | 9,59 | 8,72 | 7,93 | 7,21 | 4,43 | 6,04 | 5,49 | 4,99 | 4,54 | 7,02 | 6,71 | |
| 0,15 | -109,58 | -11,59 | 14,00 | 12,18 | 10,59 | 9,21 | 6,96 | 7,03 | 6,11 | 5,31 | 4,62 | 2,72 | 3,54 | 3,08 | 2,68 | 2,33 | 3,45 | -27,37 | |
| 0,2 | -109,58 | -11,11 | 12,86 | 10,72 | 8,93 | 7,44 | 5,39 | 5,22 | 4,35 | 3,62 | 3,02 | 1,70 | 2,12 | 1,77 | 1,48 | 1,23 | 1,75 | -49,09 | |
| 0,25 | -109,58 | -10,66 | 11,85 | 9,48 | 7,59 | 6,07 | 4,22 | 3,92 | 3,14 | 2,51 | 2,01 | 1,09 | 1,30 | 1,04 | 0,83 | 0,67 | 0,91 | -63,62 | |
| 0,3 | -109,58 | -10,25 | 10,96 | 8,43 | 6,48 | 4,99 | 3,34 | 2,98 | 2,29 | 1,76 | 1,36 | 0,71 | 0,81 | 0,63 | 0,48 | 0,37 | 0,49 | -73,77 | |



Para estudiar la viabilidad de la planta se puede aplicar también el payback, que permite conocer el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial de la planta. Si se observa la tabla anterior se aprecia que el payback para nuestra planta será de aproximadamente unos 7 años de operación, dato alentador ya que teniendo la planta a 15 años, se obtienen 8 años de beneficios absolutos.

Otro análisis interesante es el cálculo del TIR, que permite conocer exactamente hasta que interés se obtiene un VAN positivo, y por tanto beneficios. El TIR se calcula buscando el interés que hace que el VAN sea 0, y mediante la aplicación de un solver se obtiene un TIR del 10.81%, un interés medio para este tipo de empresa, por tanto se puede concluir que el proyecto es viable económicamente, aunque podrían incluirse mejoras para aumentar la rentabilidad.

Por tanto, aunque el proyecto sería ya viable económicamente, se podrían plantear una serie de mejoras:

- Aumentar la producción a 330 días al año en lugar de 30, pudiendo así aumentar ligeramente el beneficio.

- Disminuir la cantidad de tanques de almacenamiento de los que se disponen en la planta, ya que suponen una parte importante del coste de los equipos. Podría reducirse el stock de materias primas para alcanzar este objetivo.

- Intentar contactar con alguna empresa interesada en el residuo líquido de acrilonitrilo y acetónitrilo que pueda adquirirlo sin que suponga un coste en nuestra planta, o intentar mejorar el proceso para poder recuperar el acetónitrilo del corriente, pudiendo así venderlo como subproducto, a la vez que se añadiría el acrilonitrilo separado al producto final.

- En cuanto al CO₂, éste también supone un coste importante de tratamiento, por lo que se podría intentar buscar una empresa productora de carbonato sódico interesada en obtenerlo sin coste alguno para nosotros, pudiendo así reducir los costes de producción significativamente.