

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

7.- ANÁLISIS ECONÓMICO.

7.1.- Introducción.

En este estudio económico se va a plantear el coste que tendría la producción de hidrógeno a partir del excedente de energía que se produce en la red. Donde tendremos que el momento óptimo para realizar dicha transformación es cuando la demanda baja, es decir, durante la noche. Aunque pueden darse otros casos.

Este estudio lo realizaremos sobre los datos desprendidos de un parque eólico de producción real de potencia nominal 2 MW, para después extrapolarlo a ratios de producción en cualquier parque y potencia.

7.2.- Equipos.

Los equipos necesarios para la obtención de hidrógeno a partir del excedente eléctrico de la red mediante una instalación electrolítica son:

- Un aerogenerador.
- Una rectificadora de corriente alterna para la obtención de corriente continua (1,6 a 2,2 Voltios y una densidad de corriente de 1,75 KA/m² a 2,1 KA/m²)
- Un bloque de celdas electrolíticas interconectadas.
- Instalaciones para purificar el agua.
- Instalaciones para preparar y bombear constantemente el electrolito.
- Instalaciones para la refrigeración y el lavado de los gases.
- Los catalizadores para purificar el H₂ y el O₂.
- Instalaciones de compresión del H₂.
- Las instalaciones de secado, almacenamiento y distribución.

Dentro de la instalación del sistema al completo el elemento limitante será aquel a través del cual obtenemos la energía para poder desarrollar el proceso. En este caso concreto el cuello de botella será el aerogenerador, ya que en este estudio partimos de la base de que solo disponemos de uno, para así obtener los ratios económicos y financieros con respecto a la unidad de aerogeneración para una potencia concreta. De este modo cuando queramos calcular los costes de producción de hidrógeno de una planta de mayor capacidad el primer número que tendremos será el resultado de dividir la potencia generada en el parque eólico por la potencia generada en nuestro estudio, eso si teniendo en cuenta siempre que habrá economías de escala.

Como consecuencia de lo anteriormente explicado tenemos que nuestro sistema ha sido dimensionado para un aerogenerador de 2 MW y por

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

consecuencia la capacidad y número del resto de equipos vendrán derivados de esta primera decisión.

DESCRIPCIÓN	FABRICANTE MODELO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	UNIDADES
Aerogenerador	GAMESA	Modelo G-90 de 2000 kW de potencia unitaria y con una altura de torre de 78 m.	1
Sistema de Control de Potencia: rectificador de corriente alterna para obtención de corriente continua.	ABB	Tensión de 1,6 a 2,2 Volts y una densidad de corriente de 1,75 a 2,1 kA/m ²	1
Depósitos de Agua.	ITC	Depósito Circular, Volumen 10 m ³ , Fibra de Vidrio, Grosor 5 mm	1
Sistemas de Bombeo de Agua.	CAPRARI	Bombas Sumergibles verticales autoaspirantes. Caudal: 330 l/h Altura manométrica 15 m.c.a.	1
Sistemas de Filtración de agua para obtención de agua desmineralizada.	PALL		1
Electrolizadores.	NORSK Atmospheric Type N° 5040	Caudal de producción 300 Nm ³ /h. Pureza del 99,9%. Potencia de 1,81 MW.	1
Instalaciones para preparar y bombear el electrolito	TINSA	Bombas Peristálticas de doble membrana PVDF. Caudal: 5 l/h Altura manométrica 3 m.c.a.	1
Catalizadores para purificar el Hidrógeno y el Oxígeno.	LINDE		1
Instalaciones de Secado y Almacenamiento del Hidrógeno.	CARBUROS METÁLICOS	Instalaciones de Secado de Gas de capacidad 360 Nm ³ /h y Depósitos Pulmón de 8.640 Nm ³	1
Instalaciones de compresión de hidrógeno.	AIR LIQUIDE	Estación de compresión de 360 Nm ³ /h a una presión max. de 200 bar	1
Instalaciones de almacenamiento y distribución de Hidrógeno a alta presión.	ELCOGAS	Depósitos esféricos de Acero Inoxidable AIXI, Grosor 10 mm y de capacidad 36.000 Nm ³	1
Instalaciones accesorias y otros.	Varios Proveedores	Obra civil, tirada de tuberías, alimentaciones subterráneas y aéreas.	1

Figura 50: Especificaciones técnicas de Equipos y unidades de los mismos. Fuente: Elaboración propia.

Muchos fabricantes de electrolizadores consideran todos estos requerimientos técnicos y los colocan en sus productos finales, ofreciendo de este modo, sistemas completos de producción de hidrógeno en el mercado.

De los 2 tipos de electrolizadores existentes en el mercado nos inclinamos por el electrolizador alcalino, donde el hidrógeno producido tiene una pureza de casi 100% a bajas presiones. Por lo que la configuración final de la planta con todos sus componentes sería la que se muestra en la siguiente figura:

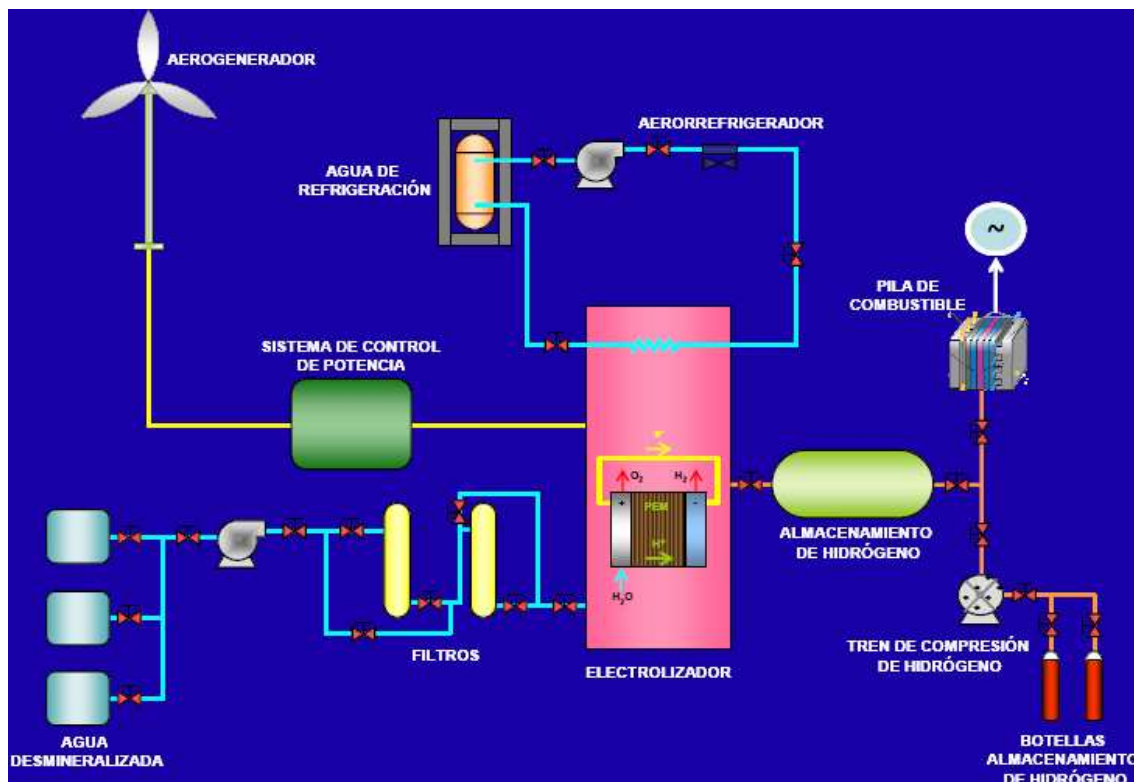


Figura 51: Esquema del sistema de producción propuesto. Fuente: Gamesa.

Independientemente de la tecnología utilizada por el electrolizador, resulta necesario un tanque de almacenamiento de agua, de manera que se asegure que el proceso no se interrumpa inesperadamente a causa de la falta de suministro de agua.

El agua empleada para el proceso de la electrólisis, debe ser destilada y desionizada; es decir, el agua que se utiliza para este fin debe ser previamente tratada antes de entrar a la celda electrolítica.

Con este objetivo, se debe recurrir a los procesos de filtrado y purificación oportunos, esto significa que, inclusive se puede usar agua de mar y aguas tratadas para producir hidrógeno.

Se debe introducir a la celda electrolítica, agua pura necesaria para llevar a cabo la electrólisis, así como para que los electrodos tengan una mayor vida útil, al igual que la celda electrolítica.

En nuestro caso hemos supuesto un electrolizador de 1,81 MW (300 Nm³/h) en la fase de transformación de la energía eólica en hidrógeno.

A continuación procedemos a la descripción de los equipos más importantes.

Aerogenerador.

Un aerogenerador está constituido esencialmente por una turbina eólica, una caja multiplicadora y un generador eléctrico situados en la parte superior de una torre de acero (de 78 m de altura en este caso) cimentada sobre una zapata de hormigón armado.

El modelo G90 de Gamesa es un aerogenerador con un diseño aerodinámico de punta de pala y un diseño de componentes mecánicos que minimizan el ruido emitido, gracias a un sistema de control de ruido que permite programar el ruido emitido de acuerdo con criterios como fecha, hora o dirección del viento, de este modo se logra el cumplimiento de las normativas locales con una producción máxima.

Sus palas son más ligeras por el empleo de materiales como la fibra de vidrio, la fibra de carbono y preimpregnados. Cumple todos los requerimientos principales de conexión a la red internacional. Dispone también de un sistema de control y monitorización remota con accesoWeb (Gamesa SGIPE).

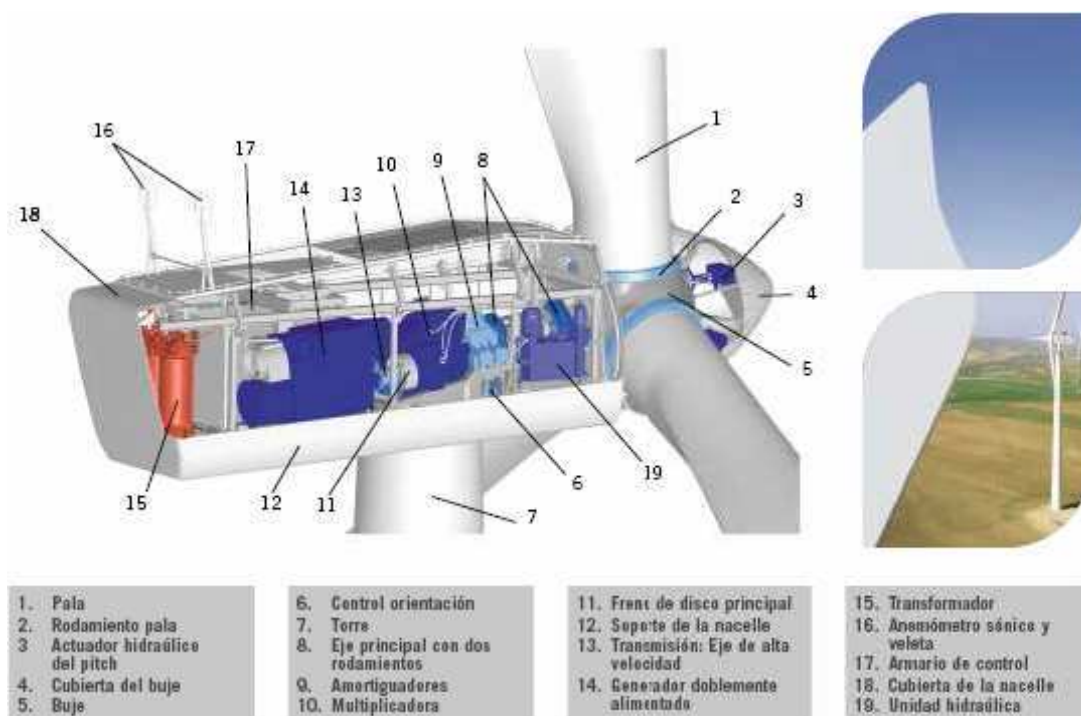


Figura 52: Esquema con las partes que forman un Aerogenerador. Fuente: Gamesa.

La turbina tiene un rotor de 90 m de diámetro situado a barlovento. Está equipada con:

- Tres palas aerodinámicas de paso variable controlado por microprocesador.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

- Regulación electrónica de la potencia de salida mediante convertidores electrónicos.
- Un sistema activo de orientación.

Mediante un multiplicador mecánico, se acopla a un generador doblemente alimentado con rotor devanado y anillos deslizantes, de 4 polos y de 2.000 kW de potencia unitaria.

Las curvas de potencia han sido calculadas en base a los datos de superficie sustentadora NACA 63.XXX y FFA-W3.

Los parámetros base del cálculo son:

- Velocidad del viento: promediada cada 10 minutos, a la altura del buje de la turbina y perpendicular al plano del rotor.
- Frecuencia: 50 Hz/60 Hz Ángulo de paso de pala: variable Turbulencia: 10%.

La potencia eléctrica está medida como función del viento a la altura del buje, con una media de 10 minutos, y perpendicular al plano del rotor, fijando una densidad de aire.

La curva de potencia del aerogenerador está confeccionada con cálculos realizados para una densidad media del aire estándar (1,21 kg/m³) y una turbulencia del 10%. Para otros valores de densidad y turbulencia la curva tomará valores distintos.

Velocidad (m/s)	Potencia (KW)	Velocidad (m/s)	Potencia (KW)
<1	0	10	1.633
1	0	11	1.863
2	0	12	1.960,4
3	21,3	13	1.990,4
4	84,9	14	1.997,9
5	197,3	15	1.999,6
6	363,8	16	1.999,9
7	594,9	17	2.000
8	900,8	18-21	2.000
9	1.274,4		

Figura 53: Tabla de valores discretizados de la curva de potencia del aerogenerador G-90. Fuente: Gamesa.

Electrolizador.

El electrolizador por el que nos hemos decantado para la producción de hidrógeno es el Norsk Atmospheric Type 5040 (4000 Amp DC)

El diseño de este electrolizador implica un rango automático de producción de volumen de gas de 20% a 100% dependiendo de la demanda. La célula de electrolizador bipolar proporciona una compacta y completa unidad operativa.

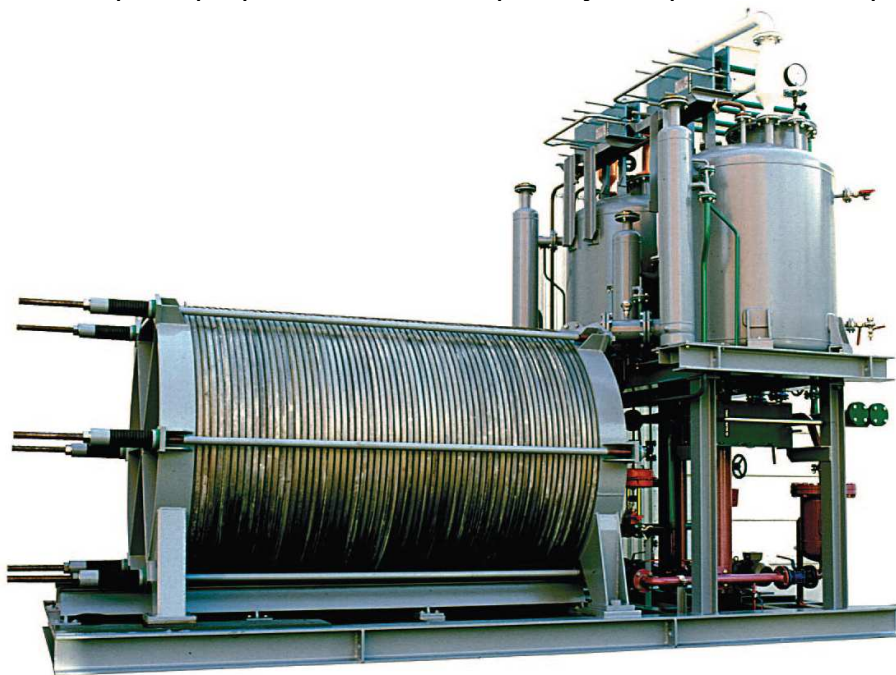


Figura 54: Imagen del electrolizador Norsk Atmospheric Type 5040. Fuente: Norsk Hydro.

Las características técnicas de este equipo son:

- Tecnología Alcalina Bipolar.
- Ratio de producción de Hidrógeno: Min: 300 Nm³/h y Max: 377 Nm³/h
- Presión del Hidrógeno Producido: 0,3 psig.
- Energía requerida: 4,8 kWh/Nm³.
- Potencia máxima requerida para la producción de Hidrógeno: 1.810 kW.
- Pureza del Hidrógeno (%): 99,9 ± 0,1.
- Pureza del Oxígeno (%): 99,9 ± 0,1.
- Electrolito: 25% KOH Solución acuosa.
- Consumo de agua: Aproximadamente 1 l/Nm³
- Pureza del Hidrógeno después de purificación: 99,9998% (2ppm)
- Dimensiones en planta 4m x 12m.
- Vida útil: 10 años.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

7.3.- Inversión.

El coste de la inversión para la realización de este proyecto es el coste de adquisición de los equipos descritos en el punto anterior, siendo el precio de adquisición de los mismos el siguiente:

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Aerogenerador G-90 2 MW	1	1.900.000,00 €	1.900.000,00 €
Sistema de Control de Potencia: restificador de la corriente alterna para la obtención de corriente continua.	1	35.762,00 €	35.762,00 €
Depósitos de Agua.	1	25.665,00 €	25.665,00 €
Sistemas de Bombeo de Agua.	1	6.433,00 €	6.433,00 €
Sistemas de Filtración de agua para obtención de agua desmineralizada.	1	10.578,00 €	10.578,00 €
Electrolizadores.	1	1.042.857,14 €	1.042.857,14 €
Instalaciones para preparar y bombear el electrolito	1	8.342,00 €	8.342,00 €
Catalizadores para purificar el Hidrógeno y el Oxígeno.	1	47.998,00 €	47.998,00 €
Instalaciones de Secado y Almacenamiento del Hidrógeno.	1	55.507,00 €	55.507,00 €
Instalaciones de compresión de hidrógeno.	1	78.004,00 €	78.004,00 €
Instalaciones de almacenamiento y distribución de Hidrógeno a alta presión.	1	85.406,00 €	85.406,00 €
Instalaciones accesorias y otros.	1	150.000,00 €	150.000,00 €

Figura 55: Tabla de unidades de equipos y coste de los mismos. Fuente: Elaboración Propia.

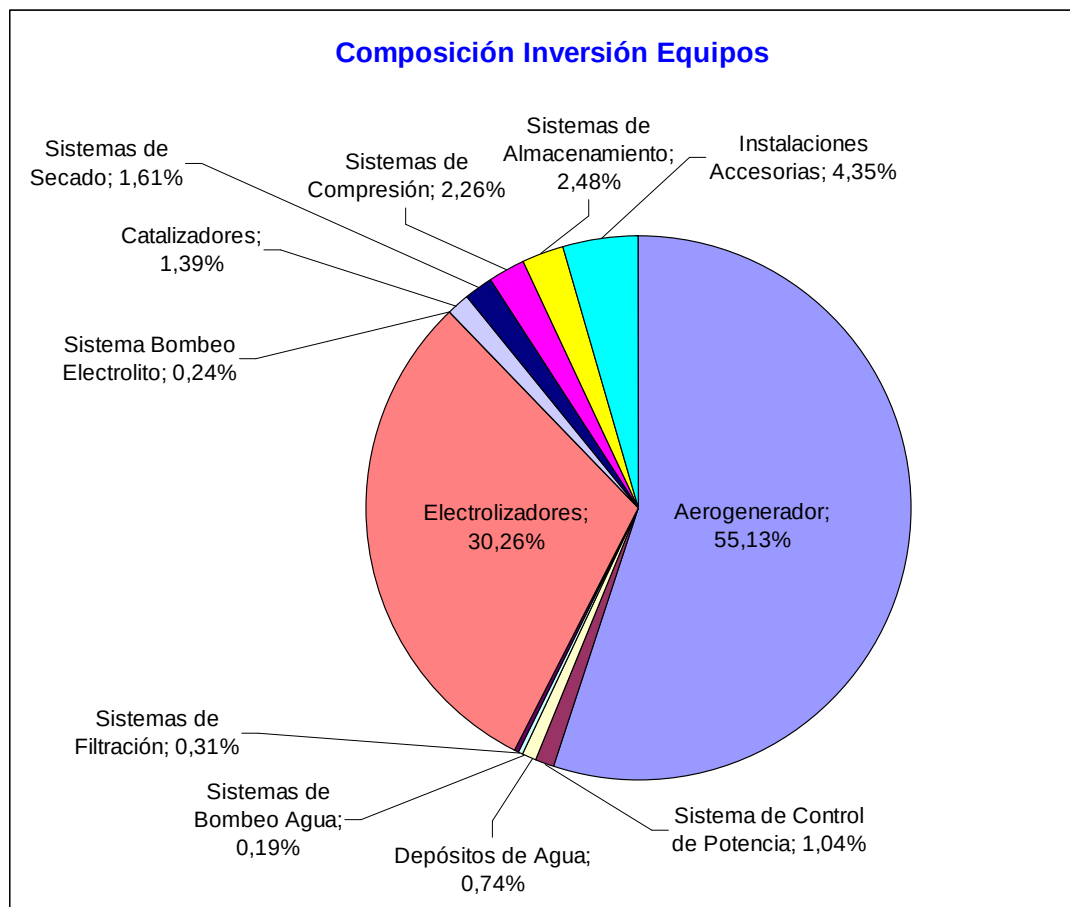


Figura 56: Composición porcentual de la inversión. Fuente: Elaboración Propia.

Inversión total en equipos → 3.446.552,14 €

7.4.- Energía producida.

Para la instalación de un parque eólico, en primer lugar hay que hacer un estudio de vientos de la zona donde se vayan a ubicar los aerogeneradores. Para ello se ha recurrido a datos proporcionados por el instituto nacional de meteorología que dispone de una estación meteorológica que recoge los vientos de la zona periódicamente cada 10 diez minutos. Esta instalación de medida se encuentra situada a una altura sobre el suelo de 25 metros. Para hacer el estudio para un parque eólico, se necesitan unos datos de viento tomados a una altura mayor, y con ayuda de estos se van a interpolar para obtener una relación de velocidades a la altura del buje del aerogenerador.

Una vez obtenidos los datos hay que interpolarlos para poder obtener un perfil de velocidades de viento a lo largo del tiempo, puesto que no se dispone de los datos de viento a la altura del buje del aerogenerador que se encuentra a una altura determinada del suelo.

En nuestro caso partimos de un caso genérico obtenido de estudios similares, del cual se desprenden los siguientes datos:

	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
2004	7,8	9,2	7,8	7,5	7,1	5,8	5,8	6,5	6,8	7,2	8,1	8,3
2005	6,2	7,0	6,3	8,7	5,1	6,4	6,8	6,7	5,8	7,0	9,0	9,9
2006	10,4	5,8	6,3	8,4	5,7	6,2	6,0	6,0	5,7	7,7	8,9	5,9
2007	6,5	8,1	8,3	6,4	7,1	6,3	6,6	5,7	5,6	7,6	8,8	9,4
2008	10,5	7,4	6,2	9,4	6,5	5,9	6,0	5,8	6,1	8,2	7,5	8,0

Figura 57: Velocidades medias del viento en un emplazamiento genérico. Fuente: Centro Nacional de Metereología.

Por tanto las medias anuales serán las siguientes:

- Año 2004 → 7,32 m/s
- Año 2005 → 7,07 m/s
- Año 2006 → 6,91 m/s
- Año 2007 → 7,20 m/s
- Año 2008 → 7,29 m/s

La velocidad media de todo el período será de 7,16 m/s. Al ser la velocidad media superior a 5,5 m/s, se considera la zona con un potencial eólico alto. A continuación vamos a calcular la producción energética del parque eólico, esto se va a hacer según la curva de potencia del aerogenerador teniendo en cuenta las condiciones de viento y altura de la zona:

Velocidad (m/s)	Potencia (kW)	Número de Horas Viento	Producción Anual (kW/h)
<1	0,0	40	0,0
1	0,0	282	0,0
2	0,0	448	0,0
3	21,3	560	11.928,0
4	84,9	874	74.202,6
5	197,3	1.121	221.173,3
6	363,8	1.226	446.018,8
7	594,9	1.051	625.239,9
8	900,8	858	772.886,4
9	1.274,4	674	858.945,6
10	1.633,0	499	814.867,0
11	1.863,0	358	666.954,0
12	1.960,4	242	474.416,8
13	1.990,4	175	348.320,0
14	1.997,9	58	115.878,2
15	1.999,6	41	81.983,6
16	1.999,9	28	55.997,2
17	2.000,0	25	50.000,0
18 - 21	2.000,0	80	160.000,0
TOTALES		8.640	5.778.811,4

Figura 58: Horas de viento dependiendo de la velocidad del mismo. Fuente: Centro Nacional de Metereología.

Para cuantificar la energía que realmente puede ser entregada a la red, se consideran los siguientes coeficientes de pérdidas:

- 3% de pérdidas de transformación y transporte en el interior del parque
- 4% de pérdidas en concepto de indisponibilidad, motivado por operaciones de mantenimiento y reparación de averías.
- 9 % de pérdidas producidas por el efecto estela y posibles turbulencias de vientos. La estimación de estas pérdidas se ha realizado en base a la rosa de vientos y ubicación de los aerogeneradores.

Para el cálculo de la producción anual se ha tenido en cuenta la corrección por densidad del aire y la corrección por altura, al variar con la altura el viento.

De esta manera, la producción anual neta por aerogenerador se estima en:

Producción Anual Neta: $5.778.811,4 \times 0,97 \times 0,96 \times 0,91 = 4.896.918,55 \text{ kWh}$

Finalmente para obtener las horas equivalentes u horas netas anuales trabajando a potencia nominal, se calcula:

$4.896.918,55 \text{ kWh} / 2.000 \text{ kW. Instalados} = 2.448,46 \text{ horas equivalentes/año}$

Este estudio se ha hecho teniendo en cuenta la opción más conservadora posible. También hemos estudiado la estacionalidad de la generación de energía dando como resultado medio los siguientes datos:

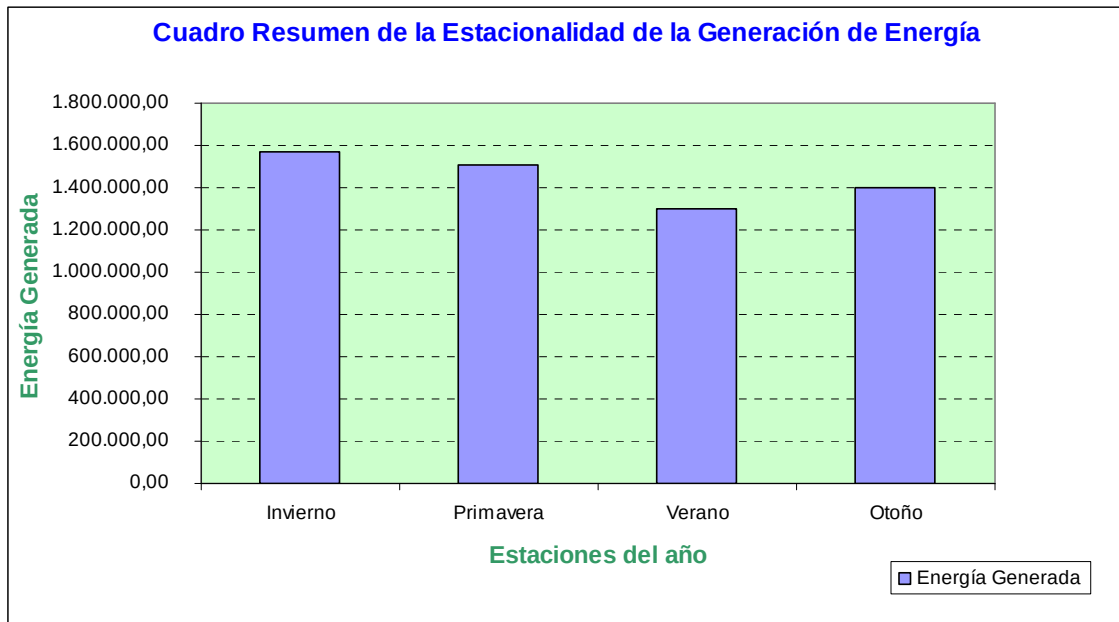


Figura 59: Cuadro Resumen de la Estacionalidad de la Generación de Energía. Fuente: Red Eléctrica Española.

7.5.- Producción de Hidrógeno.

Partiendo que el factor limitante de la producción de hidrógeno es la potencia y energía generada, tenemos que para los 2 MW instalaremos un electrolizador, descrito en el apartado de equipos, Norsk Atmospheric Type Nº 5040 para el cual se requiere una potencia de 1,81 MW quedando para otros usos 190 kW de potencia.

Teniendo en cuenta que la energía requerida por este equipo para la producción de hidrógeno es de 4,8 kWh/Nm³ y que el ratio de producción de hidrógeno estará entre los 300 Nm³/h y los 377 Nm³/h. Partiendo de la base de que los electrolizadores estarán funcionando el número de horas de medias diarias de generación de energía (2.448,46 h dividido entre los 360 días del año) tendremos los siguientes resultados:

TIPO DE ELECTROLIZADOR	Norsk Atmospheric 5040	
ENERGÍA PRODUCCIÓN UNITARIA (kWh/Nm ³)	4,8	
ENERGÍA AUMENTO PRESIÓN UNITARIA (kWh/Nm ³)	1,3	
ENERGÍA TOTAL UNITARIA (kWh/Nm ³)		6,1
SUPUESTOS	CASO 1	
NÚMERO DE ELECTROLIZADORES (ud.)	1	
PRODUCCIÓN UNITARIA ELECTROLIZADORES (Nm ³ /h)		340,0
PRODUCCIÓN TOTAL ELECTROLIZADORES (Nm ³ /h)		340,0
HORAS (h)		6,8
PRODUCCION MÁXIMA DIARIA (Nm ³ /día)		2.312,43

Figura 60: Ratios de consumos y productividad del electrolizador. Fuente: Norsk Hydro.

Con estos datos y atendiendo a la estacionalidad en la generación de la energía eléctrica tenemos las siguientes cantidades de producción de hidrógeno.

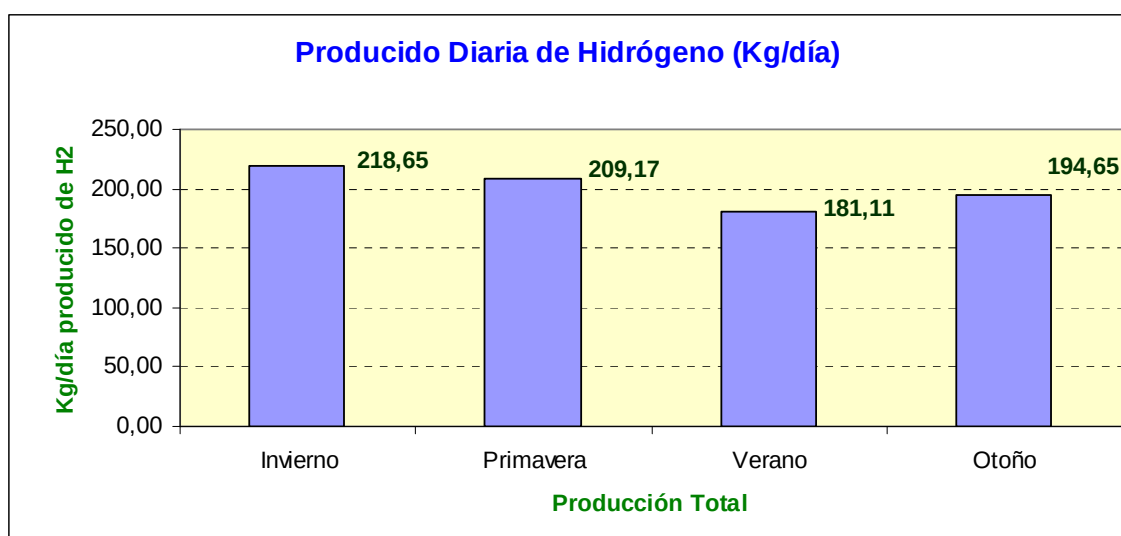


Figura 61: Producción diaria de Hidrógeno. Fuente: Elaboración Propia.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

De estos datos se desprende que estaríamos en disposición de producir una media de hidrogeno tal que así:

CASO 1	H ₂ Mínimo Producido (Nm ³)	H ₂ Producido (kg)	H ₂ Producido diario (Nm ³ /día)	H ₂ Producido diario (kg/día)
Invierno	218.427,97	19.678,20	2.426,98	218,65
Primavera	208.963,55	18.825,55	2.321,82	209,17
Verano	180.928,58	16.299,87	2.010,32	181,11
Otoño	194.453,44	17.518,33	2.160,59	194,65

Figura 62: Tabla de estacionalidad en la producción de Hidrógeno. Fuente: Elaboración Propia.

Es decir produciríamos unas cantidades medias de hidrógeno tanto anual como diaria como a continuación se indica:

$$\text{Producción Anual de H}_2 \rightarrow 802.773,53 \text{ Nm}^3 \rightarrow 72.321,94 \text{ kg}$$

7.6.- Costes de Operación y Mantenimiento de la Instalación.

Para este estudio se han considerado como costes de operación para el funcionamiento de la planta los siguientes:

- **Consumos de agua:** hemos estimado, según las especificaciones técnicas del fabricante del electrolizador, unas necesidades de volumen de agua 11,1 l/kgH₂ producido. Lo que supone un consumo anual de 802,77 m³/año. Estimando un precio medio de mercado de compra de agua de 1,0 €/m³ tenemos un coste anual de 802,77 €. Hemos considerado un incremento anual del 2%.
- **Consumos de electrolito (KOH):** hemos estimado, según las especificaciones técnicas del fabricante del electrolizador, unas necesidades de volumen de electrolito de 0,01 l/kgH₂. Lo que supone un consumo anual de 723,22 l/año. Estimando un precio medio de mercado de compra de agua de 16,57 €/l tenemos un coste anual de 11.983,75 €. Hemos considerado un incremento anual del 2%.
- **Tratamiento de agua de proceso:** hemos estimado, según las especificaciones técnicas del fabricante del sistema de refrigeración del agua de proceso, unos costes asociados de 0,017 €/l lo que supone un coste anual de 13.647,15 €. Hemos considerado un incremento anual del 2%.
- **Tratamiento de gas inerte:** hemos estimado, según las especificaciones técnicas del fabricante del sistema de refrigeración del gas inerte, unos costes asociados de 0,0213 €/kgH₂ lo que supone un

coste anual de 1.540,46 €. Hemos considerado un incremento anual del 2%.

- **Mano de obra:** se ha considerado oportuno tener unos costes de mano de obra (formados por un oficial 1ª electromecánico y un peón especialista) de 40.500 €/año con cargas sociales incluidas. Hemos considerado un incremento salarial anual del 2%.
- **Fungibles y Mantenimiento:** se han considerado como costes de mantenimiento de las instalaciones un 2,5% anual de la inversión anual, lo que supone una cantidad el primer año de 86.163,80 €. Hemos considerado un incremento anual del 2%.

Por tanto la composición de los costes de explotación será la que se muestra en la siguiente figura:

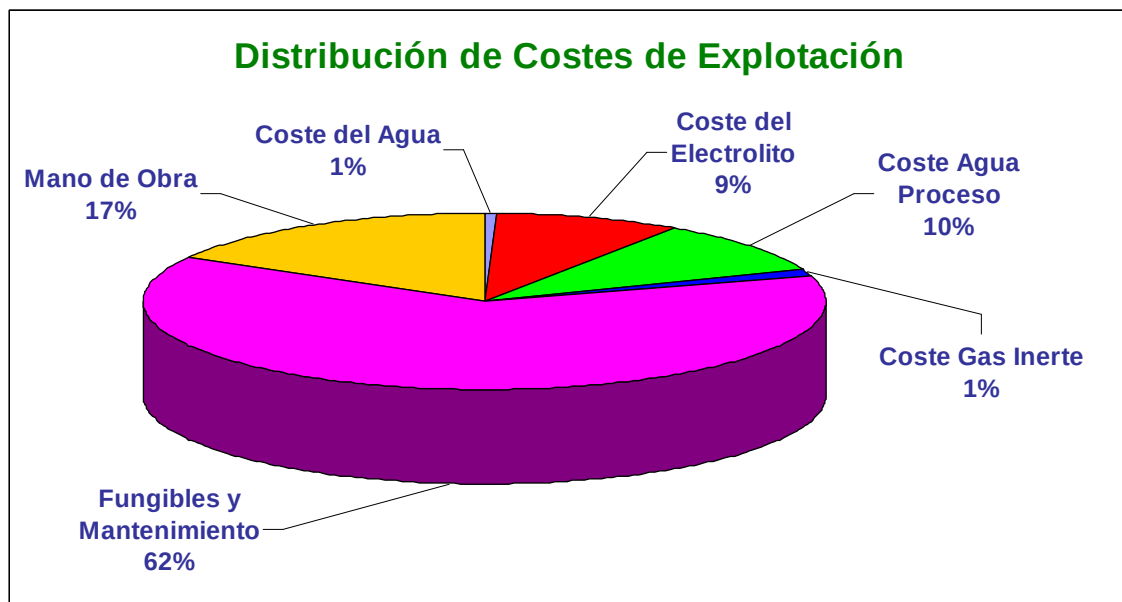


Figura 63: Distribución de costes de explotación. Fuente: Elaboración Propia.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

7.7.- Amortización de Equipos.

Los periodos de amortización de los equipos se corresponden con la vida útil de los mismos, las cuales han sido facilitadas por sus respectivos fabricantes. Por tanto estas son los periodos de amortización de cada uno de los equipos.

DESCRIPCIÓN	PERIODO DE AMORTIZACIÓN (años)	AMORTIZACIÓN (anual)
Aerogenerador G-90 2 MW	20	95.000,00 €
Sistema de Control de Potencia: restificador de la corriente alterna para la obtención de corriente continua.	10	3.576,20 €
Depósitos de Agua.	20	1.283,25 €
Sistemas de Bombeo de Agua.	4	1.608,25 €
Sistemas de Filtración de agua para obtención de agua desmineralizada.	4	2.644,50 €
Electrolizadores.	10	104.285,71 €
Instalaciones para preparar y bombear el electrolito	4	2.085,50 €
Catalizadores para purificar el Hidrógeno y el Oxígeno.	4	11.999,50 €
Instalaciones de Secado y Almacenamiento del Hidrógeno.	10	5.550,70 €
Instalaciones de compresión de hidrógeno.	10	7.800,40 €
Instalaciones de almacenamiento y distribución de Hidrógeno a alta presión.	20	4.270,30 €
Instalaciones accesorias y otros.	20	7.500,00 €

Figura 64: Cuadro de amortización de equipos. Fuente: Elaboración Propia.

Conocidos los precios de adquisición y el periodo de amortización de los equipos, nos da como resultado una amortización anual de:

Amortización Anual → 247.604,31 €

Teniendo en cuenta los datos anteriores tenemos que la distribución de la inversión en equipos una vez finalizada su vida útil sería la siguiente:

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

- Año 1 → 3.446.552,14 €
- Año 5 → 79.397,48 €
- Año 9 → 85.942,39 €
- Año 11 → 1.477.579,88 €
- Año 13 → 93.026,80 €
- Año 17 → 100.695,20 €

A la hora de calcular los precios de los equipos para su adquisición se ha tenido en cuenta un incremento anual de los precios iniciales igual al 2%.

7.8.- Coste Financieros.

La función principal del análisis financiero es investigar los recursos financieros de la empresa y su conveniente correlación con las inversiones. Gracias a este análisis, conoceremos si la financiación es correcta para mantener un buen desarrollo y en buenas condiciones de rentabilidad.

El fin del análisis financiero consiste, fundamentalmente, en comprobar si la empresa dispone de los recursos necesarios en el momento concreto y con el menor coste posible.

Para el estudio de los costes financieros tendremos en cuenta que un 30% de la inversión será cubierta con Recursos Propios, los cuales pasarán a ser los Fondos Propios de la sociedad al constituirse la misma. El resto de la inversión inicial, es decir el 70%, se cubrirá con serán solicitados a una entidad bancaria a un tipo de interés del 7%. En el año 11 habrá que realizar un fuerte inversión en equipos por lo que se solicitará a una entidad bancaria por valor de 1.330.000 € al 6% de interés. Las características de ambos créditos son los que a continuación se detallan.

CONCEPTOS	Prestamo 1	Prestamo 2
Capital (€)	2.500.000,00	1.330.000,00
Tipo de Interés (%)	7,0%	6,0%
Periodo de amortización (años)	20	10
Año de la concesión	1	11
Amortización (€)	125.000,00	133.000,00

Figura 65: Cuadro resumen de deuda e intereses. Fuente: Elaboración Propia.

Por tanto los costes financieros anuales serán el resultado de los intereses sobre el capital pendiente de amortizar de cada uno de los préstamos solicitados, dando como resultado las siguientes cantidades:



Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica.
El caso de la producción de Hidrógeno.



		Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
PRESTAMO 1	Capital Inicio Periodo	2.500.000	2.500.000	2.375.000	2.250.000	2.125.000	2.000.000	1.875.000	1.750.000	1.625.000	1.500.000	1.375.000
	Amortización	0	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000
	Capital Final Periodo	2.500.000	2.375.000	2.250.000	2.125.000	2.000.000	1.875.000	1.750.000	1.625.000	1.500.000	1.375.000	1.250.000
	Financieros	175.000	175.000	166.250	157.500	148.750	140.000	131.250	122.500	113.750	105.000	96.250
PRESTAMO 2	Capital Inicio Periodo											
	Amortización											
	Capital Final Periodo											
	Financieros										0	0
TOTAL FINANCIEROS		175.000	175.000	166.250	157.500	148.750	140.000	131.250	122.500	113.750	105.000	96.250

Figura 66: Cuadro resumen de costes financieros I. Fuente: Elaboración Propia.

		Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
PRESTAMO 1	Capital Inicio Periodo	1.250.000	1.125.000	1.000.000	875.000	750.000	625.000	500.000	375.000	250.000	125.000
	Amortización	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000	125.000
	Capital Final Periodo	1.125.000	1.000.000	875.000	750.000	625.000	500.000	375.000	250.000	125.000	0
	Financieros	87.500	78.750	70.000	61.250	52.500	43.750	35.000	26.250	17.500	8.750
PRESTAMO 2	Capital Inicio Periodo	1.330.000	1.197.000	1.064.000	931.000	798.000	665.000	532.000	399.000	266.000	133.000
	Amortización	133.000	133.000	133.000	133.000	133.000	133.000	133.000	133.000	133.000	133.000
	Capital Final Periodo	1.197.000	1.064.000	931.000	798.000	665.000	532.000	399.000	266.000	133.000	0
	Financieros	79.800	71.820	63.840	55.860	47.880	39.900	31.920	23.940	15.960	7.980
TOTAL FINANCIEROS		167.300	150.570	133.840	117.110	100.380	83.650	66.920	50.190	33.460	16.730

Figura 67: Cuadro resumen de costes financieros II. Fuente: Elaboración Propia.

7.9.- Ingresos.

Los ingresos vendrán determinados por la percepción del producto por el cliente, es decir por cuanto está dispuesto el cliente pagar por ese producto. Según el punto de participación de cada uno de los actores en el precio final de venta del hidrógeno tenemos que el precio de venta a pie de planta de producción está entorno a los 4,5 €/kgH₂ y los 4,8 €/kgH₂. En este estudio vamos a partir de los 4,5 €/kgH₂ que supone un 37,5% del precio final de adquisición por parte del consumidor.

Hemos de tener en cuenta también que los costes de producción dependerán del tamaño de la planta ya que se producen economías de escala, para plantas de tamaño similar a la de este estudio dichos costes están en entre los 5,5 €/kgH₂ y los 8,5 €/kgH₂.

Por tanto vemos que a simple vista este proyecto parece no ser interesante, ya que el precio por el que se está vendiendo actualmente está por debajo de los costes de producción, lo cual procederemos a demostrar a continuación.

Debido a la escala de precios que se estima que habrá cuando realmente exista la economía del hidrógeno y la escasez de sustitutivos debido a la progresiva disminución de los recursos naturales de los que proceden, se plantean los siguientes incrementos del precio del kgH₂:

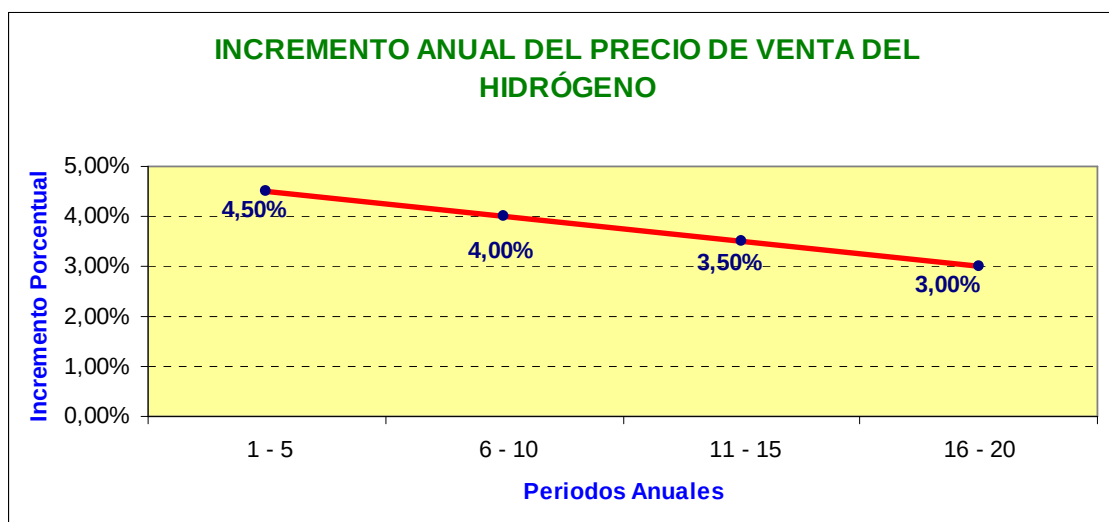


Figura 68: Gráfica de incrementos anuales del precio del Hidrogeno. Fuente: Elaboración Propia.

Con los precios de venta planteados y los incrementos que se plantean tenemos que los ingresos para cada uno de los periodos de estudio que componen este proyecto.

	Ingresos		Ingresos
Año 1	325.448,73 €	Año 11	488.714,01 €
Año 2	340.093,92 €	Año 12	505.819,00 €
Año 3	355.398,15 €	Año 13	523.522,66 €
Año 4	371.391,07 €	Año 14	541.845,96 €
Año 5	388.103,66 €	Año 15	560.810,57 €
Año 6	403.627,81 €	Año 16	577.634,88 €
Año 7	419.772,92 €	Año 17	594.963,93 €
Año 8	436.563,84 €	Año 18	612.812,85 €
Año 9	454.026,39 €	Año 19	631.197,23 €
Año 10	472.187,45 €	Año 20	650.133,15 €

Figura 69: Tabla de ingresos planteados. Fuente: Elaboración Propia.

Como se ha explicado en apartados anteriores estos ingresos podrían cambiar considerablemente si por ejemplo se aumentará los rendimientos de aerogenerador y la eficacia del electrolizador. Lo cual se estima que en próximos años aumente considerablemente, ya que por ejemplo la eficacia del electrolizador que planteamos en este proyecto es del 73%, lo cual dentro de unos años según los fabricantes podría optimizarse hasta estar en eficacias de entre el 80% y el 85%.

Esto permitiría que la energía requerida para la producción de hidrógeno disminuyera y como consecuencia la producción aumentase hasta los cerca de 80.000 kgH₂/año. De igual forma pasaría con el aerogenerador ya que al aumentar su rendimiento proporcionaría mayor cantidad de energía.

7.10.- Cuentas de Resultados.

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos	-	325.448,73	340.093,92	355.398,15	371.391,07	388.103,66	403.627,81
Producción H2 (kg)		72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94
Precio de venta (€/kgH2)		4,50	4,70	4,91	5,14	5,37	5,58
Costes de Explotación		137.087,93	139.829,69	142.626,28	145.478,81	148.388,38	151.356,15
Coste del Agua		802,77	818,83	835,21	851,91	868,95	886,33
Coste del Electrolito		11.983,75	12.223,42	12.467,89	12.717,25	12.971,59	13.231,02
Tratamiento Agua Proceso		13.647,15	13.920,09	14.198,49	14.482,46	14.772,11	15.067,56
Tratamiento Gas Inerte		1.540,46	1.571,27	1.602,69	1.634,75	1.667,44	1.700,79
Fungibles y Mantenimiento	-	86.163,80	87.887,08	89.644,82	91.437,72	93.266,47	95.131,80
Mano de Obra	-	22.950,00	23.409,00	23.877,18	24.354,72	24.841,82	25.338,65
EBITDA	-	188.360,80	200.264,23	212.771,87	225.912,26	239.715,28	252.271,66
Ratio (%)	0,00%	57,88%	58,88%	59,87%	60,83%	61,77%	62,50%
Amortizaciones	-	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31
EBIT	-	59.243,51	47.340,08	34.832,45	21.692,06	7.889,03	4.667,34
Ratio (%)	0,00%	-18,20%	-13,92%	-9,80%	-5,84%	-2,03%	1,16%
Financieros	175.000,00	175.000,00	166.250,00	157.500,00	148.750,00	140.000,00	131.250,00
BAI	-175.000	-234.244	-213.590	-192.332	-170.442	-147.889	-126.583
Crédito Fiscal Inicio	0	175.000	409.244	622.834	815.166	985.608	1.133.497
Crédito Fiscal Aplicado	0	0	0	0	0	0	0
Crédito Fiscal Fin	175.000	409.244	622.834	815.166	985.608	1.133.497	1.260.080
BAI corregido	0	0	0	0	0	0	0
Ratio (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Impuesto de Sociedades	0	0	0	0	0	0	0
B.N.	- 175.000,00	- 234.243,51	- 213.590,08	- 192.332,45	- 170.442,06	- 147.889,03	- 126.582,66
Ratio (%)	0,00%	-71,98%	-62,80%	-54,12%	-45,89%	-38,11%	-31,36%

Figura 70: Cuenta Resultados I. Fuente: Elaboración Propia.



Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica.

El caso de la producción de Hidrógeno.



CONCEPTO	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Ingresos	419.772,92	436.563,84	454.026,39	472.187,45	488.714,01	505.819,00	523.522,66
Producción H2 (kg)	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94
Precio de venta (€/kgH2)	5,80	6,04	6,28	6,53	6,76	6,99	7,24
Costes de Explotación	154.383,27	157.470,94	160.620,36	163.832,77	167.109,42	170.451,61	173.860,64
Coste del Agua	904,05	922,13	940,58	959,39	978,58	998,15	1.018,11
Coste del Electrolito	13.495,64	13.765,56	14.040,87	14.321,69	14.608,12	14.900,28	15.198,29
Tratamiento Agua Proceso	15.368,91	15.676,29	15.989,81	16.309,61	16.635,80	16.968,52	17.307,89
Tratamiento Gas Inerte	1.734,81	1.769,50	1.804,89	1.840,99	1.877,81	1.915,37	1.953,67
Fungibles y Mantenimiento	97.034,44	98.975,13	100.954,63	102.973,72	105.033,20	107.133,86	109.276,54
Mano de Obra	25.845,43	26.362,34	26.889,58	27.427,37	27.975,92	28.535,44	29.106,15
EBITDA	265.389,65	279.092,90	293.406,03	308.354,68	321.604,59	335.367,39	349.662,02
Ratio (%)	63,22%	63,93%	64,62%	65,30%	65,81%	66,30%	66,79%
Amortizaciones	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31
EBIT	17.785,33	31.488,59	45.801,72	60.750,37	74.000,27	87.763,08	102.057,71
Ratio (%)	4,24%	7,21%	10,09%	12,87%	15,14%	17,35%	19,49%
Financieros	122.500,00	113.750,00	105.000,00	96.250,00	167.300,00	150.570,00	133.840,00
BAI	-104.715	-82.261	-59.198	-35.500	-93.300	-62.807	-31.782
Crédito Fiscal Inicio	1.260.080	1.364.794	1.447.056	1.506.254	1.541.754	1.635.054	1.697.860
Crédito Fiscal Aplicado	0	0	0	0	0	0	0
Crédito Fiscal Fin	1.364.794	1.447.056	1.506.254	1.541.754	1.635.054	1.697.860	1.729.643
BAI corregido	0	0	0	0	0	0	0
Ratio (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Impuesto de Sociedades	0	0	0	0	0	0	0
B.N.	- 104.714,67	- 82.261,41	- 59.198,28	- 35.499,63	- 93.299,73	- 62.806,92	- 31.782,29
Ratio (%)	-24,95%	-18,84%	-13,04%	-7,52%	-19,09%	-12,42%	-6,07%

Figura 71: Cuenta Resultados II. Fuente: Elaboración Propia.



Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica.

El caso de la producción de Hidrógeno.



CONCEPTO	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Ingresos	541.845,96	560.810,57	577.634,88	594.963,93	612.812,85	631.197,23	650.133,15
Producción H2 (kg)	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94
Precio de venta (€/kgH2)	7,49	7,75	7,99	8,23	8,47	8,73	8,99
Costes de Explotación	177.337,86	180.884,61	184.502,30	188.192,35	191.956,20	195.795,32	199.711,23
Coste del Agua	1.038,47	1.059,24	1.080,43	1.102,04	1.124,08	1.146,56	1.169,49
Coste del Electrolito	15.502,25	15.812,30	16.128,54	16.451,11	16.780,14	17.115,74	17.458,05
Tratamiento Agua Proceso	17.654,04	18.007,12	18.367,27	18.734,61	19.109,30	19.491,49	19.881,32
Tratamiento Gas Inerte	1.992,75	2.032,60	2.073,25	2.114,72	2.157,01	2.200,15	2.244,16
Fungibles y Mantenimiento	111.462,07	113.691,31	115.965,14	118.284,44	120.650,13	123.063,13	125.524,39
Mano de Obra	29.688,27	30.282,04	30.887,68	31.505,43	32.135,54	32.778,25	33.433,82
EBITDA	364.508,10	379.925,95	393.132,58	406.771,58	420.856,65	435.401,91	450.421,92
Ratio (%)	67,27%	67,75%	68,06%	68,37%	68,68%	68,98%	69,28%
Amortizaciones	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31
EBIT	116.903,79	132.321,64	145.528,27	159.167,27	173.252,34	187.797,60	202.817,61
Ratio (%)	21,58%	23,59%	25,19%	26,75%	28,27%	29,75%	31,20%
Financieros	117.110,00	100.380,00	83.650,00	66.920,00	50.190,00	33.460,00	16.730,00
BAI	-206	31.942	61.878	92.247	123.062	154.338	186.088
Crédito Fiscal Inicio	1.729.643	1.729.849	1.697.907	1.636.029	1.543.782	1.420.719	1.266.382
Crédito Fiscal Aplicado	0	31.942	61.878	92.247	123.062	154.338	186.088
Crédito Fiscal Fin	1.729.849	1.697.907	1.636.029	1.543.782	1.420.719	1.266.382	1.080.294
BAI corregido	0	0	0	0	0	0	0
Ratio (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Impuesto de Sociedades	0	0	0	0	0	0	0
B.N.	- 206,21	31.941,64	61.878,27	92.247,27	123.062,34	154.337,60	186.087,61
Ratio (%)	-0,04%	5,70%	10,71%	15,50%	20,08%	24,45%	28,62%

Figura 72: Cuenta Resultados III. Fuente: Elaboración Propia.

Como puede observarse en las cuentas de resultados proyectadas para cada uno de los años del proyecto, los resultados van mejorando considerablemente conforme va avanzando el proyecto en el tiempo debido a que los financieros disminuyen y los ingresos aumentan por encima de los costes de explotación.

En la siguiente gráfica se puede observar como evolucionan los ratios más importantes dentro de nuestra cuenta de resultados:

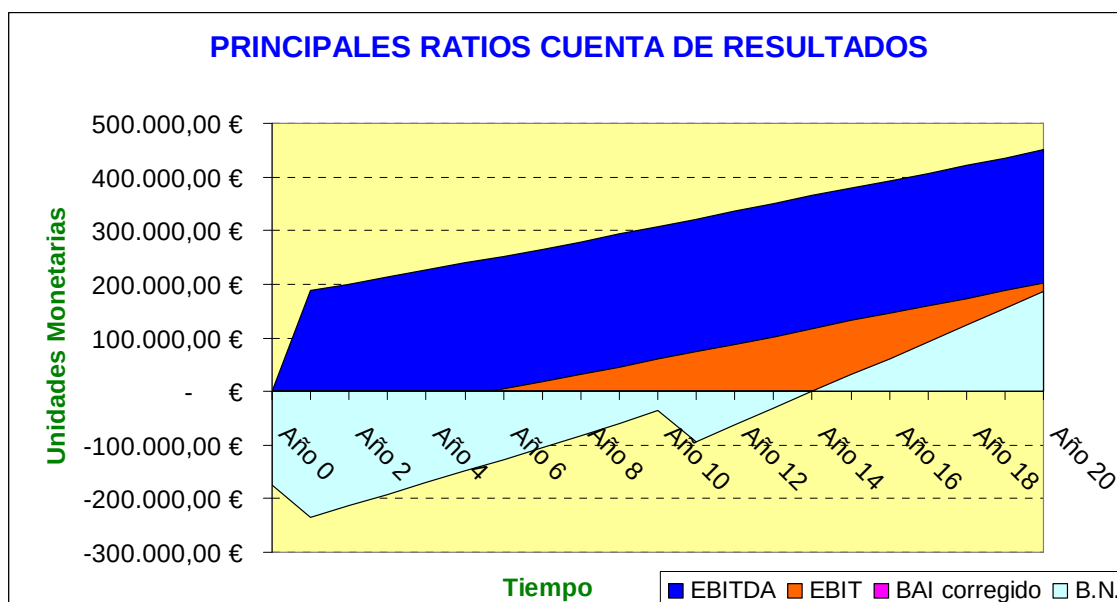


Figura 73: Ratios Cuenta Resultados. Fuente: Elaboración Propia.

Como puede observarse en la gráfica anterior con este proyecto se obtienen unos valores de EBITDA y EBIT bastante altos debido a que los costes de explotación son menos representativos que las amortizaciones y costes financieros. El mayor handicap ha superar en este proyecto es el coste de inversión, ya que es muy elevado en comparación a los ingresos que genera, por lo que tendremos que, con el paso del tiempo, a medida que van disminuyendo los financieros el Beneficio Neto de las cuentas de resultados van aumentando considerablemente. Otra cuestión a tener en cuenta es el tipo impositivo que hemos considerado del 30%.

7.11.- Puntos de Equilibrio.

A continuación vamos a calcular los puntos de equilibrio para cada uno de los periodos del proyecto para ver hasta donde tendríamos que bajar el precio de venta para que sin bajar el nivel de producción el beneficio neto fuera cero, con esto lo que buscamos es el coste de producción.

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
Ingresos	-	559.692,24	553.684,00	547.730,60	541.833,12	535.992,70	530.210,47
Producción H2 (kg)		72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94
Precio de venta (€/kgH2)		7,74	7,66	7,57	7,49	7,41	7,33
Costes de Explotación		137.087,93	139.829,69	142.626,28	145.478,81	148.388,38	151.356,15
Coste del Agua		802,77	818,83	835,21	851,91	868,95	886,33
Coste del Electrolito		11.983,75	12.223,42	12.467,89	12.717,25	12.971,59	13.231,02
Tratamiento Agua Proceso		13.647,15	13.920,09	14.198,49	14.482,46	14.772,11	15.067,56
Tratamiento Gas Inerte		1.540,46	1.571,27	1.602,69	1.634,75	1.667,44	1.700,79
Fungibles y Mantenimiento	-	86.163,80	87.887,08	89.644,82	91.437,72	93.266,47	95.131,80
Mano de Obra	-	22.950,00	23.409,00	23.877,18	24.354,72	24.841,82	25.338,65
EBITDA	-	422.604,31	413.854,31	405.104,31	396.354,31	387.604,31	378.854,31
Ratio (%)	0,00%	75,51%	74,75%	73,96%	73,15%	72,32%	71,45%
Amortizaciones	-	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31
EBIT	-	175.000,00	166.250,00	157.500,00	148.750,00	140.000,00	131.250,00
Ratio (%)	0,00%	31,27%	30,03%	28,76%	27,45%	26,12%	24,75%
Financieros	175.000,00	175.000,00	166.250,00	157.500,00	148.750,00	140.000,00	131.250,00
BAI	-175.000	0	0	0	0	0	0
Crédito Fiscal Inicio	0	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000
Crédito Fiscal Aplicado	0	0	0	0	0	0	0
Crédito Fiscal Fin	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000
BAI corregido	0	0	0	0	0	0	0
Ratio (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Impuesto de Sociedades	0	0	0	0	0	0	0
B.N.	- 175.000,00	-	-	-	-	-	-
Ratio (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Figura 74: Cuenta de Resultados – Punto de Equilibrio I. Fuente: Elaboración Propia.



Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica.

El caso de la producción de Hidrógeno.



CONCEPTO	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
Ingresos	524.487,59	518.825,25	513.224,67	507.687,08	553.813,74	543.245,92	532.744,96
Producción H2 (kg)	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94
Precio de venta (€/kgH2)	7,25	7,17	7,10	7,02	7,66	7,51	7,37
Costes de Explotación	154.383,27	157.470,94	160.620,36	163.832,77	167.109,42	170.451,61	173.860,64
Coste del Agua	904,05	922,13	940,58	959,39	978,58	998,15	1.018,11
Coste del Electrolito	13.495,64	13.765,56	14.040,87	14.321,69	14.608,12	14.900,28	15.198,29
Tratamiento Agua Proceso	15.368,91	15.676,29	15.989,81	16.309,61	16.635,80	16.968,52	17.307,89
Tratamiento Gas Inerte	1.734,81	1.769,50	1.804,89	1.840,99	1.877,81	1.915,37	1.953,67
Fungibles y Mantenimiento	97.034,44	98.975,13	100.954,63	102.973,72	105.033,20	107.133,86	109.276,54
Mano de Obra	25.845,43	26.362,34	26.889,58	27.427,37	27.975,92	28.535,44	29.106,15
EBITDA	370.104,31	361.354,31	352.604,31	343.854,31	386.704,31	372.794,31	358.884,31
Ratio (%)	70,56%	69,65%	68,70%	67,73%	69,83%	68,62%	67,37%
Amortizaciones	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31
EBIT	122.500,00	113.750,00	105.000,00	96.250,00	139.100,00	125.190,00	111.280,00
Ratio (%)	23,36%	21,92%	20,46%	18,96%	25,12%	23,04%	20,89%
Financieros	122.500,00	113.750,00	105.000,00	96.250,00	139.100,00	125.190,00	111.280,00
BAI	0	0	0	0	0	0	0
Crédito Fiscal Inicio	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000
Crédito Fiscal Aplicado	0	0	0	0	0	0	0
Crédito Fiscal Fin	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000
BAI corregido	0	0	0	0	0	0	0
Ratio (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Impuesto de Sociedades	0	0	0	0	0	0	0
B.N.	-	-	-	-	-	-	-
Ratio (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Figura 75: Cuenta de Resultados – Punto de Equilibrio II. Fuente: Elaboración Propia.



Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica.

El caso de la producción de Hidrógeno.



CONCEPTO	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Ingresos	522.312,17	511.948,93	501.656,62	491.436,66	481.290,51	471.219,64	461.225,54
Producción H2 (kg)	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94	72.321,94
Precio de venta (€/kgH2)	7,22	7,08	6,94	6,80	6,65	6,52	6,38
Costes de Explotación	177.337,86	180.884,61	184.502,30	188.192,35	191.956,20	195.795,32	199.711,23
Coste del Agua	1.038,47	1.059,24	1.080,43	1.102,04	1.124,08	1.146,56	1.169,49
Coste del Electrolito	15.502,25	15.812,30	16.128,54	16.451,11	16.780,14	17.115,74	17.458,05
Tratamiento Agua Proceso	17.654,04	18.007,12	18.367,27	18.734,61	19.109,30	19.491,49	19.881,32
Tratamiento Gas Inerte	1.992,75	2.032,60	2.073,25	2.114,72	2.157,01	2.200,15	2.244,16
Fungibles y Mantenimiento	111.462,07	113.691,31	115.965,14	118.284,44	120.650,13	123.063,13	125.524,39
Mano de Obra	29.688,27	30.282,04	30.887,68	31.505,43	32.135,54	32.778,25	33.433,82
EBITDA	344.974,31	331.064,31	317.154,31	303.244,31	289.334,31	275.424,31	261.514,31
Ratio (%)	66,05%	64,67%	63,22%	61,71%	60,12%	58,45%	56,70%
Amortizaciones	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31
EBIT	97.370,00	83.460,00	69.550,00	55.640,00	41.730,00	27.820,00	13.910,00
Ratio (%)	18,64%	16,30%	13,86%	11,32%	8,67%	5,90%	3,02%
Financieros	97.370,00	83.460,00	69.550,00	55.640,00	41.730,00	27.820,00	13.910,00
BAI	0	0	0	0	0	0	0
Crédito Fiscal Inicio	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000
Crédito Fiscal Aplicado	0	0	0	0	0	0	0
Crédito Fiscal Fin	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000	175.000
BAI corregido	0	0	0	0	0	0	0
Ratio (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Impuesto de Sociedades	0	0	0	0	0	0	0
B.N.	-	-	-	-	-	0,00	0,00
Ratio (%)	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%

Figura 76: Cuenta de Resultados – Punto de Equilibrio III. Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestran en el cálculo de los puntos de equilibrio de todos los años del proyecto anteriores el coste medio de producción que coincidirá con el coste medio de venta estará comprendido entre los 6,38 €/kgH₂ y los 7,74 €/kgH₂, esto es debido a la evolución de los costes financieros, que van disminuyendo con el tiempo, y al diferencial de crecimiento entre coste e ingresos totales. En la siguiente figura se podrá observar como varía el coste total de producción para alcanzar el punto de equilibrio.

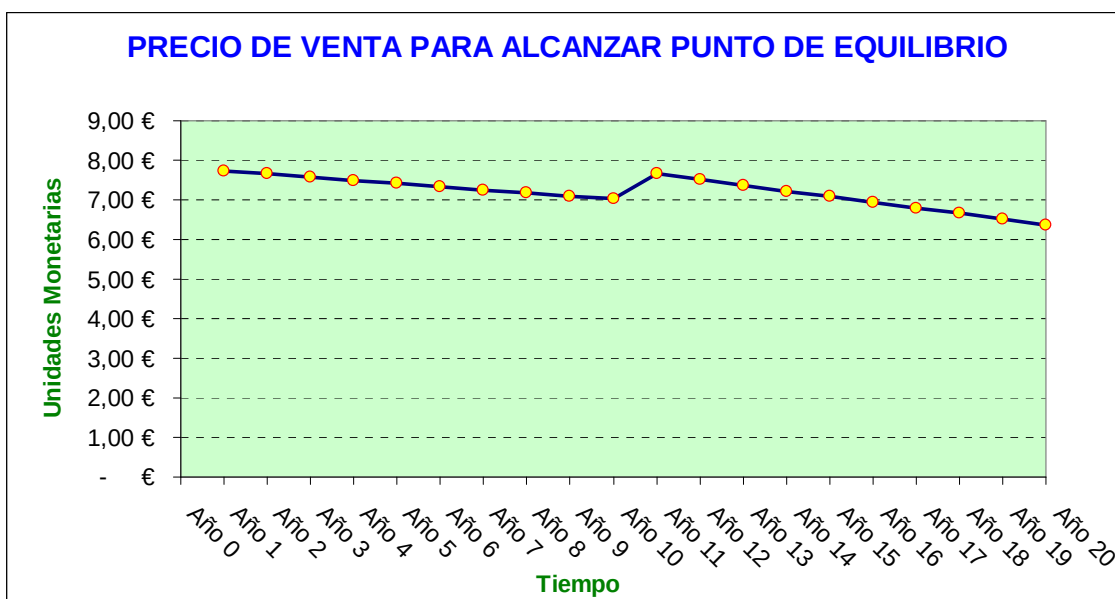


Figura 77: Precios de Venta para alcanzar el Punto de Equilibrio. Fuente: Elaboración Propia.

Los datos que se desprenden de esta gráfica se corresponden con los estudios y artículos en los que hemos basado este proyecto, en los cuales se dice que para una planta de tamaño medio, que es el caso que nos ocupa, los costes de producción del kgH₂, mediante electrolisis y energía eólica, se encontraran en el intervalo comprendido entre los 5,5 € y los 8,5 €.

Al haber economías de escala en la producción de hidrógeno el coste de producción variará, ya que al ser mayor la producción los costes fijos se diluirán entre dicha producción. De esta forma podríamos llegar a producir el kgH₂ a un precio comprendido entre los 4,5 € y 5,5 € en plantas cuyo nivel de producción este por encima de los 10.000 kgH₂/día.

En la siguiente figura se puede observar como evolucionan tanto el EBITDA como el EBIT para los distintos precios de venta necesarios para alcanzar el punto de equilibrio para cada uno de los años de análisis de este proyecto. En dicha figura se observa que el EBITDA va disminuyendo debido al crecimiento de los costes de explotación debido a que estos están sujetos a subidas anuales proporcionales al IPC de cada uno de los periodos de estudio de este proyecto. De igual forma podemos observar que el EBIT también va disminuyendo debido a la causa anterior.

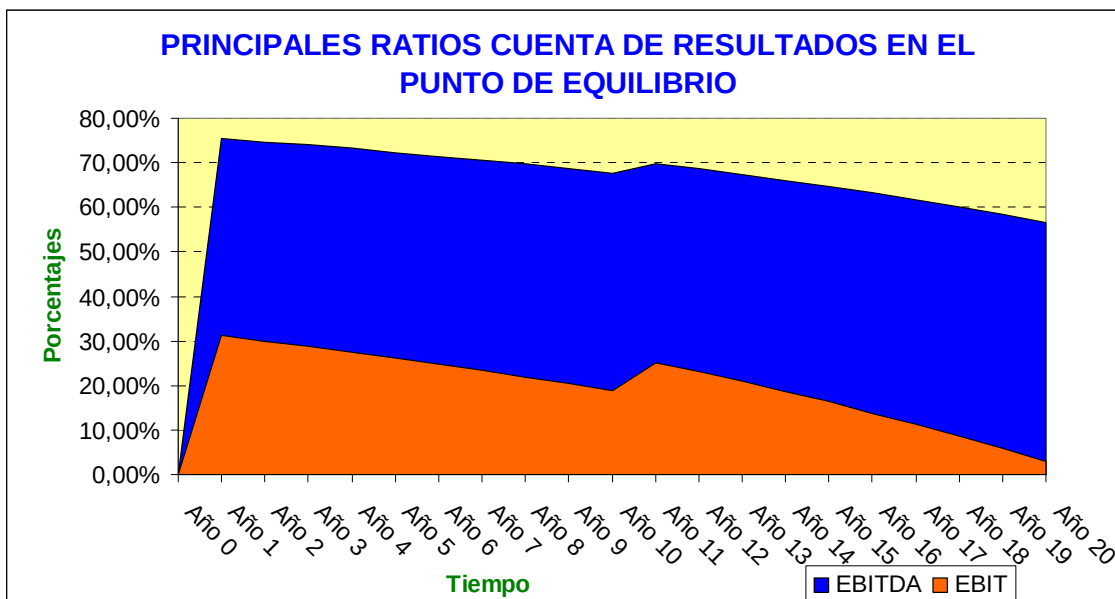


Figura 78: Principales ratios cuenta resultados en el punto de equilibrio. Fuente: Elaboración Propia.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

7.12.- Análisis de Rentabilidad.

En este apartado vamos a analizar la rentabilidad de este proyecto en los diversos puntos planteados para que así el inversor tenga los datos necesarios para poder realizar una toma de decisiones basada en parámetros cuantificables. Para lo cual primero tendremos que obtener los flujos de caja de cada uno de los casos planteados, los cuales se obtendrán del resultado de la suma del beneficio neto más amortizaciones menos inversiones en cada uno de los periodos de estudio de este proyecto. Para tratarse de cantidades homogéneas habrá que actualizar los flujos de caja de cada uno de los periodos para lo cual tendremos en cuenta una tasa de descuento que vendrá dada por el Coste Medio Ponderado del Capital (WACC) más una Prima de Riesgo, el cual procedemos a calcular:

- Coste de los Fondos Propios: 10,0%
- Coste de los Fondos Ajenos: 7,0%

Ahora procedemos a definir la participación correspondiente a cada uno de los fondos necesarios para la realización del proyecto para así poder calcular el Coste Medio Ponderado del Capital.

Teniendo en cuenta que la aportación de los socios para la realización de este proyecto será de 1.200.000,00 € y que los recursos ajenos necesarios para realizar la inversión inicial serán de 2.500.000,00 € tenemos que la composición o el reparto de fondos porcentualmente será el siguiente.

- Porcentaje de Fondos Propios sobre Inversión: 32,43%
- Porcentaje de Fondos Ajenos sobre Inversión: 67,57%

Desde un punto de vista financiero la composición de los fondos necesarios para la realización de este proyecto es la adecuada ya que los fondos propios están por encima del 30%.

Por tanto tendremos que el Coste Medio Ponderado del Capital será igual a:

$$C.M.P.C. \Rightarrow (16,25\% \cdot 32,43\%) + (7,0\% \cdot 67,57\%) \approx 10,00\%$$

Tasa de Descuento → 10%

Por tanto tras lo expuesto anteriormente los flujos de caja de cada uno de los periodos en los distintos casos planteados son los siguientes:

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

CONCEPTO	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6
B.N.	- 175.000,00	- 234.243,51	- 213.590,08	- 192.332,45	- 170.442,06	- 147.889,03	- 126.582,66
Amortizaciones	-	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31
Inversiones	- 3.446.552,14					- 79.397,48	
Totales	- 3.621.552,14	13.360,80	34.014,23	55.271,87	77.162,26	20.317,80	121.021,66

Figura 79: Flujos de Caja I. Fuente: Elaboración Propia.

CONCEPTO	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13
B.N.	- 104.714,67	- 82.261,41	- 59.198,28	- 35.499,63	- 93.299,73	- 62.806,92	- 31.782,29
Amortizaciones	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31
Inversiones			- 85.942,39		- 1.477.579,88		- 93.026,80
Totales	142.889,65	165.342,90	102.463,65	212.104,68	- 1.323.275,29	184.797,39	122.795,22

Figura 80: Flujos de Caja II. Fuente: Elaboración Propia.

CONCEPTO	Año 14	Año 15	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
B.N.	- 206,21	31.941,64	61.878,27	92.247,27	123.062,34	154.337,60	186.087,61
Amortizaciones	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31	247.604,31
Inversiones				- 100.695,20			
Totales	247.398,10	279.545,95	309.482,58	239.156,38	370.666,65	401.941,91	433.691,92

Figura 81: Flujos de Caja III. Fuente: Elaboración Propia.

Los flujos de caja negativos coinciden con los periodos donde hay que realizar una fuerte inversión en equipos es decir en el año 1 que son los de primera instalación y en el año 11 que es cuando hay que reponer el electrolizador debido a que su vida útil ha concluido. Es por ello que en el año 11 tengamos que solicitar un crédito para poder afrontar la renovación de este equipo, ya que como se puede observar en dicho año el flujo de caja es negativo con un valor igual a 1.323.275,29 €. Esta es la justificación de la cantidad solicitada a una entidad bancaria que puede observarse en el punto “Coste Financieros”. Este resultado negativo del Flujo de Caja en el año 11 es resultado de que los Fondos Generados son inferiores a los Fondos Absorbidos.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

Una vez obtenidos los flujos de caja procedemos a la obtención de los ratios financieros que permitirán al inversor tomar una decisión respecto a la inversión.

	RATIOS			
MODALIDADES	VAN	TIR	Índice de rentabilidad	PAY BACK (años)
VALOR	-2.778.368,10 €	-2,94%	-52,59%	>20

Figura 82: Ratios económicos estado inicial. Fuente: Elaboración Propia.

Lo primero que debemos hacer es marcar unas referencias para cada uno de estos ratios para a partir de las cuales el proyecto es atractivo para el inversor:

- **VAN:** para que desde un punto de vista del Valor Actual Neto, una inversión sea atractiva para un inversor este valor tendrá que ser positivo mayor que cero. Si no se diera esta condición el proyecto sería desestimado por el inversor.
- **TIR:** para que desde un punto de vista de la Tasa Interna de Rendimiento sea interesante para el inversor esta tiene que tener un valor superior a la tasa de descuento.
- **Índice de Rentabilidad:** se trata del resultado de dividir el VAN entre el total de la inversión. Aquí el mínimo que estableceremos un mínimo para el inversor, consistente la rentabilidad media de cualquier producto de inversión de renta fija, como pueden ser las obligaciones o bono del estado más un diferencial.
- **Pay Back:** también llamado periodo de recuperación de la inversión. Con este parámetro el inversor sabe cuando recupera la inversión de un proyecto determinado.

Los últimos dos ratios serían de gran utilidad a la hora de comparar y elegir proyectos de inversión.

Del análisis de todos los datos anteriores podemos concluir que el proyecto será no será atractivo para el inversor para el precio de venta de 4,5 €/kgH₂ ya que no se cumplen ninguno de los parámetros exigidos a la inversión para poderla llevar a cabo. Es decir como resumen para dicho precio de venta no se cumplen todas las premisas siguientes:

- **VAN > 0**
- **TIR > 10,0%**

Veamos ahora hasta donde habría que subir el precio de venta del hidrógeno, manteniendo el resto constante, para que este proyecto siguiera sea atractivo para el inversor teniendo en cuenta los mínimos exigidos a los ratios antes descritos.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

Tendríamos que para un precio de 9,25 €/kgH₂ los ratios estarían dentro de los límites de rentabilidad exigidos por el inversor:

- **VAN = 1.840,7 €**
- **TIR = 10,01%**

7.13.- Análisis de Sensibilidad.

En este apartado vamos a analizar los parámetros que pueden afectar a la viabilidad y rentabilidad del proyecto, los cuales procedemos a enumerar:

- Coste de la Inversión (sobre todo el aerogenerador y el electrolizador)
- Aumento de las eficacias y rendimientos de los equipos principalmente del aerogenerador y del electrolizador.
- Disminución de combustibles alternativos.
- Aumento de los costes financieros.

Coste de inversión de equipos.

Según textos, artículos, declaraciones de fabricantes y a que se trata de un mercado en su etapa de crecimiento, los precios de adquisición de los equipos tenderán a bajar a medio plazo (3-5 años) por lo que los precios descenderían entre el 10% y el 15%. Si aplicamos estos descensos a nuestro estudio se obtienen los siguientes resultados manteniendo el mismo precio de venta de 4,5 €/kgH₂.

Tendríamos que la inversión inicial en equipos sería de 3.005.123,57 €. Al ser esta inversión distinta a la original la composición de los Fondos necesarios para realizar la inversión variarían, es decir los fondos pasarían a tener la siguiente composición:

- Fondos Propios: 1.000.000,00 €
- Fondos Ajenos: 2.200.000,00 €

También cambiaría la cantidad de fondos ajenos a solicitar en el año 11 para renovación de equipos la cual pasaría a ser de 1.100.000 €. Por tanto los costes financieros variarían dando como resultado los siguientes ratios:

	RATIOS			
MODALIDADES	VAN	TIR	Índice de rentabilidad	PAY BACK (años)
VALOR	- 2.075.402,0 €	- 0,5%	- 44,62%	>20

Figura 83: Ratios económicos dentro del análisis de sensibilidad. Coste Inversión de Equipos. Fuente: Elaboración Propia.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

Dado el resultado de estos ratios el proyecto seguiría siendo no interesante para el inversor ya que no cumple ninguno de los límites de rentabilidad exigidos anteriormente.

Veamos en este nuevo escenario hasta donde habría que subir el precio de venta para que el proyecto siguiera siendo interesante para el inversor, es decir para que siga siendo el VAN positivo y la TIR sea superior al 10% tenemos que el precio de venta debería ser superior a 8,20 €/kgH₂.

Con este precio de venta se obtendrían unos ratios con los siguientes resultados:

- **VAN = 11.454,9 €**
- **TIR = 10,05%**

Observar que al subir el precio de venta también subirán los flujos de caja, por tanto las necesidades de fondos ajenos para asumir la inversión en equipos en el año 11 serán menores, en concreto de 800.000,00 €.

Aumento de eficacias y rendimiento de equipos.

Actualmente las eficacias de aerogenerador y electrolizador son de 30% y 73% respectivamente. Según declaraciones de los fabricantes estas eficacias serán mejoras a medio plazo (3-5 años) pasando estas a ser del 35% al 40% para el aerogenerador y de entre el 80% al 85% para el electrolizador. Esto daría como resultado el crecimiento de la producción de la instalación y como consecuencia la disminución del precio de venta del hidrógeno.

Por tanto el número de horas equivalentes de funcionamiento del aerogenerador aumentaría hasta situarse por encima de las 2.636 horas.

Al aumentar la eficacia del electrolizador disminuiría la energía requerida para la obtención del hidrogeno, por tanto pasaría a ser de 3,8 kWh/Nm³H₂ y el sistema de compresión pasaría a 1,1 kWh/Nm³H₂ y producción del electrolizador de 410Nm³/h.

Por tanto la producción anual pasaría a ser 96.959,08 kgH₂. Al aumentar la producción manteniendo el precio de venta los flujos de caja generados serán mayores a los de partida por lo que el crédito a solicitar en al año 11 para la renovación de equipos será menor, es decir será por valor de 1.170.000 €.

Como la inversión inicial será la misma que el caso original, la composición de fondos necesarios para afrontar el proyecto será también la original, es decir:

- Fondos Propios: 1.200.000,00 €
- Fondos Ajenos: 2.500.000,00 €

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

Con estos datos los ratios económicos y financieros obtenidos serían los siguientes:

	RATIOS			
MODALIDADES	VAN	TIR	Índice de rentabilidad	PAY BACK (años)
VALOR	- 1.818.682,5 €	2,09%	- 34,42%	19

Figura 84: Ratios económicos dentro del análisis de sensibilidad. Aumento Eficacias de Equipos. Fuente: Elaboración Propia.

Veamos en este nuevo escenario hasta donde tendría que subir el precio de venta para que el proyecto sea interesante para el inversor, es decir para que el VAN positivo y la TIR sea superior al 10% tenemos que el precio de venta debería ser superior a 7,00 €/kgH₂. Con este precio de venta se obtendrían unos ratios con los siguientes resultados:

- **VAN = 9.331,5 €**
- **TIR = 10,04%**

Observar que al disminuir el precio de venta también disminuirán los flujos de caja, por tanto las necesidades de fondos ajenos para asumir la inversión en equipos en el año 11 serán mayores, en concreto de 920.000,00 €.

Disminución de los combustibles alternativos.

Aquí se pueden dar casos al disminuir los combustibles alternativos por un lado que los incrementos del precio del hidrógeno aumenten a tasas muy superiores al IPC como ocurre con la gasolina y el gasoil. En este caso suponemos unas tasas de crecimiento como las que procedemos a exponer:

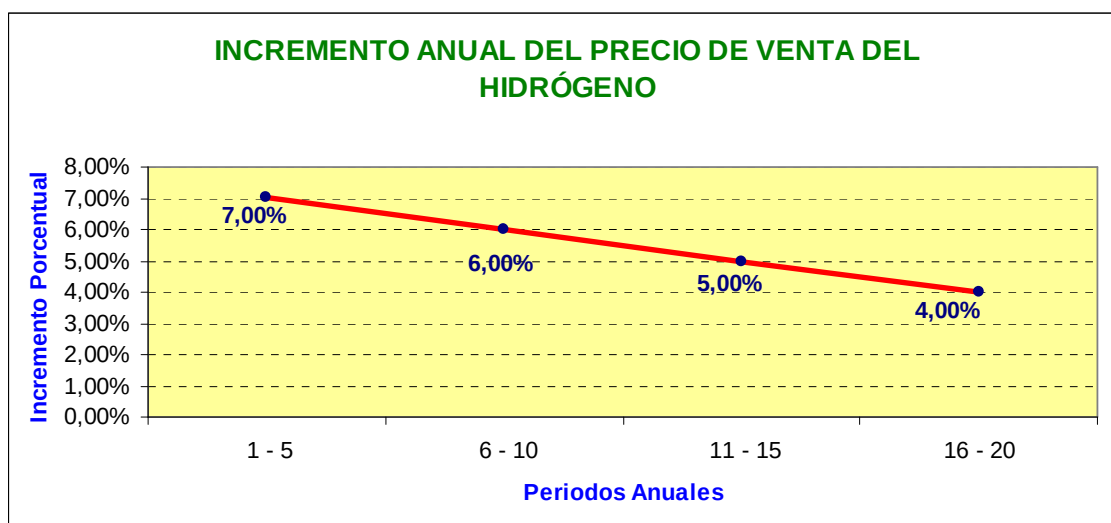


Figura 85: Gráfica de incrementos anuales del precio del Hidrogeno. Análisis de Sensibilidad I. Fuente: Elaboración Propia.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

Como puede observarse se han planteado tasas de crecimiento similares a las experimentadas por los combustibles que actualmente existen en el mercado. Al aumentar las tasas de crecimiento del precio del hidrógeno con respecto a las originales los flujos de caja disminuirán, por lo que las necesidades de fondos ajenos para realizar la inversión en renovación de equipos en el año 11 disminuirá, alcanzando un valor igual a 1.210.000,00 €.

	RATIOS			
MODALIDADES	VAN	TIR	Índice de rentabilidad	PAY BACK (años)
VALOR	- 2.263.526,7 €	0,82%	- 42,84%	20

Figura 86: Ratios económicos dentro del análisis de sensibilidad. Disminución Combustibles Alternativos. Fuente: Elaboración Propia.

Veamos en este nuevo escenario hasta donde tendría que subir el precio de venta para que el proyecto sea interesante para el inversor, es decir para que siga siendo el VAN positivo y la TIR sea superior al 10% tenemos que el precio de venta debería ser superior a 8,00 €/kgH₂. Con este precio de venta se obtendrían unos ratios con los siguientes resultados:

- **VAN = 8.513,0 €**
- **TIR = 10,03%**

Observar que al aumentar el precio de venta también aumentarán los flujos de caja, por tanto las necesidades de fondos ajenos para asumir la inversión en equipos en el año 11 serán menores, en concreto de 880.000,00 €.

Por el contrario si suponemos que los precios van a tener un crecimiento más o menos lineal entre un 2,5% y un 3,0% por la saturación de oferta y por consecuencia que esta este por encima de la demanda. Tenemos que:

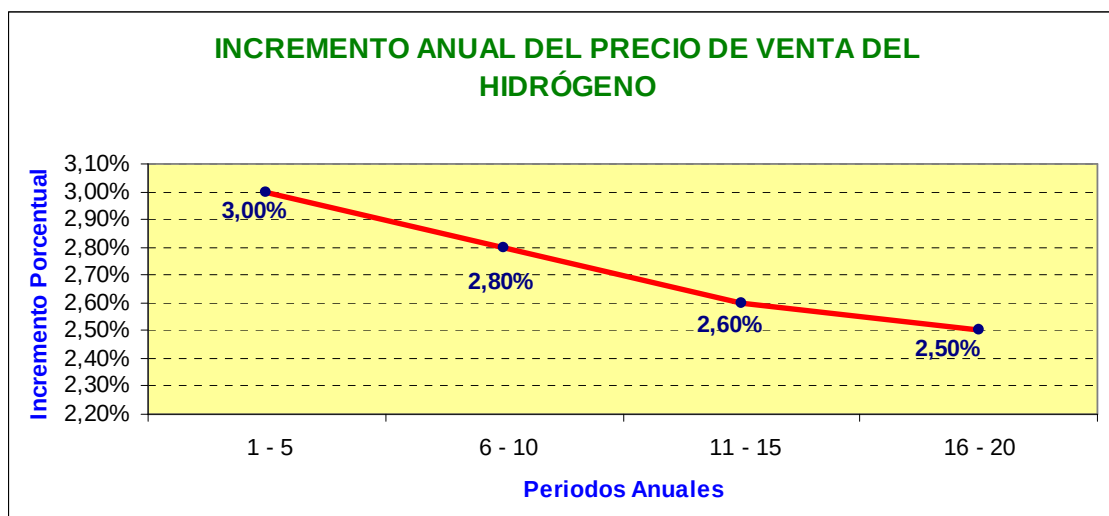


Figura 87: Gráfica de incrementos anuales del precio del Hidrogeno. Análisis de Sensibilidad II. Fuente: Elaboración Propia.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

Al disminuir las tasas de crecimiento del precio del hidrógeno con respecto a las originales los flujos de caja también aumentarán por lo que las necesidades de fondos ajenos para realizar la inversión en renovación de equipos en el año 11 disminuirá, alcanzando un valor igual a 1.390.000,00 €.

Como consecuencia de estos crecimientos tenemos que el valor de los ratios económico financieros son los siguientes:

	RATIOS			
MODALIDADES	VAN	TIR	Índice de rentabilidad	PAY BACK (años)
VALOR	- 3.067.947,2 €	- 29,77%	- 58,07%	>20

Figura 88: Ratios económicos dentro del análisis de sensibilidad. Aumento Combustibles Alternativos. Fuente: Elaboración Propia.

En este caso el proyecto para el precio de venta fijado de 4,5 €/kgH₂ no sería atractivo para el inversor ya que no cumple los límites establecidos para los ratios antes descritos. Por tanto en este escenario que sería el más desfavorable el proyecto solo sería rentable para el inversor cuando el precio de venta del hidrógeno fuese superior a 10,15 €/kgH₂. Con este precio de venta se obtendrían unos ratios con los siguientes resultados:

- **VAN = 16.915,5 €**
- **TIR = 10,07%**

Observar que al aumentar el precio de venta también aumentarán los flujos de caja, por tanto las necesidades de fondos ajenos para asumir la inversión en equipos en el año 11 serán menores, en concreto de 940.000,00 €.

Aumento de los costes financieros.

Debido a la falta de capitales en el mercado, las entidades bancarias modifican sus criterios para la concesión de créditos y préstamos, siendo éstas condiciones más exigentes para cualquier tipo de cliente y operación, es decir se aumentarán las garantías de pago de la deuda y un aumento considerable de los tipos de interés. En consecuencia planteemos que las condiciones de los créditos solicitados cambian planteándose el siguiente escenario.

CONCEPTOS	Prestamo 1	Prestamo 2
Capital (€)	2.500.000,00	1.370.000,00
Tipo de Interés (%)	8,5%	7,5%
Periodo de amortización (años)	20	10
Año de la concesión	1	11
Amortización (€)	125.000,00	137.000,00

Figura 89: Cuadro resumen de deuda e intereses I. Análisis de sensibilidad. Fuente: Elaboración Propia.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

Como consecuencia del aumento de los costes financieros los ratios económico financieros que definirán la rentabilidad o no del proyecto cambiarán, debido a que los flujos de caja descenderán.

	RATIOS			
MODALIDADES	VAN	TIR	Índice de rentabilidad	PAY BACK (años)
VALOR	- 3.039.263,10 €	- 19,70 %	- 57,53 %	>20

Figura 90: Ratios económicos dentro del análisis de sensibilidad. Aumento Costes Financieros. Fuente: Elaboración Propia.

Ante este nuevo escenario en el que han aumentado los costes financieros el proyecto no sería atractivo para el inversor ya que los ratios están por debajo de los límites mínimos establecidos para que el proyecto sea rentable. Por tanto para el precio establecido de 4,5 €/kgH₂ el proyecto no es rentable. Eso si al disminuir los flujos de caja generados las necesidades de fondos ajenos para la renovación de equipos en el año 11 ascenderá a 1.370.000,00 €.

Veamos ahora hasta donde podríamos bajar el precio de venta en este escenario con la condición de que el proyecto siga siendo rentable para el inversor. Tenemos que para que el proyecto siga siendo rentable el precio de venta debería ser superior a 9,60 €/kgH₂. Para este precio se obtienen los siguientes resultados:

- **VAN = 4.644,8 €**
- **TIR = 10,02%**

Observar que al aumentar el precio de venta también aumentarán los flujos de caja, por tanto las necesidades de fondos ajenos para asumir la inversión en equipos en el año 11 serán menores, en concreto de 915.000,00 €.

Por último suponemos un escenario donde los costes financieros estén por debajo de los actuales debido a una saturación de oferta de este producto en el mercado, y en consecuencia un descenso de los tipos de interés. En consecuencia planteemos que las condiciones de los créditos solicitados cambian planteándose el siguiente escenario.

CONCEPTOS	Prestamo 1	Prestamo 2
Capital (€)	2.500.000,00	1.300.000,00
Tipo de Interés (%)	6,0%	5,0%
Periodo de amortización (años)	20	10
Año de la concesión	1	11
Amortización (€)	125.000,00	130.000,00

Figura 91: Cuadro resumen de deuda e intereses II. Análisis de sensibilidad. Fuente: Elaboración Propia.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

Como consecuencia de la disminución de los costes financieros los ratios económico financieros que definirán la rentabilidad o no del proyecto cambiarán, debido a que los flujos de caja aumentaran.

	RATIOS			
MODALIDADES	VAN	TIR	Índice de rentabilidad	PAY BACK (años)
VALOR	- 2.605.113,9 €	- 2,18%	- 49,31%	>20

Figura 92: Ratios económicos dentro del análisis de sensibilidad. Disminución Costes Financieros. Fuente: Elaboración Propia.

Ante este nuevo escenario en el que han disminuido los costes financieros el proyecto seguiría siendo no atractivo para el inversor ya que los ratios están por debajo de los límites mínimos establecidos para que el proyecto sea rentable. Por tanto para el precio establecido de 4,5 €/kgH₂ el proyecto no es rentable. Eso si, al aumentar los flujos de caja generados las necesidades de fondos ajenos para la renovación de equipos en el año 11 ascenderá a 1.300.000,00 €.

Veamos ahora hasta donde podríamos bajar el precio de venta en este escenario con la condición de que el proyecto sea rentable para el inversor. Tenemos que para que el proyecto siga siendo rentable el precio de venta debería ser superior a 9,05 €/kgH₂. Para este precio se obtienen los siguientes resultados:

- **VAN = 11.908,1 €**
- **TIR = 10,05%**

Observar que al aumentar el precio de venta también aumentarán los flujos de caja, por tanto las necesidades de fondos ajenos para asumir la inversión en equipos en el año 11 serán menores, en concreto de 920.000,00 €.

Todos estos escenarios que se han planteado individualmente se podrían dar simultáneamente pero sería un estudio más profundo.

Como conclusión decir que en función de los factores expuestos podemos ver que el precio de venta del hidrógeno para que sea rentable el proyecto para el inversor sufre considerables oscilaciones. Por tanto se puede afirmar que los escenarios que se plantean son muy posibles en ambos sentidos tanto en el sentido de que se den los factores que provoquen un descenso del precio de venta del hidrógeno como todo lo contrario.

Recapitulando tenemos que los precios de venta a partir de los cuales el proyecto es atractivo para el inversor para los distintos escenarios planteados son los siguientes y el montante de las necesidades de fondos ajenos para la renovación de equipos que se debe realizar en el año 11 son las que a continuación se pueden ver en las siguientes figuras.

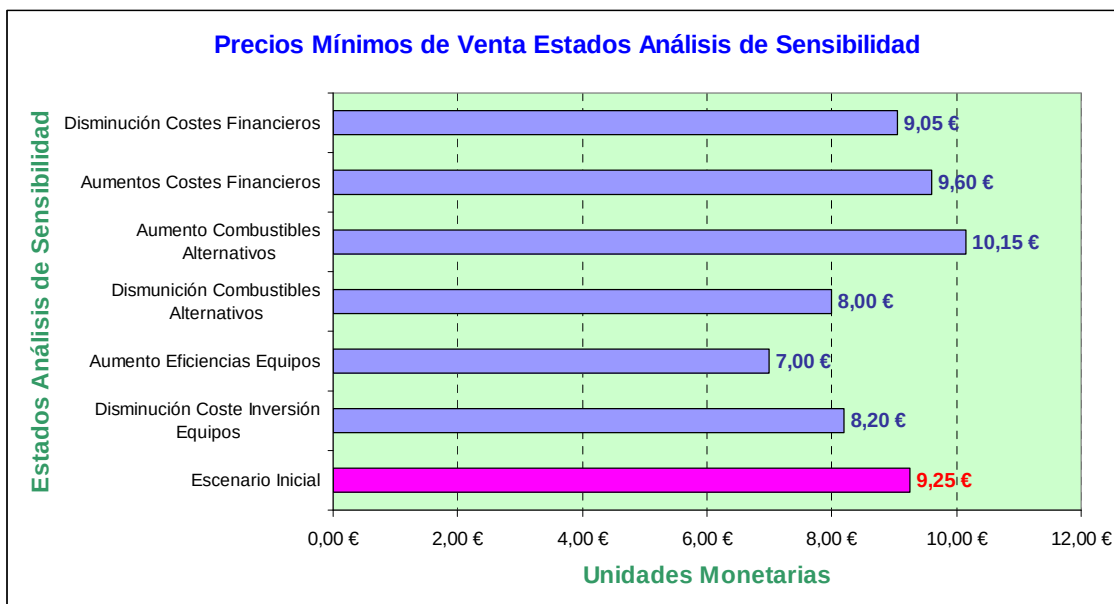


Figura 93: Comparativo de precios de venta mínimos. Análisis de Sensibilidad. Fuente: Elaboración Propia.

Las oscilaciones del precio de venta del hidrógeno antes mencionadas como observa en la figura 93 pueden oscilar desde precios de 7,0 €/kgH₂ para el caso del aumento de la eficiencia de equipos hasta los 10,15 €/kgH₂ en el caso que se plantea de disminución de combustibles alternativos y saturación del mercado de fabricantes de hidrógeno.

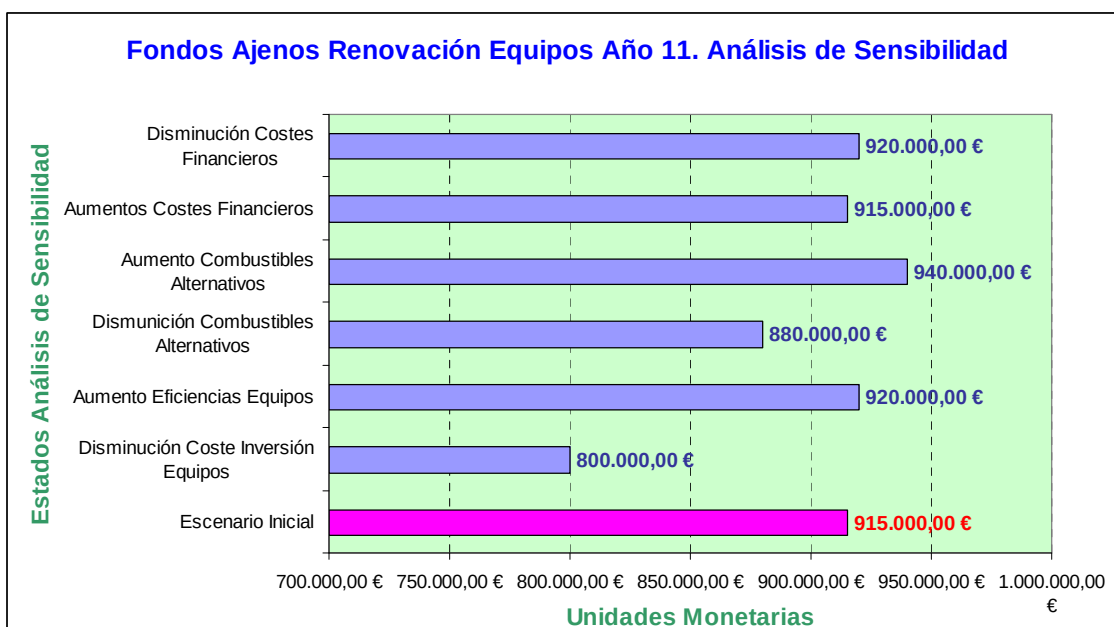


Figura 94: Comparativo Fondos Ajenos Renovación Equipos Año 11. Análisis de Sensibilidad. Fuente: Elaboración Propia.

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

7.14.- Escenarios Futuros.

Actualmente como se ha comentado en el apartado del mercado del hidrógeno actualmente se está comercializando en a 12 €/kgH₂. El problema es que para este precio el hidrógeno mediante electrolisis no es rentable para el consumidor ya que para obtener la misma cantidad de energía en comparación con otros combustibles como el gasoil o la gasolina el coste el algo superior al doble. Por tanto para que la “Economía del Hidrógeno” sea real los precios de venta del mismo deberían de estar comprendidos entre los 4,50 €/kgH₂ y los 5,50 €/kgH₂. Para que se puedan alcanzar estos precios de venta sin disminuir la rentabilidad de estos proyectos y por tanto siga despertando el interés de los inversores, tendrán que darse las siguientes circunstancias:

- Disminución del coste de los equipos.
- Aumento de la Eficiencia de los equipos.

A continuación vamos a analizar que valores tendría que alcanzar estas variables para que los proyectos fueran rentables con los precios de venta antes mencionados. Para ambos casos suponemos un precio de venta de 5,00 €/kgH₂.

Disminución del coste de los equipos.

Manteniendo como constante los aumentos de eficiencia y eficacia planteados en el estado del análisis de sensibilidad, es decir un número de horas de funcionamiento del aerogenerador por encima de las 2.636 y unos requerimientos de energía del electrolizador de 3,8 kWh/Nm³H₂ y el sistema de compresión de 1,1 kWh/Nm³H₂ y producción del electrolizador de 410Nm³/h.

Tendríamos que el precio actual de los equipos más importantes de la instalación (aerogenerador y electrolizador) debería bajar un 30%, pasando a ser su precio de adquisición el siguiente:

Baja Precio Adquisición de equipos: 30%

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Aerogenerador G-90 2 MW	1	1.330.000,00 €	1.330.000,00 €
Electrolizadores.	1	730.000,00 €	730.000,00 €

Figura 95: Precios Equipos con bajada del 30%. Fuente: Elaboración Propia.

Con este descenso del precio de adquisición de equipos de primera implantación tendríamos para un precio de venta de 4,5 €/kgH₂ unos resultados tal que así:

- **VAN = 5.221,3 €**
- **TIR = 10,03%**

Observar que al disminuir el precio de venta también disminuirán los flujos de caja, por tanto las necesidades de fondos ajenos para asumir la inversión en equipos en el año 11 serán menores, en concreto de 700.000,00 €.

Pasando ahora a ser la distribución de coste de adquisición de equipos la que se muestra en la siguiente figura:

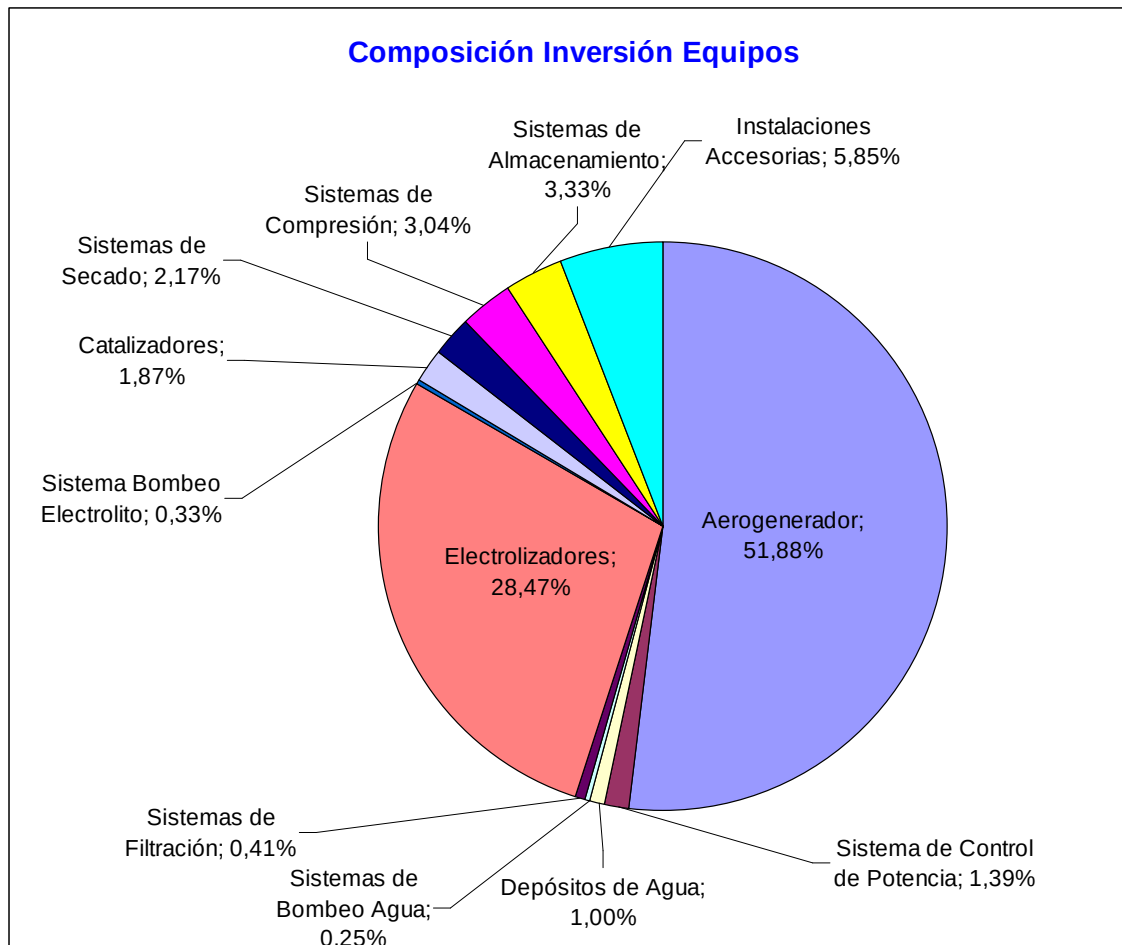


Figura 96: Composición Inversión en Equipos con bajada del 30%. Fuente: Elaboración Propia.

Disminución del coste de los equipos.

Aquí partimos del coste de equipos planteado en el estado del análisis de sensibilidad del descenso de los precios actuales del aerogenerador y electrolizador del 15%, ya que de lo contrario habría que plantear unas eficacias y eficiencias que deberían de estar por encima del 100% lo cual no tiene sentido alguno. Por tanto este estado será la suma de dos suposiciones anteriormente planteadas.

Siendo entonces los precios de adquisición de estos del:

	Aprovechamiento de recursos energéticos renovables no integrables en la red eléctrica. El caso de la producción de Hidrógeno.	
--	---	--

DESCRIPCIÓN	UNIDADES	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Aerogenerador G-90 2 MW	1	1.615.000,00 €	1.615.000,00 €
Electrolizadores.	1	886.428,57 €	886.428,57 €

Figura 97: Composición Inversión en Equipos con bajada del 15%. Fuente: Elaboración Propia.

Con estos precios de adquisición los aumentos de las eficacias y eficiencias del aerogenerador y electrolizador tendrán que alcanzar los siguientes valores para que al precio de venta de 4,5 €/kgH₂ sea atractivo el proyecto para el inversor:

TIPO DE ELECTROLIZADOR	Norsk Atmospheric 5040
ENERGÍA PRODUCCIÓN UNITARIA (kWh/Nm ³)	2,8
ENERGÍA AUMENTO PRESIÓN UNITARIA (kWh/Nm ³)	0,7
ENERGÍA TOTAL UNITARIA (kWh/Nm ³)	3,5
SUPUESTOS	CASO 1
NÚMERO DE ELECTROLIZADORES (ud.)	1
PRODUCCIÓN UNITARIA ELECTROLIZADORES (Nm ³ /h)	730,0
PRODUCCIÓN TOTAL ELECTROLIZADORES (Nm ³ /h)	730,0
HORAS (h)	7,6
PRODUCCION MÁXIMA DIARIA (Nm ³ /día)	5.513,94

Figura 98: Aumento de Eficacias y rendimiento del Electrolizador. Fuente: Elaboración Propia.

Esto supone un número de horas de funcionamiento del aerogenerador por encima de las 2.720 y unos requerimientos de energía del electrolizador de 2,8 kWh/Nm³H₂ y el sistema de compresión de 0,7 kWh/Nm³H₂ y producción del electrolizador de 730Nm³/h.

Aumento de la eficacia total del sistema del 90%

Con este aumento de la eficacia de los equipos de primera implantación tendríamos para un precio de venta de 4,5 €/kgH₂ unos resultados tal que así:

- **VAN = 23.549,2 €**
- **TIR = 10,10%**

Observar que al disminuir el precio de venta también disminuirán los flujos de caja, por tanto las necesidades de fondos ajenos para asumir la inversión en equipos en el año 11 serán menores, en concreto de 790.000,00 €.