

ANÁLISIS DE UN SISTEMA CIRCULAR DE BIOCOMBUSTIBLES AUTOSUFICIENTE EN ARAGÓN

ÁNGEL LÓPEZ GARCÍA - Junio 2021

Trabajo Final de Grado

Director - Enrique Romero Pascual

Ingeniería de las Tecnologías Industriales.



**Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza**



Universidad
Zaragoza

1542



Resumen

El principal objetivo del trabajo es realizar un estudio acerca de la viabilidad de sustituir en gran parte los combustibles del petróleo consumidos en Aragón por biocombustibles producidos en la propia comunidad, diseñando un sistema de economía circular que reduzca las emisiones de carbono y promoviendo el autoabastecimiento de la comunidad. Se estudia la adquisición terrenos para los cultivos de oleaginosas y la construcción de las plantas de producción de biodiésel, bioetanol y biogás. Se tendrán en cuenta varios escenarios en función de una menor o mayor electrificación del transporte. El objetivo final es evaluar la viabilidad del autoabastecimiento energético de la comunidad en el sector transporte.

Agradecimientos

A Enrique, mi tutor del TFG, el cual siempre me alentaba para investigar más sobre el tópico y ayudaba con las dudas y la información, además de hacerme entender lo que significa presentar un trabajo en condiciones.

A Pedro, mi hermano, por apoyarme siempre, aunque este año no nos hayamos visto mucho y porque va a ser el físico más importante de España en los próximos años.

A Clara, por estar conmigo durante la carrera y ayudarnos en todo, incluido convertirme en mejor estudiante y mejor persona.

Y en general gracias a todos mis amigos de la carrera y de Zaragoza, del lugar donde vivo, Utebo y de mi pueblo Tordellego, el mejor pueblo del mundo.

Índice

Resumen	3
Agradecimientos	4
Índice	5
1. MEMORIA	7
1. Introducción	7
2. Objetivos	8
3. Método	9
4. Producción de biodiésel	10
4.1 Cultivo energético	10
4.2 Transformación en aceite	13
4.3 Transformación en biodiésel	14
4.3.1 Balances de masa	17
4.3.2 Balances de energía	19
4.4 Evaluación de la planta de producción	20
5. Producción de biogás	21
5.1 Revalorización de un residuo agrícola	21
5.2 Planta de producción de biogás	21
5.2.1 Reactor de biogás	23
5.2.2 Compostaje del digerido	23
5.2.3 Tratamiento del biogás	24
5.3 Opciones para el biogás	24
6. Etanol a partir de glicerol	25
6.1 Principio de funcionamiento	25
6.2 Producción mediante fermentación	26
6.3 Resultados del proceso	27
6.4 Obtención de producto de gran valor	27
7. Producción de metanol con CO ₂	29
7.1 Nueva forma de producción	29
7.2 Resultados de este proceso	29
8. Producción de metano con CO ₂	30

8.1 Nueva forma de producción	30
8.2 Resultados de este proceso	30
9. Balance de carbono en el ciclo de producción	32
10. Análisis económico	34
11. Conclusiones	37
12. Bibliografía	38
2. ANEXOS	41
Anexo 1	41
1. Abreviaturas	41
2. Ecuaciones	43
Anexo 2	44
1. Cálculos Excel	44
1.1 Cálculos producción	44
1.1.1 Biodiésel	44
1.1.2 Biogás y compost	46
1.1.3 Bioetanol	47
1.1.4 Balance de carbono	47
1.2 Cálculos costes	49
1.2.1 Costes de la tierra	49
1.2.2 Costes de la producción	49
1.2.3 Costes de la logística	51
1.3 Análisis de rentabilidad y flujos de caja	51
2. Datos económicos	53
2.1 Datos para coste de terrenos y campos.	53
2.2 Datos para coste de fábricas y maquinaria.	56
2.3 Datos para coste de logística.	61
2.4 Datos costes y balance económico.	63
2.5 Datos para coste de empleados.	65
2.6 Datos para emisiones y balance de carbono	69

1. MEMORIA

1. Introducción

El diésel proveniente de orígenes renovables ya es algo que se conocía desde que se inventó el primer motor diésel, ya que este fue probado con aceite de cocina usado. No es de ninguna sorpresa que décadas después se desarrollara un proceso que convertía en combustible refinado aceites y grasas de distintos orígenes, ya sean vegetales o animales [1].

Sin embargo, también se empezó a destilar este mismo combustible a partir del petróleo utilizando fracciones pesadas de este. Al ya existir plantas de refinado de petróleo para obtener gasolina, el precio era tan competitivo comparado con el proceso de grasas y aceites, que nadie se interesaría por él, dando el monopolio absoluto al diésel del petróleo [2].

Las consecuencias de esto es algo que ya se lleva oyendo desde hace más de treinta años, el cambio climático ha provocado enormes efectos en la vida en el planeta, como la extinción de especies, la fusión de los glaciares y una subida del nivel del mar. Pero gracias a esto, se ha conseguido que algunas empresas se empiecen a interesar otra vez en nuevos métodos que no dañen a La Tierra para seguir obteniendo estos combustibles tan necesarios para mantener la economía global. Es una forma de mantener un ciclo de carbono cerrado, ya que las plantas absorben el propio carbono de las emisiones al quemar el combustible, incluso a veces creando un balance negativo, capturando más carbono del que se emite y almacenando parte de este en la tierra [2].

Pero este proceso a pesar de darnos un producto de emisiones neutras e incluso negativas si es gestionado de manera correcta, presenta inconvenientes en su producción, desde el campo hasta el combustible. Por ejemplo, el residuo agrícola, el consumo de metanol, el consumo de agua y las grandes cantidades de glicerol generado como subproducto, para el cual no hay mercado que pueda absorber su producción [2].



Figura 1: Representación de un biocombustible.

https://www.autopista.es/noticias-motor/biodiesel-o-diesel-que-contamina-mas-lo-que-nadie-te-ha-contado_154071_102.html

2. Objetivos

El estudio se va a centrar en sustituir gran parte de los combustibles destinados a transporte terrestre, es decir el gasóleo y la gasolina en Aragón. Lo primero es describir las necesidades de hidrocarburos de la comunidad. Actualmente se consumen 1.275.000 toneladas de diésel, 175.000 de gasolina y 50.000 de queroseno. Todas ellas provienen del petróleo, el cual es importado de fuera de la comunidad, y solo se utiliza un 5% de biodiésel y etanol en gasóleo tradicional y gasolina, mientras que el queroseno es completamente derivado del petróleo [3].

Aún teniendo en cuenta las restricciones que vendrán con los próximos años al favorecerse la movilidad híbrida y la movilidad eléctrica, se cree que estos combustibles aún seguirán teniendo uso, como por ejemplo en agricultura y camiones, además de pequeños calentadores, generadores y maquinaria de pequeña escala. Además, cuando los vehículos híbridos dominen el mercado, el hecho de que los combustibles que usen provengan de fuentes renovables con emisiones neutras o negativas, ayudará aún más en la lucha contra el cambio climático [4].

Se van a plantear 3 escenarios para realizar este análisis, y según las necesidades de cada uno se decidirá por uno para continuar con el trabajo.

El primer escenario sería para un caso de baja aceptación de vehículos híbridos y eléctricos, pero de gran sustitución de combustibles tradicionales, suponiendo una demanda de biodiésel de 1 millón de toneladas anualmente. El segundo escenario es uno más realista, en el cual hay más aceptación en cuanto a vehículos híbridos y eléctricos se trata, además de una aceptación media de los biocombustibles, suponiendo una demanda de biodiésel de 500.000 toneladas anualmente. El tercer escenario sería uno más desfavorable para el biodiésel, en el cual entrarían en vigor medidas mucho más restrictivas para los motores de combustión y habría una dominancia de vehículos eléctricos en las carreteras, suponiendo una demanda de biodiésel de 100.000 toneladas anualmente.

El segundo escenario se considera más factible en el corto plazo pero de todos modos el factor principal para determinar qué escenario escoger será las hectáreas necesarias para los cultivos y los costes de los distintos tipos de vehículos.

3. Método

Este trabajo ha requerido de varias etapas para su realización, desde la búsqueda de información hasta los cálculos y su puesta en limpio. Lo primero a realizar fue recopilar toda la información posible que fuera relevante para el tema del que trata, una vez hecho esto se clasificaron todas las fuentes según fueran páginas webs, artículos científicos, estudios, tesis u otros TFG o TFM.

Después se eligieron las fuentes que contenían la información más importante para el trabajo y se empezó con los documentos oficiales del gobierno de Aragón, ya que en este se encuentran los datos más importantes que afectan al estudio. Tras establecer y aclarar los objetivos del trabajo una vez conseguida la información se pasa a las partes más específicas de las cuales se requieren artículos y estudios para obtener los datos.

Tras realizar toda la investigación, se empezó a calcular utilizando como principal herramienta Microsoft Excel, sobre la cual se introdujeron los datos encontrados en los documentos y se realizaron los cálculos de organización, balances de masa, balances de energía además de los análisis económicos. Una vez obtenidos unos resultados generales se procedió a elaborar conclusiones sobre el estudio realizado acerca de la sostenibilidad del proyecto, las cuales son plasmados en este documento.

4. Producción de biodiésel

4.1 Cultivo energético

Hay varios cultivos que se utilizan a nivel industrial para obtener aceite para la fabricación del biodiésel, los principales son la palma, la colza, la soja y el girasol. Se elegirá uno de estos en función de su rendimiento además de las necesidades para su cultivo, siendo los tres criterios: producción en kg aceite/ha, consumo de agua en m³/ha, captura de carbono durante su crecimiento en ton CO₂/ha [5,6,7,8].

Tabla 1: Datos de cultivos energéticos.

Cultivo	Producción (kg/ha)	Consumo de agua (m ³ /ha)	Absorción de CO ₂ (ton CO ₂ /ha)
Palmas	4000	90	70
Soja	2500	40	50
Girasol	1200	0	50
Colza	1090	0	40

Debido a que Aragón es una comunidad con un ya enorme esfuerzo hídrico, se elegirá un cultivo de secano, y entre los dos disponibles se terminará decidiendo por el girasol, ya que presenta mayor rendimiento y superior absorción de carbono por hectárea.

Al revisar los datos de superficies agrícolas obtenemos que la comunidad tiene una superficie de 4,772 millones de hectáreas, de las cuales 1,748 millones son destinadas a terreno agrícola y en las que 502.179 no están utilizadas aún. Para cumplir nuestra producción de medio millón de toneladas de biodiésel (segundo escenario), necesitamos 408.000 ha, las cuáles se repartirán:

- Huesca: 60.000
- Zaragoza: 185.000
- Teruel: 163.000

Para mayor precisión también se ha elaborado, según los datos del IAE (Instituto Aragonés de Estadística), una tabla en la cual se presenta con más precisión la cantidad de hectáreas a cultivar en cada provincia y qué terrenos utilizar. No se utilizarán los barbechos, sólo se utilizarán los pastizales en un 21% y los eriales en un 50% [9,10,11,12].

Tabla 2: Terrenos a usar de cada provincia.

Provincia y comarca	Terreno de prad, past y erial (ha)	Aprovechable (ha)
Huesca:		
- La Jacetania	27.748,50	5000
- Alto gallego	33.995,50	0
- Sobrarbe	55.055,00	0
- La Ribagorza	147.621,60	20000
- Hoya de Huesca	63.142,50	15000
- Somontano de Barbastro	35.109,30	10000
- Cinca Medio	20.056,40	0
- La Litera	11.007,90	0
- Los Monegros	27.649,90	0
- Bajo Cinca	28.402,00	10000
Zaragoza:		
- Cinco Villas	91.872,30	40000
- Tarazona y el Moncayo	9.048,80	2000
- Campo de Borja	10.347,45	3000
- Aranda	16.849,80	5000
- Ribera alta de Ebro	10.385,75	5000
- Valdejalón	23.486,25	10000



- Zaragoza central	68.663,40	35000
- Ribera baja del Ebro	19.829,40	10000
- Bajo Aragón-Caspe	14.977,80	5000
- Calatayud	87.927,00	45000
- Campo de Cariñena	15.466,60	5000
- Campo de Belchite	26.041,50	10000
- Campo de Daroca	22.299,40	10000
Teruel:		
- Bajo Martín	32.456,90	9000
- Jiloca	87.532,75	35000
- Cuencas Mineras	54.758,00	10000
- Andorra-Sierra de Arcos	23.998,70	10000
- Bajo Aragón	32.464,20	15000
- Teruel	121.009,00	70000
- Maestrazgo	32.981,40	8000
- Sierra de Albarracín	27.890,60	6000
- Gúdar-Javalambre	5.868,38	0
- Matarraña	4.665,30	0

Como se puede observar, el primer escenario se descarta puesto que supondría duplicar la superficie de cultivo de oleaginosa, y no existiría superficie útil en Aragón para este propósito.

4.2 Transformación en aceite

Para explicar cómo se transformará en aceite el girasol es necesario dar un esquema de la organización de las granjas además de las fábricas y plantas de procesado. En las granjas fábricas se ubicará no sólo la planta de procesado de girasol en aceite, sino que también se colocarán juntas las plantas de biogás y de compostaje. Se colocarán una planta cada 50 mil ha, lo cual nos da ocho plantas en la comunidad, de biodiésel sólo se construirá una planta, ya que tener la producción centralizada ahorra en costes de transporte y de construcción [5,13].

Tabla 3: Localización de las plantas aceitera y de biogás.

Provincia	Comarca	Localidad
Huesca	Ribagorza	Monzón
Zaragoza	Cinco Villas	Ejea de los Caballeros
	Ribera Alta del Ebro	Alagón
	Ribera Baja del Ebro	Cuarte de Huerva
	Calatayud	Calatayud
Teruel	Jiloca	Monreal del Campo
	Andorra Sierra de Arcos	Alcañiz
	Teruel	Teruel

Cada planta estará diseñada para 1 / 8 de la cantidad de residuos y partes no deseadas de la planta que se producen al año, que son 2.000.000 ton/a, 250.000 toneladas de residuo al año, para estas se necesitará una parcela de 1 ha, y para la planta de biodiésel 10 ha.

Para obtener el aceite de las semillas de girasol se utilizará el método habitual, que consiste en tres fases:

- 1) El descascarillado, en el cual se separan las semillas de las impurezas, las cáscaras que se obtienen como residuo se pueden utilizar para alimentación animal o compostaje.
- 2) Trituración y extracción, esta fase se encarga de romper las células vegetales que luego se prensan para obtener aceite.
- 3) Por último se realiza el refinado, en el cual se trata el aceite para obtener las cualidades deseadas como la cantidad óptima de ácidos grasos libres.

Una vez producido el aceite después de su cosecha, este se almacenará en depósitos para su posterior transporte, cada granja tendrá una capacidad de almacenaje de la mitad de su producción anual de aceite.

4.3 Transformación en biodiésel

El proceso de transformación del biodiésel se denomina transesterificación, es una reacción de lisis de un triglicérido mediante un alcohol, para su transformación en tres ésteres metílicos obteniéndose también glicerol, se realiza comúnmente con la ayuda de un catalizador que puede ser básico o ácido, en nuestro caso se ha elegido hidróxido de sodio, NaOH. Ya que para el tratamiento de aceites usados sí que se usan los ácidos, pero para los aceites nuevos es más común usar los básicos [14].

La reacción es la que se puede ver en la siguiente imagen:

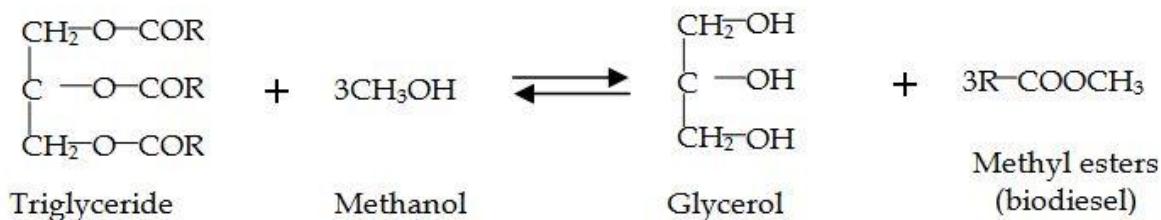


Figura 2: Representación de la reacción de transesterificación.

<https://www.intechopen.com/books/alternative-fuel/biodiesel-production-by-using-heterogeneous-catalysts>

En el aceite de girasol alto oleico, el porcentaje de triglicéridos es cerca del 95%, de los cuales más del 75 % es ácido oleico poliinsaturado y el resto saturado. Para este caso el triglicérido que se va a utilizar es ácido oleico, cuya fórmula semidesarrollada es la siguiente [5,14].

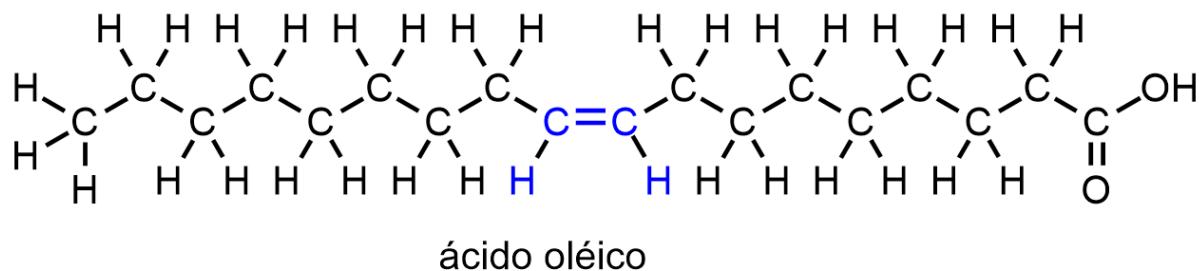


Figura 3: Representación de cada rama del triglicérido del ácido oleico.

<https://oushia.com/las-grasas-trans/>

A continuación, se puede ver el diagrama de la planta, en el cual hay cuatro líneas, dos de entrada, para el aceite de girasol y otra para el aceite usado y dos de salida, para el biodiésel y para el glicerol [1,2,15,16,17].

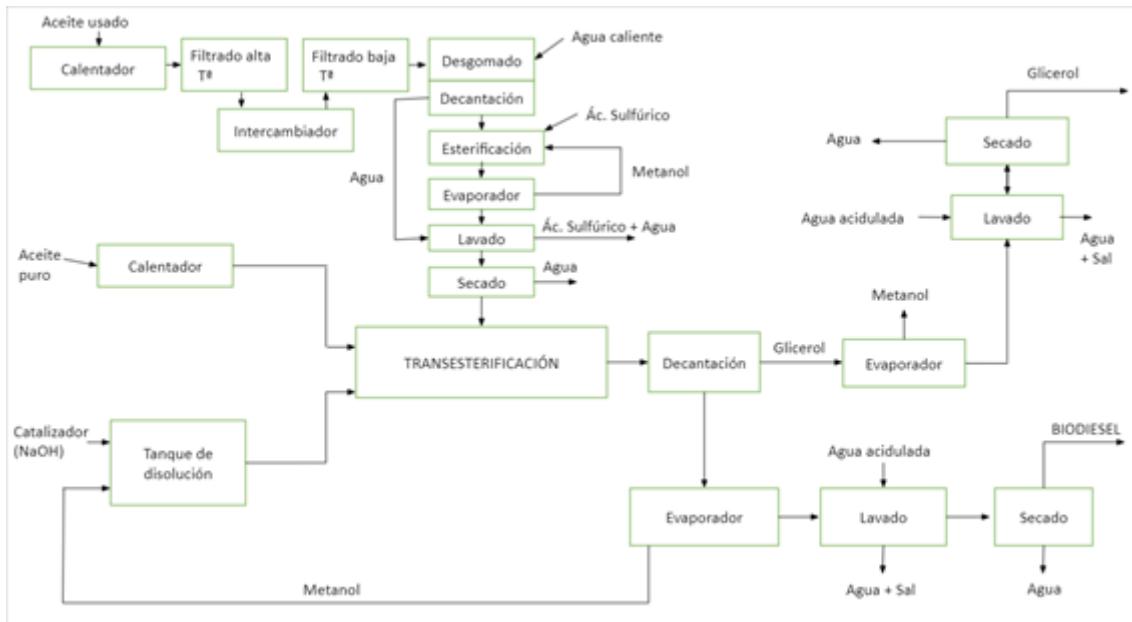


Figura 4: Diagrama de bloques de una planta de biodiésel.

La reacción principal del proceso es la transesterificación, la cual ya se ha explicado. En la línea de aceites usados se puede ver un proceso llamado esterificación, esto es la reacción de un ácido graso con un alcohol para dar un éster. Esta se lleva a cabo para recuperar los aceites gastados, ya que sus ésteres se han degradado formando ácidos grasos libres, por ello se convierten en ésteres utilizando un ácido. Esta línea se va a omitir ya que le añade mucha complejidad al trabajo y se sale del objetivo principal del estudio. Además, ya existen plantas de tratamiento del aceite usado.

Tras la transesterificación se realiza un decantado para separar el glicerol (también llamado glicerina) del biodiesel ya que son inmiscibles y sus densidades son distintas. Tras esto se realizará un evaporador para recuperar todo el exceso de metanol requerido en la reacción. Después se realizará un lavado con agua acidulada para eliminar el catalizador, y por último un secado con ventiladores para eliminar el agua que queda todavía atrapada tras este proceso [1,16,17].

Con lo cual el diagrama de bloques quedaría de la siguiente manera:

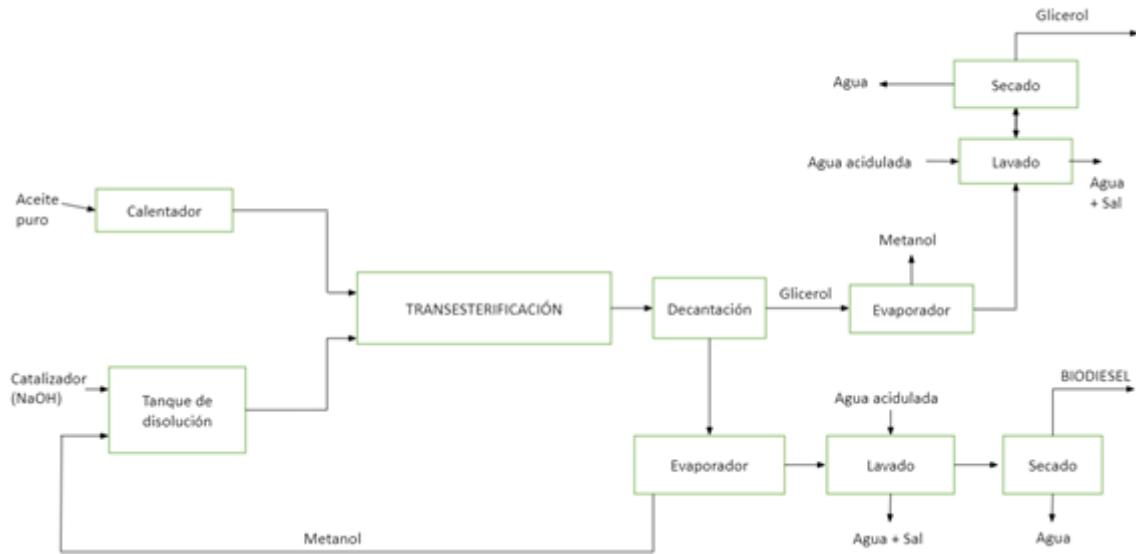


Figura 5: Diagrama de bloques de una planta de biodísel sin línea de aceites gastados.

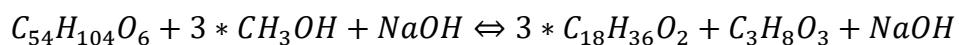
4.3.1 Balances de masa

Para realizar los balances de masa primero se determinan cuáles son las principales reacciones del proceso [18]:

Tabla 4: Pesos moleculares de los compuestos.

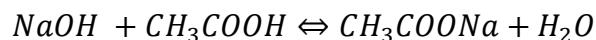
Molécula	Peso molecular (kg/kmol)
NaOH	40
Glicerol	92
Metanol	32
Aceite	848
Biodiesel	284
Ácido Acético	60
Agua	18
Acetato de Sodio	82

Transesterificación:



Ecuación 1

Lavado del catalizador básico con agua acidulada:



Ecuación 2

También se necesita saber algunos datos sobre los pesos moleculares de las sustancias para poder tener precisión a la hora de realizar los cálculos:

Partiendo del objetivo de 500.000 toneladas de biodiésel anuales se obtendrán todos los flujos de masa de la fábrica. Suponiendo que ésta opera durante 7300 h al año, los flujos de masa son los siguientes:

Se producen 68.493,15 kg/h de combustible, 241,17 kmol/h.

Al reactor de transesterificación se introducen 80,39 kmol/h de aceite, que son 68.170,72 kg/h y metanol en una relación 12:1 respecto al aceite [1,17].

Entonces introducimos 964,69 kmol/h de metanol debido a su conversión del 25% es decir 30.870,15 kg/h [1,17].

Por último, el catalizador se introduce pre disuelto en el metanol, con una relación del 1% respecto a la masa de aceite, lo cual son 681,72 kg/h es decir, 17,04 kmol/h.

Después se realiza la decantación en la cual aún quedan grandes cantidades de metanol y de NaOH, en concreto 723,52 kmol/h y 17,04 kmol/h respectivamente.

El catalizador está disuelto en el metanol, por lo que se estima que el 90% de este se irá en la corriente del biodiésel y el restante se irá con la corriente de glicerol, ya que la densidad del glicerol es 1261 kg/m³, la del biodiésel está entre 860 y 900 kg/m³ y la del metanol es de 792 kg/m³.

Tras esto se procede al evaporado del metanol el cual luego se enfriá y se recircula a su depósito para así recuperarlo.

Después se necesita realizar un lavado de ambos para eliminar el catalizador. Se necesitan 17,04 kmol/h que son 1.022,57 kg/h de ácido acético disuelto al 0,1 M en agua, con lo que necesitamos 169,779 m³ de agua, siendo 169.779,71 kg/h de agua, esto irá repartido a cada línea respectivamente según la cantidad de catalizador en cada una [1,17].

Al salir del lavado ambas sustancias contendrán una pequeña cantidad de agua que se deberá eliminar con un secado, para que no cause problemas a la hora de su utilización. La corriente de biodiésel arrastrará un 0,3% de agua de lavado y la de glicerol un 0,06%, es decir, 24,116 kmol/h y 0,535 kmol/h que se eliminarán con un secado mediante introducción de aire forzado con ventiladores [1,17].

4.3.2 Balances de energía

Para la realización de los balances de energía se necesitan los datos de valores de entalpías de formación además de calores específicos y algunas entalpías de vaporización [19,20,21,22]:

Tabla 5: Entalpías y calores específicos de las moléculas.

Molécula	Entalpía de formación (kJ/mol)	Calor específico (J/mol*K)
NaOH	-426,6	1,463
Glicerol	-665,9	213,4
Metanol (g)	-238,4	-
Metanol (l)	-205	81,6
Aceite	-1815,98	1696
Biodiesel	-572,9	179,5
Ácido Acético	-483,52	124,2
Agua	-285,84	75,3
Acetato de Sodio	-734,08	100,83

Entalpía de vaporización Metanol = 35,3 KJ/Kmol

Entalpía de vaporización Agua = 40,656 KJ/Kmol

Reacción de transesterificación:

$$\begin{aligned} \Delta H_e & (\text{Entalpía de entrada}) \\ &= 80.391,02 * [-1815,98 + 1,696 * (20 - 25)] + 964.692,26 \\ & * [-205 + 0,081 * (20 - 25)] + 17.042,89 \\ & * [-426,6 + 0,001436 * (20 - 35)] = 384.317.058,23 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_s & (\text{Entalpía de salida}) \\ &= 241.173,07 * [-527,9 + 0,1795 * (50 - 25)] + 723.519,2 \\ & * [-205 + 0,081 * (50 - 25)] + 17.042,89 \\ & * [-426,6 + 0,001463 * (50 - 25)] + 80.391,02 \\ & * [-665,9 + 0,2134 * (50 - 25)] = 368.470.154,52 \text{ kJ/h} \end{aligned}$$

$\Delta H_e = \Delta H_s + Q \rightarrow Q = 15.846.903,71 \text{ kJ/h}$ Hay que aportar al reactor

Ecuación 3

Evaporado Metanol biodiésel:

$$Q = 241.173,07 * 0,1759 * (65 - 50) + 651.167,28 * 0,081 * (65 - 50) + 651.167,28 * 35,3 + 15.338,6 * 0,001436 * (65 - 50) = 24.432.928,73 \text{ kJ/h}$$

Ecuación 4

Evaporado Metanol glicerol:

$$Q = 80.391,02 * 0,2134 * (65 - 50) + 72.351,92 * 0,081 * (65 - 50) + 72.351,92 * 35,3 + 1.704,29 * 0,001436 * (65 - 50) = 2.859.071,74 \text{ kJ/h}$$

Ecuación 5

El consumo de energía de las reacciones es de 43.138.904,19 kJ/h, lo cual se multiplica por 1,25 para estimar también el consumo de demás máquinas como bombas, calentadores, luz etc, dando un consumo de 53.923.630,24 kJ/h. Esto traducido a unidades más útiles de energía suponen 109,345 GWh/a.

4.4 Evaluación de la planta de producción

Tras realizarse los cálculos, se pueden analizar los resultados:

En la planta se obtienen como producto principal 500.000 toneladas de biodiésel anualmente y 53.990 toneladas de glicerol y 10.202 toneladas de acetato sódico como subproductos.

Las materias primas necesarias para esto son 497.652 ton/a de aceite, 243,61 ton/a de metanol, teniendo en cuenta su recirculación, 4976,43 ton/a de NaOH y 20.451,5 ton/a de ácido acético. Además, la planta necesita tener almacenadas 1.239.391,91 toneladas de agua para el lavado.

En cuanto a energía consume 92,99 GWh anualmente.

5. Producción de biogás

5.1 Revalorización de un residuo agrícola

Como se puede imaginar, todas esas ha de cultivos no sólo generan aceite, sino que gran parte de lo que es la planta del girasol se convertirá en residuos agrícolas, no aptos para la producción del biodiésel, como el tallo o las cáscaras de las semillas. Habitualmente lo que se hace con este residuo es utilizarlo para pasto o abono, incluso dejarlo que se descomponga con el paso del tiempo.

Pero esto supone un gasto de carbono que no nos podemos permitir, ya que hoy en día toda esa materia orgánica se puede llevar a un proceso mediante el cual se transforma en metano, un gas combustible muy útil. Además, en Aragón la mayor parte de la energía de la comunidad proviene del gas natural, así que sustituirlo por biogás supondría una gran disminución en las emisiones de carbono y una significativa reducción de la dependencia de energía primaria exterior.



Figura 6: Plantas de biogás a partir de residuos agrícolas.

<https://www.protego.com/es/productos/ejemplos-practicos/tecnologia-de-biogas-tratamiento-de-aguas-residuales-y-gases-vertedero.html>

5.2 Planta de producción de biogás

Una planta de producción de biogás se basa en la digestión anaeróbica, un proceso en el cual, introduciendo materia orgánica a un reactor, se pone en contacto con microorganismos y dejándolos actuar durante un tiempo y a unas condiciones determinadas, se consigue que

estos descompongan la materia orgánica en metano y CO₂, además de dejar detrás un lodo al que se llama digerido, al cual se puede utilizar en compostaje [23,24].

Este tipo de plantas constan de una unidad de pretratamiento en la cual se suele triturar el residuo a un tamaño óptimo para el reactor y las bacterias, después se pasa a la unidad de ajustado, en la cual se comprueba las características del residuo antes de entrar a la digestión, ya que los microorganismos requieren de unas condiciones específicas de concentración, pH, vigilar contaminantes que son dañinos para ellos, y la humedad óptima. Tras extraer los gases el biogás pasaría a la planta de tratamiento, en la cual se eliminaría la gran cantidad de CO₂ que contiene mediante un fraccionamiento criogénico y luego las trazas de contaminantes mediante columnas de adsorción y absorción, además de filtros de mangas. Por último, se obtendría el biometano que se podría introducir a las tuberías ya existentes de gas natural. [23,24].

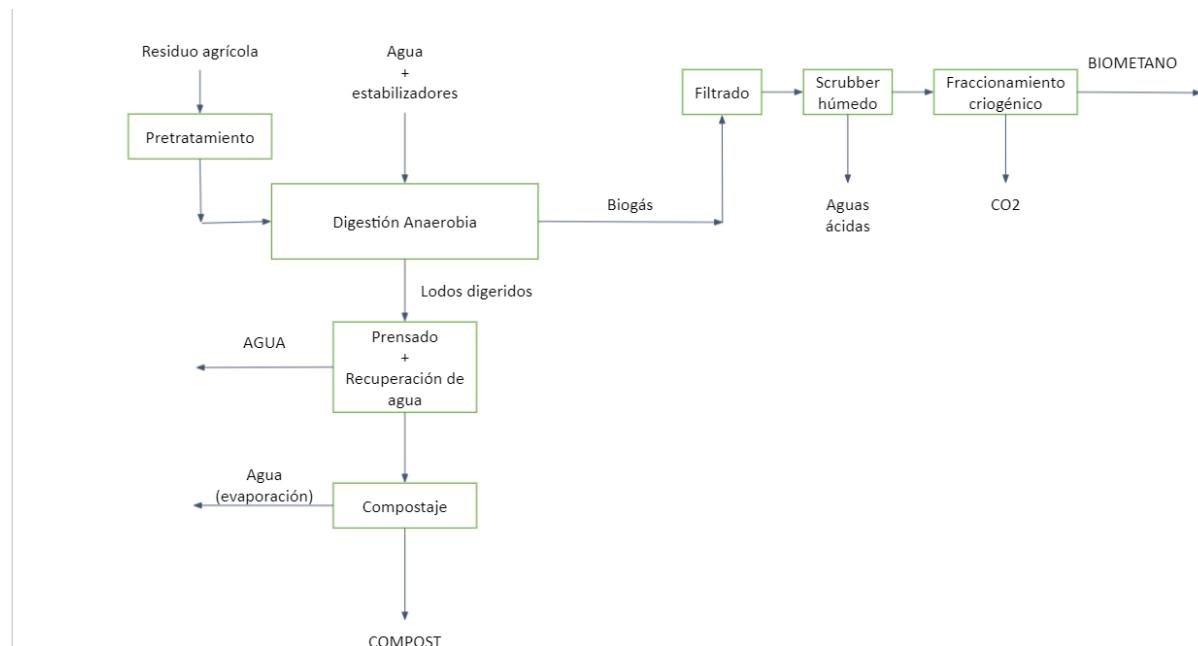


Figura 7: Diagrama de bloques de una planta de biogás.

Se puede estimar que de 4 kg de una planta de girasol 0,48 kg son aceite, todo lo demás son residuos. Más o menos se puede considerar entonces que por cada 1,2 toneladas de aceite que obtenemos por hectárea, hay 8,8 toneladas de residuos, de los cuales se pueden recuperar aproximadamente 5 toneladas [5,6]. La distribución de las plantas se organizará de manera que el transporte del residuo agrícola sea mínimo, ya que es un material que ocupa mucho y pesa muy poco, con lo cual su transporte es inconveniente y caro.

5.2.1 Reactor de biogás

Al año se producen 2.048.302,43 toneladas de residuos agrícolas. Se utilizará con un proceso de digestión seca, en la cual la masa sólida es del 25% y el resto es agua. El consumo de agua de primeras puede suponerse que va a ser muy alto, pero en este tipo de digestión la mayoría del agua se reutiliza [23].

Fermentación de materia orgánica:



Ecuación 6

En este tipo de reactores, utilizando un residuo agrícola se puede obtener una producción muy alta de gas, ya que la mayoría de los sólidos introducidos son biodegradables, dándonos una producción de 1 m³N/kg de sólidos biodegradables. El contenido de sólidos biodegradables en el residuo agrícola de girasol es del 30%. Más o menos la planta utiliza un 25% de su propio biogás para mantener el proceso de digestión y funcionamiento de la planta [23].

Al haber ocho plantas a cada una irán 250.000 toneladas anuales de residuo, entonces cada planta necesitará 250.000 ton/a de agua, ya que el porcentaje de humedad en el residuo es del 50%. La energía que consume la propia planta es un 25% de la que se produce con el metano, así que de todo el que produce solo un 75% sale de la planta [23].

Cada planta produce 65.625.000 m³N de biogás, el cual tiene una composición de 60% metano y 40% CO₂, por lo que finalmente se obtienen 231.309,672 ton/a y 424.981,787 ton/a respectivamente [23].

5.2.2 Compostaje del digerido

Una vez extraído el lodo del reactor este ha sido gastado por los microorganismos y no se puede volver a utilizar, pero otro proceso que se puede hacer para no descartarlo como residuo aún es el compostaje [24].

La masa total que se manda a compostaje en cada planta es el digerido después de un pequeño prensado para recuperar el agua y dejar el nivel de humedad óptimo, que es alrededor del 85%, se consigue recuperar 987.915,4 ton/a de agua. Por cada granja esto nos deja con 300.000 ton/a de las cuales 44.898,13 son sólidos, el porcentaje de sólidos volátiles es del 90% y el de biodegradables es el 60% de los volátiles. Con lo cual 24.244,99 ton/a se van a degradar, el consumo de O₂ para el compostaje es de 1,3 kg O₂/kg de materia orgánica, entonces en cada planta hay que bombear al año 105,03 millones de m³ de aire [24].

Finalmente se obtiene que entre todas las granjas se producen 325.249,33 ton/a de compost, el cual se puede utilizar como abono en el propio cultivo del girasol [24].

5.2.3 Tratamiento del biogás

Para separar el metano del CO₂ sería suficiente con una columna de destilación flash, aquí se realizaría una separación criogénica en la cual mediante un cambio brusco de presión y temperatura se condensaría el CO₂.

Lo siguiente sería eliminar contaminantes como por ejemplo el sulfuro de hidrógeno, esto se haría con una columna de absorción con agua. Luego, mediante unos filtros se eliminarían todas las partículas volátiles producidas en la digestión.

Tras esto se obtendría tanto el biometano como el CO₂ purificados y listos para su uso [25].

5.3 Opciones para el biogás

La cantidad de biometano producido supone un potencial energético de 3.212,63 GWh/a, esto sustituirá un 18,84% de gas natural, ya que en la comunidad se utilizan 19.073,85 GWh/a que provienen de fuentes fósiles anualmente [21].

Esto se podría utilizar para diversos fines, dependiendo de cuál resulte más atractivo:

Plantas eléctricas de gas de ciclo combinado

- Total electricidad = 1.285,05 GWh/a
- Total calor = 1.445,69 GWh/a

Producción de calor

- Total calor = 2.570,11 GWh/a

Si lo comprimimos obtendremos GNC (gas natural comprimido), el cual se utiliza como combustible en automoción

- Total energía = 963,79 GWh/a

6. Etanol a partir de glicerol

6.1 Principio de funcionamiento

Esta es una de las ideas principales del trabajo, con la cual se va a intentar solucionar el problema de la sobreproducción de glicerol que se da en las plantas de biodiesel, ya que por cada 10 kg de este, se produce 1 de glicerol. Esta cantidad es demasiada para la industria, la cual no puede absorber tanto producto porque no es una materia prima que se use demasiado. Los principales usos son la fabricación de jabones e industria cosmética [26,27].

Durante años se han intentado crear nuevos procesos que utilicen este glicerol para generar nuevos productos de valor añadido y aunque muchos tenían buenas ideas, al final terminan por no resultar atractivos económicamente aún. Por eso tras investigar casi todas las posibilidades para este material, se ha decidido que transformarlo en etanol sería bastante atractivo, pues se haría mediante un proceso de fermentación que consume poca energía y es barato, además de producir etanol, el cual es un biocombustible que sustituye a la gasolina [27,28].

Escuchar que se va a generar un producto que sustituya a la gasolina es algo que ya debería de llamar la atención a todos, ya que es uno de los bienes máspreciados y codiciados en el mundo actualmente. Mientras que ya se lleva fabricando muchos años con fermentación de caña de azúcar en Brasil y maíz en EE. UU., estos requieren extensiones de cultivo enormes y lo que está pasando en Brasil ahora mismo, indica que puede tener consecuencias negativas para el planeta si se realiza de manera descontrolada (Deforestación del Amazonas).

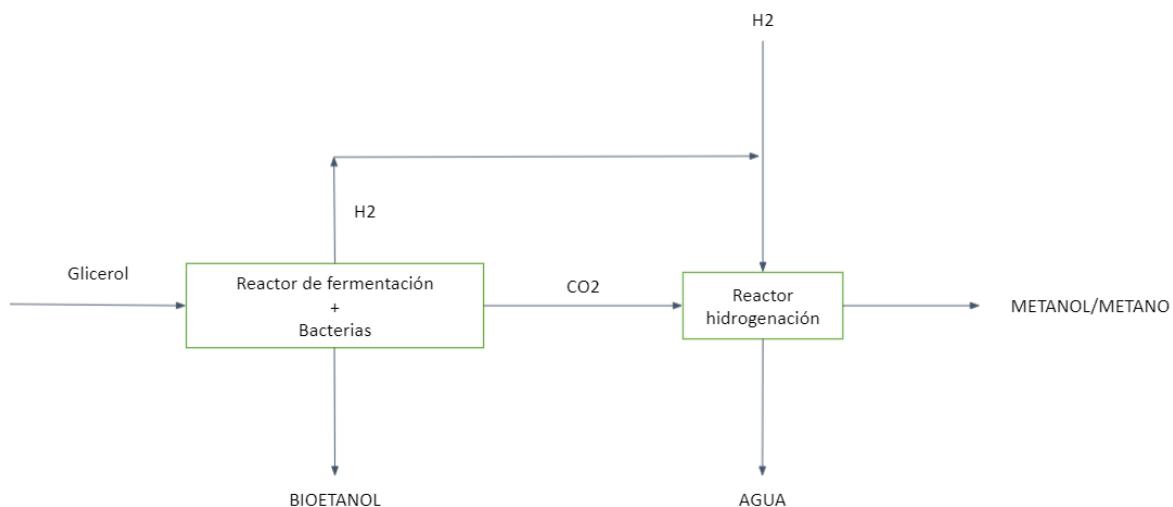


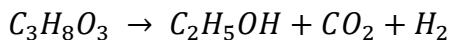
Figura 8: Diagrama de bloques de una planta de fermentación de glicerol.

6.2 Producción mediante fermentación

Como ya se ha dicho, aprovechando el subproducto glicerol de la transesterificación del biodiesel, se puede obtener etanol mediante un proceso de fermentación con bacterias.

Tal es el caso de la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, que bajo condiciones anaerobias reduce el piruvato a etanol con emisiones de CO₂, obteniéndose un rendimiento estequiométrico teórico de 0,511 g de etanol y 0,489 g de CO₂, por 1 g de glucosa metabolizada. Sin embargo, se ha observado que a nivel experimental e industrial sólo se alcanza entre el 87% y el 95% del rendimiento teórico para el etanol, ya que esta levadura también utiliza la glucosa en la producción de otros subproductos [26,27,28,29]

Fermentación del glicerol:



Ecuación 7

No obstante, se prefiere su uso por requerir de menores costos de manejo, ya que la presencia de sacarosa en algunos sustratos no afecta el rendimiento de etanol; asimismo, los subproductos de la fermentación y la concentración a la cual estos se producen no crean efectos colaterales [27,29]

El proceso de fermentación constará de las siguientes partes:

1. Activación y establecimiento de las cepas de *Saccharomyces cerevisiae*: sembrando el microorganismo en Agar Sabouraud e incubando a 37°C por 48 horas, para el establecimiento de la cepa madre; seguido por un recuento en cámara de Neubauer para evaluar la pureza de la misma.
2. Determinación del comportamiento cinético de *Saccharomyces cerevisiae*: se establecerán cuatro tratamientos experimentales (T1, T2, T3) y un tratamiento control (T0) que se monitorearán con intervalos de tres horas durante 36 horas, evaluándose variables como concentración de biomasa por recuento directo en cámara de Neubauer, pH que permitirán determinar parámetros cinéticos de importancia.
3. Establecimiento de las condiciones de proceso para la optimización del medio de cultivo y estandarización de la fermentación: aquí se determinará la temperatura óptima para incrementar la producción de este metabolito (etanol) en el medio de cultivo a evaluar teniendo en dos condiciones de temperatura 10-15 °C y de 30-35 °C.
4. Rendimiento de producción de etanol, a partir de los microorganismos, a partir de la glicerina: que involucraría el análisis de los resultados obtenidos anteriormente mediante un

análisis ANOVA multifactorial, determinando si existen diferencias entre los tratamientos según el porcentaje de etanol producido.

5. Modelado del proceso a escala industrial: donde a partir de los resultados obtenidos con anterioridad a escala de laboratorio, se podrá simular a una escala mayor el proceso de producción de etanol y verificar la rentabilidad del proceso. Como resultado de esta investigación se espera establecer el dimensionamiento de los equipos para la producción de etanol, por medios fermentativos a partir de glicerina cruda y purificada [26,27,28,29].

6.3 Resultados del proceso

Tras esto realizamos los cálculos para la línea de subproducto de glicerol y teniendo en cuenta una conversión del 90% del glicerol, además de las selectividad de la reacción, se obtendrían los siguientes resultados:

Producción de glicerol:

- 53.990,61 toneladas de glicerol al año, 9,425 ton/h

Producción posible de etanol con la cepa bacteriana *Saccharomyces cerevisiae*:

- 25.645,54 toneladas de etanol al año
- 24.530,47 toneladas de CO₂ al año
- 1.115,07 toneladas de H₂ al año

6.4 Obtención de producto de gran valor

Conseguir etanol de esta manera es una gran ventaja, ya que el coste de producción actualmente sería cercano a cero, debido a que se considera un subproducto, pero al transformarlo en una nueva materia prima, tenemos un subproducto con gran potencial.

En el mercado actual el etanol se utiliza mezclado en bajas concentraciones con la gasolina del petróleo para ajustarse a límites de emisiones, pero hay coches de marcas muy conocidas (Volvo, Audi) que funcionan perfectamente en concentraciones de etanol casi puro [27].

Además, tiene una ventaja, es más barato que la gasolina y en el futuro esto se acentuará aún más, cuando se empiecen a emitir impuestos a las compañías de combustibles fósiles en lugar de subvenciones, con lo cual será el propio consumidor el que decida cambiar lo que le pone a su coche. Por otra parte, el etanol tiene una densidad energética menor que la gasolina, con lo cual un coche consume más, pero a su vez puede aumentarse la relación de compresión en el motor, ya que trabaja a menor temperatura que con la gasolina obteniéndose un mayor rendimiento [26].

Además, también se produce una pequeña cantidad de hidrógeno, el cual puede ser utilizado en diferentes reacciones, como las que se van a ver a continuación.

7. Producción de metanol con CO₂

7.1 Nueva forma de producción

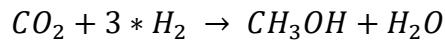
La hidrogenación de CO₂ a metanol es una alternativa viable para reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero, así como una ruta para el almacenamiento y transporte del hidrógeno.

El problema es que actualmente lo que se intenta utilizar como fuente de CO₂ es la propia atmósfera, en la cual la concentración de este gas es bajísima. En cambio, en este proyecto, existe una fuente de CO₂ muy accesible tras la fermentación del glicerol, el cual no necesita ser tratado, debido a que no sale con otros contaminantes ni a altas temperaturas. Esto haría que no fuera necesario la adquisición de máquinas especializadas en filtrado de aire y captura de CO₂, ya que se tiene un caudal constante y controlado de este [30].

7.2 Resultados de este proceso

La reacción para obtener metanol requiere de hidrógeno y genera agua como producto adicional [30].

Reacción hidrogenación a metanol:



Ecuación 8

Asumiendo un rendimiento del 80% para el proceso, con las 24.530,47 toneladas de CO₂ al año que se producen en la fermentación del glicerol se obtendrían los siguientes resultados:

Hidrógeno necesario:

- 3.345,06 ton/a de hidrógeno

Producción metanol:

- 14.272,27 ton/a de metanol (supliría las necesidades de la planta de sobra)
- 8.028,15 ton/a de agua

Este metanol se puede utilizar para suplir su compra en la fábrica de biodiésel ayudando a la propia producción, generando así un sistema circular, reduciendo los costes de producción. Además, una tercera parte del hidrógeno se puede obtener de la fermentación del glicerol y del agua que se recupera en el proceso, reduciendo así la necesidad de este.

8. Producción de metano con CO₂

8.1 Nueva forma de producción

Los marcos organometálicos (MOF: *metal organic framework* en inglés) son un tipo de material poroso e híbrido (orgánico y metálico) con gran versatilidad para la adsorción y separación de gases y para la catálisis. Aunque los MOF pueden ser excelentes catalizadores para la conversión del CO₂, las duras condiciones de los sistemas térmicos convencionales pueden destruirlos [31].

En principio se podría atrapar CO₂ de la atmósfera, para esto se utilizan comúnmente unos ventiladores a través de los cuales pasa el aire y lo filtran mediante químicos, atrapando así el CO₂.

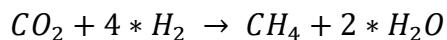
A continuación, este se lleva a un reactor catalítico en condiciones normales de presión y temperatura para recibir una metanización catalítica en diferentes catalizadores, como los de níquel en zeolitas y MOM. Una descarga de alta tensión genera lo que se conoce como un «plasma no térmico»: una sustancia gaseosa de gran conductividad. Esta descarga eléctrica provoca la excitación de las moléculas de hidrógeno y CO₂ en la fase gaseosa, de modo que rompían sus enlaces e interactúan fácilmente con la superficie del catalizador. [31].

Este procedimiento está diseñado para el CO₂ atmosférico, con el cual logra una eficiencia del 91,8 % en la captura de carbono, además de una eficiencia en uso del carbono del 71,7 %. Así que solo cabe esperar que, teniendo un caudal de dióxido de carbono puro, la eficiencia aumentaría considerablemente [31].

8.2 Resultados de este proceso

La reacción es muy parecida a la de metanol a partir de CO₂, pero ahora necesitaremos introducir un poco más de H₂ al reactor, aunque el consumo con recirculación de hidrógeno es el mismo.

Reacción de hidrogenación de CO₂ a metano:



Ecuación 9

Asumiendo un rendimiento del 80% para el proceso, con las 24.530,47 toneladas de CO₂ al año que se producen en la fermentación del glicerol se obtendrían los siguientes resultados:

Hidrógeno necesario:

- 4.460,09 ton/a de hidrógeno (de las cuales una cuarta parte puede venir de la obtención de bioetanol)

Producción metano:

- 7.136,14 ton/a de metano
- 16.056,31 ton/a de agua

El metano es un gas cuyo principal objetivo es la producción de energía, entonces la producción de este iría totalmente destinada a su introducción en el sistema de canalización de gas, en el que se destinaría a producción de electricidad, calefacción o transporte.

9. Balance de carbono en el ciclo de producción

El problema con los combustibles del petróleo es que el ciclo del carbono que tienen es abierto, se extraen de la profundidad de la corteza terrestre y al quemarse este va a parar a la atmósfera. Están introduciendo más al sistema atmosférico y superficial del que había en un principio, lo cual ha provocado el cambio climático.

Esto se arregla con los biocombustibles si se gestionan de manera correcta, ya que presentan la ventaja de ser un ciclo cerrado, pues todo el carbono que utilizan las plantas para crecer, que luego será transformado en combustible y quemado, proviene de la propia combustión, esto crea un ciclo cerrado, en el cual hay la misma cantidad de carbono en la atmósfera y superficie. Además, las plantas son capaces de fijar carbono en el propio terreno, creando así un balance negativo, incluso combinando esto con tecnologías de captura de CO₂ nos daría unas emisiones negativas, muy necesarias para combatir el cambio climático.

El cálculo es muy sencillo, basta con calcular el CO₂ absorbido anualmente por los cultivos, el cual es de 75,104 millones de ton/a, pero este será emitido de nuevo, así que no cuenta para ahorrar emisiones.

Pero hay que ver el que no se emite debido al cambio de combustible, para esto con la media de emisiones, el número de vehículos en Aragón y la distancia recorrida al año nos dan unas emisiones actuales de 2.222.334,12 ton/a, pero nosotros al sustituir el 38% ahorraremos 844.486,97 toneladas al año. En cuanto al metano de las plantas de biogás, eligiendo su uso principal en ciclo combinado (el mejor) generamos 2.730,74 GWh/a y eligiendo el gas natural comprimido como combustible (el peor) son 963,79 GWh/a en mucha menor medida. Esto nos da una media de 2.463 GWh/a lo cual sustituye al gas natural de petróleo en un 7,32% evitando así 848.135,46 toneladas de CO₂ al año. Así que en total hemos reducido las emisiones de la comunidad en 1,643 millones de toneladas al año [4,6].

Ahora, en las plantas de biogás y en el reactor de glicerol se pueden implementar métodos de captura de CO₂, como por ejemplo para hacer metanol visto previamente, y metano. En este caso al capturar carbono proveniente de la superficie, estaríamos evitando aún más emisiones, consiguiendo una reducción de 2,257 millones de ton/a de CO₂.

Casualmente, esta es la cifra de emisiones de todos los vehículos de la comunidad.



Figura 9: Central eléctrica térmica en funcionamiento en Aragón (Andorra, ahora cerrada).

<https://www.diariosur.es/economia/cierre-mitad-centrales-20200630000230-ntvo.html>

10. Análisis económico

Para realizar el cálculo de los costes del proyecto, debido a las grandes dimensiones de este, se ha dividido en tres partes, relacionadas con la función de cada una en lo que se refiere al sistema general.

La primera parte son los costes relacionados con la tierra, los cuales engloban la adquisición de los terrenos, la compra de maquinaria para el trabajo del campo y la obtención de aceite de girasol. También se tendrán en cuenta gastos como las materias primas necesarias, el combustible y electricidad necesaria además del mantenimiento y la mano de obra de los trabajadores. La segunda parte serían los costes de la producción, en los cuales se incluyen los gastos de adquisición de parcelas y construcción de naves, además de toda la compra de maquinaria para la fábrica de biodiésel y plantas de biogás. Por otra parte, también habrá que tener en cuenta el consumo de materias primas, energía y mantenimiento, además de los gastos en personal. La tercera parte engloba toda la logística del proyecto, en la cual se incluyen la adquisición de camiones de transporte y cisterna, además de su combustible y mantenimiento y por último el personal que trabaje en esta parte del sistema. Todas las cifras relacionadas con este análisis económico, así como las fuentes consultadas, pueden verse en el Anexo 2.

Primero, sabiendo la cantidad de terreno necesaria en cada provincia, se busca el precio del suelo agrícola para secano en cada una, siendo 4500 en Huesca, 2250 en Zaragoza y 1990 en Teruel, todo esto en €/ha, lo que nos da un coste total de adquisición de tierras de 1.012.687.454,8 €. Lo siguiente es ver el coste de la maquinaria, se utilizarán 40 tractores, con precio de 166.400, 16 cosechadoras con precio de 470.000, 544 depósitos de aceite a precio de 12.000, 16 descascarilladoras a precio de 10.000, 32 trituradoras a precio de 3.000 y 32 refinadoras a precio de 1.800, todo esto en €, dando un coste total de 21.017.600,00 €. Para el gasto en materias primas, sólo interesa la compra de semillas, ya que el fertilizante que se usará será el compost fabricado en las plantas de biogás, teniendo en cuenta el precio de las semillas a 3 €/kg y un consumo de 8 kg/ha, nos da un coste de 9.792.000 €/a. Para el combustible, sabiendo que un tractor consume 20 l/ha y con el precio del diésel agrícola actual de 0,88 €/l, luego la electricidad consumida por las máquinas de procesado de aceite nos da 934.400 kWh/a con un precio de la electricidad a 0,11 €/kWh además suponiendo un coste de mantenimiento del 1% anual al coste de las máquinas nos da un gasto de 14.393.743,03 €/a. Por último, el gasto en personal teniendo en cuenta que se necesita un gran número de empleados, 58 empleados en el campo, 24 ingenieros, 8 contables, 8 directores de granja y 1 mánager de granjas, supone un coste de 3.660.977,6 €/a.

Para calcular los costes de la parte de producción, lo primero que se hace es encontrar las parcelas necesarias para construir las naves de la fábrica de biodiésel y las plantas de compostaje. La parcela de la fábrica necesitará 10 ha, y estará situada en el polígono

industrial de PLAZA, supone un coste de 3.904.860 €. Las parcelas para las plantas de biogás estarán en municipios cerca de las comarcas de los cultivos:

Tabla 6: Superficies y precio parcelas para plantas de biogás.

Localidad	Superficie (m ²)	Precio (€)
Monzón	10.000	110.000
Ejea de los Caballeros	10.000	500.000
Alagón	7.500	420.000
Cuarte de Huerva	6.000	700.000
Calatayud	7.000	225.000
Monreal del Campo	6.500	155.000
Alcañiz	2.000	326.000
Teruel	10.200	105.000

Para saber el coste de construcción de las naves se ha utilizado un estimador con el cual para la fábrica de biodiésel da un coste de 18.450.000 € para sus 75.000 m² y las plantas de biogás con un tamaño de 10.000 m² un coste de 2.460.000 € cada una. Para la estimación de los costes de la maquinaria se ha utilizado un manual, en el cual se ha podido hacer aproximaciones de los costes de reactores, depósitos, calentadores, evaporadores, columnas de lavado y ventiladores para ambos tipos de planta. Esto nos da un coste de 11.424.477 € para la planta de biodiésel y de 3.957.836,99 € para cada planta de biogás. Para el coste de las materias primas. Se ha buscado el coste de diferentes químicos en distintas fuentes (principalmente alibaba) y para el agua según la comunidad. Lo que nos da un coste inicial para poner las plantas en funcionamiento de 2.319.924,44 € y un coste de 3.402.759,15 €/a para mantener la producción. El coste del mantenimiento y la energía asciende a 12.461.184,28 €/a suponiendo unos costes de mantenimiento del 5% del valor inicial de la maquinaria. Y un coste total de 3.034.374,00 €/a en cuanto a empleados.

Por último, para el coste de la logística, se empezará adquiriendo toda la maquinaria de transporte, para la cual se ha preferido utilizar camiones de segunda mano, los cuales son mucho más baratos. Para toda la fuerza de transporte además de las canalizaciones para el gas natural el coste asciende a 3.852.000 €. El mantenimiento (suponiendo 1%) y el gasto en combustibles será de 1.939.320 €/a. Finalmente el gasto en empleados será de 3.306.206,4 €/a.

La inversión inicial asciende a 1.127.730.012,35 euros y los gastos anuales son un total de 51.990.564,46 €. Los campos se empezarán a preparar el año 0 mientras que las naves y plantas se construirán durante el año 1 mientras crece la primera cosecha. El año 2 será el primero de producción y beneficios.

Para realizar posible el proyecto se contará con un préstamo de 1.200.000.000 € a devolver en 6 años con una comisión de apertura del 0,5 % y un TAE del 5,16 %. Siendo la cuantía total por devolver de 1.446.000.000 €.

Aquí se puede ver la tabla de la evolución del balance anual para diez años:

Tabla 7: Balances anuales económicos del sistema.

VAN (€)	364.828.307,75
TIR	9,54%
Balance anual	
Años	Dinero (€)
0	-1.129.688.012,35
1	-1.221.386.732,98
2	-1.083.393.053,53
3	-936.399.374,08
4	-780.405.694,64
5	-615.412.015,19
6	-441.418.335,75
7	-78.424.656,30
8	284.569.023,14
9	647.562.702,59
10	1.010.556.382,03
Periodo de recuperación PR (a)	7-8

11. Conclusiones

A la hora de empezar a realizar este trabajo no se sabía cuáles iban a ser los resultados, sólo se tenía la idea de estudio. Cómo indica el título, lo único que se pretendía era fomentar la independencia energética, crear una economía y sistema circular de combustibles y reducir las emisiones de la comunidad. No sólo no se sabía si el proyecto llegaría a ser rentable económicamente, sino que tampoco se sabía si iba a cumplir los objetivos de emisiones y abastecimiento de combustibles.

Afortunadamente los resultados nos muestran que sí es posible abastecer con biocombustibles suficientes a toda la comunidad en un escenario de aceptación media de movilidad eléctrica y uso de biocombustibles, además de suplir significativamente el uso de energías que tienen que ser importadas. También cumple con creces el objetivo de reducir las emisiones, al eliminar por completo las emisiones netas de todos los vehículos de Aragón en circulación hoy en día. Pero lo más llamativo es que hace todo lo anteriormente mostrado de forma rentable, teniendo un periodo de recuperación de 7 años y 3 meses, con un margen para beneficios muy amplio.

Todo esto además tiene sentido energético, ya que el sistema global consumiría al año 301,605 GWh para la producción de todos los combustibles y estos generaría una energía total durante su uso de 25.246,00 GWh.

Además, si este proyecto fuera a ser realizado por el propio Gobierno de Aragón, conseguiría aumentar sus beneficios, ya que actualmente en impuestos se lleva 0,581 €/L de gasóleo, y con este sistema vendería el producto por debajo del precio actual. Esto haría que necesitase menos impuestos para salir rentable, haciendo que termine a un precio más bajo para el consumidor, el cual también agradecería no sólo una reducción de precios en los carburantes, sino también una estabilidad en el precio de estos.

Como conclusión, cabría decir que los biocombustibles en Aragón son una de las mejores alternativas renovables a invertir en los próximos años, sobre todo según vaya subiendo el precio de los hidrocarburos del petróleo.

12. Bibliografía

[1] Tesis Juan Antonio Alfonso Álvarez (Obtención de biodiésel de aceites usados

<https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/349/1/Tesis%20Juan%20Antonio%20Alfonso%20Alvarez.pdf> con acceso el 21/06/2021

[2] Generalidades producción biodiésel

<https://docplayer.es/13003084-Biodiesel-generalidades-y-produccion-a-pequena-escala.html>

[3] Gobierno de Aragón. Consumo de energía Aragón 2019

<https://www.aragon.es/documents/20127/1842589/Bolet%C3%ADn+N%C2%BA+33+de+coyuntura+energ%C3%A9tica+en+Arag%C3%B3n.+Datos+correspondientes+al+a%C3%B3n+2019+%285%29.pdf/940fa20d-92c9-a5e9-52d1-10dce42b332d?t=1594125440715>

[4] Gobierno de Aragón. Parque de vehículos Aragón 2019

https://www.aragon.es/documents/20127/1909615/20210107_ParqueVehiculos.pdf/bbc8b7ad-b221-a9fa-f4c7-0c5912af5bbf?t=1610020066995

[5] Cultivo del girasol

http://servicios3.aragon.es/bva/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=3705338

[6] Balance orgánico de cultivos

https://www.miteco.gob.es/images/es/4por1000_tcm30-438109.pdf

[7] Manual del cultivo de colza

<https://intiasa.es/repositorio/images/docs/ManualCOLZA2012.pdf>

[8] Huella hídrica para el cultivo de palma aceitera

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1552&context=ing_ambiental_sanitaria

[9] Gobierno de Aragón. Distribución de tierras comarcas Aragón 2019

https://www.aragon.es/documents/20127/1909615/20200709_DistribTierras.pdf/ef92876d-b4d8-c6e8-3d6e-41457a82ccf7?t=1594293042461

[10] Gobierno de Aragón. Cultivos y producciones Aragón 2019

[Superficies, producciones y destinos de la producción agraria 2019. Aragón \(XLS, 165 KB\)](#)

[11] Gobierno de Aragón. Valores de arrendatario Aragón 2019

[Cáñones de arrendamiento 2013-2019 \(XLSX, 14 KB\)](#)

[12] Gobierno de Aragón. Valores tierra Aragón 2020

[Valores de Referencia aplicables \(año 2020\)](#)

[13] Nutrientes y materia orgánica en el suelo de cultivos

http://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/6186/2003_Rib%c3%b3_Balance.pdf?sequence=3&isAllowed=y

[14] Producción y características del aceite de girasol

<https://www.consumer.es/alimentacion/el-aceite-de-girasol.html>

[15] Propiedades de componentes de la producción de biodiésel

<https://core.ac.uk/download/pdf/41810657.pdf>

[16] Transesterificación de aceite de cocina usado

<https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/iyu/article/view/5461/10288>

[17] Tesis Ivana Di Paola (Producción de biodiésel de soja en Argentina)

https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/11905/tesis-irnr-di-paola-ivana.pdf

[18] Datos transesterificación

<http://www.scielo.org.co/pdf/inun/v19n1/v19n1a08.pdf>

[19] Datos termodinámicos aceite y biodiésel (página 51)

<https://core.ac.uk/download/pdf/41810657.pdf>

[20] Datos acetato de sodio

https://www.ecured.cu/Aacetato_de_Sodio

[21] Datos termodinámicos

http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Datos_termodinamicos_2_16686.pdf

[22] Otros datos termodinámicos

http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Tablasdepropiedadestermodinamicas_12182.pdf

[23] Datos digestión anaerobia

https://moodle.lut.fi/pluginfile.php/26148/mod_resource/content/10/L6_Anaerobic%20digestion_2020.pdf

[24] Datos compostaje

https://moodle.lut.fi/pluginfile.php/26146/mod_resource/content/15/L5_Composting_2020-09.pdf

[25] Separación del CO₂ del metano

<http://www.scielo.org.co/pdf/cide/v9n2/0121-7488-cide-9-02-137.pdf>

[26] Usos alternativos del glicerol

http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-GlaFuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf

[27] Tesis Jennifer Ormaz Aznar (Aprovechamiento del glicerol)

<https://zaguan.unizar.es/record/5501/files/TAZ-PFC-2010-434.pdf>

[28] Producción de etanol a partir de fermentación de glicerol

<https://revistas.ucc.edu.co/index.php/in/article/download/532/506/#:~:text=A%20partir%20de%20la%20mezcla,valor%20agregado%20como%20el%20etanol.>

[29] Tesis Jorge Augusto Hernández Mora (Fermentación glicerina a etanol)

https://www.researchgate.net/publication/276304722_Produccion_de_etanol_por_Saccharomyces_cerevisiae_a_partir_de_glicerina_subproducto_de_biodiesel

[30] Tesis Raydel Manrique Suárez (Hidrogenación de CO₂ a metanol)

<http://repositorio.udc.cl/jspui/bitstream/11594/491/1/Tesis%20Hidrogenacion%20de%20CO%20a%20Metanol%20sobre%20Catalizadores%20Pd%2C%20Pd-Zn%20y%20PdGa.Image.Marked.pdf>

[31] Captura y metanización del CO₂ atmosférico

<https://cordis.europa.eu/project/id/748196/results/es>

2. ANEXOS

Anexo 1

1. Abreviaturas

- 1- TFG – Trabajo de Fin de Grado
- 2- TFM – Trabajo de Fin de Máster
- 3- IAE – Instituto Aragonés de Estadística
- 4- m – metros
- 5- s – segundos
- 6- h – hora
- 7- a – año
- 8- mol – mol
- 9- kmol - kilomol
- 10- m/s – metros por segundo
- 11- m² – metros cuadrados
- 12- m³ – metros cúbicos
- 13- m³N – metros cúbicos en condiciones normales, 0°C 1 atmósfera
- 14- kg – kilogramos
- 15- ton – toneladas
- 16- ha – hectáreas
- 17- J – Julios
- 18- kJ – kilojulios
- 19- Q – calor

- 20- W – Watios
- 21- GWh – GigaWatios hora
- 22- prad. – pradera
- 23- past. – pastizal
- 24- CO₂ – Dióxido de Carbono
- 25- NaOH – Hidróxido de Sodio
- 26- C₂H₄O₂ – Ácido acético
- 27- H₂ - Hidrógeno
- 28- GNC – Gas Natural comprimido
- 29- MOM/MOF – Marcos Organo-Metálicos/Metalic Organic Frames
- 30- € - Euros
- 31- TAE – Tasa Anual Equivalente
- 32- VAN – Valor Anual Neto
- 33- TIR – Tasa Interna de Retorno
- 34- PR – Periodo de recuperación



2. Ecuaciones

- 1- Transesterificación
- 2- Lavado catalizador
- 3- Balance energía trans
- 4- Balance energía evaporación metanol en biodiésel
- 5- Balance energía evaporación metanol en glicerol
- 6- Digestión anaeróbica
- 7- Fermentación glicerol
- 8- Metanol a partir de CO₂
- 9- Metano a partir de CO₂

Anexo 2

1. Cálculos Excel

1.1 Cálculos producción

1.1.1 Biodiésel

Producción (ton/año)	Lavados	Producción biodiesel(kg/h)
500.000,00	concentración ácido(M)	68.493,15
Fábrica trabaja (h/día)	0,1 Kmol/h	
20	V disolución(m3)	241,1730658
Producción por (kg/h)	170,4289665	Conversión metanol =
68.493,15	V soluto(m3)	25%
	0,6492532057	
	V agua(m3)	
	169,7797133	

Materiales	Kmol/h	Kg/h	Consumo mat pri (ton/año)	Producción (ton/año)	Consumos con recup(ton/año)	por hora en kg
Aceite	80,39102193	68.171,59	497.651,58			
Metanol	964,6922832	30.870,15	225.352,11		56.907,10	7.795,49
NaOH	17,04289665	681,72	4.976,53			852,14
Biodiesel	241,1730658	68.493,15		500.000,00		
Glicerol	80,39102193	7.395,97		53.990,61		9.244,97
Agua	9432,206294	169.779,71	1.239.391,91		0,00	0,00
Ácido acético	17,04289665	1.021,57	20.451,48			3.501,97
Acetato de sodio	17,04289665	1.397,52		10.201,88		1.746,90

Tabla pesos moleculares	
Compuesto	Peso (kg/kmol)
Aceite	848
Metanol	32
NaOH	40
Biodiesel	284
Glicerol	92
Agua	18
Ácido acético	60
Acetato de Sodio	82
densidad ácido al 0,1 M (Kg/m3)	1050



		Temperatura entran reactivos (°C)		
		20		
Metanol en biodiesel	90,00%	Temperatura transesterificación (°C)	Recuperación metanol	
Metanol en glicerol	10,00%	50	0,99	
NaOH en biodiesel	90,00%	Temperatura vap metanol(°C)	Recuperación agua	
NaOH en glicerol	10,00%	65	0,95	
Aqua en biodiesel	0,28%	Tempeartura ref entalpía(°C)		
Aqua en glicerol	0,06%	25		
Materiales	Entalpias formación (KJ/mol)	Calores específicos (KJ/mol*K)	Densidad(kg/m3)	Viscosidad dinámica(kg/ms)
Aceite	-1815,98	1,696	750	
Metanol(l)	-238,4	0,0816	792	
Metanol(g)	-205			
NaOH	-426,6	0,001463		
Biodiesel	-572,9	0,1795	880	0,4
Glicerol	-665,9	0,2134	1260	1,4
Aqua	-285,84	0,0753	1000	0,001
Ácido acético	-483,52	0,1242		
Acetato de sodio	-734,08	0,10083		
Entalpía vap metanol (KJ/mol)	35,3			
Entalpía vap agua (KJ/mol)	40,656			

Proceso químico	Entran	Kmol/h	Salen	Kmol/h	Energía requerida(KJ/h)
Transesterificación	Aceite	80,39102193	Biodiesel	241,1730658	384.317.058,23
	Metanol	964,6922632	Metanol	723,5191974	368.470.154,52
	NaOH	17,04289665	Glicerol	80,39102193	Q=Ahe-Ahs
			NaOH	17,04289665	15.846.903,71
Decantación	Biodiesel	241,1730658	Biodiesel	241,1730658	
	Metanol	723,5191974	Metanol	651,1672776	
	Glicerol	80,39102193	NaOH	15,33860698	
	NaOH	17,04289665			
			Glicerol	80,39102193	
Evaporación biodiesel				72,35191974	
				NaOH	1,704289665
	Biodiesel	241,1730658	Biodiesel	241,1730658	Q = Qbio+Qmet+Evemet
Evaporación glicerol	Metanol	651,1672776	Metanol(g)	651,1672776	24.432.928,73
	NaOH	15,33860698	NaOH	15,33860698	
	Glicerol	80,39102193	Glicerol	80,39102193	Q = Qgl+Qmet+Evemet
Lavado biodiesel	Metanol	72,35191974	Metanol(g)	72,35191974	2.859.071,74
	NaOH	1,704289665	NaOH	1,704289665	
	Biodiesel	241,1730658	Biodiesel	241,1730658	
Lavado glicerol	NaOH	15,33860698	Acetato de sodio	15,33860698	No requiere energía
	Ácido acético	15,33860698	Aqua(disuelta)	24,11643655	Tsalida (°C)
	Aqua	8488,985664	Aqua	8480,207835	40,00
	Glicerol	80,39102193	Glicerol	80,39102193	
Secado biodiesel	NaOH	1,704289665	Acetato de sodio	1,704289665	No requiere energía
	Ácido acético	1,704289665	Aqua(disuelta)	0,5347055722	Tsalida (°C)
	Aqua	943,2206294	Aqua	944,3902135	30,00
Secado glicerol	Biodiesel	241,1730658	Biodiesel	241,1730658	
	Aqua(disuelta)	24,11643655	Aire	24,11643655	
	Aire		Aqua(g)	24,11643655	
Secado glicerol	Glicerol	80,39102193	Glicerol	80,39102193	
	Aqua(disuelta)	0,5347055722	Aire		
	Aire		Aqua(g)	0,5347055722	
			Total	43.138.904,19	
			Total real (*1,25)	53.923.630,24	

Aceite necesario (kg/h)	Aceite reciclado (ton/año)	Aceite de campo (ton/año)
68.171,59	6.060,00	491.592,58
136.343,17	Sup Aragón (ha)	
Al año (ton/año)	4.772.038,62	
497.652,58	Sup Agrícola actual(ha)	Destinada a girasol(ha)
497.652,58	1.748.280,00	14.892,00
Productividad cultivo (ton/ha)	Sup potencial no cultivada(ha)	
1,2	1.067.727,00	
Superficie bruta (ha)		
414.710,49		
Superficie necesaria (ha)		
394.768,49		

1.1.2 Biogás y compost

Residuos de girasol (ton/ha)	Sup cultivada total(ha)		
5	409.660,49	Share of TS in digestion	
Residuos totales generados(tons/a)		25,00%	
2.048.302,43		Mass of TS (tons/a)	1.024.151,21
Parte de biodegradables	Agua en residuo de girasol	Mass of water (tons/a)	3.072.453,64
70%	50,00%		
Biogás producido (m3/kgbio)		Biogás formation (m3/kgbio)	Mass of BVS (tons/a)
1		1	716.905,85
Cosumo en planta de biogás			
25%			
Biogás producido (m3/a)			
537.679.386,74			
Componentes	Porcentaje	Volumen	Masa biogás (tons/a)
Metano	60%	322.607.632,04	656.291,46
CO2	40%	215.071.754,69	
Densidad metano (kg/m3)	Densidad CO2 (kg/m3)		
0,717	1,976		
Masa de metano producida (kg/a)	Masa de CO2 producida (kg/a)		
231.309.672,17	424.981.787,28		
Poder calorífico metano (MJ/kg)			
50			
En (kWh/kg)			
13,89			
Potencial energético (GWh/a)			
3.212,63			
Tipo de energía	Forma energía	Rendimiento	Energía producida (GWh/a)
Ciclo combinado	Electricidad	40%	1.285,05
	Calor	45%	1.445,69
Calefacción	Calor	80%	2.570,11
Combustible tráfico	Movimiento	30%	963,79
Mass of digestate (tons/a)			
	3.558.925,46		
Water (tons/a)		3.072.453,64	
TS organic (tons/a)		367.859,75	
Recovered water (tons/a)			
	987.915,04		
Energy released (MJ/kg of BVS)			
	23,30		
Energy released (MJ/a)			
	4.628.411.417,04		
Air needed for composting (kg O2/kg organic matter)			
	1,30		
Air needed (tons of O2/a)	Density of oxigen (kg/m3)	Volume of O2 (m3)	O2 in air (volume)
258.237,55	1,43	180.712.069,19	0,21
Air needed (m3 of air/a)			
860.533.662,81			



Total mass to composting (tons/a)		2.452.398,36
Composting	Share	Mass (tons/a)
Moisture content	85,00%	2.084.538,60
TS content	15,00%	367.859,75
VS content (from TS)	90,00%	331.073,78
BVS content (from VS)	60,00%	198.644,27

Energy share for water evaporation

70,00%

Heat for water evaporation (MJ/kg)

2,4

Amount of water evaporated (tons/a)

1.928.504,76

Compost	Share	Mass (tons/a)
Moisture content	47,97%	156.033,85
TS content	52,03%	169.215,49
Total	100,00%	325.249,33

1.1.3 Bioetanol

Producción de glicerol (ton/a)	Producción por fábrica	
	53.990,61	
Conversión del glicerol	Selectividad a etanol y CO2	
95%		

Glicerol que reacciona (ton/a)

51.291,08

Conversión en fermentación	(g producto/g glicerol)	Productos (ton/a)
Etanol	0,5	25.645,54
CO2	0,47826	24.530,47
H2	0,02174	1.115,07

1.1.4 Balance de carbono

BALANCE DE CARBONO			
Carbono absorbido por cultivo (ton/ha)		Masa molecular	kg/kmol
50		Carbono	12
Carbono absorbido total (ton/a)	kmol/a	CO2	44
20.483.024,50		Metano	16
CO2 retirado de la atmósfera (ton/a)	kmol/a		
75.104.423,17		1.706.918.708,33	

Emisiones de vehículos en Aragón	
Media de emisiones (gCO2/km)	118
Vehículos en Aragón	941.667,00
Kilometro anuales por vehículo (km/a)	20.000,00
Total emisiones (tonCO2/a)	2.222.334,12
Cantidad de combustibles sustituidos	
	38,00%
Emisiones evitadas (tonCO2/a)	
	844.486,97

Ahorra para el biogás	Energía aprovechada (GWh/a)	Energía del gas de petróleo (GWh/a)
Uso en ciclo combinado	3.641,00	19.073,85
Uso como gas licuado en coches	1.285,00	
Media	2.463,00	
Masa de biometano (ton/a)		
	308.412,90	
Emisiones evitadas (ton/a)		
	848.135,46	
Cantidad de gas natural sustituido		
	12,91%	

Captura de CO2 de plantas de biogás (ton/a)	
	566.642,38
Captura CO2 producción bioetanol (ton/a)	
	47.522,54
Emisiones de CO2 en producción (ton/a)	
	50.000,00
Ahorro de emisiones (ton/a)	Ahorro con captura (ton/a)
	1.642.622,43
	2.256.787,35

1.2 Cálculos costes

1.2.1 Costes de la tierra

Adquirir terrenos					
Precios medios tierra	Precio (€/ha)	Superficie(ha)	Coste (€)		
Huesca	4500	58.712,97	264.208.365,00		
Zaragoza	2250	187.221,08	421.247.430,00		
Teruel	1990	164.438,02	327.231.659,80		
			1.012.687.454,80		
Adquirir maquinaria	Cantidad (nº)	Precio (€/u)	Coste (€)		
Tractores	40	166.400,00	6.656.000,00		
Cosechadoras	16	470.000,00	7.520.000,00		
Depósitos aceite	544	12.000,00	6.528.000,00		
Descascarilladoras	16	10.000,00	160.000,00		
Trituradora/extractoras	32	3.000,00	96.000,00		
Refinadoras	32	1.800,00	57.600,00		
			21.017.600,00		
Materias primas	Uso por ha (kg/ha)	Consumo (kg/a)	Precio (€/kg)	Coste (€/a)	
Semillas de girasol	8	3.264.000,00		3	
Fertilizantes	0			9.792.000,00	
Mantenimiento	Consumo (L/kWh/a)	Precio (€/L/kWh)	Coste (€/a)		
Combustible	16.000.000,00	0,88	14.080.000,00		
Electricidad	934.400,00	0,11	103.567,03		
Mantenimiento	Porcentaje máquinas		0,01	210.176,00	
				14.393.743,03	
Empleados	Operarios	Ingenieros	Contabilidad	Administración	Manager
Personal agricultor	42	8			
Personal aceiteras	16	16			
Personal administración			8	8	1
Precio operario (€/a)	Precio Ingeniero (€/a)	Precio Contables (€/a)	Precio Administración (€/a)	Precio manager (€/a)	Coste (€/a)
30.598,40	46.095,00	33.112,80	55.188,00	73.584,00	1.774.707,20
					1.106.280,00
					779.990,40
					3.660.977,60

1.2.2 Costes de la producción

Adquirir terrenos	Superficie (m2)	Coste (€)
Planta biodiesel	100.000,00	3.904.860,00
Planta biogás/compost	-	2.541.000,00
		6.445.860,00
Contrucción fábrica	Superficie (m2)	Coste (€)
Nave biodiesel	75.000,00	18.450.000,00
Nave biogás/compost	10.000,00	2.460.000,00
	Total	19.680.000,00
		38.130.000,00



Maquinaria

	Cantidad (u)	Precio (€/u)	Coste (€)		
-Biodiesel					
Depositos aceite	8	206.159,92	1.649.279,36		
Depositos metanol	8	101.264,42	810.115,36		
Depositos NaOH	1	12.000,00	12.000,00		
Depositos Agua	8	251.770,82	2.014.166,56		
Depositos Ácido acético	1	12.000,00	12.000,00		
Calentadores	10	14.000,00	140.000,00		
Reactor transesterificación	1	170.736,34	170.736,34		
Reactor fermentación	10	303.740,78	3.037.407,80		
Reactor hidrogenación	10	131.855,67	1.318.556,70		
Columna decantación	1	26.096,16	26.096,16		
Evaporadores	2	180.000,00	360.000,00		
Intercambiadores	2	14.000,00	28.000,00		
Columnas de lavado	2	35.000,00	70.000,00		
Ventiladores secado	20	2.500,00	50.000,00		
Depositos biodiesel	8	206.158,92	1.649.271,36		
Depositos bioetanol	1	76.847,55	76.847,55		
-Biogás/Compost			11.424.477,19		
Depositos residuos	-	-			
Depositos agua	3	104.736,79	314.210,37		
Trituradora	1	60.000,00	60.000,00		
Reactor	2	1.610.668,56	3.221.337,12		
Generador	2	14.000,00	28.000,00		
Columna absorción	1	35.000,00	35.000,00		
Filtros de mangas	10	6.000,00	60.000,00		
Columna destilación	1	78.500,00	78.500,00		
Depósito metano	1	80.394,75	80.394,75		
Depósito CO2	1	80.394,75	80.394,75	Total	
			3.957.836,99	31.662.695,92	43.087.173,11

Materias primas

	Cantidad (ton) / (m3)	Cantidad (ton/a) 7 (m3/a)	Precio (€/kg) / (€/m3)	Coste (€)	Coste (€/a)
-Biodiesel					
NaOH	-	4.976,53	0,50	-	2.488,27
Metanol	225.352,11	-	1,00	225.352,11	-
Ácido acético	-	20.451,48	0,60	-	12.270,89
Aqua	1.239.391,91	-	1,69	2.094.572,33	-
-Biogás					
Estabilizadores	-	8.000,00	1,00	-	8.000,00
Aqua	-	2.000.000,00	1,69	-	3.380.000,00
				2.319.924,44	3.402.759,15

Mantenimiento	Consumo (kWh/a)	Precio (€/kWh)	Coste (€/a)
Mant. biodiesel	0,05		571.223,86
Consumo energía biodiesel	92.990.000,00	0,11	10.306.825,62
Mant. biogás	0,05		1.583.134,80
			12.461.184,28

Empleados

	Operarios	Ingenieros	Contabilidad	Administración	Manager
-Biodiesel					
Personal fábrica	20	10			
Personal administración			3	3	2
-Biogás					
Operarios					
Personal fábrica	40	16			
Personal administración			8	8	1

Precio operario (€/a)	Precio Ingeniero (€/a)	Precio Contables (€/a)	Precio Administración (€/a)	Precio manager (€/a)	Coste (€/a)
30.598,40	46.095,00	33.112,80	55.188,00	73.584,00	611.968,00
					460.950,00
Precio operario (€/a)	Precio Ingeniero (€/a)	Precio Contables (€/a)	Precio Administración (€/a)	Precio manager (€/a)	Coste (€/a)
30.598,40	46.095,00	33.112,80	55.188,00	73.584,00	1.223.936,00
					737.520,00
					3.034.374,00

1.2.3 Costes de la logística

Maquinaria					
-Transporte	Número (u)/(m)	Precio (€/u)/(€/m)	Coste (€)		
Camiones volquete	16	65.000,00	1.040.000,00		
Camiones cisterna	24	45.000,00	1.080.000,00		
Excavadoras	8	40.000,00	320.000,00		
Camiones carga	8	36.500,00	292.000,00		
Tuberías	80.000,00	14,00	1.120.000,00		
			3.852.000,00		
Mantenimiento	Porcentaje/Cantidad (L/a)	Precio (€/L)	Coste (€/a)		
Mant. transporte	1.00%		21.200,00		
Mant. canalizaciones	1.00%		17.320,00		
Combustible transporte	1.800.000,00	0,88	1.584.000,00		
Combustible canalización	360.000,00	0,88	316.800,00		
			1.939.320,00		

Empleados					
-Transporte	Operarios	ingenieros	Contabilidad	Administración	Manager
Personal transporte	80	0			
Personal administración			8	8	0
-Canalización	Operarios	ingenieros	Contabilidad	Administración	Manager
Personal Instalación	16	8			
Personal administración			8	8	1

Precio operario (€/a)	Precio Ingeniero (€/a)	Precio Contables (€/a)	Precio Administración (€/a)	Precio manager (€/a)	Coste (€/a)
30.598,40	46.095,00	33.112,80	55.188,00	73.584,00	2.447.872,00
					0,00
Precio operario (€/a)	Precio Ingeniero (€/a)	Precio Contables (€/a)	Precio Administración (€/a)	Precio manager (€/a)	Coste (€/a)
30.598,40	46.095,00	33.112,80	55.188,00	73.584,00	489.574,40
					368.760,00
					3.306.206,40

1.3 Análisis de rentabilidad y flujos de caja

Balances					
Parte	Inversión inicial (€)	Gastos anuales (€/a)			
Tierra	1.033.705.054,80	27.846.720,63			
Producción	89.982.957,55	18.898.317,43			
Logística	3.852.000,00	5.245.526,40			
TOTAL	1.127.540.012,35	51.990.564,46			
Amortizado (€)			Payback (a)		
Naves y maquinaria	114.852.557,55		2,34		
Años	20,00		Tasa de actualización		
Coste amortización	5.742.627,88		5,00%		
Ingresos anuales (€/a)			Impuestos		
Biodiésel	375.000.000,00		25,00%		
Bioetanol	23.602.927,76				
Biogás	135.465.000,00				
TOTAL	534.067.927,76				



Prestamo (€)	Años a devolver (a)	Comisión de apertura	TIN	TAE
1.200.000.000,00	6,00	0,50%	5,00%	5,16%
Untitled Spreadsheet				
Periodo	Cuota	Capital	Intereses	Pendiente
1,00	60.000.000,00	0,00	60.000.000,00	1.200.000.000,00
2,00	300.000.000,00	240.000.000,00	60.000.000,00	960.000.000,00
3,00	288.000.000,00	240.000.000,00	48.000.000,00	720.000.000,00
4,00	276.000.000,00	240.000.000,00	36.000.000,00	480.000.000,00
5,00	264.000.000,00	240.000.000,00	24.000.000,00	240.000.000,00
6,00	252.000.000,00	240.000.000,00	12.000.000,00	0,00
Cuantía total a devolver (€)				
1.446.000.000,00				

FLUJOS DE CAJA		0	1	2	3	4
Años						
Inversión	1.123.688.012,35	3.852.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ingresos anuales	0,00	0,00	534.067.927,76	534.067.927,76	534.067.927,76	534.067.927,76
Gastos anuales	0,00	27.846.720,63	51.990.564,46	51.990.564,46	51.990.564,46	51.990.564,46
Amortización		5.742.627,88	5.742.627,88	5.742.627,88	5.742.627,88	5.742.627,88
BAIT	-1.123.688.012,35	-37.441.348,50	476.334.735,42	476.334.735,42	476.334.735,42	476.334.735,42
Gastos financieros	6.000.000,00	60.000.000,00	300.000.000,00	288.000.000,00	276.000.000,00	276.000.000,00
BAT	-1.129.688.012,35	-97.441.348,50	176.334.735,42	188.334.735,42	200.334.735,42	200.334.735,42
Impuestos			44.083.683,86	47.083.683,86	50.083.683,86	50.083.683,86
Flujos de caja	-1.129.688.012,35	-91.698.720,63	137.993.679,45	146.993.679,45	155.993.679,45	155.993.679,45
5	6	7	8	9	10	
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
534.067.927,76	534.067.927,76	534.067.927,76	534.067.927,76	534.067.927,76	534.067.927,76	534.067.927,76
51.990.564,46	51.990.564,46	51.990.564,46	51.990.564,46	51.990.564,46	51.990.564,46	51.990.564,46
5.742.627,88	5.742.627,88	5.742.627,88	5.742.627,88	5.742.627,88	5.742.627,88	5.742.627,88
476.334.735,42	476.334.735,42	476.334.735,42	476.334.735,42	476.334.735,42	476.334.735,42	476.334.735,42
264.000.000,00	252.000.000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
212.334.735,42	224.334.735,42	476.334.735,42	476.334.735,42	476.334.735,42	476.334.735,42	476.334.735,42
53.083.683,86	56.083.683,86	119.083.683,86	119.083.683,86	119.083.683,86	119.083.683,86	119.083.683,86
164.993.679,45	173.993.679,45	362.993.679,45	362.993.679,45	362.993.679,45	362.993.679,45	362.993.679,45

VAN	364.828.307,75
TIR	9,54%
Balance anual	
Años	Dinero (€)
0	-1.129.688.012,35
1	-1.221.386.732,98
2	-1.083.393.053,53
3	-936.399.374,08
4	-780.405.694,64
5	-615.412.015,19
6	-441.418.335,75
7	-78.424.656,30
8	284.569.023,14
9	647.562.702,59
10	1.010.556.382,03

Período de recuperación PR (a) 7-8

2. Datos económicos

2.1 Datos para coste de terrenos y campos.

Primero, sabiendo la cantidad de terreno necesaria en cada provincia, se busca el precio del suelo agrícola para secano en cada una, siendo 4500 en Huesca, 2250 en Zaragoza y 1990 en Teruel, todo esto en €/ha, lo que nos da un coste total de adquisición de tierras de 1.012.687.454,8 €.

Vamos a ver las materias primas, Se puede recomendar una densidad de siembra inicial de 60.000 plantas **por hectárea**, la cual **con** un 10 % de pérdidas durante el desarrollo del cultivo, tendrá una población final de 50.000 plantas **por hectárea por** lo que se necesitan entre 7 a 9 kg de **semilla**, la cual tiene un costo de \$ 3 el kilogramo. entonces son 3,2 millones de kg de semilla

<http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658girasol.pdf>

Necesitamos una fertilización de entre 30 y 40 kilos **por hectárea** de nitrógeno, de 15 a 20 kilos **por hectárea** de fósforo y de 30 a 40 kilos **por hectárea** de potasio. Vamos a suponer que con el compost producido en las propias granjas es suficiente para no necesitar fertilizantes del petróleo.

Ahora la maquinaria, se va a utilizar un tractor por cada 10 mil ha, lo cual son 40 tractores y una cosechadora cada 25 mil ha.

Tractor:

https://configure.deere.com/cbyo/#/en_us/products/agriculture/tractors/row_crop_tractors/6_series_row_crop_tractors 166.400 euros/u

Cosechadora:

https://configure.deere.com/cbyo/#/en_us/products/agriculture/harvesting_equipment/-series_combines 470.000 euros/u

Luego la parte de obtener aceite a partir de semillas, vamos a utilizar por cada granja (50 mil ha) un almacenaje de la producción mensual de cada una, que son 5.700.000 litros aproximadamente 5.700 m³, es de 84 m³ así que necesitamos 67,857 por granja (68), 544 en total para el sistema

Deposito:

<https://www.solostocks.com/venta-productos/maquinaria-procesar-alimentos-bebidas/maquinaria-productos-lacteos/deposito-de-84-000-l-acero-inoxidable-aisi-304-316-isotermos-11328690> 12.000 euros/u

El procesado del aceite requiere de descascarilladora, trituradora y extractora y refinadora.

Descascarilladora:

Necesitaremos una por granja (8)

https://spanish.alibaba.com/product-detail/industrial-best-price-automatic-pumpkin-watermelon-seed-dehuller-hemp-seeds-hulling-peeling-sunflower-seed-shelling-machine-60682892994.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.42007a7ak9heN5

10.000 euros/u

Trituradora y extractora de girasol:

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/sunflower-seeds-crushing-machine-sunflower-seeds-crusher-60263512938.html>

3.000 euros/u

Refinadora:

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/latest-sunflower-soybean-palm-oil-refining-machine-for-oil-press-factory-60768694903.html>

1.800 euros/u

De aquí solo importan los porcentajes, eso es lo que pondremos en el trabajo, los cálculos están en el Excel

Combustible maquinaria:

<file:///C:/Users/usuario/Downloads/Dialnet-ConsumoYAlternativasDeAhorroDeCombustibleEnLaUtili-6087685.pdf>

Todo trabaja con diésel, un tractor consume de media 20 litro/ha como al año se tienen que trabajar 400.000 ha dos veces, una para la siembra y otra para la recogida, eso nos da un consumo de 16 millones de litros. a un precio de 0,88€/L es un coste de 14,08 millones de euros.

Electricidad aceiteras:

Para calcular el consumo de energía vamos a ver el consumo de las máquinas, la descascarilladora tiene una potencia de 10kW, la trituradora de 5kW y la refinadora de 5 kW.

esto hace que cada granja consuma 20kW que trabajando 16 horas al día es un consumo total de 934,4 MWh al año, el precio dependerá de la tarifa contratada.

<https://tarifasgasluz.com/comercializadoras/endesa/precio-kwh>

Mantenimiento:

Se va a suponer el 1% del coste de las máquinas anualmente.

2.2 Datos para coste de fábricas y maquinaria.

La fábrica principal estará en un polígono industrial de Zaragoza, la parcela que se necesita es de 100.000 metros cuadrados.

<https://www.milanuncios.com/solares-en-zaragoza-zaragoza/terreno-en-p-empresarium-333986080.htm>

A un precio de suelo de 30€/m² sale por 3.904.860 euros

Cada planta de biogás estará situada junto a las aceiteras para aprovechar el residuo agrícola, cada una necesita de una superficie de 5-10 mil m².

Plantas de biogás/compostaje:

Huesca:

- Ribagorza (Monzón)

<https://www.milanuncios.com/solares-en-monzon-huesca/industrial.htm?fromSearch=1&orden=m2>

110.000 euros

Zaragoza:

- Cinco Villas (Ejea de los Caballeros)

<https://www.milanuncios.com/venta-de-naves-industriales-en-ejea-de-los-caballeros-zaragoza/venta-parcelas-en-p-valdeferrin-de-ejea-237111409.htm> 500.000 euros

- Ribera Alta del Ebro (Alagón)

<https://www.milanuncios.com/solares-en-alagon-zaragoza/industrial.htm?fromSearch=1&orden=m2> 420.000 euros

- Ribera Baja del Ebro (Cuarto de Huerva)

<https://www.milanuncios.com/solares-en-cuarte-de-huerva-zaragoza/industrial.htm?fromSearch=1&orden=m2> 700.000 euros

- Calatayud (Calatayud)

<https://www.milanuncios.com/solares-en-calatayud-zaragoza/terreno-calificacion-industrial-267786627.htm> 225.000 euros

Teruel:

- Jiloca (Monreal del Campo)

<https://www.milanuncios.com/venta-de-naves-industriales-en-monreal-del-campo-teruel/pol-ind-el-tollo-346271520.htm> 155.000 euros

- Andorra Sierra de Arcos (Alcañiz)

<https://www.milanuncios.com/venta-de-naves-industriales-en-alcaniz-teruel/alcaniz-383317467.htm> 326.000 euros

- Teruel (Teruel)

<https://www.milanuncios.com/solares-en-teruel-teruel/terreno-en-venta-en-teruel-281209885.htm> 105.000 euros

Todos los terrenos juntos tienen un coste total de 2.541.000 euros.

Lo siguiente es saber el precio de construir las naves, se ha realizado según este estimador, el cual da los precios por cada 1000 m²

<https://www.habitissimo.es/presupuestos/construccion-naves-industriales>

La de biodiesel son 75.000 m² con lo cual nos da un precio de 18.450.000 euros para una nave de estructura de metal y hormigón

Cada nave de biogás sería el mismo tipo de estructura con 10.000 m² precio de 2.460.000 euros cada una.

Ahora la maquinaria:

Depósitos:

<https://www.solostocks.com/venta-productos/maquinaria-procesar-alimentos-bebidas/maquinaria-productos-lacteos/deposito-de-84-000-l-acero-inoxidable-aisi-304-316-isotermos-11328690> 12.000 euros/u

Para el aceite

El volumen es de 84 m³ y la fábrica recibe al año 663.536,77 m³, van a ser 8 depósitos, de 83.000 m³ precio 206.159,92 €

Para el metanol

Recibe al año 71.852,4 m³ van a ser 8 depósitos de 9.000 m³, precio 101.264,42 €

Para el agua

Necesitamos 1.239.391,91 m³ al año, van a ser 8 depósitos de 155.000 m³ precio de 251.770,82

Para la estimación de los costes de la maquinaria más específica, se ha sacado la información del capítulo dos del libro *Chemical process engineering design and economics* por *Harry Silla en 2003, editorial CRC Press.*

<https://www.routledge.com/Chemical-Process-Engineering-Design-And-Economics/Silla/p/book/9780824742744>

Ahora el calentador para el aceite vamos a coger el de 1000 ft² con precio de 14.000 euros, necesitaremos 10

Reactores:

Transesterificación

al año entran 950.946,37 m³ a la hora son 130,3 m³ entonces necesitamos un reactor de esa capacidad, su coste estimado es de 170.736,34 €.

Fermentación

al año entran 42857,14 m³, eso son 3571,43 m³ al mes entonces usaremos 10 de 357,15 m³ con un precio estimado de

Metanol de CO₂

al año entran 12.061.558,38 de m³ a la hora son 1652,27 m³ al mes usaremos 10 de 165,23 pero divididos a la mitad para la presión 82,61 m³ con un coste estimado de 131.855,67 €

Columna de destilación misma capacidad que reactor, 130,3 m³ con lo cual precio estimado de 26.096,16 €

Evaporadores 2, con un precio cada uno de 180.000 €

Columnas de lavado, 2 precio de 35.000 €

Ventiladores de secado, 20 con un precio de 2.500 €

Depósitos de biodiesel, los mismos que de aceite

Depósitos de bioetanol, 30.115,68 m³ al año, va a ser 8 depósitos de 3.800 m³ con precio de 76.847,55 €

Ahora dimensionamos cada planta de biogás:

Depósitos:

Aqua, necesita al año 250.000 ton, así que al mes son 20.833,33 m³ con lo cual solo necesitamos almacenar un mes de agua, elegimos 3 depósitos de 10.000 m³ con un precio de 104.736,79

Residuos, se mantienen en un almacén cubierto, nada más

Trituradora:

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/municipal-solid-waste-industrial-shredder-crusher-for-rdf-60767454709.html?spm=a2700.details.maylikeexp.5.47fb5423MN331a>

Necesitamos 1 por planta, precio de 60.000€

Reactor, recibe 400.000 ton al año eso son 33.333,33 m³ al mes, pero el volumen debe ser el doble para recibir el metano generado, utilizamos 10 reactores por planta necesitamos 6.666,67 m³ de reactor precio cada uno de 1.610.668,56 €

Calentador, 1 por depósito a precio de 14.000 €

Columnas de absorción, las mismas que las de lavado en biodiesel, 1 por planta, precio de 35.000 €

Filtros de mangas:

https://spanish.alibaba.com/product-detail/sandblaster-flue-gas-baghouse-filter-dust-collector-62491087674.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_image.350733c49cARA&s=p

Necesitamos 10 por planta, precio de 6.000 €

Columna de destilación:

https://spanish.alibaba.com/product-detail/30tons-fully-automatic-pyrolysis-oil-distillation-plant-in-india-with-continuous-system-62108323788.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.11e8246cC5KiSc

Necesitamos 1 por planta precio de 78.500 €

Depósitos:

Metano, almacenamos al año 52.500.000 m³ al año, al mes son 4.375.000 m³ al mes, pero se almacena a presión, por lo que el volumen se reduce mucho, unas 100 veces, usamos 10 depósitos por planta 4.375 m³ con precio de 80.394,75€

CO₂, almacenamos al año 35.000.000 m³ al año, al mes son 2.916.666,67 lo mismo que para el metano, necesitamos los mismos depósitos porque lo comprimimos menos.

Ahora las materias primas

Primero el NaOH,

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/caustic-soda-25kg-bag-caustic-soda-plant-in-china-caustic-soda-pears99-62101807486.html?spm=a2700.details.maylikeexp.7.712b3857WrBNNQ>

Precio de 500 €/ton

Luego el metanol,

https://spanish.alibaba.com/product-detail/reagent-grade-denatured-ethyl-alcohol-anhydrous-alcohol-11-denatured-isopropyl-alcohol-methanol-the-curated-chemical-collection-1600220959568.html?spm=a2700.7724857.normal_offer.d_title.40a12cf8wvMhks&s=p

Precio de 1000 €/ton

El ácido acético,

https://spanish.alibaba.com/product-detail/mono-chloro-acetic-acid-mca-mono-chloroacetic-acid-62061921888.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.6b577735JJDNbD&s=p

600 €/ton

Ahora el agua,

http://www.aeas.es/documentos/tarifas_agua_2009.pdf

Precio de 1,69 €/m³

2.3 Datos para coste de logística.

Lo primero que hay que transportar son las cosechas del campo a la planta aceitera, esto se realizará con los propios tractores.

Lo siguiente es transportar el residuo agrícola de las granjas a las plantas de biogás, para esto necesitaremos camiones de carga, <https://www.truck1.es/camiones/camiones-volquetes/scania-g-440-6x6-kiper-meiller-bordmatic-a5281724.html>

Necesitamos 2 por granja, lo cual hace 16 de estos. Que a su vez sirven para transportar el compost. 65.000 euros/u

Ahora necesitamos transportar el aceite hasta la planta de biodiesel, para esto usaremos camiones cisterna

<https://www.truck1.es/camiones/camiones-cisternas/mercedes-axor-2533l-a4005668.html>

A la hora la planta consume 68.171,59 kg de aceite, es decir al día son: 2.181.490,88 litros lo dividimos entre 8 y cada aceitera tiene que enviar al día 272.686 litros de aceite. Cada camión puede llevar el aceite 5 veces al día, con una capacidad de 22.000 litros, lo cual nos da 3 camiones por granja total de 24 precio de 45.000 euros /u

También necesitamos camiones con grúa para las instalaciones de tuberías de gas,

<https://www.truck1.es/camiones/camiones-caja-abierta/volvo-fm9-4x2-fassi-195a24-crane-19-5m-a5256217.html>

Necesitamos 1 por granja, total de 8 precio de 36.500 euros/u

También necesitamos excavadoras para hacer los surcos de canalización,

<https://www.mascus.es/construccion/excavadoras-de-ruedas/liebherr-a-902/kw8talju.html>

Lo mismo, 1 por granja, precio de 40.000 euros/u

Ahora vamos a ver la instalaciones de gas y su precio,

http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/calculaprecio.asp?Valor=2|0_0_0_0|1|IGM005|igm_005: 0_1_0_0_0_0_3_0_0_0_0_0_0#gsc.tab=0

Precio por metro 14 €/m

En nuestro caso vamos a suponer que desde cada planta de biogás hay que canalizar una distancia de 10 km hasta la canalización ya existente de gas, 80 km de canalización total son un coste de 1.120.000 euros.

Combustible logística, solo utilizamos diésel,

https://www.webfleet.com/es_es/webfleet/blog/conoces-el-consumo-de-diesel-de-un-camion-por-km/#:~:text=Gastar%C3%ADa%2035%20litros%20cada%20100,del%20coste%20total%20de%20veh%C3%ADculo.&text=Los%20veh%C3%ADculos%20con%20menor%20tama%C3%B1o,25%20litros%20cada%20100%20km.

Consumo 30 litros a los 100 km, y cada uno recorre una media de 150.000 km al año, cada camión consume 45.000 litros al año. Para los de canalizaciones, se va a suponer lo mismo para los camiones y cero para las excavadoras.

Entonces en transporte usamos 1.800.000 litros al año y en canalizaciones usamos 360.000 litros/a.

2.4 Datos costes y balance económico.

Vemos que entre las 3 partes del sistema la inversión inicial a realizar es de 1.127.730.012,35 € y los costes anuales de mantener el sistema junto con salarios de los trabajadores es de 51.990.564,46 €.

Los beneficios anuales de la empresa, se va a suponer que se vende el 100% de la producción desde el año 2, generando beneficios anuales de 534.067.927,76 €.

El valor del amortizado entre naves y maquinaria asciende a 115.042.557,55 € que a un tiempo de 20 años nos da un valor de amortización anual de 5.752.127,88 €.

El préstamo que pedir será de 1.200.000.000 € para compensar la inversión inicial y los gastos de los dos primeros años sin producción, se va a realizar para devolverlo en 6 años.

Se va a suponer una comisión de apertura del 0,5% un TIN del 5% y un TAE del 5,16% nos queda como resultado.

Para calcular los flujos de caja se va a suponer una tasa de actualización del 5% y unos impuestos del 25%.

Los resultados nos dan los siguientes:

El payback nos sale en 2,34 años

VAN nos sale 368.752.143,53 €

TIR nos sale del 9,65%

PR de entre el 7º y el 8º año

En este enlace se pueden ver los impuestos que tienen los combustibles junto a su coste real antes de estos:

Precios de gasolina y diésel:

<https://www.energias-renovables.com/panorama/valor-y-precio-de-los-combustibles-20180814>



País	PAI gasolina	Impuestos	Total	PAI gasóleo	Impuestos	Total
España	0,634	0,691	1,326	0,648	0,581	1,229
Alemania	0,571	0,887	1,458	0,602	0,674	1,276

2.5 Datos para coste de empleados.

Necesidades personal:

Campo

- Operarios maquinaria:
- 5 para los tractores
- 1 para las cosechadoras

Aceiteras:

- Operarios maquinas: 2 para la producción
- Ingenieros: 1 para la producción 1 para calidad
- Administración: 2 por granja y uno general de coordinación

<https://www.boe.es/boe/dias/2019/02/02/pdfs/BOE-A-2019-1366.pdf>

Para establecer la cotización a la seguridad social de cada trabajador, se determinará según lo establecido en el capítulo 1 de la cotización a la seguridad social de la disposición 1366 del BOE nº 29 de 2019.

- La determinación de las bases de cotización se realizará con el artículo 1 de la sección 1 página 9425.
- Para los topes máximo y mínimo de cotización se utilizarán los del artículo 2 de la sección 1 página 9426
- Las bases máximas y mínimas de cotización están expresadas en el artículo 3 sección 1 página 9426, según la tabla:

Grupo de cotización	Categorías profesionales	Bases mínimas – Euros/mes	Bases máximas – Euros/mes
1	Ingenieros y Licenciados. Personal de alta dirección no incluido en el artículo 1.3.c) del Estatuto de los Trabajadores.	1.466,40	4.070,10
2	Ingenieros Técnicos, Peritos y Ayudantes Titulados.	1.215,90	4.070,10
3	Jefes Administrativos y de Taller.	1.057,80	4.070,10
4	Ayudantes no Titulados.	1.050,00	4.070,10
5	Oficiales Administrativos.	1.050,00	4.070,10
6	Subalternos.	1.050,00	4.070,10
7	Auxiliares Administrativos.	1.050,00	4.070,10
8	Oficiales de primera y segunda.	35,00	135,67
9	Oficiales de tercera y Especialistas.	35,00	135,67
10	Peones.	35,00	135,67
11	Trabajadores menores de dieciocho años, cualquiera que sea su categoría profesional.	35,00	135,67

- El tipo de cotización se establecerá en función del artículo 4 de la sección 1 página 9426.
- La cotización adicional por horas extraordinarias se tomará del artículo 5 sección 1 página 9427.

Valores límite de los índices de siniestralidad general y de siniestralidad extrema para el ejercicio 2018

- Pertenecemos al grupo 11- (Fabricación de bebidas)

Con índices de siniestralidad 1, 2 y 3 respectivamente del 7,91 - 0,72 - 0,45

Managers:

_____ Contingencias: 23.6% $3000 * 0.236 = 679.68 \text{€}$

Desempleo: 5.5% $3000 * 0.055 = 158.4 \text{€}$

FOGASA: 0.2% $3000 * 0.002 = 5.76 \text{€}$

Formación profesional: 0.6% $3000 * 0.006 = 17.28 \text{€}$

Tipo a): Personal en trabajos exclusivos de oficina

AT/EP.-I.T.: 0.8% $2880 * 0.008 = 23.04 \text{€}$

AT/EP.-I.M.S.: 0.7% $2880 * 0.007 = 20.16 \text{€}$

El coste fijo para la empresa serían los 2880€ del sueldo más 904.32€ de la seguridad social, equivaliendo a un coste total para la empresa de 3784.32€ al mes.

Administración:

Contingencias: 23.6% $1280 * 0.236 = 302.08\text{€}$

Desempleo: 5.5% $1280 * 0.055 = 70.4\text{€}$

FOGASA: 0.2% $1280 * 0.002 = 2.56\text{€}$

Formación profesional: 0.6% $1280 * 0.006 = 7.68\text{€}$

Tipo a): Personal en trabajos exclusivos de oficina

AT/EP.-I.T.: 0.8% $1280 * 0.008 = 10.24\text{€}$

AT/EP.-I.M.S.: 0.7% $1280 * 0.007 = 8.96\text{€}$

El coste fijo para la empresa serían los 1280€ del sueldo más 401.92€ de la seguridad social, equivaliendo a un coste total para la empresa de 1681.92€ al mes.

Ingenieros:

Contingencias: 23.6% $1280 * 0.236 = 302.08\text{€}$

Desempleo: 5.5% $1280 * 0.055 = 70.4\text{€}$

FOGASA: 0.2% $1280 * 0.002 = 2.56\text{€}$

Formación profesional: 0.6% $1280 * 0.006 = 7.68\text{€}$

Tipo 56: Servicios de comidas y bebidas y Tipo 71: Servicios técnicos de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnico. En la peligrosidad hay que coger la que tenga un mayor porcentaje de los 2 tipos, en este caso en el AT/EP. -I.T. es el tipo 56, y en el otro es el tipo 71.

AT/EP.-I.T.: 0.8% $1280 * 0.008 = 10.24\text{€}$

AT/EP.-I.M.S.: 1% $1280 * 0.01 = 12.8\text{€}$

El coste fijo para la empresa serían los 1280€ del sueldo más 405.76€ de la seguridad social, equivaliendo a un coste total para la empresa de 1681.92€ al mes.

Operarios:

Contingencias: 23.6% $1280 * 0.236 = 302.08\text{€}$

Desempleo: 5.5% $1280 * 0.055 = 70.4\text{€}$

FOGASA: 0.2% $1280 * 0.002 = 2.56\text{€}$

Formación profesional: 0.6% $1280 * 0.006 = 7.68\text{€}$

Tipo 11: Fabricación de bebidas y Tipo f): Conductores de vehículo automóvil de transporte de mercancías. En la peligrosidad hay que coger la que tenga un mayor porcentaje de los 2 tipos, en este caso es el tipo f.

AT/EP.-I.T.: 3.35% $1280 * 0.0335 = 42.88\text{€}$

AT/EP.-I.M.S.: 3.35% $1280 * 0.0335 = 42.88\text{€}$

El coste fijo para la empresa serían los 1280€ del sueldo más 468.48€ de la seguridad social, equivaliendo a un coste total para la empresa de 1748.48€ al mes, al ser 2 empleados serían 3496.96€.

Si cualquiera de los empleados tuviera que realizar horas extras, las contingencias por horas extras por fuerza mayor son un 12% y el resto de las horas extras un 23.6%. El valor de las horas extras tendrá un recargo del 75% sobre el valor de las ordinarias.

2.6 Datos para emisiones y balance de carbono

Los cultivos de girasol en total absorben una cantidad de 75.104.423 toneladas de CO2 de la atmósfera al año. Lo siguiente es ver el CO2 que nos ahorramos emitir con el cambio a un combustible renovable:

<https://blog.total.es/normativa-emisiones-co2-coches/>

En España, las emisiones medias de CO2 se situaron en 2019 en 118 g/km

Hay 941.667 vehículos en Aragón y cada uno de ellos recorre una distancia media de 20.000 km al año. Eso supone un total de 2.222.334,12 toneladas de carbono al año.

Balance energético:

De todo el proceso salen

500.000 ton/a diésel que 43,1 MJ/kg entonces son 5.986,11 GWh/a

19.073,85 GWh/a de biogás

25.000 ton/a de etanol 26,79 MJ/kg entonces son 186,042 GWh/a

Producimos en total = 25.246,00 GWh/a

Consumimos en electricidad

Planta biodiesel 109,345 GWh/a

Plantas biogás no consumen

Plantas aceiteras 934,4 MWh/a

Transporte consume 18.160.000 litros/a de diésel, son 191,326 GWh/a

Consumimos en total = 301,606 GWh/a