

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADO

***“Reutilización de aceites vegetales de cocina para la
producción de combustible biodiésel”***



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA

AÑO 2026

Ingeniería Industrial

Bruno Tabellione 44.696.131

Augusto Castellanos 44.161.832

Directora de tesis: Dra. Ing. Agustina Orce Schwarz

AGRADECIMIENTOS

Bruno:

A mi familia, mis padres y a mi hermano, por el apoyo constante y la motivación para seguir adelante. A todas las personas que aprecio y quiero, algunos más cerca que otros.

A mis compañeros que se convirtieron en amigos en este camino. A mis abuelos. A mi padrino.

A los profesores de la Universidad, que a lo largo de la cursada impulsaron nuestro progreso como alumnos y personas.

A Dios.

Augusto:

A mis padres, sin los cuales mi formación personal y académica no habría sido posible.

A mis compañeros que me acompañaron a lo largo de este viaje, haciendo que cada esfuerzo valiera la pena.

A los docentes, que mediante su profesionalismo me inculcaron los conocimientos de la mejor manera posible, formándome no solo como profesional, sino también como persona.

A nuestra Directora de Tesis,

Índices

Índice general

AGRADECIMIENTOS.....	3
RESUMEN EJECUTIVO	6
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	11
ANÁLISIS DEL ENTORNO.....	15
Contexto Nacional	15
Contexto Internacional.....	23
ÁMBITO LEGAL.....	30
Situación en la Ciudad de Salta	36
TRABAJO DE CAMPO.....	41
Conclusiones del trabajo de campo.....	45
ESTUDIO DE MERCADO.....	51
Conclusiones del estudio de mercado	54
MARCO TEÓRICO-TÉCNICO	60
PROCESO PRODUCTIVO.....	70
Generalidades.....	70
Etapas productivas	76
Balance de masa y energía.....	88
Planta piloto	91
Esquema eléctrico	96
Diagrama de tuberías e instrumentación (P&Id)	104
ESTUDIO FINANCIERO.....	108
Consideraciones generales	108
Conclusiones del estudio financiero	122
CONDICIONANTE LEGAL	129
CONCLUSIÓN FINAL DEL TRABAJO.....	134
ANEXOS.....	137
Anexo I - Resultados Trabajo de Campo.....	137
Anexo II - Resultados Estudio de Mercado	142

Anexo III – Estudio Financiero.....	148
-------------------------------------	-----

Índice de figuras

<i>Figura 1</i>	16
<i>Figura 2</i>	18
<i>Figura 3</i>	19
<i>Figura 4</i>	20
<i>Figura 5</i>	21
<i>Figura 6</i>	23
<i>Figura 7</i>	24
<i>Figura 8</i>	25
<i>Figura 9</i>	27
<i>Figura 10</i>	29
<i>Figura 11</i>	43
<i>Figura 12</i>	61
<i>Figura 13</i>	62
<i>Figura 14</i>	63
<i>Figura 15</i>	65
<i>Figura 16</i>	67
<i>Figura 17</i>	76
<i>Figura 18</i>	81
<i>Figura 19</i>	83
<i>Figura 20</i>	85
<i>Figura 21</i>	93
<i>Figura 22</i>	94
<i>Figura 23</i>	95
<i>Figura 24</i>	102
<i>Figura 25</i>	103
<i>Figura 26</i>	106
<i>Figura 27</i>	107
<i>Figura 28</i>	107
<i>Figura 29</i>	112
<i>Figura 30</i>	123

Índice de tablas

<i>Tabla 1</i>	89
<i>Tabla 3</i>	98
<i>Tabla 4</i>	99
<i>Tabla 5</i>	109
<i>Tabla 6</i>	110
<i>Tabla 2</i>	116
<i>Tabla 7</i>	118
<i>Tabla 8</i>	120
<i>Tabla 9</i>	125

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo aborda la problemática vinculada al aceite vegetal usado (AVU), un residuo generado en grandes volúmenes por la actividad gastronómica y domiciliaria. Su disposición inadecuada trae consigo distintos problemas como la obstrucción de los sistemas cloacales, la impermeabilización de los suelos y la contaminación de los cuerpos hídricos, afectando la biodiversidad acuática presente.

Esta situación evidencia la necesidad de propuestas de gestión que contemplen el tratamiento y la revalorización de un desecho de difícil manejo.

La investigación se desarrolla en la Ciudad de Salta, donde, a pesar de la existencia de mecanismos de recolección, no se registra un aprovechamiento posterior de los AVU como insumo energético.

Mediante el proceso de transesterificación, los AVU pueden transformarse en un combustible con propiedades similares al diésel de origen fósil, pero con un perfil de emisiones sustancialmente menor.

Se analiza así la factibilidad de un modelo que articule la recolección de los aceites para su posterior uso como materia prima en la producción de biodiésel.

En síntesis, la propuesta del siguiente proyecto no solo se centra en la reducción del impacto ambiental asociado al incorrecto descarte de los AVU, sino también, en ofrecer una alternativa a los combustibles convencionales, convirtiendo así lo que resulta un residuo problemático, en un recurso estratégico.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el crecimiento de la población y el desarrollo económico han impulsado un consumo sostenido y desequilibrado de los recursos naturales. Los procesos productivos se han orientado a generar bienes de rápida obsolescencia, para satisfacer una demanda inmediata y cambiante, condicionada por las nuevas tendencias del mercado.

Las sociedades modernas han generado una presión creciente sobre los ecosistemas y una acumulación preocupante de residuos. Las consecuencias ambientales se manifiestan no sólo en la contaminación generada por las industrias, sino también en los hábitos de consumo y descarte de los propios ciudadanos.

Como estudiantes de una carrera que tiene gran implicancia en los métodos productivos, consideramos de vital importancia tratar estos tópicos en nuestro trabajo. El rol del Ingeniero Industrial se encuentra enfocado en optimizar procesos, involucrando así cuestiones de la calidad del producto terminado, eficiencia operativa, higiene y seguridad laboral, entre otros tantos puntos.

Reducir los desechos, y los efectos que estos tengan sobre el medio ambiente, es una cuestión que también compete a la carrera y es aquí donde se vincula con el proyecto presentado.

El siguiente trabajo plantea las formas de atacar los conflictos que a continuación se explayan.

Los aceites vegetales forman parte esencial de todo establecimiento gastronómico, siendo el principal componente para cocinar o freír alimentos. En este proceso, se modifica su composición y propiedades, haciéndolos inapropiados luego de ciertos usos, para el consumo alimenticio, transformándose en un desecho.

En ese momento, el ente encargado de tratamientos de residuos en la ciudad puede realizar su recolección y proseguir con la disposición final de los mismos o, indefectiblemente, se vierten

por los desagües, contribuyendo de forma negativa al medio ambiente y trayendo consigo múltiples problemas.

Para dimensionar esta implicancia, en un informe desarrollado por la Universidad de Buenos Aires, en conjunto con la empresa de reciclaje y saneamiento, DH-SH; se encontró que en promedio, sólo en consumo domiciliario, se desechan hasta 90 millones de litros de aceite vegetal por año (Economía Sustentable, 2022).

Este residuo resulta en inconvenientes para toda la comunidad. Por un lado, los locales gastronómicos deben asegurarse de un tratamiento especial por ser un desecho poco convencional. En el pasado, el mismo se descartaba de forma común por los desagües de las cocinas, generando que los aceites se solidifiquen con el tiempo y ocasionen interferencias en los sumideros, malos olores y problemas de plagas a solucionar por la municipalidad.

Como se mencionó, debido a su carácter químico, dichos aceites son también nocivos para el ambiente en su descarte. Distintas organizaciones a lo largo del mundo tienen presente este punto. La *Agencia de Protección del Ambiente*, EPA, por sus siglas en inglés, perteneciente al Gobierno de Estados Unidos, demarca algunas de las consecuencias que se generan.

Se menciona que los suelos que reciben los desechos de aceites, sufren una impermeabilización que los deja infructuosos el crecimiento de nueva vegetación. En el peor de los casos, los óleos continúan su trayecto por los cursos de agua donde sus consecuencias son mayores. Allí los aceites forman una película en la superficie, por su menor densidad, que impide el correcto intercambio de gases de la vida acuática subyacente con la atmósfera. (US EPA, 2025).

Es así como toma importancia la correcta manipulación del aceite vegetal usado, conocido en el rubro como AVU. Se plantea entonces la posibilidad de darle un uso a este desecho, a través

de un proceso de refinación, para transformarlo en biodiésel a ser utilizado en múltiples aplicaciones.

Cabe resaltar que este proceso es practicado a lo largo de ciertas localidades en el mundo y en Argentina. En el cuerpo de este proyecto se expone la situación actual en la Ciudad de Salta, donde, si bien existe una metodología a nivel municipal para tratar este desecho, carece de un programa de tratamiento posterior de los aceites para producir biocombustible dentro de la misma provincia.

El uso de AVU para obtener biodiésel implica no sólo la reducción de un residuo que resulta nocivo para el medio ambiente, sino que además contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con respecto a los vehículos que utilizan combustibles fósiles como el diésel común o la nafta.

No sorprende la variedad de datos que sustentan esta información. Un ejemplo de ello es arrojado por el *Manual de Biocombustibles*, en donde, utilizándose como combustible de autobuses, el biodiésel en su forma pura (B100) redujo las emisiones de CO₂ en un 78 % comparado con el diésel convencional. Por otro lado, las emisiones del biodiésel B20 disminuyeron también casi un 16 % (IICA-ARPEL, 2009, p.25).

Como se puede observar, los biocombustibles poseen las propiedades necesarias para componer en su totalidad el combustible a utilizar por vehículos o maquinaria sin ser mezclado con otro.

El uso del biodiésel disminuye la fracción sólida de carbón de las partículas mientras que una cantidad mayor de oxígeno presente respecto al diésel convencional, permite un proceso más completo de la combustión. Puesto que el biodiésel no contiene azufre ni compuestos aromáticos, la fracción de sulfato asociada al diésel fósil es eliminada.

Se plantea entonces este trabajo, en calidad de Tesis de Grado, que buscará relevar la situación actual en torno a este residuo en la Ciudad de Salta y analizar la factibilidad de la producción de biodiésel a partir del mismo.

El trabajo se fundamenta desde el concepto de economía circular, en donde se propone darle una utilidad a los desechos, reciclándolos o re-agregándoles valor como en este caso.

La base del proyecto se sustenta en la correcta manipulación del residuo y la elaboración del biocombustible, acciones que, en conjunto, colaboran reduciendo el impacto ambiental en la Ciudad de Salta.

Los generadores del mismo, funcionan como proveedores de la materia prima para aquellas plantas dispuestas a recoger, almacenar, refinar y elaborar biocombustible a partir de ella.

Se buscará dar respuesta a ciertos interrogantes. En primer lugar conocer cuál es la articulación actual en base a este residuo orgánico, si existe o no una metodología generalizada y adoptada por los encargados de los grandes generadores y si en esta cadena de revalorización sucede el aprovechamiento de los AVU para otro proceso productivo.

Además se recopilará información que permita cuantificar esta temática, no sólo desde el punto de vista de volumen del residuo generado, sino también desde la demanda, uso y recepción de los posibles demandantes ante la alternativa que presenta este biocombustible.

Finalmente se podrá dar una respuesta al núcleo de esta investigación, siendo qué tan factible puede resultar la instalación de una pequeña planta de elaboración de biodiésel a partir de la reutilización de aceites vegetales del rubro gastronómico en la Ciudad de Salta.

ANTECEDENTES

La producción de combustible biodiésel a partir de AVU es una iniciativa practicada en distintas partes del mundo. Si bien a lo largo de nuestro país existen registros de proyectos de este tipo, la propuesta no se encuentra del todo inmersa en el conocimiento de la mayoría de la población argentina.

A continuación se citan algunos ejemplos de la implementación de este proceso por parte de cooperativas, universidades y empresas. Se busca reflejar la diversidad de casos a lo largo de diversas localidades, ámbitos de estudios y condiciones, para mostrar la aplicabilidad del mismo.

Un caso relevante fue el *Plan BIO*, llevado a cabo en Buenos Aires en el año 2008. El proyecto, impulsado a través del Organismo Provincial del Desarrollo Sostenible (OPDS), implicaba la interacción de los generadores del aceite utilizado (particulares y establecimientos gastronómicos), distintas ONG, establecidas como puntos de acopio, y la empresa RBA Ambiental, autorizada por la Secretaría de Energía para hacer la recolección y disposición final del desecho.

Los locales de comida recibían la recolección del aceite sin cargo, mientras que las organizaciones, en su mayoría hogares de ancianos, escuelas, talleres especiales o comedores, se veían beneficiadas económicamente por la venta del mismo.

Este programa contó con la participación de 60 municipios y se recolectaron más de 150 mil litros de aceite vegetal (Biodiésel Argentina, 2010).

Otro ejemplo del éxito de esta propuesta lo encontramos tiempo atrás, en el año 2007 en Necochea, cuando se firmó un convenio entre una cooperativa agropecuaria y el Gobierno de la ciudad. A partir del mismo, el biodiésel producido en la planta fue utilizado en la flota vehicular municipal que contaba con 70 vehículos.

Inicialmente los porcentajes de corte con diésel convencional fueron del 50 % hasta alcanzar el 100 %. En adición a ello, se estableció un acuerdo con la compañía de ómnibus de la Ciudad para que la flota utilice un 20 % de biodiésel como combustible (CONICET, 2014, p.18).

Por otro lado, en la Ciudad de Córdoba, se desarrolló en 2019 un emprendimiento privado denominado *Arquea Reciclaje*, fundado por dos estudiantes de la carrera de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Universidad Siglo 21, Bruno Busconi e Ignacio Paiva.

El mismo lleva a cabo la recolección de los aceites y la posterior producción de biodiésel mediante la reacción de transesterificación. Los responsables del proyecto firmaron convenios con cadenas de restaurantes de renombre, dejando evidencia de la predisposición de aquellos generadores del residuo en la temática.

Un punto de relevancia ambiental es que este emprendimiento contempla un ciclo productivo sin desperdicios. En ese sentido, la glicerina que se genera como subproducto natural durante la reacción de producción del combustible es utilizada para elaborar jabón, que luego es comercializado en múltiples puntos de la ciudad.

El mercado de esta producción es una cooperativa agrícola que luego distribuye el combustible a distintos campos de la provincia para usar en maquinaria agrícola.

La Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (FCEFyN) de la Universidad Nacional de Córdoba, firmó en 2023 un convenio con la empresa, a partir del cual se comenzará a recolectar el aceite utilizado en los puntos gastronómicos de la Sede de la Ciudad Universitaria.

Otro caso de estudio fue desarrollado en términos de tesis de grado, en Tandil, en el año 2019. Dicho trabajo evaluó la factibilidad integral de la instalación de una planta de biodiésel en la ciudad.

Se llevó a cabo un relevamiento presencial de los diferentes generadores de AVU en el partido y se logró obtener el dato del volumen producido en Tandil al año, valor que fue de 192.093 litros, de los cuáles solamente un 25 % es destinado a una revalorización, y casi el 60 % es desechado por el sistema cloacal, terminando en el relleno sanitario, siendo este el dato de interés por sus connotaciones ambientales (Nasello, 2019, p. 33).

El trabajo ha tenido como punto final el desarrollo de la empresa *NBD Biodiésel*, comercializando sus productos a clientes del sector agropecuario, que utilizan el combustible para maquinaria como cosechadoras, fumigadoras, equipos de riego, así como también destina parte de las ventas a particulares.

Un ejemplo a gran escala industrial lo representa la empresa DH-SH de la Provincia de Santa Fe. La misma hace casi 20 años que se encarga de la producción de biodiésel a partir de AVU y abarca todos los puntos de su cadena de valor.

La empresa se encuentra presente en 150 localidades del país y es elegida por el 93 % de la industria aceitera argentina y el 64 % de las empresas del cordón industrial de la ciudad de Rosario (DH-SH, 2025).

Esta compañía ocupa todos los eslabones de la cadena de revalorización del desecho. En primer lugar lleva adelante la recolección del aceite en los grandes locales, a quienes hace entrega de un certificado de disposición final del residuo. Posteriormente se encarga del proceso de transporte, almacenamiento, refinación, limpieza y filtrado de los aceites para finalmente producir y distribuir el producto final.

Como último modelo de la efectividad del método, cabe resumir lo sucedido en la Cooperativa de Trabajo 11 de junio, de la ciudad de Quilmes.

Implantada en una zona agrícola, la misma llevó a cabo el concepto planteado con elementos de bajo presupuesto y de una forma que muestra lo accesible y alcanzable del método productivo. Este trabajo fue impulsado por la Universidad Nacional de dicha ciudad (UNQ).¹

Así logró autoabastecerse de biocombustible a utilizar en maquinaria, vehículos, generadores eléctricos y hacer uso de la glicerina para fabricar compost y nutrir el suelo que sirve de alimento para los recursos agropecuarios con los que cuenta.

Cabe aclarar que si bien cada uno de estos proyectos dista entre sí en términos de escala, sea a nivel industrial o de autoabastecimiento, volumen productivo, alcance, e incluso en el proceso en sí, todos denotan un denominador común que es la participación de algún ente gubernamental.

Las autoridades de cada localidad articulan estos trabajos estableciendo un marco normativo para el correcto tratamiento de los residuos de este tipo, que llevan a los generadores a actuar en relación a ello. Además certifican a aquellas empresas que se encargan de la recolección y tratamiento para corroborar el correcto uso que se le dará a este aceite. Estas acciones no dejan de ser políticas públicas que promueven la producción de energía renovables, como es el caso de los biocombustibles.

¹ https://www.youtube.com/watch?v=AOvUt_8bwsI

ANÁLISIS DEL ENTORNO

Contexto Nacional

A lo largo del país existen diversos organismos, institutos y comités involucrados en la temática de este trabajo. Si bien algunos se centran más en los combustibles en general y otros en el ámbito de la sustentabilidad, bioenergía y gestión de los residuos, cada uno de ellos aporta su arista al proyecto en cuestión.

De esta forma, se mencionan los más importantes, con una breve descripción del aporte a la temática y su inclusión en este trabajo.

En primer lugar aparece el INTI, el Instituto Nacional de Tecnología Industrial. El mismo promueve el desarrollo de la industria, haciendo énfasis en las PyMes mediante la innovación tecnológica.

El Instituto se ha encargado de generar acciones para capacitar a la población y al sector gastronómico sobre el uso correcto del aceite vegetal durante los procesos de cocción y la gestión del mismo al convertirse en residuo. En conjunto con la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y la empresa RBA Ambiental, ha desarrollado un *Manual de Buenas Prácticas de Manufactura* (BPM)².

El INTI hace énfasis en los problemas ambientales que acarrea esta situación y se mencionan al deterioro de tuberías y alcantarillado, los costos de operación por tratamiento de aguas residuales y la contaminación de ríos y arroyos, entre otros conflictos.

Además de generar valor con el aceite en la producción de biodiésel, también se hace referencia a la posibilidad de utilizar este residuo en la generación de energía, dando el ejemplo de

² https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/2019/02/guia_bpm_134.pdf

la Central Térmica de Bella Vista, que ha logrado así abastecer de electricidad a sus 40 mil habitantes.

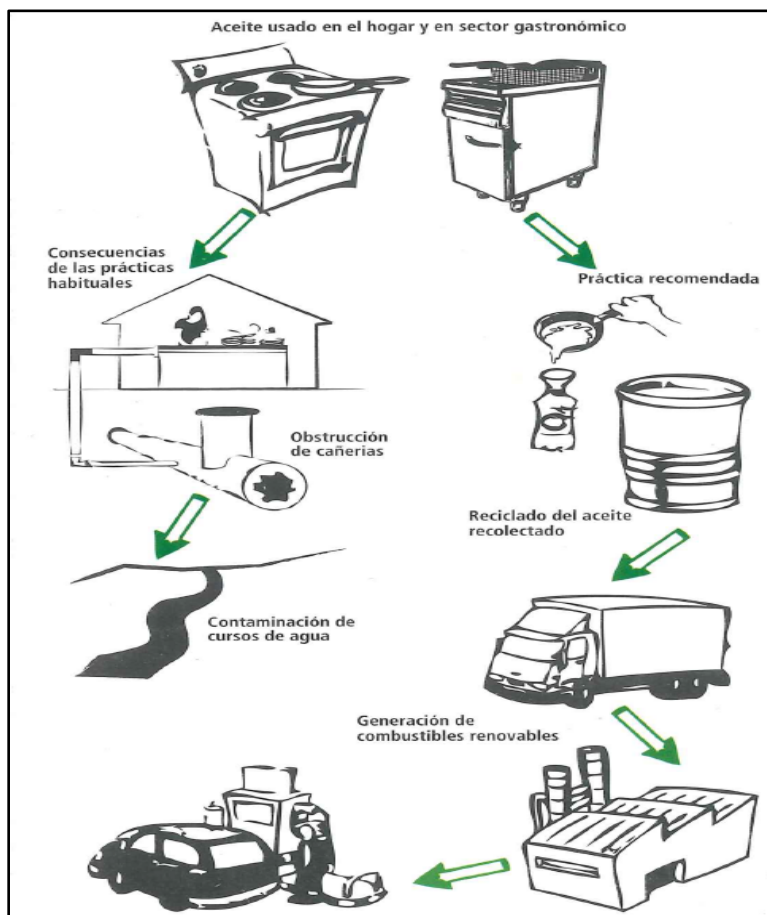


Figura 1

Tríptico Gestión Ambiental AVU. INTI, 2009.

Desde otro punto de vista, la Red de Investigación y Acción sobre los Residuos, RIAR, ha realizado distintos trabajos acerca del tratamiento de distintos tipos de desechos. En uno de ellos, se dispuso de un capítulo específico sobre los AVU, de interés para nuestro trabajo.

En dicho tomo se realizó el relevamiento del procedimiento utilizado a lo largo de las distintas provincias del país en el tratamiento de los mismos y obtiene conclusiones interesantes y de vigencia actual.

Se detectó que los distintos sistemas de recolección se llevan a cabo de manera similar en casi todo Argentina. Debido a la connotación ambiental que presenta el descarte de los aceites, los locales gastronómicos suelen tener la obligación de adherirse al sistema municipal de gestión de residuos, que generalmente se encuentra tercerizado por empresas autorizadas.

Destaca además que el servicio es comúnmente gratuito debido a la articulación del Gobierno en el programa de reciclaje. Los restaurantes cumplen con su obligación, pero a su vez, reciben un servicio que contribuye de igual forma a los encargados de la recolección, que utilizan a los AVU para algún fin productivo.

Luego del retiro de los aceites, se realiza el transporte de los mismos hacia las plantas de refinación para la elaboración del biocombustible. Se suele otorgar un certificado de disposición final a los restaurantes, siendo esto uno de los principales puntos de interés por parte de los locales (RIAR, 2024, pp. 247-272).

Con respecto a aquellas organizaciones encargadas de llevar adelante registros estadísticos y referenciar con valores de mercado actual, encontramos a la Bolsa de Comercio de Rosario. Esta asociación tiene como objeto la promoción, recopilación y divulgación de estadísticas e información de los productos agroindustriales del país.

Siendo el puerto de Rosario el primero en importancia en el país, es el ente que nos brinda datos de interés acerca de comercio externo.

La Bolsa nos muestra que, si bien Argentina alcanzó su clímax en términos de producción de biodiésel en 2017, con una producción de casi 3 millones de toneladas, desde ese momento se ha dado un descenso gradual hasta la actualidad, con la excepción de algunos períodos de rebote.



Figura 2

Producción nacional de biodiésel y participación argentina a nivel global.

Nota: 1 millón de tn equivale a 1.000 millones de kg. Tomando una densidad promedio del biodiésel de 0,9 kg/l, entonces 1 millón tn = 1.111 millones de litros de biodiésel.

Autoridades del rubro adjudican la caída al incoherente marco regulatorio nacional, la incorrecta fiscalización y falta de incentivos a la producción local para abastecer el mercado doméstico. Además mencionan a las restricciones a exportaciones que han impuesto en el último tiempo países compradores de combustible como Estados Unidos y Perú (BCR, 2025).

En este sentido, un punto muy importante para entender el contexto de esta temática, es la tasa de corte de biodiésel al diésel convencional. Si bien en Argentina este valor alcanzó el 10 % en el 2014, años después cuando se sancionó el nuevo Marco Regulatorio de Biocombustibles en 2021, se marcó un retroceso para la producción de biodiésel en el país.

Estas nuevas regulaciones implicaron la baja de la tasa al 5 %. En base al desabastecimiento de gasoil, se incrementó la misma al 7,5 % en 2022 y a partir de la segunda mitad del año, se estableció un 5 % adicional, llegando al valor de 12,5 %, en el denominado COTAB (corte obligatorio transitorio de biodiésel).

Sin embargo desde octubre de dicho año hasta el día de hoy, el valor se fijó en 7,5 %, con la opción de reducirlo a 3 % acorde a revisión de la Secretaría de Energía de la Nación.

La Bolsa también nos presenta estadísticas sobre los distintos países del MERCOSUR (Mercado Común del Sur).

Tomando el ejemplo de Brasil, destacado por el cultivo extensivo de caña de azúcar y soja para la producción de bioetanol y biodiésel, respectivamente; se observa que se encuentra transitando un gran aumento productivo en los últimos años, tanto en el mercado interno como externo.



Figura 3

Evolución de la tasa de corte obligatoria de biodiésel en Argentina y Brasil.

Nota: valores hasta junio 2023.

Actualmente la tasa mínima de corte es casi el doble que la de nuestro país, tomando el valor de 14 %. Esto lo ha llevado a posicionarse como un productor mundial de biocombustibles, dejando en claro la correlación entre la cuota de corte y la producción del combustible.

Por otro lado, haciendo énfasis en aquellas plantas que efectivamente se encargan de la producción de biodiésel, Santa Fe concentra las más grandes, seguida por Buenos Aires. A su vez, provincias como Entre Ríos, San Luis y La Pampa, cuentan con algunos complejos de menor escala, orientados en su mayoría al autoconsumo.

BIODIESEL: Detalle de Cupos, producción y ventas al mercado interno por empresa				
Fuente: Secretaría de Energía				
En toneladas				
Datos mensuales				
PERÍODO	EMPRESA	LOCALIDAD	PROVINCIA	PRODUCCIÓN
jul-24	L.D.C. S.A.	GENERAL LAGOS	Santa Fe	34.545
may-24	T 6 INDUSTRIAL S.A.	SAN LORENZO	Santa Fe	20.901
jun-24	PATAGONIA BIOENERGIA S.A.	SAN LORENZO	Santa Fe	20.302
jul-25 (*)	CARGILL S.A.	ROSARIO	Santa Fe	18.511
jul-24	COFCO ARGENTINA S.A. (EX NOBLE ARGENTINA S.A.)	TIMBÚES	Santa Fe	9.692
abr-24	UNITEC BIO S.A.	SAN LORENZO	Santa Fe	6.533
ene-24	EXPLORA S.A.	SAN LORENZO	Santa Fe	5.673
jun-25 (*)	RENOVA S.A.	SAN LORENZO	Santa Fe	5.614
may-25 (*)	DIASER S.A.	SAN LUIS	San Luis	4.534
may-25 (*)	ROSARIO BIOENERGY S.A.	ROLDÁN	Santa Fe	4.344
ene-25 (*)	BIOCORBA S.A.	RAMALLO	Buenos Aires	4.224
jul-24	ESTABLECIMIENTO EL ALBARDON S.A.	SAN LORENZO	Santa Fe	4.147
jul-25 (*)	PAMPA BIO S.A.	GENERAL PICO	La Pampa	4.040
jun-25 (*)	BIO NOGOYA S.A.	NOGOYÁ	Entre Ríos	4.026
ene-24	ENERGÍA RENOVABLE S.A.	CATRILÓ	La Pampa	3.789
may-25 (*)	BIO RAMALLO S.A.	RAMALLO	Buenos Aires	3.787

Figura 4

Listado de empresas productoras de biodiésel en Argentina. Período 2024-actualidad.

Nota: tabla en base a información de la Secretaría de Energía de la Nación con filtros aplicados a criterio de la relevancia de los datos.

Cabe remarcar que las plantas mencionadas en la *Figura 4* son aquellas dedicadas a la producción de biodiésel en base al cultivo extensivo de aceite de soja puro. Los casos de elaboración de combustible a partir de desechos orgánicos, como el de la empresa DH-SH, entran en una categoría por aparte que no cuenta con documentación oficial a nivel nacional.

Un informe de la Bolsa de Comercio de Cerealeros de Córdoba, BCCBA, detalla que en Argentina hay 32 plantas productoras de biodiésel. En el 2024, Santa Fe se posicionó como la

primera productora, con 354 mil toneladas anuales, luego Buenos Aires con 152 mil y en tercer lugar La Pampa con 36 mil.

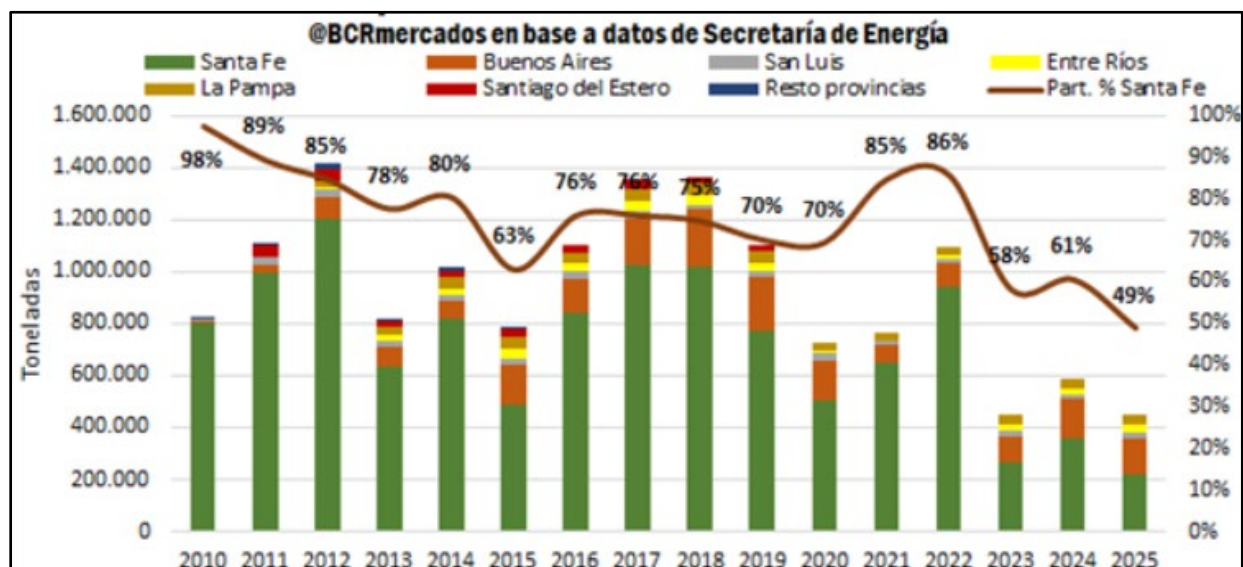


Figura 5

Producción acumulada de biodiésel por provincia. Fuente: BCR.

Resulta importante remarcar cómo es el procedimiento que lleva a cabo el Gobierno para regular el consumo interno de los biocombustibles. El volumen de ventas se define a partir de la asignación de *cupos*, definidos mensualmente por la Secretaría de Energía de la Nación.

Estos son volúmenes factibles a comercializar por cada empresa abastecedora registrada en el mercado y surge a partir de un prorrateo entre las capacidades productivas de las mismas y estimaciones de demanda. Además existe una regulación por la cual las plantas que comercializan internamente, no venden al exterior y viceversa.

En los últimos 5 años los cupos asignados se mantuvieron estables, promediando 400.000 toneladas en el primer semestre del año. Sin embargo, sí se presentaron oscilaciones en ventas efectivas al corte en el mercado doméstico. Estas crecieron un 13 % alcanzando 380.000 toneladas,

un 96 % del total de cupos asignados. Alcanzando así el mayor porcentaje desde 2019, cuando se cumplió con el 98 % de los cupos (BCR, 2024).

Los precios mínimos internos para la venta de biodiésel destinado a la mezcla con combustibles fósiles son definidos por la Secretaría de Energía de la Nación en base a una fórmula de cálculo y son actualizados con una frecuencia establecida.

Otra institución que brinda información de relevancia al proyecto es la Cámara de Industria Aceitera Argentina, CIARA, que agrupa a la mayoría de las empresas que elaboran aceites vegetales del país que abastecen el mercado interno y la exportación.

En sus informes anuales de liquidación de divisas, encontramos que en el año 2024 el complejo oleaginoso-cerealero, incluyendo al biodiésel y derivados, aportó el 50 % del total de las exportaciones de la Argentina, un dato que demuestra el peso económico de este rubro (CIARA, 2024).

Otro ente de mucha relevancia en este tópico es la Cámara Argentina de Biocombustibles. Su presidente, Luis Zubizarreta, presentó en julio del 2023, un proyecto de ley para promover la producción, comercialización y uso sustentable del biodiésel.

El mismo busca realizar distintos cambios. En primer lugar apunta al aumento gradual en el corte mínimo obligatorio de biodiésel hasta llegar al 20 %. Apunta además a conseguir la autorización gubernamental para producir y comercializar biodiésel puro (B100), y hacer uso del mismo en vehículos del Estados (provinciales y municipales) así como en transporte público.

Por último y en relación a este trabajo, propone la implementación de incentivos desde el Gobierno para los pequeños productores de biodiésel, y poder facilitar así, el aumento del gasto interno, incluyendo autoconsumo (Clarín, 2023).

Contexto Internacional

No resulta extraño que la producción y el consumo de biocombustibles se encuentre en alza a nivel internacional. La conciencia ambiental ha aumentado y, afortunadamente, la política de los países, en la mayoría de los casos, lo hace en sintonía con ello.

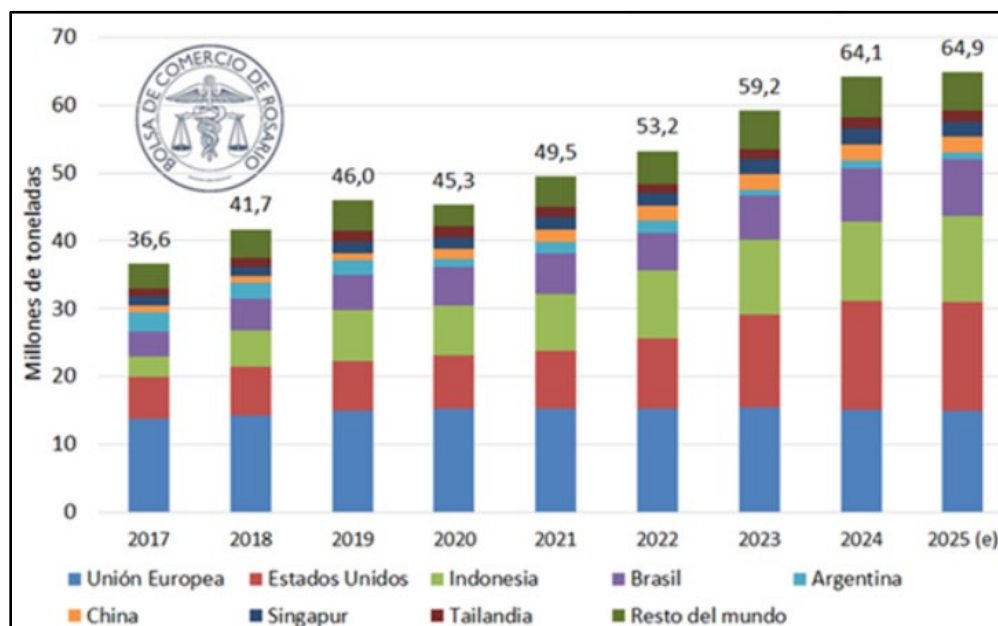


Figura 6

Producción anual global y participación por país de Biodiésel en 2024. Fuente: BCR en base a datos de Oil World y Secretaría de Energía.

En contraposición de la merma en Argentina, países como Brasil y Estados Unidos han potenciado su industria progresivamente. La producción mundial de biodiésel creció un 75 % en los últimos ocho años (BCR, 2025).

La base de este crecimiento yace sobre puntos en común, pero varía ligeramente acorde a cada país. En el caso de Estados Unidos, los diversos programas federales fueron impulsando el

consumo de biodiésel, cerrando 2024 con récords productivos en biocombustibles a base de aceite de soja.

Si bien a nivel federal la tasa de corte de biodiésel al diésel convencional es del 10 %, en el Estado de Minnesota por ejemplo la misma toma el valor de 20 %, y puede alcanzar incluso el 60 % como sucede en California, que se destaca a través de su programa de incentivos a la reducción de emisiones, estimulando el consumo de energías renovables (BCR, 2025).

A nivel mundial, una de las referencias en términos estadísticos es la *Energy Information Administration* (EIA) de los Estados Unidos. Este organismo forma parte del Departamento de Energía del Gobierno y realiza informes mensuales sobre la producción de biodiésel a nivel nacional e internacional.

Period	Biodiesel	Fuel Ethanol	Renewable Diesel and Other Biofuels ^{1,2}
2024			
January	2,073	17,830	3,857
February	1,984	17,880	3,857
March	1,984	17,885	3,857
April	1,991	17,989	4,129
May	2,022	18,133	4,575
June	2,022	18,203	4,897
July	2,022	18,307	4,598
August	1,995	18,307	4,598
September	1,995	18,307	4,580
October	1,995	18,310	4,580
November	1,995	18,310	4,580
December	1,995	18,310	4,580
2025			
January	1,984	18,426	4,580
February	1,984	18,426	4,580
March	1,984	18,436	4,580

Figura 7

Capacidad productiva de biocombustibles en Estados Unidos (millones de galones).

Nota: 1 galón = 3,8 litros.

Como se puede observar, si bien la capacidad productiva del biodiésel es aproximadamente el 10 % de la del bioetanol, su valor permanece estable y alcanza casi los 8 millones de litros mensuales.

Por otro lado, se presenta un informe que resulta de suma importancia debido a que es de los pocos que registra datos oficiales sobre la producción de biodiésel a partir de desechos orgánicos como los aceites vegetales usados.

Waste oils, fats, and greases				
Period	Poultry	Tallow ³	White Grease	Yellow Grease ⁴
2024				
January	W	631	45	616
February	12	715	55	586
March	W	586	68	635
April	27	486	70	700
May	20	449	70	513
June	21	567	57	714
July	23	665	68	657
August	24	576	58	695
September	25	494	50	587
October	24	592	46	604
November	21	696	56	543
December	16	707	46	540
2025				
January	W	710	32	399
February	W	630	42	460
March	W	704	51	487

Figura 8

Materia prima utilizada en la producción de biocombustibles en Estados Unidos (millones de libras).

Nota: W: información retenida para evitar ruptura confidencialidad de compañía proveedora.

Una libra = 0,45 kg.

Yellow grease = Incluye aceite vegetal usado.

Para extrapolar estos datos, considerando sólo en abril del 2024, se utilizaron más de 315.000 toneladas (700 millones de libras) de aceite vegetal usado como materia prima en la producción de biodiésel.

Si bien la elección de la materia prima utilizada para producir biodiésel varía en cada país, se estima que el 36 % de participación total utiliza aceite de palma, seguido por el de soja con un 23 %. El tercer puesto lo comparten los desechos, en su mayoría AVU, y el aceite de colza, que aportan el 14 % cada uno (Infobae, 2024).

Desde otro punto de vista, es importante revisar el caso de Brasil. En el anuario de Biocombustibles del 2024 de la USDA, se denota que el país vecino fue el segundo mayor productor mundial de etanol y el tercero de biodiésel.

Se alcanzó una producción de biodiésel de 8.900 millones de litros (8,9 millones de m³) representando así un aumento del 18 % con respecto al año anterior. Gracias a ello se logró reducir casi 70 millones de toneladas de emisiones de CO₂, en comparación con el diésel convencional que reemplazaron.

Brasil ha marcado un sendero de subas progresivas en su tasa de corte de gasoil con biodiésel, lo que lo ha llevado a progresivamente acercarse a Argentina hasta alcanzarla y superarla desde 2021.

A partir de marzo del 2025 la tasa de corte se ubicó en el 15 %. De esta manera, duplica la tasa argentina y con el objetivo de llegar al 20 % en 2030, aumentando un punto por año (USDA, 2024).

Esto evidencia la mayor integración local de las cadenas productivas dentro del complejo oleaginoso brasileño. Brasil también dispone del programa *RenovaBio*, con el cual premia la eficiencia en materia ambiental a los productores de biocombustibles, impulsando la transición

energética y las inversiones en renovables (Expoagro, 2025).

Acorde a la Bolsa de Comercio de Rosario, los mayores valores de corte, sumados a una correcta política de promoción, fueron los motores del aumento de la capacidad productiva del biodiésel tanto en Estados Unidos como en Brasil.

Estos países ajustaron sus normas y legislaciones vigentes a las tendencias mundiales, promoviendo la competencia e inversiones en nuevas tecnologías para mejoras de calidad.



Figura 9

Evolución de la producción anual de biodiésel en Argentina y Brasil. Fuente: BCR.

Nota: información pertinente al primer semestre de cada año.

Analizando el destino de producción de aceite de soja, se estima que en Argentina se destinarán 1,3 millones de toneladas del mismo a la industria de los biocombustibles, representando un 17,4 % de la producción.

Por su parte, Brasil consumirá la mitad del total producido de aceite en la elaboración de biodiésel. Utilizará además casi el 80 % del aceite de soja en la industria local y sólo un 15 % exportado en bruto. En contraste con Argentina, que destinaría más del 75 % a la exportación y el

restante a la producción local de biodiésel y otros consumos domésticos (Valor Soja, 2024).

En el anuario de la USDA de 2024 se menciona que el biodiésel se exporta principalmente a países de la Unión Europea, en donde se debe cumplir con rigurosos estándares de huella de carbono y sostenibilidad, según la Directiva de Energías Renovables: RED II.

Estudios demuestran que el biodiésel reduce al menos un 65 % de emisiones de CO₂ equivalente en comparación con combustibles fósiles, es por ello que las plantas exportadoras están certificadas bajo esquemas como el ISCC (International Sustainability and Carbon Certification) (USDA, 2024).

Esta firma, compuesta por múltiples *stakeholders* independientes, es una de las líderes de en sistemas de certificación y se centra en aquellas instituciones que promuevan la sustentabilidad, la silvicultura, la reducción de emisiones contaminantes a la atmósfera y el uso de energías renovables en sus cadenas productivas.

En noviembre de 2016, la Comisión Europea publicó su iniciativa *Energía limpia para todos los europeos*. En la RED II se estableció un objetivo general para el consumo de fuentes de energía renovables, dispuesto para el 32 % como meta para el año 2030.

Además se incluyó un parámetro ideal para el transporte, en donde los países involucrados deben exigir que, como mínimo, el 14 % de los combustibles utilizados por transporte público provengan de energías renovables para el 2030.

Este punto remarca la conciencia a nivel global que existe ya desde hace tiempo sobre la importancia de la utilización de los biocombustibles y su inclusión en la matriz energética de las distintas naciones.

La UE hace referencia a algo que se ha mencionado en el trabajo previamente. Aunque los biocombustibles son importantes para la reducción de gases de efecto invernadero, la producción

de los mismos a la que se hace mención suele tener lugar a partir del cultivo intensivo de oleaginosas.

Esto implica una ampliación de tierras en zonas verdes, como bosques, montes y humedales que cuentan con altas reservas de carbono.

Debido a la deforestación, limpieza y preparación del terreno que acarrea, se llega al interrogante de si los recursos implicados en el uso de la tierra pueden anular el efecto positivo del ahorro de GEI que resulta de la incorporación de los biocombustibles. La comunidad ha definido a este proceso como *cambio indirecto del uso de la tierra*, ILUC, por sus siglas en inglés.

Para abordar esta cuestión, la directiva ha establecido límites para los biocombustibles de biomasa con alto riesgo de ILUC, es decir aquellos que impliquen una expansión significativa en tierras con altas reservas de carbono. Así se regula la cantidad de combustibles que los Estados pueden contabilizar para sus objetivos nacionales al calcular la cuota nacional total de energías renovables y la cuota de estas en el transporte.

De esa forma se puede ver reflejado que a nivel internacional se intenta solucionar este tópico, que se plantea como dilema en este trabajo de grado, y es la disyuntiva de cultivar para un objeto que dista del fin alimenticio.

Fecha de inicio de operación de la planta	Biocombustibles para el transporte	Transporte de combustibles renovables de origen no biológico	Electricidad, calefacción y refrigeración
Antes de octubre de 2015	50%	-	-
Después de octubre de 2015	60%	-	-
Después de enero de 2021	65%	70%	70%
Después de enero de 2026	65%	70%	80%

Figura 10

Umbral de ahorro de gases de efecto invernadero en RED II.

ÁMBITO LEGAL

Considerando el alcance normativo, existen distintas regulaciones que se vinculan con el proyecto y condicionan su factibilidad en términos de salida al mercado y cuestiones técnicas.

Se mencionan dos grandes grupos de normas: aquellas en relación al tratamiento de residuos y su relación con el cuidado ambiental; y las que se vinculan con el biodiésel y las energías renovables.

A continuación se mencionan las de mayor importancia y actualidad para este trabajo:

En relación al medio ambiente

- Ley Nacional N° 24.051/91 - Residuos Peligrosos.
- Ley Nacional N° 25.675/02 - Ley General del Ambiente.
- Ley Nacional N° 25.612/02 - Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicio.
- Ley Nacional N° 25.916/04 – Presupuestos Mínimos para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios.
- Resolución Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable (MAyDS) 522/2016 - Residuos Especiales de Generación Universal.
 - Res. 189/2019 - Estrategia Nacional de Gestión Sustentable de Residuos Especiales de Generación Universal (REGU)

Con respecto a dicha legislación es importante aclarar un gris existente en la terminología de los aceites.

La Ley Nacional N° 24.051/91 define como *residuos peligrosos* a todos aquellos que pueden causar daño directo o indirecto a seres vivos o contaminar el suelo, el agua, la atmósfera o el ambiente. En ese sentido, los AVU clasificarían como tal.

Sin embargo, en el listado de residuos peligrosos de dicha ley, se incluye, entre otros, a los aceites minerales usados, pero no hace mención a los aceites vegetales, que serían los pertinentes al trabajo en cuestión.

Por otro lado, la Ley Nacional N° 25.916/04 – *Presupuestos Mínimos para la Gestión Integral de Residuos Domiciliarios*, brinda una definición en su artículo 2: “Se entiende por residuos sólidos urbanos a los residuos generados en domicilios particulares, comercios, oficinas y servicios, incluyendo los residuos asimilables a domiciliarios generados en otras actividades”

De esa forma, los AVU podrían definirse como Residuos Sólidos urbanos (RSU) no peligrosos. Esta última connotación hace referencia a que no deben estar contaminados acorde a los criterios de peligrosidad: toxicidad, reactividad, inflamabilidad, presentes en el anexo II de dicha ley.

Si bien por su definición se puede considerar a los AVU como un residuo sólido, más allá de que su estado de agregación a temperatura ambiente sea líquido, esta diferencia proviene de la definición del concepto, que no se restringe al estado de la materia del residuo, sino a su origen y la naturaleza no peligrosa del residuo.

Es fácil notar que este residuo se encuentra en una delgada línea en lo que respecta a su caracterización. Es por ello que se dificulta su inmersión en el campo legal y por lo tanto su control, fiscalización y gestión de recupero.

Se llega así a la definición legal más acertada, brindada por la Resolución MAyDS 522/2016. La misma define como *Residuo Especial de Generación Universal*, REGU, a todo

desecho que provenga del consumo masivo y que, por sus consecuencias ambientales o características de peligrosidad, requiera de una gestión ambiental adecuada y diferenciada de otros residuos.

Es aquí donde se obtiene la primera definición directa desde una base legal sobre los AVU. Otros residuos de este tipo son pilas y baterías alcalinas, lámparas de mercurio, neumáticos de desecho, entre otros. Como se puede notar, estos productos comparten la característica de ser de común generación y peculiar tratamiento post-uso.

En relación a ello, la Resolución 189/2019, establece definiciones y lineamientos para el desarrollo de una estrategia nacional sobre los REGU.

En relación a los biocombustibles

- Ley Nacional N° 27.640/2021 – Marco Regulatorio de Biocombustibles
 - Decreto Reglamentario N° 717/2021
- Resoluciones de la Secretaría de Energía de la Nación:
 - Res. 438/2022 - Gasoil o diésel oil. Corte mínimo obligatorio.
 - Res. 689/2022 - Registro de operadores de biocombustibles y mezcladores.
 - Res. 553/2023 - Modificación de ciertos artículos de la Res. 689/22.
 - Res. 923/2023 - Especificaciones de calidad del biodiésel.
 - Resolución 776/2022 - Pautas para el abastecimiento de los biocombustibles

Presentado el listado inicial de leyes, decretos y resoluciones, se procede a hacer un desglose de lo más relevante a los efectos del establecimiento del proyecto.

El marco regulatorio de biocombustibles está dictado por la Ley Nacional N° 27.640/21, con la entrada en vigencia de dicha ley, se deja sin efecto todas las disposiciones establecidas en

las Leyes Nros. 23.287, 26.093 y 26.334, y la normativa reglamentaria de estas últimas, dando lugar a nuevo escenario legal desde hace 4 años.

En su artículo primero demarca que todas las actividades de elaboración, almacenaje, comercialización y mezcla de biocombustibles, quedarán bajo dictamen de la misma, con vigencia hasta el 31 de diciembre de 2030.

En este sentido, se establece que la *Autoridad de Aplicación* será la Secretaría de Energía, dependiente del Ministerio de Economía. Cuyas funciones, según el artículo 3 de la misma ley, son, entre otras:

- (1) “Regular, administrar y fiscalizar la producción, comercialización y uso sustentable de los biocombustibles;”
- (2) “Adecuar a los términos de la presente ley las normas que establecen las especificaciones de calidad de los biocombustibles, la seguridad de las instalaciones en las cuales estos se elaboran, mezclan y/o almacenan, y aquellas que se vinculen con el registro y/o habilitación de las empresas y/o productos” [...]

Por otro lado, la Resolución 689/2022 S.E tiene como propósito la creación del *Registro de Operadores de Biocombustibles y Mezcladores*. Allí se deberán inscribir todos aquellos elaboradores, mezcladores, almacenadores y comercializadores de biocombustibles. La Res. S.E. 923/2023 sintetiza los procedimientos de estos registros.

En dicha resolución se incluye la documentación y certificación necesaria para encontrarse habilitado a operar acorde a cada una de las clasificaciones que brinda.

En el caso de este proyecto, las categorías que coinciden con las actividades planteadas son la de *Elaborador*, por ser “todo aquel que elabore biocombustibles en el Territorio Nacional y que cuente con instalaciones para el desarrollo de la actividad” y la de *Comercializador* considerado

como “todo aquel que comercialice biocombustibles a granel, ya sea contando o no con instalaciones de almacenaje para el desarrollo de la actividad”.

Con respecto a la normativa que nos habla del corte obligatorio de biodiésel vigente, la Resolución 438/2022 enuncia que “todo combustible líquido clasificado como gasoil o diésel oil que se comercialice dentro del territorio nacional deberá contener un porcentaje obligatorio de biodiésel de SIETE COMA CINCO POR CIENTO (7,5 %), en volumen, medido sobre la cantidad total del producto final”.

Por otro lado, la Secretaría de Energía cuenta con la facultad de establecer el precio mínimo del biodiésel destinado a su corte con diésel convencional en estaciones de despacho.

Debido a las variaciones económicas propias del mercado, este precio resulta muy fluctuante. Continuamente se establecen resoluciones que fijan este precio de manera temporaria, hasta que otra resolución la derogue y así sucesivamente.

A modo de mención, al momento de realizar este trabajo, la resolución de validez actual, es la Nro. 445, dictada en noviembre del año 2025.

Las certificaciones y normas que rigen los análisis de calidad pertinentes al biodiésel en nuestro país son de índole internacional y dictan un marco de referencia para la producción y obtención de un producto de características aptas para su uso en automóviles y maquinaria.

La *Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales*, ASTM, por sus siglas en inglés, es una organización de estándares internacionales que publica acuerdos técnicos para una amplia gama de materiales, productos, sistemas y servicios.

La norma ASTM D6751 habla de la “Especificación estándar para la mezcla de combustible biodiésel (B100) para combustibles destilados medios”. Hace referencia a los

requerimientos que debe cumplir un biodiésel de tipo puro (B100) para utilizarse en mezcla con otros combustibles.

Allí encontramos los análisis críticos de laboratorio que medirán parámetros del biodiésel, a los efectos de relevar si se encuentran dentro de los valores aceptables.

Estas normas han sido certificadas para tomarse como punto de partida en Argentina desde el 2006. En el artículo 5 de la Resolución N° 1283, se demarca: “Las normas ASTM o IRAM - IAP a utilizar en los análisis de los combustibles, incluidas en los anexos técnicos vigentes, se actualizarán automáticamente por las respectivas normas que las sustituyan o mejoren su precisión y sensibilidad.”

Es por ello que las especificaciones de calidad del biodiésel establecidas por la legislación del país, utilizan estos parámetros como base.

Por otro lado, ciertas propiedades siguen métodos de ensayo dictados por la normativa europea, demarcados con las siglas EN, y son estándares redactados por el Comité Normalizador de Europa (CEN):

- EN 14214: Ésteres metílicos de ácidos grasos (biodiésel) para motores diésel y equipos de calefacción. Requisitos y métodos de ensayo.
- EN 228: Requisitos de combustible para motores de vehículos.
- EN 590: Idem EN 228 pero especificado sólo para combustible tipo diésel.

Situación en la Ciudad de Salta

A los efectos de este trabajo toma suma importancia relevar la situación actual de la Ciudad de Salta Capital. Orientada por las políticas a nivel nacional y tomando como punto de referencia a otros países con iniciativas exitosas en esta temática, se debe realizar una conclusión a nivel regional que derive de todas estas bases.

El Ministerio de Producción y Desarrollo Sustentable (MAyDS) es el organismo gubernamental provincial que se vincula con el tópico de este proyecto.

Este a su vez cuenta con distintas secretarías, siendo la de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS) aquella que se encarga del control, fiscalización y determinación de normas y reglamentos acerca de los residuos industriales y de actividades del servicio como el rubro gastronómico.

La legislación de la Provincia de Salta se ve enmarcada en este ámbito por la Ley Nacional N° 25.612/02 - Gestión Integral de Residuos Industriales y de Actividades de Servicio.

En esta ley se determinan las obligaciones de los generadores, transportistas, acopiadores y plantas de tratamiento y refinación de los AVU. Enfocada en el aspecto ambiental, determina las pautas para la correcta disposición final de los mismos.

Haciendo el vínculo con este trabajo, la Provincia de Salta dictamina el descarte correcto de los aceites utilizados a partir del siguiente digesto normativo:

- Ley Provincial N° 7.070/99 - Ley de Protección del Medio Ambiente:
 - Decreto Reglamentario N° 1.365/10 - Plan Provincial de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU).
- Ordenanza Municipal N° 15.415/17 - Gestión Integral de Residuos Urbanos (GIRU).

- Ordenanza Municipal N° 14.575/13 - Concejo Deliberante Ciudad de Salta.
- Resolución Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible N° 224/06

A continuación se mencionan aquellos incisos de mayor relevancia para este trabajo.

La Ley Provincial N° 7.070 demarca los principios generales del cuidado al medio ambiente. Además define conceptos como el de generador, planta de disposición final, planta de tratamiento, contaminación, entre otros. Cuenta con distintas secciones acerca de la prevención y control de la contaminación de las aguas, suelos, flora y fauna así como puntos importantes acerca de la gestión de residuos peligrosos.

En su título V, capítulo II, habla exclusivamente de los residuos en general. En el artículo 110 menciona que “*los municipios deberán establecer mecanismos para fomentar: la disposición final y tratamientos de los residuos y apoyar el manejo cooperativo de los procesos de tratamiento*”.

El artículo siguiente prohíbe arrojar residuos y/o sustancias en cuerpos hídricos, incluyendo así, en nuestra atención, desagües y cañerías de los locales gastronómicos.

Por otro lado, el Decreto Reglamentario N° 1.365/10, dicta un Plan Provincial de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos - GIRSU. En este se busca atender a los múltiples problemas ocasionados por la incorrecta disposición final de los mismos. Menciona los principales motivos de la creación de este decreto, que permiten comprender el estado de la provincia en dicha temática:

- Ambientales:
 - Disposición de residuos en canales pluviales de desagüe, afectando al normal escurrimiento del agua.
 - Contaminación de aguas superficiales y subterráneas, suelo, flora y fauna.

- Sociales:
 - Falta de conocimiento e información actualizada en la temática.
- Institucionales:
 - Falta de organismos responsables de la gestión de RSU y estímulo hacia los mismos.
 - Falta de articulación con otros actores de la sociedad para afrontar la problemática.
- Legales:
 - Existencia de vacíos legales en el marco regulatorio de la gestión de RSU
 - Incumplimiento de la legislación provincial vigente por parte de los municipios.

En 2019, la Provincia de Salta se adhirió a la estrategia nacional de manejo sustentable de residuos especiales de generación universal (REGU) a partir de la Resolución SAyDS 717/19. Allí distingue en términos de operación a los AVU, considerándolos ya no un residuo sólido urbano, sino adoptando la definición de Residuo Especial de Generación Urbanos (REGU), mencionada previamente.

Sin embargo, la legislación con mayor relevancia en lineamientos de la gestión de AVU en la Ciudad de Salta viene dada por la **Ordenanza del Concejo Deliberante N° 14.575/13**. En ella se determina el alcance a la Municipalidad de la Ciudad de Salta, y se designa como Autoridad de Aplicación a la Secretaría de Ambiente y Servicios Públicos.

Se demarca que la recolección, transporte, tratamiento de los AVU, estará a cargo de los operadores habilitados y registrados por la Autoridad de Aplicación. En ese sentido será considerado *Operador Habilitado* a “toda persona física o jurídica, pública o privada, que utilice

métodos, técnicas, tecnologías, sistemas o procesos que cumplan con lo exigido por la Autoridad de Aplicación [...]”

Genera también el *Registro de Generadores y Operadores*. Los operadores deberán inscribirse en el mismo a los efectos de la obtención del Certificado Municipal de Gestión Ambiental pertinente y ser considerados como habilitados a operar.

Habiendo dado el contexto legal, se puede observar que la gestión del aceite usado es un tema que se ha atacado en la provincia. Sin embargo, no fue hasta el año 2023, cuando la municipalidad de la ciudad inició un convenio con la empresa de reciclaje SH-DH S.R.L.³.

En primer lugar se destinó distintos puntos verdes de acopio donde los particulares puedan dejar los bidones, otorgados por la empresa santafesina, llenos del aceite utilizado para su posterior recolección.

Por otro lado existe el servicio de recogida para los grandes generadores en su mismo establecimiento, de forma gratuita y en donde se acuerda una frecuencia de retiro acorde al volumen producido. La empresa además da una guía sobre las correctas formas de operación, almacenamiento y manipulación del aceite.

De esta forma, el Gobierno de la ciudad autoriza y certifica a la empresa como recolectora de estos residuos y es parte del cumplimiento legal de los establecimientos realizar una disposición final correcta de los mismos.

Es importante remarcar que si bien no es único organismo que lleva a cabo esta tarea, sí es el de mayor participación en el rubro. Esto se podrá ver demostrado en los resultados del trabajo de campo que se muestran más adelante.

Se observa que se ha esquematizado una red de recolección como lineamiento general para

³ <https://prensa.municipalidadsalta.gob.ar/la-municipalidad-instalara-puntos-verdes-para-acopio-de-aceite-vegetal-usado/>

aquellos grandes generadores del residuo en la ciudad. Sin embargo también queda en evidencia que la cadena de revalorización del mismo para la ciudad se detiene en el momento que la empresa de tratamiento se hace con los aceites.

Uno de los objetivos de este proyecto radica en analizar la posibilidad que el proceso de producción de biocombustible a partir de los AVU se realice dentro de los límites de la provincia.

De esta forma se mejoraría la posición estratégica respecto al uso de energías renovables de Salta, fomentando también los conceptos de reciclaje y economía circular.

Se ve la oportunidad de sentar precedentes para que en un futuro se pueda llevar adelante una producción local en cada uno de los eslabones y realzar el compromiso de los ciudadanos salteños con las problemáticas ambientales presentes.

TRABAJO DE CAMPO

En la siguiente parte del trabajo se detallará el relevamiento realizado sobre la gestión actual de los aceites vegetales usados en la Ciudad de Salta.

Salta se ubica en el noroeste de Argentina. Limita al norte con la provincia de Jujuy, al este con Chaco y Formosa, al sur con Tucumán, Santiago del Estero y Catamarca. Su centro urbano se encuentra emplazado en un valle, a una altitud promedio de 1.200 metros sobre el nivel del mar. La superficie del departamento Capital es de aproximadamente 1.500 km².

Su clima se clasifica como subtropical serrano con estación seca, presentando veranos cálidos y húmedos con lluvias concentradas, e inviernos secos con gran amplitud térmica. La temperatura promedio anual es de 16,5 °C, con máximas que rondan los 28 °C en los meses de verano, y mínimas que descienden hasta 3 °C en invierno⁴.

Los ingresos económicos más importantes de la ciudad provienen del turismo y los servicios asociados: hotelería, gastronomía y actividad comercial.

En los últimos años se ha experimentado un notable crecimiento en este sector debido al atractivo cultural, religioso y natural de la región, lo que ha impulsado la proliferación de restaurantes, bares y emprendimientos gastronómicos. Dicho crecimiento repercute directamente en la generación de residuos culinarios, dentro de los que se encuentra el aceite vegetal usado.

En relación con la gestión de AVU, en la Ciudad de Salta existe un sistema de recolección diferenciado, sin embargo se deja en evidencia un hueco en el posterior aprovechamiento energético de este desecho.

⁴ <https://www.smn.gob.ar/estadisticas>

En los últimos años, iniciativas privadas, en convenio con la Secretaría de Ambiente del Municipio, han comenzado a impulsar la recolección selectiva de AVU, con destino de su transformación en biocombustibles fuera de la provincia.

No obstante la cobertura sigue siendo limitada y no existe una normativa provincial específica que regule y fomente esta práctica de manera masiva. Por otro lado, la mayor parte del aceite utilizado en el sector informal de la gastronomía suele ser descartado junto con los residuos sólidos urbanos o vertido en las redes cloacales, generando impactos ambientales negativos.

En este contexto, el relevamiento de campo realizado en la presente investigación cobra especial relevancia, ya que permite identificar concretamente las prácticas de generación y disposición de AVU en distintos puntos de la ciudad.

Para ello se realizaron encuestas dirigidas a aquellos encargados de restaurantes, cocinas de hoteles, casas de comida y *foodtrucks*, dispersos a lo largo de la ciudad.

Se pudo determinar un polo gastronómico en términos de cantidad de locales y concurrencia habitual en la zona este de la ciudad, englobando así sectores como Tres Cerritos, Paseo Güemes y Avenida del Bicentenario. También se relevó plazas de comida de centros comerciales como *El Punto*, ubicado en la urbanización de San Lorenzo Chico, de la zona oeste de la ciudad.

Se ha obtenido además información de otras áreas urbanas de la ciudad, debido a la cercanía o relación con los propietarios del establecimiento, facilitando así la comunicación y la obtención de información.

Si bien la mayoría de los datos presentados se registraron mediante un cuestionario físico y conversaciones presenciales, se elaboró un cuestionario digital mediante la interfaz de *Google Forms* por el cual se pudo obtener estadísticas y gráficos a partir del total de las muestras.

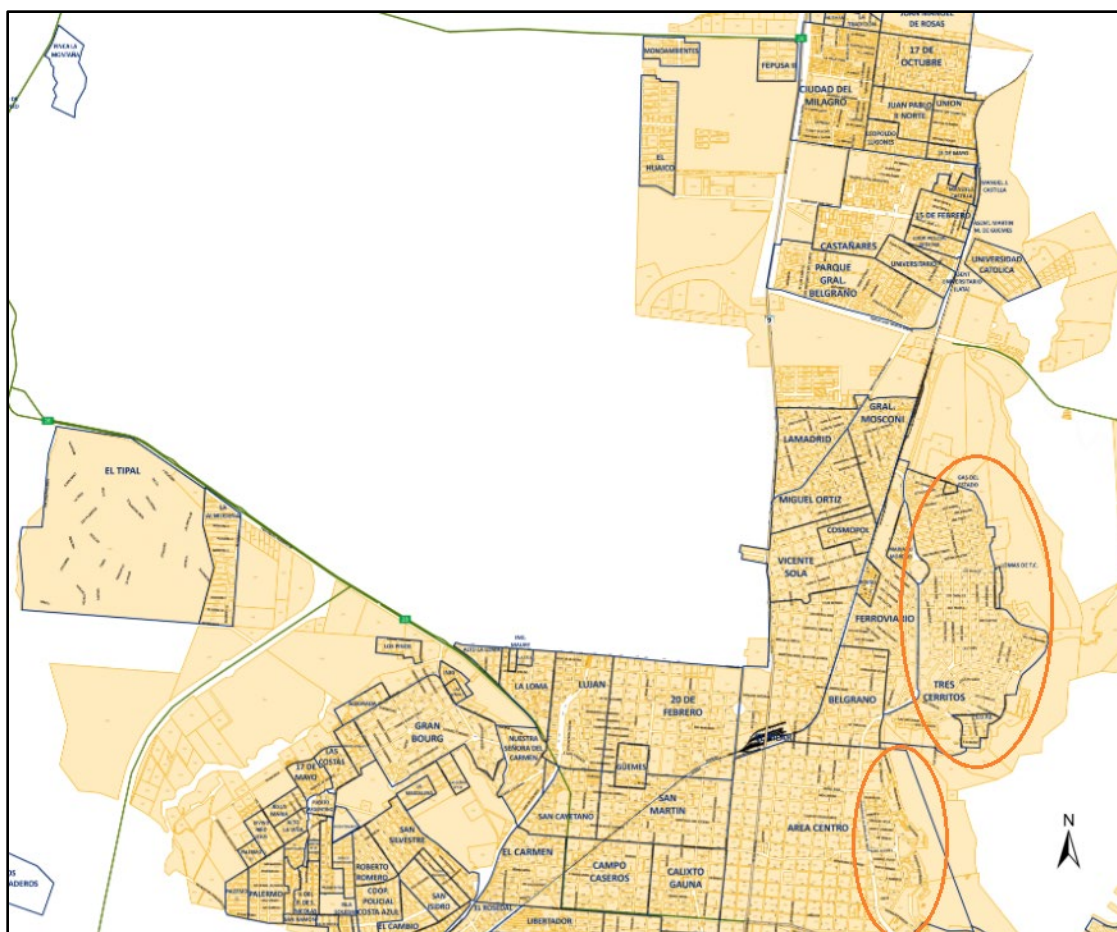


Figura 11

Mapa de acción de trabajo de campo. Fuente: Dirección general de Inmuebles Salta.

Nota: las zonas amarillas demarcan áreas urbanas. Los círculos naranja indican sectores en donde se realizó el relevamiento.

En este trabajo no se relevó información de restaurantes con muy bajo consumo de aceite como las cafeterías, restaurantes de sushi y sandwicherías de fiambre, entre otros.

Con respecto al trabajo de campo en sí, el objetivo del mismo fue responder a ciertos interrogantes.

Los generadores forman parte del eslabón inicial de la cadena de revalorización del aceite y la posterior producción del biodiésel, funcionando como proveedores del insumo. En relación al estudio técnico, corresponde conocer el volumen mensual de aceite utilizado que se dispone para

desechar. Para obtener el dato se busca ahondar en la capacidad de las freidoras, principal punto de uso del aceite en las cocinas.

No resulta acorde el dato de consumo del aceite como insumo inicial debido a que su contabilidad en relación al residuo generado es difícil de obtener.

Además se busca conocer la frecuencia del cambio de aceite, que junto a la variable del volumen, conforman los dos datos que hacen al caudal de aceite desechado y, por lo tanto, a al aceite a recolectar.

Por otro lado se busca conocer la situación en la ciudad en lo que respecta a qué se hace actualmente con este residuo, cuál es la forma de actuar de los generadores, si es que existe una, y si hay una relación directa con alguna exigencia o normativa gubernamental y su fiscalización.

Se busca obtener información acerca del conocimiento general de los trabajadores del rubro en las problemáticas del descarte de los aceites para el medio ambiente y su postura ante un posible servicio de recolección con la intención de generar biocombustible a partir de la misma. En ese caso también se hace énfasis en las características con las que debería contar el mismo para atraer o ser elegido por los locales.

Conclusiones del trabajo de campo

Los resultados de las encuestas se encuentran en el anexo al final de este informe. Las conclusiones realizadas se presentan a continuación. Las mismas hacen a la base del estudio técnico y financiero del proyecto.

El diseño de la encuesta se centró en lograr un cuestionario breve, conciso y en donde la información obtenida sea la pertinente. Se destaca que, salvo ciertos casos, hubo una gran predisposición por parte de los encargados de los locales para responder las preguntas y otorgar información extra.

En primer lugar se encontró que el tipo de aceite más utilizado por los locales es el de girasol, por lo que será el que cuente con la mayor proporción en la composición de la mezcla de aceites recolectados, y será así el principal componente en la materia prima de la elaboración del biodiésel.

En Argentina, el aceite de girasol que se comercializa en supermercados y que se utiliza habitualmente para cocinar o freír en restaurantes corresponde al tipo “aceite de girasol común”.

Por otro lado, un valor que es de mucha relevancia al efecto del estudio técnico es el volumen promedio de aceite utilizado por mes en los establecimientos gastronómicos.

Para obtenerlo se tomaron de referencia dos datos. En primer lugar el promedio de capacidad de las freidoras por local, que nos habla de volúmenes de aceite.

Se utilizó el valor intermedio presente en los rangos de cada respuesta. Por ejemplo, si la respuesta acerca de la capacidad de las freidoras fue la opción “46 a 60 litros” el valor utilizado para calcular el promedio será 53 litros. Con respecto al caso específico de la opción “Más de 85 litros” se tomará la cifra de 100 litros, para no incorporar un dato *outliner* al valor final.

Debido a que la capacidad de las freidoras no indica en sí un valor neto de consumo, el dato que lo complementa para obtener un estimado de ello, es el de frecuencia de cambio de aceite de cada establecimiento por mes.

Aquí también se utilizó el valor intermedio presente en los rangos de cada respuesta. Por ejemplo, si la opción fuera “Más de una vez por semana” el valor usado será 3,5 días. Con respecto al caso específico de la opción “Cada 4 o más semanas” se tomará la cifra de 30 días, para, de igual forma que en el caso previo, no incorporar un dato *outliner* al valor final.

Si bien son obvias las dificultades de la obtención del valor exacto, este dato sí nos sirve de parámetro para estimar la disponibilidad de lo que funcionará como materia prima en la producción del combustible en este proyecto.

Así se pudo obtener el dato de que la **capacidad promedio** de las freidoras de aceite con las que disponen los locales relevados es de **44,4 litros**. Por otro lado, la **frecuencia de cambio promedio** de los mismos es de **11,9 días**, dando así un valor de **2,5 ciclos de descarte por mes**.

Podemos entonces concluir que, teniendo en cuenta el relevamiento realizado en este trabajo de campo con un total de **27 locales gastronómicos**; en **promedio**, un local de comida en la Ciudad de Salta desecha **111,7 litros de aceite de cocina por mes**, en casi su totalidad, de girasol.

En este sentido el valor de nuestro interés corresponde a la cantidad de aceite mensual disponible:

- Promedio de AVU generado por local por mes: 111,7 litros.
- Número de generadores: 27 establecimientos gastronómicos.
- $Q = 27 * 111.7 = 3.016,1$ litros/mes

- Frecuencia de recolección: cada 15 días: aproximadamente 1.508 litros por recolección.

Con respecto al resto de preguntas, los datos nos revelan los siguientes puntos.

En concordancia con el contexto provincial legal y en relación a la ordenanza municipal dictaminadora existente, se pudo confirmar que el 81.5 % de los restaurantes cuentan con un servicio de recolección del residuo, marcando el conocimiento en el tema y la acción gubernamental.

Se puede observar que la mayoría de aquellos locales que respondieron afirmativamente a la utilización de un servicio de gestión del residuo, lo hace a través de la empresa santafesina, DH-SH S.R.L (70 %).

Existen otras organizaciones encargadas como Byos S.R.L, también mencionada por los encuestados como Byos Aceite. Ciertas casas de comida (10%) mencionaron que existen otras empresas que les prestan dicho servicio pero no pudieron detallar con claridad el nombre.

Se debe mencionar que el restante de los encuestados afirmó no contar con un tratamiento especial de este residuo. Estos son los casos en donde el descarte se lleva adelante con el resto de desechos, se vierte por las piletas de las cocinas, o se almacena en un bidón y se lo dispone en el basurero del servicio municipal de recolección de residuos. Este último no se encarga de la disposición final de los aceites de este tipo, implicando un problema para sus trabajadores.

En lo que respecta a las razones de la incorporación de este servicio, la mayoría ponderó al otorgamiento de un certificado de correcta manipulación de los aceites, la utilidad del servicio prestado y la conciencia ambiental como los 3 motivos principales. Contaron con 9, 10 y 11 respuestas cada uno, respectivamente.

La exigencia gubernamental o, en su defecto, las restricciones que el mismo centro comercial o patio de comidas imponía a los locales, fue la respuesta que ocupó el segundo lugar, con un total de 8 contestaciones.

Este último es el caso de la plaza denominada “El Punto” en San Lorenzo Chico. Allí varios encargados comentaron que en años anteriores sufrieron problemas por la obstrucción de los desagües. Esto sucedía por la cantidad de restos grasos que se vertían por allí con normalidad y, al solidificarse, generaban la obturación de los conductos. Fue a partir de ello que se comenzó a exigir un tratamiento especial de estos residuos, acompañado de un servicio de gestión de los mismos.

Siguiendo las otras respuestas de la misma pregunta, adentrándonos en el conocimiento sobre la temática por parte de los encargados de los locales se encontró que, si bien casi un tercio de los participantes reconocían estar al tanto del tema, no conocían los detalles ni las connotaciones ambientales que trae consigo el desecho incorrecto de los AVU.

Un 33 % de los encuestados afirmó “Conocer muy poco” de la problemática. Algunos trabajadores comentaron que no reciben mucha información desde la dirección y, más allá de que en sus establecimientos se lleve a cabo la correcta recolección del residuo, no se adentran en los pormenores ni las razones de ello, simplemente lo cumplen “porque lo exige el Gobierno”.

En contraposición a esto, hay que resaltar que casi el 15 % de los encuestados afirma tener un amplio conocimiento de la temática y las consecuencias generadas, confirmando preocupación y realizando acciones para evitarlas. En ese sentido, un 11% restante, resalta que “Conoce bastante” del problema. Otro tercio de los encuestados reconocer haber “escuchado pero no conocer detalles”.

El escaso porcentaje restante del 7 % de los encuestados mencionó no tener conocimiento alguno del tema.

Las últimas dos preguntas de la encuesta fueron enfocadas a conocer la recepción de un posible servicio que transforme este aceite vegetal en un biocombustible.

Además de dirigirse a aquellos que no realizan una gestión específica del desecho, también estaban orientadas a los locales que ya lo llevan cabo, debido a que la mayoría de estos desconocía el uso que se le daba al residuo, y tampoco estaban al tanto de que la empresa a la que otorgaban sus aceites era de la Provincia de Santa Fe y era allí en donde se elaboraba el biodiésel.

En esta parte del trabajo se busca analizar las reacciones del público gastronómico ante una propuesta de gestión del residuo (AVU) y la obtención de combustible biodiésel a partir del mismo. Se hace énfasis en el beneficioso impacto ambiental y social representa esta cadena de revalorización que busca promover la economía local circular.

Las respuestas arrojaron que el 88 % se encontraba o “Bastante dispuesto” o “Totalmente dispuesto” a adherirse a la iniciativa. Dejando el porcentaje restante a una respuesta “Neutral / Indiferente”.

Cabe resaltar que no se registró ninguna respuesta negativa: “No estoy dispuesto”, “Poco dispuesto”.

La última pregunta hace énfasis en aquellos factores que se ponderan como incentivo para llevar a cabo el servicio de recolección.

La recogida *in-situ*, una frecuencia de recogida acorde a los recambios de aceite y el otorgamiento de un certificado ambiental fueron los tres puntos que lideraron este inciso, Con 17, 14 y 14 respuestas, respectivamente.

Aquellos establecimientos que no cuentan con un servicio, o que creen que el actual podría mejorar, demuestran que la estandarización de bidones o tambores que brinda la empresa para la recolección, mayor información de la cadena de revalorización que sigue el aceite tras abandonar

los locales y la determinación de aquellos días en donde se haga la recolección, más allá de que los bidones no se encuentren llenos en dicho momento, son los principales factores a tener en cuenta.

Como comentarios aparte en las conversaciones que surgieron de las encuestas, los trabajadores se encuentran muy dispuestos a recibir capacitación acerca de los aceites en general, no sólo en términos de su descarte sino también a la hora de la cocina, enfocándose en temas como la calidad, oxidación, “aceite quemado”, frecuencia correcta de recambio entre otras.

Este es sin duda un punto a hacer énfasis por parte de los gerentes de los restaurantes, de las empresas recolectoras y del Gobierno.

A partir de las charlas obtenidas, se deja en evidencia que los parámetros para determinar el tiempo de cambio de los aceites de las freidoras, no se encuentran estandarizados ni se basan en dispositivos tecnológicos, sino en el conocimiento y la experiencia que da la práctica cotidiana, aun cuando existen instrumentos para medir ciertas propiedades del aceite que les podrían indicar esto de forma certera. La razón es simplemente la falta de información y capacitación en el tema.

ESTUDIO DE MERCADO

En esta etapa del proyecto se realizó un relevamiento con el objetivo de obtener información valiosa a los efectos del estudio financiero y de rentabilidad del proyecto.

Como se mencionó anteriormente, uno de los objetivos del proyecto es proponer una alternativa que permita reducir las emisiones de gases de efecto invernadero generados por los vehículos que funcionan con combustibles fósiles.

Según el artículo 7 de la Ley Nacional N° 27.640/21, se establece que todo gasoil o diésel que se comercialice dentro del territorio nacional debe ser mezclado con biodiésel como mínimo en un 7,5 % del porcentaje total.

En entendible que por cuestiones técnicas, legales y políticas, no sea factible la inserción en el mercado de forma directa en los puntos de expendio de combustible tradicional, funcionando como proveedor del biodiésel utilizado en la mezcla con diésel (B5, B10).

Por lo enunciado, el mercado objetivo de este trabajo dentro de la Ciudad de Salta, serán los clubes deportivos y sociales, instituciones académicas como colegios y universidades, barrios cerrados residenciales, que al fin presentan un denominador en común y es la presencia de maquinaria ocupada en tareas de mantenimiento que funcionan a base de diésel convencional.

Cabe resaltar que se hizo énfasis en este nicho debido a que el biodiésel presenta una alternativa a los combustibles de tipo diésel (gasoil). Es por ello que se apartó aquella información correspondiente a la nafta (gasolina).

Sin embargo, en aquellas instituciones que utilizan solamente maquinaria de este tipo, se cambió el foco de la encuesta, centrándose en conocer la postura ante una alternativa amigable con el medio ambiente como la del biocombustible en cuestión del trabajo.

Se realizaron encuentros presenciales en donde se interrogó a los encargados pertinentes en el establecimiento para poder disponer de datos de calidad y directamente de aquella persona que por su experiencia y jerarquía conocía de mejor manera la temática.

El cuestionario disponía de un formato digital, utilizado para recopilar los datos y obtener gráficos que permitan visualizar de forma didáctica la información.

En total se llevaron adelante siete reuniones, dentro de los cuales se encuentran clubes de rugby, golf, tenis, equitación, barrios privados, universidades y colegios.

El formato de la encuesta resumía la información en 13 preguntas. Las mismas se encuentran segmentadas en tres principales partes. La primera está destinada a clasificar a la institución relevada, el segundo bloque se ve enfocado a conocer valores de consumo de combustible, canal de compra habitual y costos asociados. El último se centra en la alternativa del biodiésel, aquellas preocupaciones e incentivos principales ante la misma, precios vinculados y demás.

En esta parte final se dieron los intercambios de mayor valor para el trabajo. Muchas veces esos relatos no se ven reflejados en las respuestas que tienden a ser numéricas o restringiendo a ciertos aspectos predeterminados. Sin embargo, y al igual que en el trabajo de campo, es en estos diálogos cuando se puede identificar la verdadera opinión de los encuestados y conocer sus razones y motivos.

Entre los propósitos de las preguntas realizadas se encuentran los siguientes. Se busca conocer el consumo mensual de combustible, en qué tipo de maquinaria se utiliza y con cuántas de ella dispone el establecimiento. Además se indaga sobre el canal de adquisición del mismo y de esa forma conocer el costo que incurre.

Se destaca que, salvo en determinadas ocasiones, los encuestados se mostraron abiertos a brindar esta información, que podría ser restringida por confidencialidad.

El interés de este dato para nuestro trabajo es conocer un volumen promedio mensual de consumo del diésel, en el sentido de funcionar como una cantidad demandada posible, a los efectos de la alternativa ofrecida del biodiésel. Se remarca que esto será así siempre y cuando se combine con una postura positiva ante la propuesta.

Por último se intenta ahondar sobre el conocimiento que el público en general posee sobre los biocombustibles y específicamente sobre el biodiésel. Además descubrir los posibles impedimentos que pueden aparecer a la hora de incorporar el combustible en la maquinaria, y por el contrario, aquellos puntos positivos para ello.

Se finaliza la encuesta con dos preguntas de índole económica, que en conjunto con otros datos recopilados nos permitirán conocer cuál es el precio promedio que estas instituciones estarían dispuestas a pagar por litro del producto presentado.

Conclusiones del estudio de mercado

Los resultados de las encuestas se encuentran en el anexo al final de este informe. Las conclusiones realizadas se presentan a continuación. Las mismas hacen a la base del estudio financiero del proyecto.

Los encuentros fueron presenciales y de una duración entre 15 y 30 minutos cada uno. Tras el contacto inicial con la institución, se buscaba dialogar con el encargado de mantenimiento, persona que ocupa el rol que, a nuestro entender, nos podía otorgar las respuestas de mayor valor por la cercanía con la temática.

A lo largo de las entrevistas, se intentó seguir un hilo conductor. En primer lugar se realizaba una presentación de la problemática relacionada al desecho incorrecto de los aceites de cocina en la Ciudad de Salta. A partir del previo trabajo de campo, pudimos relatar a los encuestados la situación municipal actual.

Luego de ello se presentaba como solución a ello, la posibilidad de poder elaborar un combustible a partir de estos residuos y cómo se podía integrar el mismo a sus establecimientos, describiendo los beneficios que presenta el biodiésel versus el diésel convencional fósil.

Tras esta introducción se proseguía con las preguntas de la encuesta. Muchas veces las respuestas quedaban por fuera de las alternativas presentadas y es por ello que se llevaba un registro enfático en los comentarios de los encargados, entendiendo la calidad del aporte de información de primera mano.

Primeramente se hace énfasis en las instituciones relevadas. En su mayoría (71 %) las respuestas provienen de clubes deportivos y sociales. En aquellos casos en donde existían diferentes subcomisiones de las disciplinas practicadas en el club se buscó interrogar a aquellas que impliquen mayor cantidad y variedad de maquinaria diésel.

Con respecto a los clubes privados de residencia, que implicaron el 14 % del total, yacen algunas diferencias. En ciertos casos se pudo visualizar que las tareas de mantenimiento son tercerizadas. Principalmente se habla de trabajos de jardinería y espacios comunes. Allí el registro de datos y su obtención se dificulta.

Sin embargo en aquellos barrios cerrados de mayor tamaño y longevidad, estas tareas implican la existencia de un área propia para ello, dentro de la estructura organizacional de la institución, con un encargado de área, al cual dirigimos las preguntas.

Se remarca que un ítem casi excluyente de la encuesta es el uso de maquinaria diésel en el establecimiento. Esto se debe a que el biodiésel presentado como posible sustituto es sólo una alternativa a este tipo de combustible, y no así, a la nafta o gasolina.

En aquellas ocasiones en donde dimos cuenta de la generalidad en el uso de gasolina, las preguntas fueron enfocadas a la postura sobre los biocombustibles en general.

A la hora de hablar de los equipos en cuestión las respuestas fueron variadas. La presencia de espacios verdes implicó, en el 100 % de los casos, el uso de tractores o maquinaria de fuerza.

En otra gran parte de los casos, camionetas utilizadas como vehículos utilitarios, cortadoras y bordeadoras de pasto, fueron aquellas que presentaron el consumo más alto de combustible para los establecimientos.

En menor medida (14 %) se relevó la utilización de generadores eléctricos y equipos de bombeo a diésel dentro de las instituciones. Máquinas específicas de cierta índole deportiva también fueron respuestas, como en el caso de la “*greenera*” destinada a un corte fino de césped en el Salta Polo Club.

Con respecto a la cantidad de estos equipos, la totalidad de los encuestados respondió dentro de los rangos “1 a 5”, con 71 % y “6 a 10” equipos con el 29 % restante. Si bien a simple

vista puede parecer un número bajo, los consumos unitarios eran representativos, con el grueso de las respuestas en el rango de “Más de 600 litros”, y que aumentaban en épocas de verano, evidenciado por los encuestados.

Además se relevó que muchos de los clubes deportivos se encontraban en medio de una transición a máquinas nafteras modernas, dejando atrás el diésel, que durante muchos años fue la única opción para cualquier vehículo de fuerza.

El primer gran objetivo del trabajo de relevamiento yacía en conocer un estimado del consumo de combustible diésel mensual en la institución. Este dato es de gran interés ya que funciona como parámetro para estimar una posible cantidad demandada del producto alternativo en cuestión, el biodiésel elaborado a partir de desechos de AVU.

Este valor debía estar, claro, acompañado de una respuesta positiva y abierta ante dicha posibilidad, para funcionar como tal.

Si bien las opciones representaban un gran rango de consumo, la mayoría (57 %) de las respuestas tomó una dirección hacia el mayor valor, que excede los 600 litros mensuales. También se registraron respuestas (2) en el orden de los 100 litros.

Para ello se utilizó el valor intermedio presente en los rangos de cada respuesta. Por ejemplo, si la respuesta se encontraba en la opción “76 a 150 litros” el valor usado será 113 litros. Con respecto al caso específico de la opción “Más de 600 litros” se tomará la cifra de 800 litros, para no incorporar un dato *outliner*, al valor final.

Así pudimos concluir que, en **promedio**, las instituciones encuestadas en el correspondiente trabajo de campo, pertenecientes a la Ciudad de Salta, poseen un **consumo mensual de combustible diésel de 557 litros**.

Seguido a ello, para conocer el canal de compra habitual, se encontró que, a excepción de una (1) respuesta de compra a “granel o mayorista”, todos los encuestados adquieren el combustible en las estaciones de servicio habituales, pudiendo variar la elegida dentro de ellas.

El objetivo de conocer este dato se encontraba orientado en conocer un precio o rango de precios, de compra por litro de combustible diésel, encuestado en la pregunta siguiente.

Cabe resaltar que los rangos de precios propuestos se encontraban en referencia de un promedio de los precios por litro de combustible diésel de calidad básica y de calidad premium, presentes en las distintas gasolineras de la ciudad al momento de hacer el relevamiento.

Además se incluyeron opciones de precios menores, no disponibles en compras directas, pero sí razonables en términos de la compra por mayor.

En base a los fluctuantes precios en el país, es probable que a la hora de la lectura de este trabajo, las opciones hayan quedado trucas por el tiempo.

Sin embargo queda registro de que aquellos establecimientos que suelen adquirir el combustible de forma directa lo harán al valor vigente al igual que un particular. Por otro lado, una institución que se abastece a granel, lo suele hacer a un precio un 10-20 % menor.

El último bloque de la encuesta hace énfasis en el biodiésel como una alternativa renovable a los combustibles fósiles. Se busca saber cuál es el grado de conocimiento de los encuestados en la temática y su postura ante la posibilidad de incorporar el mismo al uso en tareas correspondientes.

De esa forma podemos visualizar que el entendimiento del tema es básico pero no especializado. No se encontró ninguna respuesta que demuestre conocimiento nulo ni total, quedando el 100 % de las respuestas englobadas en opciones “Conozco muy poco” con 43% y “He oído hablar pero no lo conozco en detalle” con el 57 % restante.

Continuando hacia la posibilidad de incorporar el biodiésel presentado en reemplazo del diésel las respuestas fueron variadas. El 57 % de los encuestados respondieron positivamente, mientras que los encuestados restantes se repartió entre la opción neutral y aquella que denota baja predisposición.

Resulta interesante que no existió ninguna respuesta que descarte completamente la alternativa, dejando la opción “No estoy dispuesto” con ninguna respuesta.

Luego de ello se interrogó sobre las principales preocupaciones a la hora de incorporar el biocombustible a la institución. Esta pregunta es fundamental ya que es la primera que explica cualitativamente los puntos de vista de los encuestados y nos da el pie para conocer donde se debería hacer foco a la hora de promover esta iniciativa.

Las opciones relacionadas con el funcionamiento de la maquinaria fueron las principales, siendo “Baja en el rendimiento de la maquinaria” elegida por 6 de los encuestados. El “Impacto en garantía de equipo” tomó el segundo lugar con 4 de las respuestas.

Motivos como el origen del combustible, la falta de conocimiento en el tema y de proveedores confiables ocuparon un segundo plano. Se destaca que la falta de certificación del producto no fue respondida por ningún encuestado.

En contraposición, se realizó una pregunta similar acerca de las principales motivaciones en caso de decidir incorporar esta posible alternativa de combustible.

No sorprende que el aspecto ambiental sumado al menor precio fueran las opciones que lideren esta lista, siendo elegidos por más de dos tercios de los encuestados. Estos son al fin, los pilares de la propuesta de este trabajo.

Por otro lado, el hecho de que esta iniciativa fomente la economía circular y la producción local de la Ciudad de Salta obtuvo sólo un tercio de las respuestas.

Para finalizar se elaboraron dos preguntas de índole económico, a fines de poder estimar un precio de venta y, junto con la cantidad demandada, un posible margen de contribución.

La primera de ellas indaga sobre el valor que los encargados de los establecimientos estarían dispuestos a pagar por litro del biocombustible en comparación con el diésel convencional. La opción “Incluso más, si el rendimiento es igual” contó con 2 respuestas al igual que la alternativa “Al mismo precio”. Por último, llevándose las 3 respuestas restantes, “Sólo lo consideraría si es más barato”.

Llama la atención la primera de estas, remarcando que si se logra atacar la principal preocupación de las instituciones, el rendimiento de sus maquinarias; el precio pasaría a un segundo plano, conociendo las ventajas que representa el biodiésel hacia el medioambiente.

Además no existió ninguna respuesta que demuestre el rechazo completo a la alternativa, con nulos resultados en la opción “No lo consideraría en ningún caso”.

Por último, figura una pregunta opcional, destinada a que los encuestados realicen a grandes rasgos una estimación de un posible precio del litro de un biodiésel de las características del proyecto.

Algunos respondieron con un valor precio, siendo las respuestas recibidas: \$1000, \$1100 y \$1200 pesos argentinos.

Esta gama de valores remarca el gran desconocimiento del tema biocombustibles en general, siendo que a noviembre del año 2025 el precio mínimo por litro de biodiésel es de \$1.520 pesos argentinos a partir de una resolución de la Secretaría de Energía.

MARCO TEÓRICO-TÉCNICO

Para el desarrollo de este proyecto resulta esencial comprender la reacción química de transesterificación de los aceites, utilizada para la producción del combustible.

A continuación se explicarán los conceptos necesarios para entender el trabajo desde un punto de vista técnico.

El presente proyecto gira en torno a los *compuestos orgánicos*, siendo estos los que derivan de la materia orgánica, es decir aquella intrínseca de los seres vivos. Los mismos se encuentran formados en su mayoría por átomos de carbono e hidrógeno, unidos entre sí por enlaces covalentes, formando largas cadenas que pueden ser lineales, ramificadas, abiertas o cerradas, denominadas *cadenas hidrocarbonadas* o más conocidos como *hidrocarburos*.

Resulta pertinente entonces comenzar a hablar sobre los *aceites*. Un aceite se define, según la Real Academia Española, como aquellos líquidos grasos de origen natural que se obtienen de frutos o semillas, como la soja, maíz, girasol, nueces, aceitunas y también de algunos animales, como la ballena o el bacalao.

Los aceites son líquidos a temperatura ambiente, no miscibles con el agua y de menor densidad que ella. Siendo la densidad del agua aproximadamente 1 g/cm³ a 20° C y la del aceite, dependiendo del tipo, entre 0,840 y 0,960 g/cm³.

De esta definición se desprenden conceptos más profundos. Al decir que los aceites son líquidos grasos, entonces afirmamos que pertenecen al grupo de las grasas. Si bien el término lípido es a veces utilizado como sinónimo de grasas, cabe aclarar, que estas últimas son un subgrupo de los primeros, llamados triglicéridos, a los cuales se entrará en detalle más adelante.

Los triglicéridos sólidos a temperatura ambiente son denominados grasas; mientras que los que son líquidos, son conocidos como aceites. En estos últimos se centrará el proyecto.

Siguiendo el hilo, los **lípidos** son una de las biomoléculas constituyentes de los seres vivos, como los aminoácidos, glúcidos, proteínas y ácidos nucleicos. Están compuestos en su mayoría por elementos como carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo y azufre.

Tienen la propiedad de ser insolubles en agua y solubles en disolventes orgánicos como el metanol, también llamado alcohol metílico o de quemar (CH_3OH), que es incoloro e inflamable. Resulta pertinente la aclaración por ser este el reactivo utilizado en la reacción de transesterificación que se explicará más adelante.

Los lípidos a su vez se pueden dividir en ocho categorías: ácidos grasos, **glicerolípidos** (dentro de los cuales encontramos a los triglicéridos), glicerofosfolípidos, esfingolípidos, sacarolípidos, policétidos; lípidos de esteroles y lípidos de prenol.

Los aceites o grasas, forman parte de los **triglicéridos**, que se definen como ésteres derivados del glicerol, un alcohol, y tres ácidos grasos, de allí su nomenclatura de tri- y -glicérido.

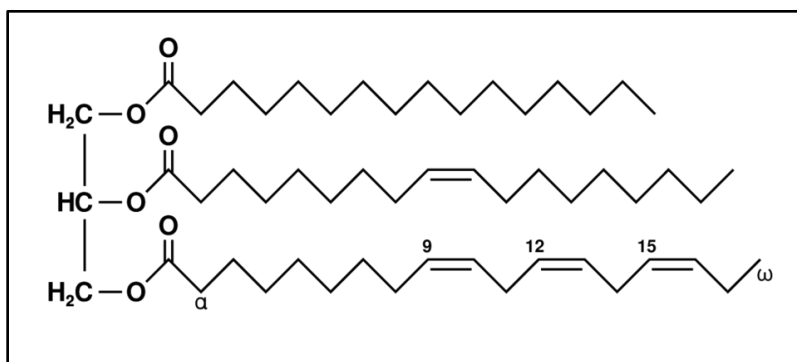


Figura 12

Estructura química de un triglicérido. Fuente: Harper, Bioquímica Ilustrada.

Nota: la parte izquierda corresponde al glicerol y la parte derecha a diversos ácidos grasos.

Los **ésteres** son aquellos compuestos cuya estructura se puede expresar de la forma: $\text{R}-\text{C}=\text{O}-\text{OR}'$. Donde R hace referencia a una cadena carbonada, que se une a

un átomo de carbono, a su vez unido por enlace doble a un átomo de oxígeno y en su extremo se enlaza otra cadena carbonada R' que es un **grupo funcional alquilo**.

Un ejemplo de formación de un éster se da en la reacción de sustitución entre un ácido carboxílico ($R\text{-COOH}$), como ser un ácido graso, y un alcohol, como el glicerol ($R'\text{-OH}$). Aquí el grupo hidroxilo (-OH) presente en el ácido es sustituido por un radical hidrocarbonado del alcohol. El átomo de hidrógeno restante del grupo carboxilo, se combina con el grupo OH sustituido, formando agua. Este proceso es el que se conoce como **esterificación**.

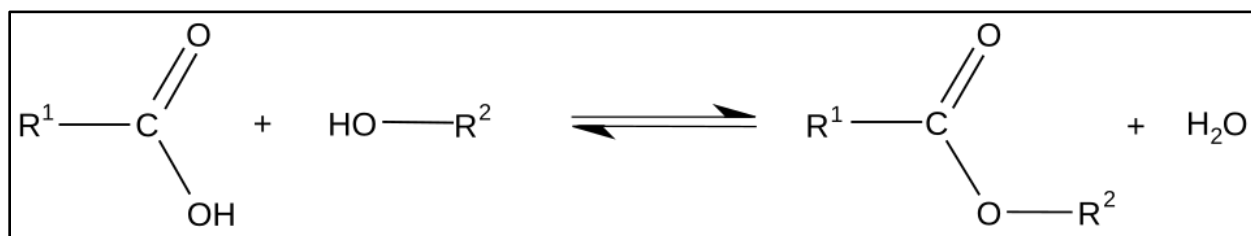


Figura 13

Reacción química de esterificación. Fuente: Harper, Bioquímica Ilustrada.

Nota: R^1 hace referencia a la cadena carbonada R del ácido carboxílico (ácido graso). R^2 hace referencia a la cadena carbonada R' del alcohol.

La reacción de esterificación suele llevarse a cabo a partir del calentamiento de una mezcla del alcohol y del ácido correspondiente con presencia de un catalizador como el ácido sulfúrico (H_2SO_4). Este método se puede utilizar de forma previa a la transesterificación para aumentar el rendimiento de la misma. Se extenderá en este tema más adelante.

La nomenclatura de los ésteres se realiza según el ácido y el alcohol del cual derivan. Por ejemplo, tomando el caso del ácido oleico, un ácido carboxílico presente en el aceite de girasol, el

nombre del éster que deriva del mismo será "oleato de metilo". La primera parte, oleato, proviene del ácido oleico y la segunda mitad, de metilo, proviene del alcohol metílico con el que reacciona.

Habiendo definido a los triglicéridos, se detallará a sus dos componentes esenciales, los ácidos grasos y el glicerol.

Los **ácidos grasos** son largas cadenas lineales de hidrógeno y carbono, en cuyo extremo hay un **grupo carboxilo** (-C=O-OH). Este grupo funcional les da la condición de ácido y está compuesto por un carbono enlazado doblemente con un oxígeno y un grupo oxhidrilo (-OH) unido al mismo por enlace simple.

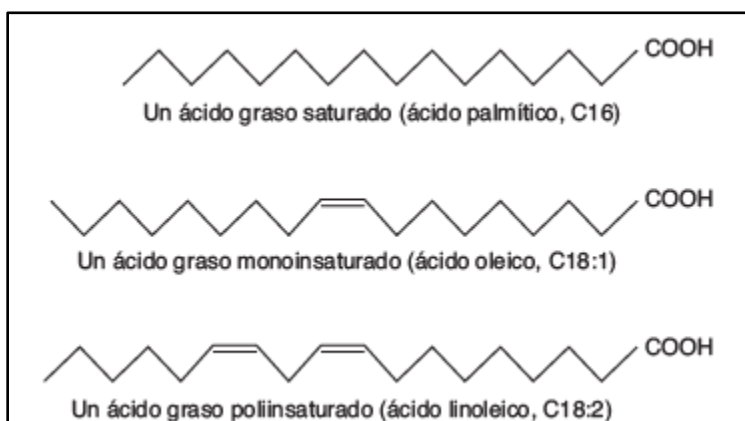


Figura 14

Estructura de distintos ácidos grasos. Fuente: Harper, Bioquímica Ilustrada.

Un **ácido carboxílico** entonces, es aquel ácido que contiene un grupo carboxilo unido a como radical.

La nomenclatura general de un ácido graso es: R-COOH , donde R es la cadena hidrocarbonada que identifica al ácido en particular y COOH es el grupo ácido carboxílico.

Un punto de suma importancia a los efectos ambientales de este trabajo es la característica anfipática de los ácidos grasos. Estos cuentan con una región apolar hidrófoba, la cadena

hidrocarbonada, que repele el agua; y una región polar hidrófila, el extremo carboxílico, que sí interactúa con el agua.

Debido a estas características sucede que cuando los ácidos grasos entran en contacto con el agua, forman una capa superficial sobre ella, por su menor densidad. Así se genera una película con sus colas (la parte no polar) orientadas hacia fuera del agua, y la cabeza polar hacia dentro del agua.

Esto es lo que ocurre cuando los desechos de aceites siguen su curso por los sistemas de desagüe hasta terminar en los cuerpos hídricos, como ríos o mares. Esta capa es la que impide el correcto intercambio de gases como el oxígeno, afectando así la vida acuática presente.

Otro compuesto de interés es el **glicerol** ($C_3H_8O_3$), más conocido como **glicerina**. Es un alcohol formado por una cadena hidrocarbonada con tres grupos hidroxilos (OH) en su extremo. En su estructura es un hidrocarburo del tipo alcano por eso su nombre químico técnico es *propano-1, 2, 3-triol*.

El glicerol tiene un estado de agregación líquido a una temperatura ambiental de 25 °C y es higroscópico, inodoro e incoloro. Posee un coeficiente de viscosidad alto y una mayor densidad que el agua y el aceite, siendo este valor aproximadamente 1,25 g/cm³ a temperatura ambiente.

La glicerina se puede obtener a partir de la **saponificación** de las grasas. En este proceso se lleva a cabo la reacción entre un ácido graso y una base fuerte como el hidróxido de sodio (NaOH) o de potasio (KOH) en presencia de agua, a altas temperaturas. El resultado es la producción de jabón con glicerina como subproducto. Se denomina **jabones** a las sales sódicas y potásicas derivadas de los ácidos grasos.

La glicerina se caracteriza por su alto punto de ebullición y una elevada capacidad para disolver compuestos orgánicos e inorgánicos en condiciones normales de presión y temperatura.

Es un compuesto biodegradable, no tóxico ni irritante. Gracias a ello, se puede utilizar como lubricante, humectante, espesante y anticongelante. También se puede utilizar en artículos de aseo, como jabones, medicamentos y productos alimenticios.

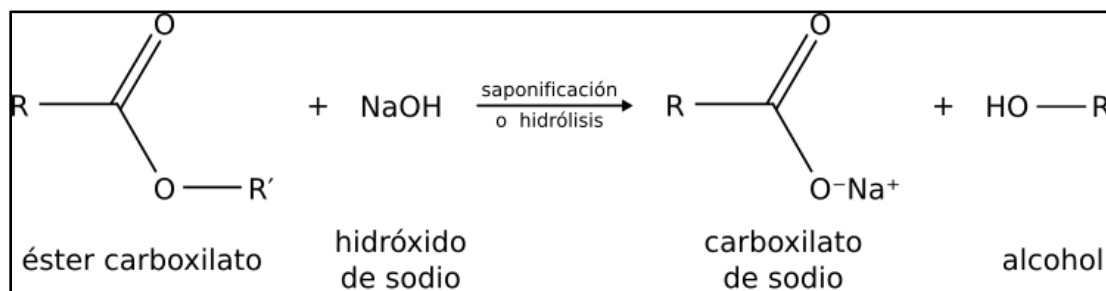


Figura 15

Reacción de saponificación.

Nota: el éster carboxilato hace referencia a un éster derivado de un ácido carboxílico. El carboxilato de sodio es un tipo de jabón y el alcohol junto a la cadena carbonada R' forman el glicerol.

Todas aquellas sustancias que en su estructura molecular contienen restos de ácidos grasos son susceptibles de saponificación. Esta reacción toma importancia porque sirve como parámetro de la composición y calidad de los ácidos grasos libres, FFA por sus siglas en inglés, *Free Fatty Acids*, presentes en los aceites de origen vegetal. Mediante esta reacción se puede determinar el **Índice de Saponificación**.

En relación a esto, la glicerina también puede obtenerse como un subproducto durante la reacción de transesterificación. Esta reacción en particular es de especial interés ya que está involucrada en el método productivo a utilizar por el proyecto.

En la transesterificación, el objetivo es producir biodiésel, pero si la mezcla de aceites contiene muchos ácidos grasos libres, al reaccionar con la soda cáustica, saponifican, es decir forman jabón. Esto reduce el porcentaje de conversión y dificulta la separación de las fases resultantes.

Recordando entonces que los triglicéridos son ésteres formados por la unión entre la glicerina con ácidos grasos, específicamente tres de ellos, se distinguen dos grandes grupos, los *saturados* y *no saturados*.

Los *triglicéridos* (grasas) *saturados*, llevan este nombre por tener todos sus átomos de carbono saturados con hidrógeno. Tienen un punto de fusión más alto que los insaturados y en general son sólidos a temperatura ambiente. Este es el caso de las grasas animales como la presente en carne vacuna, lácteos enteros y sus derivados.

Los *triglicéridos insaturados* tienen dobles enlaces entre algunos de los átomos de carbono, lo que reduce la cantidad de lugares donde los átomos de hidrógeno pueden unirse a los átomos de carbono. Estos tienen un punto de fusión más bajo y suelen ser líquidos a temperatura ambiente. Ejemplos de este tipo son los aceites vegetales como el de girasol, maíz u oliva.

Los triglicéridos insaturados pueden a su vez subdividirse en:

- ***Monoinsaturadas***: aquellos ácidos grasos que poseen una sola insaturación en su estructura, es decir, poseen un solo doble enlace carbono-carbono ($C=C$). Un ejemplo es el ácido oleico, comúnmente llamado *omega 9*.
- ***Poliinsaturadas***: aquellos ácidos grasos que poseen más de un doble enlace entre sus carbonos. Ejemplos son la serie *omega 3* y *omega 6* que se encuentran en la mayoría de los pescados azules (atún, salmón) y oleaginosas (maíz, girasol, soja).

Habiendo definido a todos los términos que lo componen, se procede entonces a explicar el proceso de *transesterificación*. En términos generales, dicha reacción se da cuando se intercambia una cadena hidrocarbonada R de un éster, con el grupo R' de un alcohol. Dejando como producto un alcohol y un éster de composición distinta a los iniciales.

Se lleva a cabo en temperaturas que oscilan entre 50 °C y 80 °C y se utilizan catalizadores (ácidos o básicos) para favorecer esta reacción.

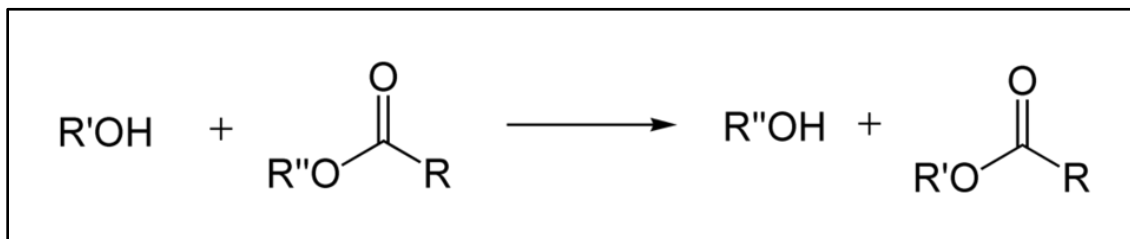


Figura 16

Reacción química de transesterificación. Fuente: Harper, Bioquímica Ilustrada.

En el caso en cuestión del trabajo, el éster que presenta la cadena R, será la mezcla de triglicéridos provenientes de los aceites, y el alcohol con el que reaccionarán será el metanol, aunque por propiedades también podría ser el etanol. El producto obtenido será el biodiésel (éster) y el subproducto el glicerol (alcohol).

Debido a su similitud, resulta común pensar que las reacciones de esterificación y transesterificación pueden representar lo mismo, pero no es así.

Durante la reacción de esterificación los ácidos grasos libres en la mezcla se convierten en ésteres gracias a un catalizador como el ácido sulfúrico. Estos provienen de la hidrólisis térmica que sufren los aceites durante la fritura, en donde los triglicéridos, principal componente de los AVU, se dividen en ácidos grasos y glicerol. El objetivo es reducir este valor en la mezcla de aceites para evitar que se produzca una saponificación indeseada en la reacción de la transesterificación.

Por otro lado, la transesterificación consiste en la conversión de triglicéridos en ésteres. El objetivo es la producción de biodiésel. Por ello muchas veces se debe realizar en primer lugar una esterificación para luego continuar con el proceso.

Habiendo explicado todos los términos que lo componen, ahora sí estamos en condiciones de definir al producto final de este trabajo, el **biodiésel**.

Según la norma ASTM, el biodiésel se denomina como “toda mezcla de ésteres monoalquílicos de ácidos grasos de cadena larga, derivados de aceites vegetales o grasas animales”.

En un enfoque más práctico, la Ley Nacional N° 26.093/06 define al biodiésel como “*todo combustible producido a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos*”.

El prefijo bio- se debe a la naturaleza renovable del mismo, en contraste con los combustibles fósiles; y diésel hace referencia a la aplicabilidad del mismo en motores de este tipo.

Se puede clasificar a los biocombustibles en general acorde a la fuente de la materia prima que les de origen:

Los biocombustibles de **primera generación** son los que derivan directamente del producto agrícola en cuestión. Por ejemplo aquel obtenido del aceite de la oleaginosa correspondiente, como ser el grano de soja. También engloban a aquellos derivados del azúcar o almidón. Este es el que se conoce como biocombustible “virgen”.

Por otro lado, los biocombustibles de **segunda generación** engloban aquellos que derivan de materias primas no alimenticias o que no fueron obtenidas a partir de la agricultura, como los que provienen de la biomasa o residuos orgánicos. Este es el caso en estudio, ya que engloba a los aceites vegetales usados.

En último lugar se presentan los de **tercera generación**, generados a partir del cultivo intensivo de algas, generalmente del género *Schizochytrium*. Estas son ricas en ácidos grasos de

la serie omega 3, y se puede elaborar aceite de alga a partir de métodos de prensado, extracción con solventes o enzimas, para luego producir el biocombustible (Goldstein & Gutman, 2010).

Estos últimos son aquellos de mayor novedad, costo y tecnología asociada, y sólo se los menciona en este trabajo a los efectos de conocimiento general.

Cabe resaltar que la clasificación de los biocombustibles recién enunciada, que los divide en primera, segunda o tercera generación, no es única, y puede variar acorde a distintos autores y fuentes.

PROCESO PRODUCTIVO

Generalidades

Existen distintos métodos productivos para la elaboración del biodiésel a partir de aceites o grasas. El elegido en este trabajo será el que utiliza la **reacción de transesterificación**, ya explicada previamente.

Se enunciarán de forma breve los otros procesos existentes para contrastarlos entre sí y argumentar la razón de la elección.

Craqueo térmico o pirólisis

En esta reacción las cadenas de hidrocarburos de los aceites se descomponen a altas temperaturas (400°C - 500°C). La misma se lleva a cabo sin un complejo alcohol y en ausencia de oxígeno. Tiene como resultado mezclas de hidrocarburos líquidos, similares al biodiésel, gases de combustión y carbón o coque, estos últimos siendo no deseados.

El principal inconveniente es el gasto energético necesario para llevar a cabo la reacción a tales temperaturas. Además, como se mencionó, el producto obtenido no es propiamente biodiésel. Cuenta en su estructura con alcanos y estructuras aromáticas como el benceno, y no posee casi oxígeno en su composición. Por ello no cumple con las especificaciones técnicas del biodiésel según la norma ASTM D6751 y por lo tanto precisa de una refinación extra antes de ser considerado como tal.

Craqueo Catalítico:

Similar al craqueo térmico, se descomponen los aceites a altas temperaturas, que van de 350°C a 500°C, en presencia de un catalizador como ser óxido de silicio (SiO₂) o alúmina (Al₂O₃).

Este método presenta mejores valores de rendimiento que la reacción anterior. Sin embargo, el producto tampoco cumple con normativas para ser considerado biodiésel y existe un costo extra de los catalizadores, que además por la presencia de agua e impurezas en los aceites pueden envenenarse.

Hidrólisis:

También llamado hidrotratamiento o hidrogenación catalítica, consiste en la adición de hidrógeno (gas) y algún catalizador metálico como níquel o platino, para saturar y desoxigenar aceites, dando como resultado un combustible de alta calidad.

Se realiza a alta presión y temperatura y por ello es el método que implica el mayor costo e infraestructura necesaria dentro de los exployados.

Transesterificación:

Habiendo enunciado así los distintos métodos y recordando el concepto de transesterificación, desarrollado en el marco teórico, como el de aquella reacción química entre triglicéridos y un alcohol en presencia de un catalizador alcalino o ácido, para formar biodiésel como producto y glicerina como subproducto; se procede a mencionar las razones la elección del mismo como método productivo.

En primer lugar se tiene en cuenta el alto rendimiento de conversión, mayor al 95 % y el bajo costo energético asociado, debido a que la reacción ocurre entre los 50°C a los 80°C acorde al tipo de catalizador utilizado, y sucede a presión atmosférica (IICA-ARPEL, 2009).

Además, los reactivos necesarios, como el metanol o la soda cáustica, son relativamente económicos y de alta disponibilidad. La calidad del combustible obtenida por este método, es además muy alta y acorde a normas ASTM y EN.

Por otro lado, la maquinaria e infraestructura necesaria es sencilla, necesitando un reactor, bombas centrífugas, tambores de acero inoxidable, bidones de plástico, cañerías de PVC, entre otros.

También es cierto que este método es sensible al contenido de agua y ácidos grasos libres (FFA) en la mezcla, y por lo tanto se debe realizar una decantación y asentamiento primario antes de la reacción. Además requiere de una posterior filtración y una disposición de la glicerina formada, ya sea como residuo o para su uso industrial. Los vapores generados por el metanol son tóxicos y por ello se debe verificar una hermeticidad en los reactores y asegurar un circuito cerrado de recupero de los mismos.

La transesterificación entonces se puede distinguir acorde al catalizador usado. Cuando se utiliza uno alcalino se la conoce como transesterificación alcalina, y en el otro caso tomará el nombre de transesterificación ácida.

La primera suele utilizar soda cáustica como catalizador. Se obtiene alta eficiencia con aceites limpios, es decir aquellos que cuenten con menos del 2 % de FFA, sin embargo suele saponificar fácil cuando la mezcla de aceites presenta altas cantidades de agua y ácidos grasos libres, en cuyo caso la separación de fases se dificulta. Por otro lado, este reactivo es más barato que su alternativa, el hidróxido de potasio (KOH).

La transesterificación alcalina tiene un tiempo de reacción de 1 a 2,5 horas, y puede trabajar a una temperatura que va desde los 50°C a los 65°C aproximadamente. Su porcentaje de conversión a biodiésel ronda el 95–98 % con aceites limpios.

Por otro lado, la transesterificación ácida suele utilizar ácido sulfúrico (H_2SO_4) como catalizador. Precisa una temperatura mayor a 60°C y hasta 80°C y el tiempo de reacción se encuentra en un rango amplio de 4 a 10 horas dependiendo del contenido de FFA.

A diferencia de la transesterificación básica, posee una mejor tolerancia a estos últimos y por ello no produce tanto jabón indeseado. De todo esto se desprende que el costo operativo y energético es mayor.

Contrastadas las dos alternativas, se concluye que el método productivo elegido dentro de las distintas opciones de producción de biocombustible será la **transesterificación alcalina**.

A niveles generales se estima que mediante este método, se obtiene un litro de biodiésel cada 1,2 litros de aceite. (RIAR, 2024, p.258)

La materia prima del proceso será el aceite vegetal utilizado que ha sido recolectado. Los “proveedores” de la misma serán los locales gastronómicos como restaurantes, hoteles y cadenas de comida rápida de la Ciudad de Salta, de ahora en más, *generadores*.

Los reactivos utilizados serán metanol puro y soda cáustica. En aquellos casos en donde se encuentre que la mezcla tiene una acidez determinada, condicionada por el valor de pH y el porcentaje ácidos grasos libres en la mezcla, se deberá utilizar ácido sulfúrico previamente.

El metanol es un alcohol incoloro, volátil e inflamable. Su punto de ebullición es aproximadamente 65 °C y es completamente miscible con numerosos disolventes orgánicos.

Para este proceso no se requiere metanol de calidad analítica, conocido como ACS o Pro-Análisis, ya que este último se encuentra destinado a ensayos en pequeña escala y por lo tanto su costo unitario es muy alto, resultando económicamente inviable para la escala de este trabajo.

Lo adecuado es emplear metanol de grado industrial o técnico, también denominado metanol anhidro industrial, con una pureza mínima del 99,5 %. La palabra anhidro hace referencia a que tiene un contenido de agua muy bajo, en general menor al 0,05 %.

Este tipo de metanol se comercializa en grandes volúmenes (bidones, tambores o cisternas) y es suficientemente puro para garantizar la eficiencia de la transesterificación.

Por otro lado, la soda cáustica o hidróxido de sodio, es un compuesto inorgánico sólido, que se presenta en forma de escamas, perlas o soluciones acuosas concentradas. Es una base fuerte y corrosiva, con alta reactividad frente a compuestos orgánicos e inorgánicos. Su densidad es de $2,15 \text{ g/cm}^3$ y su punto de fusión es de $318 \text{ }^\circ\text{C}$.

El compuesto más adecuado es el hidróxido de sodio grado industrial, con pureza mínima del 98 % en escamas o perlas. Este tipo de producto es de relativamente bajo costo y se comercializa en bolsas de 25 o 30 kg.

Por último, el ácido sulfúrico es un ácido fuerte, de estado de agregación líquido, incoloro y altamente corrosivo. En este procedimiento, actúa catalizando la esterificación de los FFA con metanol, reduciendo la acidez del aceite y evitando la formación de jabones en la transesterificación alcalina.

Al igual que con el metanol, no es necesario emplear ácido sulfúrico de calidad analítica. En procesos de producción de biodiésel se utiliza ácido sulfúrico concentrado (95–98 %) también llamado de grado técnico o industrial.

Este producto se comercializa en bidones, tambores o a granel y existe una amplia disponibilidad en el mercado químico argentino. Su concentración es la misma que la de los reactivos de laboratorio, pero con especificaciones menos estrictas respecto a las impurezas, lo cual no afecta su desempeño en la esterificación de FFA y disminuye su precio.

Con respecto a todos estos compuestos, la Ley Nacional N° 26.045/05 - Ley del Registro Nacional de Precursores Químicos (RENPRE), los define como sustancias o productos químicos que, por sus características o componentes, pueden servir de base o ser utilizados en la elaboración de estupefacientes. Los precursores químicos pueden separarse en *precursores*, *sustancias puras* y *productos*.

En esta definición se atiende el peligro de los precursores químicos más allá de que los mismos tengan usos lícitos en la industria, agricultura, investigación y otras actividades.

Debido a que cualquier persona humana o jurídica que realice cualquier tipo de actividad con los mismos se considera un operador, implica que su compra y uso requieren una inscripción previa en el RENPRE, administrado por la Secretaría de Políticas Integrales sobre Drogas de la Nación Argentina (SEDRONAR). La subcategoría ocupada en este caso sería la de Pequeño Operador.

Todos los reactivos mencionados forman parte de las sustancias puras controladas acorde al Decreto Reglamentario 593/2019 en el Anexo II. Sin embargo este a su vez los divide en dos listas.

A aquellos de la lista II (hidróxido de sodio y ácido sulfúrico) les corresponde la inscripción en el RENPRE, sin embargo a los pertenecientes a la lista III (metanol) se les permite el comercio libre. Los operadores sólo deben mantener un inventario fidedigno de estos últimos.

Se exige además llevar el registro detallado de todas las operaciones realizadas con las sustancias, la renovación del certificado y el cumplimiento de medidas de seguridad para el almacenamiento y manejo seguro de las mismas.

Habiendo explicado entonces los distintos métodos de elaboración de biodiésel, las ventajas y desventajas de cada uno, las razones de la elección y sus especificaciones, además de algunas aclaraciones pertinentes a los agentes y reactivos involucrados en la cadena, se procede a explicar el flujo productivo.

El mismo comprende distintas etapas: la logística de recolección, el acondicionamiento de la materia prima, el proceso de elaboración en sí y las etapas de refinamiento sobre el producto final.

El método a seguir en este trabajo se basa en el propuesto del Manual de Biocombustibles, diseñado por la Asociación de Empresas de Petróleo, Gas y Energía Renovable de América Latina y el Caribe (ARPEL) en asociación con el IICA (Instituto Americano de Cooperación para la Agricultura).

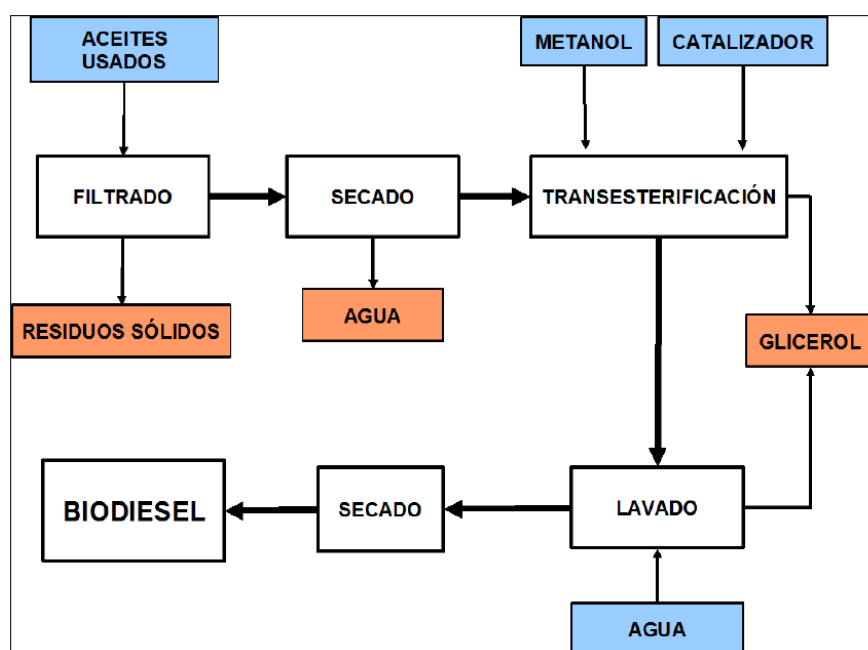


Figura 17

Proceso de elaboración de biodiésel a partir de AVU. Fuente: (Garrido, 2019, pp.90).

Etapas productivas

Recolección:

Se llevará a cabo en bidones de polietileno de alta densidad (PEAD) de 30 litros, que serán proporcionados a los restaurantes para hacer el llenado de los mismos. La cantidad entregada a los establecimientos varía acorde los volúmenes a desechar y a la frecuencia de cambio de aceite de cada uno.

Los mismos serán recogidos cada 15 días para estandarizar una frecuencia de retiro y poder otorgar certeza a los locales además de economizar viajes.

Filtración primaria:

Una vez se han recogido los bidones con el aceite utilizado, se llevarán a la planta en donde se dejarán reposar de 1 a 3 días. Lo que se consigue con esto es la sedimentación de aquellos restos sólidos propios de los procesos de fritura, como ser: pan rallado, cáscara de papas, rebozados, entre otros.

Luego de ello se procede a realizar una primera filtración manual con una malla fina metálica, obteniendo un aceite más limpio que el recogido inicialmente.

Debido a que los residuos sólidos son de material orgánico y no constituyen un peligro medioambiental, pueden utilizarse incluso en la fabricación de compost agrícola, como fue el caso de la Cooperativa de Quilmes, citado en los antecedentes del proyecto.

Decantación:

El aceite filtrado es ahora depositado manualmente en 3 tambores de acero inoxidable de 200 litros. Aquí se dejarán en reposo de 2 a 5 días con el objetivo de que el agua contenida se decante en la parte inferior del recipiente, por diferencia de densidad con respecto al aceite.

En la parte inferior de cada tambor se dispone de una pequeña válvula de salida. A partir de la misma diariamente se purga el agua contenida hasta el momento en que comience a salir aceite, punto en donde se habrá eliminado este exceso.

A medida que sale el agua, se lleva consigo también los sólidos en suspensión más finos, como las harinas, que no se retuvieron en la filtración primaria.

Si bien el residuo acuoso resultante tendrá un color amarronado, propio de la suciedad y el uso que se le haya dado, no significa que al purgar se pierda aceite, esto es así gracias a que la

diferencia de densidad entre ambos compuestos puede distinguirse visualmente.

A mayor tiempo de asentamiento, mayor el contenido de agua retirado. Acorde a cada lote esta etapa puede demorar una semana o más.

Existe también otra opción para eliminar el remanente de humedad de la mezcla y es calentar la misma hasta los 100°C mediante el uso de resistencias eléctricas. Así se llega a la temperatura de ebullición del agua, evaporándose el remanente de agua contenido.

Esta alternativa no será elegida en el caso en cuestión debido a que conlleva un gasto energético mayor pero cabe remarcar que disminuye el tiempo total del ciclo productivo ya que así se podría omitir el período de decantación natural.

Asentamiento y filtración secundaria:

Desde los tambores se obtiene una mezcla de aceites más pura que la recogida inicialmente, ya que se ha filtrado y decantado en una primera etapa. Es así que se traspasa manualmente la mezcla a un contenedor de plástico reforzado (IBC) de 1000 litros. Este puede acumular el contenido de 5 tambores de 200 litros.

Los contenedores cuentan con una válvula de salida inferior y otra a media altura. Allí se dará la última etapa de decantación del agua y sedimentación de los sólidos restantes que nuevamente pasarán por un filtro de malla metálica para su retención.

Esta fase consiste en el último eslabón de los preparativos del aceite antes de la reacción de transesterificación.

Preparación de reactivos:

Esta etapa no debe ocupar necesariamente un lugar específico dentro de la cadena productiva debido a que simplemente es una operación paralela a realizar antes de la reacción.

Como se mencionó anteriormente, en el reactor, los aceites reaccionan con el metanol y la

soda cáustica. La unión de estos dos reactivos, genera un compuesto en solución conocido como metóxido de sodio (CH_3ONa).

Para que las escamas de soda cáustica se disuelvan correctamente en el metanol, la solución se debe mezclar mecánicamente y dejar reposar por un mínimo de 24 horas.

El metóxido tiene las características de ser:

- Inflamable (metanol)
- Alcalino y corrosiva
- Puede liberar vapores tóxicos (metanol)

Este compuesto también se puede comercializar por sí mismo, y es ampliamente empleado como catalizador a nivel industrial y laboratorio. La presentación comercial se realiza en forma de polvo sólido blanco. En ese caso, y por estar compuesto por dos sustancias que ameritan un registro en el RENPRE, su compra y uso también requiere de la misma inscripción.

Debido a que la base utilizada es peligrosa, deben tenerse ciertas precauciones en su tratamiento, almacenamiento y traslado.

En primer lugar la mezcla debe prepararse en un sector aislado del proceso general y que cuente con la ventilación adecuada.

Luego debe ser contenida en un recipiente acorde como ser bidones de plástico resistente a la abrasión como el polietileno de alta densidad (HPDE) de 20 litros.

No se recomienda usar polietileno común si la concentración es alta, ni tanques de acero al carbono sin recubrimiento.

Debido a las características físico-químicas del metóxido, no se podrá emplear una bomba centrífuga como las utilizadas para el traslado de aceite y biodiesel para dosificarlo dentro del reactor.

Dicho equipo debería debe cumplir ciertos requerimientos técnicos compuesto que alojará:

- Cuerpo: Acero inoxidable AISI 316
- Sello mecánico y juntas: compatible con metanol (PTFE)
- Impulsor: inoxidable o polímero químicamente resistente
- Motor eléctrico antiexplosivo (Ex-proof)

Sin embargo, una bomba química de estas características implica un costo unitario muy alto, desproporcionado a la escala de producción adoptada. Además, en el proceso en cuestión no se precisa de inyección continua de reactivo en línea, ni dosificación milimétrica en ppm, funciones que llevaría a cabo un elemento de impulsión con los requerimientos que se mencionaron.

Dado el carácter batch del proceso y el volumen acotado de solución de metóxido por ciclo, se adoptará un sistema de alimentación por gravedad desde una posición elevada, reduciendo además riesgos eléctricos en zona con vapores inflamables y simplificando la operación del sistema.

Un tambor de acero inoxidable AISI 304 o 316 con tapa hermética, con válvulas y cañerías del mismo material, cumple las propiedades de resguardo de forma correcta para la dosificación del reactivo hacia el reactor.

Análisis de laboratorio:

Antes de llevar a cabo la reacción de transesterificación se debe realizar un análisis de laboratorio para determinar ciertas propiedades químicas de la mezcla.

Debido a la variedad de aceites presentes, que distan entre sí en origen, tipo y usos que se les ha dado; la mezcla será también heterogénea.

En este sentido, incluso un lote de AVU que provenga en su totalidad de un mismo tipo de aceite como ser el de girasol, presentará características físicas y químicas distorsionadas de los

valores establecidos del aceite de girasol puro, por ejemplo.

Los parámetros de interés, sin embargo, son aquellos que influyen en la eficiencia, rendimiento y/o duración de la reacción, así como la adición o no de ciertos reactivos.

Características	Valor Máximo	Unidad
FFA(ácidos grasos libres)	0,1 – 0,5	%
Fosforo	10 – 50	Ppm
Agua	0,05 – 0,1	%
Materia insaponificable	0,82	%

Figura 18

Especificaciones de aceite para biodiésel según Manual de Biocombustibles (ICA, 2009).

Para determinar la humedad aún presente en la mezcla se puede utilizar un método denominado como Karl Fischer de forma volumétrica.

Para hacerlo se añade una solución iodada (reactivo Karl Fisher), de concentración conocida a la mezcla de aceites. Se incorpora un disolvente como el metanol y una base. El agua presente en la mezcla reacciona con el yodo, formando yoduro de hidrógeno e indirectamente, en base al volumen de reactivo Karl Fischer consumido se conoce el valor de humedad.

Para medir la acidez, se procede con una titulación ácido – base. Se utiliza otra sustancia de concentración conocida, denominada titulante, la cual se mezcla en la solución y, por su carácter opuesto, se produce una reacción de neutralización. Es por eso que se utiliza una base fuerte como el hidróxido de sodio.

Se toma así una medida de aceite y se disuelve en una mezcla de solventes que puede ser etanol-tolueno, para facilitar la reacción. Se agita lentamente, mientras se añade la solución básica y a medida que transcurre la reacción los indicadores de fenolftaleína cambian de color hasta alcanzar cierto valor de pH (acidez).

La acidez, directamente relacionada con los ácidos grasos libres, se expresa entonces en mg de NaOH necesarios para neutralizar los ácidos libres presentes en 1 g de aceite.

En caso de obtener un valor entre el 1 y 2 % de acidez, es decir, cuando el aceite supera valores típicos de 2–3 mg KOH/g, se recomienda realizar una esterificación previa con ácido sulfúrico (H_2SO_4) y metanol, en donde las proporciones de los reactivos para tratar el lote de aceite serán aproximadamente:

- Metanol: 15–20 % v/v del aceite.
- Ácido sulfúrico: 1 % p/p del aceite.

Este tratamiento reduce el valor de FFA a menos de 1 %, permitiendo así proseguir con la transesterificación alcalina.

Por el contrario, si el contenido de FFA es mayor al 5 %, la mezcla no se puede utilizar como materia prima en la transesterificación alcalina. Se debe entonces optar por la transesterificación ácida. Esta última presenta mayores costos operativos para plantas pequeñas, que se mencionaron anteriormente, por lo que no será considerada en el presente trabajo.

Reacción de transesterificación:

Esta es la etapa en donde se dará en sí la reacción propia de la elaboración del combustible.

En el contenedor de 1000 litros se encuentra la mezcla de aceites a la cual se le ha purgado el agua contenida y ha sido filtrada varias veces. La extracción se realiza desde una válvula a nivel medio para evitar extraer condensados e impurezas.

Se trasladan mediante una bomba centrífuga 200 litros de aceite hacia un tambor de acero inoxidable, donde otra bomba permitirá el paso del fluido hacia el reactor.



Figura 19

Esquema de reactor de transesterificación.

Nota: medidas en milímetros. Croquis brindado por MGM Maquinaria tras pedido de cotización del reactor.

Se emplea un reactor de propósitos múltiples, un tanque de forma cilíndrica de acero inoxidable con cierre hermético. El mismo tiene una capacidad de 500 litros. Aquí se lleva a cabo la reacción entre los aceites y el metóxido de sodio.

Si bien algunas características de los reactores pueden variar acorde a cada diseño y especificaciones, en general cuentan con ciertos parámetros comunes que hacen a las propiedades de la reacción química que aloja.

A continuación se mencionan los aspectos técnicos del reactor de contra rotación que fabrica la empresa MMG Maquinaria, especializada en trabajos con acero inoxidable a pedido.

El equipo cuenta con una doble camisa para calentar el producto mediante 3 resistencias eléctricas de 5 kW. Incluye su propio tablero eléctrico con su PLC integrado. Tanto el fondo inferior como el superior tienen una geometría tipo *klopper* que facilita el escurrimiento de la solución.

Como se mencionó previamente, el reactor cuenta con un sistema de agitación mecánica para garantizar el contacto íntimo entre reactivos y la mezcla de aceites. El mismo está compuesto por dos motores de 1.5 kW cada uno, con su correspondiente reductor de velocidades, y rascadores unidos al eje de agitación en forma de paletas.

Además dispone de una válvula de seguridad por alta presión y su correspondiente válvula de salida inferior para el producto. El diámetro es de aproximadamente 1 metro con una altura total, contando la base, virola, y el cuerpo en sí de 2,6 metros.

A su vez se dispone de un manómetro y termómetro para medir la presión y temperatura de la emulsión durante la reacción y un sistema de recuperación de los vapores generados.

En el reactor se lleva a cabo la reacción del aceite con el metóxido de sodio y se eleva la temperatura de la solución hasta alcanzar los 65°C.

La reacción posee un tiempo variable según las propiedades de los triglicéridos y va desde 1 hasta 2,5 horas, trabajando a presión atmosférica.

La capacidad del mismo (500 l) es mayor que la carga por lote (300 l), debido a la necesidad de un espacio extra de aire para permitir la correcta oxigenación, circulación y escape de los vapores generados y por el aumento del volumen de la mezcla durante la reacción.



Figura 20

Reactor industrial de transesterificación. Fuente: MMG Maquinaria.

Producto y subproducto

Transcurrido el tiempo de reacción, se detiene el proceso. Si la misma fue exitosa, al cabo de 20 minutos, las dos fases presentes, biodiésel y glicerina, se deberían encontrar completamente separadas.

Debido a la diferencia de densidades entre los compuestos, en la parte superior se concentrará el combustible, mientras que en la inferior se encontrará el glicerol.

Mediante una válvula de salida ubicada en la parte cónica inferior, se retira la glicerina del reactor y se deposita en sus correspondientes bidones de almacenamiento.

Lavado

Una vez obtenido el biodiésel, este se traslada mediante una bomba centrífuga a 2 tambores de 200 litros que se llenan hasta tres cuartas partes, para un proceso de lavado previo a la salida como producto final.

Aquí se realiza un lavado con agua, con el objetivo de eliminar todas las impurezas solubles restantes. Luego se deja decantar la emulsión y finalmente se purga este resto acuoso. Este método se conoce como *dry washing*. Se puede realizar más de una vez para mejorar la eficiencia.

Se remarca que también existe un procedimiento utilizado para el lavado a partir de una corriente de carga iónica. Debido a la diferencia de electronegatividad del combustible con el agua, la soda cáustica y los restos del metanol y glicerol, estos se pueden separar del producto final.

Por la complejidad y costo que implica, dicha opción no será tomada en cuenta a los efectos de este trabajo.

Deshidratación final

Para terminar de eliminar el contenido de agua en el combustible, se envía la emulsión hacia un tanque deshidratador. Allí se calienta hasta alcanzar los 100°C. El resto acuoso se evapora y el contenido de biodiésel, por su temperatura de ebullición mayor, permanece.

A simple vista el biodiésel debería tener un aspecto cristalino y de color amarillo claro. Luego de un tiempo de reposo, el biodiesel disminuye su temperatura y está listo para ser trasladado al tanque de almacenamiento, que dispone de una válvula de salida para hacer la carga de los bidones de 20 litros como presentación final del producto.

Análisis de laboratorio

En la instancia final se toma una muestra del producto y se realiza un análisis químico en donde se comparan los parámetros obtenidos con los exigidos por las normas.

La guía de dichos valores viene dada por la Res. 923/2023, que muestra las especificaciones de calidad del biodiésel elaborado requeridas para certificar la comercialización del mismo o su uso en la mezcla con gasoil.

En la Figura 20 se muestran las especificaciones del producto final. Los parámetros del Grupo I serán obligatorios para la liberación de las partidas de biodiésel, mientras que los del Grupo II deberán ser controlados periódicamente con fines estadísticos.

Parámetro	Unidad	Límites		Método de Ensayo
		Mínimos	Máximos	
GRUPO I (Análisis Críticos)				
Contenido de Ésteres	% m/m	96,5	-	EN 14103
Ésteres metílicos del ácido linoleico	% m/m	-	12	EN 14103
Densidad a 15°C	kg/m3	860	900	ASTM D-1298
Viscosidad Cinemática a 40°C	cSt	3,5	5	ASTM D-445
Punto de Inflamación	°C	120	-	ADTM D-93
Contaminación Total	mg/kg	-	24	EN 12662
Cold Soak Filterability	segundos		Informar	ASTM D-6751
Contenido de Monoglicéridos	% m/m	-	0,8	ASTM D-6584
Contenido de Diglicéridos	% m/m	-	0,2	ASTM D-6584
Contenido de Triglicéridos	% m/m	-	0,2	ASTM D-6584
Contenido de Agua	% m/m	-	0,05	ASTM D-4928
Glicerina Libre	% m/m	-	0,02	ASTM D-6584
Glicerina Total	% m/m	-	0,25	ASTM D-6584
Índice de Acidez	mg KOH/g	-	0,5	ASTM D-664
Estabilidad a la Oxidación a 110°C	horas	6	-	EN 14112
Punto de Enturbiamiento	°C		Informar	ASTM D-2500
GRUPO II (Análisis Estadísticos)				
Metales Grupo I (Na+K)	mg/kg	-	5	EN 14538
Metales Grupo II (Ca+Mg)	mg/kg	-	5	EN 14538
Cenizas Sulfatadas	% m/m	-	0,02	ISO 3987
Residuo Carbonoso	% m/m	-	0,05	ASTM D-4530
Corrosión a la lámina de Cobre, 3 horas a 50° C	Grados	-	1	ASTM D-130
Fosforo	% m/m	-	0,001	ASTM D-4951/ICP
Número de Cetanos	n/a	45	-	ASTM D-613
Azufre	% m/m	-	0,001	ASTM D-5453
Índice de Iodo	g I2/100g		Informar	EN 14111

Figura 20

Especificaciones de calidad del biodiésel. Anexo II de Res. S.E. 923/23.

Balance de masa y energía

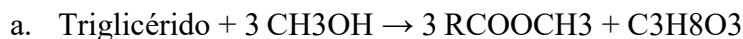
Con respecto al balance energético y de materia, los actores involucrados son la materia prima principal la mezcla de aceites vegetales usados; los reactivos, la soda cáustica, el metanol y el ocasional ácido sulfúrico. Los productos de la reacción son el biodiesel, la glicerina, vapor de agua y metanol generados, estos últimos considerados un subproducto. El calor añadido como energía hacia la reacción surge de resistencias eléctricas inmersas en la emulsión dentro del reactor.

Balance de materia:

1. Formación del catalizador activo (metóxido de sodio) a partir del metanol y la soda cáustica



2. Reacción principal: Transesterificación. Modelo estequiométrico general:



Las relaciones de proporcionalidad entre reactivos y productos para una reacción general de transesterificación siguen la siguiente estructura:

- 1,25 % p/p de NaOH
- 18 % p/p de metanol
- 1 % p/p de H_2SO_4 (sólo en caso de esterificación ácida previa)

En relación a ello se calcula la cantidad necesaria de materia prima, siendo el metanol, la soda cáustica y la esporádica inclusión del ácido sulfúrico los reactivos de relevancia.

Considerando un lote de 300 litros:

- Metanol: 54 litros
- Soda cáustica: 3,75 kilogramos
- Ácido sulfúrico: 3 kilogramos (acorde a lote)

En la Tabla 1 se resumen las sustancias involucradas en el proceso productivo, su calificación de acuerdo a la función que cumplen en la reacción de transesterificación, las relaciones de proporcionalidad entre las mismas y los aproximados porcentajes de conversión.

Los valores detallados se basan en las generalidades dispuestas en el *Manual de Biocombustibles del IICA-ARPEL*.

Tabla 1

Productos y subproductos de la reacción de transesterificación. Fuente: elaboración propia.

Categoría	Sustancia	% Respecto a AVU	Cantidad	U.M
Materia Prima	Aceites Vegetales Usados	100 % (base cálculo)	100	L
Reactivo	Metanol	18-22 %	18	L
Catalizador	Soda cáustica	1,25 %	1,25	Kg
Producto	Biodiésel	~85-92 %	~90	L
Subproducto	Glicerina	~8-12 %	~10	L

Balance de energía

1. Temperatura alcanzada en el reactor: 65°C.
2. El reactor tiene 3 resistencias eléctricas de 5 kW (15 kW instalados).

3. Tiempo de reacción es de 1 a 2,5 horas.
4. Energía eléctrica consumida por calentamiento del reactor: En base al tiempo de reacción el consumo energético del reactor sería de entre 15 y 37,5 kwh por lote.

Planta piloto

El estudio de la localización teórica de la planta es otro punto que hace al estudio de la factibilidad integral de este proyecto.

En términos estructurales, las necesidades de una planta piloto de producción de biodiesel son simples. No existen requerimientos específicos de construcción ni obra civil.

Por otro lado, se precisa de la disponibilidad de servicios básicos, como energía eléctrica trifásica, red de agua y sistema cloacal. Ya se destacó que en el proyecto no intervienen circuitos de gas natural, vapor ni aire comprimido.

Con respecto a la ubicación, un sector de la Ciudad de Salta que funcione como nexo entre el mercado del producto final (demanda) y los puntos de recolección de la materia prima (oferta) sería óptimo.

La planta se beneficiaría de estar emplazada en algún recinto de índole industrial, en base a los menesteres de servicios, preferiblemente en las periferias de la ciudad.

Un punto céntrico, si bien se encontraría cercano a los generadores de AVU, daría posibles complicaciones en la logística de recolección, movimientos, permisos y actividad productiva dentro del núcleo urbano.

Habiendo dado este pequeño resumen y recordando que el trabajo se realiza en términos de estudio de factibilidad y no se realizarán movimientos efectivos de inversión ni contratos de locación se propone a modo de posibilidad:

Llevar a cabo el emplazamiento de la pequeña planta de producción de biocombustible en el futuro complejo industrial-logístico de nombre SYNC. El mismo, al momento de realizar este trabajo, se encuentra en obra y se prevé su finalización a mediados del 2026. La desarrolladora A-Group es quien ejecuta la construcción del mismo.

El complejo se encontrará ubicado en la Circunvalación Oeste (Ruta Provincial N°58) a menos de 1.5 km del acceso a la Ruta Nacional N° 51, que se dirige a Campo Quijano y al oeste de la provincia. Cuenta con distintos sectores, dentro de los cuales, las islas de naves industriales son de interés para este proyecto.

Las mismas constan de una superficie de 240 m² útiles, con un ancho de 12 metros y un largo de 20 metros. A su vez cuenta con un alto propio de un galpón de características industriales, con 11 metros de pico máximo y 85 metros útiles.

Las unidades disponen de red contra incendios, sistema de ventilación, paredes ignífugas, baño propio, instalación eléctrica y de agua.

La posibilidad de localizar la planta dentro de un complejo de dichas características responde a un análisis integral de factores técnicos, operativos, económicos y estratégicos.

En primer lugar, la localización dentro del recinto permite aprovechar infraestructura preexistente, como redes eléctricas para uso industrial, accesos pavimentados para transporte pesado, playas de maniobra adecuadas, sistemas de seguridad perimetral y control de accesos.

Desde el punto de vista logístico, la inserción en un entorno industrial facilita el ingreso del aceite vegetal usado y la expedición de biodiesel, minimizando interferencias urbanas. Asimismo, reduce potenciales conflictos por ruidos, tránsito pesado u olores, en comparación con localizaciones urbanas/residenciales.

Es de importancia remarcar que todos los planos que a continuación figuran tienen su base en la memoria descriptiva de la estructura del futuro complejo mencionado. Se realizaron modificaciones sobre los mismos para representar de mejor manera el ideal del arreglo interno de la planta, los equipos y la disposición de los mismos.

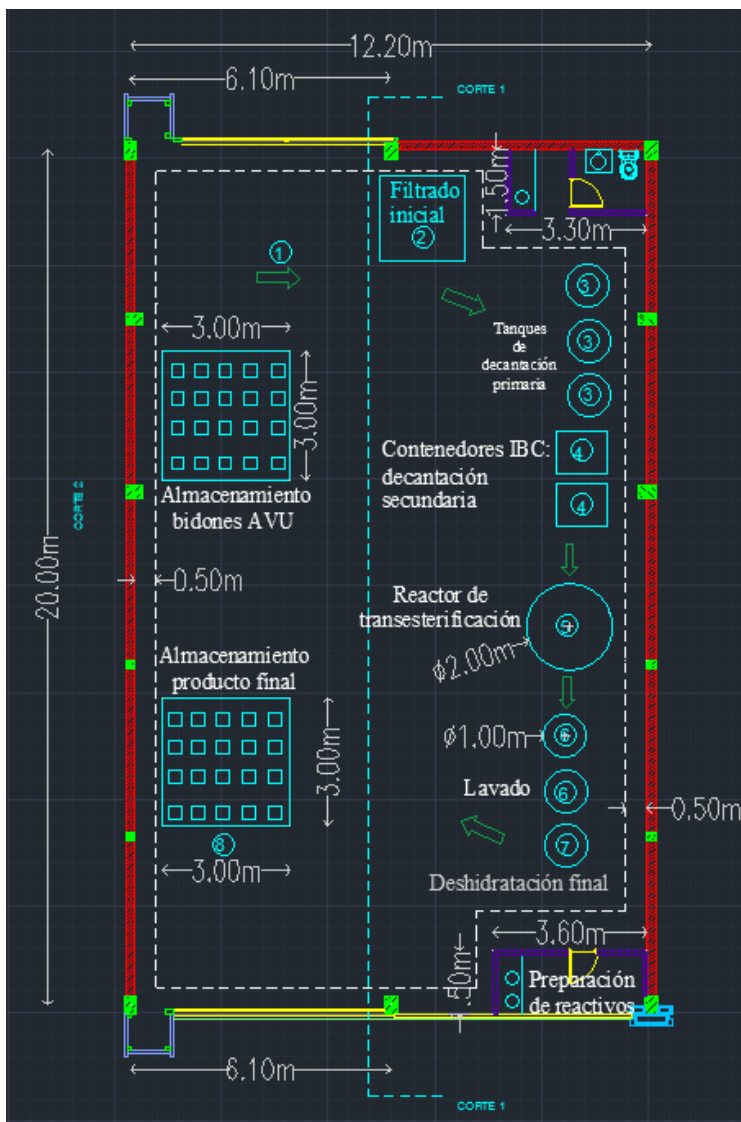


Figura 21

Layout interno de planta. Vista superior

Se puede visualizar en el esquema las distintas etapas productivas. Inicia con el acopio del aceite recolectado, que luego pasa por una etapa de filtración y decantación primaria. Paralelamente se da la preparación de reactivos para iniciar la reacción química. En las actividades post-reactor tenemos el *drywashing* (lavado) y la deshidratación final. Como último paso se da la segregación del biodiesel como producto final, a espera de estudios de laboratorio para verificar su calidad.

La etapa inicial de la planta se diseña para poder desarrollarse dentro de una nave de 240 m² de superficie. Como se mencionó se necesitan equipos de baja escala, dos pequeños recintos (5 m² cada uno) para un baño y una zona de preparación y almacenamiento de reactivos y el grueso del espacio lo ocupan sectores de acopio.

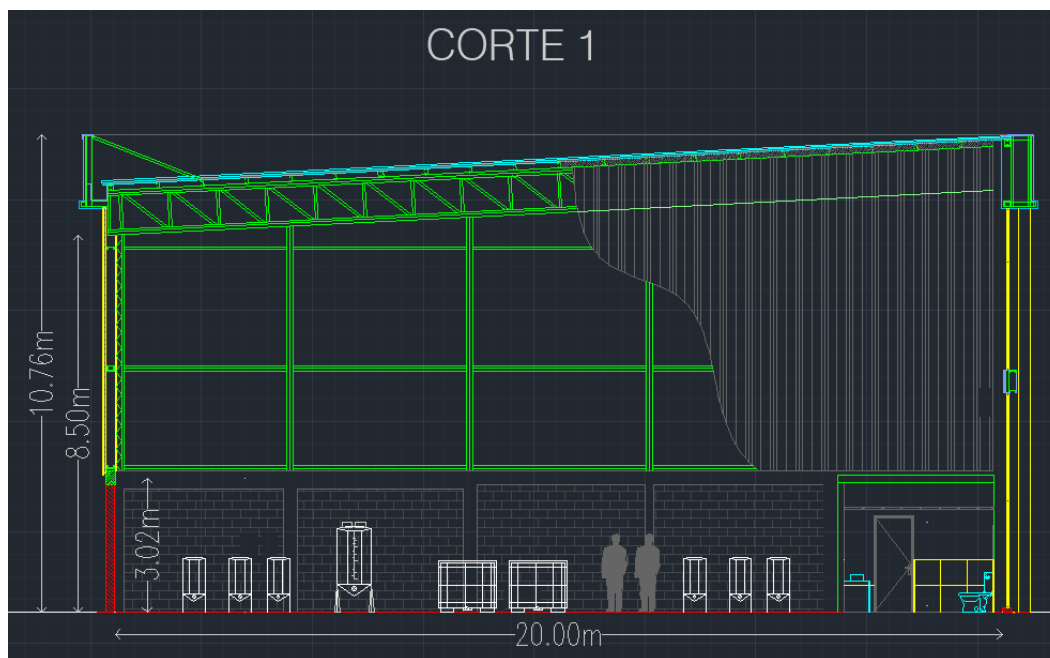


Figura 22

Corte transversal de planta.

Sin embargo, considerando la escala proyectada para el emprendimiento se vaticina la opción de la integración de dos naves industriales contiguas (superficie total aproximada de 500 m²) como unidad operativa para el desarrollo futuro del proceso productivo.

El resultado es una nave industrial unificada, con un ancho útil 12 metros y una longitud aprovechable de 40.22 metros, duplicando su dimensión a lo largo. La unificación de dos naves también permite la posibilidad de un doble ingreso y sectorizar adecuadamente las distintas etapas del proceso (recepción, pre-tratamiento, reacción de transesterificación, separación y

almacenamiento), favoreciendo un flujo “En U” de la producción y el cumplimiento de criterios básicos de seguridad industrial, especialmente en lo referente al manejo de sustancias inflamables como el metanol.

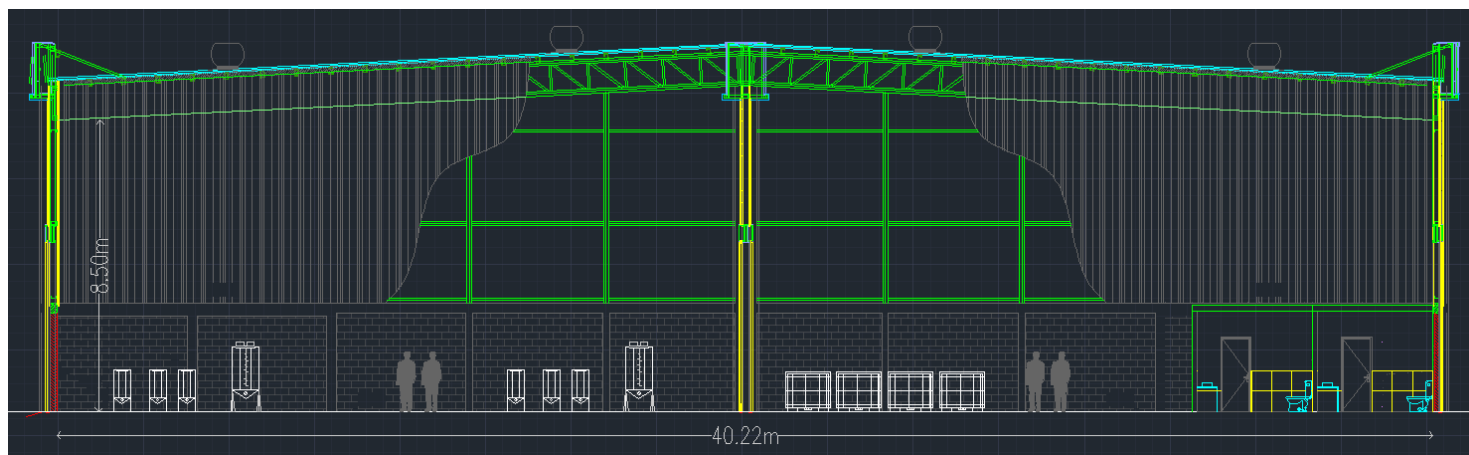


Figura 23

Corte expansión futura de planta. Fuente: elaboración propia

Esquema eléctrico

El siguiente apartado tiene como objetivo establecer los criterios adoptados para el dimensionamiento y selección de los elementos que componen el sistema eléctrico de la planta. Se consideraron condiciones de operación acorde a la escala del proyecto, priorizando la seguridad, confiabilidad y la coherencia técnica con el proceso productivo.

La planta presenta una potencia eléctrica instalada de aproximadamente 30 kW, correspondiente principalmente a la utilización de motores trifásicos en bombas centrífugas y en el sistema de agitación del reactor, así como a resistencias eléctricas de calentamiento presentes en el reactor y en el deshidratador.

La instalación se alimenta a partir de una red trifásica de 380/220 V, con conductor neutro y puesta a tierra. Los circuitos de potencia asociados a los motores trifásicos operan a 380 V entre fases, sin utilización del conductor neutro, incorporando únicamente el conductor de protección (PE). Por su parte, los circuitos de mando se alimentan en 220 V monofásico, utilizando fase y neutro provenientes de la misma red.

Para el cálculo de las corrientes nominales en cargas inductivas se adoptaron valores de: factor de potencia ($\cos \varphi$) = 0,8 y rendimiento (η) = 0,85, representativos de motores eléctricos de pequeña potencia. En el caso de las resistencias eléctricas, se asumió un comportamiento puramente resistivo ($\cos \varphi = 1$).

Las corrientes fueron determinadas mediante la expresión general para sistemas trifásicos:

- $I = P / (\sqrt{3} * V * \cos \varphi * \eta)$ (cargas inductivas: motores)
- $I = P / (\sqrt{3} * V)$ (cargas resistivas: resistencias)

En donde:

- I = Corriente (A)

- P = Potencia Instalada (W)
- V = Voltaje entre fases (V)
- $\sqrt{3}$ = acorde a sistema trifásico

A partir de estos cálculos se estimó una corriente máxima simultánea del orden de 50 A, lo que justifica la selección de un interruptor general de 63 A, valor normalizado que proporciona un margen adecuado de operación y seguridad ante eventuales incrementos de demanda.

Se estableció una diferenciación entre los circuitos de potencia y los circuitos de mando, disponiendo protecciones independientes para cada uno de ellos.

En los circuitos de potencia se emplean interruptores termomagnéticos, contactores y guardamotors, dimensionados de acuerdo a la corriente nominal de cada equipo. En los circuitos de mando se utilizan termomagnéticos de menor calibre, junto con pulsadores normalmente abiertos (NA) y normalmente cerrados (NC) y contactos auxiliares, adecuados a las bajas corrientes involucradas en el control.

Los motores eléctricos son comandados mediante contactores con maniobra remota a través de señales provenientes del circuito de mando. Cada motor cuenta además con un guardamotor, que proporciona protección frente a sobrecargas térmicas, ajustado según la corriente nominal del motor correspondiente.

El esquema de protección adoptado contempla un interruptor diferencial general de tipo industrial (300 mA), destinado a la detección de corrientes de fuga de mayor magnitud y a la prevención de riesgo de incendio. También se incorporó un interruptor diferencial de 30 mA destinado a la protección de las personas, ubicado en los circuitos accesibles al operador.

Cada carga cuenta con interruptores termomagnéticos para la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, seleccionados de la línea Acti9 iC60N de Schneider Electric,

variando sus características técnicas como corriente nominal, número de polos, curva de disparo y capacidad de corte, según el circuito a proteger.

Asimismo, se incorporan guardamotores regulables para la protección específica de los motores, y contactores categoría AC-3 para su maniobra. En el caso de las resistencias eléctricas, se emplean contactores categoría AC-1 adecuados para cargas resistivas sin corrientes de arranque significativas.

El control térmico del reactor de transesterificación y del deshidratador se realiza mediante termostatos de tipo ON/OFF, asociados a sensores de temperatura industriales del tipo PT-100.

Asimismo, se optó por la utilización de componentes de características normalizadas, incluso en aquellos casos donde las corrientes de operación son reducidas, priorizando la robustez y durabilidad de los mismos.

Finalmente, se aclara que la selección de una marca específica se realizó con fines de referencia técnica y verificación de disponibilidad comercial. Si bien se adoptó la línea de productos Schneider Electric, otros fabricantes equivalentes podrían ser utilizados sin modificar los criterios de diseño establecidos.

Las tablas que se presentan a continuación detallan el inventario de cargas eléctricas, las corrientes calculadas y la selección específica de los dispositivos de protección y maniobra adoptados.

Tabla 2

Listado de equipos involucrados con consumo eléctrico. Fuente: elaboración propia

Equipo	Código	Función	Q	Potencia Instalada (kW)	Corriente (A)
Bomba centrífuga	BC-01	Traspaso AVU a contenedor previo a reactor	1	0,6	1,34

	BC-02	Alimentación de AVU a reactor	1	0,6	1,34
	BC-03	Traspaso biodiesel de reactor a lavado	1	0,6	1,34
	BC-04	Traspaso biodiesel de lavado a deshidratador	1	0,6	1,34
	BC-05	Traspaso biodiesel de deshidratador a almacenamiento final	1	0,6	1,34
Motores eléctricos	MOT-01	Sistema de contra rotación de reactor	1	1,5	3,35
	MOT-02		1	1,5	3,35
Resistencias eléctricas	RES-01-01	Reactor de transesterificación	1	5	7,60
	RES-01-02		1	5	7,60
	RES-01-03		1	5	7,60
	RES-01-04	Deshidratador	1	10	15,19

Tabla 3

Listado de elementos de protección eléctrica. Fuente: elaboración propia

Elemento	Familia-Línea	Tipo	Cód.	Función	Aplicación	Q	Caract.
Interruptor diferencial	Schneider Acti9 iID	4P - Tipo A Industrial	DIF	Protección por fugas a tierra.	Interruptor general	1	I dif: 300mA In: 63 A
	Schneider Acti9 iID	4P- Tipo A	DIF	Protección por fugas a tierra.	Seguridad personal	1	I dif: 30 mA In: 40 A
Interruptor termo magnético	Schneider Acti9 iC60N	4P - Curva C	Q	Protección ante sobrecargas y cortocircuitos	General	1	In: 63 A Icc: 6kA
	Schneider Acti9 iC60N	3P - Curva C	Q	Protección ante sobrecargas y cortocircuitos	Motores reactor	2	In: 6 A Icc: 6kA
	Schneider Acti9 iC60N	3P - Curva C	Q	Protección ante sobrecargas y cortocircuitos	Bombas Centrífugas	5	In: 4 A. Icc: 6kA
	Schneider Acti9 iC60N	3P - Curva C	Q	Protección ante sobrecargas y cortocircuitos	Resistencia Reactor	1	In: 32 A Icc: 6kA

	Schneider Acti9 iC60N	3P - Curva C	Q	Protección ante sobrecargas y cortocircuitos	Resistencia Deshidratador	1	In: 20 A Icc: 6kA
Contactor	Schneider LC1D09	AC-3	KM	Maniobra circuitos	Motores reactor	2	I máx: 9 A
	Schneider LC1D09	AC-3	KM	Maniobra circuitos	Bombas Centrífugas	5	I máx: 9 A
	Schneider LC1D32	AC-1	KM	Maniobra circuitos	Resistencias Reactor	1	I máx: 32 A
	Schneider LC1D25	AC-1	KM	Maniobra circuitos	Resistencia Deshidratador	1	I máx: 25 A
Guardamotor	Schneider GV2ME08	Regulable	GUAR	Protección Motor reactor	Motores reactor	2	Rango regulación térmica: 2,5 - 4 A
	Schneider GV2ME06	Regulable	GUAR	Protección Motor reactor	Bombas Centrífugas	5	Rango regulación térmica: 1-1,6 A
Termostato	OMRON E5 CC	In: PT-100	TS	Control ON/OFF temperatura alcanzada	Reactor de transesterificación	1	-200°C a 850°C
	OMRON E5 CC	In: PT-100	TS	Control ON/OFF temperatura alcanzada	Deshidratador	1	-200°C a 850°C
Pulsador	Schneider XB5AA31	IP66	NA	Maniobra circuitos	Tablero de mando	7	10 A
Pulsador	Schneider XB5AA42	IP66	NC	Maniobra circuitos	Tablero de mando	7	10 A
Interruptor Termo magnético	Schneider Acti9 iC60N	2P – Curva C	Q	Protección ante sobrecargas y cortocircuitos	Tablero de mando	7	In: 2A-4A Icc: 6kA

Se destaca que también existen otros elementos que hacen a la totalidad del circuito eléctrico del sistema, como contactores normalmente abiertos y cerrados, tableros eléctricos, riel-DIN, conductores, fichas y tomas, sin embargo se buscó hacer énfasis en aquellos de mayor relevancia en términos de costo, energía consumida asociada, seguridad eléctrica, dimensionamiento físico y de elementos involucrados, entre otros factores.

Con respecto a las conexiones y diagramas eléctricos del proceso se encuentra que los esquemas requeridos no presentan alta complejidad.

Debido a la baja potencia de los motores eléctricos utilizados en la planta, tanto las bombas centrífugas (0,6 kW) como los correspondientes al reactor de transesterificación (1,5 kW), se proyectan circuitos de arranque directo para su funcionamiento.

En la Figura 24, se muestra el circuito de potencia y de mando aplicado a todos los motores eléctricos que accionan las bombas centrífugas del proceso. Como se remarcó, constan de un arranque directo simple. Las características de los elementos de maniobra y protección figuran como epígrafe al costado de cada ítem. Las bombas en referencia a dichos circuitos eléctricos, y que se listan además en la Tabla 3, son:

- Bomba centrífuga 1 (BC-01): trasiego de AVU a contenedor de almacenamiento, previo a reactor
- Bomba centrífuga 2 (BC-02): trasiego de la mezcla de AVU desde su tanque de almacenamiento hacia el reactor.
- Bomba centrífuga 3 (BC-03): trasiego del biodiesel post reacción hacia tanques de lavado
- Bomba centrífuga 4 (BC-04): trasiego de biodiesel lavado a tanque deshidratador
- Bomba centrífuga 5 (BC-05): trasiego biodiesel a tanque de almacenamiento producto final.

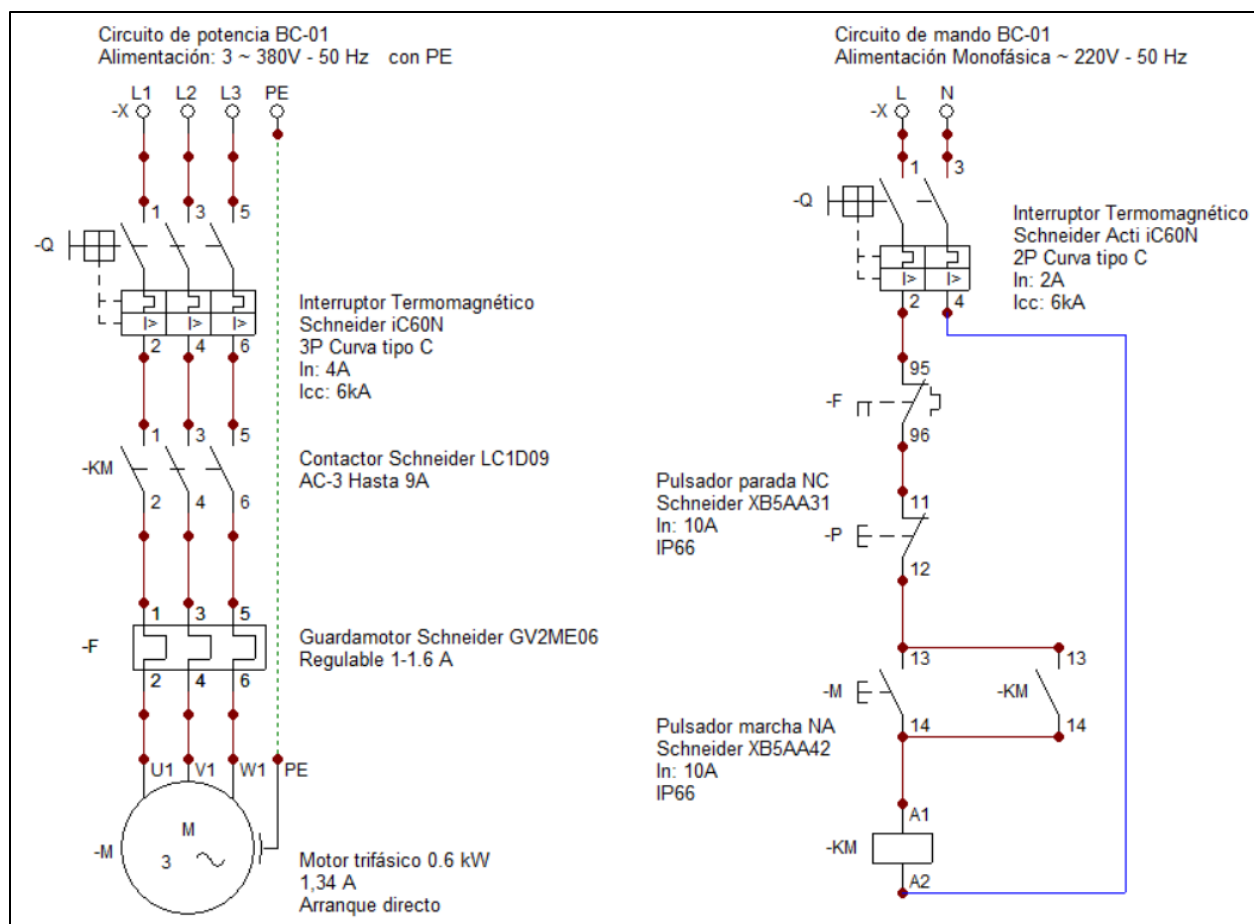


Figura 24

Circuito de potencia y mando de motores eléctricos asociados a bombas centrífugas. Fuente: elaboración propia en base a Software CadeSimu.

En la Figura 25, se muestra el circuito de potencia y de mando aplicado a los motores eléctricos que accionan los ejes del reactor de transesterificación. Por su baja potencia, también constan de un arranque directo simple. Las características de los elementos de maniobra y protección figuran como epígrafe al costado de cada ítem. Los motores en referencia a dichos circuitos eléctricos, y que se listan además en la Tabla 3, son:

- Motor 1 (MOT-01) y motor 2 (MOT-02): ambos involucrados en simultáneo en el sistema de contra rotación de reactor, a su eje con las áncoras.

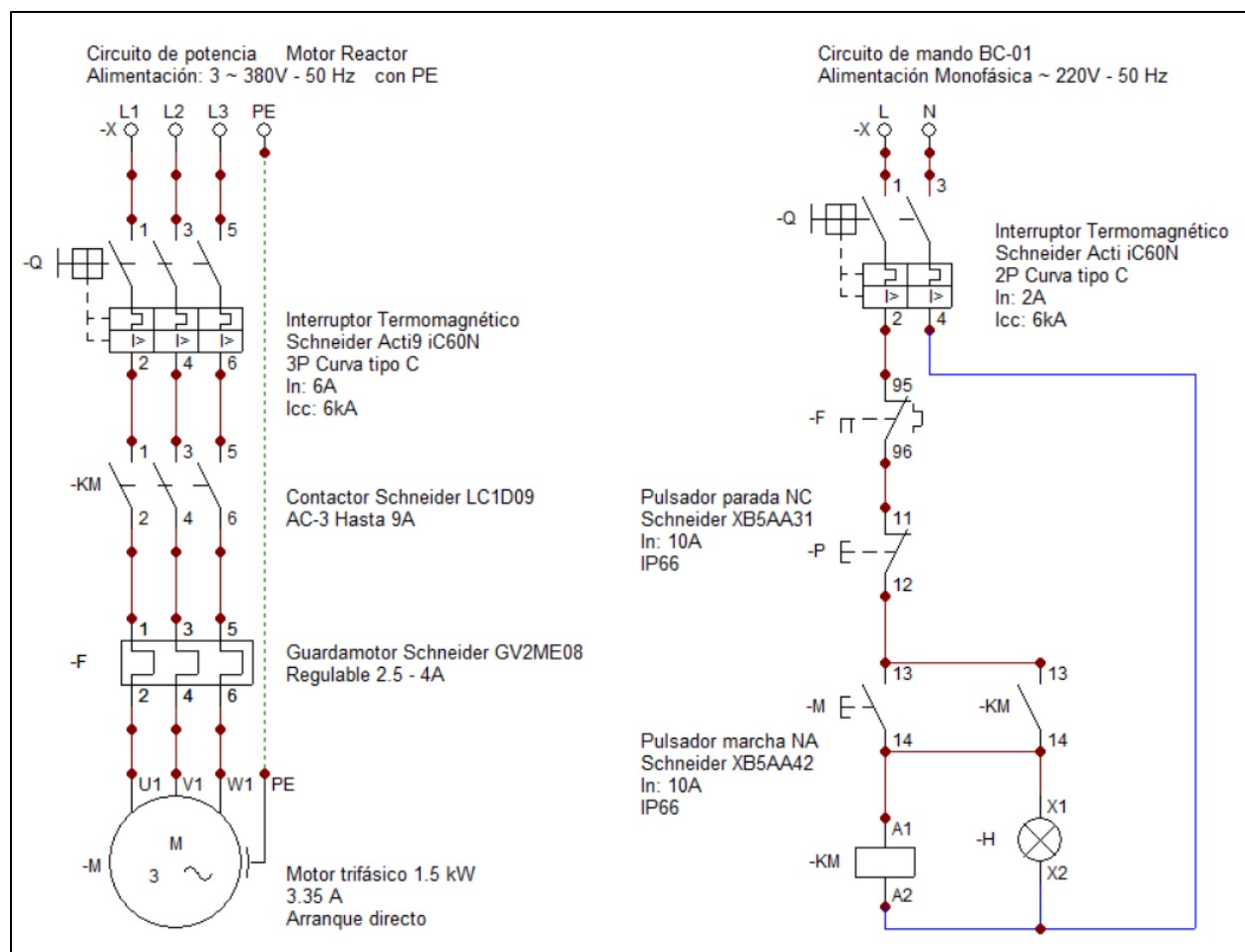


Figura 25

Circuito de potencia y mando de motores eléctricos de reactor de transesterificación. Fuente: elaboración propia en base a Software CadeSimu.

Diagrama de tuberías e instrumentación (P&Id)

El presente apartado desarrolla el Diagrama P&ID correspondiente a la planta piloto de producción de biodiésel a partir de AVU, diseñada en torno a un reactor agitador de 500 litros con sistema de calefacción mediante resistencias eléctricas.

El alcance del diagrama comprende el reactor de transesterificación, las bombas centrífugas de transferencia, tanques de lavado y deshidratación, y la descarga del producto final a los bidones de almacenamiento. Dado que se trata de una planta de pequeña escala, se adopta un nivel de automatización básico, basado en operación manual asistida mediante instrumentación local.

El proceso opera en régimen batch y a presión atmosférica, bajo configuración de sistema cerrado. El calentamiento del reactor se realiza mediante tres resistencias eléctricas de 5 kW cada una, alojadas en una doble camisa.

Dado que el sistema trabaja a presión atmosférica y no está diseñado para operación presurizada, no se incorporó control activo de presión. Sin embargo, por criterio de seguridad, el reactor dispone de una válvula de seguridad de presión en la parte superior, por eventuales sobrepresiones accidentales.

La agitación se lleva a cabo mediante un sistema de contrarrotación que incluye agitador central con hélices y agitador tipo áncora rascante, garantizando una correcta interacción entre reactivos. La transferencia del producto hacia el deshidratador se efectúa mediante bomba centrífuga.

La secuencia de operación se inicia con el trasiego del aceite vegetal usado hacia el reactor, mediante bombas centrífugas accionadas manualmente con pulsadores. El control del volumen transferido se realiza a través de la observación directa del nivel en el reactor, mediante visores de

nivel instalados en los recipientes, permitiendo al operador detener la operación al alcanzar el volumen requerido, que son los 300 litros.

Durante la etapa de reacción, las variables críticas del proceso son la temperatura y la agitación. La temperatura es monitoreada mediante sensores tipo PT100, asociados a controladores de tipo ON/OFF, que regulan el funcionamiento de las resistencias eléctricas de calentamiento. Este sistema permite mantener la temperatura dentro del rango operativo requerido, mediante la conexión y desconexión automática de las resistencias en función de la temperatura medida.

Este mismo proceso de control se repite a la hora de la deshidratación final del combustible, en donde se busca evaporar el remanente de agua contenido con un calentamiento similar al que sucede dentro del reactor.

En las etapas de lavado y almacenamiento, el control del proceso se realiza principalmente mediante la supervisión del nivel en los distintos contenedores, evitando llenados inexactos. Para ello, se disponen visores de nivel en los equipos principales, permitiendo una operación segura y controlada.

En conjunto, la instrumentación incorporada permite al operador contar con información en tiempo real de las variables más relevantes del proceso, sin requerir sistemas de control automático centralizado, asegurando un equilibrio adecuado entre simplicidad operativa, costo accesible y seguridad.

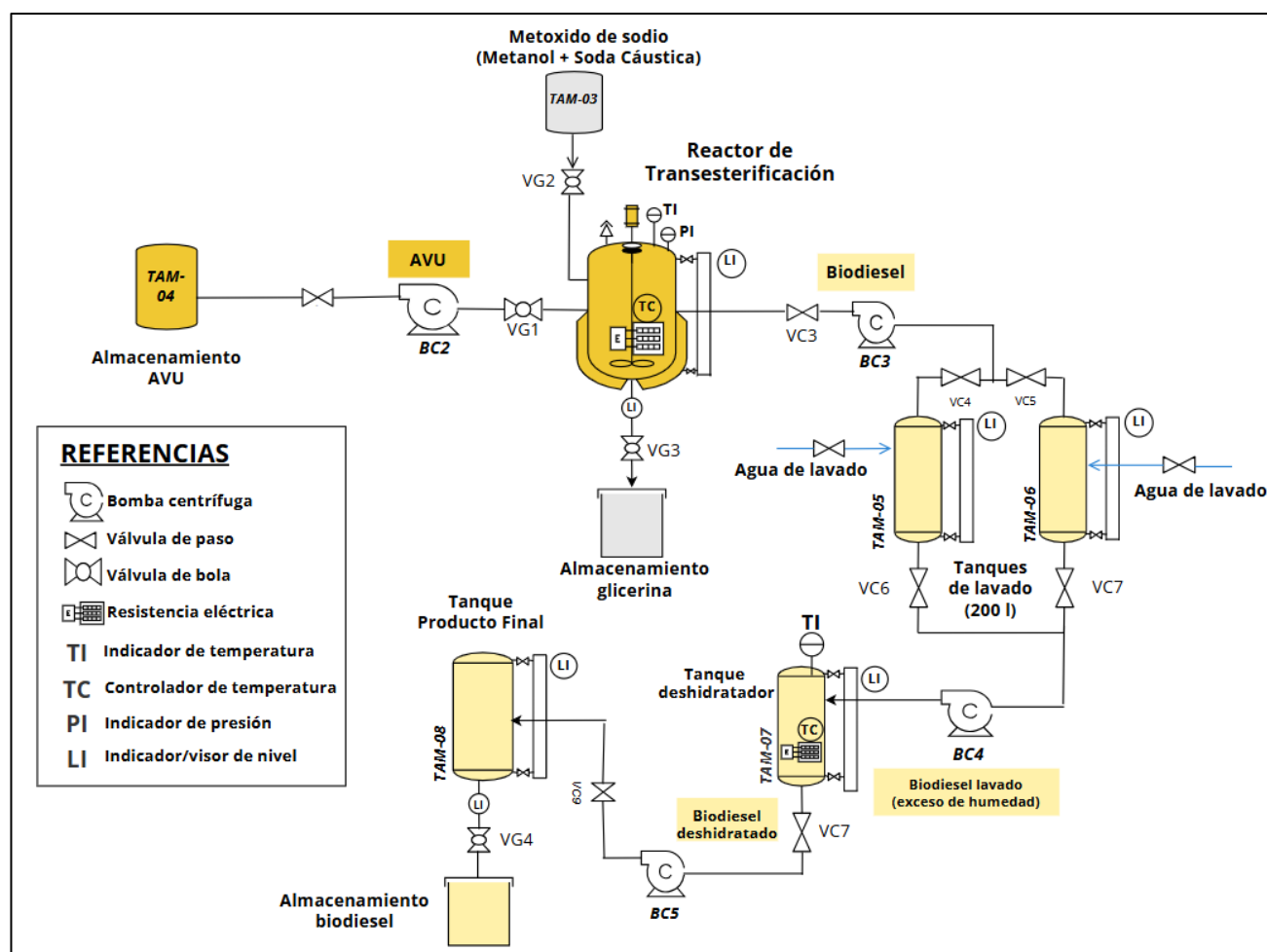


Figura 26

Diagrama P&ID del proceso productivo. Fuente: elaboración propia en base a Software Visual Paradigm.

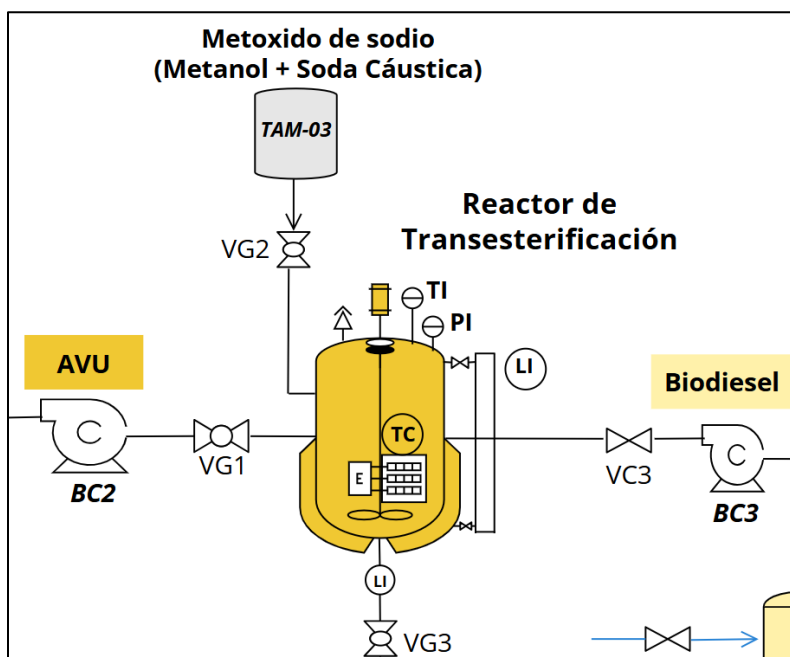


Figura 27

Enfoque en reactor de transesterificación del diagrama P&ID del proceso productivo.

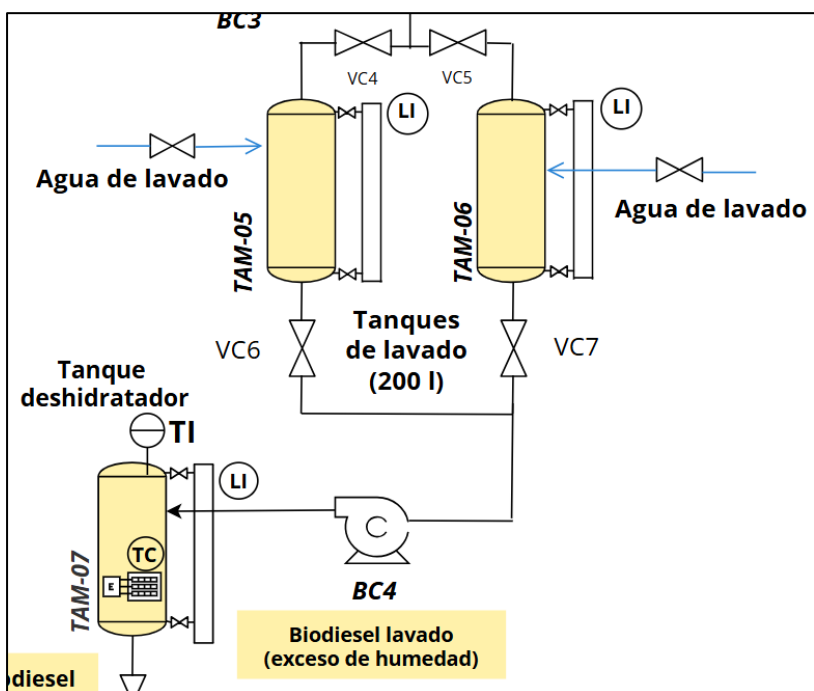


Figura 28

Enfoque en sector de lavado y deshidratación del diagrama P&ID del proceso productivo.

ESTUDIO FINANCIERO

Consideraciones generales

En esta parte del trabajo se hará énfasis en los aspectos de índole económica y financiera de relevancia y las principales restricciones que puedan aparecer a la hora de llevar adelante el proyecto.

Se considerará la siguiente cotización del dólar estadounidense con respecto al peso argentino para todos los cambios monetarios correspondientes posteriores. Al momento de finalizar este trabajo, es la de más reciente actualización.

Según el Banco de la Nación Argentina, a fecha 10/11/2025, a horas 15.00⁵, se toma el precio de 1 USD (dólar americano) como:

- Compra: Pesos argentinos \$1.398
- Venta: Pesos argentinos \$1.450

A los efectos del estudio, el valor utilizado será un promedio entre ambos valores, dando así la cifra de:

- 1 USD (dólar americano) = \$1.424 (pesos argentinos).

Cabe resaltar un punto de importancia previo al desarrollo del estudio financiero:

Toda la información cuantificable obtenida parte de la base de considerar a la muestra de los estudios de campo (oferta) y de mercado (demanda) como el universo muestral.

Es evidente que existen más locales gastronómicos que los que han sido relevados y que pueden también funcionar como proveedores de AVU. También existen otras instituciones, más

⁵ https://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Tipo_de_cambio_minorista.asp

allá de las relevadas, que estarían dispuestas a utilizar el biodiésel presentado como alternativa al diésel convencional en su maquinaria.

Es por ello que ciertos cálculos, como el del costo variable unitario por litro de aceite, será obtenido a partir de los valores relevados, entendiendo que aumentar el número de muestra de locales encuestados, no cambiará el valor de descarte promedio de aceite de un local gastronómico de características similares, por fuera de la varianza muestral.

Este valor luego será extrapolado a la hora de los cálculos en el incremento de la base operativa.

Entendiendo esto, el proyecto no puede detenerse en los actores muestreados y es por ello que el estudio financiero se ha realizado teniendo en cuenta un aumento progresivo de la capacidad productiva y operativa del mismo.

Tabla 4

Proyección de volúmenes productivos a partir de expansión en la capacidad operativa. Fuente: elaboración propia.

Compuesto	Categoría	Producción mensual en base a aumento sobre la capacidad (litros)					
		Relevada	20 %	40 %	60 %	80 %	120 %
AVU	Materia Prima	3016	3619	4223	4826	5429	6635
Biodiésel	Producto	2715	3257	3800	4343	4886	5972
Glicerina	Subproducto	302	362	422	483	543	664

Tabla 5

Proyección de la capacidad operativa de la planta. Fuente: elaboración propia

Capacidad	Producción anual de biodiésel		
	Litros	Kilogramos	Toneladas
Relevada	32.574	29.317	29,3
20 %	39.089	35.180	35,2
40 %	45.604	41.043	41
60 %	52.119	46.907	46,9
80 %	58.633	52.770	52,8
120 %	71.663	64.497	64,5

Los costos variables, así como los ingresos, se han dispuesto de forma tal para que varíen proporcionalmente al aumento en la producción.

Por otro lado, se consideró un comportamiento de los costos fijos como semifijos. Durante los 3 primeros años de producción, los mismos se mantendrán estables, entendiendo que más allá de las variaciones en la capacidad, estos no se verán afectados en gran manera.

Sin embargo, a partir del tercer año de evaluación del proyecto, se dispondrá de un aumento de los mismos, dejando comprender que la necesidad de inversión y expansión de parámetros provoquen que su valor se incremente más allá de su comportamiento de costos fijos.

A los efectos del cálculo del precio de venta por unidad de comercialización del biocombustible, existe una fórmula matemática propuesta por la Res. S.E. 963/2023 que indica de forma simplificada:

- Precio del biodiésel = (Costo de Aceite de Soja + Costo de Metanol + Costo de Mano de Obra + Resto de Costos) * (1 + Retorno de Capital).

La fórmula está destinada al biodiésel que surge del cultivo de soja u otra oleaginosa propia de la agricultura intensiva, cuyo caso no es el de este trabajo, donde los AVU cumplen la posición de materia prima principal.

Si bien existen muchos costos que se omiten, y el precio final mínimo del biodiésel es establecido por resoluciones que se verán a continuación, la fórmula es mencionada para referenciar que, cuando la materia prima es recolectada en los locales gastronómicos, este valor tiende a cero en la ecuación, posicionando a los AVU como una gran opción económica en comparación con el aceite crudo de soja.

En relación a ello, existen dos variables a determinar para poder conocer los ingresos asociados del proyecto, ambas dependientes de múltiples factores, y son: el precio de venta por unidad de medida del biodiésel y de la glicerina; y la cantidad demandada de cada uno de ellos.

Con respecto al precio mínimo del biodiésel, la información más reciente al momento de la elaboración de este proyecto, es otorgada por la Res. S.E 445/2025, en su artículo primero:

Fíjase en pesos un millón seiscientos ochenta y ocho mil novecientos sesenta y uno (\$ 1.688.961) por tonelada el precio de adquisición del biodiésel destinado a su mezcla obligatoria con gasoil en el marco de lo dispuesto por la Ley N° 27.640, para las operaciones a llevarse a cabo durante el mes de noviembre y hasta la publicación de un nuevo precio que lo reemplace.

Acorde a la resolución, el precio por kilogramo será de \$1.688,96 pesos argentinos. Sin embargo resulta más apropiado obtener el valor en base a la unidad de comercialización del combustible, el litro. Tomando una densidad promedio del biodiésel de 0,9 kg/l entonces el precio por litro será de ARS \$1.520,06.

Mes	Precio único
Noviembre 2025	1.688.961
Octubre 2025	1.590.832
Octubre 2025	1.508.704
Septiembre 2025	1.436.861
Septiembre 2025	1.408.687
Agosto 2025	1.354.507
Julio 2025	1.302.411
Junio 2025	1.276.874
Mayo 2025	1.251.837
Abril 2025	1.192.226
Marzo 2025	1.151.909
Febrero 2025	1.107.605
Enero 2025	1.085.887

Figura 29

Evolución del precio mínimo de adquisición del biodiésel destinado a la mezcla en el mercado interno (\$/tn). Fuente: Secretaría de Energía de la Nación.

Habiendo detallado este panorama, se procederá a tratar el punto del precio de venta por unidad de medida establecido para el biodiésel.

El valor utilizado será de: USD 1,2 / litro. Para obtenerlo, se tuvo en cuenta tres factores de relevancia: el valor mínimo de adquisición del biodiésel establecido por la Res. 445, un porcentaje de margen establecido sobre el costo de al menos 10 % y la premisa de que el valor sea menor o igual que el precio promedio del diésel fósil presente en el mercado.

Se hizo énfasis en dicho punto a la hora de establecer el precio de venta del biodiésel, debido a que gran parte del mercado encuestado (71.5 %) afirmó que sólo considerarían dicha propuesta en caso de que el producto se comercialice al “mismo precio” o “más barato”.

Como ya se mencionó, el biodiésel producido tendrá destino en máquinas de combustión interna que operan con diésel o gasoil. Principalmente se hace referencia a vehículos, maquinaria

agrícola y de mantenimiento. En el caso de los automóviles, los principales abastecedores de combustible diésel son las estaciones de servicio.

A continuación se menciona el precio más actualizado por litro de combustible diésel de calidad estándar, de las principales estaciones de servicio de Salta Capital (pesos argentinos) ⁶ :

- YPF: \$1.667
- Shell: \$1.699
- Axion: \$1.755

Obteniendo así un promedio del precio del litro de diésel calidad estándar en la Ciudad de Salta de \$1.707 (pesos argentinos).

Considerando entonces el precio establecido por este trabajo por unidad de comercialización para el biodiésel de USD 1,2 y, con la cotización mencionada previamente, se logra cumplir con la proposición realizada.

Por otro lado, con respecto al subproducto de la reacción de transesterificación de los aceites, la glicerina, se tienen en cuenta ciertos puntos.

La glicerina “cruda” que sale del proceso contiene aún metanol residual, humedad, restos de catalizador (Na^+), ácidos grasos libres e impurezas sólidas.

Para ser aceptada por compradores para uso cosmético, farmacéutico o alimentario necesita una previa purificación que consta de la eliminación de restos de vapores, neutralización y eliminación de sales, lavado, desodorización y, para grados altos de calidad, requiere de métodos de destilación o adsorción para alcanzar los parámetros exigidos.

Debido al costo implicado, la glicerina generada se comercializará como glicerol industrial o de grado técnico. Este es el glicerol crudo, de forma que no tiene asociado ningún proceso extra

⁶ <https://combustibles.ar/>

de afinamiento. Así toma un precio unitario bajo, considerando precios de mercado nacional e internacional de ventas a granel de la glicerina, el precio de venta establecido será de USD 1,5 / litro.

A partir de estos dos valores (precio de venta de biodiésel y glicerina) se ha podido llegar al dato que la contribución marginal variable unitaria por cada litro de biodiésel producido será de USD 0,74.

Teniendo en cuenta la totalidad de la mezcla, la contribución marginal variable unitaria por litro de aceite tratado, incluyendo la comercialización del producto final y el subproducto, será de USD 2,24.

Se remarca que, si bien el hecho de que se evidencie una contribución marginal positiva es un indicio optimista en términos económicos del proyecto, esto no implica necesariamente que el mismo sea rentable a largo plazo.

Para ello se debe realizar un análisis exhaustivo de la estructura de costos proyectados, formas y condiciones de financiamiento, duración del emplazamiento y regulaciones existentes.

Dichas conclusiones se pueden ver plasmadas en el flujo de caja final, presente en el siguiente capítulo de este trabajo.

Siguiendo con el hilo, podemos destacar 4 grandes grupos de costos en la estructura económica del proyecto:

- Costos variables: aquellos que se ven afectados por las variaciones de la capacidad productiva, principalmente insumos y reactivos del proceso de transesterificación en sí. También se incluyen: análisis de laboratorio, ensayos de calidad, costos de logística de recolección.

- Costos fijos: asociados a la masa salarial (carga laboral total), servicios de electricidad, agua y cloacas, alquiler y demás. Si bien son estables mes a mes, un aumento considerable en los volúmenes productivos puede implicar un aumento en su valor de igual manera. (Comportamiento similar costos semifijos)
- Inversiones iniciales: equipos, maquinaria, rodado de logística, capital de trabajo.
- Costos de financiamiento: amortización de capital e intereses.

Todas las cotizaciones utilizadas derivan de distintas fuentes y su justificación se menciona en el anexo de este trabajo. Se procede a desglosar cada uno de los tipos de costos involucrados.

Con respecto a los costos variables, los puntos principales que marcarán este valor son los insumos del proceso químico de transformación del aceite en biodiesel. Sin embargo, y con una cuota de participación menor, los gastos logísticos como el combustible incurrido en los vehículos de recolección, también intervienen en el mismo.

Los datos relevados nos dictan que, mensualmente, las cantidades mínimas de materias primas serán (en base a su unidad típica de comercialización):

- Alcohol metílico industrial - Grado técnico: 28 bidones de 20 litros.
- Hidróxido de sodio en perlas: 2 bolsas de 25 kg.
- Ácido sulfúrico industrial concentrado 95-98 % : 1 bidón de 25 litros

A partir de estas cantidades y en base a las cotizaciones unitarias obtenidas, que figuran en el anexo, se llega a la conclusión de que el valor del costo variable por litro de combustible producido de 0,46 USD.

Con respecto a los principales costos fijos involucrados, se remarca lo siguiente. Teniendo en cuenta la localización de la planta, la instalación precisará de una red trifásica eléctrica, para abastecer bombas centrífugas, resistencias eléctricas del reactor y el deshidratador.

El servicio continuo de agua es un punto de importancia y, si bien el consumo no será alto porque en el método productivo solamente entra en juego en la etapa de *dry washing*, es necesaria para las actividades auxiliares propias de una nave industrial, como baños y oficinas.

Con respecto a las inversiones realizadas, los principales equipos y maquinarias incluidos son: el reactor de transesterificación, vehículo utilitario, bombas centrífugas, contenedores plásticos IBC, tanques de acero inoxidable, bidones HPDE y material eléctrico correspondiente

Evidentemente estos equipos e instrumentos no serán los únicos que formarán parte del proceso productivo, existen también cañerías, válvulas, entre otros; sin embargo se detallan aquellos equipos de mayor relevancia, volumen y costo asociado.

Los factores involucrados en la decisión de cantidades y capacidades se basan en el volumen mensual promedio de aceite disponible y la frecuencia de recolección propuesta. En base a ello se puede calcular el volumen de materia prima para trabajar por lote o batch.

Tabla 6

Listado de equipos involucrados sin consumo eléctrico. Fuente: elaboración propia

Equipo	Material	COD	Función	Q	Capacidad Unitaria	Unidad
Bidón	HPDE	AVU-01 ...	Recolección AVU	50	30	L
	HPDE	BIO-01 / GLIC-01 ...	Almacenamiento biodiesel y glicerina	35	20	L
Filtro	Malla metálica	FIL-01	Filtrado inicial	1	5000	L/hora
Tambor	Acero Inoxidable AISI 304	TAM-01	Decantación primaria	3	200	L
		TAM-04	Aceite a reactor	1	200	L
		TAM-05	Metóxido a reactor	1	200	L
		TAM-06	Lavado	2	200	L
		TAM-08	Deshidratación	1	200	L
		TAM-9	Producto final	1	200	L

Contenedor IBC	Plástico reforzado	IBC-01 ...	Decantación secundaria	2	1000	L
----------------	--------------------	------------	------------------------	---	------	---

A partir de toda esta información se puede concluir que la inversión total en activos fijos de trabajo será de aproximadamente USD 32.000. El reactor es el equipo que mayor valor implica con 15.000 USD aproximadamente.

Se estima además una necesidad de capital de trabajo para el inicio de la actividad que ronda los USD 5.000, dando el total de la inversión necesaria de aproximadamente USD 37.000.

Con respecto al financiamiento del proyecto, se optará por una fuente externa. En este caso el CFI, Consejo Federal de Inversiones, es un ente encargado del análisis de factibilidad de proyectos que llevan adelante distintas PyMes en Argentina.

El Consejo otorga créditos a proyectos que impliquen el uso eficiente de los recursos naturales y energéticos, logren reducir la huella de carbono de las actividades productivas, promuevan la economía circular y la producción local, entre otros tantos puntos.

Dentro de los proyectos de interés se encuentran todos aquellos que involucren:

- Energías renovables
- Reducción de impacto ambiental de actividades productivas
- Reutilización de materiales
- Sistemas de gestión de residuos
- Prácticas, infraestructura o tecnología para mejora de la gestión ambiental

Estos financiamientos se conocen como *Créditos Verdes* y como se puede observar, el proyecto en cuestión cumple con numerosas de dichas características.

Los montos otorgados van desde 4 a 200 millones de pesos, siendo el porcentaje a financiar de hasta el 80 % de la inversión total. Los plazos se encuentran desde 60 meses (5 años), con la

posibilidad de 2 años de gracia. Estos se determinan en función de la actividad y el tipo de inversión a realizar y están incluidos en el plazo total.

Las tasas de interés que regulan la cuota y el capital final a pagar siguen la siguiente estructura:

- Años 1 y 2: Tasa Fija. 27 % Nominal Anual.
- Años 3 en adelante: Tasa Variable TAMAR + 2 puntos porcentuales.

La TAMAR, Tasa Mayorista de Argentina, representa el promedio de los depósitos a plazo fijo de grandes montos (\$1.000 millones de pesos o más) con plazos de 30 a 35 días, según publica el Banco Central de la República Argentina⁷.

Esta tasa se calcula diariamente y sirve como referencia para otras tasas financieras, como la de los plazos fijos, títulos públicos y emisiones de obligaciones negociables.

En este caso, y al momento de realizar el estudio financiero del proyecto, la tasa toma el valor de 34 %.

El tipo de préstamo se realizará acorde al sistema francés de amortización. La duración del crédito será de 5 años, a pagarse en 120 períodos (mensual). El monto total del préstamo será de USD 20.000, cubriendo un poco más del 50 % de la inversión total necesaria. No se considerará periodo de gracia.

Tabla 7

Variables financieras del préstamo emplazado. Fuente: elaboración propia

Concepto	Año 1 y 2	Año 3 en adelante
Tasa nominal anual (TNA)	27 %	36 %
Tasa de interés mensual	2, 25 %	3 %

⁷ https://www.bcra.gob.ar/PublicacionesEstadisticas/Principales_variables.asp

Cuota de capital	USD 610.7	USD 722.6
------------------	-----------	-----------

En este sentido, un componente de suma importancia a la hora de definir la rentabilidad del proyecto es la tasa de descuento. Esta representa el costo de oportunidad del capital o el rendimiento mínimo exigido por los inversores para comprometer su dinero en un proyecto.

Se entiende que si no fuera por la inversión en el proyecto en cuestión, este dinero podría haber sido invertido en otro proyecto (costo de oportunidad). Este valor permite actualizar los flujos futuros de caja a valor presente.

La tasa de descuento puede calcularse de distintas formas, pero genéricamente toma la siguiente fórmula:

- $r = i + f + p$

Cabe aclarar que la fórmula no indica una sumatoria matemática, sino que muestra que la tasa de descuento es una función que depende de dichas tres variables mencionadas.

Donde:

- i : tasa libre de riesgo (por ejemplo, bonos soberanos a corto plazo, tasa BADLAR)
- f : inflación esperada (anual)
- p : prima de riesgo del proyecto (depende del sector, tamaño y país).

El contexto macroeconómico argentino actual, caracterizado según el BCRA, por:

- Inflación interanual estimada = 32.4 %
- Tasa BADLAR (banca privada) = 38 % efectiva anual (ya toma en cuenta el valor de la inflación).
- Riesgo país = 570 puntos básicos (5.7 %)

Considerando que los proyectos industriales suelen financiarse parcialmente con capital propio o créditos subsidiados, la tasa de descuento razonable utilizada, en base a los valores de los indicadores que la componen al momento de finalizar este trabajo, será de: 39 %.

Una consideración final antes de continuar con las conclusiones del capítulo es que, a la hora de analizar la factibilidad económica del proyecto, se utilizará un flujo de fondos como herramienta.

Se proyectarán escenarios en el mediano y largo plazo, en donde se vislumbran los movimientos de caja año a año.

A partir de los valores que brinde el flujo de caja se pueden obtener resultados de ciertos indicadores financieros que serán los que permitan obtener los argumentos de forma objetiva sobre la factibilidad del proyecto.

Los indicadores que a continuación se detallan cuentan con un respaldo matemático, desde instituciones como el IBM, la Secretaría de Economía del Gobierno, el INDEC, entre otros. Su elección se basa en la generalidad y aplicabilidad a proyectos de índole industrial. Los datos e información con los que cuenta este trabajo permiten aplicarlos de una forma en la que sean entendidos de forma sencilla.

Tabla 8

Indicadores financieros de referencia al flujo de fondos del proyecto. Fuente: de elaboración propia.

Indicador	Definición	Parámetros
VAN (Valor Actual Neto)	Retorno del proyecto luego de cubrir la totalidad de inversión inicial, los egresos de operación, los intereses del préstamo. Rentabilidad que exige el inversionista a su propio capital invertido.	Si $VAN > 0$: proyecto aceptado. Si $VAN < 0$: proyecto rechazado. Si $VAN = 0$: recupero exacto de inversión.

TIR (Tasa Interna de Retorno)	Tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero. Refleja la rentabilidad porcentual del proyecto, en la que la totalidad de los beneficios actualizados son iguales a los desembolsos expresados	Si $TIR >$ tasa de descuento: proyecto rentable. Si $TIR <$ tasa de descuento: proyecto no rentable.
IRN (Índice de Rentabilidad Neta)	Razón entre el valor actual de los beneficios y el valor actual de los costos e inversión hecha.	Si $IRN > 1$: el proyecto es rentable (por cada \$1 invertido se genera más de \$1 de beneficio)
ROI (<i>Return on Investment</i>)	Retorno sobre la inversión. Relación entre la utilidad neta y la inversión total. Mientras más alto sea, más eficiente es la empresa para para generar utilidades	Debe ser > 0 . Si $ROI \leq 0$: negocio no rentable

Conclusiones del estudio financiero

Como se mencionó al inicio de este capítulo, todo el trabajo de relevamiento que incluyó encuestas del trabajo de campo, conversaciones directas con proveedores de insumos y cotizaciones personalizadas a empresas fabricantes de maquinaria; tuvo como fin obtener una conclusión de la rentabilidad del proyecto en el largo plazo.

Así se pudo llegar al culmine del análisis económico con la realización de un flujo de fondos de inversionista, teniendo en cuenta un horizonte de proyección de 5 años.

El flujo de fondo construido nos muestra resultados en los indicadores mencionados que permiten concluir lo siguiente:

Con todas las consideraciones previstas y explicadas, los valores de tasas, precios, costos y ratios utilizados, no se presenta un proyecto rentable a largo plazo: el valor actual neto (VAN) del proyecto resulta negativo, la tasa interna de retorno (TIR) no supera la tasa de descuento empleada en las proyecciones, el retorno sobre la inversión (ROI) otorga un valor menor a cero y, si bien la relación de contribución marginal variable en términos beneficio–costo es positiva por cada litro de aceite tratado y biodiésel producido, la estructura de costos y financiamiento empleada no permiten un flujo con resultados positivos en un horizonte de mediano plazo.

A continuación se refleja el flujo de fondos del proyecto. Se proyectó un escenario de cinco años debido a la duración del préstamo emplazado, en donde el exceso de capacidad operativa sobre la base relevada fue aumentando progresivamente desde el 20 % al 120 %.

Año	0	1	2	3	4	5
Estimación variación de la demanda	Datos Relevados	20%	40%	60%	80%	120%
	Producción Vendida Producto: Biodiesel (litros)					
		39.089	45.604	52.119	58.633	71.663
INGRESOS POR PRODUCTO		USD 46.906,67	USD 54.724,45	USD 62.542,22	USD 70.360,00	USD 85.995,56
	Producción vendida Subproducto: Glicerina (litros)					
		4.343	5.067	5.791	6.515	7.963
Ingreso por subproducto		USD 6.514,81	USD 7.600,62	USD 8.686,42	USD 9.772,22	USD 11.943,83
TOTAL DE INGRESOS		USD 53.421,48	USD 62.325,06	USD 71.228,64	USD 80.132,22	USD 97.939,38
EGRESOS						
Costos Variables		USD 19.902,74	USD 23.219,87	USD 26.536,99	USD 29.854,11	USD 36.488,36
Costos Fijos		USD 74.442,52	USD 74.442,52	USD 74.442,52	USD 93.053,15	USD 93.053,15
Costos Financieros (intereses)		USD 4.493,10	USD 2.514,41	USD 492,63	-USD 2.629,26	-USD 5.751,15
Depreciaciones y Amortizaciones		USD 1.836,46	USD 1.836,46	USD 1.836,46	USD 1.836,46	USD 1.836,46
Total de Egresos		USD 100.674,82	USD 102.013,26	USD 103.308,60	USD 122.114,47	USD 125.626,83
RESULTADO ECONOMICO		-USD 47.253,34	-USD 39.688,20	-USD 32.079,96	-USD 41.982,24	-USD 27.687,44
Impuestos a las ganancias (35%)		USD 16.538,67	USD 13.890,87	USD 11.227,99	USD 14.693,79	USD 9.690,60
Ajuste Depreciaciones y Amortizaciones		USD 1.836,46	USD 1.836,46	USD 1.836,46	USD 1.836,46	USD 1.836,46
Préstamo	USD 20.000,00					
Amortización del Capital		-USD 2.835,38	-USD 4.814,07	-USD 8.179,28	-USD 11.301,17	-USD 14.423,06
Inversiones en Capital de Trabajo	USD 5.000,00					
Inversiones en Activos Fijos	-USD 31.928,34					
Valor de Desecho						USD 22.746,03
Recupero del Capital de Trabajo						USD 5.000,00
FF DEL PROYECTO	-USD 6.928,34	-USD 31.713,59	-USD 28.774,93	-USD 27.194,79	-USD 36.753,16	-USD 2.837,40
FF ACUMULADO	-USD 6.928,34	-USD 38.641,92	-USD 67.416,86	-USD 94.611,65	-USD 131.364,81	-USD 134.202,21

Figura 30

Flujo de fondos de inversionista. Periodo de evaluación de 5 años. Fuente: elaboración propia

Sin embargo, es de suma relevancia demarcar las razones de esta conclusión y presentar posibles alternativas que permitan que la propuesta se lleve adelante de forma fructífera, como sucede en otros contextos.

En primer lugar, la razón por la que el flujo de fondos muestra resultados negativos surge de una base esencial, y es que los ingresos anuales no superan los egresos anuales totales. A partir de ello se puede desglosar lo que esto significa e implica.

El motivo por el que los ingresos son considerablemente menores a los egresos radica en que el precio de venta del biodiésel, y también en menor medida, de la glicerina; son bajos.

Esto sucede por ciertas razones. En primer lugar, el precio fijado por este proyecto yace sobre la base de un precio mínimo establecido por resoluciones y tiene como techo la hipótesis de no superar el precio de venta promedio del diésel disponible en los canales de venta cotidianos.

Ante esto se plantean ciertos escenarios posibles. En base a los resultados del estudio de mercado realizado a los posibles demandantes, se encontró que cierta parte de los encuestados (28.5 %) se encontraban dispuestos a pagar un precio por litro de biodiésel incluso mayor al del diésel convencional debido a las implicancias ambientales positivas que reconocían que se presentaban.

En ese sentido, tomando el valor promedio del diésel calidad estándar mencionado previamente, de \$1.700 pesos argentinos; se puede proponer un precio de venta que lo exceda en cierto porcentaje.

Esta brecha monetaria puede ser incluso subsidiada por el Estado, como sucede en California, en Estados Unidos, ejemplo mencionado en el capítulo de análisis del contexto internacional. De esta manera, el Gobierno lograría actuar como beneficiario indirecto de esta

iniciativa, promoviendo el uso de energías renovables y la reducción de numerosos problemas ambientales y municipales que implica la temática.

Resulta relevante entonces mencionar aquel precio de venta que, con las proyecciones estimadas de la capacidad productiva y su expansión, permitan concluir con un proyecto rentable económicamente.

El valor que permite un balance positivo de flujo en el quinto año de actividad, último año del horizonte de proyección, corresponde a USD 2.1 / litro de biodiésel. Este precio, en base a la cotización mencionada, toma el valor de 2.990,40 pesos argentinos.

Sin embargo, utilizando este precio de venta, a partir de la capacidad operativa estipulada, no se alcanzan resultados positivos de los indicadores financieros de referencia.

El precio mínimo que sí muestra recupero de capital invertido a partir del segundo año, a su vez que brinda indicadores financieros positivos de VAN, TIR, ROI y Rentabilidad Marginal corresponde a USD 2.5 / litro de biodiésel. Esta cifra, en base a la cotización mencionada, toma el valor de \$3.560 pesos argentinos.

Es evidente que, si bien este valor marca el punto de equilibrio en el mediano-largo plazo del proyecto, al día de hoy dicho precio no resultaría factible para su inserción en el mercado de forma que permita obtener una demanda estable.

Tabla 9

Resultados financieros de escenarios posibles de proyección. Fuente: elaboración propia

Indicador	Escenario A	Escenario B
Precio de venta unitario (USD/l)	2.1	2.5

VAN	- USD 6.275	USD 19.892
TIR	21 %	108 %
IRN	2 %	73 %
ROI	- 24 %	4 %
Período de recupero	Año 5	Año 2

La Tabla 9, muestra con su paleta de colores las siguientes referencias:

- Verde: Indicadores que muestran un escenario positivo en términos financieros.
- Rojo: Indicadores que muestran un escenario negativo en términos financieros.
- Naranja: Indicadores que muestran un escenario positivo en términos de recupero de capital a largo plazo, pero negativo en otros indicadores de relevancia.

En resumen, acorde a las condiciones productivas establecidas y con los parámetros de precios establecidos, se puede concluir que existe un limitante a los efectos del correcto desarrollo económico del proyecto.

Se dejan asentadas las bases de escenarios que posibiliten avanzar con el trabajo siempre y cuando se realicen ciertas modificaciones en variables de interés que permitan obtener resultados financieros positivos en un mediano plazo.

El aumento en la capacidad productiva, implicando con ello la adhesión al programa de mayor cantidad de generadores, y permitiendo que los costos variables operativos se logren reducir por efectos de economía de escala; es un punto de relevancia.

La modificación en el precio de venta del biodiésel constituye un pilar fundamental para que esto suceda. No obstante, como se detalló, existe un límite ante el posible incremento de este valor que puede condicionar la exitosa demanda del combustible en el mercado.

Si bien es cierto que en el estudio de mercado se han dejado registros de encuestados que muestran predisposición a apostar por una energía renovable aunque su precio sea mayor al del combustible de uso actual, se debe realizar un análisis de sensibilidad acorde que permita visualizar hasta qué punto este valor puede ser alterado.

Otro hecho de relevancia radica en la involucración del ente gubernamental a los efectos de otorgar cierto subsidio o fomento a este tipo de proyectos, que permita modificar la estructura gruesa de los costos fijos, que forman parte del mayor egreso dentro del negocio.

Resulta interesante analizar el caso de la provincia de Córdoba, donde yace un ejemplo de cómo el sustento legal gubernamental puede fomentar la inclusión social de esta práctica.

A partir de las leyes provinciales Nros. 10.724 y 10.725, se demarca que en caso de cumplir con requerimientos legales y de habilitación normativa, estos proyectos se encuentran aptos para recibir un financiamiento del Banco de Córdoba, *Bancor*.

Además toda planta productora de biodiésel se ve también beneficiada en la exención del Impuesto de Ingresos Brutos por 5 años⁸. Se extenderá en este tema en el capítulo siguiente.

Se puede visualizar que la existencia de apoyo financiero a trabajos de índole ambiental y energética existen, y son capaces de involucrarse en dos de los mayores puntos de egresos dentro de los flujos de caja de un proyecto: los costos de financiamiento por créditos y el impuesto de retención por ganancias (35 %).

⁸ <https://ministeriodeserviciospublicos.cba.gov.ar/wp-content/uploads/2021/04/biocba-biodiésel-100C-hacia-una-nueva-matriz-energetica-local-sustentable-y-saludable.pdf>

Considerando la modificación de estas variables, es evidente que se puede lograr llevar adelante un proyecto de características similares al que se plantea de forma rentable. Si bien estas implicancias distan de los escenarios que se plantean en este trabajo inicialmente, no se puede omitir la posibilidad de su existencia y atracción para inversores involucrados.

CONDICIONANTE LEGAL

Una cuestión de mucha importancia para este trabajo se centra en las normativas vigentes para la habilitación de plantas productoras de biodiésel.

Se puede observar la existencia de un hueco legal a los efectos de pequeñas plantas refinadoras, ya que las resoluciones existentes se centran en aquellas de escalas operativas mayores, que difieren de las posibilidades iniciales planteadas en este trabajo.

A pesar de ello, en cuanto al mercado interno, hoy en día existe una pequeña producción marginal de biodiésel en el país, dedicada mayormente al autoconsumo y a mercados regionales. Se presenta entonces un problema para estas plantas, ya que si bien no se las detiene en su producción, ninguna se encuentra habilitada como tal.

Es por esta razón que, por más que existen registros de fuentes gubernamentales que enumeran las plantas a nivel industrial elaboradoras de biodiésel, no hay documentación oficial de aquellas que participan del mercado de autoconsumo (Nasello, 2019).

Tomando el ejemplo del INTI, organización vinculada en la temática, la misma cuenta con la autoridad para certificar dichas plantas, acciones que llevó adelante hace algunos años.

En el año 2010 inició una campaña para reglamentar y certificar las plantas productoras de Biodiésel en el país. Se ha diseñado incluso un “Reglamento Técnico de Plantas de Biodiésel a partir de Aceite Vegetal Usado”. La certificación estuvo destinada a pequeñas plantas, con un volumen de producción no mayor a 30 metros cúbicos (30.000 litros) por día.

No obstante, se pudo constatar con profesionales del Instituto que hoy en día ese relevamiento ha finalizado.

En relación a ello, con el paso del tiempo se ha ido formando una red de comercialización interna del biodiésel en el país. Existen sistemas informales de recolección de aceite en donde

luego se lo vende a plantas o a particulares. Este punto evidencia la fragilidad del sistema legislativo en el tópico y demarca que se deben establecer estrategias de control para detectar a quienes se encuentran realizando estas acciones.

Se puede concluir que, si bien en las distintas provincias, ciudades y/o partidos del país existen diversas normativas específicas sobre el tema, no existe una estrategia a nivel nacional que permita gestionar la cadena de recuperación de los AVU en su totalidad (RIAR, 2024).

El marco legal nacional vigente regula el ámbito de los biocombustibles a través de la Ley Nacional N° 27.640/2021. En ella se dispone como autoridad de aplicación a la Secretaría de Energía y se destacan los mecanismos de registro y certificación de operadores.

Adicionalmente, la reglamentación ambiental y de gestión de residuos, como la Resolución MAyDS 522/2016 sobre los REGU y la normativa sobre los RSU, condicionan la correcta caracterización y trazabilidad de los AVU como insumo.

En el caso del Municipio de Salta Capital, la ordenanza enfocada en la gestión de los AVU es la N° 14.575 del Consejo Deliberante, que contempla agentes como generadores, sean locales gastronómicos o domicilios particulares, entes recuperadores del residuo, transportistas y almacenadores; pero no así la figura de pequeñas plantas recolectoras y refinadoras de aceite para la producción de biodiésel y que por lo tanto certifiquen su combustible para su comercialización.

El producto final de estas plantas puede ser certificado a partir de análisis y ensayos de calidad en un laboratorio privado que avale las propiedades del combustible acorde a las normas internacionales como ser ASTM o EN, adjudicadas en la legislación argentina por el artículo 5 de la Resolución N° 1283/2006. Sin embargo, aun así, no contaría con un respaldo en términos legales para salir al mercado.

A partir de todo el contexto nacional legislativo mencionado, en julio del año 2021, se inició un proyecto en la Ciudad de Córdoba que puede sentar las bases para un giro en el ámbito normativo de Salta Capital y del país.

Se pudo llegar a la información a continuación expuesta, a partir del contacto directo con uno de los propietarios y fundadores de la empresa privada *Arquea*, que elabora biodiésel a partir de AVU.

La Provincia de Córdoba es pionera y líder en industrias energéticas renovables en el país. Además del proyecto mencionado, se ha progresado con la promoción de otros combustibles renovables como el bioetanol y el biometano.

Bajo el gobierno de Juan Schiaretti, con base en pilares como la reducción de los GEI, la transición y transformación energética se desarrolló un proyecto con nombre: *CBA 100 - Córdoba 100 % Biodiésel - Hacia una nueva matriz energética, local, sustentable y saludable*.

El mismo fue promovido desde el Ministerio de Servicios Públicos (MSP) de la Provincia en su Secretaría de Biocombustibles y Energías Renovables.

De esa forma se elevó la Resolución MSP 55/2021 en base a la Ley Provincial N° 10.721/20 - *Promoción y desarrollo para la producción y consumo de biocombustibles y bioenergía*.

Allí se sancionó una convocatoria cerrada para el autoconsumo de biodiésel B100 en la Ciudad de Córdoba. La provincia impulsa iniciativas para migrar hacia una matriz energética, local y sostenible. Se busca promover la producción y autoconsumo de biodiésel en estado puro (B100) que pudo haber sido elaborado en planta propia o de terceros.

Para ello las plantas serán auditadas y deberán cumplir con 3 pilares fundamentales: requisitos ambientales, de seguridad e higiene y calidad del combustible. De esta forma los

usuarios quedan acreditados al programa con la identificación “Sello B100” y pueden recibir beneficios económicos.

Se crearon así convenios con universidades, institutos de investigación y la empresa Oreste Berta S.A (rubro automovilístico) para llevar a cabo los análisis y certificaciones correspondientes del biodiésel producido.

En ellas se menciona que aquellos particulares cuyos vehículos funcionan con biocombustibles en explotación de actividad primaria, industrial o servicio de transporte tendrán una reducción del 20 % en el “Impuesto de propiedad del automotor” e “Impuestos de sellos”.

En la resolución se demarca que toda persona, humana o jurídica, del sector privado domiciliada en el territorio de la Provincia de Córdoba, que desarrolle actividades económicas que justifiquen el autoconsumo del biodiésel, son entonces beneficiarios de este programa y de los incentivos enunciados.

Luego de haber descripto el escenario nacional actual del mercado interno del biodiésel producido a partir de residuos orgánicos (AVU) provenientes del rubro gastronómico, en pequeñas plantas que distan de la infraestructura de la escala industrial y, tomando el ejemplo de la recopilación legal de la Provincia de Córdoba que fomenta la producción, autoconsumo y uso de este biocombustible en su forma pura (B100), se recomienda al Gobierno de la Ciudad de Salta Capital que:

Se analice la viabilidad de un proyecto legal destinado a certificar las condiciones de aquellas pequeñas plantas que revalorizan este desecho, así como el combustible elaborado por las mismas, en pos de habilitar la comercialización libre del biodiésel y a partir de ello fomentar el consumo de una bioenergía en contraposición de los combustibles de origen fósil, con todos los beneficios ambientales y sociales que esto genera.

En virtud de lo anterior, el condicionante legal del proyecto depende de la resolución de ciertas líneas de acción regulatorias y administrativas:

- **Habilitación y registro formal:** establecer un procedimiento para la inscripción, habilitación y fiscalización de operadores y comercializadores de pequeña escala o que el ámbito municipal/provincial implemente mecanismos equivalentes compatibles con el registro nacional.
- **Control de calidad y cadena de trazabilidad:** para asegurar la aceptación del producto en el mercado y cumplir exigencias técnicas, debe establecerse un marco de control de calidad exigible (ensayos analíticos con referencia a normas ASTM/EN y resoluciones nacionales correspondientes) y un sistema de trazabilidad del AVU desde generador hasta planta.
- **Condiciones de logística de recolección:** exigencias de esquemas de disposición final a generadores, posibles incentivos en caso de afiliarse al programa. Alternativa de bonificaciones por volúmenes de aceite entregado.
- **Registro formal y actualizable de generadores, recolectores y productores de biodiésel** a partir de aceites vegetales usados.
- **Control de condiciones operativas, seguridad e higiene industrial de plantas refinadoras de aceite:** Habilitación legal.
- **Establecer puntos de acopio para particulares en barrios de la ciudad,** con la posibilidad de utilizar este aceite en plantas de biodiésel.

CONCLUSIÓN FINAL DEL TRABAJO

Con todo lo expuesto previamente, la información presente en los anexos, trabajos de campo e investigación, contactos directos con representantes del rubro y relevamientos de primera mano, se ha podido evaluar de manera integral la factibilidad del proyecto, teniendo en cuenta el aspecto técnico, económico, ambiental y legal de la producción de biodiésel a partir de aceites vegetales usados (AVU) del rubro gastronómicos de la Ciudad de Salta.

Este análisis multidimensional permite concluir que, bajo las condiciones técnicas y de mercado consideradas en el estudio, el proyecto presenta ciertos fundamentos para su ejecución pero su implementación efectiva queda sujeta a la resolución de determinantes regulatorios y económicos que actualmente constituyen las principales restricciones.

En el plano técnico-operativo, el proceso propuesto: preparación de los aceites, reacción de transesterificación, separación y purificación, ensayos de control de calidad; resulta factible con la escala de equipamiento planteada.

Los parámetros operativos adoptados permiten la obtención de biodiésel en su forma pura (B100), cuya calidad puede verificarse frente a normas internacionales y nacionales mediante ensayos de laboratorio antes de su puesta en mercado. Asimismo, la logística de recolección y almacenamiento dispuesta en el diseño operativo es coherente con los volúmenes estimados en el estudio de mercado.

Por otro lado, desde la perspectiva económica, los resultados no implican un proyecto capaz de generar rentabilidad y cubrir la deuda emplazada por la estructura de financiamiento adoptada y las condiciones económicas y operativas establecidas.

Si bien se evidencian los efectos favorables de emplear AVU como materia prima, con un costo de insumo que tiende a cero en relación a los aceites de cultivo virgen y se observa la

posibilidad de capturar mercados locales de demanda que actualmente utilizan gasoil o diésel oil en sus equipos; en base a las consideraciones productivas planteadas, no se encuentran indicadores financieros que indiquen la rentabilidad íntegra el mismo.

Se dejan aclaradas, en el capítulo del estudio financiero del proyecto, aquellas condiciones económicas que puedan dar lugar a la rentabilidad del proyecto en caso de resolverse y las variables que implican su implementación.

El aspecto regulatorio-legal constituye otro condicionante para la posibilidad de comercialización y formalización de la iniciativa. Como se mencionó, existe un vacío práctico respecto a la habilitación y registro de plantas de pequeña escala destinadas al autoconsumo o a la comercialización local y salida al mercado de biodiésel a partir de desechos orgánicos.

La formalización del marco de habilitaciones a pequeña escala, la definición de procedimientos de registro y control de calidad, y la implementación de instrumentos de apoyo (financiero y técnico) constituyen condiciones excluyentes para transformar una posibilidad rentable en una alternativa sostenible y replicable a escala local.

En síntesis, en relación a los resultados empíricos obtenidos en este trabajo, se concluye que la instalación y operación de una pequeña planta de biodiésel a partir de AVU en la Ciudad de Salta es técnicamente y operativamente factible según las proyecciones presentadas, y a su vez desarrolla una propuesta que forma parte de una solución a un problema ambiental que no escapa a ningún sector; sin embargo, su viabilidad práctica y global depende de las condiciones regulatorias y económicas identificadas.

Para concluir, este estudio reafirma la conveniencia de realizar políticas públicas orientadas a promover la economía circular en la gestión de residuos urbanos y alentar la producción y uso

de energías renovables. La base de este trabajo busca integrar y promover la industria local, no sólo en la Ciudad de Salta, sino también en la provincia.

Se recomiendan medidas como el diseño de incentivos fiscales o líneas de crédito preferenciales para la etapa inicial (tal como experiencias provinciales citadas en el trabajo), programas de capacitación técnica para generadores y operadores que garanticen buenas prácticas de recolección y calidad del insumo. De esa forma se apunta a reducir la informalidad en la cadena productiva.

Desde la perspectiva disciplinar, el trabajo evidencia la capacidad del Ingeniero Industrial para integrar criterios técnicos, económicos y normativos en propuestas concretas de valor, proponiendo una iniciativa en un marco de legalidad, seguridad y sustentabilidad.

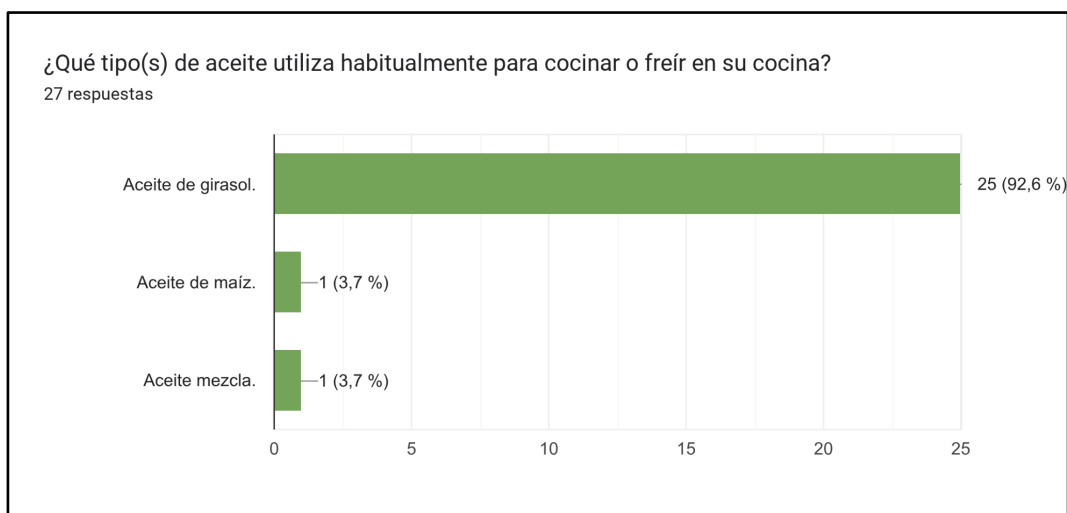
El cuidado ambiental, los correctos hábitos de consumo y descarte, la revalorización de los desechos y la ocupación de las acciones del hoy en atención de las futuras generaciones, van más allá de cualquier límite cultural o social que nos pueda diferenciar como sociedad.

Este trabajo de grado, espera sentar precedentes y servir como guía y base para futuras investigaciones de la temática.

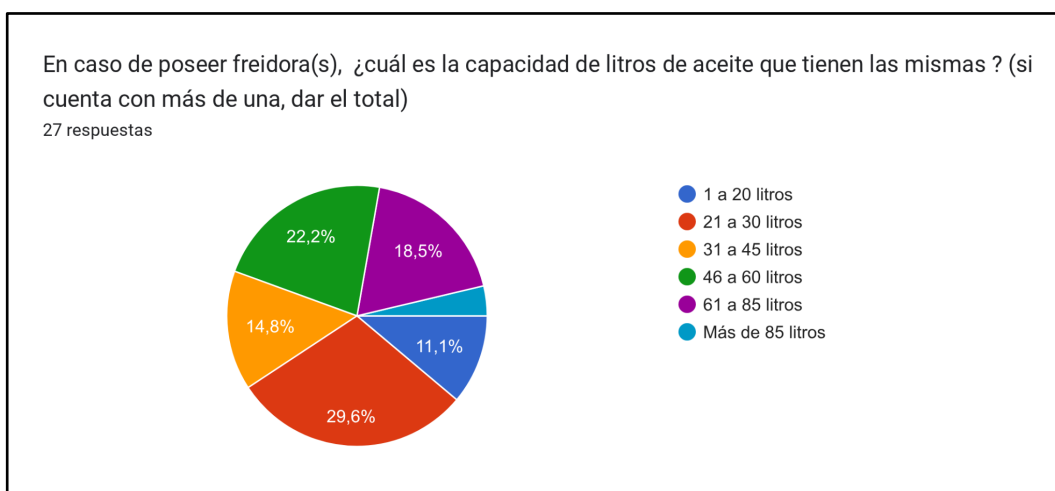
ANEXOS

Anexo I - Resultados Trabajo de Campo

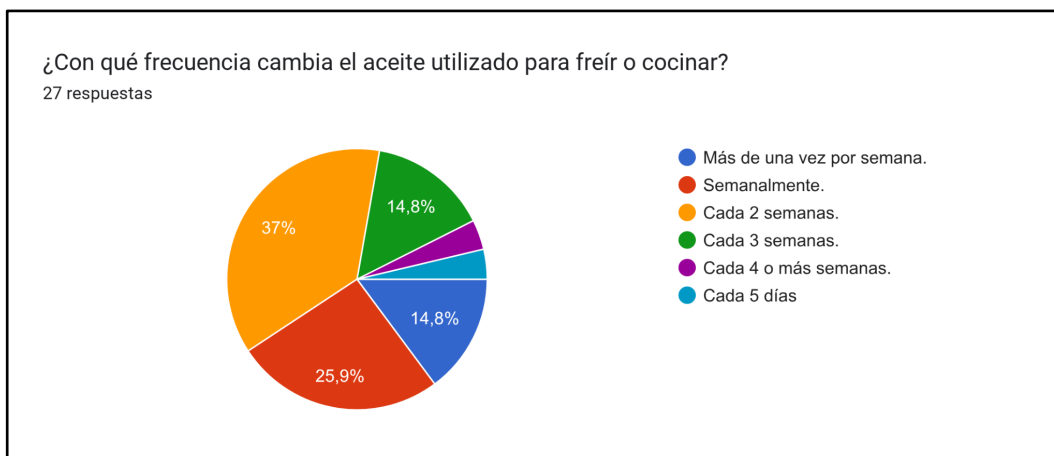
Pregunta N° 1 de la encuesta del trabajo de campo. Ciudad de Salta.



Pregunta N°2 de encuesta trabajo de campo. Ciudad de Salta.



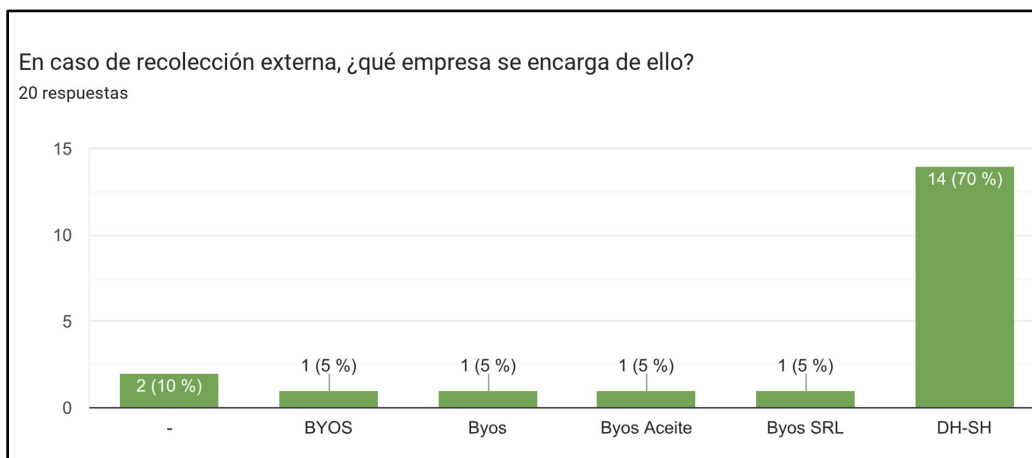
Pregunta N° 3 de la encuesta del trabajo de campo. Ciudad de Salta.



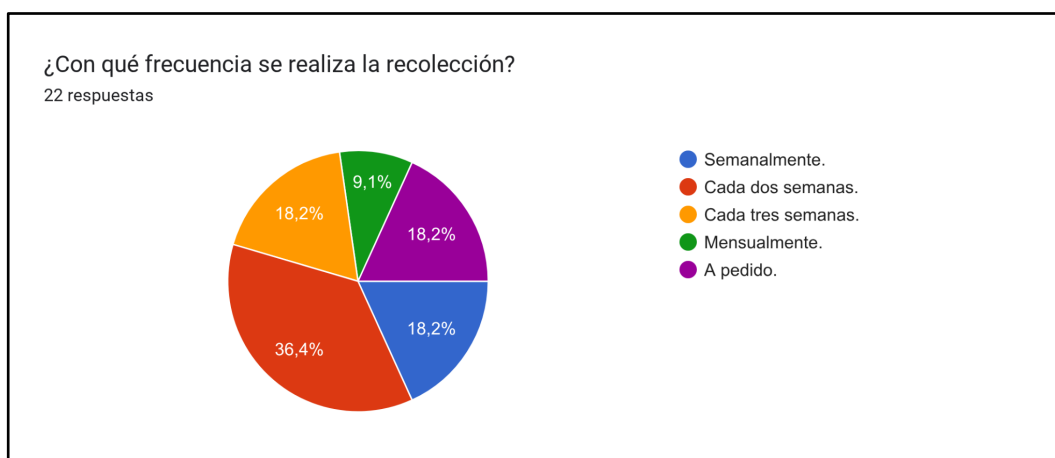
Pregunta N° 4 de la encuesta del trabajo de campo. Ciudad de Salta.



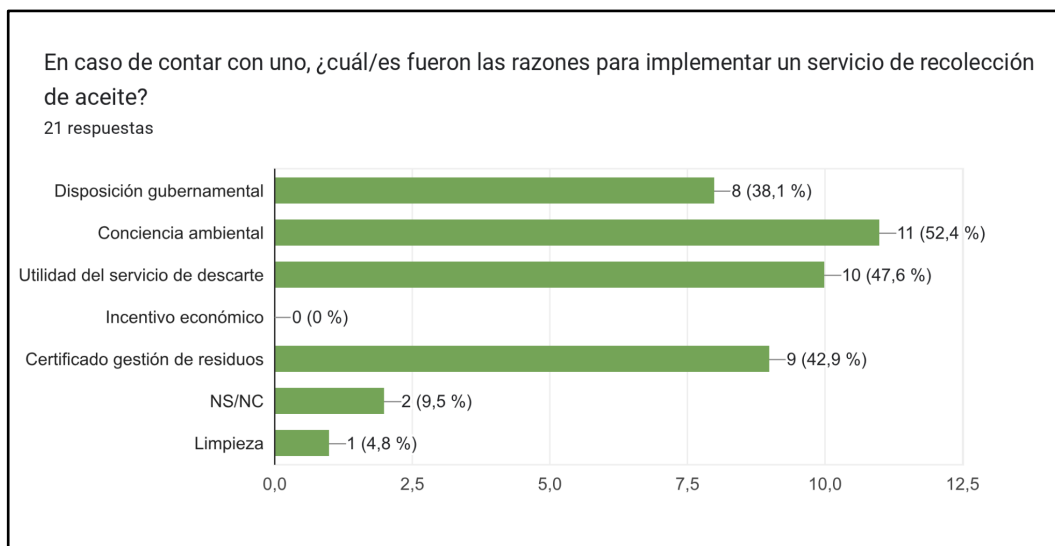
Pregunta N° 5 de la encuesta del trabajo de campo. Ciudad de Salta.



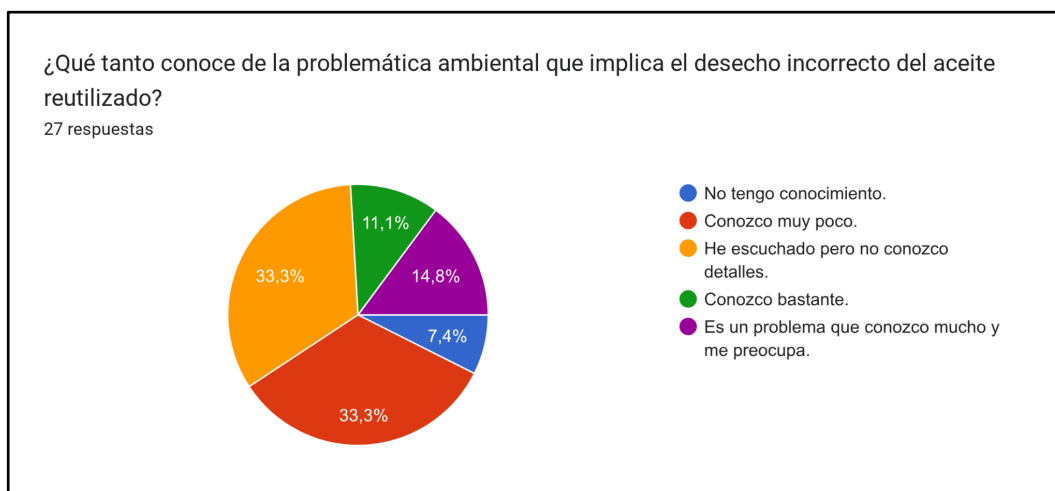
Pregunta N° 6 de la encuesta del trabajo de campo. Ciudad de Salta.



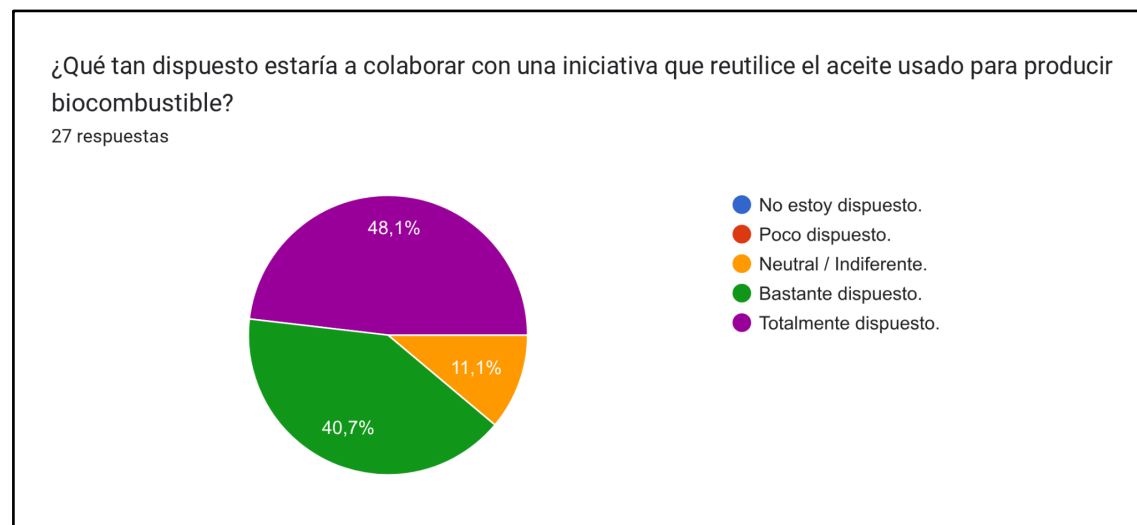
Pregunta N° 7 de la encuesta del trabajo de campo. Ciudad de Salta.



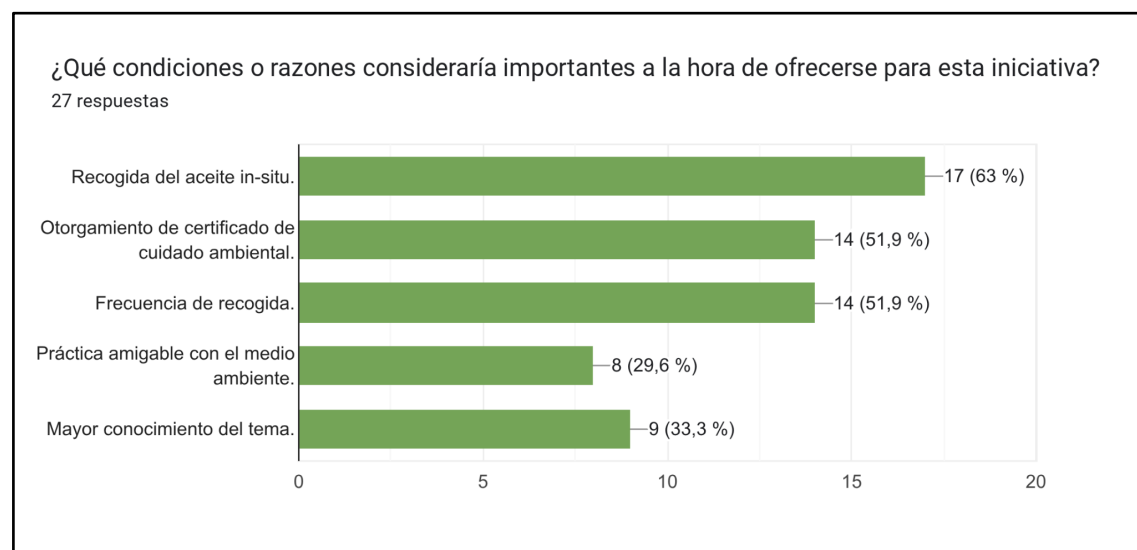
Pregunta N° 8 de la encuesta del trabajo de campo. Ciudad de Salta.



Pregunta N° 9 de la encuesta del trabajo de campo. Ciudad de Salta.

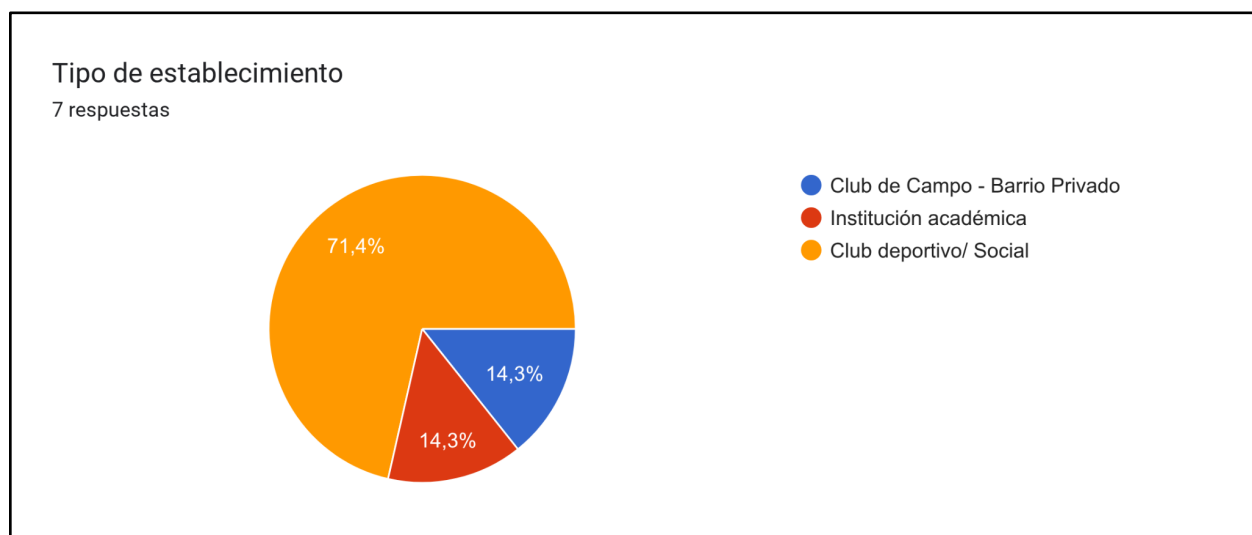


Pregunta N° 10 de la encuesta del trabajo de campo. Ciudad de Salta.

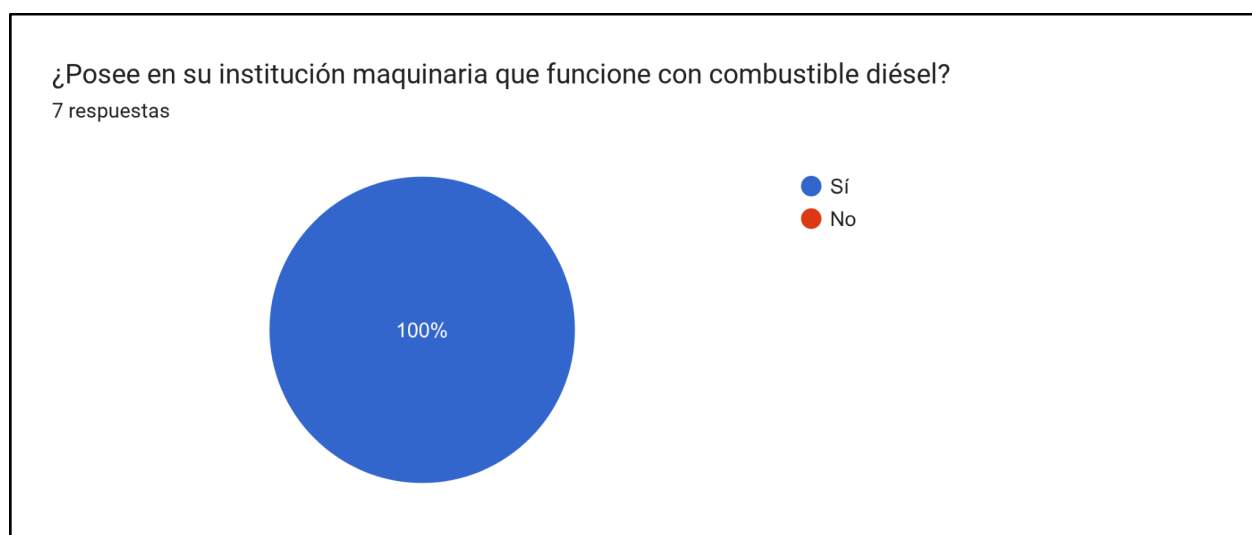


Anexo II - Resultados Estudio de Mercado

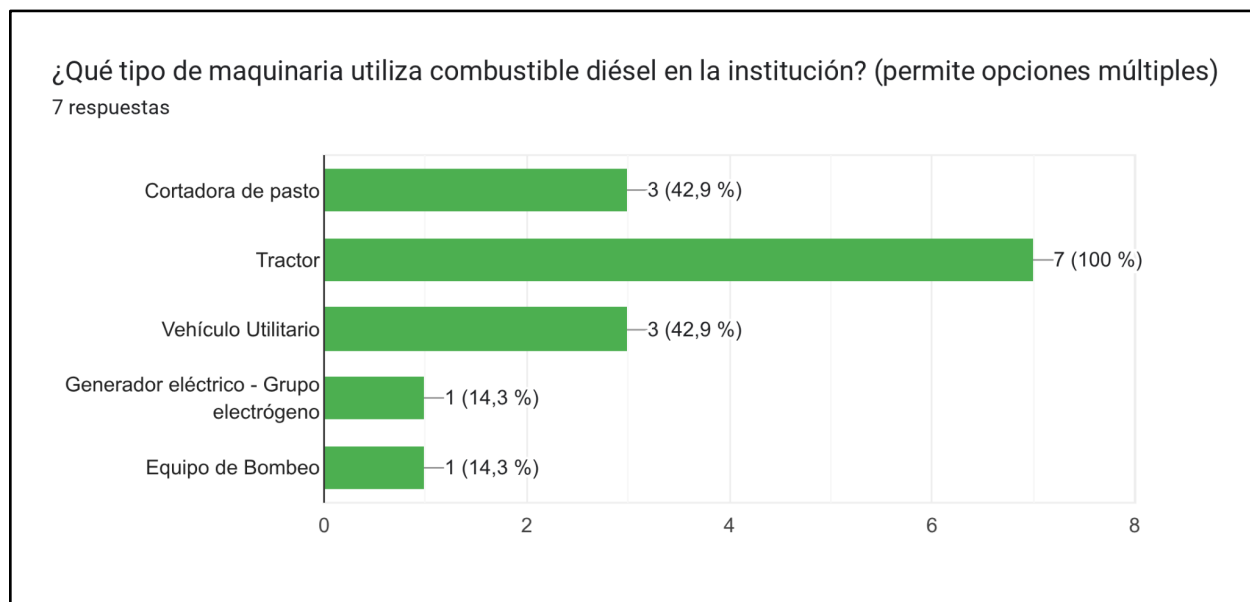
Pregunta N° 1 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.



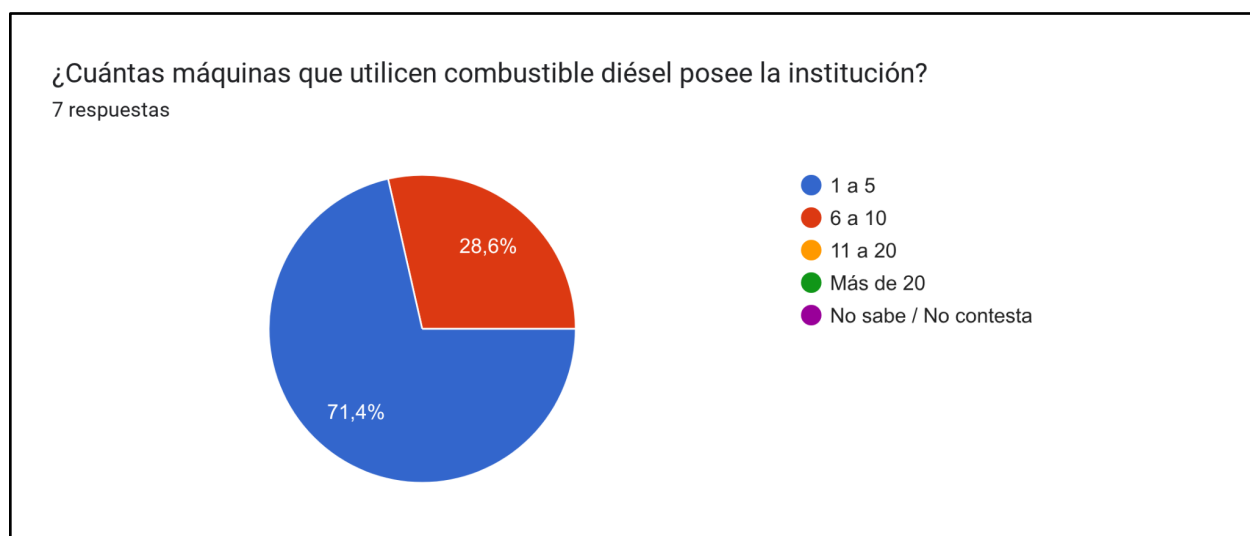
Pregunta N° 2 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.



Pregunta N° 3 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.



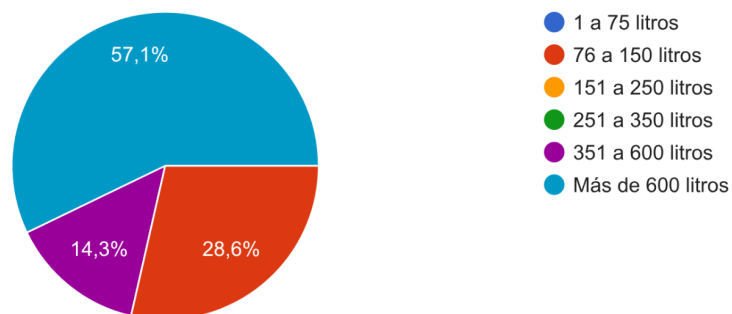
Pregunta N° 4 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.



Pregunta N° 5 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.

¿Cuál es el consumo mensual promedio de combustible diésel?

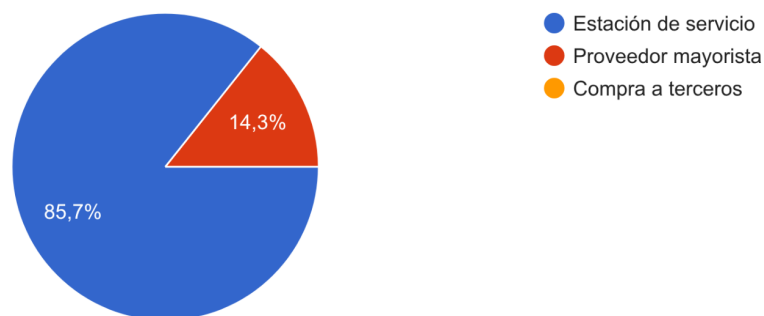
7 respuestas



Pregunta N° 6 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.

¿Cuál es el canal de compra habitual del combustible?

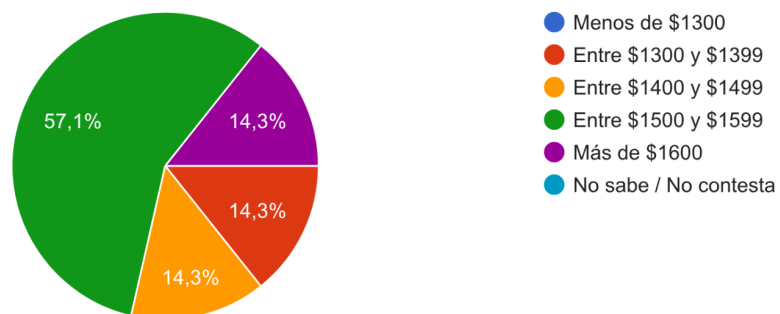
7 respuestas



Pregunta N° 7 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.

¿Cuál es el precio promedio que paga por litro de diésel? (pesos argentinos)

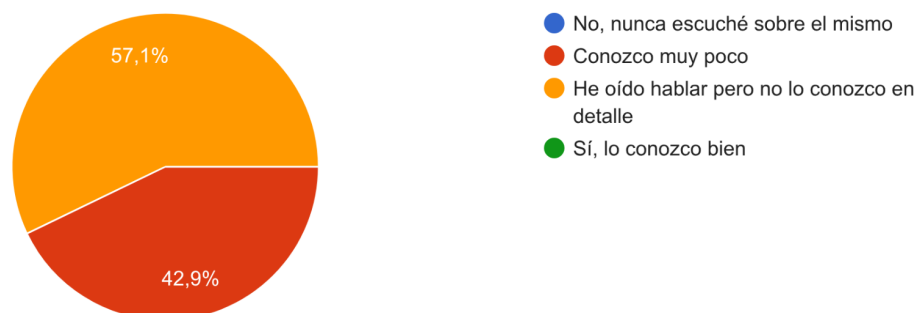
7 respuestas



Pregunta N° 8 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.

¿Conoce el biodiesel como una alternativa al diésel convencional?

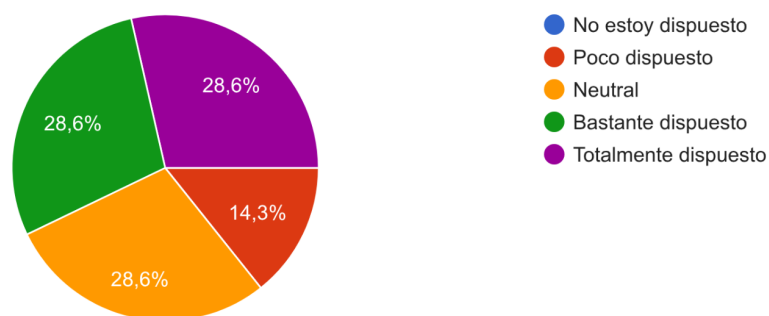
7 respuestas



Pregunta N° 9 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.

¿Qué tan dispuesto estaría a utilizar biodiesel elaborado a partir de aceites usados de cocina en su maquinaria?

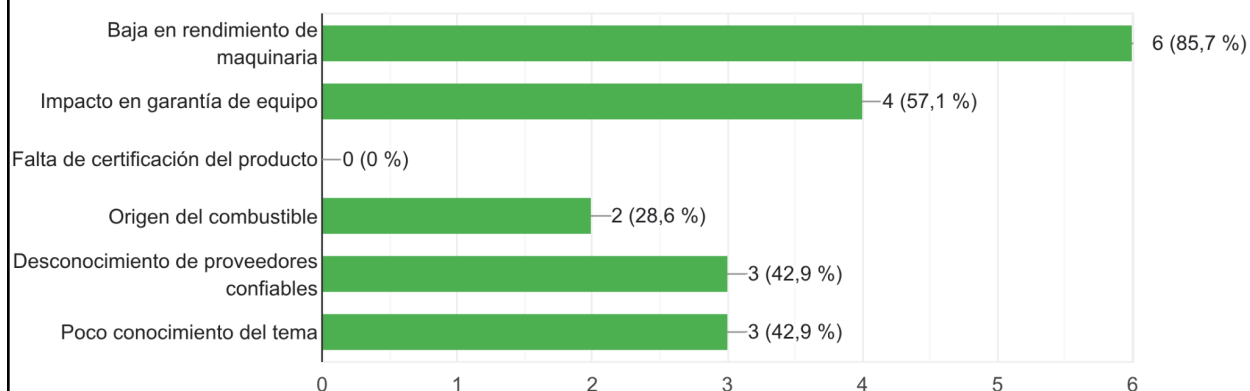
7 respuestas



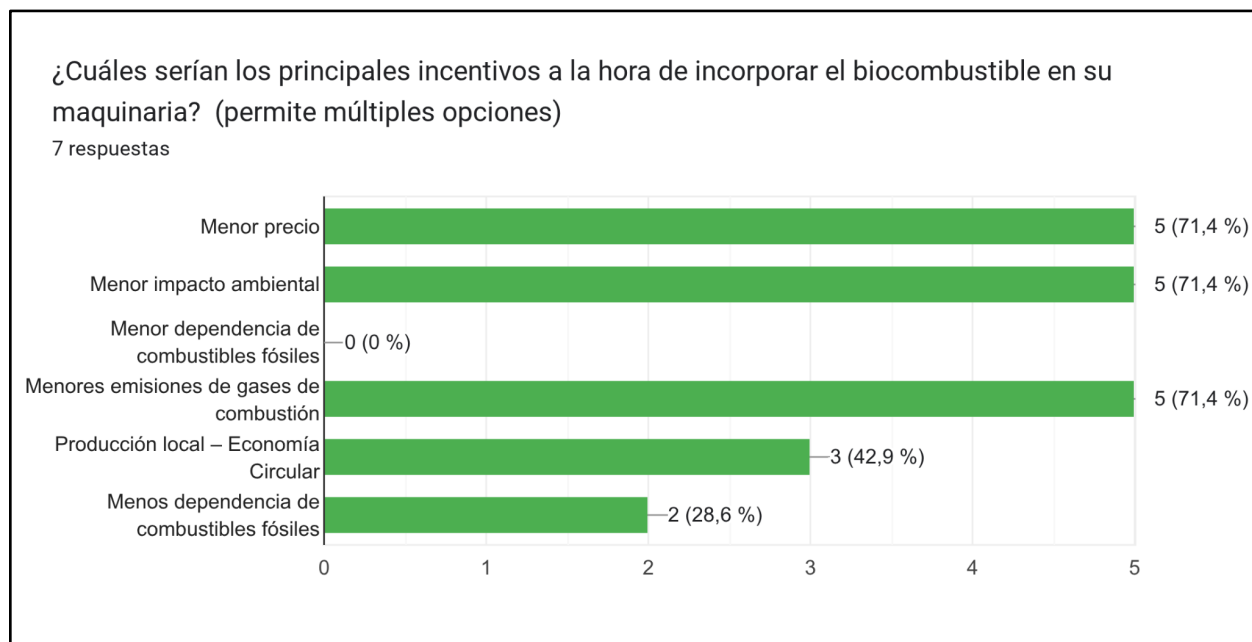
Pregunta N° 10 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.

¿Cuáles serían las principales preocupaciones a la hora de incorporar el biocombustible en su maquinaria? (permite múltiples opciones)

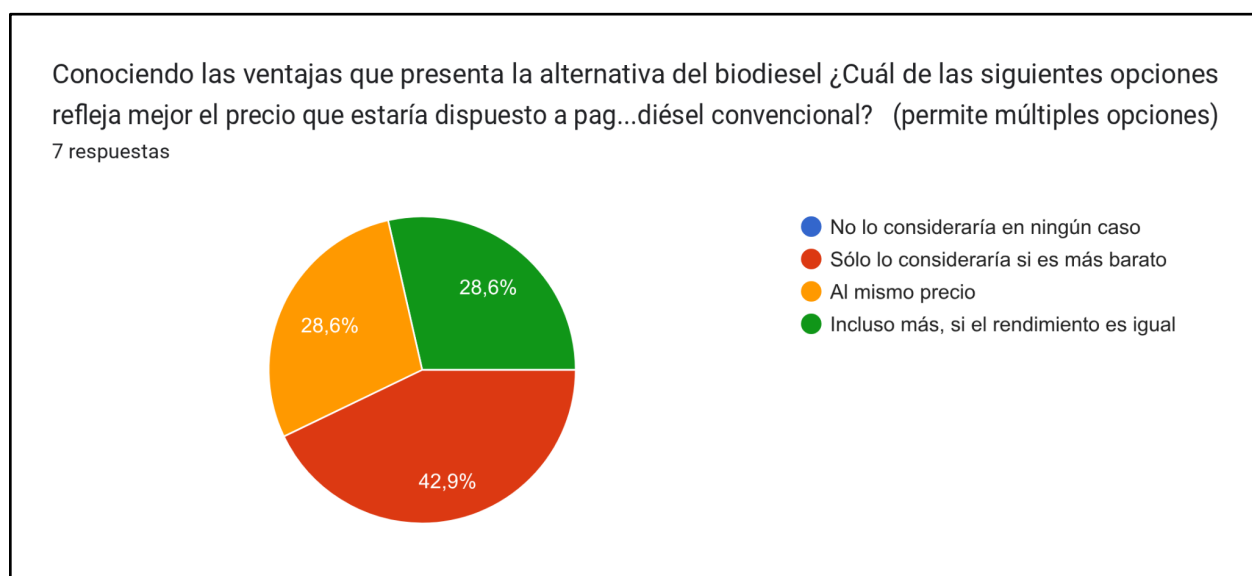
7 respuestas



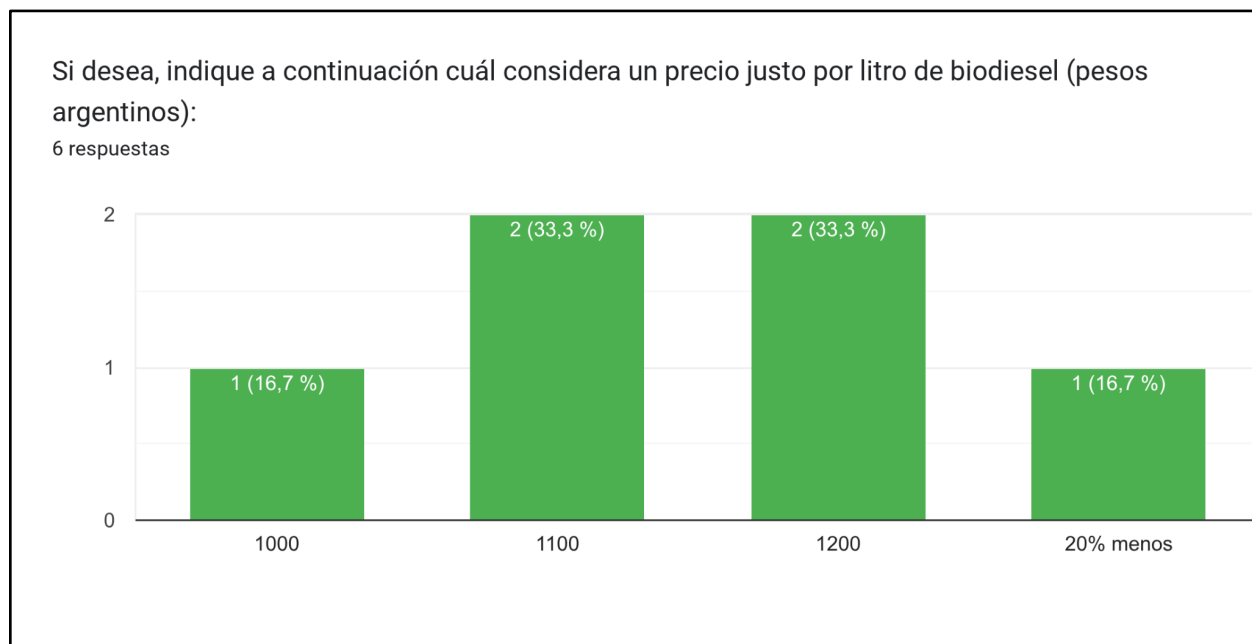
Pregunta N° 11 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.



Pregunta N° 12 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.



Pregunta N° 13 de la encuesta de estudio de mercado. Ciudad de Salta.



Anexo III – Estudio Financiero

Ingresar para seguir al enlace:

[Tabellione-Castellanos. Estudio Financiero. Proyecto de grado..xlsx](#)

REFERENCIAS

1. BCR. (2024, Octubre 04). *En el primer semestre de 2024, la producción de biodiésel continúa en bajos niveles respecto a sus máximos históricos*. Bolsa de Comercio de Rosario. <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/en-el-primer-9>
2. BCR. (2025, Febrero 21). *El aporte del biodiésel a la economía argentina*. Bolsa de Comercio de Rosario. <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/el-aporte-1>
3. Biodiésel Argentina. (2010, Abril 29). Plan bio, 60 municipios recolectan aceite vegetal usado para la producción de biodiésel. *Biodiésel Argentina - Noticias sobre biodiésel y energías renovables*. <https://biodiesel.com.ar/3378/plan-bio-60-municipios-recolectan-aceite-vegetal-usado-para-la-produccion-de-biodiesel#:~:text=Los%20restaurantes%20de%20la%20localidad%20de%20Tigre,empresa%20RBA%2DAmbiental%20para%20ser%20convertidos%20en%20biocombustibles>.
4. CIARA. (2024, Diciembre 31). La agro exportación ingresó u\$s 1.966 millones de dólares en diciembre. *CIARA*. https://www.ciaracec.com.ar/ciara/descargar/31122024_comunicado-ciara-cecdic24docx-2.pdf
5. Clarín. (2023, Julio 26). *Biodiésel: un puente al futuro*. Clarín. https://www.clarin.com/rural/biodiesel-puente-futuro_0_N1vcdkS3jR.html?srsId=AfmBOooNVQgM0WD3mh6P7y3xxcaXIWcu5EQ_f_0cyOnTOregnjNXIwta

6. CONICET. (2014). TECNOLOGÍAS PARA LA INCLUSIÓN SOCIAL Y DINAMICAS DESARROLLO SUSTENTABLE. ANALISIS SOCIO-TÉCNICO DE EXPERIENCIAS DE DESARROLLO LOCAL BASADAS EN EL APROVECHAMIENTO DE ENERGÍAS RENOVABLES. *Astrolabio*, (12), 33.
https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/36007/CONICET_Digital_Nro.06bdb119-1f50-47f9-89b1-049506810c6c_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
7. DH-SH. (2025). DH-SH SRL - Servicios de saneamiento. Retrieved June 18, 2025, from <https://dhsh.com.ar/>
8. Economía Sustentable. (2022, Mayo 04). Aceite usado de cocina: más de la mitad de los argentinos que consumen frituras no lo reciclan. *Economía Sustentable*.
<https://economiasustentable.com/noticias/aceite-usado-de-cocina-mas-de-la-mitad-de-los-argentinos-que-consumen-frituras-no-lo-reciclan>
9. Expoagro. (2025, Febrero 21). El aporte del biodiésel a la economía argentina. *Expoagro - YPF Agro*. <https://www.expoagro.com.ar/el-aporte-del-biodiésel-a-la-economia-argentina/#:~:text=Brasil%20tambi%C3%A9n%20dispone%20del%20programa,aceite%20de%20soja%20en%20biodiésel>.
10. Garrido, S. (2019). *Sol, viento y biocombustibles : análisis socio-técnico de experiencias de desarrollo e implementación de tecnologías orientadas a la generación de energías alternativas en argentina*. <http://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/1626>
11. Garrido, S. (2019). *Sol, viento y biocombustibles : análisis socio-técnico de experiencias de desarrollo e implementación de tecnologías orientadas a la generación de energías alternativas en argentina*. <https://ridaa.unq.edu.ar/handle/20.500.11807/1626>

12. Goldstein, & Gutman. (2010). *El desarrollo reciente de la industria de Biocombustibles en la Argentina*. Aeda.
<https://cdi.mecon.gob.ar/bases/doc/aeda/congreso/2011/gutman.pdf>
13. Hedgepoint Global Markets. (2024, Junio 14). La mezcla de biodiésel aumenta al 14% en Brasil: ¿qué significa esto? *Hedgepoint Global Markets*.
<https://hedgepointglobal.com/es/blog/la-mezcla-de-biodiésel-aumenta-al-14-en-brasil-que-significa-esto/#:~:text=Desde%20marzo%20de%20este%20a%C3%B1o%2C%20el%20porcentaje,alternativa%20creciente%20para%20diversificar%20la%20matriz%20energ%C3%A9tica.>
14. IICA-ARPEL. (2009). *Manual de Biocombustibles*. <https://hdl.handle.net/11324/14167>
15. Infobae. (2024, August 29). Con una participación del 3,3%, la Argentina es el sexto productor mundial de biodiésel. *Infobae*. Retrieved September 1, 2025, from <https://www.infobae.com/revista-chacra/2024/08/29/con-una-participacion-del-33-la-argentina-es-el-sexto-productor-mundial-de-biodiésel/>
16. Nasello, E. M. (2019). *Tratamiento de los Aceites Vegetales Usados y evaluación de su factibilidad técnica como materia prima en una planta de biodiésel en la ciudad de Tandil*. UNICEN. <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/023fa6bb-1e8c-4a2a-aa51-8a993504658f/content>
17. RIAR. (2024). Aceite vegetal usado. Recuperación y tratamiento de residuos líquidos. In *¿Qué hacer con los residuos? Desafíos y propuestas para gestionar distintos materiales: secos, orgánicos, aceites, electrónicos, baterías, pilas, neumáticos, medicamentos, textiles y de construcciones* (Vol. 7).

18. USDA. (2024). *Argentina: Biofuels Annual*. <https://www.fas.usda.gov/data/argentina-biofuels-annual-9>
19. USDA. (2024). *Brazil: Biofuels Annual*. <https://www.fas.usda.gov/data/brazil-biofuels-annual-11>
20. US EPA. (2025, January 28). *Vegetable Oils and Animal Fats* | US EPA. Environmental Protection Agency (EPA). Retrieved May 20, 2025, from <https://www.epa.gov/emergency-response/vegetable-oils-and-animal-fats>
21. Valor Soja. (2024, Septiembre 29). Argentina es el único de los grandes países productores de aceites vegetales que no aprovecha ese recurso para promover la producción de biodiésel. *Bichos de Campo*. <https://bichosdecampo.com/argentina-es-el-unico-de-los-grandes-paises-productores-de-aceites-vegetales-que-no-aprovecha-ese-recurso-para-promover-la-produccion-de-biodiesel/>

BIBLIOGRAFÍA WEB

- ASTM (American Society for Testing and Materials): <https://www.astm.org/>
- Banco Central de la República Argentina: <https://www.bcra.gob.ar/>
- Bolsa de Comercio de Rosario: <https://www.bcr.com.ar/>
- Boletín Oficial de la Provincia de Salta: <https://boletinoficialsalta.gob.ar/index.php>
- Cámara Argentina de Biocombustibles - CARBIO: <https://www.carbio.com.ar/>
- Centro Común de Investigación: Centro Científico de la UE: https://joint-research-centre.ec.europa.eu/welcome-jec-website/reference-regulatory-framework/renewable-energy-recast-2030-red-ii_en
- Consejo Federal de Inversiones: https://cfi.org.ar/financiamiento_verde
- COSAySA Salta: <https://www.aguasdelnortesalta.com.ar/>
- CONICET: <https://www.conicet.gov.ar/>
- DH-SH S.R.L : <https://dhsh.com.ar/>
- Dirección General de Inmuebles Salta: <https://inmuebles.gov.ar/home.aspx>
- Edesa S.A: <https://www.edesa.com.ar/>
- Environmental Protection Agency EPA: <https://www.epa.gov/>
- Gobierno de la Provincia de Salta: <https://www.salta.gob.ar/>
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial INTI: <https://www.argentina.gob.ar/inti>
- Infoleg: <https://www.infoleg.gob.ar/>
- Ministerio de Economía de la República Argentina: <https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/bioenergia/>
- Ministerio de Servicios Públicos Provincia de Córdoba: <https://www.cba.gov.ar/organismo/ministerio-de-infraestructura-y-servicios-publicos/>

- Municipalidad de la Ciudad de Salta: <https://www.municipalidadsalta.gob.ar/>
- Red de Investigación y Acción sobre los Residuos: <https://www.riar.com.ar/>
- Secretaría de Energía de la Nación: <http://datos.energia.gob.ar/dataset/estadisticas-de-biodiésel-y-bioetanol>
- SEDRONAR (Secretaría de Políticas Integrales sobre Drogas de la Nación Argentina): <https://www.argentina.gob.ar/salud/sedronar>
- Servicio Meteorológico Nacional (SMN): <https://www.smn.gob.ar/>
- Sodir S.R.L: <https://sodirsrl.com.ar/>
- USDA (United States Department of Agriculture): <https://www.fas.usda.gov/data>