

CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE BIOGAS A PARTIR DE DESECHOS ORGÁNICOS
EN LA CIUDAD DE BRAGADO, PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

ALUMNO: GONZALO MARTÍN ALONSO – LIC. EN MARKETING

TUTOR: DR. HÉCTOR FASOLI

EDICIÓN: 2017 2DA.

UNIVERSIDAD: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA



AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar, el apoyo de mi mujer Sofía, quien me acompañó en todo este tiempo de esfuerzo e investigación, a mis padres, quienes siempre estuvieron con su apoyo incondicional y profundo cariño, y a Ignacio, un gran amigo y ejemplo, quien desde el momento uno estuvo allí para brindarme todos sus conocimientos, pero por sobre todas las cosas, su tiempo y amistad.

También remarco un agradecimiento especial a toda la gente de Acerbrag S.A., quienes cada uno desde su lugar, me fueron guiando para lograr el desarrollo final de esta Tesis.

Y finalmente y muy especialmente, al Dr. Héctor Fasoli, quien tuvo la cordialidad y la amabilidad de acompañarme a lo largo de este proyecto de Tesis, ya que sin su apoyo, su tiempo y su sabiduría en la materia, esta Tesis no hubiera sido lo mismo.

INDICE

Agradecimientos	2
Índice	3
Índice de Figuras y Tablas	5
Resumen/Abstract.....	8
Glosario	12
Introducción	14
Sección I: Problemática Energética	19
1.1) A Nivel Mundial	19
1.1.1) Crisis medio ambiental	19
1.1.2) Crisis geo-política	20
1.1.3) Nuevas tendencias energéticas	21
1.1.3.a) Economía Circular	24
1.1.3.b) G20: Regulaciones	26
1.1.3.c) “Waste to Energy” – Algunos casos	28
1.2) A Nivel Nacional	31
1.2.1) Crisis medio ambiental	31
1.2.2) Nuevas tendencias energéticas	33
1.2.2.a) Plan Renovar	34
1.2.2.b) “Waste to Energy” – Algunos casos	37
Sección II: Estudio de la zona de Bragado	40
2.1) Distribución geográfica	40
2.2) Análisis de disponibilidad	41

2.3) Características generales del biogás y de la planta a instalar	42
2.3.1) Eficiencia de la producción de biogás	46
2.3.2) Parámetros operacionales	47
Sección III: Análisis del proyecto	49
3.1) Modelo de negocios	49
3.2) Análisis F.O.D.A.	51
3.3) Análisis del marco legal	52
3.4) Impacto medioambiental del proyecto	54
3.5) Análisis financiero	56
3.5.1) Estrategias de logística y costos asociados	60
3.5.2) Flujo de caja libre del proyecto	63
3.5.3) Análisis de sensibilidad	67
Conclusión	76
Referencias bibliográficas	78
Bibliografía	84

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

- *Figuras*

Figura 1: Tendencia de energías renovables a nivel mundial	23
Figura 2: Tipos de biomasa (World Energy Trade)	24
Figura 3: Porcentaje de los biocombustibles sólidos en la producción total de energías renovables	29
Figura 4: Planta “Ironbridge – Reino Unido”	29
Figura 5: Planta “Alholmenskraft – Finlandia”	30
Figura 6: Planta “Trondheim – Noruega”	31
Figura 7: Aumento de energías limpias	32
Figura 8: Energías renovables en Argentina	33
Figura 9: Porcentaje total de energía demandada – Metas 10 años	35
Figura 10: Objetivos y beneficios del programa RenovAr	36
Figura 11: Planta “San Pedro Verde – Santa Fe”	38
Figura 12: Planta “Yanquetruz – San Luis”	38
Figura 13: Planta “Ensenada – Buenos Aires”	39
Figura 14: Mapa Ciudad de Bragado	40
Figura 15: Zona delimitada del objeto de estudio	41
Figura 16: Zona delimitada de la recolección de sustratos	42
Figura 17: Diagrama del proceso de producción de biogás	48
Figura 18: FCF – Consumo interno de Gas	66
Figura 19: FCF – Generación eléctrica	67
Figura 20: VAN/Cabezas de ganado – Consumo interno de gas	69

Figura 21: VAN/Cabezas de ganado – Generación eléctrica	69
Figura 22: VAN/Tipo de cambio – Consumo interno de gas	71
Figura 23: VAN/Tipo de cambio – Generación eléctrica	71
Figura 24: VAN/Precio diésel (ARS/L) – Consumo interno de gas	73
Figura 25: VAN/ Precio diésel (ARS/L) – Generación eléctrica	73
Figura 26: VAN/Precio gas (USD/MMBTU) – Consumo interno de gas	75

- *Tablas*

Tabla 1: Requisitos por tecnología – Programa RenovAr	36
Tabla 2: Stock Pecuario – “Bragado”	41
Tabla 3: Características generales del biogás	43
Tabla 4: Producción de biogás por tipo de residuo animal	45
Tabla 5: Relación de C/N según procedencia de la materia orgánica	46
Tabla 6: Propiedades del biogás Vs. otras fuentes de energía	46
Tabla 7: Análisis FODA del proyecto	51
Tabla 8: Inversión programada 2017-25 en MMUSD	53
Tablas 9 y 10: Unidades transversales a todo el ejercicio	59
Tabla 11: Disponibilidad de desechos	59
Tabla 12: Cálculos logísticos	60
Tabla 13: Rendimientos y gastos operacionales	60
Tabla 14: Referencias Vs proyectos RenovAr	61
Tabla 15: Opción 1 – Consumo interno de gas	61
Tabla 16: Opción 2 – Generación eléctrica	61

Tabla 17: ROI, VAN & TIR – Consumo interno de gas	67
Tabla 18: ROI, VAN & TIR – Generación eléctrica	67
Tabla 19: Análisis de sensibilidad – Cabezas de ganado	68
Tabla 20: Análisis de sensibilidad – Tipo de cambio	70
Tabla 21: Análisis de sensibilidad – Precio diésel [ARS/L]	72
Tabla 22: Análisis de sensibilidad – precio gas [USD/MMBTU]	74

RESUMEN

En las últimas décadas, las modificaciones estructurales en la demanda mundial de *commodities* ha conducido a un reordenamiento del sistema productivo, provocando un impacto demográfico y, con ello, una creciente demanda de alimentos y productos, sobre todo, en aquellas economías basadas en la producción agropecuaria.

Argentina es por excelencia un país agroexportador, posee un territorio extenso y rico en suelos y variedad de clima. Este aprovechamiento del territorio, ha sido un avance muy favorable para la economía del país en general y el desarrollo regional en particular. Tal impulso en la actividad puede observarse en la expansión de la frontera agrícola, cerealera, más específicamente soja, provocando un desplazamiento de la ganadería hacia otras zonas, incluso algunas marginales o menos fértiles, en espacios de confinamiento reducido denominados feedlots.

La intensificación de los sistemas ganaderos busca mejorar la eficiencia en calidad del producto, acelerando los procesos de engorde. Al mismo tiempo provoca un aumento en los flujos de energía y nutrientes, siendo riesgosos en cuanto a la contaminación. La producción vacuna intensiva es potencialmente una fuente de contaminación, cuando las excretas generadas durante esta actividad no son estabilizadas correctamente, provocando un gran impacto ambiental.

Esta contaminación corresponde a los efluentes y residuos de los animales que afectan, directamente, sobre los suelos por exceso de sales y “en menor cantidad metales pesados (Cu, Zn y Fe)” [1]. Las aguas subterráneas se contaminan por exceso de nitratos, las aguas superficiales, por el aporte de gran cantidad de materia orgánica y fósforo. La atmósfera se daña por la producción de gases (GEI) efecto invernadero que provocan el calentamiento global, como son el metano, óxido nitroso y dióxido de carbono. Finalmente, el malestar social, provocado por el olor, el polvo y las plagas sin antrópicas que se generan en el ambiente.

Frente a esta situación, es necesario buscar alternativas que permitan alcanzar una gestión más adecuada y menos peligrosa de esos grandes volúmenes de efluentes que se generan diariamente. Una de las tecnologías de aprovechamiento de estos residuos agropecuarios es la producción de biogás.

El biogás es un combustible que se obtiene en dispositivos específicos, por las reacciones de biodegradación de materia orgánica, puede ser utilizado en la generación de energía térmica,

eléctrica y como biocombustible. Es una de las fuentes de energía renovables con mejor aceptación en una gran cantidad de países en los distintos continentes.

En Argentina, la matriz energética está basada principal e históricamente en fuentes provenientes de combustibles fósiles. Sin embargo, en la actualidad, la potencia instalada resulta insuficiente para cubrir las necesidades energéticas de una población creciente. Por ese motivo, el biogás puede considerarse un gran aliado para la economía de la nación y el cuidado del medio ambiente. Con este proceso de tratamiento, los efluentes dejarían de ser considerados desechos sin uso alguno, para transformarse en insumos potencialmente utilizables en actividades productivas.

En este trabajo, se realiza un análisis sobre la incursión de una planta de biogás en la ciudad de Bragado, Provincia de Buenos Aires y de los beneficios que esto trae aparejado para la comunidad. Asimismo, se estudia la viabilidad económica de la implementación de este tipo de energía para determinar la conveniencia o no del proyecto.

ABSTRACT

In recent decades, structural changes in world demand for commodities have led to a reordering of the production system, causing a demographic impact and with it, a growing demand for food and products, especially in those economies based on agricultural production.

Argentina is for excellence an agro-exporting country, it has an extensive territory rich in soil and a variety of climate. This use of the territory has been a very favorable advance for the country's economy in general and regional development in particular. Such boost in activity can be seen in the expansion of the agricultural, grain, and more specifically soybean frontier, causing a movement of livestock to other areas, even some marginal or less fertile, in areas of reduced confinement called Feedlot.

The intensification of livestock systems seeks to improve efficiency in product quality, accelerating fattening processes. At the same time, it causes an increase in energy and nutrient flows, being risky in terms of contamination. Intensive vaccine production is potentially a source of contamination, when the excreta generated during this activity are not properly stabilized, causing a great environmental impact.

This contamination corresponds to the effluents and residues of animals, by directly affecting the soils due to excess heavy metals and salts. Groundwater is polluted by excess nitrates, surface water, by the contribution of a large amount of organic matter and phosphorous. The atmosphere is damaged by the production of greenhouse gases (GHG) that cause global warming, such as methane, nitrous oxide and carbon dioxide. Finally, social unrest, caused by the smell, dust and non-anthropogenic pests that are generated in the environment.

Faced with this situation, it is necessary to look for alternatives that allow achieving a more adequate and less dangerous management of those large volumes of effluents that are generated daily. One of the technologies for taking advantage of these agricultural residues is the production of biogas.

Biogas is a fuel that is obtained in specific devices, due to the biodegradation reactions of organic matter, it can be used in the generation of thermal, electrical and biofuel energy. It is one of the best accepted renewable energy sources in a large number of countries on different continents.

In Argentina, the energy matrix is mainly and historically based on sources from fossil fuels. However, currently the installed power is insufficient to cover the energy needs of a growing population. For this reason, biogas can be considered a great ally for the nation's economy and caring for the environment. With this treatment process, the effluents would no longer be considered waste without any use, to become potentially usable inputs in productive activities.

In this work, an analysis will be made of the incursion of a biogas plant in the city of Bragado, Province of Buenos Aires and of the benefits that this brings to the community. Likewise, the economic viability of the implementation of this type of energy will be studied to determine the convenience or not of the project.

GLOSARIO Y ACRÓNIMOS

ARS: Pesos Argentinos

BTU (British thermal unit): Unidad Térmica Británica

CSTR: Continuous-flow stirred tank reactor = Reactor de tanque agitado continuo

CADER: Cámara Argentina de Energías Renovables

CAMMESA: Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico SA

CAPEX (Capital expenditure): Gastos de capital

CER: Certificados de Reducción de Emisiones

CH₄: Fórmula química del “Metano”

CO₂: Fórmula química del “Dióxido de Carbono”

DIGESTATO: (o “lodo digerido”), material líquido o sólido que queda al terminar el proceso

DBO: Demanda Biológica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

ENRE: Ente Nacional Regulador de la Electricidad

FODER: Fondo Fiduciario para el Desarrollo de Energías Renovables

GEI: Gas de Efecto Invernadero, gas atmosférico que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo

GW: Unidad de energía conocida como “Gigavatio”, que equivale a mil millones de vatios.

HFC: Fórmula química del “Hidrofluoro Carbono”

KWh: Unidad de energía conocida como “kilovatio hora”, expresada en forma de unidades de “potencia x tiempo”. Equivale a mil vatios

LHV (Lower heating value): Poder calorífico inferior

MaTER: Mercado a Término de Energías Renovables

MEM: Mercado Eléctrico Mayorista

MEyM/MINEM: Ministerio de Energía y Minería

MS: Materia Seca

MV: Masa Volátil

N2O: Fórmula química del “Dióxido Nitroso”

MW: Unidad de energía conocida como “megavatio”, que equivale a un millón de vatios

OPEX (Operational expenditure): Gastos operacionales

PFC: Fórmula química del “Perfluoro Carbono”

REVENUE: Traducción al español “Ingresos”

RH: Humedad Relativa

SA: Sociedad Anónima

SF6: Fórmula química del “Hexafluoruro de Azufre”

SS: Sólidos Suspendidos

ST: Sólidos Totales

SV: Sólidos Volátiles

TC: Tipo de Cambio

TIR: Tasa Interna de Retorno

TRH: Tiempo de Retención Hidráulica

TWh: Unidad de energía conocida como “Teravatio hora”, que equivale a un billón de vatios

USD: Dólares estadounidenses

VAN: Valor Actual Neto

VCO: Velocidad de Carga Orgánica

INTRODUCCIÓN

La provincia de Buenos Aires es rica en geografía, poblados y personas. Bragado es uno de esos lugares, dentro de esta geografía pampeana, que asoma como un verde incansable de empuje y crecimiento.

Desde 1851 se considera a Bragado como localidad cabecera de una serie de pueblos dedicados, especialmente, al agro. Con la llegada del ferrocarril del Oeste Chivilcoy-Bragado crece notablemente la población empujada por la gran inmigración europea que buscaba un lugar de paz y trabajo para vivir [2].

Dentro de ese crisol de razas, *“en aquel entonces, llegaron los obreros con sus familias, inmigrantes italianos y españoles que se convertirían en una marca registrada en la cultura del pueblo”* [3]. Las actividades que se desarrollaron inicialmente fueron la producción de la tierra y la mano de obra para la construcción. Esto permitió que se construyeran escuelas, clubes y otras instituciones sociales activando una vida cultural y de valores muy arraigada y un importante polo agrícola-ganadero.

Alrededor de 1964, casi 100 años después de su creación como ciudad, Bragado comienza con un emprendimiento novedoso: la instalación de una planta de aceros, una compañía nueva, que, desafiando la historia, se anima a darle a la ciudad un matiz laboral diferente. De la mano del Ing. Jaime Coll y un grupo de vecinos que realizaron el aporte económico se lanzaron al mercado de la industrialización que avanzaba como idea renovadora a lo largo del país [4]. Podría decirse que asimilaron el pensamiento de Marcel Proust (1871-1922) *“El verdadero viaje del descubrimiento no consiste sólo en ver lugares nuevos sino mirar con nuevos ojos”* [5].

La actividad de la empresa se centró en sus inicios en la producción de piezas de acero y hierro fundido para uso industrial, naval, automotriz y *pipiing* de gran porte para tuberías de redes de gas. En esta primera etapa se conformó un grupo humano con formación muy heterogénea; dadas las condiciones laborales del momento, se contrataron empleados rurales, ferroviarios, comerciantes, algunos técnicos, pero ninguno metalúrgico. Esta situación, demandó grandes esfuerzos que rápidamente se vieron compensados con el desarrollo de la compañía. Es por ello que esta primera etapa está marcada por un importante crecimiento para el partido de Bragado de la mano de la empresa, ya que fue y sigue siendo una gran fuente de trabajo y de desarrollo económico para el distrito. No solo por el ser el principal empleador, sino también por impulsar el desarrollo de nuevas oportunidades de negocios [6].

En la década del 70 la empresa, un complejo metalúrgico ya formado, toma el nombre de Aceros Bragado y completa la instalación de dos importantes trenes de laminación; uno para barras y rollos y el otro para barras y perfiles de gran tamaño, ambos de origen italiano. En el año 1986 muere Jaime Coll, y la empresa entra en un proceso de recambio familiar que la lleva, en el año 1990, a la quiebra. Esta fue una etapa muy difícil para la compañía que entra en una gran recesión con una producción muy debilitada dentro de un contexto del país también muy complejo. Esta situación dejó a la empresa con una imagen y una reputación frágil, casi insostenible, donde los pocos empleados no podían cobrar sus sueldos, los clientes no recibían los productos con la calidad y el servicio que caracterizaba a la empresa desde sus inicios y el esfuerzo por sostenerla funcionando se tornaba imposible [7].

Frente a esto, unos años después de la quiebra, en 1997, es adquirida por el Grupo Lupier, liderado por el Sr. Pedro “Piero” Vara. Desde ese momento, pasa a denominarse **Acerbrag S.A.** y da comienzo un nuevo ciclo impulsado por un líder carismático y emprendedor como “Piero” que, con gran visión de futuro, proyecta un plan de inversiones a mediano y largo plazo en un momento muy difícil para el país en general y para la dirigencia empresaria en particular. *“Piero Vara impulsa una renovación tecnológica para adecuar la empresa al nuevo orden mundial”* [7].

En esta etapa, la empresa comenzó a tomar un giro exponencial de crecimiento, con fuertes inyecciones de inversión económica, investigación tecnológica y capacitación específica para sus empleados. Este despliegue permite, en mayo de 2005, la puesta en marcha de la acería eléctrica más moderna del país, fabricada con equipamientos italianos de última generación, además de una planta de oxígeno, colada continua, laminación en caliente y planta de estirado de barras. Estas inversiones permitieron a la compañía, competir con productos de avanzada en el mercado de aceros al carbono y aleados [8].

A diferencia de la etapa anterior, el resurgimiento de la empresa no solo generó nuevos puestos de trabajo, con capacitación especializada y un estilo de relaciones laborales acordes a los tiempos presentes, sino que, como complemento, provocó el desarrollo de nuevos emprendimientos en su zona de influencia tal que pudieran abastecer sus necesidades de insumos, repuestos y servicios. Esto provocó un fuerte impulso económico en la sociedad de Bragado y la conciencia de comunidad.

Esta conciencia de comunidad incluye, la responsabilidad incondicional con la gente, la seguridad en lo que refiere a las normas de trabajo y al cuidado del ambiente. A tal efecto, se construyeron instalaciones complementarias, acompañando un sistema de gestión normalizado, garantizando la calidad de todos los productos con el fin de satisfacer las

necesidades de los clientes, principal objetivo del sistema. En poco tiempo Piero le dio a la empresa renovados impulsos, permitiendo una fuerte expansión. Este nuevo período pone una vez más en relieve todo lo que es capaz de producir esta fábrica, en su empeño de trabajo y progreso, y en la búsqueda de productos cada vez más eficientes puestos al servicio del país, de su economía, y en definitiva el bienestar de sus habitantes.

Con la muerte de Piero, la empresa queda a cargo de su hermana Luisa Vara, quien entiende que los tiempos exigen nuevas y fuertes decisiones y, en ese sentido, busca un socio estratégico. La decisión recae en el Grupo Votorantim, de origen familiar brasileño, fuerte en negocios mundiales y con probado cuidado de las personas y del ambiente, puntos principales de la elección de Luisa. A partir de enero de 2008 comienza un ambicioso plan de crecimiento bajo el liderazgo estratégico de Votorantim Siderurgia [9].

Acerbrag es hoy la segunda empresa productora de aceros largos de Argentina. Una acería para la fabricación de aceros laminados para el agro y la industria, también un importante proveedor de hierros de construcción a nivel nacional, con una capacidad de 350 mil toneladas año y una participación del 25% del mercado, con la tecnología más moderna del país. Detrás de estos empresarios, se alinean los pobladores de Bragado, muchos de ellos hermanados en la empresa y con el mismo sentimiento de aquellos iniciadores para superar los desafíos de alcanzar el crecimiento propio y proyectarlo al conjunto de la sociedad toda [10].

En ese mirar distinto para llegar más lejos surge el impulso de repensar alternativas efectivas frente a una demanda energética cada vez más creciente, ya sea dentro de la misma empresa de aceros, en el país en general como para Bragado en particular. En la actualidad, las necesidades reales y concretas de abastecer con servicios de calidad a los pobladores de esa región de la provincia de Buenos Aires, las industrias y los comercios zonales, pone en tela de juicio las matrices energéticas históricas, provenientes de combustibles fósiles y elaborar estrategias más amigables con el medio ambiente. *“A pesar de la extensión de las redes de energía en Argentina, el aprovisionamiento de algunos territorios y sociedades ha quedado relegado, lo que se traduce en un mapa energético con inequidades regionales. Las redes no han logrado crecer de forma consecuente con las necesidades energéticas, ni al ritmo de las nuevas demandas”* [11].

Esto no es menor, si se quiere alcanzar un cambio profundo y de base sólida que impacte en las conciencias de los ciudadanos, en la dirigencia empresarial y en las políticas públicas atravesando todos los niveles de poder y decisión. *“Asistimos a un proceso de profundos cambios que impactan velozmente en todo el territorio. Los retos políticos, económicos,*

ambientales, sociales y culturales, de esta compleja realidad, nos convocan a encontrar respuestas con una visión global del mundo y un fuerte protagonismo local” [12].

Ya no se puede pensar con proyección futura si no se elaboran propuestas de desarrollo real y concreto basadas en el cuidado del medio ambiente. *“La mejor definición lograda en cuanto al objetivo general de este plan es construir un municipio saludable, en el que establezca una relación armoniosa con el medio ambiente físico y natural, a partir de una tarea constante de la instituciones públicas y privadas de toda la comunidad, para mejorar las condiciones de vida, trabajo y cultura de la población” [12].*

En términos generales, Bragado es una zona agrícola ganadera por excelencia. Las grandes extensiones de campo, sus pobladores y la historia social, política y económica, marcan a las claras la importancia del agro por sobre cualquier otra posibilidad productiva. Se registra un predominio de las explotaciones ganaderas sobre las agrícolas, aunque, vale reconocer que en la última década la soja, el commodity argentino por excelencia, viene registrando un crecimiento sostenido y eso marca tendencia en un corrimiento de la ganadería hacia zona menos fértiles y más alejadas de los centros urbanos. La actividad ganadera se orienta, básicamente a la cría e invernada. Tanto a campo abierto como en feedlot, la ganadería es, juntamente con Acerbrag S.A, los grandes pilares de la económica regional bragadense.

Comenzando un nuevo siglo asistimos a un proceso de profundos cambios que impactan velozmente en todo el territorio. Los retos políticos, económicos, ambientales, sociales y culturales, de esta compleja realidad, nos convocan a encontrar respuestas con una visión global del mundo y un fuerte protagonismo local.

La mejor definición lograda en cuanto al objetivo general de este plan es construir un municipio saludable, en el que establezca una relación armoniosa con el medio ambiente físico y natural, a partir de una tarea constante de la instituciones públicas y privadas de toda la comunidad, para mejorar las condiciones de vida, trabajo y cultura de la población.

En términos generales se registra un predominio de las explotaciones ganaderas sobre las agrícolas siendo que, en la última década, estas últimas vienen registrando un crecimiento sostenido. La actividad ganadera se orienta a la cría e invernada de producción propia comprada a terceros.

Los adelantos tecnológicos influyen en el aumento de la productividad tanto en la ganadería como en la agricultura, motivo por el cual las explotaciones se ven reflejadas en predios cada

vez más significativos. Esto provoca también en la cantidad de desechos que afectan directa o indirectamente al medio ambiente.

Un dato a tener en cuenta es que el partido de Bragado tiene una fuerte concentración urbana en la ciudad cabecera y que mantiene un ritmo de crecimiento poblacional en franco crecimiento.

El trabajo de investigación de la presente tesis, buscará plasmar, siguiendo esta tendencia de crecimiento y desarrollo en el cuidado de la geografía del lugar, la incursión de una planta de biogás en la ciudad de Bragado, anexa a la siderurgia, cuyos beneficios serán de impacto en la economía y en la mejora del medio ambiente, mitigando de alguna manera los excesivos consumos que la planta tiene cuidando en todo, las riquezas naturales.

De esta forma, la Sección I estudiará la problemática energética a nivel mundial y nacional, con el objetivo de comprender la magnitud de esta situación. Se analizará también el escenario a nivel local – ciudad de Bragado– para poder poner en contexto el caso a estudiar, comparándolo con otros casos de éxito en el plano nacional/regional, de manera de poder visualizar las herramientas con que cuenta Argentina para hacer frente a esta problemática.

Siguiendo con el análisis, la Sección II avanza en el estudio de la situación actual de la Ciudad de Bragado en particular, a partir de un mapeo de los grandes ganaderos de materia orgánica de la zona, con el fin de analizar la disponibilidad en la recolección de los desechos orgánicos también en parajes no tan se podrá identificar las fortalezas y debilidades del proyecto en su puesta a punto definitiva.

Por último, la sección III apunta a distintos escenarios donde se focalizará sobre estrategias de logística, los costos asociados, el análisis del marco legal, cuál será el impacto real sobre el medio ambiente. Finalmente se hará la evaluación económico-financiera correspondiente para determinar la conveniencia o no del proyecto.

Se finaliza este trabajo con una conclusión que repasa la investigación desarrollada, destacando los principales hallazgos y resumiendo el curso de acción más efectivo que servirá de guía al actuar para la toma de decisiones empresarial sobre el proyecto en cuestión.

SECCIÓN I: PROBLEMÁTICA ENERGÉTICA

1.1) A NIVEL MUNDIAL

1.1.1) CRISIS MEDIOAMBIENTAL

En el planeta existe una gran crisis energética, producto del excesivo uso de combustibles fósiles a lo largo de los años. Existen cuatro combustibles fósiles que son el petróleo, el carbón, el gas natural y el gas licuado. La utilización de la energía que proviene de la quema de combustibles fósiles es utilizada históricamente, tanto en la rama industrial como en lo social. Sin embargo, su uso indiscriminado, provoca consecuencias irreparables para el planeta [13].

La combustión de tales combustibles fósiles, provoca una gran emisión de dióxido de carbono (CO_2) provocando un exceso de la temperatura, o calentamiento global cuya consecuencia más conocida es el cambio climático. Es importante saber que, desde principios del siglo XX se ha duplicado la concentración del CO_2 sobre la atmosfera [13].

La atmosfera es la parte gaseosa de la Tierra, una extensa capa conformada por diferentes gases que varían en cantidad según la presión a distintas alturas. Es importante saber que, desde principios del siglo XX se ha duplicado la concentración del CO_2 sobre la atmosfera. Esta mezcla de gases es lo que comúnmente se denomina aire. Las corrientes de aire reducen drásticamente las temperaturas entre las horas del día y de la noche, distribuyendo calor por todas las superficies del planeta. La atmosfera tiene como función primordial, proteger la vida sobre la Tierra, absorbiendo una parte importante de la radiación solar ultravioleta en la capa de ozono [14].

El cambio climático detonado por las emisiones descontroladas de dióxido de carbono es la mayor causa de las olas de calor, las sequías, las inundaciones, poderosas tormentas, corrientes oceánicas que provocan un aumento en el nivel del mar y los cambios de temperatura a lo largo del planeta. Denominaciones tales como efecto invernadero, calentamiento global, deshielo en zonas gélidas donde se puede observar el desplazamiento de grandes porciones de hielo deslizarse por los mares, desconcierta y preocupa. En algunos momentos atemoriza, pensando el futuro, quizá no tan lejano de una geografía terrestre totalmente distinta a la que estamos acostumbrados a ver.

Con este modelo, la crisis energética es considerada como insostenible. Abastecer la población actual, cada vez más creciente y más exigente en el uso de la energía, requiere de un plan táctico y estratégico a mediano y largo plazo que proteja del impacto profundo económico-

social y sus consecuencias ambientales [15]. Reducir el gasto energético y aumentar decididamente, el consumo de energías renovables y limpias es una alternativa posible y concreta. La sustitución del petróleo, por ejemplo, se vuelve por demás urgente, ya que de él se obtienen los combustibles líquidos para el transporte.

Por otro lado, el petróleo es un combustible finito. En algún momento se agotará. Hace ya muchos años que habla de este tema, con lo cual podemos pensar que verdaderamente, la caída de la explotación es un hecho que debemos esperar en un tiempo no muy lejano. Con este panorama, la biosfera terrestre solo recibe daños causados por el hombre y sus alternativas erradas. El uranio, utilizado en las centrales nucleares ira mostrando, también, su límite real y concreto. El uso de esta variante energética solo empeora la situación, ya que permite cubrir apenas una pequeña fracción de la demanda eléctrica mundial dejando una gran contaminación ambiental al utilizar uranio y plutonio, sustancias altamente peligrosas para la humanidad.

Esta es una problemática que no solo se debe discutir entre los poderosos sin hacer algo en concreto. Que las decisiones que se toman no queden en palabras, que pueda hacerse consciente el cuidado del planeta, en sus distintas vertientes, “... *la casa común*” al decir del Papa Francisco en su Encíclica Laudato sí del 24 de mayo de 2015. *El desafío de proteger nuestra casa común incluye la preocupación de unir a toda la familia humana en la búsqueda de un desarrollo sostenible e integral, pues sabemos que las cosas pueden cambiar*” [16].

1.1.2) CRISIS GEOPOLÍTICA

Detrás de las buenas intenciones de los países que luchan contra el cambio climático se esconden muchos intereses políticos. La geopolítica internacional está relacionada con la política energética más de lo que se piensa. De hecho, en muchos casos la segunda, puede determinar la política exterior, económica, de seguridad o ambiental. Las guerras en Irak o Siria son solo dos ejemplos en los que potencias globales como Rusia y Estados Unidos se enfrentan en territorios ajenos, alegando motivaciones políticas y seguridad, quedando subsumido un interés más profundo como es el control del mercado del petróleo [17].

Lo mismo pasa a la inversa: los espacios de diplomacia internacional, directamente relacionados con asuntos de energía, se encuentran profundamente politizados y reflejan la balanza de poder global. Tomemos el caso del Acuerdo de París y las dos agencias especializadas en energía: la Agencia Internacional para la Energía Renovable (Irena) y la Agencia Internacional de Energía (IEA).

El Acuerdo de París suele entenderse como un tratado sobre un tema ambiental: el cambio climático. Sin embargo, las motivaciones políticas de las naciones más influyentes, en este caso Estados Unidos y China, cuyas acciones internas generan los mayores emisores de gases de efecto invernadero (seguidos por la Unión Europea, India y Rusia), se rigen por su situación energética más, que por consideraciones estrictamente medioambientales. Estados Unidos es el segundo mayor productor de petróleo del mundo y ha buscado siempre un régimen climático débil, con compromisos blandos, sin restricciones a su independencia energética basada en combustibles fósiles. Algo similar ocurre con China, Japón, Rusia, Australia, y los países del Oriente Medio, grandes productores de carbón, gas o petróleo [18].

Cuando China y Estados Unidos se aliaron para apoyar la conclusión exitosa del acuerdo, lo hicieron bajo dos premisas: primero, como forma de evitar una desventaja de competitividad económica entre ellos; y segundo, que el régimen estaría basado en la voluntad de los países para definir su propia contribución [19].

Por su lado, la Unión Europea lidera en materia de cambio climático y aboga por compromisos legales fuertes. Su situación doméstica es distinta: la mayoría de sus miembros y en particular los grandes carecen de reservas significativas de combustibles fósiles que les garanticen una independencia energética y una consecuente competitividad económica basada en esa fuente de energía (con excepción de Alemania y Polonia, que tienen reservas de carbón) [20].

1.1.3) NUEVAS TENDENCIAS ENERGÉTICAS

El análisis sobre las perspectivas de consumo a nivel global, lleva a repensar las políticas a mediano y largo plazo. Según muchos de los analistas, se prevé un aumento del consumo y en cuanto a esto, abordar el tema de nuevas tendencias se vuelve primordial. En especial, la relación que existe entre las emisiones globales de carbono y el interés de limitar el aumento de la temperatura del planeta a unos 2 grados o menos. Sobre esto, se puede decir que se observa una desigualdad. Por un lado, el incremento de instalaciones de renovables y la instalación de baterías de almacenamiento pondrá al mundo en una ruta compatible con estos objetivos al menos hasta 2030. Por otro lado, se necesitará hacer mucho más en calidad y tiempo, de esa fecha considerada para mantener al mundo por debajo de esos 2 grados de incremento medio de las temperaturas [21].

Todo un desafío que exige ocuparse de manera responsable por parte de las autoridades políticas y el acompañamiento de la ciudadanía. A nuestro juicio, será un trabajo conjunto basado en la información, formación y cambio de hábitos.

El mundo está en permanente cambio, y cuidar el planeta debe ser una prioridad. Por ese motivo, la inversión se ha vuelto por demás interesante en lo que refiere a energías renovables. Datos de la agencia Bloomberg indican que las inversiones en energías renovables han crecido de algo menos de 50 mil millones de dólares en el 2004 hasta llegar a rondar los 300 mil millones en el pasado año 2019. Esto hace suponer que se ha triplicado la inversión en combustibles fósiles para las mismas fechas [22].

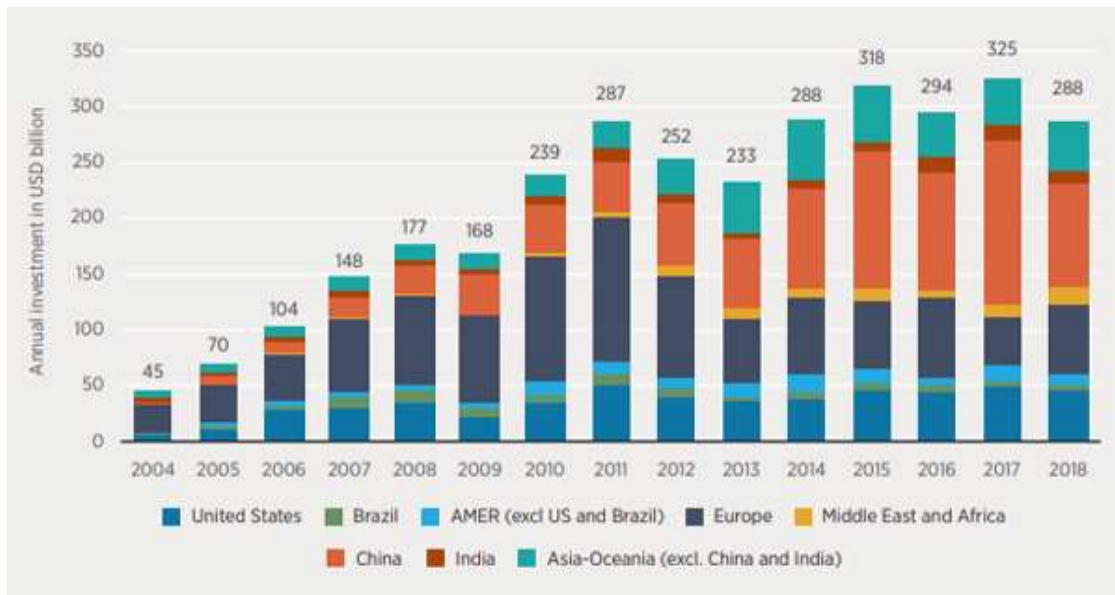


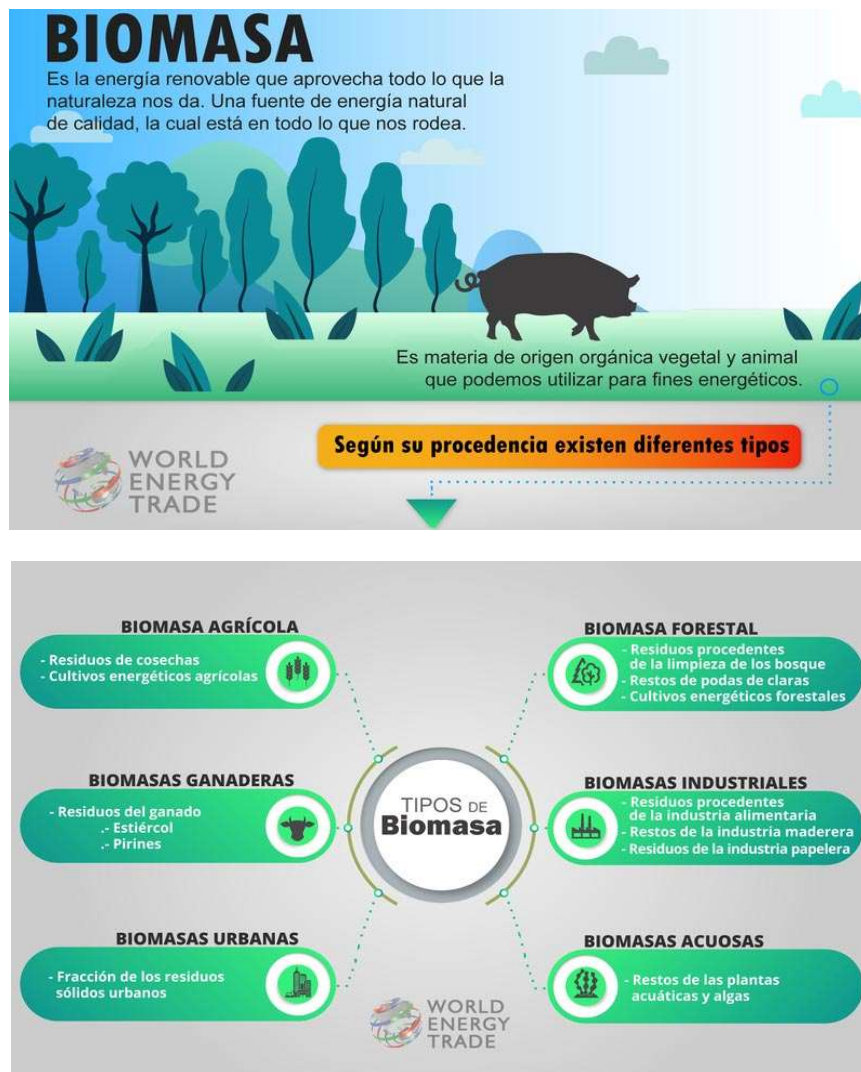
Figura 1: Tendencia de energías renovables a nivel mundial

Fuente: Tomado de referencia [23]

La figura 1 muestra la inversión en energía renovable, sin considerar el uso final y la energía hidroeléctrica a gran escala. Según BloombergNEF, pasaremos de consumir 2/3 de combustibles fósiles en 2018 a 2/3 de energía sin emisiones de carbono en 2050. Las tecnologías eólica y solar suministrarán casi 50% de la electricidad mundial en 2050, terminando con el dominio de los combustibles fósiles en el sector energético. El viento podrá generar 26% de la electricidad mundial para esa misma fecha futura, en comparación con el 5% actual. Y la energía solar es la que más crecerá, ya que pasará de 2% de la generación eléctrica mundial a día de hoy a 22% en el año 2050. La biomasa tendrá un papel fundamental a la hora de asegurar la gestionabilidad del sistema eléctrico y poder cumplir con los objetivos energéticos renovables marcados para 2030 [24].

La biomasa es la cantidad de productos que se obtienen mediante la fotosíntesis, susceptibles de ser transformados en combustible útil para la vida humana. En la naturaleza, las plantas transforman la energía radiante del sol en energía química a través de la fotosíntesis, y una parte de ella queda almacenada en forma de material orgánico [25].

La energía de biomasa, entonces, se expresa por la extracción de energía mediante la quema de materia orgánica, siendo su principal elemento orgánico la madera, aunque no es el único es sí, el más primitivo. El hombre desde los inicios de la civilización ha utilizado la energía de la biomasa para obtener calor, y con él, proveerse de un clima agradable para enfrentar el frío, la cocción de alimentos y la construcción de herramientas. Basta recordar a los herreros en las películas épicas forjando lanzas sobre las llamas de fuego. Además de la madera se puede quemar todo desecho orgánico como ramas, plantas, cultivos con azúcares que producen el llamado biocombustible, otros residuos (basura), permiten ser utilizados para la obtención de biomasa. Se podría pensar que esta energía no es renovable ya que estos elementos se terminan, se consumen, sin embargo, se puede resembrar, o replantar, volviendo así el proceso como inagotable [25].



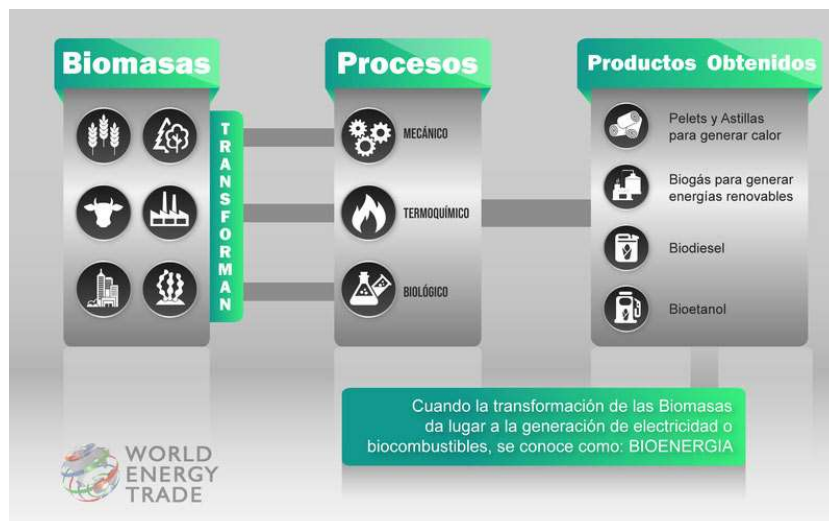


Figura 2: Tipos de Biomasa
Fuente: Tomado de referencia [26]

Hay que diferenciar entre energía renovable y energía limpia. La biomasa es una energía renovable pero no limpia ya que produce una serie de gases contaminantes que se vierten en la atmosfera como los óxidos de nitrógeno (NO_x) o CO_2 mayor causante del efecto invernadero. En contraposición, está la energía de los mares, el sol o el viento que producen formas limpias de energía, y a la vez renovables. La biomasa está ocupando un lugar de importancia especialmente en España donde ya representa 21 % de la producción interior de la energía primaria.

La posibilidad de transformación energética es un cambio de tendencia demandada por una sociedad que reconoce el valor de la sostenibilidad y el respeto por el medioambiente. Tanto en los países avanzados como aquellos en vías de desarrollo estos nuevos criterios avanzan hacia posibles cambios según las características geopolíticas de cada uno. Pero con una tendencia positiva y esperanzadora, aunque quizá, demasiado lenta. *“Este año, el Informe Global del Estado de Renovables 2018 revela dos realidades: una en la que la revolución en el sector energético está impulsando un cambio rápido hacia un futuro de energía renovable y otra en la que la transición global no avanza con la velocidad necesaria”* [27].

1.1.3.A) ECONOMÍA CIRCULAR

A partir del desarrollo de las energías renovables, un nuevo concepto asoma en el mundo, el denominado Economía Circular. Este modelo de negocio actualiza el pensamiento hacia una generación competitiva construida sobre la combinación de la innovación y la sostenibilidad. Tal es la importancia en el cambio de mentalidad de los empresarios y políticos, que en el año 2017 se puso en marcha la CEO Guide to the Circular Economy, un recurso concreto para acompañar a las empresas en esta nueva perspectiva circular [28].

Tomando como ejemplo el modelo cíclico de la naturaleza, la economía circular se presenta como un sistema de aprovechamiento de los recursos renovables y con una importante reducción de los materiales contaminantes para el planeta. Esta propuesta impulsa la utilización de materiales biodegradables en la fabricación de bienes de consumo -nutrientes biológicos- para que estos puedan volver a la naturaleza sin causar daño al medioambiente cuando se agota su vida útil. En los casos que no sea posible utilizar estos materiales también llamados *eco-friendly*, como son los componentes electrónicos, metálicos, baterías, etc., se está pensando en intentar un desacople sencillo y reincorporarlos de alguna manera al ciclo de producción como una nueva pieza del producto. Si tampoco es viable esta reutilización, se comenzará con un programa de reciclado respetuoso y consciente con el medio ambiente [29].

A diferencia de otros modelos económicos donde prima el aspecto puramente economicista, por encima del social o medioambiental, la economía circular supone una sustancial mejora que puede observarse en todos los ámbitos y actores que participan. Las empresas que han puesto en práctica este sistema están comprobando que reutilizar los recursos resulta mucho más rentable que crearlos desde cero. Como consecuencia, los costos de producción se reducen, de manera que el precio de venta también se ve rebajado, beneficiando así al consumidor. Los gobiernos se ven favorecidos por el crecimiento de una economía sustentable que cuida al ambiente y a su gente. El círculo virtuoso se ve claramente representado cuando se conjuga, un cambio de creencias en los empresarios, un cambio de hábitos en la sociedad y una nueva mirada de política de responsabilidad socio-ambiental.

El concepto de economía circular podría complementarse con la de empresas tecnológicas de base social, como la propuesta recientemente por investigadores de la UCA [30].

En el presente trabajo, se planea investigar el caso de la instalación de una planta de biogás en la Ciudad de Bragado. La propuesta que hacemos desde esta tesis cumple con todos los requisitos y beneficios que brinda la economía circular, si consideramos a la biomasa como un pilar de dicha forma de utilizar recursos. Hablar de biomasa es nombrar el biogás. Hasta el momento, la utilización de los residuos generados por los sistemas productivos vacunos, ovinos y porcinos que no son tratados responsablemente, provocan un gran impacto negativo degradando el medioambiente, y es por eso que una de las tecnologías de aprovechamiento de estos residuos agropecuarios con fines energéticos, es la producción de gas combustible de origen biológico [31].

El biogás, además de que su uso es neutro en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), permite proveer gas como combustible en el sector del transporte, para motores de

cogeneración o para la producción calor en general. Es decir, resulta favorable en la generación de energía eléctrica, térmica y biocombustible del que se puede elaborar un subproducto para ser utilizado en el campo como biofertilizante. Las familias, las instituciones educativas, los centros de salud, las oficinas y todo el conjunto económico-social de las localidades, como lo es Bragado, en un ámbito rural, tan alejadas de las redes de distribución se verán beneficiadas por los aportes energéticos en calidad, cantidad y bajo costo [31].

En la gestión eficiente de los residuos, el biogás es considerado como una alternativa exitosa en el mundo. España es uno de los países que ofrece mayor impulso desde sus políticas públicas elaborando documentos y estrategias facilitadoras en este cambio de paradigma hacia una economía circular real y concreta y se encuentra en un marco creciente de desarrollo en nuestro país.

1.1.3.B) G20: REGULACIONES

El mundo en general, se encamina a cuidar el planeta. Así se acordó en París, y tras esa decisión consensuada, una mirada inclusiva sobre la protección del medio ambiente. Sin embargo, las emisiones de gases invernadero está en creciente aumento en aquellos países cuyas economías son las más grandes a nivel global. Parecería que no todos ellos tienen planes bien encaminados para detener el calentamiento a 1,5°C a pesar de tener los recursos para lograrlo. Concretar tal aspiración, implicaría, para estos países, incrementar de manera significativa todas las acciones posibles, con los aportes económicos necesarios en la reducción de emisiones con vista al 2030. Difícil situación en un año como el que se está transitando de pandemia global, donde la incertidumbre es la constante [18].

El Acuerdo de París en 2015, aprobó el primer tratado mundial de lucha contra el cambio climático. En esa cumbre se planteó como objetivo principal, contener el incremento de las altas temperaturas por debajo de los 2°C respecto a los niveles de la época preindustrial e incluso desarrollar todos los esfuerzos para limitar la temperatura a 1,5°C intentando con esto frenar o reducir los impactos negativos del cambio climático en el planeta. Se consideran impactos negativos a los cambios de temperatura, las grandes olas del calor, los deshielos masivos, las subidas de nivel del mar y otros sucesos meteorológicos extremos [18].

De todos los países que firmaron el acuerdo, solo algunos están cumpliendo en cierto modo con los compromisos, ellos son China, la UE (Francia, Gran Bretaña, Alemania e Italia), India, Indonesia, Rusia y Turquía. Sin embargo, la India se destaca por sobre los demás en cuanto a la notable apuesta a las energías renovables cuya meta es alcanzar 40% de la generación eléctrica

no fósil en la década que estamos transcurriendo. China sostiene su propuesta en el aumento de las emisiones hasta el año 2030; sin embargo, las acciones que está llevando a cabo con las energías renovables, podrían ayudar a que se estabilicen esas emisiones dentro de los próximos años. En los Estados Unidos se ha avanzado en el desarrollo de las formas renovables de energía, incluso con cierre de térmicas de carbón, aunque la situación actual, hace entrar en duda de su futuro energético considerando las intenciones de su presidente Trump, para retirarse del acuerdo de París. La UE está mostrando avances interesantes, especialmente Francia y Gran Bretaña. Ambas naciones están trabajando fuertemente para prescindir del carbón y de la utilización de los autos convencionales. Este avance sobre las nuevas tecnologías en la industria automotriz serviría a de arrastre a los países asiáticos, firmes competidores en ventas a nivel mundial [20].

Haciendo foco en los procesos de biodigestión, tema que es parte de esta investigación, es dable destacar que también es en Europa donde se están implementando modelos de gestión aprobados legalmente. Existen dos directivas importantes que acompañan los procedimientos. Ellas son: Directiva 2009/28/CE de Energías Renovables y Directiva 1991/31/CE sobre rellenos sanitarios. Esta última normativa sobre rellenos sanitarios recibió modificaciones con la Directiva (UE) 2018/850, incluyendo como destacado la mejora en la gestión de residuos para proteger y preservar no solamente el medio ambiente, sino también la salud humana. Este agregado es de gran importancia ya que considera al individuo de manera integral y en su contexto económico-social dando relevancia a la economía circular [32].

Europa apuesta a reducir y/o transformar el vertido de residuos destinados a vertederos a través de tratamientos adecuados, mejorando las prácticas vigentes, reutilizando y reciclando materiales de desecho y favoreciendo la creación de trabajo genuino. En este sentido, se establecieron metas en la producción de energías renovables para el 2025 en todos los países de la Unión Europea, al tiempo que se desarrollaron fuertes incentivos en primas de las tarifas, certificaciones verdes, licitaciones y otras instancias motivadoras. En la actualidad, el de las energías renovables es un sector que moviliza miles de millones de euros y genera miles de puestos de trabajo, basándose principalmente en plantas de tratamiento cloacales, residuos agro-industriales y cultivos energéticos.

Por su parte, el Protocolo de Kyoto sentó las bases para trabajar en la reducción de emisiones de GEI a nivel mundial. Dicho protocolo, fue firmado por 37 países más la UE en 1997 dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) pero, recién entró en vigor el 16 de febrero de 2005 y fue ratificado ya por 187 países en el año 2009. Esto

muestra tanto el creciente interés por el cuidado del medio ambiente como también las dificultades en la implementación de las medidas necesarias para modificar internamente protocolos y normativas que apunten a los objetivos firmados en el acuerdo. Los deseos muchas veces confrontan contra las realidades. A nuestro juicio, esto es una constante: surgen conflictos internos, cambio de políticas en los diferentes estados, economías inestables, y todo eso gravita en los planes de acción [33].

El Protocolo de Kioto posee varios mecanismos que permiten a los países desarrollados cumplir con los compromisos asumidos. Dentro de las alternativas vigentes se encuentra el Mecanismo para un Desarrollo Limpio, el cual también actúa como un incentivo para el desarrollo de las energías renovables. De esta forma, todas las compañías que pongan en marcha un proyecto que permita disminuir alguno de los seis gases contemplados por el protocolo pueden obtener Certificados de Reducción de Emisiones (CER), también llamados bonos de carbono. La empresa puede venderlos a compradores públicos o privados de países con compromisos asumidos, a través de un contrato en el cual pactan la compra de los CER o la compra futura de los títulos. Para muchos, este tratado es anticuado e injusto, porque no pone control de emisiones sobre China ni sobre Estados Unidos.

El sucesor del Protocolo de Kioto, cuando finalice su vigencia en 2021, será el Acuerdo de París, momento en que comenzaran a regir sus normativas, con el agregado del llamado Pacto Verde Europeo cuya finalidad es hacer de Europa el primer continente neutro de carbono en 2050. Este es un desafío que impulsaron Angela Merkel y Emmanuel Macron también con el propósito de interpelar a los estados miembros de los otros continentes [34].

1.1.3.C) “WASTE TO ENERGY” – ALGUNOS CASOS

Entre las naciones con mayor uso de la biomasa se encuentran el Reino Unido y los países nórdicos de Europa, como Polonia y Finlandia, siendo este último quien presenta 3 de las 5 plantas de biomasa más grandes del mundo. En la figura 3 se muestran los porcentajes de los biocombustibles sólidos en la producción total de energías renovables del año 2016 [35].

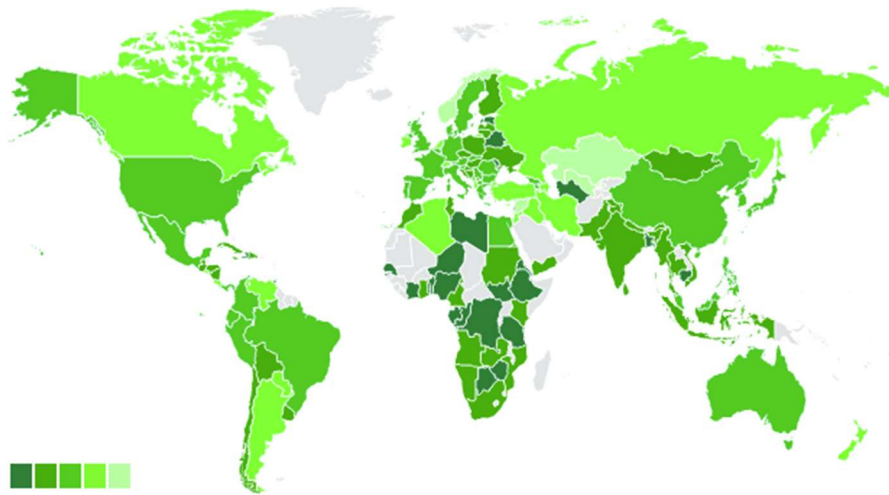


Figura 3: Porcentaje de los biocombustibles sólidos en la producción total de energías renovables 2016
Fuente: Tomado de referencia [36]

A continuación, se presentan algunos casos diversos en características, dimensiones y particularidades:

- *Ironbridge - Reino Unido*

En la figura 4 se presenta la planta de Ironbridge. Es la planta de biomasa pura más grande del mundo. Se encuentra en SevernGorge, Reino Unido, y tiene una capacidad de 740 MW. Las instalaciones de 1.000 MW de una antigua central eléctrica de carbón fueron reconvertidas en 2013 para la generación energética a partir de biomasa. Es propiedad de la empresa británica E.ON, y, en ella se utilizan pellets de madera para la generación de energía [37].



Figura 4: Planta “Ironbridge – Reino Unido”
Fuente: Tomado de referencia [37]

- *Alholmenskraft - Finlandia*

Finlandia es el mayor productor de energía a partir de la biomasa, aun así, “Alholmenskraft” la mayor central del país nórdico tiene una capacidad de 265 MW, apenas un tercio de lo que representa Ironbridge. Se encuentra ubicada en las instalaciones de la fábrica de papel UPM-Kymmene en Alholmen, Jakobstad, Finlandia. Está en funcionamiento desde principios de 2002. Suministra 100 MW de calor a la empresa papelera y 60 MW de calefacción urbana para los ciudadanos de Jakobstad. La planta emplea una caldera de lecho fluizado circulante. En la figura 5 se presenta una ilustración de la misma [37].



Figura 5: Planta “Alholmenskraft – Finlandia”

Fuente: Tomado de referencia [37]

- *MAN Lion’s City (A21) - Trondheim - Noruega*

En varios países de Europa (Inglaterra, Francia, Alemania, Países Bajos), así como también en muchos Nórdicos (Suecia, Finlandia, Noruega), el biogás convertido en biometano escala posiciones entre las flotas de autobuses urbanos e interurbanos. En este caso, destacamos a la ciudad de Trondheim, en Noruega, donde la multinacional alemana “MAN” presentó el año pasado (mediados del 2019) 189 autobuses, algunos aptos para utilizar biogás y otros biodiesel. Son dos las compañías de transporte noruegas (Vy Buss AS y Tide Buss AS) que en sociedad adquirieron estos 189 autobuses para que circulen por la tercera ciudad de Noruega la cual se compone de aproximadamente 190 mil habitantes, permitiendo brindar la solución más económica y ecológica para el tráfico del centro de la ciudad a través de un transporte público neutro en CO₂. En la figura 6 se muestra parte de la flota de autobuses de la compañía que actualmente circulan en la ciudad de Trondheim [38].



Figura 6: Planta “Trondheim – Noruega”

Fuente: Tomado de referencia [38]

1.2) A NIVEL NACIONAL

1.2.1) CRISIS MEDIOAMBIENTAL

La República Argentina está diagramada geográficamente por una extensa costa atlántica donde los vientos son fuertes y constantes a medida que se aleja hacia el sur. Esta característica natural, ha entusiasmado a la industria energética durante mucho tiempo. Sin embargo, fue apenas hace unos pocos años atrás, cuando el gobierno del Ing. Mauricio Macri ofreció términos atractivos para dar inicio a lo que fue el auge de energía limpia en el país [39].

Desde el año 2016, se han inyectado en el país grandes cantidades de dinero en términos de millones de dólares, tomando como referencia lo que se venía trabajando, sobre el tema de energía eólica y solar en el mundo [40]. La energía limpia atrajo la misma cantidad de dinero que gastó la petrolera estatal YPF SA en campos de esquistos. *“El esquisto o ‘shale’ es una roca detrítica de grano fino, con laminación paralela a la estratificación, que no ha sufrido condiciones de metamorfismo”* [41]. El campo de petróleo y gas de *shale* más reconocido es Vaca Muerta, cuyo valor para la economía del país es que se puede obtener una gran cantidad de carbón orgánico total (TOC) de alta presión, baja permeabilidad y gran espesor. Estas características, propias de la roca, necesita para su extracción métodos diferentes a los tradicionales de la industria petrolera, por eso al *shale gas* y *shale oil* que ya está siendo explotado se lo considera un recurso no convencional. Es una industria minera de extracción, abarata el costo del petróleo a nivel mundial, pero no favorece a esta nueva mirada de economía circular. Quizás sí pueda considerarse como un combustible de transición o complemento de las energías renovables como la eólica y la solar [41].



Figura 7: Aumento de energías limpias
 Fuente: Tomado de referencia [42]

Ahora bien, como se muestra en la figura 7, ese auge esperanzador de un futuro impulsado con energía eólica, sufrió un gran golpe a causa de la crisis financiera del último tiempo del gobierno del Ing. Macri y las políticas intervencionistas del actual gobierno del presidente Alberto Fernández. Crece el pesimismo en el ámbito de la energía, no solo por el rumbo político que se avizora en estos los primeros meses de la nueva presidencia, sino también los precedentes observables en aquellos países donde se pone freno al desarrollo de energía limpia. *“Parece menos probable que el gobierno fomente el desarrollo privado en el mercado eléctrico”*, escribió en un informe Natalia Castilhos Rypl, analista para Sudamérica de BloombergNEF. Eso haría que las ambiciosas metas renovables *“se alejaran todavía más”*, dijo [43].

Varios factores están reforzando los temores de que la energía limpia sea una de las víctimas de la caída del mercado libre. Para empezar, Fernández ha intensificado los controles de capital y se prepara para renegociar la deuda externa, cuyos acreedores internacionales están reticentes a aceptar las quitas que se propone el gobierno actual. Esta situación de incertidumbre, lleva a pensar la industria energética como en un camino complejo. En estos meses de gobierno se ha congelado el costo de la electricidad, mientras se busca un nuevo marco de precios, aumenta el temor de que intervenga en los términos de los acuerdos de compra de energía. De darse esta situación, los proyectos renovables dejarían de ser atractivos para los inversionistas, ya que la prolongada estabilidad que proporcionan los acuerdos de compra de energía a menudo son un catalizador para nuevas inversiones en el país [43].

Otro tema de preocupación son las promesas que el actual presidente ha transmitido tanto a los ejecutivos del sector petrolero como a los sindicalistas, sobre una ley que salvaguarde las

inversiones en un intento por revertir la disminución de la actividad de *shale*. No ha habido ese tipo de señales para las generadoras de energía, quienes tienen la tarea de suministrar 20% de las necesidades de electricidad con energías renovables para 2025, objetivo que ya parecía difícil de alcanzar.

1.2.2) NUEVAS TENDENCIAS ENERGÉTICAS



Figura 8: Energías renovables en Argentina
Fuente: Tomado de referencia [42]

Como se muestra en la figura 8 recién vista, existen 2,3 gigavatios de parques eólicos y 1,1 gigavatios de parques solares en la cartera de proyectos de energía limpia de Argentina que aún necesitan obtener financiamiento, según Castilhos Rypl, de BloombergNEF. En total, esas inversiones tienen un valor conjunto de alrededor de US\$4.800 millones. La inversión en energías renovables puede estimular la economía en un momento en que el país necesita alcanzar un crecimiento económico consistente para hacer frente a los acreedores internacionales. En este sentido, resulta ser un gran beneficio el aprovechamiento de la energía eólica obtenida gracias al fuerte viento zonal en nuestras regiones costeras [43].

Ben Backwell, quien dirige el grupo de presión del Consejo Mundial de Energía Eólica considera de mucho valor para la economía del país la utilización de este recurso de energía limpia y renovable. A principio del corriente año, YPF firmó un acuerdo para la construcción de un parque eólico en la Patagonia Argentina. Esto puede ser una luz en la incertidumbre general de los proyectos de inversión a corto, mediano y largo plazo. La idea es pensar una Argentina para el futuro que rediseñe sus políticas energéticas en sintonía con el mundo desarrollado, o veremos cercenadas las posibilidades de crecer, en un ambiente de restricciones poniendo freno

al desarrollo sustentable que requiere un país moderno. De seguro, no se podrá aventurar una clara respuesta aún. Estamos transitando un episodio único de pandemia que complejiza la toma de decisiones. Por ahora, cabe esperar y seguir pensando en nuevos proyectos, amigables con el cuidado del medio ambiente, que a la vez, permitan consolidar la idea de un país proyectado al mundo, económicamente sustentable y socialmente en crecimiento para una mejor calidad de vida para todos [43].

El Papa Francisco en su Encíclica Laudato Si dice con claridad en el capítulo V punto 10. *“La política y la empresa reacciona con lentitud, lejos de estar a la altura de los desafíos mundiales”*. Un poco antes en el capítulo IV punto 7 agrega: *“¿Qué tipo de mundo queremos dejar a quienes nos sucedan? Lo que está en juego es nuestra propia dignidad. Somos nosotros los primeros interesados en dejar un planeta habitable para la humanidad que nos sucederá”* [44].

1.2.2.A) PLAN RENOVAR

El gobierno argentino aprobó a fines del 2015 la Ley 27.191 de Energías Renovables donde se promueve un Régimen de Fomento Nacional para el uso de fuentes renovables de energía. Dicha Ley declara de interés nacional la generación de energía eléctrica a partir del uso de fuentes de energía renovables con destino a la prestación de servicio público como así también la investigación para el desarrollo tecnológico y fabricación de equipos específicos a esa finalidad. El objetivo principal apunta a la contribución de fuentes de energía renovables hasta alcanzar el 20 por ciento (20%) del total del consumo para el año 2025. De manera tal, que para los primeros 10 años desde la firma se podría llegar a los 10 mil megavatios renovables, una meta interesante para un proyecto a largo plazo [45].

En el mes de mayo de 2016, se lanza el programa RenovAr a través de una convocatoria abierta a las inversiones con una cantidad de beneficios fiscales, financiamientos y mejoras en los contratos. El interés fundamental es el uso de energías renovables, plan ambicioso a corto, mediano y largo plazo [45].

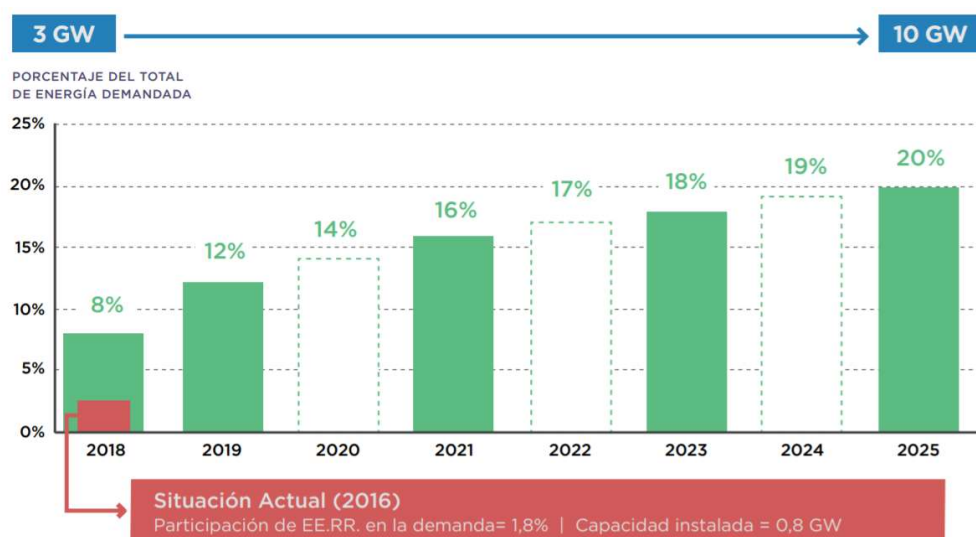


Figura 9: Porcentaje total de energía demandada – Metas 10 años

Fuente: Tomado de referencia [46]

Dentro de los beneficios y los incentivos que el programa presentó podemos destacar:

- *Exención de aranceles a la importación de equipos, repuestos, componentes y materias primas.*
- *Amortización acelerada.*
- *Devolución anticipada de IVA.*
- *Exención del Impuesto a las Ganancias Mínimas Presuntas.*
- *Exención del Impuesto a los Dividendos ante la reinversión en infraestructura.*
- *Deducción de la carga financiera en el Impuesto a las Ganancias.*
- *Certificado Fiscal sujeto a acreditación de componente nacional y transferibles a terceros.*
- *Prioridad de acceso a financiamiento vía Fondo Fiduciario para el Desarrollo de EE.RR. (FODER).*
- *Certificado Fiscal por el 20% de la integración nacional con un mínimo de un 30%.*
- *Incentivos a los proveedores locales.*
- *El MINEM evaluará y aprobará el ingreso de los proyectos al Régimen de Fomento.*
- *Beneficios decrecientes para incentivar la rápida ejecución de los proyectos.*
- *Para dar certidumbre en el otorgamiento de los beneficios, se establece un cupo total por tecnología y un monto máximo por MW que asegura su disponibilidad.*

➤ Objetivos y beneficios del Programa:

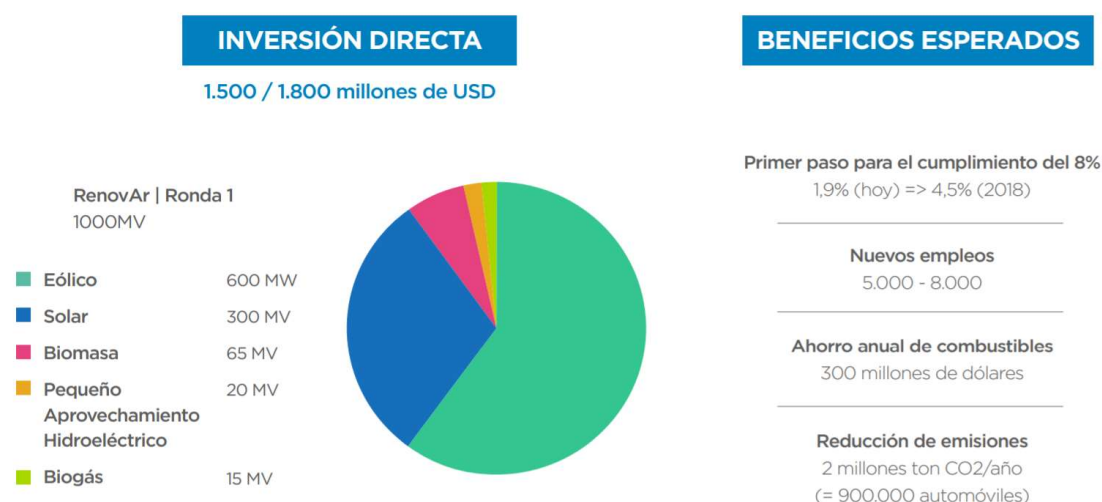


Figura 10: Objetivos y beneficios del programa RenovAr
Fuente: Tomado de referencia [46]

➤ Requisitos por Tecnología:

Tabla 1:

Requisitos por tecnología – Programa RenovAr

	EÓLICA	SOLAR FOTOVOLTAICA	BIOMASA	BIOGÁS	PAH
POTENCIA MÍNIMA	1 MW	1 MW	1 MW	1 MW	0,5 MW
POTENCIA MÁXIMA	100 MW	100 MW	65 MW	15 MW	20 MW
MEDICIÓN Y/O DISPONIBILIDAD DEL RECURSO RENOVABLE	Mínimo de 1 año de mediciones en el predio comprometido. Debe presentar RPE con DDJJ de Consultor Independiente (1)	Debe presentar RPE con DDJJ de Consultor Independiente (1)	Debe presentar DDJJ de fuente y sustentabilidad del recurso biomásico a utilizar	Debe presentar DDJJ de fuente y sustentabilidad del recurso biomásico a utilizar	Debe presentar DDJJ de disponibilidad del recurso y cálculo de producción de energía.
PLAZO DE EJECUCIÓN MÁXIMO DESDE FIRMA CONTRATO	730 días corridos	730 días corridos (2)	730 días corridos	730 días corridos	730 días corridos

(1) Por "RPE" o "Reporte de Producción de Energía" se entiende un Informe de Producción de Energía realizado y certificado por un consultor independiente quien, a su vez, debe declarar tener experiencia mínima de haber realizado estudios similares en cualquier tecnología renovable en el mercado local y/o internacional por un mínimo de 1.000 MW. El Informe debe estar actualizado a un máximo de 6 meses de la fecha de presentación de ofertas. En cualquier momento luego de la adjudicación, en caso de realizarse un cambio en de los equipos de generación mencionados en el RPE presentado en el Sobre "A" para calificar, el Oferente deberá presentar otro RPE para el nuevo equipamiento, que deberá ser analizado y aprobado por el MINEM.

(2) Excepto Proyectos de Tecnología de Generación Solar Fotovoltaica con PDI en la Línea Andes-Cobos (345 kV) para los cuales el Plazo de Ejecución Máximo desde la fecha de suscripción del contrato de abastecimiento será 900 días corridos.

Nota: Tomado de referencia [46]

Este proyecto ya cuenta con 4 rondas completas y ejecutadas con un buen resultado. A la fecha se han adjudicado 154 proyectos de energía renovables a través de las rondas 1, 1.5, 2 y

3 de RenovAr, la Resolución 202/2016 y el régimen del Mercado a Término de Energías Renovables (MaTER). Este tipo de energía renovable es un objetivo estratégico, no solo por los beneficios de generar energía renovable a través de fuentes de energía renovables, sino como la posibilidad cierta de incorporar puestos de trabajo dignos tanto en la construcción, el sistema operativo y el mantenimiento. De esos 154, hay 57 proyectos que ya se encuentran habilitados comercialmente por 1.714 MW de potencia en 15 provincias argentinas, y que están generando energía eléctrica para más de 1,2 millones de hogares. Los otros 97 proyectos se encuentran en construcción por 3.277 MW, de los cuales más de 30 iniciarán su operación inicial en el corto/mediano plazo pasada esta situación de Pandemia [47].

1.2.2.B) “WASTE TO ENERGY” – ALGUNOS CASOS

Describimos a continuación algunos ejemplos concretados sobre conversión de residuos a energía:

- *San Pedro Verde – Provincia de Santa Fe*

La central ubicada en la localidad de Chistophersen, provincia de Santa Fe, es el quinto proyecto operativo adjudicado en la Ronda 1 del Programa RenovAr. Se trata de un proyecto de Adecoagro de 1,42 MW de potencia instalada. San Pedro Verde genera electricidad a partir de biogás en base de efluentes provenientes de un tambo. La planta tuvo una inversión de 6 millones de dólares y las obras comenzaron en enero del año 2017, generando 160 puestos de trabajo directos y 600 indirectos en toda la zona de influencia. De esto se trata cuando se toman decisiones políticas en acuerdos de inversión en pos de una mejora de la calidad humana y el cuidado de la región [48].

San Pedro Verde aprovecha los residuos orgánicos para la generación de energía de un tambo que funciona desde hace más de 10 años en la zona. Es una de las posibilidades cierta, y en este caso concreta, donde una política se pone al servicio de la gente, de la comuna en valores económicos propiamente dicho y en el cuidado del medioambiente, como mejora en la biodegradabilidad de sus desechos. Este tipo de proyectos, además de la generación a partir de fuentes renovables, implica un uso eficiente de efluentes, control de bacterias y vectores, y reducción de gases de efecto invernadero, entre otros [48].



Figura 11: Planta “San Pedro Verde – Santa Fe”
Fuente: Tomado de referencia [48]

- *Yanquetruz – Provincia de San Luis*

La planta de biogás Yanquetruz, instalada en la provincia de San Luis, entró en operaciones y se convirtió en el segundo proyecto que comenzó a entregar energía al sistema interconectado nacional, en el marco de las adjudicaciones concretadas en la primera ronda del Programa RenovAr. El Ministerio de Energía y Minería informó que la planta que ha iniciado sus operaciones en el mes de agosto del 2018, pertenece a la Asociación de Cooperativas Argentinas (ACA) y se encuentra ubicada a la altura del kilómetro 51 de la ruta provincial 2, en la zona rural de Juan Llerena, provincia de San Luis [49].

La planta de 1,2 MW procesa efluentes de cerdos y forraje de maíz, mediante los biodigestores se maximiza la obtención de biogás para inyectar energía eléctrica sanluiseña, como también a la red pública del Sistema Integrado Nacional [49].



Figura 12: Planta “Yanquetruz – San Luis”
Fuente: Tomado de referencia [49]

- *Ensenada – Provincia de Buenos Aires*

La Coordinadora Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado (Ceamse) y la compañía de generación de energía Secco pusieron en funcionamiento a mediados el año pasado (2019) una planta de biogás en el complejo ambiental de Ensenada. La inversión fue de aproximadamente 6 millones de dólares, y el proyecto constó de una planta de depuración y otra de desgasificación, de la cual se extrae el biogás del predio donde a diario llegan 1.100 toneladas de basura de La Plata, Berisso, Ensenada, Magdalena y Brandsen [50].

La planta de biogás genera unos 5 MW los cuales son inyectados a la red en forma sostenida permitiendo abastecer a unos 42.000 habitantes. Se trata del tercer proyecto de biogás en las instalaciones de la Ceamse, donde se suma a la fecha otras dos plantas nuevas que generan 10 MW y 5 MW cada una [50].



Figura 13: Planta “Ensenada – Buenos Aires”

Fuente: Tomado de referencia [50]

SECCIÓN II: ESTUDIO DE LA ZONA DE BRAGADO

2.1) DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

El foco de la investigación de este trabajo se encuentra puesto en la viabilidad de construir una planta auto-sustentable en términos energéticos a partir de biodigestores provenientes de desechos orgánicos bovinos y porcinos en la Ciudad de Bragado, donde radica la empresa Acerbrag S.A. Por lo tanto, a la hora de delimitar el objeto de estudio y su distribución geográfica, se consideró necesario establecer la ubicación zonal para clarificar su importancia. Aparece un rombo geográficamente marcado entre 5 ciudades, donde Bragado, es la que ubica el centro más neurálgico debido a su nivel poblacional y su actividad económica y las otras poblaciones la rodean.

Puede divisarse en el mapa adjunto, a las ciudades de Chivilcoy, Junín, 9 de Julio y Veinticinco de Mayo. Todas ellas de importancia a la hora de valorar sus características y particularidades. A continuación, en las figuras 14 y 15 se presentan las zonas delimitadas.

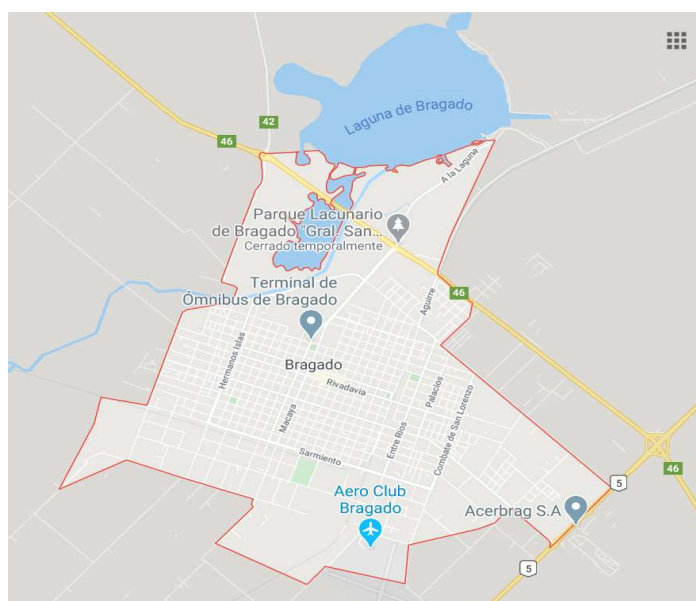


Figura 14: Mapa Ciudad de Bragado
Fuente: Tomado de referencia [51]

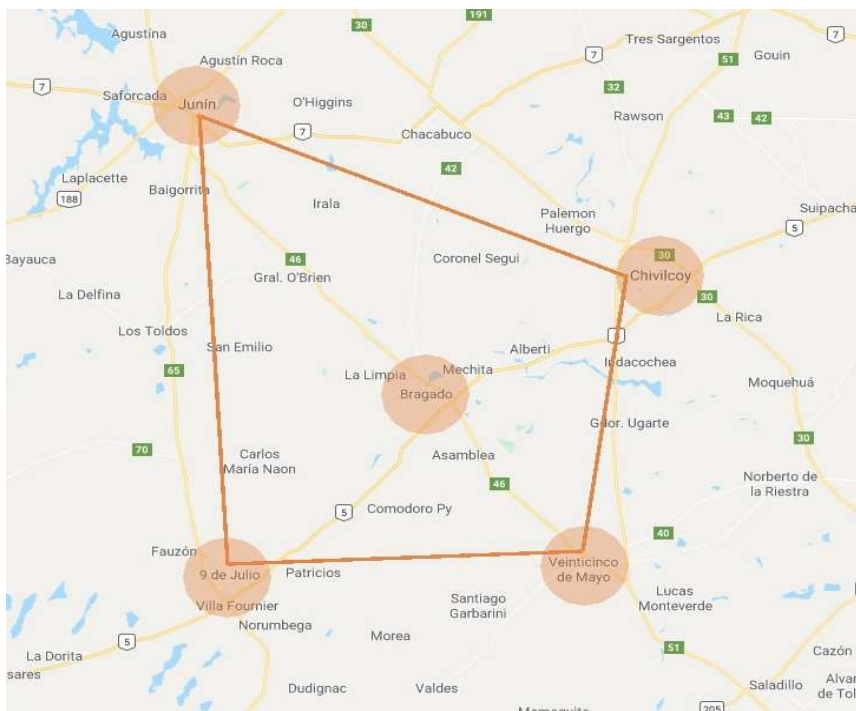


Figura 15: Zona delimitada del objeto de estudio
Fuente: Tomado de referencia [51]

2.2) ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD

Con el propósito de analizar la capacidad de producción de biogás de la zona a investigar, esta sección cuantifica los establecimientos, así como el número de animales que actualmente se crían en ellos. A continuación, en la tabla 2, se plasma un análisis en base a información suministrada por cada uno de los establecimientos zonales para la cría de bovinos, ovinos y porcinos de los últimos 2 años y el estimado proyectado a utilizar para la planta de biogás a instalarse en la ciudad.

Tabla 2:
Stock Pecuario – Ciudad de Bragado

	2018	2019	Proyecto
<i>Bovino</i>	83.371	85.934	8.593
<i>Porcino</i>	22.340	20.662	2.066
<i>Ovino</i>	4.634	6.216	-
TOTAL	110.345	112.812	10.659

Nota: Elaboración personal con datos obtenidos de la zona

Sustratos:

- Tambo Mechita → 3.000 animales
- Granja Larrea → 1.200 animales
- FeedLot Alberti → 1.500 animales
- Granja Palantelén → 2.200 madres
- FeedLot Com. Py → 2.700 animales
- Frigoríficos Chivilcoy, Bragado, Alberti, 9 de Julio, Junín y 25 de mayo → Residuos del proceso

En la figura 16, se muestran las ubicaciones geográficas de los establecimientos más representativos para la recolección de los sustratos, dentro de los cuales se destacan algunos de los mencionados más arriba, de manera de poder ilustrar las distancias al punto medio donde se ubicará la planta de biogás.

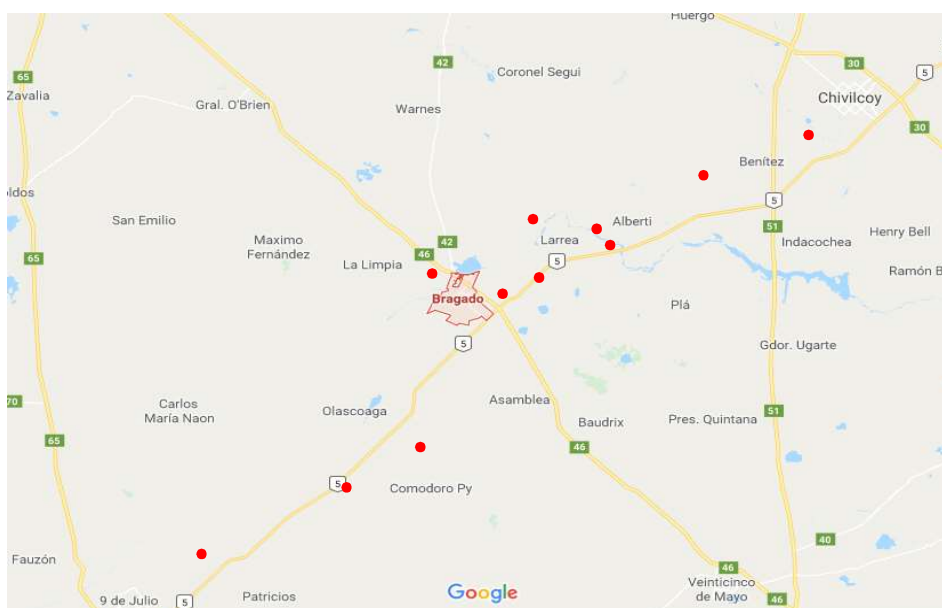


Figura 16: Zona delimitada de la recolección de sustratos

Fuente: Tomado de referencia [51]

2.3) CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL BIOGÁS Y DE LA PLANTA A INSTALAR

El biogás es un tipo de gas que se produce por la descomposición de restos orgánicos. Está compuesto principalmente por metano (CH_4), el cual representa entre 50 % y 75% del gas. Casi todo lo demás corresponde a dióxido de carbono (CO_2), pero suele tener otros compuestos, los cuales actúan como impurezas y puede ser necesario retirarlos, dependiendo del uso final (la

principal molestia es sulfuro de hidrógeno, H_2S , que le confiere olor desagradable y es corrosivo). Las principales fuentes de biogás son los residuos ganaderos y agroindustriales, los lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas y la fracción orgánica de los residuos domésticos. Estos materiales se suelen llamar sustrato orgánico [52].

El biogás se produce en ausencia de oxígeno, por la acción de distintos tipos de bacterias, proceso que se conoce como digestión anaeróbica. Se utiliza en calderas, para producir calor, como combustible para vehículos en el transporte, en motores o turbinas para generar electricidad, purificado para introducirlo en redes de gas natural, o como material base para la síntesis de metanol, un producto de alto valor agregado. Un subproducto importante es el digestato (o “lodo digerido”), material líquido o sólido que queda al terminar el proceso. Contiene nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y otros elementos. Se emplea como fertilizante y mejorador del suelo [52].

En la tabla 3 se muestra la composición típica de un biogás. Puede observarse que la misma se compone de varios materiales en distintas proporciones los cuales le imprimen al biogás las características necesarias para poder competir en escala con el gas natural, el propano o el metano.

Tabla 3:
Características generales del Biogás

Composición	* 55-70% metano (CH_4) * 30-45% dióxido de carbono (CO_2) * Otros gases (hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, monóxido de carbono, ácido sulfhídrico)
Poder calorífico	6-6,5 kWh/Nm ³
Equivalente de combustible	0,6-0,65 L petróleo x m ³ de biogás
Límite de explosión	6-12% de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650-750 °C
Presión crítica	74-88 atm
Temperatura crítica	- 82,5 °C
Densidad normal	1,2 Kg/m ³
Masa molar	24,4 g/mol

Nota: Tomado de referencia [53]

- Etapas de la producción del Biogás:

El proceso de producción de biogás mediante digestión anaeróbica se divide en cuatro etapas [54]:

1. *Etapas I: Hidrólisis*

Para iniciar el proceso de descomposición anaeróbica es necesario que los compuestos orgánicos puedan atravesar la pared celular y así aprovechar la materia orgánica. Los microorganismos hidrolíticos producen enzimas extracelulares capaces de convertir la materia orgánica polimérica en compuestos orgánicos solubles. Esta etapa es determinante en la velocidad global del proceso de producción de biogás y puede verse afectada por factores como: la temperatura, el pH, el tamaño de las partículas, la composición bioquímica del sustrato, entre otros.

2. *Etapas II: Acidogénesis*

Se produce la transformación de las moléculas orgánicas solubles en compuestos que pueden ser aprovechados por las bacterias metanogénicas (acético, fórmico e hidrógeno), otros más reducidos como (valérico, propiónico, láctico y otros) y ciertos compuestos que no pueden ser aprovechados por estas bacterias (etanol, ácidos grasos, y compuestos aromáticos). También eliminan cualquier traza de oxígeno presente en el biodigestor.

3. *Etapas III: Acetogénesis*

Aprovechan los compuestos que no pueden ser metabolizadas por las bacterias metanogénicas (etanol, ácidos grasos, y compuestos aromáticos) y los transforman en compuestos más simples como ácido acético e hidrógeno. Unos microorganismos acetogénicos muy especiales, denominados homoacetogénicos son capaces de solo producir acetato y pueden ser empleados para mantener bajas presiones parciales de gas hidrógeno ya que no lo producen.

4. *Etapas IV: Metanogénesis*

Las bacterias metanogénicas actúan sobre los productos de las etapas anteriores y completan el proceso de descomposición anaeróbica mediante la producción de metano. Se ha demostrado que 70% del metano producido en biodigestor es resultado de la descarbolixación del ácido acético, debido a que solo dos géneros de bacterias metanogénicas pueden usar el acetato.

- Producción de biogás por tipo de residuo animal a estudiar y otros ejemplos:

La cantidad de excretas por cabeza de ganado varía según el tamaño del animal y el resultado estimado de la recolección. Según un trabajo realizado por la Prof. María Teresa Varnero, se puede calcular el volumen de biogás en relación a los residuos diarios según el tipo de animal de que se trate (ver Tabla 4). Se destaca el caso de los residuos bovinos, siendo el principal animal a estudiar para la investigación en curso, los cuales contienen 9,05 % de proteínas, 3,23 % de lípidos y un rango de contenido de carbono que oscila entre 17,4 y 40 % [55].

Tabla 4:

Producción de biogás por tipo de residuo animal

*(*Cantidad estimada de estiércol que es posible recolectar de todo el producto)*

Residuo animal	Disponibilidad kg/día*	Relación C/N	Volumen de biogás	
			m ³ /kg húmedo	m ³ /año
<i>Bovino (400/500kg)</i>	10	25:1	0,04	0,400
<i>Porcino (40/60 kg)</i>	2,25	16:1	0,06	0,135
<i>Ovino (25/35 kg)</i>	1,50	35:1	0,05	0,075
<i>Equino (400/500 kg)</i>	10	50:1	0,04	0,400
<i>Aves (2 kg)</i>	0,18	19:1	0,08	0,014

Nota: Tomado de referencia [55]

- Relación Carbono/Nitrógeno de la materia orgánica:

Prácticamente toda la materia orgánica es capaz de producir biogás al ser sometida a fermentación anaeróbica, aunque la calidad y la cantidad del biogás producido dependerán de la composición y la naturaleza del residuo utilizado. Los niveles de nutrientes deben de estar por encima de la concentración óptima para las metanobacterias, ya que ellas se inhiben severamente por falta de nutrientes. El carbono y el nitrógeno son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metanogénicas. El carbono constituye la fuente de energía y el nitrógeno para la formación de nuevas células. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima de estos dos elementos en la materia prima se considera en un rango de 30:1 hasta 20:1 como mínimo. Por lo tanto, cuando no se tiene un residuo con una relación C/N inicial apropiada, es necesario realizar mezclas de materias en las proporciones adecuadas para obtener la relación C/N óptimas [55].

Tabla 5:
Relación C/N según procedencia de la materia orgánica

Material	% C	% N	C/N
Residuo animal			
<i>Bovino</i>	30	1,30	25:1
<i>Porcino</i>	25	1,50	16:1
<i>Ovino</i>	35	1,00	35:1
<i>Equino</i>	40	0,80	50:1
<i>Gallinas</i>	35	1,50	23:1

Nota: Tomado de referencia [55]

2.3.1) EFICIENCIA DE LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

La velocidad de carga orgánica designa al volumen de sustrato orgánico cargado diariamente al digestor, mientras que el tiempo de retención es el tiempo medio teórico que permanecen las partículas de líquido en un proceso de tratamiento. Estas variables tienen una relación inversa, dado que a medida que se incrementa la carga volumétrica disminuye el tiempo de retención. El tiempo de retención, junto con la velocidad de carga orgánica determinada por el tipo de sustrato, son los principales parámetros de diseño, definiendo el volumen del digestor.

La cantidad de biogás producido por un digestor dependerá, entre otros, de la cantidad de residuo cargado diariamente. Los tiempos habituales de retención se encuentran en el rango de 20 y 55 días y con cargas diarias de 1 a 5 kg de sólidos totales por metro cúbico de digestor. Sería entonces que cuanto menor sea el tiempo de retención, menor será el tamaño del digestor y también los costos. En la tabla siguiente se puede observar las propiedades del biogás en comparación con otras fuentes de energía:

Tabla 6:
Propiedades del biogás vs. otras fuentes de energía
(*Composición promedio del biogás: CH₄ (65%) - CO₂)

Energías	Biogás*	Gas Natural	Gas Propano	Gas Metano
Valores				
<i>Valor Calorífico (kWh/m³)</i>	7,0	10	26	10
<i>Densidad (t/m³)</i>	1,08	0,7	2,01	0,72
<i>Densidad con respecto al aire</i>	0,81	0,54	1,51	0,55
<i>Límite de explosión (% de gas en el aire)</i>	6-12	5-15	2-10	5-15
<i>Temperatura de encendido</i>	687	650	470	650
<i>Max. velocidad de encendido en el aire (m/s)</i>	0,31	0,39	0,42	0,47

Requerimiento teórico de aire (m ³ /m ³)	6,6	9,5	23,9	9,5
--	-----	-----	------	-----

Nota: Tomado de referencia [55]

2.3.2) PARÁMETROS OPERACIONALES

La temperatura es una de las variables del proceso más críticas que afecta directamente a la velocidad de producción de ácidos y al rendimiento del proceso. De forma general, las temperaturas más altas aceleran las reacciones químicas y biológicas del proceso, aunque también aumentan los requerimientos energéticos y pueden disminuir la estabilidad del proceso [55].

A efectos de tratamiento de la biomasa, existen tres rangos de temperatura con producción de biogás en diferentes grados de eficiencia:

- Psicrófilico: Para temperaturas inferiores a 25°C, en donde el máximo rendimiento se logra a esta temperatura. Con temperaturas inferiores a 15°C la velocidad del proceso obtiene rendimientos bajos.
- Mesófilico: Para un intervalo de temperaturas entre los 25 y 45°C, con un óptimo entre los 33 y 38°C para la producción de biogás, habiéndose comprobado que esta producción aumenta en un 1 % por cada grado que se eleve la temperatura. No obstante, desde el punto de vista de optimizar la energía neta producida, es decir, analizando el balance energético de una instalación, el óptimo se sitúa entre los 35-37°C. Actualmente, el proceso mesófilico es el más utilizado para la digestión anaeróbica.
- Termófilico: Para un intervalo entre los 45 - 65°C con un óptimo productivo alrededor de los 60°C. El proceso es mucho más rápido, pero por el contrario presenta un balance energético más desfavorable y aumentan los problemas de control del digestor.

Otros factores a controlar son el tiempo de retención hidráulico (TRH) y la velocidad de carga orgánica (VCO) que son parámetros de diseño que dependen de la tecnología utilizada y del tipo de sustrato. El TRH es el período medio de permanencia de un sustrato en el digestor, que permite el desarrollo de la población bacteriana y del proceso de producción de biogás. Este se obtiene dividiendo el volumen total del digestor entre el caudal de tratamiento, y se expresa en unidades de tiempo, normalmente en horas o días. El tiempo de retención es un factor muy importante en el proceso de digestión anaeróbica.

En términos globales puede afirmarse que, a igualdad del resto de condiciones, al aumentar el tiempo de retención se consigue una mejor digestión de la materia orgánica, pero se precisa un mayor volumen del digestor. El tiempo de retención mínimo al que se puede operar depende, fundamentalmente, de la temperatura y del procedimiento de digestión empleado. Actualmente, con los sistemas con mezcla total mediante agitador tienen un tiempo de retención en torno a 25-35 días trabajando dentro del rango mesófilo de temperatura [55].

La VCO es la cantidad de materia orgánica introducida por unidad de volumen del digestor y tiempo. Valores bajos de este indicador implican baja concentración de sustrato y/o elevado tiempo de retención. Un incremento en la velocidad de carga orgánica implica la reducción en la producción de biogás por unidad de materia orgánica [55].

Finalmente, la agitación del material a digerir en los reactores anaeróbicos consigue un buen contacto del sustrato fresco y de la población bacteriana, favoreciendo la uniformidad de temperatura en toda la biomasa, aumentando la eficiencia del digestor al evitar la formación de espacios inactivos, proporcionando una densidad uniforme en la población bacteriana y previniendo la formación de costras y espumas.

A continuación, en la figura 11, se muestra a gran escala el diagrama del proceso general para la producción de biogás, teniendo en consideración un proyecto con 2 biodigestores y el resultado final ya sea para energía eléctrica o térmica:

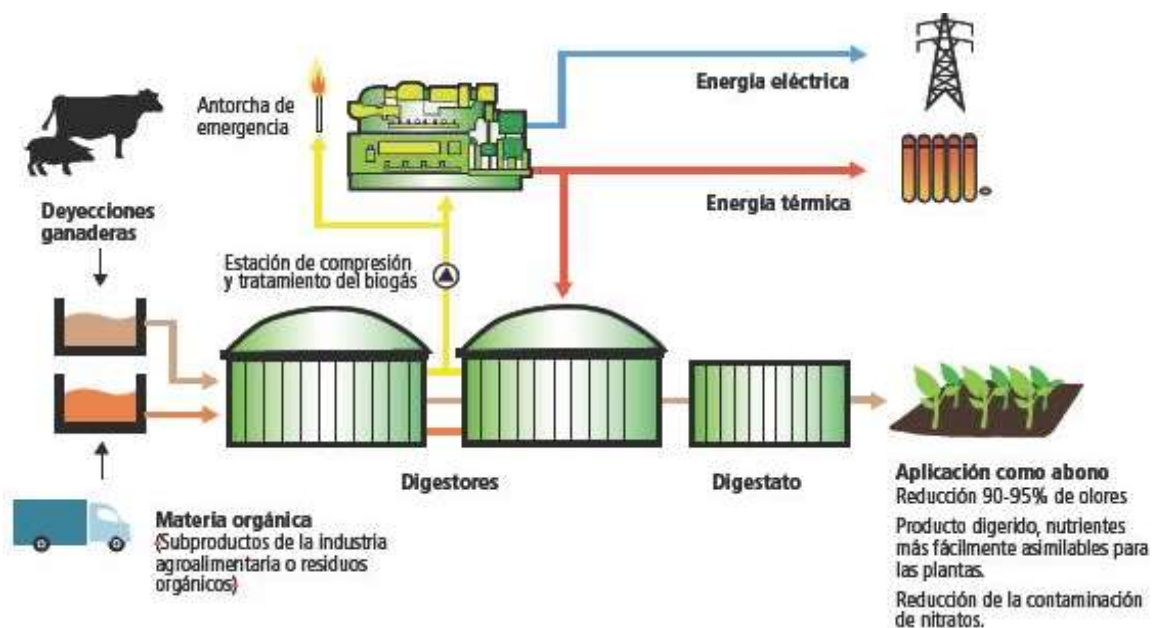


Figura 17: Diagrama del proceso de producción de biogás

Fuente: Tomado de referencia [56]

SECCIÓN III: ANÁLISIS DEL PROYECTO

3.1) MODELO DE NEGOCIOS

El trabajo de investigación trata específicamente de la construcción de una planta de biogás en la zona de Bragado, provincia de Buenos Aires. Allí es donde está radicada la empresa de aceros Acerbrag S.A. la cual, juntamente con el Municipio, serán los encargados de financiar los costos del proyecto considerando los beneficios a futuro que implica, para la localidad y zonas aledañas, el impacto ecológico, económico y social del cambio progresivo hacia energías renovables. Una vez definidos los actores del proyecto, se continua con el modelo de negocio.

Un proyecto de planta de biogás pretende maximizar los ingresos minimizando la inversión. En el caso concreto del biogás, el tratamiento de residuos orgánicos puede suponer una actividad de importancia estratégica con los siguientes objetivos:

- *Producción de energía (electricidad o calor)*
- *Evitar/reducir emisiones de gases de efecto invernadero y lluvia ácida.*
- *Producir compuestos de valor económico.*
- *Contribuir a la calidad de los suelos y al reciclaje.*

Para asegurar el éxito en la operación de una planta y consiguientemente una mínima rentabilidad económica es vital contemplar los siguientes aspectos:

- *Marco legal, tramitación y permisos.*
- *La disponibilidad y seguridad de los sustratos.*
- *La tecnología y diseño de ingeniería.*
- *La rentabilidad y modelo de negocio.*

Si no hay seguridad en el suministro del sustrato con que producir combustible, no hay viabilidad de una planta que produce energía a partir de biogás.

En el caso de diseñar un proceso en codigestión, la disponibilidad es más compleja, pues se necesita obtener más de una materia prima. Sin embargo, esta dificultad tiene su contracara porque, hace más flexible la obtención de sustratos diversos en calidad a incluir en la mezcla. La eficiencia en la producción de biogás se ve reducida en el momento en que se emplean procesos con digestiones monosustratos.

Consiguientemente, una reducción en la incertidumbre en el suministro del residuo supone una reducción del riesgo del negocio, y por lo tanto, una mayor robustez y viabilidad a largo plazo del mismo. Por otro lado, habría que considerar, además, el posible coste del cosustrato y como también el coste de transporte a la planta.

Una vez asegurado el marco legal y tecnológico, es la disponibilidad del sustrato y la rentabilidad y modelo de negocio que aseguran la fiabilidad de los ingresos los factores clave que determinan la viabilidad de una planta.

Haciendo foco en esto último, hay que considerar dos modelos básicos de gestión por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones estatales para fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de biodigestión de purines, aunque es aplicable a cualquier tipo de sustrato e instalación:

- *El modelo de tratamiento centralizado:* Es la construcción de una planta que utiliza digestores, que trata conjuntamente sustratos procedentes de diferentes instalaciones, almacena el biogás y lo valoriza energéticamente. Puede ser gestionada por una entidad pública o privada.
- *El modelo de gestión individual:* Atiende al tratamiento del residuo en el lugar de producción. Utiliza digestores que tratan purín de una sola instalación, almacena biogás y lo valoriza energéticamente. Podrá ser gestionado por entidad pública o privada.

En base a estas dos alternativas, el proyecto en cuestión se alinea más en el primero de los modelos, haciendo foco en proveer los sustratos necesarios desde diferentes establecimientos cercanos a la planta de aceros. En el mismo predio de AcerBrag se propone construir la planta de biogás, evitando así, mayores costos como serían la compra o arrendamiento de un terreno nuevo y demás gastos externos consecuentes con este punto mencionado.

El modelo de gestión centralizado presenta más riesgos en el suministro de sustrato, pero admite mejor la logística de transportar otros residuos para realizar codigestión e incrementar la eficiencia del proceso y consiguientemente la producción de metano. Siguiendo esta línea, es importante hacer una valoración del balance energético en el transporte de los residuos a la planta para determinar si resulta eficiente energéticamente y a qué distancias máximas sigue siendo rentable la recolección de los sustratos.

3.2) ANÁLISIS “F.O.D.A.” DEL PROYECTO

El análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades, Amenazas), también conocido como análisis DAFO, es una herramienta de estudio de la situación de una empresa, institución, proyecto o persona, analizando sus características internas (Debilidades y Fortalezas) y su situación externa (Amenazas y Oportunidades) en una matriz cuadrada. Es una herramienta que permite conocer la situación real en que se encuentra un proyecto a tratar en un momento determinado, y en base a los resultados, planificar una estrategia de futuro.

Se consideró utilizar esta matriz para el proyecto de investigación en curso, como herramienta de análisis situacional. El diagnostico permitirá formular las estrategias más favorables a la hora de tomar las decisiones.

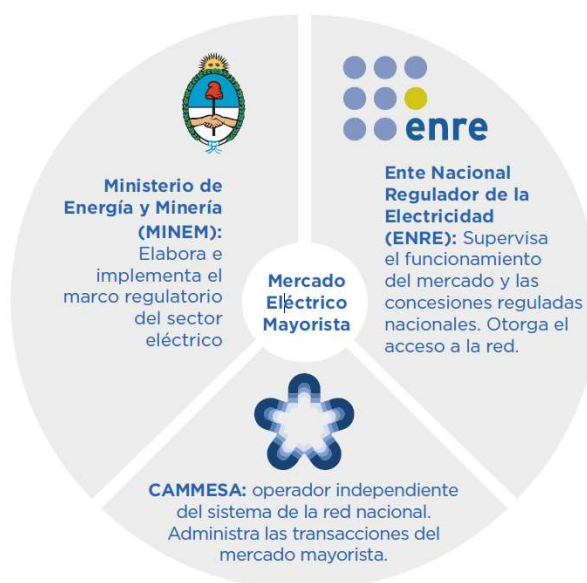
Tabla 7:
Análisis FODA del proyecto

Fortalezas: ➤ Sustentabilidad ➤ Simplicidad del proyecto ➤ Eficiencia del tratamiento de residuos ➤ Disminuye la dependencia externa del abastecimiento de combustibles	Oportunidades: ➤ Impacto social y ambiental positivo ➤ Fomenta la conciencia de sustentabilidad en el sector productivo ➤ Facilidad de adaptación a futuras normativas y controles sanitarios. ➤ Posibilidad de crecimiento en el mercado local
Debilidades: ➤ Costos elevados para el inicio del Proyecto ➤ Dificultad de mano de obra especializada para construcción de los biodigestores ➤ Personal específico para la explotación de la planta	Amenazas: ➤ Inestabilidad financiera del país ➤ Variación de los precios ➤ Pandemia 2020 ➤ Inflación

Nota: Elaboración personal

3.3) ANÁLISIS DEL MARCO LEGAL

De acuerdo con la regulación general del sector eléctrico argentino (Ley N° 24.065 de 1992), el despacho y las operaciones de la red nacional, junto con la administración de las transacciones económicas en el mercado mayorista están a cargo de la Compañía Administradora del Mercado Eléctrico Mayorista S.A. (CAMMESA). El gobierno argentino, los generadores, los distribuidores, los agentes de transmisión y los grandes usuarios tienen representación en el Directorio de CAMMESA. Cada uno de ellos tiene el 20 % del activo de la compañía [57].



A fines de 2015, el gobierno argentino promulgó la Ley 27191, *Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica*, la cual fijó los principios básicos para un nuevo marco jurídico de promoción. La ley fue reglamentada por los Decretos N° 531/16 y N° 882/16 respectivamente [57].

Como primer paso para dar cumplimiento a la Ley 27191 de Energías Renovables, en mayo de 2016, el gobierno argentino lanzó el programa **RenovAr**, una convocatoria abierta que contempla una serie de beneficios fiscales y mecanismos de financiamiento, como así también mejoras regulatorias y contractuales con el objeto de sortear algunos de los obstáculos de inversión que provocaron el fracaso de los planes anteriores. La promoción de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables constituye un objetivo estratégico del gobierno argentino. Las energías renovables permitirán la consecución de dos metas prioritarias: mejorar la seguridad energética y mitigar el cambio climático.

Ley N° 27.191: LEY DE ENERGÍAS RENOVABLES

Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica en el Mercado Eléctrico Mayorista Nacional.

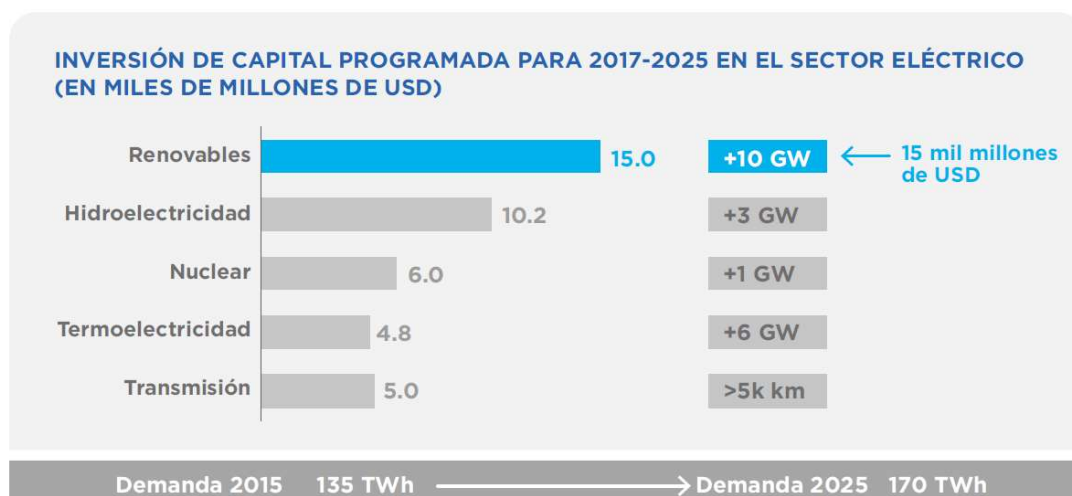
Fuerte apoyo político: aprobada por el Senado en el cuarto trimestre de 2014 (94% de votos afirmativos); aprobada por la Cámara de Diputados en el cuarto trimestre de 2015 (93% de votos afirmativos).

- **Objetivos Establecidos:** 8% para 2017-18, 16 % para 2021, 20% para 2025
- **Beneficios Fiscales:** Aplicables a productores independientes de energía y a productores locales
- **Diversificación del Recurso:** Instrucción para diversificar el abastecimiento por zona geográfica y por tecnología
- **FODER:** Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables (fideicomiso público) para otorgar garantías y financiamiento

La Ley N° 27.191 de 2015 ha establecido metas ambiciosas para la participación de las energías renovables a corto, mediano y largo plazo en la matriz energética. A fin de alcanzar el objetivo del 20% propuesto para 2025, la capacidad de generación de energía eléctrica a partir de fuentes renovables instalada deberá aumentar a 10.000 MW sobre la base actual de solo 800 MW que se operan en el país [57].

La demanda de energía eléctrica en Argentina ha aumentado históricamente 2-3% por año, y está fuertemente relacionada con el crecimiento del PBI. El consumo de electricidad estimado para 2025 es 170 TWh, de los cuales 34 TWh (20%) deben generarse a partir de fuentes de energía renovables, frente a 2,5 TWh (1,8%) en 2016. A fin de lograr ese objetivo, las energías renovables deberán representar aproximadamente la mitad de toda la nueva capacidad de generación de energía eléctrica durante la próxima década. Se estima que la instalación anual de nueva potencia será del orden del 1,0 a 1,5 GW [57].

Tabla 8:
Inversión programada para 2017-2025 en MMUSD



Nota: Tomado de referencia [57]

3.4) IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DEL PROYECTO

La construcción de una planta de biogás se puede lograr partiendo de diferentes escalas según su dimensión y necesidad contextual. Pueden ser pequeñas, en caso de abastecer energía a una determinada localidad o poblado, o bien, puede requerir mayor cantidad de producción como el caso de la provincia de San Luis donde no solo se abastece a nivel local sino también a nivel nacional.

Si se toma a consideración lo que ocurre a nivel global, se puede establecer un listado de aquellos países que se destacan. Finlandia reúne la mayor cantidad de plantas de biogás instaladas, siete en total. Reino Unido ha construido la planta más grande hasta el momento y Etiopía es un ejemplo por haber tomado la iniciativa en el continente africano. Con respecto al continente americano, Chile ha sido pionero en la generación de biogás a partir del aprovechamiento de 100% de los residuos de la vendimia. Esto señala a las claras cómo el mundo se abre a los nuevos desafíos medioambientales y se despliega a un futuro de crecimiento en lo que implica el desarrollo sustentable [58].

Para la producción de biogás, se pueden utilizar algunos cultivos con alto valor energético (azúcares); residuos agrícolas e industriales, residuos alimentarios y desechos de animales. Esta es la posibilidad que se propone implementar en el presente trabajo de investigación. Al ser Bragado una ciudad rural ganadera por excelencia, con grandes extensiones de campo, el producto proveniente de desechos de animales que es la materia prima básica para el proceso de biodigestión, se obtiene en cantidad suficiente para pensar en los beneficios económicos y ecológicos de implementar dicho sistema.

Las plantas de biogás consisten en digestores herméticos, equipados con un sistema de suministro de la materia utilizable para generar la energía, un sistema de calefacción especialmente diseñado, canalización biológica y un sistema de aire, ventilación, gas y electricidad. La explicación de la construcción de los digestores herméticos, es recrear lo que ocurre en el sistema digestivo de los animales. Siendo el biogás, un gas producido por medio de la digestión anaeróbica de la biomasa. Esto significa de una manera más clara de comprender *“...el proceso biológico que sucede de manera natural en el medio ambiente donde la materia orgánica se degrada en ausencia de oxígeno. Por ejemplo, en el fondo de un lago o en el estómago de rumiantes. Este proceso de digestión genera **biogás** y también un **digestato**, o residuo orgánico que puede ser utilizado como fertilizante en suelos agrícolas”* [59].

La digestión anaeróbica es un proceso biológico degradativo que, partiendo de determinados materiales orgánicos, vía la intervención de microorganismos que se desarrollan en ausencia de oxígeno, son convertidos en una mezcla gaseosa de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos. A esta mezcla gaseosa es a la que llamamos biogás. Si al biogás se lo purifica de CO₂, entonces se igualan sus propiedades a las del gas natural. A este gas purificado se lo denomina biometano.

El biogás aparece entonces, como una importante alternativa que permite dar respuesta a varios problemas socioeconómicos. Desde proveer gas a toda una comunidad, en el medio rural, alejada de las redes de distribución, hasta grandes plantas de tratamiento de residuos orgánicos que abastezcan importantes cantidades de energía. A su vez, en muchos casos, dicho proceso genera un segundo producto de alto valor económico como son los biofertilizantes, que no solo aportan macro nutrientes a los suelos, sino que también materia orgánica, micro nutrientes, minerales y fito-hormonas, que mejoran la sustentabilidad de la tierra [60].

Pensar en un proyecto de tecnologías limpias provoca un alto impacto sostenible en el ambiente y la gente. De acuerdo con J. A. Hilbert (2009), entre los beneficios del biogás es posible enumerar [54]:

- *Efecto del efluente sobre el suelo:* Debido a su pronta descomposición, el efluente brinda rápidamente nutrientes disponibles. Los ácidos húmicos presentes en este material contribuyen a mejorar la estructura del suelo y su porosidad, aumentando al mismo tiempo la capacidad de intercambio.
- *Efectos sobre los cultivos:* Existen evidencias en cuanto al incremento en la producción de distintas especies provocada por la aplicación de efluentes al suelo.
- *Aspecto sanitario:* Aporta indudables beneficios al reemplazar otros costosos sistemas para obtener el mismo grado de degradación de efluentes. El tratamiento de los desechos por vía anaeróbica elimina la acumulación de estos a la intemperie evitando la proliferación de moscas, mosquitos, otros insectos y roedores. El proceso en sí mismo, produce una reducción de 90% a 99% de los principales patógenos animales del tipo: estafilococos, salmonella, pseudo-monas. El proceso fermentativo también tiene

un efecto favorable si se lo emplea como biofertilizante ya que un gran porcentaje de semillas de las malezas se tornan inviables.

- *Uso para la alimentación:* El efluente de digestores tiene otras aplicaciones entre las cuales merecen mencionarse la preparación del compost, la alimentación de algas y peces y de animales en raciones balanceadas.

▪ **OTROS BENEFICIOS:**

- *Solución para los residuos urbanos*
- *Reducción del Efecto Invernadero (disminución de emisiones de CO₂)*
- *Menores costos en generación de energía y operación de servicios públicos*
- *Disminución de multas por descargas de aguas residuales*
- *Eliminación de olores y vectores transmisores de enfermedades*
- *Ahorro por la generación de energía eléctrica y/o térmica*
- *Creación de puestos de trabajo*
- *Generación de gas metano para uso vehicular*
- *Generación de energía eléctrica limpia*
- *Producción de gas envasado*
- *Producción de fertilizante*

3.5) ANÁLISIS FINANCIERO

El cálculo de los costes de inversión es variable según la ubicación y el tamaño de planta. La inversión en las plantas de biogás depende del caudal de tratamiento, y muestra una marcada economía de escala.

La inversión para la puesta en marcha del biodigestor incluye la compra de bienes de capital: equipos de alimentación, bombas, equipos de agitación, separador de sólidos, etc.; así como también la realización de obras civiles necesarias para la instalación y su funcionamiento.

Un punto de partida alentador para este proyecto es, como se mencionó en el ítem anterior, el ahorro económico en cuanto al lugar donde instalar la nueva planta de biogás. Acerbrag cuenta con un predio anexo a la acería que puede ser utilizado perfectamente para la nueva construcción de biogás. Esto es algo no menor ya que genera un ahorro en el costo de inversión inicial y que de alguna manera acelera los tramites al momento de montar la planta.

De acuerdo con la Cámara Argentina de Energías Renovables (CADER), la bioenergía se puede operar con centrales de biomasa de baja potencia de hasta 10 MW con un factor de uso superior a 80% anual. La biomasa distribuida logra, como combustible, un costo por MMBtu muy competitivo frente al gasoil: mientras que el costo de la biomasa es del orden de los 4 USD/MMBtu, el gasoil es de 26 USD/MMBtu sin impuestos (723 USD/m³). Aproximadamente, de estos 4 USD/MMBtu, 1,5 USD/MMBtu representa el costo de la biomasa; 1,5 USD/MMBtu, la mano de obra para convertirla en un combustible disponible y 1 USD/MMBtu, el transporte. Además de producir más de 6 veces de ahorro en el costo de combustible, la biomasa provoca un gran impacto socio económico en la región donde se instala.

Este tipo de centrales con pequeñas turbinas de vapor o motores reciprocantes, provistas por empresas que ya se encuentran en el mercado argentino, pueden entrar en funcionamiento en tiempos similares a los de una central térmica diésel y responder a la urgencia del sector con costos muy convenientes (Cámara Argentina de Energías Renovables, 2015).

Los ingresos potenciales en una planta de este tipo pueden venir de cuatro fuentes:

- *Producción de electricidad*
- *Producción de compost*
- *Producción de calor*
- *Canon de tratamiento de los residuos*

Como gastos se incluyen las amortizaciones, el personal, los gastos de consumibles, repuestos y mantenimiento y otros gastos de explotación (seguros, gastos financieros, entre otros).

- *Evaluación Económica:*

A continuación, se realizará un análisis económico para constatar la viabilidad financiera del proyecto. Para ello, se consideran dos variables esenciales para su estudio que son, el VAN, procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros originados por una inversión y que debe arrojar un resultado positivo, y la TIR, media geométrica de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión, la cual debe ser mayor al costo de oportunidad o tasa de descuento.

Seguidamente, se presentan los flujos financieros del proyecto de inversión y los cálculos de rentabilidad:

El caso a desarrollar trata de una planta con una capacidad de generar 1.129 m³ de biogás diarios, utilizando como insumo los desechos secos de 1.000 cabezas de ganado mensuales provenientes de la zona delimitada con anterioridad, tomando como media aproximada de recolección a la fuente, unos 50 km a la redonda.

Se trata de una planta de alta eficiencia con mezcla completa y calefacción dentro del digester con una inversión inicial de 1,5 millones de dólares a capitalizar en los primeros 12 meses de construcción de la misma.

Esta planta produciría entonces 1.129 m³ diarios de biogás equivalentes a 621 m³ de gas natural, 31.601 m³ por mes equivalentes a 17.380 m³ de gas natural, y 411.939 m³ al año, lo cual equivale a 226.566 m³ de gas natural. De esta manera, se obtendría un ahorro de gas muy significativo de U\$62.819 por mes, dando un valor VAN de U\$1.215.052 y una tasa interna de retorno (TIR) de 33 % muy por encima de la tasa propuesta por la compañía, razón por la cual, el proyecto sería muy redituable. Asimismo, es esperable una recuperación de la inversión al mes 47, es decir, 3 años y 11 meses del día uno de su comienzo de construcción.

Por otro lado, si se observa en detalle la alternativa energética, esta también presenta una iniciativa superadora, generando electricidad diaria en 2.013 kWh/día, 56.361 kWh/mes y 734.701 kWh/año. Esto brindaría, mirado con el mismo foco de la opción anterior, también una elección viable, generando un ahorro eléctrico equivalente a U\$47.343 por mes, dando como resultante un valor VAN de U\$93.951 y una TIR del 18,18%, superando por unos puntos el corte de la tasa de descuento del proyecto. De la misma forma, se recuperaría la inversión al mes 74 del día de la puesta en marcha de la planta, es decir, 6 años y 2 meses del día uno de su comienzo de construcción.

Para poder explicar mejor estos números resaltados en las líneas anteriores, se detallará a continuación los *inputs* que se tomaron para ambos casos:

En primer lugar, en las tablas 9 y 10 se destacan algunos datos de tipo general que van a ser transversales a lo largo de todo el detalle, como ser: los días hábiles que tiene un mes, la tasa de descuento impuesta por la compañía, por medio de la cual se llegará a definir si el proyecto se llevará adelante o no, y el TC (Tipo de Cambio), un indicador no menor para un país inestable económicamente, como lo es la Argentina.

Tablas 9 y 10:

Unidades transversales a todo el ejercicio

Generales	
<i>Días hábiles [-/mes]</i>	28
<i>Tasa de descuento [%]</i>	16,85%

Unidades	
<i>Conversión unidades energía [MMBTU/kWh]</i>	0,003412
<i>Cambio dólar [ARS/USD]</i>	100

Fuente: Elaboración personal

En segundo lugar, se presenta la materia prima, posible de utilizar para esta planta en análisis de biogás, haciendo referencia a la cantidad de cabezas de ganado y sus desechos obtenidos de la zona geográfica delimitada, contemplando una distancia media a la fuente de 50 km.

En consecuencia, en la tabla 11 se presentan los desechos que dispondremos de las 1.000 cabezas de ganado con las que contaremos como carga constante, de las cuales, se espera recolectar unas 3 toneladas en materia seca de estiércol. Los animales excretan 8% de su peso vivo, lo que representa 27 kg de materia húmeda por animal. Teniendo el estiércol 11% de materia seca, se calculan unos 3 kg de materia seca por animal por día. Cabe destacar, que el contenido de humedad del estiércol puede cambiar de acuerdo a las condiciones climáticas, por eso lo más correcto es expresar los valores en materia seca.

Tabla 11:

Disponibilidad de desechos

Disponibilidad desechos	
<i>Cabezas de ganado</i>	1.000
<i>Desechos húmedos por animal [kg/día]</i>	27
<i>Rendimiento a seco [%]</i>	11%
<i>Desechos secos por animal [kg/día]</i>	2,97
<i>Desechos secos totales [kg/día]</i>	2.970
<i>Desechos secos totales [kg/mes]</i>	83.160
<i>Distancia media a la fuente [km]</i>	50

Fuente: Elaboración personal

Un cálculo no menor, es el que presenta la próxima tabla, donde se hace hincapié en la logística de los desechos mencionados en la figura anterior. Este punto es clave para poder determinar a qué distancia máxima es posible recolectar los desechos sin perder eficiencia y lograr así, un buen balance energético en el transporte de los residuos a planta. Asimismo, se destacan todos los costos inmersos en esta apertura de cálculos desde: viajes necesarios por día, distancias, camiones necesarios, precio del diésel, sueldos y amortizaciones.

Tabla 12:
Cálculos logísticos

Logística desechos	
<i>Carga unitaria camión [ton]</i>	5
<i>Viajes necesarios [1/día]</i>	2
<i>Velocidad media [km/h]</i>	70
<i>Horas máximas por día [h]</i>	8
<i>Distancia total recorrida [km/día]</i>	200
<i>Horas recorridas [h]</i>	2,86
<i>Camiones necesarios</i>	1
<i>Choferes por camión</i>	2
<i>OPEX sueldo choferes [ARS/mes]</i>	\$ 200.000
<i>Consumo diésel [L/km]</i>	0,4
<i>Precio diésel [ARS/L]</i>	\$50
<i>Consumo de combustible [L/día]</i>	80
<i>OPEX combustible [ARS/día]</i>	\$ 4.000
<i>OPEX logística [ARS/mes]</i>	\$ 312.000
<i>OPEX logística [USD/mes]</i>	\$ 3.120
<i>CAPEX Compra camiones [USD]</i>	\$ 120.000
<i>Amortización camiones [USD/mes]</i>	\$ 900

Fuente: Elaboración personal

En la siguiente tabla se identifica y se presenta un dato muy importante para el desarrollo de la planta que es el biogás que se va a generar (m^3 /día y mes). Y esto fue calculado teniendo en cuenta el rendimiento del mismo sobre los desechos secos con los que se espera contar teniendo en cuenta todos los CAPEX y OPEX presentes en dicho proceso, para llegar así a este valor clave que dará, más adelante claridad para poder calcular los consumos internos de gas y la generación eléctrica.

Tabla 13:
Rendimientos y gastos operacionales

Planta	
<i>Rendimiento biogás sobre desecho seco [m^3/ton]</i>	380
<i>CAPEX Generación de Biogás [USD/(kg/día)]</i>	462,11
<i>CAPEX Generación de Biogás [USD]</i>	\$ 1.372.467
<i>OPEX Generación de Biogás [USD/((kg/día).mes)]</i>	\$ 0,69
<i>OPEX Generación de Biogás [USD/mes]</i>	\$ 2.049
<i>Biogás generado [m^3/día]</i>	1.128,6
<i>Biogás generado [m^3/mes]</i>	31.600,8

Fuente: Elaboración personal

A continuación, en la tabla 14 se detallan datos oficiales del plan Renovar 2.0 extraídos de la página del Ministerio de Energía y Minería de la Nación, para poder tener una referencia sobre los precios (USD/MW) de manera tal de poder calcular, un estimado del “revenue” en la venta de energía (USD/mes), teniendo en cuenta el biogás generado por la nueva planta (m^3 /día) por su poder calorífico (MMBTU/ m^3) sobre los días del mes (28) y sobre el precio mencionado como

referencia, en estos nuevos proyectos Renovar. Esto como supuesto futuro de poder en algún momento dejar de utilizarlo como insumo propio en la fábrica de aceros y/o volcar parte de esta producción de biogás al negocio de la venta de energía.

Tabla 14:
Referencias vs Proyectos Renovar

Sense-Check	
<i>Precio Renovar 2.0 [USD/MWh]</i>	160
<i>CAPEX Referencia Renovar 2.0 [USD/MW]</i>	\$ 5.500.000
<i>Revenue como venta de energía [USD/mes]</i>	\$ 30.059
<i>Amortización planta [USD/mes]</i>	\$ 4.289

Fuente: Elaboración personal

Se llega así a la etapa final de esta apertura de costos donde se puede ver con más claridad los 2 escenarios posibles. Por un lado, como se muestra en la tabla 15, el ahorro que se generaría (USD/mes) utilizando el gas para el proceso interno, haciéndolo equivalente al gas natural que hoy día la empresa consume; y/o la viabilidad de transformarlo por medio de un proceso mayor (generador de por medio), en electricidad, mediante el cual, se obtendría un ahorro significativo en dicho proceso (USD/mes) como se presenta más adelante en la tabla 16.

Tabla 15:
Opción 1 – Consumo interno de Gas

Consumo interno de Gas	
<i>Poder calorífico gas [MMBTU/m3]</i>	0,0369
<i>Contenido de metano en el biogás [%]</i>	55%
<i>Poder calorífico biogás [MMBTU/m3]</i>	0,0203
<i>Gas natural equivalente generado [m3/día]</i>	621
<i>Gas natural equivalente generado [m3/mes]</i>	17.380
<i>Precio gas [USD/MMBTU]</i>	\$ 3,5
<i>Ahorro gas [USD/mes]</i>	\$ 62.819

Fuente: Elaboración personal

Tabla 16:
Opción 2 – Generación Eléctrica

Generación Eléctrica	
<i>Eficiencia Generación Eléctrica [%]</i>	30%
<i>Electricidad generado [kWh/día]</i>	2.013
<i>Electricidad generado [kWh/mes]</i>	56.361
<i>Electricidad generado [MW]</i>	0,08
<i>Potencia unitaria del generador [kW]</i>	500
<i>Cantidad de generadores [-]</i>	1
<i>Rental Generación de Electricidad 1 gen [USD/mes]</i>	\$ 10.000
<i>OPEX Generación de Electricidad 1 gen [USD/mes]</i>	\$ 2.000
<i>OPEX Generación eléctrica [USD/mes]</i>	\$ 12.000
<i>Cargo fijo electricidad [ARS/mes]</i>	\$ 5.000
<i>Cargo fijo electricidad [USD/mes]</i>	\$ 50

<i>Cargo variable electricidad [ARS/kWh]</i>	\$ 3
<i>Cargo variable electricidad [USD/kWh]</i>	\$ 0,03
<i>Ahorro electricidad [ARS/mes]</i>	\$ 4.734.291
<i>Ahorro electricidad [USD/mes]</i>	\$ 47.343

Fuente: Elaboración personal

3.5.2) FCF – FREE CASH FLOW

Mes Fecha	1 01/08/2020	2 01/09/2020	3 01/10/2020	4 01/11/2020	5 01/12/2020	6 01/01/2021	7 01/02/2021	8 01/03/2021	9 01/04/2021	10 01/05/2021	11 01/06/2021	12 01/07/2021	13 01/08/2021
Cabezas de ganado [-]	Construcción de la Planta - (12 meses)												1.000
Desechos secos totales [kg/mes]													83.160
Biogás generado [m3/mes]													31.601
Gas natural equivalente generado [m3/mes]													17.380
Electricidad equivalente generado [kWh/mes]													56.361
Precio gas [USD/MMBTU]													\$ 3,50
Cargo variable electricidad [USD/kWh]													\$ 0,03
Ahorro gas [USD/mes]													\$ 62.819
Ahorro electricidad [USD/mes]													\$ 47.343
OPEX Logística [USD/mes]													\$ 3.120
OPEX Gen. de Biogás [USD/mes]													\$ 0
OPEX Gen. eléctrica [USD/mes]													\$ 12.000
Impuestos [USD/mes]													\$ 0

Margen													
Consumo interno de gas [USD/mes]	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 59.699
Generación eléctrica [USD/mes]	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 32.233
CAPEX Generación de Biogás [USD]	\$ 114.372	\$ 114.372	\$ 114.372	\$ 114.372	\$ 114.372	\$ 114.372	\$ 114.372	\$ 114.372	\$ 114.372	\$ 114.372	\$ 114.372	\$ 114.372	-
CAPEX Compra camiones [USD]	\$ 120.000	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CF BTAX													
Consumo interno de gas [USD/mes]	-\$ 234.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	\$ 59.699
Generación eléctrica [USD/mes]	-\$ 234.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	\$ 32.233
Amortización planta [UDS/mes]	\$ 4.289	\$ 4.289	\$ 4.289	\$ 4.289	\$ 4.289	\$ 4.289	\$ 4.289	\$ 4.289	\$ 4.289	\$ 4.289	\$ 4.289	\$ 4.289	\$ 4.289
Amortización camiones [USD/mes]	\$ 900	\$ 900	\$ 900	\$ 900	\$ 900	\$ 900	\$ 900	\$ 900	\$ 900	\$ 900	\$ 900	\$ 900	\$ 900
EBIT													
Consumo interno de gas [USD/mes]	-\$ 239.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	\$ 54.510
Generación eléctrica [USD/mes]	-\$ 239.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	-\$ 119.561	\$ 27.034

II. BB. (30%)													
<i>Consumo interno de gas [USD/mes]</i>	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 16.353
<i>Generación eléctrica [USD/mes]</i>	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 8.110
CF ATAX = FCF													
<i>Consumo interno de gas [USD/mes]</i>	-\$ 234.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	\$ 43.346
	-\$ 234.372	-\$ 348.744	-\$ 463.117	-\$ 577.489	-\$ 691.861	-\$ 806.233	-\$ 920.606	-\$ 1.034.978	-\$ 1.149.350	-\$ 1.263.722	-\$ 1.378.094	-\$ 1.492.467	-\$ 1.449.121
<i>Generación eléctrica [USD/mes]</i>	-\$ 234.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	-\$ 114.372	\$ 24.113
	-\$ 234.372	-\$ 348.744	-\$ 463.117	-\$ 577.489	-\$ 691.861	-\$ 806.233	-\$ 920.606	-\$ 1.034.978	-\$ 1.149.350	-\$ 1.263.722	-\$ 1.378.094	-\$ 1.492.467	-\$ 1.468.354

Fuente: Elaboración personal

En el Flujo de Fondos presentado más arriba se detalló la evolución de todas las líneas financieras inmersas en el proceso de la construcción de la planta de biogás y todas las variables involucradas en dicha causa.

Asimismo, se explicaron los primeros 13 meses del proyecto, contemplando que, en los primeros 12, la construcción de la planta absorbería todos los costos de inversión y de puesta en marcha. Luego, a partir del mes 13 y en adelante, comenzaría a recuperarse la inversión debido a los ahorros en cualquiera de sus dos vertientes. La diferencia de ese recupero, estaría en el tiempo de retorno. La primera, en caso de utilizar el biogás como “consumo interno”, el tiempo en descontar la inversión es de 47 meses (3 años y 11 meses) del inicio de la planta. De

tomar la segunda opción, es decir, convertir el biogás en “generación eléctrica”, la misma recuperaría la inversión al mes número 74 (6 años y 2 meses).

A continuación, en las figuras 18 y 19 se ilustran los gráficos que representan lo recientemente mencionado y los resultados finales de las variables que al inicio de la evaluación económica destacamos como centrales para definir la viabilidad del proyecto, que son los indicadores: VAN y TIR.

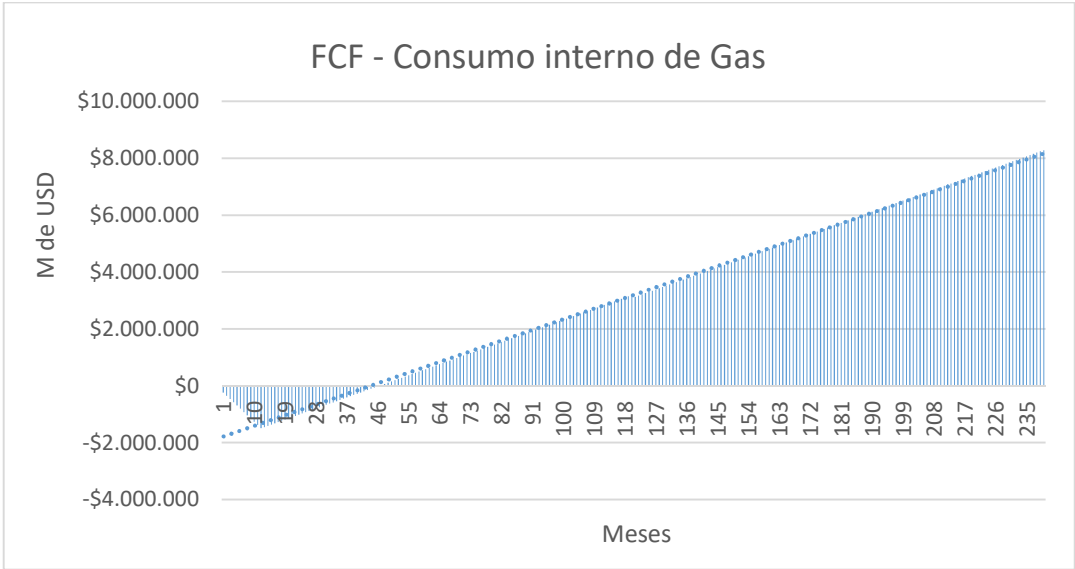


Figura 18: FCF - “Consumo interno de Gas”
Fuente: Elaboración personal

Tabla 17:
ROI, VAN & TIR - Consumo interno de Gas

Recupero de la inversión (Tiempo)
47 meses
3 años y 11 meses

Consumo interno de gas	
VAN [USD]	\$ 1.215.052
TIR [%]	33,02%

Fuente: Elaboración personal

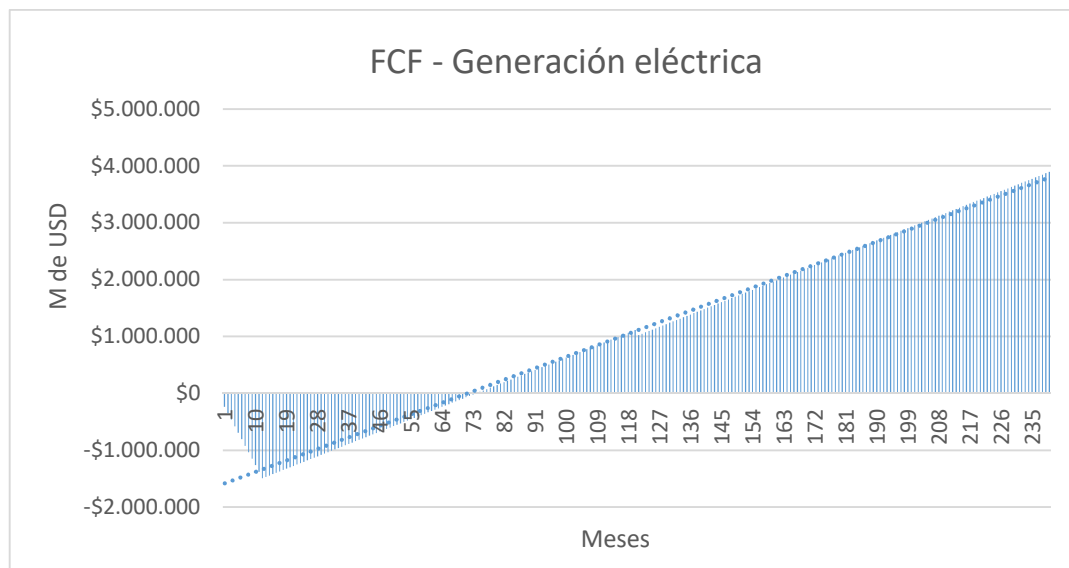


Figura 19: FCF - "Generación Eléctrica"

Fuente: Elaboración personal

Tabla 18:

ROI, VAN & TIR - Generación Eléctrica

Recupero de la inversión (Tiempo)
74 meses
6 años y 2 meses

Generación eléctrica	
VAN [USD]	\$ 93.951
TIR [%]	18,18%

Fuente: Elaboración personal

3.5.3) ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad es la técnica que determina cómo diferentes valores de una variable independiente impactan en una variable dependiente bajo un conjunto de supuestos. Consiste en calcular los nuevos flujos de caja y el VAN (en un proyecto o en un determinado negocio), al cambiar una variable central. De este modo teniendo los nuevos flujos de caja y el nuevo VAN se podrá calcular y mejorar las estimaciones sobre el proyecto que se vaya a comenzar, en el caso de que esas variables cambiasen o existiesen errores de apreciación en los datos iniciales.

Estudia cómo, la incertidumbre en el resultado de un modelo o sistema matemático puede asignarse a diferentes fuentes en sus variables de entrada. Y se generan diferentes escenarios: pesimistas, probables y optimistas, de manera de tener la tendencia de un extremo a otro y evitar graves errores.

De esta manera, se decidió afrontar un análisis de sensibilidad frente a 4 variables vitales del proyecto para ver cómo se mueve el VAN frente a diferentes escenarios y contextos de manera de poder evaluar algunos riesgos que pueda llegar a tener el mismo. Y, pensando en que se trata de un proyecto a 20 años, siempre es bueno poder observar y estudiar ciertos cambios que puedan ocurrir, para estar preparados o mitigar problemas futuros. Las variables a considerar en este caso son:

- *Cabezas de ganado*
- *Tipo de cambio*
- *Precio del diésel*
- *Precio del gas*

➤ Cabezas de ganado:

Considerando la variable Cabezas de Ganado para el “consumo interno de gas”, se puede observar que, a mayor cantidad de cabezas de ganado, mayor VAN, y en el único caso que se tornaría inviable el proyecto sería con un conjunto de cabezas de ganado menor o igual a 100.

Si se mira el caso de la “generación eléctrica”, con el proyecto tal cual como está planificado, se encuentra superando lo proyectado y arrojando un VAN positivo, pero bastante cercano al límite con la TIR, lo cual se encuentra al corte vs la indicada por la compañía, de manera tal que, a medida que ese número (1.000) de cabezas de ganado comience a bajar, tendríamos una resultante negativa, mientras que por el contrario, todo aumento a futuro de este indicador nos daría siempre una mejor viabilidad de dicho proyecto.

Tabla 19:
Análisis de sensibilidad – Cabezas de ganado

Consumo interno de Gas		
Eje Y	Eje X	TIR
VAN	Cabezas de Ganado	
\$351.169	400	27,38%
\$795.456	700	31,49%
\$1.215.052	1000	33,02%
\$1.807.436	1400	34,41%
\$2.547.915	1900	35,37%

Generación eléctrica		
Eje Y	Eje X	TIR
VAN	Cabezas de Ganado	
-\$414.732	400	1,26%
-\$148.044	700	13,88%
\$93.951	1000	18,18%
\$449.535	1400	21,41%
\$894.013	1900	23,57%

Fuente: Elaboración personal

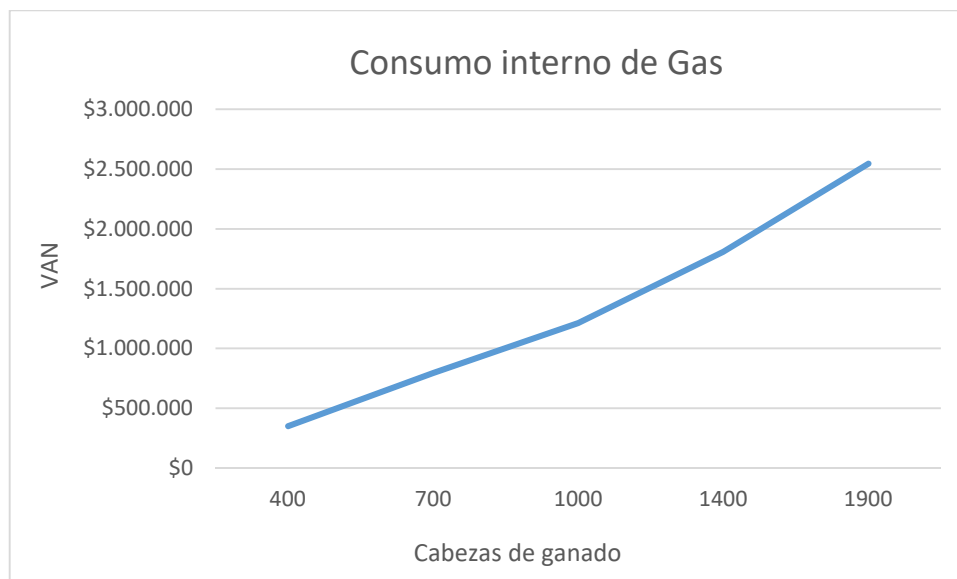


Figura 20: VAN/Cabezas de ganado - Consumo interno de gas

Fuente: Elaboración personal

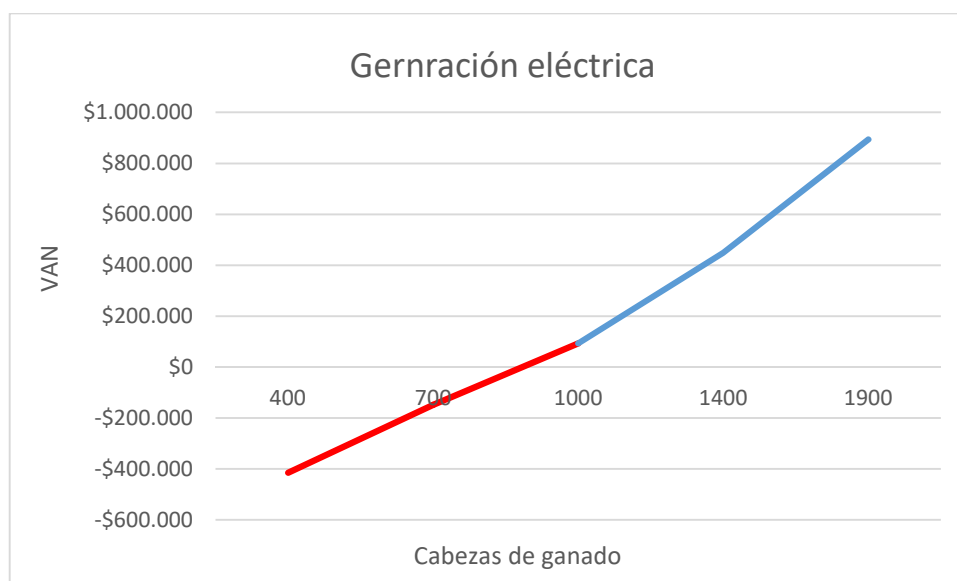


Figura 21: VAN/Cabezas de ganado - Generación eléctrica

Fuente: Elaboración personal

➤ Tipo de cambio:

En este segundo ítem, se toma para su análisis la variable Tipo de Cambio, mediante la cual se observa que, en el caso del “consumo interno de gas”, a mayor/menor valor de este indicador el proyecto no sufre ningún tipo de variación extraña sino que mantiene una constante, lo que indica, que el tipo de cambio no es una variable importante para el proyecto, es decir, que independientemente de que ocurra con este indicador, el proyecto siempre sigue siendo viable.

En contraposición, si se mira ahora el caso de la “generación eléctrica”, en esta premisa sí toma un rol protagónico, ya que a medida que el TC comience a subir, el proyecto se tornaría cada vez menos rentable arrojando valores VAN y TIR altamente negativos.

Tabla 20:
Análisis de sensibilidad – Tipo de cambio

Consumo interno de Gas		
Eje Y	Eje X	TIR
VAN	Tipo de Cambio	
\$1.077.486	50	31,25%
\$1.169.197	75	32,43%
\$1.215.052	100	33,02%
\$1.260.908	150	33,61%
\$1.283.835	200	33,90%

Generación eléctrica		
Eje Y	Eje X	TIR
VAN	Tipo de Cambio	
\$2.043.815	50	43,51%
\$743.906	75	26,93%
\$93.951	100	18,18%
-\$556.003	150	8,34%
-\$880.980	200	2,24%

Fuente: Elaboración personal

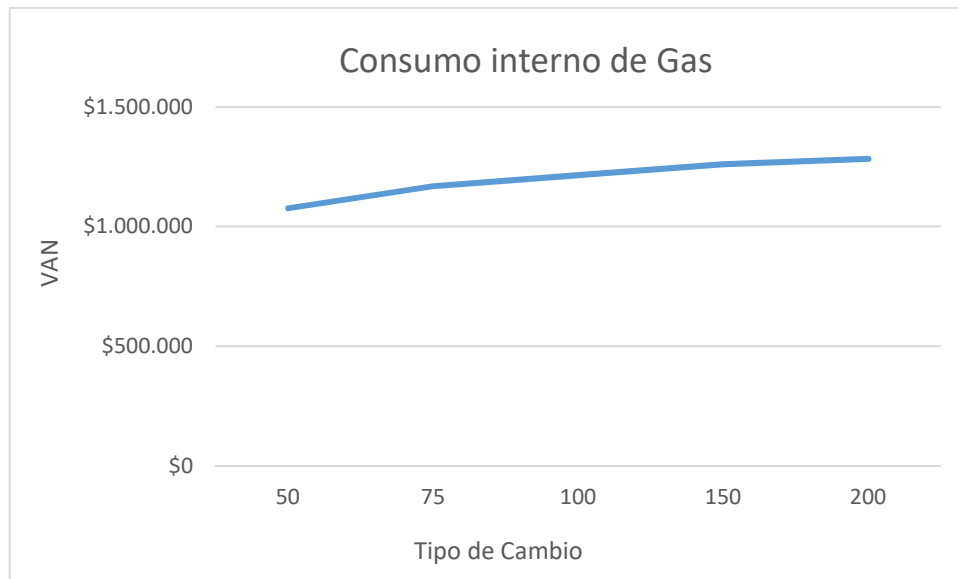


Figura 22: VAN/Tipo de cambio - Consumo interno de gas
Fuente: Elaboración personal

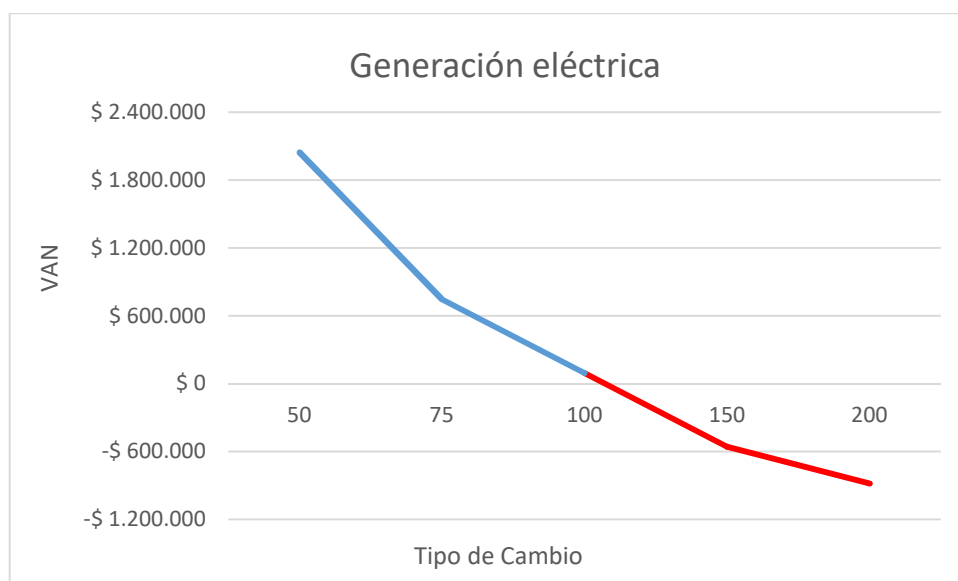


Figura 23: VAN/Tipo de cambio - Generación eléctrica
Fuente: Elaboración personal

➤ Precio diésel [ARS/L]:

En este tercer caso, se toma para su análisis la variable Precio Diésel [ARS/L], mediante la cual se observó que para ambos supuestos, se repite el mismo resultado que en el proceso anterior, donde para el “consumo interno de gas”, a mayor/menor valor de este indicador el proyecto no sufre ningún tipo de variación extraña sino que mantiene una constante, lo que nos indica, que el precio del diésel tampoco sería una variable de gran importancia a observar a futuro, ya que,

independientemente de lo que ocurra con este indicador, el proyecto siempre seguiría siendo viable.

Por otro lado, si miramos ahora el caso de la “generación eléctrica”, para este indicador a simple vista pareciera tampoco incidir, donde se aprecian valores positivos para el muestreo realizado, pero sí lo haría, si el precio del diésel perfora los 146 [ARS/L], donde el proyecto se tornaría inviable superando la tasa de corte impuesta por la compañía y arrojando un valor VAN negativo.

Tabla 21:
Análisis de sensibilidad – Precio diésel [ARS/L]

Consumo interno de Gas		
Eje Y	Eje X	TIR
VAN	Precio diésel [ARS/L]	
\$1.249.620	15	33,46%
\$1.234.805	30	33,27%
\$1.215.052	50	33,02%
\$1.190.361	75	32,70%
\$1.165.670	100	32,39%

Generación eléctrica		
Eje Y	Eje X	TIR
VAN	Precio diésel [ARS/L]	
\$128.519	15	18,66%
\$113.705	30	18,45%
\$93.951	50	18,2%
\$69.260	75	17,83%
\$44.569	100	17,48%
-\$863	146	16,84%

Fuente: Elaboración personal

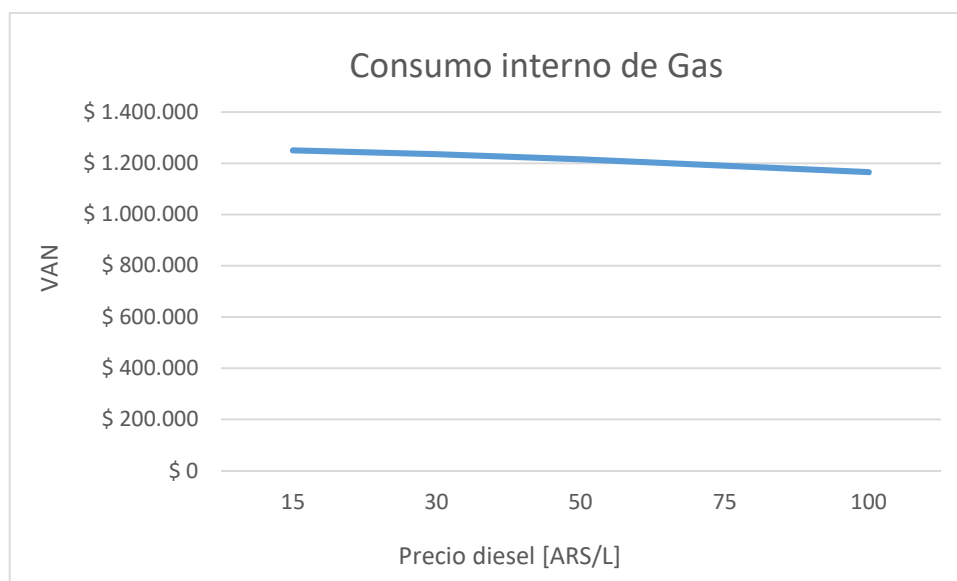


Figura 24: VAN/Precio diésel [ARS/L] - Consumo interno de gas
Fuente: Elaboración personal

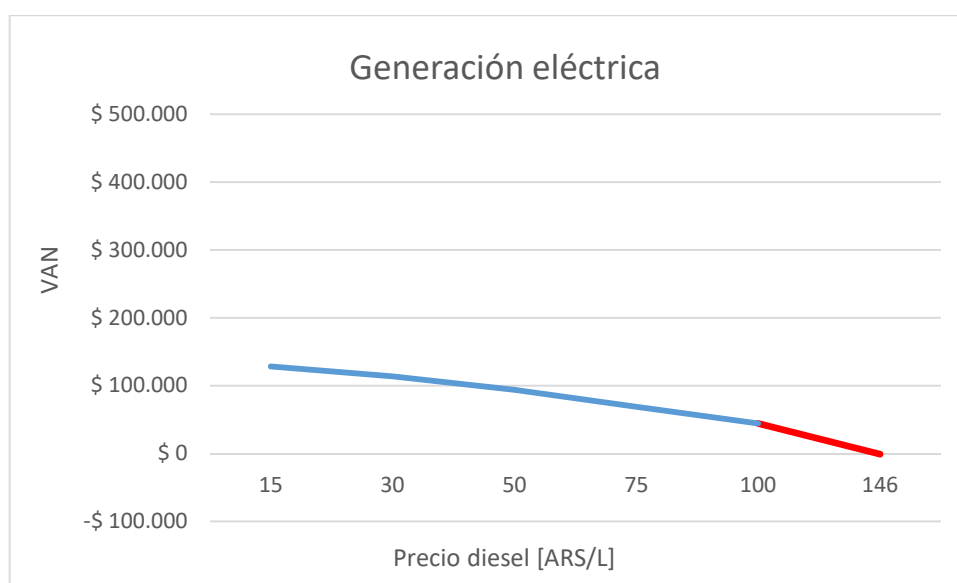


Figura 25: VAN/Precio diésel [ARS/L] - Generación eléctrica
Fuente: Elaboración personal

➤ Precio gas [USD/MMBTU]:

En este último caso, se presenta la variable Precio gas [USD/MMBTU], la cual sólo impacta sobre el caso del “consumo interno de gas”, ya que la misma no tiene ningún tipo de injerencia sobre la premisa de “generación eléctrica”, por lo cual, se presenta a continuación el análisis de sensibilidad correspondiente a la primera mencionada.

Para comenzar este punto, cabe destacar que en el caso de la Argentina el mercado energético se encuentra regulado por el Ente Nacional Regulador del Gas (ENARGAS), el cual mediante la sanción de la Ley N° 24.076 del 20 de mayo de 1992, se estableció un gas controlado y regulado por el estado, lo que lleva a confirmar que en primera instancia, se trata de una variable que no debería tener un impacto mayor en algún futuro, pero de todas maneras, se decidió realizar el análisis también por si existiese una posibilidad futura de cambio en este punto que pueda desarticular el proyecto, siendo una condición central para la planta.

Por ello, se planteó este análisis y el proyecto en general desde la premisa de 3,5 [USD/MMBTU] como punto de referencia, tomando la información de los datos oficiales del Ministerio de Energía, siendo este un valor medio para Industrias. De esta manera, se refleja en la tabla y gráfico siguientes, los resultados de la investigación, donde cualquier aumento del precio del gas seguiría haciendo cada vez más rentable el proyecto, y, en el único caso que se tornaría inviable o mejor dicho, dejaría de ser rentable es, si el precio del gas se tornaría a 1,95 [USD/MMBTU] o por debajo de este número, arrojando un valor VAN negativo y una TIR por debajo de la esperada por la compañía.

Tabla 22:

Análisis de sensibilidad – Precio gas [USD/MMBTU]

Consumo interno de Gas		
Eje Y	Eje X	TIR
VAN	Precio gas [USD/MMBTU]	
-\$367.683	1,5	11,39%
\$423.685	2,5	22,69%
\$1.215.052	3,5	33,02%
\$2.006.420	4,5	43,04%
\$2.797.788	5,5	52,93%

Generación eléctrica		
Eje Y	Eje X	TIR
VAN	Precio gas [USD/MMBTU]	
	1,5	
	2,5	
\$93.951	3,5	18,18%
	4,5	
	5,5	

Fuente: Elaboración personal

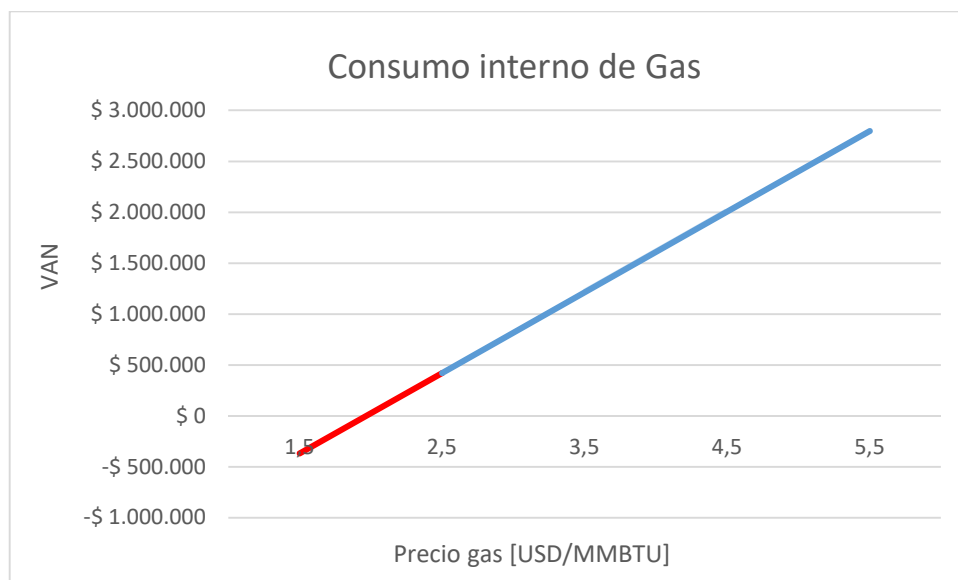


Figura 26: VAN/Precio gas [USD/MMBTU] - Consumo interno de gas

Fuente: Elaboración personal

CONCLUSIÓN

Si miramos el mundo como un todo, se puede llegar a concluir que existe un gran avance en cuanto al tema de las energías renovables, donde el conocimiento por el cuidado del medio ambiente y los buenos hábitos, se van tornando cada vez más, en un eje central de la conciencia del ser humano y la cultura de la sociedad moderna. Ahora bien, si se hace foco en lo que concierne a nuestro país, en la Argentina, las formas renovables de energía representan solamente 1,9% de la matriz energética y hay aún mucho camino por recorrer.

Este trabajo permite confirmar que el biogás es una herramienta de gran potencial para todo tipo de las empresas, grandes o pequeñas, y que puede constituirse en una de las fuentes de energía renovables que ayuden al país a pasar de una economía basada en los combustibles fósiles a otra basada en una diversidad de fuentes.

En particular, este estudio parte del análisis de la realidad en cuanto a consumos internos de energía y gas de la planta fabricadora de aceros largos Acerbrag S.A en la ciudad de Bragado, Provincia de Buenos Aires. Considerando su localización netamente en zona ganadera, se decidió investigar la viabilidad y rentabilidad de instalar una planta de biogás, en forma anexa al predio de la industria, que permita de alguna manera mitigar los excesivos consumos internos que la misma tiene y sus efectos secundarios en cuanto a mejoras ambientales y de impacto social.

Argentina es un país con una economía basada y reconocida fuertemente por su producción agropecuaria y ganadera, lo cual hace que, si se mira bajo la óptica de las energías renovables, hay una enorme oportunidad, ya que generan grandes cantidades de residuos y excretas, que, de no ser tratados correctamente, pueden provocar impactos ambientales, económicos y sociales negativos tales como emisiones, contaminación de suelos, aguas y olores, entre muchos otros. Y una de las tecnologías de aprovechamiento de estos residuos agropecuarios es justamente, la producción de biogás.

Este trabajo ha expuesto el potencial de producción de biogás para el caso concreto de la compañía Acerbrag S.A. y los diferentes beneficios que traería aparejado: ahorros de dinero, autoabastecimiento energético, disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, generación de empleo, reducción de la contaminación, entre otros. El beneficio es doble, ya que soluciona el tratamiento de los residuos generados a nivel zonal, al tiempo que constituye una fuente energética de amplia disponibilidad para la compañía y tal vez, en algún futuro, un mejor aprovechamiento energético de toda la Ciudad de Bragado.

También es oportuno destacar que el país se encuentra en una hoja de ruta a desarrollar, que apunta al crecimiento de estas energías renovables. Tanto a nivel nacional como desde los pactos internacionales vigentes, el futuro indica que ese es el camino. Argentina con la legislación específica sobre energías renovables y las políticas de incentivos para el desarrollo de las mismas ha generado ya, diferentes proyectos desde la aparición de la propuesta RenovAr. Sumado a esto, surgen nuevas leyes que van mejorando los cursos de acción, como lo es La Ley N° 26.190, por la cual, se declara de interés nacional la generación de energía eléctrica utilizando fuentes de energía renovables.

A partir este trabajo es posible afirmar que, si bien estos son los primeros pasos en un largo caminar de las energías renovables, es necesario continuar en esta línea y fomentar incentivos que favorezcan la generación de biogás y sus diferentes vertientes energéticas. Este impulso de buenas prácticas son una benéfico real y concreto para la sociedad presente y futura.

Finalmente, la evaluación económica realizada en este estudio evidencia que es rentable y viable la construcción de la planta de biogás en la ciudad de Bragado anexa a la empresa AcerBrag S.A. Los benéficos expresados a lo largo del trabajo indican que hay una recuperación de la inversión en ambas vertientes, ya sea utilizada para “consumo interno de gas” o bien, como “generación eléctrica”. Solamente varían los plazos de retorno de esa inversión tomando un caso o el otro, siendo el más corto la primera opción. Quedan también, absolutamente demostrados los resultados positivos, y los flujos finales del proyecto, obtenido un valor VAN de \$ 1.215.052 y una TIR del 33,02%. Por tanto, se refleja claramente la viabilidad futura, incluso exponiendo algunas variables sensibles al proyecto, se llega a la conclusión que es totalmente favorable para la empresa de aceros, tomar la decisión de avanzar en el proyecto de construcción e instalación de la planta de biogás. También es favorable para la zona de Bragado como una mejora real y concreta en su economía local.

LISTA DE REFERENCIAS

- [1]-García A. R, Fleite S. N. y Bereterbide J, (2016). *Marco legal ambiental para el manejo de residuos en producciones animales intensivas*, INTA Ediciones. Colección: Investigación, desarrollo e innovación. Recuperado de: [Http://inta.gob.ar](http://inta.gob.ar)
- [2]-Sánchez M, Aguirre Chaneton J, (2010), *Bragado Espíritu de Acero*, Editorial Acerbrag, Buenos Aires, p.13
- [3]-Ibídem, p.99
- [4]-Ibídem, p.117
- [5]-Proust M, (1913), *En busca del tiempo perdido*, Editorial Grasset
- [6]-Sánchez M, Aguirre Chaneton J, (2010), *Bragado Espíritu de Acero*, Editorial Acerbrag, Buenos Aires, p.128
- [7]-Ibídem, p.143
- [8]-Ibídem, p.122
- [9]-(2009). Votorantim ratificó inversión de US\$ 200 millones en la planta de AcerBrag de Ruta5. *Tres Líneas*. Recuperado de: <http://www.treslineas.com.ar/votorantim-ratifico-inversion-millones-planta-acerbrag-ruta-n-91388.html>
- [10]-Sánchez M, Aguirre Chaneton J, (2010), *Bragado Espíritu de Acero*, Editorial Acerbrag, Buenos Aires, p.212
- [11]-Carrizo S, (2015). *Redes de energía en la Argentina del siglo XXI. Proyectos locales innovadores*, Conicet CEUR, UNNOBA Team, Buenos Aires, p. 40
- [12]-Tauber F, Longo J, Bognanni, L. Bragado, (2000). *Reflexiones y datos para una estrategia de desarrollo*, Universidad Nacional de la Plata, Secretaria de Extensión Universitaria. Dirección de Asuntos Municipales. Prólogo del Int. Ing. Orlando Costa. Argentina, Buenos Aires, p. 10
- [13]-Villanueva B. R, Salvador M. B, Gómez Huelgas R, (2019). Cambio climático y salud, *Revista clínica española*, Volumen 219, Issue 5, pp. 260-265. Doi: <http://doi.org/10.1016/j.rce.2019.01.004>

- [14]-Rodríguez Portal J, González-Barcala F. J, Magarolas Jorda R, Martínez González C, (2011). El aire es nuestro: la importancia de mantener su calidad, *Archivos de bronconeumología*, Volumen 47, Suplemento 1, pp. 23-26. Doi: [http://doi.org/10.1016/S0300-2896\(11\)70007-2](http://doi.org/10.1016/S0300-2896(11)70007-2)
- [15]-Mendizábal Bermúdez G, (2015). La seguridad social ante los retos del cambio climático, *Boletín mexicano de derecho comparado*, Volumen 48, Issue 143, pp. 697-730. Doi: <http://doi.org/10.22201/ijj.24484873e.2015.143.4943>
- [16]-Papa Francisco, (2015). *Carta encíclica: Laudato Si - Sobre el ciudadano de la casa común*, Editorial San Pablo, Italia, pp. 12-13
- [17]-(2015). Cuatro conflictos internacionales impulsados por disputas de petróleo. *BBC Mundo*. Recuperado de: http://www.bbc.com/mundo/noticias/2015/12/151203_economia_conflicto_petroleo
- [18]-(2016). The Paris Agreement. *United Nations Climate Change*. Recuperado de: <http://unfccc.int/es/process-and-meetings/the-paris-agreement>
- [19]-(2015). Acuerdo histórico en la cumbre del clima. *La Vanguardia*. Recuperado de: <http://www.lavanguardia.com/natural/20151212/30761478289/acuerdo-cumbre-clima-paris>
- [20]-(2019). Las grandes economías se saltan el Acuerdo de París. *La Vanguardia*. Recuperado de: <http://www.lavanguardia.com/natural/20191112/471454705059/acuerdo-paris-potencias-brown-to-green>
- [21]-(2020). 2019, el año en el que el mundo instaló más energías renovables que nunca. *Renewable Energy Magazine*. Recuperado de: <http://www.energias-renovables.com/panorama/2019-el-ano-en-el-que-el-20200615>
- [22]-(2019). New Energy Outlook 2019. *BloombergNEF's annual long-term economic forecast of the world's power sector*. BloombergNEF.
- [23]-Ruiz A, (2020). Tendencia de energías renovables 2020. *TECPA*. Recuperado de: <https://www.tecpa.es/tendencia-energia-renovable>
- [24]-Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF, (2020). *Global trends in renewable energy investment 2019*, BloombergNEF. Recuperado de: <http://www.fs-unep-centre.org>

- [25]-Secretaría de Energía, (2008). *Energías Renovables - Energía Biomasa*, Buenos Aires, p. 4-5
- [26]-(2019). Biomasa, un residuo de la naturaleza que es necesario aprovechar. *World Trade Energy*. Recuperado de: <https://www.worldenergytrade.com/energias-alternativas/biomasa/biomasa-un-residuo-de-la-naturaleza-que-es-necesario-aprovechar>
- [27]-(2018). Renewables 2018, Global Status Report. *Fundación Bariloche, Conicet*. Recuperado de: <http://fundacionbariloche.org.ar/ren-21-informe-2018/>
- [28]-(2017). CEO Guide to the circular Economy. *World Business Council for Sustainable Development-WBCSD*. Recuperado de: <http://www.wbcsd.org/Programs/Circular-Economy/Factor-10/Resources/CEO-Guide-to-the-Circular-Economy>
- [29]-(2020). En que consiste la economía circular. *Sostenibilidad para todos*. Recuperado de: <https://www.sostenibilidad.com/desarrollo-sostenible/en-que-consiste-la-economia-circular>
- [30]-Fasoli H, Yonni F, Piñeyro M, (2017). *Empresa social de base tecnológica para la eliminación de arsénico en agua de consumo*, Vivir mejor en medio de los límites: aportes transdisciplinarios, Víctor Manuel Fernández (editor), Editorial EDUCA, Buenos Aires.
- [31]-Bragachini M, Urrets Zavalía G, Ustarroz F, (2015). *Hacia la industrialización del campo argentino*, Proyecto INTA PRECOP, INTA, pp. 3-4
- [32]-(2009). Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo. *INTA*. Recuperado de: <http://inta.gob.ar/documentos/directiva-2009-28-ce-del-parlamento-europeo-y-del-consejo-de-23%C2%A0de%C2%A0abril-de-2009>
- [33]-(1998). Protocolo de Kyoto de la convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático. *Naciones Unidas*. Recuperado de: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
- [34]-(2019). Pacto Verde Europeo. *Consejo de la Unión Europea*. Recuperado de: <https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal>
- [35]-(2017). Biogás: funcionamiento, características y beneficios. *Desenchufados.net*. Recuperado de: <http://desenchufados.net/biogas-funcionamiento-caracteristicas-beneficios>

- [36]-(2016). Share of solid biofuels in total renewable production. *IEA Atlas of Energy*. Recuperado de: <http://energyatlas.iea.org/#!/tellmap/-1076250891/2>
- [37]-(2014). Power from waste – the world’s biggest biomass power plants. *Power Technology*. Recuperado de: <https://www.power-technology.com/features/featurepower-from-waste-the-worlds-biggest-biomass-power-plants-4205990/>
- [38]-(2019). Trondheim, en Noruega, se une a la lista de ciudades con autobuses a biogás. *Renewable Energy Magazine*. Recuperado de: <https://www.energias-renovables.com/biogas/trondheim-en-noruega-se-une-a-la-20190913>
- [39]-(2019). Argentina rompió record US\$ 5.200 millones en inversión eólica y solar. *Energía Limpia XXI*. Recuperado de: <https://energialimpiaparatodos.com/2019/01/20/argentina-con-crecimiento-sustentable-responsible/>
- [40]-(2019). Balance de gestión en energía 2016-2019. *Secretaría de Gobierno de Energía, Presidencia de la Nación*. Recuperado de: http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/sintesis_balance/2019-12-09_Balance_de_Gestion_en_Energia_2016-2019_final_y_anexo_pub_.pdf
- [41]-A. M. Dayal y D. Mani, (2017). *Shale gas, Exploration and Environmental and Economic Impacts*, Chapter 1, pp 1-11. Doi: <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-809573-7.00001-9>
- [42]-Gilbert J, (2019). *Generación eléctrica a partir de energías renovables ha aumentado en la Argentina*, BloombergNEF Cammesa, Bloomberg.
- [43]-(2020). El desarrollo de la energía limpia, en riesgo en la Argentina por el cambio de prioridades y los controles de cambio. *Infobae Económico*. Recuperado de: <https://www.infobae.com/economia/2020/01/28/el-desarrollo-de-la-energia-limpia-en-riesgo-en-la-argentina-por-el-cambio-de-prioridades-y-los-controles-de-cambio>
- [44]-Papa Francisco, (2015). *Carta encíclica: Laudato Si - Sobre el ciudadano de la casa común*, Editorial San Pablo, Italia, Capítulo V, p. 10 y Capítulo IV, p.7
- [45]-(2016). Energías renovables en Argentina - Informe a diciembre 2016. *Ministerio de Energía y Minería, Presidencia de la Nación*, p. 10. Recuperado de: https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/energias_renovables_en_argentina_-_diciembre_2016_version_en_espanol.pdf

- [46]-(2016). Renovar - Plan de Energías Renovables - Argentina 2016-2025. *Ministerio de Energía y Minería, Presidencia de la Nación*, p. 4-18
- [47]-(2019). Energías renovables: cuánto y cómo se produce hoy en la Argentina y cuál es su potencial. *La Nación*. Recuperado de: <https://www.lanacion.com.ar/economia/energias-renovables-cuantoy-como-se-produce-hoy-en-la-argentina>
- [48]-(2017). Entró en operaciones la planta de Biogás - San Pedro Verde. *Ministerio de Energía y Minería, Presidencia de la Nación*. Recuperado de: <https://www.minem.gob.ar/energia-electrica/energias-renovables/prensa/26792/entro-en-operaciones-la-planta-de-biogas-san-pedro-verde>
- [49]-(2017). Entró en operaciones una planta de biogás adjudicada en el Programa Renovar. *Telam*. Recuperado de: <https://www.telam.com.ar/notas/201708/197796-nueva-planta-biogas-san-luis>
- [50]-(2019). Ceamse inaugura una planta de biogás de 5MW en el predio de Ensenada. *BioEconomía*. Recuperado de: <https://www.bioeconomia.info/2019/03/18/ceamse-inaugura-una-planta-de-biogas-de-5-mw-en-el-predio-ensenada>
- [51]-(2020). Mapa Ciudad de Bragado. *Dirección de turismo Municipio de Bragado*. Recuperado de: <http://www.bragado.gov.ar/web/turismo>
- [52]-(2017). Lo básico para entender el biogás. *Red Agrícola*. Recuperado de: <http://www.redagricola.com/cl/lo-basico-entender-biogas>
- [53]-Deublein D., Steinhauser A, (2008). *Biogas from waste and renewable resources: An Introduction*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim. 443 p.
- [54]-Hilbert, J. A, (2009). *Manual para la producción de Biogás*. I.N.T.A. Castelar, pp. 4-43
- [55]-Varnero, M, (2011). *Manual de Biogás*, Santiago, Chile: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), p. 33-55
- [56]-(2017). Esquema biogás. *Red Agrícola*. Recuperado de: http://www.redagricola.com/cl/lo-basico-entender-biogas/esquema_biogas_3-3/
- [57]-(2016). Energías renovables en Argentina - Informe a diciembre 2016. *Ministerio de Energía y Minería, Presidencia de la Nación*, pp. 10-11. Recuperado de:

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/energias_renovables_en_argentina -
_diciembre_2016_version_en_espanol.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/energias_renovables_en_argentina_-_diciembre_2016_version_en_espanol.pdf)

[58]-(2018). *Observatorio Ambiental de Bogotá*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Colombia.

[59]-Palau E, Carmen V, (2016). *Digestión anaerobia de residuos de biomasa para la producción de biogás*. (Tesis de grado). Recuperado de:
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/68331/Palau%20-
%20Digesti%C3%B3n%20anaerobia%20de%20residuos%20de%20biomasa%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20biog%C3%A1s.%20Fundamentos..pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/68331/Palau%20-%20Digesti%C3%B3n%20anaerobia%20de%20residuos%20de%20biomasa%20para%20la%20producci%C3%B3n%20de%20biog%C3%A1s.%20Fundamentos..pdf?sequence=1)

[60]-Casanovas G, (2015). *Biogás, Argentina y el mundo*, Buenos Aires.

BIBLIOGRAFÍA

- CAMMESA, (2014). *Informe Anual*, Buenos Aires: CAMMESA.
- Casanovas G, (2015). *Biogás, Argentina y el mundo*, Buenos Aires: s.n.
- Deublein D., Steinhauser A. (2008). *Biogas from waste and renewable resources: An Introduction*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co KGaA, Weinheim.
- Energías Renovables en Argentina, Subsecretaría de energías renovables, Ministerio de Energía y Minería, Presidencia de la Nación.
- Esguerra, M. (1989). *Experiencias prácticas con biodigestores de bajo costo para la generación de energía y el tratamiento de aguas residuales en países en desarrollo*. Conferencia Internacional de Mecanización Agraria. Seminario FAO-CNRE: Tecnologías de producción de biogás, pág.171-178. España.
- EurObserv'ER. (2019). *Le baromètre du biogaz*.pdf
- Goxons, M. A., et al. (1999). *Análisis de Estados Contables*. España. Prentice Hall.
- Grisham, T.W, Wiley & Sons. (2010). *International Project Management: Leadership in Complex Environments*.
- Hilbert, J. A., (2009). *Manual para la producción de biogás*, Buenos Aires: INTA Castelar.
- Hilbert, J. A., Grubber, S. & Sheimberg, S., (2010). *Estudio de caso preliminar de generación eléctrica de 1 MW con una planta de biogás de alta eficiencia*, s.l.: INTA.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).
- Jenkins, G. P., et al. *Análisis de Costo-Beneficio de las Decisiones de Inversión*. Harvard Institute for International Development.
- Mallo, C., et al. (2000). *Contabilidad de Costos y Estrategia de Gestión*. Madrid, España. Prentice hall.
- Mandujano, M. I.; Félix, A. y Martínez, A.M. 1981. *Biogas, Energía y Fertilizante a partir de desechos orgánicos*. OLADE, Serie de publicaciones especiales, N 6, México, p. 41.
- Michael E. Porter y Mark R. Kramer. (2006). *Estrategia y Sociedad*, Harvard Business Review.

- Miller, K., & Waller, H. (2003). *Scenarios, real options, and integrated risk management*. Long Range Planning.
- Moss Kanter, R. (2011). *How great companies think differently*. Harvard Business Review.
- Solomie A. Gebrezgabher; Miranda P.M. Meuwissen; Bram A.M. Prins y Alfons G.J.M. OudeLansink, (2010). *Economic analysis of anaerobic digestion - A case of Green power biogas plant in The Netherlands*. NJAS – Wageningen journal of life science.
- Varnero, M.T. y Arellano, J. (1990). *Aprovechamiento racional de desechos orgánicos*. Ministerio de Agricultura (FIA). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Informe Técnico. Santiago, Chile, p. 98.
- Varnero, M., (2011). *Manual de Biogás*, Santiago, Chile: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura).
- Worldbank (2019). *Climate Change Knowledge Platform*. Country Argentina.
- Walsh James L., et al. (1988) *Handbook on biogas utilization*, U. S. Department of Energy, E.E.U.U.